

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

**ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ
ΣΕ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ Θ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ

ΜΑΙΟΣ 2010

Η παρούσα διατριβή παρουσιάστηκε δημόσια και εγκρίθηκε στις 27 Μαΐου 2010.

Αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση διδακτορικού τίτλου στο πρόγραμμα «Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες».

Ερευνητικός Σύμβουλος: Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Συμβουλευτική Επιτροπή: Κωνσταντίνος Κορφιάτης, Επίκουρος Καθηγητής Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
Ζαχαρίας Ζαχαρία, Επίκουρος Καθηγητής Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

.....
Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου

.....
Κωνσταντίνος Κορφιάτης

.....
Ζαχαρίας Ζαχαρία

Εξεταστική Επιτροπή:

- Κωνσταντίνος Κορφιάτης (Πρόεδρος)
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
- Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
- Ζαχαρίας Χ. Ζαχαρία
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
- Θεοδώρα Κυράτση
Επίκουρη Καθηγήτρια, Τμήμα Μηχανικών Μηχανολογίας και Κατασκευαστικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
- Δημήτρης Κολιόπουλος
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Πανεπιστήμιο Πατρών



Η παρούσα διατριβή έχει διεκπεραιωθεί στο πλαίσιο των εργασιών της Ερευνητικής Ομάδας Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες (ΕΟΜΦΠΕ), στο Πανεπιστήμιο Κύπρου. Απαγορεύεται η μερική ή ολική αναδημοσίευση του έργου αυτού, καθώς και η αναπαραγωγή του με οποιοδήποτε άλλο μέσο χωρίς σχετική άδεια της ΕΟΜΦΠΕ και του συγγραφέα.

©2010, Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες,
Πανεπιστήμιο Κύπρου

ISBN 978-9963-689-84-2

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Περίληψη

Η μοντελοποίηση είναι μια θεμελιώδης επιστημονική διεργασία, διαμεσολαβητής ανάμεσα στη θεωρητική επεξεργασία και στα επιστημονικά δεδομένα. Τα μοντέλα είναι επιστημονικές κατασκευές οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας υποθέσεων, τη διαμόρφωση προβλέψεων και την αναδίπλωση μηχανισμών λειτουργίας των φυσικών φαινομένων. Η ικανότητα της μοντελοποίησης έχει αποκτήσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών ως ένα μέσο υποστήριξης των μαθησιακών διεργασιών και εξέλιξης της κατανόησης των μανθανόντων. Εμπεριέχει δεξιότητες συλλογισμού, απαραίτητες για την ομαλή ανάπτυξη της επιστημονικής ενημερότητας του ατόμου. Σε αυτή τη διατριβή εξετάστηκε η διασύνδεση μεταξύ μηχανισμών συνεργατικής μάθησης και της ανάπτυξης και αξιοποίησης ενός θεωρητικού πλαισίου για τη διδακτική αξιοποίηση της μοντελοποίησης. Η μοντελοποίηση και η συνεργασία αποτελούν αναπόσπαστα στοιχεία στις καθημερινές πρακτικές των επιστημόνων. Η βιβλιογραφία παρουσιάζει, παρόλο που δεν το στηρίζει ερευνητικά, τη συνεργατική μάθηση ως ένα δυνητικά σημαντικό στοιχείο στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης. Η βασική επιδίωξη αυτής της έρευνας αφορά στη διερεύνηση των πτυχών της διδασκαλίας και του διδακτικού μετασχηματισμού της μοντελοποίησης μέσα από αξιοποίηση διαδικτυακών εργαλείων που υποστηρίζονται από ένα Εικονικό Περιβάλλον Μάθησης. Για την επίτευξη της επιδίωξης αυτής αναπτύχθηκε διδακτικό υλικό που αφορά στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης και των στρατηγικών διδασκαλίας της από προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς (ΠΕ) (N=21) σε μαθητές δημοτικού σχολείου, το οποίο υλοποιήθηκε πειραματικά στο πλαίσιο ενός μαθήματος που περιλαμβάνει δομημένη συνεργασία σε διαφορετικά επίπεδα, κατά το εαρινό εξάμηνο 2007, στο Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Η έρευνα στηρίχθηκε σε μία μικτή μεθοδολογική προσέγγιση που περιλάμβανε συλλογή δεδομένων μέσα από (α) διαγνωστικά δοκίμια αξιολόγησης της ικανότητας της μοντελοποίησης και της κατανόησης των Φάσεων της Σελήνης, (β) ημερολόγια αναστοχασμού των ΠΕ, (γ) σύγχρονες και ασύγχρονες συζητήσεις στο εικονικό περιβάλλον μάθησης ή στην τάξη, (δ) μοντέλα που οικοδομήθηκαν για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης και (ε) εκθέσεις των ΠΕ από έρευνες δράσης σε σχέση με

τη διδασκαλία της μοντελοποίησης σε παιδιά.

Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η διδακτική παρέμβαση που σχεδιάστηκε ήταν επιτυχημένη, όχι μόνο γιατί προώθησε την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης, αλλά και γιατί η εφαρμογή της επέφερε μαθησιακό όφελος σε σχέση και με το εννοιολογικό περιεχόμενο του μαθήματος. Παρόλα αυτά, η μαθησιακή και διδακτική προσπάθεια των ΠΕ φαίνεται να παρεμποδίζεται από συγκεκριμένες επιστημολογικές και παιδαγωγικές δυσκολίες, οι οποίες συσχετίζονται μεταξύ τους. Με βάση αυτή τη συσχέτιση, σκιαγραφήθηκαν τρεις διαφορετικοί άξονες θεωρητικών προσεγγίσεων για τη διδασκαλία της μοντελοποίησης (γραμματικοί, αντικειμενοστρεφείς και αισθητικά προσανατολισμένοι κατασκευαστές μοντέλων). Τέλος, καταγράφηκαν συγκεκριμένες παράμετροι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από εκπαιδευτές κατά την ανάπτυξη διδακτικών παρεμβάσεων, οι οποίες να αξιοποιούν τις δυνατότητες επικοινωνίας που προσφέρουν συγκεκριμένα διαδικτυακά εργαλεία και να στοχεύουν στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης. Εντοπίστηκαν, επίσης, παράμετροι, οι οποίες προωθούν τη δημιουργία συνθηκών αποτελεσματικής συνεργασίας.

Αυτή η ερευνητική προσπάθεια αποτελεί μια εμπειρικά και θεωρητικά θεμελιωμένη πρόταση για τη διδακτική επεξεργασία των υπό έμφαση μαθησιακών επιδιώξεων. Η εργασία βοήθησε στην ενίσχυση του θεωρητικού πλαισίου μέσω (α) του εντοπισμού των μαθησιακών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι ΠΕ, (β) της καταγραφής της σημασίας των μεταδεδομένων σε συνθήκες ετεροαξιολόγησης και (γ) της ερευνητικά τεκμηριωμένης διασύνδεσης μεταξύ της συνεργατικής μάθησης και της διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης.

Abstract

Modeling ability is a basic scientific process that connects theories and scientific data. Models are scientific constructs used for assessing the applicability of hypotheses, forming hypotheses and developing the mechanisms supporting the functionality of the physical phenomena. In the Didactics of Natural Sciences the importance of the modeling ability lies in the fact that it could act as a medium for supporting the learning processes and the development of students' learning. Modeling is an ability that includes reasoning skills necessary for the development of the learners' epistemological awareness. This thesis evaluated the connection between collaboration mechanisms and the development of a theoretical framework for teaching the modeling ability. Both modeling and collaboration are part of the daily practices used by scientists. In the literature, collaboration is considered as an integral part of the modeling ability. However, there is not much research investigating this relationship. The main goal of the research study refers to the investigation of the basic aspects of teaching the modeling ability and its teaching transformation through the use of specific internet tools supported by a Virtual Learning Environment (VLE). For achieving this goal, we developed teaching material which promoted the development of and strategies for teaching the modeling ability by pre-service teachers (PsTs) (N=21) to elementary students. This was implemented in the frame of a course including structured collaboration in different levels, during spring semester 2007 at the University of Cyprus.

The study relied on a mixed method research methodology comprised of (a) pre- and post-tests of the modeling ability and the phenomenon of moon phases, (b) reflective journals kept by the PsTs, (c) synchronous and asynchronous discussions supported by the VLE or held in class, (d) successive group models of the moon phases and (e) PsTs' reports regarding action research studies aiming to the development of the modeling ability of elementary students.

Results indicated that the teaching intervention was successful not only in promoting the development of the modeling ability, but also in helping PsTs gain understanding about the course content. However, their efforts seemed to be distracted by specific epistemological and pedagogical difficulties. These two types of difficulties are

correlated. Based on the qualitative interpretation of this relationship, three theoretical didactical approaches regarding teaching of the modeling ability were sketched out: linear modelers, aesthetic modelers and object-oriented modelers. Specific parameters were identified, which can be used by educators for the development of teaching interventions that aim to the development of the modeling ability and take advantage of the communicative potential of certain tools. Moreover, parameters that promote successful collaboration were identified.

This research study constitutes a theoretically grounded proposal for the didactical elaboration of the underlying goals, which can be used by the educational system. Additionally, the results of the study add to the theoretical framework through (a) the identification of the difficulties encountered by the PsTs, (b) the recording of the importance of the metadata used during peer reviewing, and (c) a research-validated connection between collaborative learning and teaching of the modeling skill.

Ευχαριστίες

Η διεξαγωγή και η ολοκλήρωση μιας διδακτορικής διατριβής αποτελεί μια σκληρή, αλλά συγχρόνως απολαυστική εμπειρία. Φθάνοντας στο τέλος της συγγραφής της παρούσας διατριβής συνειδητοποίησα ότι αποτέλεσε τον καρπό προσωπικού αγώνα, αλλά συγχρόνως συνδρομής και υποστήριξης πολλών ανθρώπων, στους οποίους θέλω να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη.

Το θέμα της διατριβής επιλέγηκε σε συνεργασία με τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Πανεπιστημίου Κύπρου Κωνσταντίνο Π. Κωνσταντίνου, τον οποίο θέλω να ευχαριστήσω, τόσο για την ευκαιρία που μου έδωσε να μελετήσω τον συγκεκριμένο θέμα, όσο και για την επιστημονική καθοδήγηση και την υποστήριξη που μου παρείχε. Η συμβολή του υπήρξε καθοριστική, όχι μόνο στη συγκεκριμένη διατριβή αλλά, στην εν γένει διαμόρφωση της πορείας μου στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω και στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής: Ζαχαρία Ζαχαρία, Κωνσταντίνο Κορφιάτη, Θεοδώρα Κυράτση και Δημήτρη Κολιόπουλο, τα οποία βοήθησαν μέσω της εποικοδομητικής κριτικής που άσκησαν και των συμβουλών που παρείχαν προς την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την Ιόλη Νικολαΐδου για τις καρποφόρες συζητήσεις που είχαμε κατά καιρούς σχετικά με ουσιαστικά σημεία της έρευνάς μου, καθώς και για τη βοήθειά της σε σχέση με την ανάλυση μέρους των δεδομένων. Ένα μεγάλο ευχαριστώ ανήκει στις Νίκη Καζαντζή, Γιάννα Νικολάου, Έλενα Νικολάου και Λευκή Πουμπουρή για τα σχόλιά τους σε προηγούμενες εκδοχές του κειμένου και όποια άλλη βοήθεια παρείχαν.

Το πιο μεγάλο ευχαριστώ απ' όλα, δικαιωματικά, το αφιερώνω στο σύζυγό μου και τα δύο παιδιά μας, οι οποίοι αποτέλεσαν την κινητήρια δύναμη, για να μπορέσω να παραμείνω συγκεντρωμένη στο στόχο μου και τελικά να τον υλοποιήσω.

Στον άνθρωπο
που πίστεψε σε μένα
και στάθηκε δίπλα μου
όλο αυτό τον καιρό

...στον Σταύρο

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	17
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	18
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	18
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	21
2. ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	25
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	29
3.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΣΤΗΡΙΞΗ	30
3.1.1. Διαδίκτυακά Υποστηριζόμενη Μάθηση	30
3.1.2. Σχεδιαστικά Μοτίβα	33
3.2. Η ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	47
3.2.1. Επιστημολογική πτυχή της ικανότητας της μοντελοποίησης.....	48
3.2.1.1. Επιστημονικά Μοντέλα	48
3.2.2. Παιδαγωγική Πτυχή της ικανότητας της μοντελοποίησης	50
3.2.2.1. Μοντελοποίηση και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες.....	50
3.2.2.2. Καλλιέργεια της Ικανότητας της Μοντελοποίησης.....	51
3.2.2.2.1. Η Ικανότητα της Μοντελοποίησης: Συνιστώντα Συστατικά.....	51
3.2.2.2.2. Επιστημολογική Ανάλυση της Μοντελοποίησης.....	53
3.2.2.2.3. Μαθησιακός Κύκλος (Karplus, 1977, 1980),	55
3.2.2.2.4. Κύκλος της Μοντελοποίησης (Halloun, 2007)	57
3.2.2.2.5. Μαθησιακός Κύκλος της Μοντελοποίησης (Constantinou, 1999)	59
3.2.3. Το Λογισμικό Stagecast Creator® (SC®) ως εργαλείο μοντελοποίησης	62
3.2.4. Οι Ιδέες Φοιτητών και Μαθητών για τα Μοντέλα και τη Μοντελοποίηση	64
3.3. ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΕΜΠΟΔΙΑ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ	69
3.4. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΙΑΚΗ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ: ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ.....	77
3.5. ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ	79
3.5.1. Διδακτικός μετασχηματισμός της γνώσης από εκπαιδευτικούς.....	81
3.5.2. Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών για Ανάπτυξη της Ικανότητας της Μοντελοποίησης και για Διδασκαλία της σε Μαθητές.....	87
3.6. ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗ ΜΑΘΗΣΗ	89
3.6.1. Ορισμός Συνεργατικής Μάθησης.....	90
3.6.2. Συνεργατική Μάθηση: Κοινωνική Οικοδόμηση της Γνώσης	91
3.6.3. Μοντέλα και Περιβάλλοντα Εφαρμογής της Συνεργασίας στη Μάθηση	95
3.6.4. Πλαίσιο Αλληλεπιδραστικής Συνεργασίας.....	102
3.6.5. Η συνεργασία στην εκπαιδευτική πρακτική των Φυσικών Επιστημών: η Κυπριακή Πραγματικότητα.....	106
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	108
4.1. ΔΕΙΓΜΑ	110
4.2. Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ	110
4.3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	112
4.4. ΠΟΡΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	114
4.5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΚΕΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	119
4.5.1. Πρώτο πακέτο διδακτικού υλικού (ΔΥ1): ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης.....	119
4.5.2. Δεύτερο πακέτο διδακτικού υλικού (ΔΥ2): Στρατηγικές διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης.....	129
4.6. ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΈΡΕΥΝΑ.....	131
4.6.1. Αλλαγές στα διαγνωστικά δοκίμια.....	132
4.6.2. Αλλαγές στα πακέτα του διδακτικού υλικού.....	136
4.7. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ.....	145
4.8. ΜΕΣΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	147
4.9. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	148
4.9.1. Διαγνωστικά δοκίμια	148
4.9.2. Συζητήσεις ανάμεσα στους ΠΕ	152
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	162
5.1. ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΑ ΔΟΚΙΜΙΑ	162
5.1.1. Διαγνωστικά Δοκίμια Μοντελοποίησης	162

5.1.1.1.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 1: Κατασκευή Μοντέλου: Θαλάσσιο Οικοσύστημα	163
5.1.1.2.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 2: Κατασκευή Μοντέλου: Ο μηχανισμός της όσφρησης	166
5.1.1.3.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 3: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Θαλάσσιο Οικοσύστημα	171
5.1.1.4.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 4: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Διάθλαση του φωτός	174
5.1.1.5.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 5: Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Πώς Λειτουργεί μια Μυρμηγκοφωλιά	178
5.1.1.6.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 6: Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Η Κίνηση του Αγκώνα	182
5.1.1.7.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 7: Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο και Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Ποδοσφαιρικός Αγώνας	185
5.1.1.8.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 8: Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο και Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Η λειτουργία του ποδηλάτου	189
5.1.1.9.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 9: Εγκυροποίηση μοντέλου μέσα από σύγκρισή του με φαινόμενα της ίδιας κλάσης: Τροφικές σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς ενός δάσους.....	192
5.1.1.10.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 10: Εγκυροποίηση μοντέλου μέσα από σύγκρισή του με φαινόμενα της ίδιας κλάσης: Κρούσεις.....	192
5.1.1.11.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 11: Μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου: Ανάπτυξη Φυτού.....	192
5.1.1.12.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 12: Οι μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου: Κυκλοφοριακό Σύστημα	195
5.1.1.13.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 13: Επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση: Αναπνευστικό Σύστημα.....	198
5.1.1.14.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 14: Επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση: Ηλιακό σύστημα.....	201
	<i>Σύνοψη αποτελεσμάτων: Διαγνωστικά Δοκίμια για την Ικανότητα της Μοντελοποίησης.....</i>	<i>204</i>
5.1.2.	Διαγνωστικό Δοκίμιο για την κατανόηση των Φάσεων της Σελήνης.....	206
5.1.2.1.	Διαγνωστικό Δοκίμιο 15: Φάσεις της Σελήνης.....	206
	<i>Σύνοψη αποτελεσμάτων: Διαγνωστικά Δοκίμια για τις Φάσεις της Σελήνης.....</i>	<i>214</i>
5.2.	ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΠΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΖΟΥΝ ΟΙ ΠΕ ..	215
5.2.1.	Δυσκολίες μοντελοποίησης: Δυσκολίες κατά τη διαδικασία οικοδόμησης μοντέλου	215
5.2.1.1.	Δυσκολία 1: Οι ΠΕ πιστεύουν ότι κατά τη διαδικασία οικοδόμησης μοντέλου ο κατασκευαστής πρέπει να γνωρίζει εκ των προτέρων πώς ακριβώς λειτουργεί το φαινόμενο.	215
5.2.1.2.	Δυσκολία 2: Κατά την οικοδόμηση μοντέλου οι ΠΕ τείνουν να δίνουν περισσότερη έμφαση στα αντικείμενα του μοντέλου παρά σε οποιοδήποτε άλλο στοιχείο του.	217
5.2.1.3.	Δυσκολία 3: Κατά την κατασκευή ενός μοντέλου, οι ΠΕ τείνουν να εστιάζουν σε αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα παρά σε αλληλεπιδράσεις οποιουδήποτε άλλου είδους	218
5.2.1.4.	Δυσκολία 4: Οι ΠΕ τείνουν να χρησιμοποιούν επιφανειακά κριτήρια κατά τη σύγκριση διαφορετικών μοντέλων του ίδιου φαινομένου.	219
5.2.1.5.	Δυσκολία 5: Οι ΠΕ δε θεωρούν τη σύγκριση ενός μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο ή τα δεδομένα που συνέλεξαν από αυτό ως ουσιαστικό μηχανισμό για βελτίωσή του.....	220
5.2.2.	Παιδαγωγικές δυσκολίες: Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι ΠΕ όταν διδάσκουν την ικανότητα της μοντελοποίησης.....	222
5.2.2.1.	Δυσκολία 6: Οι ΠΕ δεν κατανοούν ή θεωρούν δεδομένη τη διαδικασία της βελτιωτικής ρύθμισης του μοντέλου.....	222
5.2.2.2.	Δυσκολία 7: Οι ΠΕ τείνουν να υιοθετούν το ρόλο της αυθεντίας και θεωρούν προσωπική τους ευθύνη να μεταδώσουν στους μαθητές σωστές επιστημονικές πληροφορίες για το φαινόμενο που μοντελοποιείται.....	225
5.2.2.3.	Δυσκολία 8: Οι ΠΕ υπερθεματίζουν το ρόλο των αντικειμένων σε ένα μοντέλο κατά τη διδασκαλία τους.....	225
5.2.2.4.	Δυσκολία 9: Οι ΠΕ υπερθεματίζουν στη διδασκαλία τους το ρόλο των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα αντικείμενα του μοντέλου παρά οποιονδήποτε άλλων στοιχείων.....	226
5.2.2.5.	Δυσκολία 10: Οι ΠΕ τείνουν να ενθαρρύνουν τους μαθητές τους να προβαίνουν σε αισθητικές βελτιώσεις των μοντέλων τους.....	228
5.2.3.	Συνχετισμός των επιστημολογικών και των παιδαγωγικών δυσκολιών.....	228
5.3.	ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΣΕ ΤΟΠΙΚΟ ΚΑΙ ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ ΕΠΙΠΕΔΟ: ΕΠΙΤΥΧΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ	232
5.3.1.	Πρώτο πακέτο διδακτικού υλικού (ΔΥ1): ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης.....	233
5.3.1.1.	Δραστηριότητα 2: Δεξιότητα παρατήρησης.....	233
5.3.1.2.	Δραστηριότητα 3: Στρατηγικές συλλογής δεδομένων για το φεγγάρι	235
5.3.1.3.	Δραστηριότητα 6: Κατασκευή μοντέλου στο πρόγραμμα SC.....	236
5.3.1.4.	Δραστηριότητα 7: Υπόθεση και Πρόβλεψη.....	237
5.3.1.5.	Μεταγνωστικό σχόλιο 2.....	238
5.3.1.6.	Δραστηριότητα 8: Μελέτη δεδομένων μιας μέρας για το φεγγάρι.....	239
5.3.1.7.	Δραστηριότητα 9: Σύγκριση διαφορετικών προβλέψεων για τα ίδια δεδομένα.....	241
5.3.1.8.	Δραστηριότητα 10: Μελέτη δεδομένων μιας βδομάδας για το φεγγάρι.....	241
5.3.1.9.	Δραστηριότητα 11: Διάγραμμα Σύνοψης Παρατηρήσεων του Φεγγαριού	243
5.3.1.10.	Δραστηριότητα 12: Μελέτη δεδομένων μιας συνολικής περιόδου για το φεγγάρι	244
5.3.1.11.	Δραστηριότητα 13: Έγκυρη εξήγηση.....	246
5.3.1.12.	Δραστηριότητα 15: Αξιολόγηση μοντέλου.....	246
5.3.1.13.	Μεταγνωστικό σχόλιο 3.....	247

5.3.1.14.	Δραστηριότητα 16: Αξιολόγηση υποκείμενου μηχανισμού ενός μοντέλου.....	248
5.3.1.15.	Δραστηριότητα 17: Έντυπο Δημιουργίας και Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου.....	249
5.3.1.16.	Δραστηριότητα 18: Αξιολόγηση μοντέλου- Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου.....	249
5.3.1.17.	Δραστηριότητα 20: Κατασκευή και βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου: μοτίβο 1.....	250
5.3.1.18.	Δραστηριότητα 21: Αξιολόγηση μοντέλου.....	254
5.3.1.19.	Δραστηριότητα 22: Βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου για τις Φάσεις της Σελήνης στο πρόγραμμα SC®: μοτίβο 2.....	255
5.3.1.20.	Δραστηριότητα 25: Κατασκευή μοντέλου για τις Φάσεις της Σελήνης με πραγματικά υλικά: μοτίβο 1, μοτίβο 2, μοτίβο 3.....	258
5.3.1.21.	Δραστηριότητα 26: Επεξεργασία δύο εννοιολογικών μοντέλων για το ίδιο φαινόμενο.....	260
5.3.2.	Δεύτερο πακέτο διδακτικού υλικού (ΔΥ2): Στρατηγικές διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης.....	260
5.3.2.1.	Δραστηριότητα 29: Κείμενο για την ικανότητα της μοντελοποίησης.....	261
5.3.2.2.	Δραστηριότητα 30: Ο μαθησιακός κύκλος της μοντελοποίησης.....	262
5.3.2.3.	Δραστηριότητα 31: Η επιστημολογική ανάλυση της μοντελοποίησης.....	263
5.3.2.4.	Δραστηριότητα 32: Αξιολόγηση μαθημάτων.....	264
5.3.2.5.	Δραστηριότητα 33: Καταγραφή τρόπων συλλογής δεδομένων για τη ζωή των μυρμηγκιών.....	264
5.3.2.6.	Δραστηριότητα 35: Αξιολόγηση της κατανόησης του κατασκευαστή του μοντέλου (μαθητή) σε σχέση με το φαινόμενο.....	265
5.3.2.7.	Δραστηριότητα 37: Ανάπτυξη διαγνωστικών έργων για αξιολόγηση της ικανότητας της μοντελοποίησης και αξιολόγηση των έργων άλλης ομάδας.....	266
5.3.3.	Δραστηριότητες Σύγχρονης Επικοινωνίας.....	268
5.3.3.1.	Πρώτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση.....	269
5.3.3.2.	Δεύτερη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση.....	271
5.3.3.3.	Τρίτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση.....	273
5.3.3.4.	Τέταρτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση.....	275
5.3.3.5.	Πέμπτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση.....	277
5.3.3.6.	Έκτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση.....	279
5.3.4.	Συνεργασία ανάμεσα στους φοιτητές σε τοπικό και εξ' αποστάσεως επίπεδο: Συνοπτικά αποτελέσματα.....	282
6.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	286
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΓΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ (ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ): ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ 1 ΚΑΙ 2.....		
6.1.	Ερευνητικό ερώτημα 1: Μπορεί, και αν ναι με ποιο τρόπο, μια ειδικά σχεδιασμένη διδακτική παρέμβαση να λειτουργήσει ως μέσο ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης σε ΠΕ; Είναι μεταφέρσιμη η ικανότητα της μοντελοποίησης για τη μελέτη άγνωστων συγκεκριμένων;.....	286
6.2.	Ερευνητικό ερώτημα 2: Η εφαρμογή μιας ειδικά σχεδιασμένης διδακτικής παρέμβασης βοηθά στην ανάπτυξη εννοιολογικής κατανόησης των ΠΕ για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης;.....	287
ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ 3 ΚΑΙ 4.....		
6.3.	Ερευνητικό ερώτημα 3: Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι ΠΕ στην προσπάθειά τους να αναπτύξουν μοντέλα;.....	288
6.4.	Ερευνητικό ερώτημα 4: Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι ΠΕ στην προσπάθειά τους να διδάξουν στρατηγικές μοντελοποίησης σε μαθητές δημοτικού σχολείου;.....	289
ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗ ΜΑΘΗΣΗ: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ 5 ΚΑΙ 6.....		
6.5.	Ερευνητικό ερώτημα 5: Με ποιους τρόπους οι δυνατότητες επικοινωνίας, που παρέχουν τα ΕΠΜ, μπορούν να αξιοποιηθούν για καλλιέργεια της ικανότητας της μοντελοποίησης; Ποιες είναι οι σημαντικότερες παράμετροι αξιοποίησης των διάφορων τεχνολογικών δυνατοτήτων;.....	297
6.5.1.	Εργαλείο σύγχρονης επικοινωνίας (chat).....	298
6.5.1.1.	Υλικό για μελέτη πριν από τις σύγχρονες συζητήσεις.....	300
6.5.1.2.	Ο ρόλος του εκπαιδευτικού πριν και κατά τη διάρκεια της συζήτησης (καθοδηγητής).....	305
6.5.1.2.1.	Οδηγίες πριν και κατά τη διάρκεια της συζήτησης.....	305
6.5.1.2.2.	Καθορισμός ομάδων.....	307
6.5.1.2.3.	Οι ερωτήσεις που θέτει η εκπαιδευτικός.....	308
6.5.1.2.4.	Η ανατροφοδότηση που παρέχει η εκπαιδευτικός.....	308
6.5.2.	Εργαλείο Δομημένης Ασύγχρονης Επικοινωνίας (Threaded Discussion Board).....	311
6.5.2.1.	Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: Καταγραφή ιδεών σε ατομικό επίπεδο και ανταλλαγή απόψεων και κριτική σε ομαδικό επίπεδο.....	313
6.5.2.2.	Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: Καταγραφή ιδεών σε ομαδικό επίπεδο και ανταλλαγή απόψεων σε δια-ομαδικό επίπεδο.....	315
6.5.2.2.1.	Ορθός σχεδιασμός των δραστηριοτήτων.....	318
6.5.2.2.2.	Κατάλληλη καθοδήγηση εκ μέρους της εκπαιδευτικού.....	319
6.5.3.	Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών για Αξιολόγηση (Exchange of Contributions for Peer Reviewing).....	321
6.5.3.1.	Μεταδεδομένα που χρειάζεται να παρουσιάζονται μαζί με τα μοντέλα.....	326
6.5.3.2.	Ο ρόλος του εκπαιδευτικού στη διαδικασία ανταλλαγής και αξιολόγησης μοντέλων.....	327

6.5.4.	Παράμετροι χρήσης των εργαλείων επικοινωνίας και δυνατότητες που παρέχουν για καλλιέργεια της ικανότητας της μοντελοποίησης: Σύνοψη.....	327
6.6.	Ερευνητικό ερώτημα 6: Ποιες είναι οι σημαντικότερες παράμετροι δημιουργίας συνθηκών αποτελεσματικής συνεργασίας ανάμεσα σε ΠΕ στις ΦΕ σε ένα μάθημα που εφαρμόζει μικτή διαδικτυακή προσέγγιση; Με ποιους τρόπους μπορούν να αξιοποιηθούν τα διαθέσιμα διαδικτυακά εργαλεία και σε ποια επίπεδα προσφέρεται η συνεργασία για την προώθηση διάφορων μαθησιακών επιδιώξεων;.....	330
6.6.1.	Παράμετροι που προωθούν συνθήκες αποτελεσματικής συνεργασίας.....	330
6.6.1.1.	Επεξεργασία εννοιολογικού μοντέλου.....	330
6.6.1.2.	Λειτουργικός Ορισμός νέας έννοιας.....	331
6.6.1.3.	Καταγραφή Παρατηρήσεων.....	331
6.6.1.4.	Δραστηριότητες μοντελοποίησης ή προσομοίωσης.....	333
6.6.1.4.1.	Οικοδόμηση μοντέλου.....	333
6.6.1.4.2.	Βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου.....	337
6.6.1.4.3.	Αξιολόγηση ή αυτοαξιολόγηση μοντέλου.....	339
6.6.1.5.	Αξιολόγηση συμφοιτητών.....	342
6.6.1.6.	Επεξήγηση βάσει δεδομένων και ερμηνεία δεδομένων. Διατύπωση υποθέσεων.....	344
6.6.1.6.1.	Ταξινόμηση δηλώσεων ως συγκεκριμένες έννοιες.....	344
6.6.1.6.2.	Εντοπισμός μοτίβων.....	345
6.6.1.6.3.	Εντοπισμός έγκυρων εξηγήσεων.....	346
6.6.1.6.4.	Διατύπωση υποθέσεων.....	347
6.6.1.7.	Επιστημονική Συζήτηση.....	351
6.6.1.8.	Προγραμματισμός, έλεγχος και μεταγνώση.....	358
6.6.1.9.	Πρόσβαση σε ειδικούς ή συζήτηση για εδραιωμένη γνώση.....	360
6.6.1.10.	Σύνθεση και ανάπτυξη ενός επιχειρήματος.....	360
6.6.1.11.	Προγραμματισμός για διδασκαλία.....	361
6.6.2.	Αξιοποίηση των διάφορων τεχνολογικών εργαλείων για προώθηση των μαθησιακών επιδιώξεων στα διάφορα επίπεδα συνεργασίας.....	373
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	381
	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	382
	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	384
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	385
8.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	407

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Θεωρητικό Πλαίσιο Έρευνας	21
Διάγραμμα 2. Γνωστικές Περιοχές που Στηρίζουν την Εργασία.....	29
Διάγραμμα 3. Εννοιολογικό Πλαίσιο των Garrison και Anderson (2003) για τη Διαδίκτυακή Συνεργατική Διερευνητική Διαδικασία	32
Διάγραμμα 4. Πλαίσιο Παρουσίασης Σχεδιαστικού Μοτίβου.....	36
Διάγραμμα 5. Διαγραμματική Αναπαράσταση του Σχεδιαστικού Μοτίβου «Μάθημα Μικτής Διαδίκτυακής Προσέγγισης που Συνδυάζει Συνεργασία στη Μάθηση».....	37
Διάγραμμα 6. Επιστημολογική Ανάλυση της Ικανότητας της Μοντελοποίησης.....	55
Διάγραμμα 7. Αναπαράσταση των Βασικών Σταδίων του Μαθησιακού Κύκλου.....	57
Διάγραμμα 8. Απλοποιημένη Μορφή του Μαθησιακού Κύκλου της Μοντελοποίησης.....	60
Διάγραμμα 9. Ο Μαθησιακός Κύκλος της Μοντελοποίησης (Papaenripidou et al., submitted).....	62
Διάγραμμα 10. Δημιουργία Κανόνα στο Πρόγραμμα SC.....	63
Διάγραμμα 11. Μεταβλητές που Σχετίζονται με το Χαρακτήρα Character 1-1.....	64
Διάγραμμα 12. Οι Συνιστώσες της Μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες.....	73
Διάγραμμα 13. Αναπαράσταση Πρακτικής Δυσκολίας σε Σχέση με τη Μέτρηση της Θερμοκρασίας	76
Διάγραμμα 14. Μοντέλο εξήγησης των Φάσεων της Σελήνης (Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, 1995)	78
Διάγραμμα 15. Πιθανή Ερμηνεία της Δήλωσης του Σχολικού Εγχειριδίου για την Εξήγηση των Φάσεων της Σελήνης...79	
Διάγραμμα 16. Επιστημολογική Ανάλυση των Φάσεων της Σελήνης (Ευαγόρου, 2000).....	79
Διάγραμμα 17. Η Φύση της Κοινωνικής Αντίληψης (Akkerman et al., 2007).....	93
Διάγραμμα 18. Αναπαράσταση του Μαθήματος των Van Eijl et al. (2005).....	100
Διάγραμμα 19. Η Μέθοδος της Συνεργατικής Συναρμολότητας.....	101
Διάγραμμα 20. Δομή του Μαθήματος που Αναπτύχθηκε στο Πλαίσιο της Έρευνας.....	108
Διάγραμμα 21. Σχεδιασμός της Έρευνας.....	113
Διάγραμμα 22. Μεθοδολογία Ανάπτυξης Διδακτικού Υλικού (Papadouris & Constantinou, 2009).....	115
Διάγραμμα 23. Κενό Έντυπο Παρατήρησης Φεγγαριού	121
Διάγραμμα 24. Συμπληρωμένο Έντυπο Παρατήρησης Φεγγαριού	122
Διάγραμμα 25. Συμπληρωμένο Διάγραμμα Σύνοψης Παρατηρήσεων του Φεγγαριού (ΔΣΦΠ)	124
Διάγραμμα 26. Η Αλλαγή στο Σχήμα του Φεγγαριού κατά τη Διάρκεια μιας Συνοδικής Περιόδου.....	126
Διάγραμμα 27. Φαινομενικό Μονοπάτι Φεγγαριού στον Ουρανό σε μια Μέρα	128
Διάγραμμα 28. Τα Διαδοχικά Μοντέλα που Οικοδομήθηκαν από την Ομάδα 5 κατά την Πιλοτική Φάση της Έρευνας.142	
Διάγραμμα 29. Μοντέλο του Θαλάσσιου Οικοσυστήματος (Μεταπειραματικό 1, ΠΕ 5).....	163
Διάγραμμα 30. Σχεδιαστικό Μοντέλο για την Εξήγηση του Μηχανισμού της Όσφρησης.....	167
Διάγραμμα 31. Στιγμιότυπο από το Πρόγραμμα που Δόθηκε στο Πλαίσιο του Διαγνωστικού Δοκιμίου 3.....	171
Διάγραμμα 32. Σχεδιαστικό Μοντέλο για το Φαινόμενο της Διάθλασης του Φωτός (Διαγνωστικό Δοκίμιο 4)	175
Διάγραμμα 33. Τέσσερα Μοντέλα για τη Λειτουργία μιας Μυρμηγκοφωλιάς	178
Διάγραμμα 34. Τέσσερα Μοντέλα για τη Λειτουργία του Αγκώνα.....	182
Διάγραμμα 35. Σχεδιαστικό Μοντέλο για την Εξέλιξη ενός Ποδοσφαιρικού Αγώνα (Διαγνωστικό Δοκίμιο 7)	186
Διάγραμμα 36. Φωτογραφία του Μοντέλου ενός Ποδηλάτου (Διαγνωστικό Δοκίμιο 8).....	189
Διάγραμμα 37. Μοντέλο στο Λογισμικό SC®: Η Ανάπτυξη ενός Φυτού.....	193
Διάγραμμα 38. Σχεδιαστικό Μοντέλο: Το Κυκλοφοριακό Σύστημα μιας Γειτονιάς.....	196
Διάγραμμα 39. Μοντέλο του Αναπνευστικού Συστήματος.....	198
Διάγραμμα 40. Μοντέλο του Ηλιακού Συστήματος.....	201
Διάγραμμα 41. Οι Τέσσερις Βασικές Φάσεις της Σελήνης.....	206
Διάγραμμα 42. Μοντέλο Εξήγησης των Φάσεων της Σελήνης	206
Διάγραμμα 43: Μοντέλο του Θαλάσσιου Οικοσυστήματος (Προπειραματικό, ΠΕ 17).....	218
Διάγραμμα 44. Διαδοχικά Μοντέλα για το Φαινόμενο της Οξίνης Βροχής (Τελική Εργασία του ΠΕ 12)	223
Διάγραμμα 45. Διαδοχικά Μοντέλα για τη Διατροφή σε ένα Θαλάσσιο Οικοσύστημα (Τελική Εργασία της ΠΕ 8)	226
Διάγραμμα 46. Συσχετισμός των Επιστημολογικών και των Παιδαγωγικών Δυσκολιών	229
Διάγραμμα 47. Γραφική Παράσταση των Συνεισφορών της Εκπαιδευτικού ως προς τον Αριθμό των Συμμετεχόντων σε κάθε Σύγχρονη Συζήτηση	308
Διάγραμμα 48. Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών	323
Διάγραμμα 49. Οι Σημαντικότερες Παράμετροι Αξιοποίησης των Δυνατοτήτων των Εργαλείων Επικοινωνίας του ΕΠΜ	328
Διάγραμμα 50. Μοντέλο Χρήσης των Εργαλείων Επικοινωνίας ενός ΕΠΜ για την Καλλιέργεια της Ικανότητας της Μοντελοποίησης και Ανάπτυξη Στρατηγικών για τη Διδασκαλία της	329
Διάγραμμα 51. Το Μοντέλο των Clouder <i>et al.</i> (2006) σε σχέση με τους Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Δυναμική της Ομάδας σε Μικτό Διαδίκτυακό Μαθησιακό Περιβάλλον.....	370
Διάγραμμα 52. Τεχνολογικά εργαλεία για προώθηση των μαθησιακών επιδιώξεων στα διάφορα επίπεδα συνεργασίας.379	

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

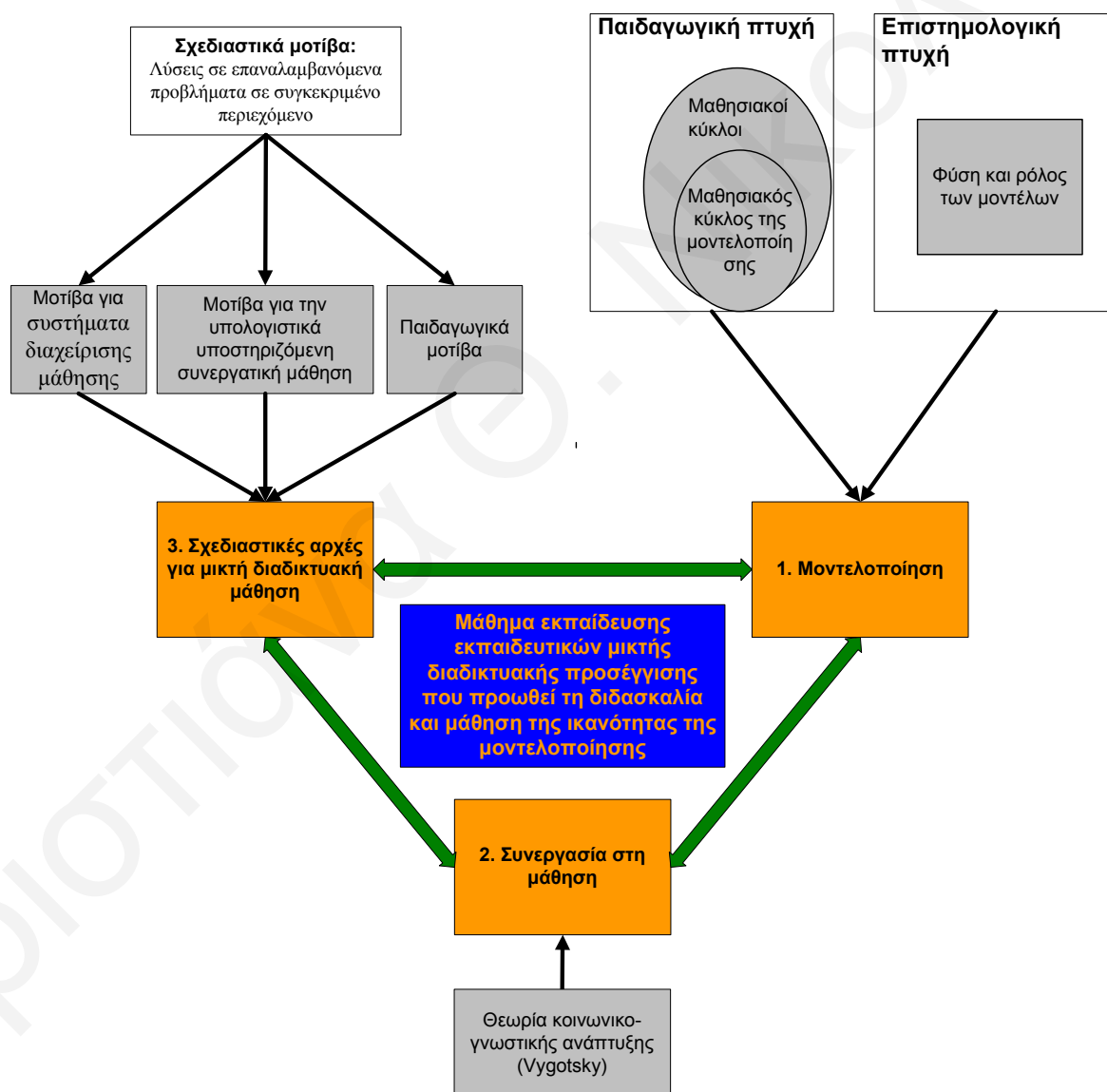
<i>Πίνακας 1. Σχεδιαστικά Μοτίβα που Στηρίζουν το Σχεδιαστικό Μοτίβο «Μάθημα Μικτής Διαδικτυακής Προσέγγισης που Συνδυάζει Συνεργασία στη Μάθηση»</i>	38
<i>Πίνακας 2. Πλαίσιο Αλληλεπιδραστικής Συνεργασίας</i>	103
<i>Πίνακας 3. Τεχνολογικά Εργαλεία που Χρησιμοποιήθηκαν για τους Σκοπούς της Κάθε Δραστηριότητας</i>	117
<i>Πίνακας 4. Πιλοτική και Τελική Έκδοση των Διαγνωστικών Δοκιμών Μοντελοποίησης</i>	135
<i>Πίνακας 5. Τροποποιήσεις Δραστηριοτήτων στα Δύο Πακέτα Διδακτικού Υλικού</i>	136
<i>Πίνακας 6. Αποτελέσματα Ανάλυσης Απαντήσεων των ΠΕ στα Δύο Διαγνωστικά Δοκίμια για την Πτυχή «Εξαγωγή Πληροφοριών από Δοσμένο Μοντέλο» (Πιλοτική Φάση)</i>	142
<i>Πίνακας 7. Μέσα Συλλογής Δεδομένων</i>	148
<i>Πίνακας 8. Παράδειγμα Φαινομενογραφικής Ανάλυσης</i>	150
<i>Πίνακας 9. Σχήμα Κωδικοποίησης και Αξιολόγησης Μοντέλων</i>	151
<i>Πίνακας 10. Τιμές για το Δείκτη της Ομοιογένειας για Επιτυχημένη Συνεργασία</i>	156
<i>Πίνακας 11. Σχήμα Κωδικοποίησης των Συζητήσεων των ΠΕ</i>	159
<i>Πίνακας 12. Είδη Δραστηριοτήτων</i>	160
<i>Πίνακας 13. Σύνοψη των Ερευνητικών Ερωτημάτων και του Τρόπου Προσέγγισής τους</i>	161
<i>Πίνακας 14. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 1: Κατασκευή Μοντέλου: Θαλάσσιο Οικοσύστημα</i>	165
<i>Πίνακας 15. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 1</i>	166
<i>Πίνακας 16. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 2: Κατασκευή Μοντέλου: Ο μηχανισμός της όσφρησης</i>	169
<i>Πίνακας 17. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 2</i>	171
<i>Πίνακας 18. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 3: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Θαλάσσιο Οικοσύστημα</i>	173
<i>Πίνακας 19. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 3</i>	174
<i>Πίνακας 20. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 4: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Διάθλαση Φωτός</i>	176
<i>Πίνακας 21. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 4</i>	178
<i>Πίνακας 22. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 5 (ερώτημα α): Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Η Λειτουργία της Μυρμηγκοφωλιάς</i>	179
<i>Πίνακας 23. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 5 (ερώτημα β): Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Η Λειτουργία της Μυρμηγκοφωλιάς</i>	180
<i>Πίνακας 24. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 5α</i>	181
<i>Πίνακας 25. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 5β</i>	181
<i>Πίνακας 26. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 6 (ερώτημα α): Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων</i>	183
<i>Πίνακας 27. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 6 (ερώτημα β): Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων</i>	184
<i>Πίνακας 28. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 6α</i>	185
<i>Πίνακας 29. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 6β</i>	185
<i>Πίνακας 30. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 7: Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο και Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Ποδοσφαιρικός Αγώνας</i>	187
<i>Πίνακας 31. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 7</i>	189
<i>Πίνακας 32. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 8: Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο και Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Η Λειτουργία του Ποδηλάτου</i>	190
<i>Πίνακας 33. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 8</i>	192
<i>Πίνακας 34. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 11: Οι Μεταγνωστικές Διεργασίες που Αφορούν στη Διαδικασία Ανάπτυξης και Βελτίωσης Μοντέλου: Ανάπτυξη Φυτού</i>	194
<i>Πίνακας 35. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 11</i>	195
<i>Πίνακας 36. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 12: Οι Μεταγνωστικές Διεργασίες που Αφορούν στη Διαδικασία Ανάπτυξης και Βελτίωσης Μοντέλου: Κυκλοφοριακό Σύστημα</i>	197
<i>Πίνακας 37. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 12</i>	198
<i>Πίνακας 38. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 13: Επιστημολογική Επάρκεια σε σχέση με τα Μοντέλα και τη Μοντελοποίηση: Αναπνευστικό Σύστημα</i>	200
<i>Πίνακας 39. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 13</i>	201

Πίνακας 40. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 14: Επιστημολογική Επάρκεια σε σχέση με τα Μοντέλα και τη Μοντελοποίηση: Ηλιακό Σύστημα.....	202
Πίνακας 41. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 14.....	204
Πίνακας 42. Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων (στατιστικό κριτήριο Wilcoxon) για τα Διαγνωστικά Δοκίμια Αξιολόγησης της Μοντελοποίησης.....	205
Πίνακας 43. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 1, Μέρος Α: Ορισμός των Φάσεων της Σελήνης.....	209
Πίνακας 44. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, άσκηση 1α.....	210
Πίνακας 45. Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 1, μέρος Β: Κατανόηση των Φάσεων της Σελήνης.....	211
Πίνακας 46. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 1β.....	212
Πίνακας 47. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 2.....	213
Πίνακας 48. Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 3.....	213
Πίνακας 49. Συνοπτικός Πίνακας αποτελεσμάτων (στατιστικό κριτήριο Wilcoxon) για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 15 (Φάσεις της Σελήνης).....	214
Πίνακας 50. Αριθμός Στοιχείων που Περιλαμβάνονται στα Μοντέλα των ΠΕ (Διαγνωστικό Δοκίμιο 1).....	218
Πίνακας 51. Αλληλεπιδράσεις Ανάμεσα στα Στοιχεία των Μοντέλων των ΠΕ.....	219
Πίνακας 52. Αλληλεπιδράσεις των Στοιχείων του Μοντέλου που Προέκυψε από τη Διδασκαλία της ΠΕ 1.....	227
Πίνακας 53. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 2.....	233
Πίνακας 54. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (ομάδα 4): Δραστηριότητα 2.....	234
Πίνακας 55. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 3.....	235
Πίνακας 56. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 3.....	236
Πίνακας 57. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 6.....	236
Πίνακας 58. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 6.....	236
Πίνακας 59. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 7.....	237
Πίνακας 60. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Δραστηριότητα 7.....	238
Πίνακας 61. Στοιχεία που Περιγράφουν το Μεταγνωστικό Σχόλιο 2.....	238
Πίνακας 62. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Μεταγνωστικό σχόλιο 2.....	238
Πίνακας 63. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 8.....	239
Πίνακας 64. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ: Δραστηριότητα 8.....	240
Πίνακας 65. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 9.....	241
Πίνακας 66. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Δραστηριότητα 9.....	241
Πίνακας 67. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 10.....	241
Πίνακας 68. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ: Δραστηριότητα 10.....	242
Πίνακας 69. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 11.....	243
Πίνακας 70. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 11.....	243
Πίνακας 71. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 12.....	244
Πίνακας 72. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ: Δραστηριότητα 12.....	244
Πίνακας 73. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 13.....	246
Πίνακας 74. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Δραστηριότητα 13.....	246
Πίνακας 75. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 15.....	246
Πίνακας 76. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 15.....	247
Πίνακας 77. Στοιχεία που Περιγράφουν το Μεταγνωστικό Σχόλιο 3.....	247
Πίνακας 78. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Μεταγνωστικό Σχόλιο 3.....	247
Πίνακας 79. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 16.....	248
Πίνακας 80. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 16.....	248
Πίνακας 81. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 17.....	249
Πίνακας 82. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 17.....	249
Πίνακας 83. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 18.....	249
Πίνακας 84. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 18.....	250
Πίνακας 85. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 20.....	250
Πίνακας 86. Συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ: Δραστηριότητα 20.....	252
Πίνακας 87. Στοιχεία που περιγράφουν τη δραστηριότητα 21.....	254
Πίνακας 88. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ: Δραστηριότητα 21.....	255
Πίνακας 89. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 22.....	255
Πίνακας 90. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ: Δραστηριότητα 22.....	257
Πίνακας 91. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 25.....	258
Πίνακας 92. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Δραστηριότητα 25.....	259
Πίνακας 93. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 26.....	260
Πίνακας 94. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Δραστηριότητα 26.....	260
Πίνακας 95. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 29.....	261
Πίνακας 96. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 29.....	262
Πίνακας 97. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 30.....	262
Πίνακας 98. Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 30.....	263
Πίνακας 99. Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 31.....	263

<i>Πίνακας 100.</i> Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 31.....	263
<i>Πίνακας 101.</i> Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 32.....	264
<i>Πίνακας 102.</i> Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 32.....	264
<i>Πίνακας 103.</i> Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 33.....	264
<i>Πίνακας 104.</i> Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 33.....	265
<i>Πίνακας 105.</i> Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 35.....	265
<i>Πίνακας 106.</i> Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 35.....	266
<i>Πίνακας 107.</i> Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 37.....	266
<i>Πίνακας 108.</i> Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 37.....	267
<i>Πίνακας 109.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Πρώτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α).....	270
<i>Πίνακας 110.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Πρώτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β).....	271
<i>Πίνακας 111.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Δεύτερης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α).....	272
<i>Πίνακας 112.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Δεύτερης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β).....	273
<i>Πίνακας 113.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Τρίτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α).....	274
<i>Πίνακας 114.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Τρίτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β).....	275
<i>Πίνακας 115.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Τέταρτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α).....	276
<i>Πίνακας 116.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Τέταρτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β).....	277
<i>Πίνακας 117.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Πέμπτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α).....	278
<i>Πίνακας 118.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Πέμπτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β).....	279
<i>Πίνακας 119.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Έκτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α).....	280
<i>Πίνακας 120.</i> Ποιοτική Ανάλυση της Έκτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β).....	281
<i>Πίνακας 121.</i> Επιτυχία Δραστηριοτήτων ως προς τη Συνεργασία Εντός μιας Ομάδας.....	282
<i>Πίνακας 122.</i> Συνοπτικός Πίνακας Δραστηριοτήτων ανάλογα με το Είδος της Δραστηριότητας και το Επίπεδο Συνεργασίας.....	285
<i>Πίνακας 123.</i> Δυσκολίες Μοντελοποίησης που Αντιμετωπίζουν οι ΠΕ.....	289
<i>Πίνακας 124.</i> Παιδαγωγικές Δυσκολίες που Αντιμετωπίζουν οι ΠΕ.....	289
<i>Πίνακας 125.</i> Παράμετροι που Βοηθούν στην Ανάπτυξη Αποτελεσματικής Συνεργασίας.....	368
<i>Πίνακας 126.</i> Εργαλεία που Χρησιμοποιήθηκαν στα Διαφορετικά Επίπεδα Συνεργασίας.....	380

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια αποτελεί μία διδακτική επινόηση για την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης. Εστιάζει στην ανάπτυξη και υλοποίηση ενός μαθήματος μικτής διαδικτυακής μορφής (blended e-learning instruction) για εκπαίδευση προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών, το οποίο προωθεί τη διδασκαλία και τη μάθηση της ικανότητας της μοντελοποίησης. Ο σχεδιασμός του μαθήματος στηρίχθηκε στο ότι η ικανότητα της μοντελοποίησης μπορεί να διδαχθεί κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες ή προϋποθέσεις. Αυτές οι συνθήκες παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1 και αναλύονται παρακάτω:



Διάγραμμα 1. Θεωρητικό Πλαίσιο Έρευνας

1) Η ικανότητα της μοντελοποίησης. Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου μαθήματος, η ικανότητα της μοντελοποίησης προσεγγίστηκε επιστημολογικά και παιδαγωγικά. Επιστημολογικά, κρίθηκε αναγκαίο οι εκπαιδευτικοί να μελετήσουν τα μοντέλα σε σχέση

με τη φύση και το ρόλο τους στις Φυσικές Επιστήμες (J. Gilbert & Boulter, 1998; J. Gilbert, Boulter, & Rutherford, 1998a, 1998b; Halloun, 2004, 2007; Hestenes, 1992, 1997; Justi & van Driel, 2005; Schwarz & White, 2005). Από παιδαγωγικής απόψεως, το διδακτικό υλικό υλοποίησε το μαθησιακό κύκλο της μοντελοποίησης, ο οποίος αποτελεί διδακτική εξέλιξη των μαθησιακών κύκλων (Karplus, 1977). Για αυτό το σκοπό αναπτύχθηκε διδακτικό υλικό που βοηθά τους εκπαιδευτικούς να περάσουν μέσα από τις κατάλληλες διδακτικές διαδικασίες, ώστε να οικοδομήσουν διαδοχικά μοντέλα για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης και να αναπτύξουν την ικανότητα της μοντελοποίησης. Στο πλαίσιο του μαθήματος αναπτύχθηκε, επίσης, διδακτικό υλικό που κατευθύνει τους εκπαιδευτικούς στο να αντιληφθούν τη διδακτική πτυχή της μοντελοποίησης, και το οποίο τους καθοδηγεί να αναπτύξουν διδακτικές πρακτικές και στρατηγικές που να προωθούν την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης σε μαθητές δημοτικού σχολείου.

Η ικανότητα της μοντελοποίησης αναφέρεται στην ανάπτυξη της ικανότητας οικοδόμησης και βελτίωσης ενός μοντέλου για ένα φυσικό φαινόμενο (Hestenes, 1987). Το μοντέλο αποτελεί μια μονάδα δομημένης γνώσης που χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει ένα παρατηρούμενο μοτίβο σε φυσικά φαινόμενα. Είναι μία εξωτερική αναπαράσταση ενός φαινομένου που παρέχει μηχανισμό για το φαινόμενο. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη διενέργεια προβλέψεων σε σχέση με τη μελλοντική συμπεριφορά του φαινομένου και έχει προβλεπτική ικανότητα (Halloun, 2007). Η ικανότητα της μοντελοποίησης εμπίπτει στις δεξιότητες συλλογισμού, οι οποίες βοηθούν το άτομο να οικοδομήσει τη γνώση και αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη μεταφέρσιμων δεξιοτήτων, που μπορούν να στηρίξουν τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (Constantinou, 1999; Hestenes, 1992, 1997). Ο Matthews (2007) θέλοντας να τονίσει τον κεντρικό ρόλο της μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες αναφέρει ότι “είναι δύσκολο να σκεφτεί κανείς την επιστήμη χωρίς μοντέλα” (σελ. 647).

Η επινόηση, η κατασκευή και η χρήση μοντέλων είναι σύμφυτη με την ίδια τη λειτουργία της επιστήμης (S. Gilbert, 1991) και του επιστημονικού τρόπου σκέψης και προσέγγισης της πραγματικότητας. Η αποδοχή του λειτουργικού ορισμού της επιστήμης ως διαδικασίας μοντελοποίησης βοηθά τα άτομα να κατανοήσουν ότι η γνώση είναι ανθρώπινο προϊόν. Η θέση ότι η γνώση δεν είναι μια ακριβής αναπαράσταση της πραγματικότητας, αλλά κοινωνική κατασκευή, έχει τις ρίζες της στο φιλοσοφικό έργο του Wittgenstein (1953) και του Mead (1934). Βρήκε επιστημολογική στήριξη από τον Kuhn (1962) και ψυχολογική

από το Vygotsky (1978) και τους σύγχρονους κοινωνιολόγους, που τονίζουν το ρόλο της κοινωνικής αλληλεπίδρασης στη συνεχή διαδικασία οικοδόμησης και ανοικοδόμησης της γνώσης. Συνεπώς, κρίθηκε αναγκαίο η διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης να εφαρμοστεί μέσα από ένα πλαίσιο συνεργατικής μάθησης.

2) *Συνεργασία στη μάθηση.* Οι προσπάθειες για αναμόρφωση της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες προτείνουν πως, παρόμοια με τις πρακτικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες στην καθημερινή τους εργασία, η συνεργασία πρέπει να διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη μάθηση. Συνεπώς, η μάθηση πρέπει να θεωρείται κοινωνική και όχι ατομική δραστηριότητα (Dewey, 1932; Mead, 1934; Piaget, 1932; Vygotsky, 1978). Η συνεργασία είναι μία συντονισμένη σύγχρονη ή ασύγχρονη (μέσω διαδικτύου) δραστηριότητα, αποτέλεσμα συνεχούς προσπάθειας για οικοδόμηση και διατήρηση κοινής αντίληψης για το πρόβλημα και κατασκευή νοήματος μέσω των διεργασιών λύσης προβλημάτων (Roschelle & Teasley, 1995). Η παραδοσιακή προσέγγιση στη διδασκαλία εμπλέκει το μανθάνοντα σε μία διαδικασία αλληλεπίδρασης με τον εκπαιδευτικό, κατά την οποία ο τελευταίος παρεμβαίνει, όταν δημιουργούνται προβλήματα, για να βοηθήσει στη λύση τους. Η έρευνα υποδεικνύει ότι η συνεργασία ανάμεσα στους μανθάνοντες επιφέρει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Barron, Schwartz, Vye, Moore, Petrosino, Zech, & Bransford, 1998; Hogan, 1998; Krajcik, Blumenfeld, Marx, & Soloway, 1994) σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Η διαδικασία, όμως, της συνεργατικής μάθησης δεν είναι ομοιογενής και προβλέψιμη και δε συμβαίνει απαραίτητα όταν δύο ή περισσότεροι μαθητές είναι μαζί ή όταν συνυπάρχουν δύο ή περισσότερα άτομα. Τα μέλη της ομάδας πρέπει να καταβάλλουν συνεχείς και συνειδητές προσπάθειες για να συντονίζουν τη γλώσσα και τις δραστηριότητές τους σε σχέση με την κοινή γνώση. Επιπλέον, η ενσωμάτωση ενός συνεργατικού πλαισίου διδασκαλίας δεν είναι αυτονόητη και δεν τυγχάνει (σοβαρού) χειρισμού στην εκπαιδευτική πρακτική. Το πλαίσιο αλληλεπιδραστικής συνεργασίας ενσωματώνει συνεργασία, που μπορεί να συμβαίνει εντός της τάξης ή μέσω του διαδικτύου, σε σχέση με πολλαπλά και πιθανόν αλληλοϋποστηριζόμενα επίπεδα (π.χ. ανάμεσα στα μέλη μιας κοινότητας ή ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες κοινότητες) (Weblabs, n.d.) και βασίζεται στις κοινωνικο-γνωστικές θεωρίες μάθησης (sociocognitive learning theories) (Vygotsky, 1978). Ο Vygotsky τονίζει ότι η συνεργατική μάθηση, είτε ανάμεσα στους μαθητές είτε ανάμεσα στους μαθητές και στον εκπαιδευτικό, είναι ουσιαστική για να προωθηθεί ο κάθε μαθητής, ώστε να αναπτυχθεί στη δική του Ζώνη Δυνατής Ανάπτυξης (Zone of Proximal Development), το κενό δηλαδή ανάμεσα στο τι μπορεί ο μαθητής να κατακτήσει από μόνος του και σε αυτό

που μπορεί να κατακτήσει σε συνεργασία με άλλους, που είναι πιο έμπειροι ή επιδέξιοι από εκείνον (Daniels, 1996).

3) *Σχεδιαστικές αρχές για μικτή διαδικτυακή μάθηση.* Η μικτή διαδικτυακή προσέγγιση αφορά στον ενοποιημένο συνδυασμό των παραδοσιακών προσεγγίσεων με τη διαδικτυακή (online) προσέγγιση αλλά και των παιδαγωγικών πτυχών που προκύπτουν από τις δύο προσεγγίσεις (Driscoll, 2002; Whitelock & Jelfs, 2003).

Ο σχεδιασμός μίας συγκροτημένης προσπάθειας διαδικτυακής μάθησης (networked learning) αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία και απαιτεί χρόνο και εμπειρία εκ μέρους των εκπαιδευτικών. Λόγω της πολυπλοκότητας στο σχεδιασμό, του περιορισμένου χρόνου, αλλά και της πιθανής έλλειψης τεχνογνωσίας προτείνεται η χρήση σχεδιαστικών αρχών που προκύπτουν από την ανάλυση σχεδιαστικών μοτίβων (Goodyear, 2005). Τα σχεδιαστικά μοτίβα προτείνουν, κυρίως, λύσεις σε ένα επαναλαμβανόμενο πρόβλημα σε σχέση με συγκεκριμένο περιεχόμενο (C. Alexander, Ishikawa, Silverstein, Jacobson, Fiksdahl-King, & Angel, 1977). Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί τεχνογνωσία που αναπτύχθηκε από ειδικούς σε τρεις διακριτές περιοχές έρευνας: (α) σχεδιαστικά παιδαγωγικά μοτίβα (PPP, n.d.), (β) σχεδιαστικά μοτίβα για συνεργατική μάθηση (TELL, n.d.), και (γ) σχεδιαστικά μοτίβα για συστήματα διαχείρισης μάθησης (E-LEN, n.d.).

2. ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Οι Duschl, Schweingruber, και Shouse (2007) παρουσίασαν σε μία αναφορά προς το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (National Research Council) των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής τα συμπεράσματά τους σε σχέση με τις προτεραιότητες που πρέπει να τεθούν για τις Φυσικές Επιστήμες στη Δημοτική Εκπαίδευση, με σκοπό την αλλαγή με θεμελιώδεις τρόπους. Σε σχέση με το Αναλυτικό Πρόγραμμα και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, καταλήγουν στα εξής συμπεράσματα: «Οι μαθητές μαθαίνουν όταν συμμετέχουν ενεργά και δεσμεύονται στις επιστημονικές πρακτικές. Ένα περιβάλλον τάξης που παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές για συμμετοχή στις επιστημονικές πρακτικές περιλαμβάνει επιστημονικά έργα που ενσωματώνονται σε κοινωνική αλληλεπίδραση χρησιμοποιώντας συζήτηση και εργασία με επιστημονικές αναπαραστάσεις και εργαλεία» και «Συχνά, οι διερευνήσεις που γίνονται σε επίπεδο πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης θεωρούν ότι η συλλογή δεδομένων και η ανάλυσή τους αποτελεί το κύριο συστατικό της επιστήμης. Παρόλα αυτά, η επιστήμη είναι και πρέπει να παρουσιάζεται ως η διαδικασία οικοδόμησης θεωριών και μοντέλων...» (σελ. 342). Και τα δύο συμπεράσματα τονίζουν την ανάγκη προώθησης της ικανότητας της μοντελοποίησης τόσο επιστημολογικά όσο και παιδαγωγικά μέσω συνεργατικής μάθησης. Οι λόγοι αναλύονται παρακάτω.

Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η υποχρεωτική εκπαίδευση πρέπει να εστιάζει στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης (Frederiksen, White, & Gutwill, 1999; Gobert & Buckley, 2000; Grosslight, Unger, & Jay, 1991; Hestenes, 1987, 1992, 1997; Lehrer & Schauble, 2000; Raghavan & Glaser, 1995), κυρίως λόγω της σημασίας που δίνεται στις οικοδομηστικές διδακτικές πρακτικές. Αυτή η σχολή σκέψης υποστηρίζει ότι το Αναλυτικό Πρόγραμμα πρέπει να περιλαμβάνει πολλές μορφές μοντέλων (φυσικά μοντέλα, εικονικά μοντέλα, λεκτικά μοντέλα, γραφικές παραστάσεις κτλ), αλλά κυρίως να περιλαμβάνει την οικοδόμηση και βελτίωση μοντέλων, καθώς και τη διδασκαλία της αποκωδικοποίησής τους και ανάπτυξης συλλογισμού σε σχέση με αυτά (Van Driel & Verloop, 2002).

Παρόλα αυτά, η μοντελοποίηση δεν αποτελεί ρουτίνα για τη διδασκαλία, τουλάχιστον στο επίπεδο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Schwarz & Gwekwerere, 2007). Αυτό ισχύει και στο κυπριακό εκπαιδευτικό σύστημα. Δε γίνεται καμία προσπάθεια για διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης στο πλαίσιο της δημόσιας εκπαίδευσης και δεν αποτελεί ρητά διατυπωμένη μαθησιακή επιδίωξη για κάποιο από τα μαθήματα και κυρίως για το

μάθημα των Φυσικών Επιστημών (Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, 1996). Ίσως αυτό να οφείλεται στην τάση των εκπαιδευτικών θεωριών για επικέντρωση στις απλές συνιστώσες ικανότητες για τα μικρά παιδιά και στη σταδιακή αύξηση της πολυπλοκότητας μόνο για μεγαλύτερους και ικανότερους μαθητές (Bruer, 1993; Collins, Brown, & Newman, 1989; Schauble, Glaser, Duschl, Schulze, & John, 1995). Μπορεί επίσης να συμβαίνει λόγω της έλλειψης γνώσεων, πληροφοριών, πλαισίων και δομών καθοδήγησης των εκπαιδευτικών σε σχέση με τη δέσμευση των παιδιών σε διερευνητικές πρακτικές που να περιλαμβάνουν μοντελοποίηση. Οι Schwarz και Gwekwerere (2007) υπερθεματίζουν την ανάγκη εισαγωγής της διδασκαλίας μέσω μοντελοποίησης στο διδακτικό ρεπερτόριο των εκπαιδευτικών από τη Δημοτική Εκπαίδευση.

Πέρα από την ανάγκη για ενσωμάτωση της μοντελοποίησης στη διδακτική ρουτίνα των εκπαιδευτικών, χρειάζεται αυτοί να χρησιμοποιούν την τεχνολογία στην τάξη τους (Schwarz, Meyer, & Sharma, 2007). Για να μπορέσουν να το κάνουν αυτό χρειάζεται να ενσωματωθούν ισχυρά παραδείγματα τεχνολογίας σε προγράμματα προετοιμασίας εκπαιδευτικών, με σκοπό να σκεφτούν για το πώς θα εμποτίσουν αυτά τα παραδείγματα στις μελλοντικές τους τάξεις. Ειδικότερα, οι εκπαιδευτικοί έχουν ελάχιστες γνώσεις και δεν είναι οικείοι με τη χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών μοντελοποίησης. Αφού αυτό απαιτείται, στόχος της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας είναι να βοηθηθούν οι εκπαιδευτικοί να χρησιμοποιήσουν ένα Εικονικό Περιβάλλον Μάθησης (EPM) και ένα λογισμικό μοντελοποίησης για τη δική τους μάθηση και τη μελλοντική τους διδασκαλία.

Η παρούσα έρευνα έχει ως γενικό σκοπό να απευθυνθεί στο *μαθησιακό κενό* που προκύπτει από την έλλειψη συστηματικής προσπάθειας για διδασκαλία της μοντελοποίησης στο πλαίσιο της εκπαίδευσης εκπαιδευτικών, αλλά και την απουσία διδασκαλίας της συγκεκριμένης δεξιότητας στη Δημοτική Εκπαίδευση. Εστιάζει δηλαδή στην ανάπτυξη διδακτικού υλικού για ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης σε προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς και στην ανάπτυξη στρατηγικών διδασκαλίας της μοντελοποίησης με τη χρήση του πληροφορικού εργαλείου Stagecast Creator®, από τους τελευταίους, σε μαθητές δημοτικού σχολείου. Τόσο η μοντελοποίηση, όσο και η συνεργασία προσομοιάζουν στις καθημερινές πρακτικές των επιστημόνων, αφού για να συγκλίνουν σε νέες θεωρίες και να έχουν νόημα, οι επιστήμονες συνεργάζονται (Roschelle, 1992). Η βιβλιογραφία παρουσιάζει, παρόλο που δεν το στηρίζει ερευνητικά, τη συνεργατική μάθηση ως αναπόσπαστο στοιχείο στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης (Louca, Zacharia, & Constantinou, submitted). Δεδομένου ότι μέσα από

την επιστημονική διαδικασία οικοδόμησης νοήματος επέρχεται μάθηση, η διαδικασία πρέπει να θεωρείται ως κοινωνική παρά ατομική δραστηριότητα (Dewey, 1932; Mead, 1934; Piaget, 1932; Vygotsky, 1978). Η παρούσα έρευνα απευθύνεται σε αυτό το κενό και αποτελεί μία διδακτική επινόηση για την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης και του εκπαιδευτικού μετασχηματισμού της από προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς Δημοτικής Εκπαίδευσης μέσα από συνεργασία που συμβαίνει σε διαφορετικά επίπεδα. Ταυτόχρονα, επιχειρεί να απευθυνθεί στο *τεχνολογικό και επαγγελματικό κενό* που εντοπίζεται στο χώρο της εκπαίδευσης εκπαιδευτικών, αφού η διδασκαλία λαμβάνει χώρα στο πλαίσιο ενός ΕΠΜ ως μέσου ενίσχυσης της (δια βίου) εκπαίδευσης (online learning) των μελλοντικών εκπαιδευτικών.

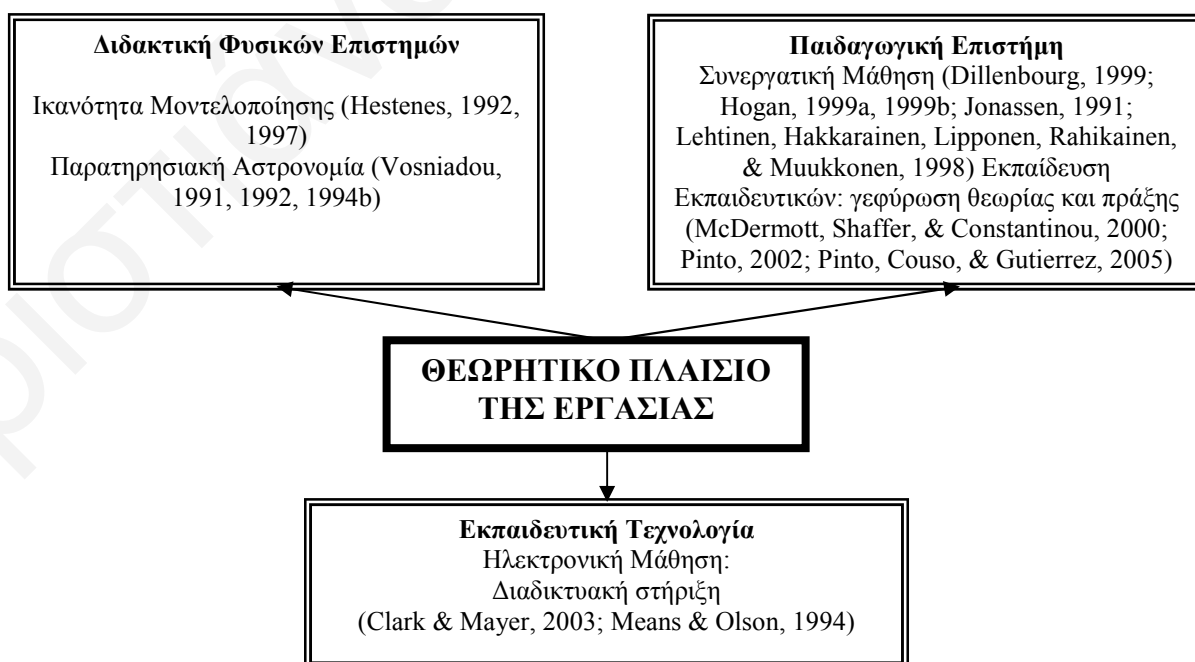
Αναλυτικότερα, η παρούσα ερευνητική προσπάθεια επιχειρεί να απευθυνθεί στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Μπορεί, και αν ναι με ποιο τρόπο, μια ειδικά σχεδιασμένη διδακτική παρέμβαση να λειτουργήσει ως μέσο ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης σε προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς (ΠΕ); Ειδικότερα, είναι μεταφέρσιμη η ικανότητα της μοντελοποίησης για τη μελέτη άγνωστων συγκειμένων;
2. Η εφαρμογή μιας ειδικά σχεδιασμένης διδακτικής παρέμβασης βοηθά στην ανάπτυξη εννοιολογικής κατανόησης των ΠΕ σε σχέση με το φαινόμενο της Φάσεων της Σελήνης;
3. Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι ΠΕ στην προσπάθειά τους να αναπτύξουν μοντέλα;
4. Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι ΠΕ στην προσπάθεια τους να διδάξουν στρατηγικές μοντελοποίησης σε μαθητές δημοτικού σχολείου;
5. Με ποιους τρόπους οι δυνατότητες επικοινωνίας, που παρέχουν τα ΕΠΜ, μπορούν να αξιοποιηθούν για καλλιέργεια της ικανότητας της μοντελοποίησης; Ποιες είναι οι σημαντικότερες παράμετροι αξιοποίησης των διάφορων τεχνολογικών δυνατοτήτων;
6. Ποιες είναι οι σημαντικότερες παράμετροι δημιουργίας συνθηκών αποτελεσματικής συνεργασίας ανάμεσα σε ΠΕ στις Φυσικές Επιστήμες σε ένα μάθημα που εφαρμόζει μικτή διαδικτυακή προσέγγιση; Με ποιους τρόπους μπορούν να αξιοποιηθούν τα διαθέσιμα διαδικτυακά εργαλεία και σε ποια επίπεδα (εντός ομάδας, ανάμεσα σε ομάδες, κτλ) προσφέρεται η συνεργασία για την προώθηση διάφορων μαθησιακών επιδιώξεων;

Στα κεφάλαια που ακολουθούν γίνεται αναλυτική παρουσίαση του θεωρητικού πλαισίου που σκιαγραφείται από το Διάγραμμα 2 και που αποτελεί τη βάση πάνω στην οποία στηρίχθηκε η θεωρητική και πρακτική ανάπτυξη του μαθήματος που περιγράφει η ερευνητική προσπάθεια (κεφάλαιο 3). Ακολούθως, περιγράφεται σε λεπτομέρεια η μεθοδολογική πτυχή της έρευνας (κεφάλαιο 4). Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός της έρευνας γενικότερα και του μαθησιακού περιβάλλοντος ειδικότερα, γίνεται αναφορά στα μέσα συλλογής δεδομένων της έρευνας, καθώς και στον τρόπο ανάλυσής τους. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας σε σχέση με τα έξι ερευνητικά ερωτήματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Στο τελευταίο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική συζήτηση, στην οποία απαντιούνται τα ερευνητικά ερωτήματα και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν, καθώς και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια αντλεί από τρεις διαφορετικές γνωστικές περιοχές (Διάγραμμα 2). Δανείζεται γνώση από τη γνωστική περιοχή της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών τις επιστημολογικές και διδακτικές δομές που προαπαιτούνται για την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης ως διαδικασίας ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλων για φυσικά φαινόμενα και συστήματα (Halloun, 2004; Halloun & Hestenes, 1987; Hestenes, 1992, 1997) και την ανάπτυξη κατανόησης στην Παρατηρησιακή Αστρονομία και συγκεκριμένα για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης (Sharp, 1995; Vosniadou, 1991, 1992). Αντλεί επίσης από την Παιδαγωγική Επιστήμη, από το χώρο της έρευνας σε σχέση με την κοινωνική πτυχή της μάθησης και συγκεκριμένα της Συνεργατικής Μάθησης (Dillenbourg, 1999; Dillenbourg, Baker, Blaye, & O'Malley, 1996; Lehtinen *et al.*, 1998; Roschelle & Teasley, 1995), αλλά και της Εκπαίδευσης Εκπαιδευτικών αναζητώντας πληροφόρηση για τη γεφύρωση της θεωρίας και της πράξης μέσα από εγκυροποιημένες διαδικασίες μετασχηματισμού της γνώσης των εκπαιδευτικών σε μάθηση (McDermott *et al.*, 2000; Pinto, 2002, 2005). Τέλος, αντλεί από τη γνωστική περιοχή της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, αφού προωθεί το συνδυασμό της ηλεκτρονικής μάθησης και της πρόσωπο με πρόσωπο διδασκαλίας για στήριξη της μάθησης και ελαχιστοποίηση των μειονεκτημάτων της εξ ολοκλήρου διαδικτυακής μάθησης (Garrison & Kanuka, 2004; Ginns & Ellis, 2007; Mouzakis, 2008; Schweizer, Paechter, & Weidenmann, 2003).



Διάγραμμα 2. Γνωστικές Περιοχές που Στηρίζουν την Εργασία

3.1. Σχεδιασμός Μαθημάτων με Διαδικτυακή Στήριξη

3.1.1. Διαδικτυακά Υποστηριζόμενη Μάθηση

Όταν προγραμματίζεις για ένα χρόνο, φύτευε καλαμπόκι, όταν προγραμματίζεις για μία δεκαετία, φύτευε δέντρα, όταν προγραμματίζεις για μια ζωή, εκπαιδεύε και μόρφωνε ανθρώπους. (Κινέζικη παροιμία).

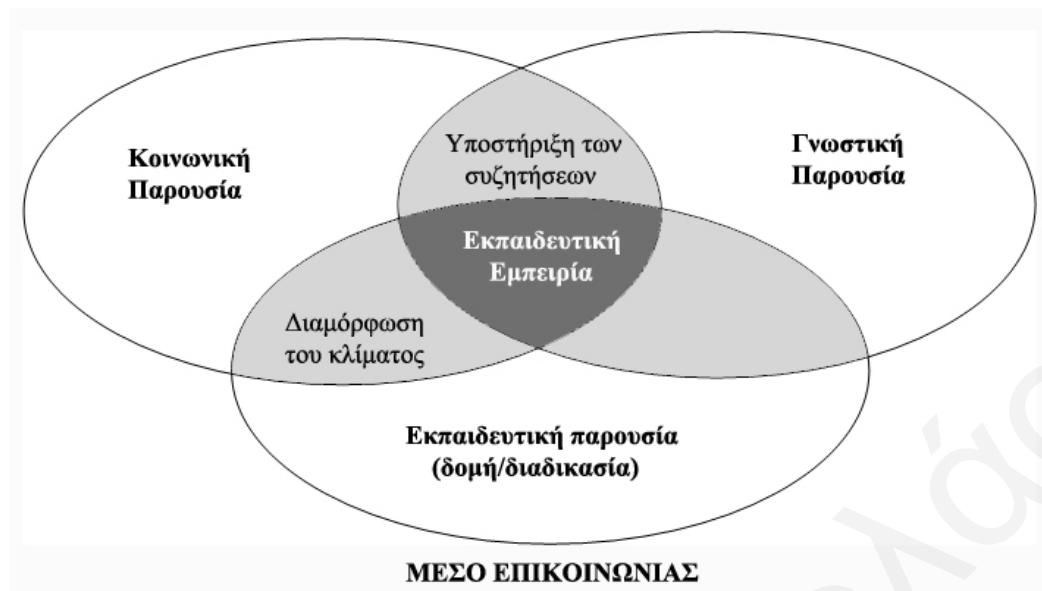
Αν και υπολογίζεται ότι η παροιμία αυτή αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 645 π.Χ., εξακολουθεί να είναι επίκαιρη και να εφαρμόζει στις ανάγκες της κοινωνίας του 21^{ου} αιώνα, ενός αιώνα, κύριο χαρακτηριστικό του οποίου, φαίνεται να είναι οι προσπάθειες οργανισμών και εταιρειών για οργάνωση πλαισίων διαβίου μάθησης. Κάθε επαγγελματίας πρέπει να εκπαιδεύεται και να συμμετέχει σε δραστηριότητες επαγγελματικής ανάπτυξης, κάτι που συνεπάγεται τη θεώρηση της διαβίου εκπαίδευσης ως δεδομένο για τη ζωή κάθε ατόμου (Day, 1999; Fischer, 2000). Οι εκπαιδευτικοί, ως επαγγελματίες, χρειάζεται να εκπαιδεύονται και καλούνται ταυτόχρονα να προετοιμάζουν τους μαθητές τους, ώστε να γίνουν οι μελλοντικοί επαγγελματίες. Οι εκπαιδευτικοί είναι μέρος της κοινωνίας της γνώσης (knowledge society) και για αυτό είναι σημαντικό να διατηρούν το απαιτούμενο επίπεδο σε σχέση με δεξιότητες, γνώσεις και στάσεις. Η ανάγκη αυτή είναι υπαρκτή και για τους εκπαιδευτικούς Φυσικών Επιστημών και ιδιαίτερα σήμερα, την εποχή του ανασχηματισμού της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Duschl *et al.*, 2007; Martin, Mullis, Gonzalez, & Chrostowski, 2004; NRC, 1996; OECD, 2004). Το θέμα, λοιπόν, της (διαβίου) εκπαίδευσης εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών είναι καίριο.

Εμπειρίες με ΕΠΜ σε πανεπιστημιακό επίπεδο βοηθούν τους εκπαιδευτικούς να εξοικειωθούν με αυτό που φαίνεται να αποτελεί το μέλλον στην εκπαίδευση επαγγελματιών, την ηλεκτρονική εκπαίδευση (e-learning), η οποία μπορεί να στηρίζει τις προσπάθειες για διαβίου μάθηση. Η διαδικτυακή μάθηση λαμβάνει χώρα συνήθως μέσα από Εικονικό Περιβάλλον Μάθησης. Ένα ΕΠΜ είναι ένα ηλεκτρονικό περιβάλλον, στο οποίο οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί συμμετέχουν σε διαδικτυακές αλληλεπιδράσεις διάφορων μορφών, οι οποίες οδηγούν σε διαδικτυακή μάθηση. Αυτό το ηλεκτρονικό περιβάλλον μπορεί να παραδοθεί είτε μέσω πολλαπλών συστημάτων είτε με σταδιακό τρόπο μέσα από ένα σύστημα που προσφέρει σειρά μαθησιακών εργαλείων. Στη βιβλιογραφία όροι όπως Εικονικά Περιβάλλοντα Μάθησης, Συστήματα Διαχείρισης

Μάθησης, Εικονικά Μαθησιακά Περιβάλλοντα και Πλατφόρμες Μάθησης εκφράζουν την ίδια έννοια. Η ηλεκτρονική εκπαίδευση είναι μία πρόσφατη προσπάθεια αξιοποίησης της τεχνολογίας για βελτίωση της ποιότητας της μάθησης (Bates, 2001; Garrison & Anderson, 2003; Hamid, 2002; Pawlowski, 2007; Thomson, 2000).

Φαίνεται ότι επικρατεί αισιοδοξία σε σχέση με την ηλεκτρονική εκπαίδευση, λόγω της ανάπτυξης στον τομέα της τεχνολογικής δικτύωσης, η οποία εισάγει νέες προοπτικές στην επικοινωνία. Η χρήση ανοικτού τύπου τεχνικών για τη διδασκαλία και τη μάθηση, οι οποίες στηρίζονται στις νέες διαδικτυακές τεχνολογίες (e-learning), φαίνεται να εφαρμόζει, και υπόσχεται πολλά, σε σχέση με το πρόβλημα που αφορά στην αποτυχία των παραδοσιακών τρόπων διδασκαλίας να προωθήσουν αποτελεσματική μάθηση και συνεπώς να εστιάσουν στην ποιότητα της μάθησης. Συνεπώς, αυτή η μορφή μάθησης μπορεί να αποτελέσει μία λειτουργική λύση στις ανάγκες της επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών (Boone & Anderson, 1995; Carr-Chellman & Duchastel, 2000; Frank, Kurtz, & Levin, 2002; Glenn, 2004; Jaeger, 1995) και ως τέτοια μπορεί να θεωρηθεί ως αναπόσπαστο κομμάτι της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Hench, 2003). Παρόλα αυτά πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι έχει δημιουργηθεί παράδοση σε σχέση με αποτυχημένες προσπάθειες για ανανέωση της εκπαίδευσης, μέσω της εισαγωγής τεχνολογικών καινοτομιών (π.χ. τηλεόραση, ραδιόφωνο, προγραμματισμένη μάθηση) που στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας της μάθησης (C. R. Clark & Mayer, 2003; Means & Olson, 1994).

Για την αποφυγή τέτοιων λαθών, οι Garrison και Anderson (2003) παρουσίασαν ένα εννοιολογικό πλαίσιο που περιλαμβάνει την υποστήριξη της συνεργατικής διερευνητικής διαδικασίας από διαδικτυακά περιβάλλοντα μάθησης (Διάγραμμα 3). Σύμφωνα με αυτούς τους ερευνητές, η διαδικτυακή μάθηση είναι επιτυχημένη όταν περιλαμβάνει γνωστική, κοινωνική και εκπαιδευτική παρουσία.



Διάγραμμα 3. Εννοιολογικό Πλαίσιο των Garrison και Anderson (2003) για τη Διαδικτυακή Συνεργατική Διερευνητική Διαδικασία

Η *γνωστική παρουσία* αφορά στο βαθμό στον οποίο οι μαθητές είναι ικανοί να οικοδομήσουν και να επιβεβαιώσουν κατανόηση μέσα από αναστοχασμό και συζήτηση σε μια κοινωνία διερεύνησης (community of inquiry) (Garrison et al., 2001, στους Garrison & Anderson, 2003).

Η *κοινωνική παρουσία* ορίζεται ως η ικανότητα των συμμετεχόντων σε μία κοινότητα διερεύνησης να προβάλλουν τους εαυτούς τους κοινωνικά και συναισθηματικά ως «πραγματικοί» άνθρωποι μέσα από το μέσο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται (Garrison et al., 2000, στους Garrison & Anderson, 2003). Αυτό είναι δύσκολο να συμβεί λόγω της έλλειψης μη-λεκτικής επικοινωνίας.

Για μια εύστοχη εκπαιδευτική εμπειρία υπάρχει έμφυτη η ανάγκη για έναν αρχιτέκτονα και διευκολυντή, ο οποίος θα σχεδιάσει, θα διευθύνει και θα ενημερώνει την εφαρμογή. Η *εκπαιδευτική παρουσία* ορίζεται ως ο σχεδιασμός, η διευκόλυνση και η καθοδήγηση της γνωστικής και κοινωνικής παρουσίας για την επίτευξη των ποθητών μαθησιακών αποτελεσμάτων (Anderson et al. 2001, στους Garrison & Anderson, 2003). Η εκπαιδευτική παρουσία συνενώνει σε μια ισορροπημένη σχέση όλα τα στοιχεία μιας κοινότητας διερεύνησης. Τα μειονεκτήματα της διαδικτυακής μάθησης προκύπτουν κυρίως λόγω της έλλειψης άμεσης επικοινωνίας μεταξύ εκπαιδευτικού και φοιτητή, κάτι που μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση των μικτών μαθησιακών περιβαλλόντων (blended e-learning).

3.1.2. Σχεδιαστικά Μοτίβα

Ένα ΕΠΜ δε δύναται από μόνο του να αποτελέσει ένα επιτυχημένο χώρο μάθησης. Απαιτείται σωστός σχεδιασμός και ανάπτυξη διδακτικού υλικού, που να απευθύνεται στους σκοπούς και στόχους ενός μαθήματος ή μίας σειράς μαθημάτων. Ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός ενός μαθήματος αφορά στο σύνολο των πρακτικών που εμπλέκονται στην οικοδόμηση αναπαραστάσεων, σε σχέση με τον τρόπο στήριξης της μάθησης σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Η εκπαιδευτική ανάπτυξη του μαθήματος, από την άλλη, παίρνει τη μορφή πρακτικών που μετασχηματίζουν αυτές τις αναπαραστάσεις σε πραγματική στήριξη για τη μάθηση (υλικό, προδιαγραφές έργων, εργαλεία, κτλ) (Goodyear, 2005). Επιπλέον, ο σχεδιασμός μίας συγκροτημένης προσπάθειας διαδικτυακής μάθησης αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία και απαιτεί χρόνο και εμπειρία εκ μέρους των εκπαιδευτικών. Η διαδικτυακή μάθηση, ουσιαστικό στοιχείο της οποίας αποτελεί η συνδεσιμότητα¹, και όχι κατ' ανάγκη η απόσταση ανάμεσα στους μαθησύνοντες, μπορεί να περιλαμβάνει και πρόσωπο με πρόσωπο αλληλεπιδράσεις, που ίσως στηρίζονται και ίσως όχι στη χρήση των τεχνολογιών μάθησης. Συνεπώς ένα μάθημα διαδικτυακής μορφής μπορεί να πάρει και τη μορφή *μικτής διαδικτυακής προσέγγισης* (blended e-learning) (Driscoll, 2002; Garrison & Kanuka, 2004; Ginns & Ellis, 2007; Whitelock & Jelfs, 2003). Η μικτή διαδικτυακή προσέγγιση αφορά στον ενοποιημένο συνδυασμό των παραδοσιακών προσεγγίσεων με τη διαδικτυακή προσέγγιση στη διδασκαλία και στη μάθηση (Whitelock & Jelfs, 2003). Με άλλα λόγια, αποτελεί ένα συνδυασμό παιδαγωγικών προσεγγίσεων που προκύπτουν από τις παραδοσιακές και τις διαδικτυακές διδακτικές πρακτικές (Driscoll, 2002).

Λόγω της πολυπλοκότητας στο σχεδιασμό, του περιορισμένου χρόνου, αλλά και πιθανόν της έλλειψης τεχνογνωσίας, φαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί τριτοβάθμιας εκπαίδευσης αναζητούν μεθόδους στήριξης των προσπαθειών τους για εφαρμογή της διαδικτυακής μάθησης, ώστε να επιτυγχάνεται αποτελεσματική διδασκαλία και συνεπώς μάθηση (Hubscher & Frizell, 2002). Αυτό που ουσιαστικά ζητούν οι ακαδημαϊκοί είναι βοήθεια σε σχέση με το σχεδιασμό, ώστε να προκύψουν επαναχρησιμοποιήσιμες, όχι δοσμένες και σταθερές λύσεις. Επιπλέον, άτομα νέα σε σχέση με το σχεδιασμό διαδικτυακής μάθησης αντιμετωπίζουν πολλές δυσκολίες όταν προσπαθούν να εξαγάγουν πληροφορίες από εμπειρίες άλλων, είτε αυτές κοινοποιούνται ανεπίσημα, στην καθημερινή εκπαιδευτική

¹ Ο όρος συνδεσιμότητα (*connectedness*) παραπέμπει σε συνθήκες κατά τις οποίες η τεχνολογία χρησιμοποιείται για τη δημιουργία συνδέσμων ανάμεσα στους μαθητές, στους μαθητές και στους εκπαιδευτικούς, και ανάμεσα σε μία μαθησιακή κοινότητα και στις μαθησιακές πηγές της (Goodyear, Banks, Hodgson, & McConnell, 2004b).

πρακτική είτε μέσα από δημοσιευμένα ερευνητικά πορίσματα είτε μέσα από σύνολο πρακτικά προσανατολισμένων οδηγιών (Goodyear, Avgeriou, Baggetun, Bartoluzzi, Retalis, Ronteltap, & Rusman, 2004a; Ronteltap, Goodyear, & Bartoluzzi, 2004).

Αυτό που φαίνεται να μην προσφέρεται, επίσης, στους εκπαιδευτικούς είναι παραδείγματα σχεδιασμού, ή κατευθυντήριες γραμμές για σχεδιασμό που να εμπίπτουν σε παιδαγωγικά πλαίσια και που να μην είναι αποκομμένα από την εκπαιδευτική πρακτική, κάτι που θα τους βοηθήσει να εστιάσουν στην ποιότητα της διδασκαλίας και της μάθησης και όχι σε τεχνικά ζητήματα. Ο Goodyear (2005) προτείνει τα σχεδιαστικά μοτίβα (design patterns) ως ένα τρόπο προσέγγισης αυτού του προβλήματος, αφού υποστηρίζει ότι μπορεί να αποτελέσουν ένα χρήσιμο τρόπο ανταλλαγής εμπειριών στον τομέα της διαδικτυακής μάθησης. Ένα σχεδιαστικό μοτίβο αφορά κυρίως μία λύση σε ένα επαναλαμβανόμενο πρόβλημα σε σχέση με συγκεκριμένο περιεχόμενο. Η ιδέα των σχεδιαστικών μοτίβων δεν είναι καινούργια, προέρχεται από την περιοχή της αρχιτεκτονικής, και εμπνευστής της ήταν ο Chrisher Alexander, ο οποίος προσπάθησε να εκδημοκρατίσει την αρχιτεκτονική και το σχεδιασμό των πόλεων, προσφέροντας ένα σύνολο εννοιολογικών πηγών (σχεδιαστικά μοτίβα) που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει κάθε άνθρωπος για να ανασχηματίσει το περιβάλλον του (C. Alexander et al., 1977). Η προσέγγιση του Alexander είναι υποστηρικτική για μετακίνηση της σχεδιαστικής δύναμης από αυτούς που κατέχουν σχεδιαστικές ικανότητες σε αυτούς που ουσιαστικά αποτελούν τον εκπαιδευτικό χώρο, τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές. Ο Vlissides (1998) σημειώνει ότι τα σχεδιαστικά μοτίβα δεν αποσπούν το άτομο από τη δημιουργική διαδικασία του σχεδιασμού, απλώς στηρίζουν ένα μάλλον μη έμπειρο, αλλά κατά τα άλλα ικανό άτομο και το βοηθούν να εστιάσει στις παιδαγωγικές μεθόδους (Kolas & Staupé, 2004) παρά στις τεχνολογικές πτυχές, γεγονός που βοηθά στη διατήρηση της ποιότητας της εκπαίδευσης. Και στην εκπαιδευτική έρευνα, τα σχεδιαστικά μοτίβα χρησιμοποιούνται με βάση το σκεπτικό που αναπτύχθηκε στην αρχιτεκτονική και στην επιστήμη της πληροφορικής και ορίζονται ως δοκιμασμένες αλληλουχίες μαθησιακών δραστηριοτήτων που εφαρμόζονται από εκπαιδευτικούς ή μαθητές σε μια τάξη (Linn & Eylon, 2006).

Στην εκπαιδευτική έρευνα για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, τα σχεδιαστικά μοτίβα μπορούν να αποτελέσουν αφετηρία διδακτικού σχεδιασμού και νέων μορφών σύνθεσης για τους ερευνητές και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου ερευνητές από διαφορετικές γνωστικές περιοχές συνεργάζονται έχοντας κοινούς στόχους. Επιπλέον, το παραδοσιακό μοτίβο (πρόκληση ενδιαφέροντος→πληροφόρηση→αξιολόγηση) υπό τις

καλύτερες περιστάσεις, προκαλεί τους μαθητές να διευρύνουν το ρεπερτόριό τους, αλλά αποτυγχάνει να στηρίξει τις συνδέσεις ανάμεσα στις ιδέες που προβάλλονται σε ένα μάθημα. Οι Linn και Eylon (2006) υποστηρίζουν ότι για την ανατροπή του παραδοσιακού μοτίβου χρειάζεται να δοθεί έμφαση στη διαδικασία που χρησιμοποιεί ο μαθητής, σε συντονισμό με τους συμμαθητές του, για ενοποίηση των ιδεών τους, γεγονός που προωθεί την ανάπτυξη ενός συνεπούς πλαισίου αντίληψης της επιστήμης. Οι ίδιοι ερευνητές περιγράφουν δέκα μοτίβα που στηρίζονται στην τρέχουσα έρευνα ως προς τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν ως προς τη λύση αυτού του προβλήματος.

Οι Goodyear et al. (2004a) προτείνουν ότι το μεγαλύτερο σχεδιαστικό μοτίβο σε σχέση με τη διαδικτυακή μάθηση είναι «το μάθημα», το οποίο αποτελείται από μικρότερης κλίμακας σχεδιαστικά μοτίβα που συνιστούν τα δομικά στοιχεία της διδασκαλίας, όπως το διδακτικό υλικό, τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν κτλ. Στην περίπτωση ενός μαθήματος μικτής διαδικτυακής προσέγγισης, το σχεδιαστικό μοτίβο «μάθημα» ενοποιεί πολλά μικρότερα σχεδιαστικά μοτίβα από διαφορετικές γνωστικές περιοχές και δίνει κατευθυντήριες γραμμές σε εκπαιδευτικούς που επιθυμούν να σχεδιάσουν και να αναπτύξουν ένα μάθημα μικτής διαδικτυακής προσέγγισης.

Τα σχεδιαστικά μοτίβα που συνιστούν το σχεδιαστικό μοτίβο «Μάθημα Μικτής Διαδικτυακής Προσέγγισης που Συνδυάζει Συνεργασία στη Μάθηση» χρησιμοποιήθηκαν σε διαφορετικές ερευνητικές προσπάθειες που σχετίζονται με την παιδαγωγική (Πίνακας 1, μοτίβα # 3,5,11,12,13,16) (Bergin, Eckstein, Manns, Sharp, & Voelter, 2000), την ηλεκτρονική μάθηση (Πίνακας 1, μοτίβα # 14,15,17,18,19,20,21 και 22) (Derntl, 2005; Derntl & Motschnig, 2005), την Υπολογιστικά Υποστηριζόμενη Συνεργατική Μάθηση (CSCL) (Πίνακας 1, μοτίβα #1,2,4,6,7,8,9, και 10) (E-LEN, n.d.; TELL, n.d.) ή τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (Πίνακας 1, μοτίβα # 23,24,25,26,27,28,29,30) (Linn & Eylon, 2006). Το Διάγραμμα 5 παρουσιάζει τη σύνθεση αυτών των μοτίβων. Όλα τα γαλάζια κουτιά αποτελούν σχεδιαστικά μοτίβα που σχετίζονται με το μανθάνοντα, τον εκπαιδευτικό ή το μαθησιακό περιβάλλον ενός μαθήματος (κόκκινα κουτιά). Κύριος άξονας σε ένα τέτοιο μάθημα είναι η σύγχρονη και η ασύγχρονη επικοινωνία (κίτρινα κουτιά) ανάμεσα στους συμμετέχοντες (μανθάνοντες και εκπαιδευτικούς), στην οποία στηρίζεται η ανάπτυξη συνδεσιμότητας στο μάθημα.

Το Διάγραμμα 4 προτείνει έναν τρόπο παρουσίασης ενός σχεδιαστικού μοτίβου και αποτελεί προσαρμογή αυτού που προτείνουν οι Avgeriou, Papasalouros, Retalis και Skordalakis (2003). Σύμφωνα με αυτό το πλαίσιο ένα σχεδιαστικό μοτίβο προσδιορίζεται από το όνομά του, το πρόβλημα στο οποίο απευθύνεται και για το οποίο επιχειρεί να προτείνει μία λύση, και τέλος από τη λύση που προτείνει.

Όνομα— ένα μοναδικό όνομα που διαφοροποιεί το μοτίβο και αναφέρεται μόνο σε αυτό.

Πρόβλημα— Εξήγηση του προβλήματος και σύντομη περιγραφή της ανάγκης ύπαρξης του σχεδιαστικού μοτίβου.

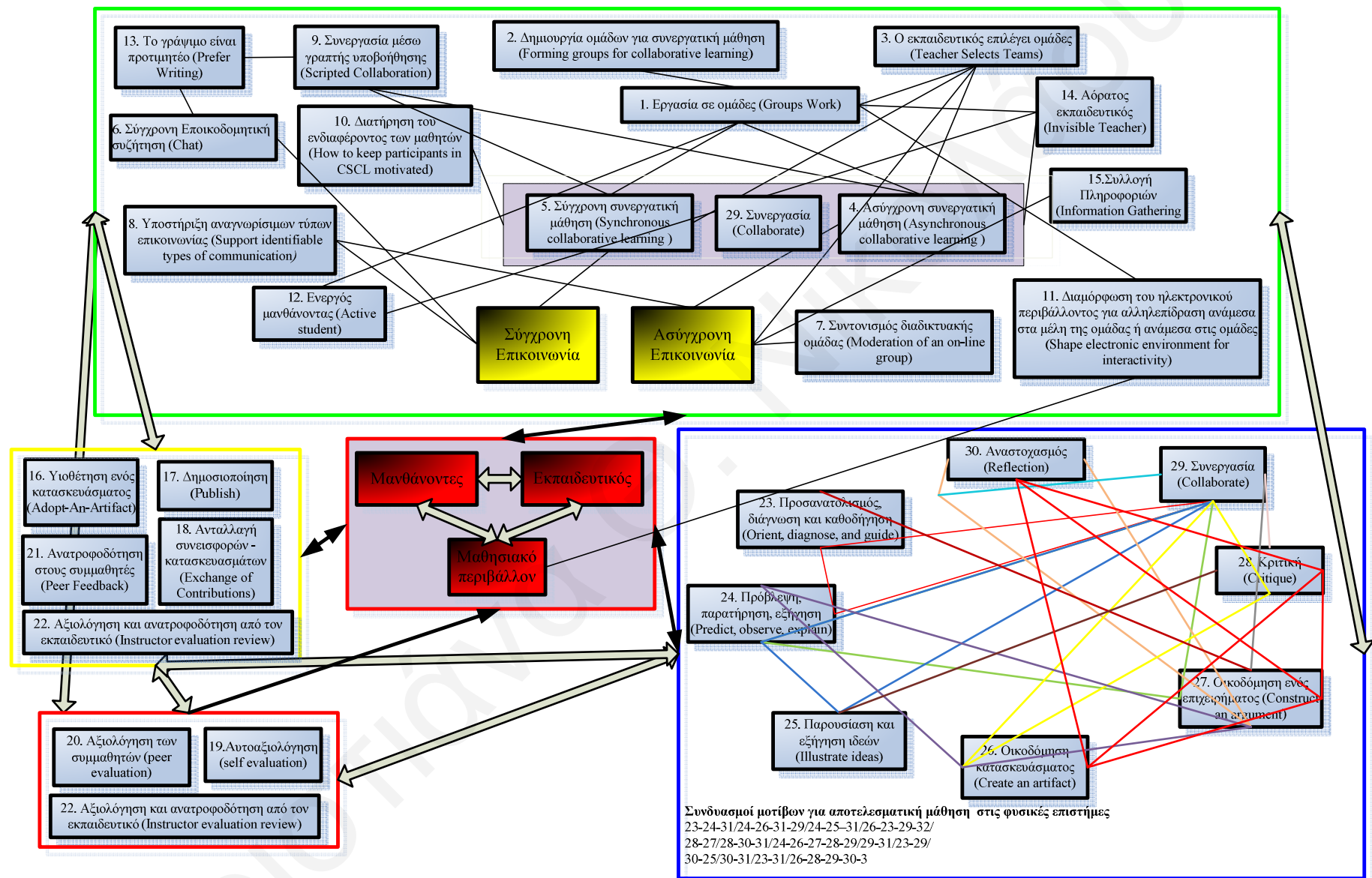
Ανάλυση— εξήγηση των καταβολών του προβλήματος, πιθανόν παρέχοντας ένα παράδειγμα και παρουσιάζοντας το περιεχόμενο του προβλήματος.

Λύση— περιγραφή της λύσης που προτείνεται από το μοτίβο και απευθύνεται στο πρόβλημα.

Διάγραμμα 4. Πλαίσιο Παρουσίασης Σχεδιαστικού Μοτίβου

Τα 30 μοτίβα που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 5 αναλύονται στον Πίνακα 1 με βάση το πλαίσιο παρουσίασης μοτίβων του Διαγράμματος 4. Για κάθε κουτί που παρουσιάζει ένα μοτίβο στον Πίνακα 1, στην πρώτη γραμμή παρουσιάζεται το όνομα του, στη δεύτερη το πρόβλημα στο οποίο απευθύνεται το μοτίβο, στην τρίτη η ανάλυση του προβλήματος και στην τελευταία γραμμή η λύση που προτείνεται από αυτό.

Τα μοτίβα παρουσιάζονται ομαδοποιημένα σε σχέση με τέσσερις άξονες: (α) συνεργατική μάθηση (πράσινο περίγραμμα στο Διάγραμμα 5), (β) ανταλλαγή εργασιών και αξιολόγησή τους (κίτρινο περίγραμμα στο Διάγραμμα 5), (γ) αξιολόγηση (κόκκινο περίγραμμα στο Διάγραμμα 5), (δ) ενοποίηση της γνώσης στις Φυσικές Επιστήμες (μπλε περίγραμμα στο Διάγραμμα 5)



Διάγραμμα 5. Διαγραμματική Αναπαράσταση του Σχεδιαστικού Μοτίβου «Μάθημα Μικτής Διαδικτυακής Προσέγγισης που Συνδυάζει Συνεργασία στη Μάθηση»

Πίνακας 1

Σχεδιαστικά Μοτίβα που Στηρίζουν το Σχεδιαστικό Μοτίβο «Μάθημα Μικτής Διαδικτυακής Προσέγγισης που Συνδυάζει Συνεργασία στη Μάθηση»

Συνεργατική μάθηση

- Ο** 1. Εργασία σε ομάδες (Groups work)
- Π** Με ποιο τρόπο μπορεί να επιτευχθεί μεγιστοποίηση της μάθησης και μετατροπή των μαθητών σε ενεργούς μανθάνοντες;
- Α** Ο εκπαιδευτικός είναι η μόνη πηγή μάθησης για τους μαθητές. Δεδομένου του αριθμού και των δυσκολιών των ερωτήσεων και των ανησυχιών των μαθητών, ο εκπαιδευτικός είναι στην πραγματικότητα πολύ περιορισμένη πηγή. Οι μαθητές χρειάζονται συχνή ανατροφοδότηση σε σχέση με το τι κάνουν και τον τρόπο που το κάνουν.
- Λ** Είναι καλό να δίνεται έμφαση στην ομαδική εργασία στο μάθημα. Προτείνεται η χρήση τόσο μεγάλων όσο και μικρών ομάδων. Οι ομάδες μπορούν να σχηματιστούν στην τάξη για λίγα λεπτά για να σκεφτούν μία ερώτηση που τέθηκε από τον εκπαιδευτικό, μπορούν να εργαστούν για 1 ή 2 ώρες εντός ή εκτός της τάξης ή του εργαστηρίου ή για μέρες ή βδομάδες σε μεγαλύτερα έργα. Η δημιουργία μικρότερων και πιο στενών ομάδων μπορεί να βοηθήσει ντροπαλά άτομα να βρουν το θάρρος να συμμετέχουν ενεργά στις συζητήσεις. Η εργασία σε ομάδες μεταθέτει την εστία της μάθησης από τον εκπαιδευτικό στην ομάδα των μαθητών και συνεπώς στον ίδιο το μαθητή.
-
- Ο** 2. Δημιουργία ομάδων για συνεργατική μάθηση (Forming groups for collaborative learning)
- Π** Με ποιο τρόπο μπορεί να δημιουργηθεί μία ομάδα, τα μέλη της οποίας να συνεργάζονται σε ένα εκπαιδευτικό περιεχόμενο;
- Α** Κατά την εισαγωγή της συνεργατικής μάθησης στην τάξη, χρειάζεται να γίνουν διάφορες επιλογές σε σχέση με τη δημιουργία των ομάδων για να γίνει η αλληλεπίδραση όσο το δυνατόν πιο εποικοδομητική. Οι απαντήσεις στις ακόλουθες ερωτήσεις είναι καθοριστικής σημασίας προς αυτή την κατεύθυνση:
1. Ποιος θα δημιουργήσει την ομάδα; Οι μαθητές ή ο εκπαιδευτικός;
 2. Τι είδους ομάδα χρειάζεται να δημιουργηθεί (ανεπίσημη, επίσημη, ετερογενής, ομοιογενής);
 3. Ποιο θα είναι το μέγεθος της ομάδας;
- Λ** Αν οι μαθητές δημιουργήσουν από μόνοι τις ομάδες, συχνά θα ομαδοποιηθούν με τους φίλους τους. Αν κάποιος που δεν ανήκει στην παρέα μπει στην ομάδα, μπορεί να νιώθει παράξενα. Επιπλέον, οι φίλοι φαίνεται να συμφωνούν συχνά και σε πολλά θέματα, κάτι που εμποδίζει τη διερεύνηση νέων προοπτικών και ποικιλίας ιδεών ή αντιπαράθεσεων. Είναι, συνεπώς, καλύτερο ο εκπαιδευτικός να δημιουργήσει τις ομάδες των μαθητών.
- Μπορούν να δημιουργηθούν πολλών ειδών ομάδες. Οι *ανεπίσημες ομάδες* υπάρχουν μόνο για σύντομο χρονικό διάστημα και για σκοπούς μίας συνάντησης για παράδειγμα. *Επίσημες ομάδες* υπάρχουν για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και έχουν ένα καλά καθορισμένο σκοπό. Οι *ομάδες βάσης* μοιάζουν με τις επίσημες ομάδες αλλά διαρκούν περισσότερο. Τα μέλη επιλέγονται για την εμπειρία τους. Τέλος, οι *ομοιογενείς ομάδες* είναι πιθανότερο να υπάρχουν σε μία τάξη, στην οποία οι μαθητές έχουν κοινούς στόχους, κοινές προηγούμενες γνώσεις, ηλικία και εμπειρίες. Η ομάδα πρέπει να είναι αρκετά μικρή ώστε να δίνεται σε όλους η ευκαιρία να συμμετέχουν, αλλά και να μπορεί να δημιουργηθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα συνοχή και δομή. Από την άλλη, η ομάδα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να παρέχει επαρκή ποικιλία ιδεών και πηγών για την επίτευξη του στόχου. Όσο πιο ανεπίσημη και σύντομης διάρκειας είναι η ομάδα, τόσο μικρότερος πρέπει να είναι ο αριθμός των μελών της ομάδας.
-
- Ο** 3. Ο εκπαιδευτικός επιλέγει ομάδες (Teacher selects teams)
- Π** Με ποιο τρόπο οι ομάδες συνεργατικής μάθησης μπορούν να ανακλούν τη διαφορετικότητα των μελών τους;
- Α** Όταν οι μαθητές αφεθούν ελεύθεροι να επιλέξουν τις ομάδες τους, τείνουν να καταλήγουν πάντα με τα ίδια άτομα. Αυτά είναι άτομα που είτε συμπαθούν και γνωρίζουν είτε είναι αυτοί στους οποίους μοιάζουν σε σχέση με το φύλο, την ηλικία, τις ικανότητες κτλ. Η ομαδοποίηση, όμως, ατόμων παρόμοιων δυνατοτήτων επιβραδύνει τη μάθηση, γιατί δυσκολεύει την έναρξη αντιφατικών ή αμφισβητήσιμων συζητήσεων, κάτι που εμποδίζει την εκμείωση νέων ιδεών. Είναι πιο επωφέλιμο και πιο ρεαλιστικό να γίνει ανάμιξη των ατόμων σε μία ομάδα. Άτομα με διαφορετικό υπόβαθρο είναι φυσικό να φέρνουν διαφορετικές ιδέες στη συζήτηση.
- Λ** Είναι καλύτερο οι ομάδες να επιλέγονται από τον εκπαιδευτικό. Αυτό υποβοηθά την ανταλλαγή ιδεών ανάμεσα στους συμμετέχοντες και την ενεργή μάθηση από τις εμπειρίες των άλλων. Για εργασίες στην τάξη, οι ομάδες μπορεί να δημιουργηθούν με τυχαίο τρόπο. Για μεγαλύτερα έργα διασφαλίζεται η ισορροπία της ομάδας, όταν οι μαθητές των άκρων της κλίμακας κατανέμονται ομοιόμορφα στις ομάδες. Σε τέτοια περίπτωση, χρειάζεται να γίνει προεργασία από τον εκπαιδευτικό. Μία προσέγγιση που χρησιμοποιείται συχνά για την οργάνωση των ομάδων είναι οι συμμετέχοντες να κατατάσσονται σύμφωνα με τις ικανότητές και τις εμπειρίες τους (π.χ. άτομα με μεγάλη εμπειρία και άτομα με
-

καθόλου εμπειρία).

-
- O** 4. Ασύγχρονη Υπολογιστικά Υποστηριζόμενη Συνεργατική Μάθηση (Asynchronous collaborative learning).
- II** Με ποιο τρόπο μπορούν οι μαθητές και ο εκπαιδευτικός να συνεργάζονται και να αλληλεπιδρούν χωρίς να βρίσκονται στο ίδιο χώρο τον ίδιο χρόνο;
- A** Όταν οι μαθητές εργάζονται μαζί μαθαίνουν μαζί και επεκτείνουν την αλληλεπίδρασή τους και πέραν της τάξης.
Τα βαρυφορτωμένα προγράμματα κάνουν συχνά πολύ δύσκολη την επικοινωνία και το συντονισμό. Όταν εφαρμόζεται σωστά, η τεχνολογία μπορεί να εξαλείψει αυτά τα εμπόδια. Ο κύριος στόχος της ασύγχρονης συνεργασίας είναι η παροχή ενός άνετου περιβάλλοντος για συνεισφορά από όλα τα μέλη της ομάδας χωρίς περιορισμούς στο χρόνο ή στο χώρο.
- A** Χρειάζεται να οργανωθούν δραστηριότητες που να προωθούν ασύγχρονη επικοινωνία μέσα από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, που μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά και ικανοποιητικά την ασύγχρονη συνεργασία, λόγω του ότι θα παρέχουν ευλυγισία στη χρήση του χρόνου και του χώρου. Οι πιο κοινοί τύποι εργαλείων ασύγχρονης επικοινωνίας είναι η ασύγχρονη γραπτή επικοινωνία (email, λίστες επικοινωνίας, discussion fora) και η ασύγχρονη ηχητική ή εικονική επικοινωνία.
-
- O** 5. Σύγχρονη Υπολογιστικά Υποστηριζόμενη Συνεργατική Μάθηση (Synchronous collaborative learning)
- II** Με ποιο τρόπο μπορούν οι μαθητές και ο εκπαιδευτικός να συνεργάζονται και να αλληλεπιδρούν τον ίδιο χρόνο;
- A** Η σύγχρονη συνεργατική μάθηση είναι μία προσπάθεια προσομοίωσης της πρόσωπο με πρόσωπο αλληλεπίδρασης μέσω του υπολογιστή. Συμβαίνει σε περιπτώσεις κατά τις οποίες οι μαθητές βρίσκονται σε απόσταση ή χρειάζεται να καταγράφουν το λόγο τους πριν μιλήσουν.
- A** Είναι καλό να χρησιμοποιηθούν εργαλεία σύγχρονης επικοινωνίας, τα οποία βοηθούν τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς που βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες να συμμετέχουν στην ίδια σύσκεψη, την ίδια στιγμή, μέσα από κείμενο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαδικτυακή συνομιλία σε μορφή κειμένου, στιγμιαία αποστολή μηνυμάτων ή εικονικός πίνακας.
-
- O** 6. Σύγχρονη εποικοδομητική συζήτηση (Chat)
- II** Με ποιο τρόπο μπορούν να προσφερθούν στους μαθητές ευκολίες για σύγχρονη επικοινωνία;
- A** Συχνά οι μαθητές δεν έχουν κίνητρο για να επικοινωνήσουν με τους υπόλοιπους συμμετέχοντες στο μάθημα και θεωρούν ότι ο ρόλος τους είναι απλά να παρευρίσκονται σωματικά (πρόσωπο με πρόσωπο διδασκαλία) και νοητικά (εξ αποστάσεως διδασκαλία). Αυτό που αναμένουν είναι να λάβουν πληροφορίες από τον εκπαιδευτικό σε σχέση με το υπό μελέτη θέμα.
- A** Για να επιτευχθούν εποικοδομητικές συνθήκες επικοινωνίας χρειάζεται προσεκτικός σχεδιασμός της δραστηριότητας. Η σύγχρονη συζήτηση (Chat) είναι μια πιθανή μορφή σύγχρονης πληροφορικά υποστηριζόμενης επικοινωνίας και χρησιμοποιείται για σύγχρονες διαδικτυακές αλληλεπιδράσεις. Η επικοινωνία μέσω σύγχρονης συζήτησης προωθείται συνήθως μέσω συγκεκριμένων μαθησιακών δραστηριοτήτων (π.χ. δραστηριότητες λύσης προβλήματος, συζήτηση συγκεκριμένων πηγών) ή άλλων ειδικών περιπτώσεων (π.χ. συσκέψεις), μια και οι υπηρεσίες του chat σπάνια συμβαίνουν χωρίς την ανάγκη για επικοινωνία ανάμεσα στους συμμετέχοντες. Υπάρχουν πολλές διαστάσεις, οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν εφαρμόζεται η σύγχρονη συζήτηση. Είναι σημαντικό να προσδιορίζεται με ακρίβεια τι αναμένεται από τους συμμετέχοντες στις σύγχρονες συζητήσεις ή ακόμα να δίνεται υλικό και ερωτήσεις για συζήτηση πριν τη συνάντηση. Για παράδειγμα, δεν είναι αρκετό να ειπωθεί: «συζητήστε αυτό το θέμα». Αντίθετα, το επιθυμητό αποτέλεσμα και οι κανόνες της συζήτησης πρέπει να προσδιορίζονται από την αρχή. Οι σύγχρονες πληροφορικά υποστηριζόμενες συζητήσεις λειτουργούν καλύτερα με μικρό αριθμό συμμετεχόντων, εκτός και αν η επικοινωνία ελέγχεται. Σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να απαιτείται να συντονίζεται η συζήτηση, ώστε να διατηρηθεί η συζήτηση στο σωστό δρόμο και να οδηγηθεί στη σωστή κατεύθυνση.
-
- O** 7. Συντονισμός διαδικτυακής ομάδας (Moderation of an on-line group)
- II** Με ποιο τρόπο διευκολύνεται η μάθηση σε ασύγχρονες διαδικτυακές ομάδες;
- A** Για διευκόλυνση της μάθησης σε διαδικτυακές ομάδες ο συντονιστής της ομάδας (συνήθως ο εκπαιδευτικός) μπορεί να εστιάζει στο γνωστικό αντικείμενο ή στις διαδικασίες και στη συμπεριφορά της ομάδας. Ο εκπαιδευτικός που εστιάζει στην οργάνωση (**οργανωτικός**) καθορίζει στόχους, θέτει χρονοδιαγράμματα, ορίζει διαδικαστικούς κανόνες, μεριμνά για τη δικτύωση, χρησιμοποιεί ποικιλία μεθόδων και προσεγγίσεων και έχει στη διάθεση του μία «δεξαμενή» ερωτήσεων από την οποία αντλεί για να διεγείρει τη συζήτηση. Ο συντονιστής που εστιάζει στην κοινωνική πτυχή της συνεργασίας (**κοινωνικός**) αποστέλλει μηνύματα καλωσορίσματος, ευχαριστήριες σημειώσεις, παρέχει ανατροφοδότηση, προωθεί θετικό τόνο στις συζητήσεις, επαινεί και μοντελοποιεί τη συμπεριφορά του συζητητή. Η ενίσχυση και η μοντελοποίηση της καλής συμπεριφοράς του συζητητή μπορεί να είναι βοηθητική και να ενθαρρύνει την ανεκτικότητα και την αλληλεπίδραση. Σε περίπτωση

ανταγωνιστικών ή προσωπικών μηνυμάτων, ο συντονιστής πρέπει να ζητά αλλαγή (προσωπικά) χρησιμοποιώντας γραπτές παραινέσεις. Επιπλέον, ο συντονιστής πρέπει να επιτρέπει στους συμμετέχοντες να ανταλλάσσουν προσωπικά και ανεπίσημα μηνύματα, ώστε να αναπτυχθούν δεσμοί εμπιστοσύνης ανάμεσα στους συμμετέχοντες. Φυσικά, πρέπει να υπάρχει ένας άλλος ξεχωριστός χώρος για τέτοιου είδους αλληλεπιδράσεις (π.χ. virtual café). Τέλος, ο συντονιστής μπορεί να έχει **πνευματικό ρόλο** στη συνεργασία. Ως τέτοιος, θέτει ερωτήσεις, εξετάζει απαντήσεις, επαναπροσδιορίζει τις συζητήσεις, διαβάσει την αναφορά των συζητήσεων και ελέγχει αν οι συμμετέχοντες βρίσκονται στο σωστό ακαδημαϊκό δρόμο. Μπορεί επίσης να υποβάλλει προσωπικά μηνύματα για να υποκινήσει τους συμμετέχοντες να λαμβάνουν μέρος στη συζήτηση, να ξεκινούν συζητήσεις και να κάνουν εισηγήσεις.

- Α Σε γενικές γραμμές, όλες οι δραστηριότητες που προαναφέρθηκαν στην ανάλυση πρέπει να υλοποιούνται. Το πόσο συχνά και με ποιο τρόπο εξαρτάται από την περίπτωση. Η ανάγκη για συντονιστικές δραστηριότητες εξαρτάται από τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα, από τα κίνητρα και τις εμπειρίες των μελών, από την οργάνωση της ομάδας, το περιεχόμενο και τη μορφή της άσκησης ή τη ροή της συζήτησης. Παρακάτω παρέχονται τρεις περιπτώσεις τέτοιων δραστηριοτήτων:

Περίπτωση 1: Αν οι μαθησιακοί στόχοι και τα έργα είναι σαφώς καθορισμένα, ο συντονιστής πρέπει να ελέγχει ότι όλοι οι συμμετέχοντες λαμβάνουν μέρος. Αν οι μαθησιακοί στόχοι είναι πιο ανοικτοί, αναμένεται από τους συμμετέχοντες να αναπτύσσονται πιο αυθόρμητα και ο συντονιστής μπορεί, για παράδειγμα, να ομαδοποιεί τους στόχους όπως γίνονται αντιληπτοί από την ομάδα.

Περίπτωση 2: Αν τα μέλη της ομάδας έχουν έντονα κίνητρα για μάθηση και κατανοούν το κέρδος που θα έχουν από τη συμμετοχή τους στην ομάδα, ο ρόλος του συντονιστή μπορεί να περιοριστεί στο να επανατοποθετεί τους στόχους και να συνοψίζει τη συζήτηση, αλλά όχι και τόσο συχνά. Αν οι μεθάνοντες δεν έχουν κίνητρα, ο ρόλος του συντονιστή είναι πιο πολύπλοκος. Θα πρέπει να παραινεί με διαφορετικούς τρόπους κάθε συμμετέχοντα για να συμμετέχει και να συνεργάζεται.

Περίπτωση 3: Αν η ομάδα είναι οργανωμένη σύμφωνα με κανόνες και διαδικασίες, ο ρόλος του συντονιστή είναι να διασφαλίζει ότι οι διαδικασίες ακολουθούνται. Αν τέτοιοι κανόνες δεν υπάρχουν, ο ρόλος του συντονιστή είναι να τους προτείνει στην ομάδα και να προωθή την υιοθέτησή τους.

-
- Ο 8. Υποστήριξη αναγνωρίσιμων τύπων επικοινωνίας (Support identifiable types of communication)
- Π Με ποιο τρόπο μπορεί να αντιμετωπιστεί μία ομάδα της οποίας τα μέλη θεωρούν ότι δεν είναι αναγκαίο να ανταλλάσσουν απόψεις κατά τη διάρκεια της συνεργασίας;
- Α Κάθε δραστηριότητα έχει διαφορετικά λειτουργικά επίπεδα και μπορεί να προσεγγιστεί μέσω διαφορετικών τύπων επικοινωνίας. Το λειτουργικό επίπεδο της δραστηριότητας πρέπει να προσανατολίζεται σε συγκεκριμένους στόχους και να περιλαμβάνει οργανωτικές, προγραμματιστικές διαδικασίες και διαδικασίες λύσης προβλήματος. Το πρακτικό επίπεδο της δραστηριότητας πρέπει να προσανατολίζεται στις πρακτικές συνθήκες δράσης. Και τα δύο επίπεδα περιλαμβάνουν παροχή και αναζήτηση πληροφοριών. Η παροχή πληροφοριών περιλαμβάνει παροχή εισήγησης (κατεύθυνση, υπαινιγμός για αυτονομία του άλλου), γνώμης (αξιολόγηση, ανάλυση, έκφραση συναισθήματος, επιθυμία), προσανατολισμού (πληροφορίες, επαναλήψεις, ξεκαθαρίσματα, επιβεβαιώσεις). Η επικοινωνία από την άλλη μπορεί να είναι θετική κοινωνικο-συναισθηματική ή αρνητική κοινωνικο-συναισθηματική. Η θετική κοινωνικο-συναισθηματική επικοινωνία σχετίζεται με την επίδειξη αλληλεγγύης (βοήθεια, αμοιβή κτλ), με την προσπάθεια απαλλαγής του άγχους (αστεία, γέλια, κτλ) και με τη συμφωνία (παθητική αποδοχή, κατανόηση, συμμόρφωση). Η αρνητική κοινωνικο-συναισθηματική επικοινωνία σχετίζεται με τη διαφωνία (παθητική απόρριψη, τυπικότητα, την απόκρυψη ανάγκης για βοήθεια) και την επίδειξη έντασης (απόσυρση από τη συζήτηση και τον ανταγωνισμό, υποτίμηση της θέσης κάποιου, άμυνα για τον εαυτό του).
- Α Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα χρειάζεται να προωθηθούν διάφορων μορφών επικοινωνιακές περιστάσεις που να αναπτύσσουν θετική κοινωνικο-συναισθηματική επικοινωνία. Η «κοινωνική κουβέντα» φαίνεται να βελτιώνει τη συνοχή της ομάδας και της αλληλεπίδρασης. Έτσι, η χρήση της γλώσσας και οι τύποι της επικοινωνίας είναι σημαντικοί στην ανθρώπινη αλληλεπίδραση και το επίπεδο της συνοχής της ομάδας. Είναι σημαντικό να υποστηρίζονται όλοι οι τύποι επικοινωνίας και όλα τα επίπεδα ανθρώπινης δραστηριότητας. Για να διαφοροποιηθούν οι τύποι επικοινωνίας είναι πιθανό να ονομαστούν και να αποκτήσουν συνοχή: η επικοινωνία μπορεί να λαμβάνει χώρα σε ειδικούς χώρους όπου θα επιδιώκεται ο συγκεκριμένος τύπος επικοινωνίας (π.χ. διαδικτυακή καφετερία για κοινωνική κουβέντα, κέντρο εργασίας για διάφορες δουλειές, κέντρο συναντήσεων για οργάνωση και κλείσιμο ραντεβού). Με την ονομασία τα άτομα αποκτούν μια εντύπωση για τη μετάφραση των λεγόμενων εντός της συζήτησης. Η ονομασία σχετίζεται με μεταδεδομένα για την επικοινωνία και μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους: με όνομα (σημασιολογικά: π.χ. «ερώτηση», «απάντηση», «εισήγηση») ή με οπτικοποίηση (π.χ. χαμόγελα/χαρούμενες φασούλες, ερωτηματικά).
-

- Ο 9. Συνεργασία μέσω γραπτής υποβοήθησης (Scripted collaboration)

- Π Σε πολλά διαδικτυακά μαθήματα, οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν το πρόβλημα ότι η συνεργατική μάθηση δε συμβαίνει, παρόλο που οι μαθητές είναι χωρισμένοι σε ομάδες.
-

- A** Η συνεργατική μάθηση αποτελεί μία παιδαγωγική λύση, κατά την οποία τα μέλη μιας ομάδας δημιουργούν ένα κατανεμημένο γνωστικό σύστημα, στο πλαίσιο του οποίου παρέχουν λύση για ένα έργο με βάση πηγές και αλληλεπιδράσεις εντός της ομάδας. Ο διαχωρισμός των μαθητών σε ομάδες δεν είναι στις πλείστες των περιπτώσεων αρκετό για να συμβεί συνεργατική μάθηση (Salomon & Globerson, 1989). Η συνεργατική μάθηση μπορεί να υποβοηθείται από το σχεδιασμό γραπτής βοήθειας (scripts) που συνοδεύει συγκεκριμένα έργα. Μέσω των γραπτών κειμένων μπορεί να δομηθεί αυτό που είναι δύσκολο να συμβεί στην ομάδα από μόνο του. Μπορεί να δομηθούν συγκεκριμένα σενάρια ή να σχεδιαστούν σκηνικά ανάλογα με το σκοπό που πρέπει να επιτευχθεί (π.χ. επίλυση διαμάχης). Ένα έγγραφο για πληροφορικά υποστηριζόμενη συνεργατική μάθηση αποτελεί ένα σύνολο οδηγιών σε σχέση με τον τρόπο που τα μέλη της ομάδας πρέπει να αλληλεπιδρούν, τον τρόπο συνεργασίας και τον τρόπο επίλυσης ενός προβλήματος (Dillenbourg, 2002, p.64).
- A** Ο εκπαιδευτικός αναπτύσσει διδακτικό υλικό που περιλαμβάνει έργα οργανωμένα με βάση τις αρχές της πληροφορικά υποστηριζόμενης συνεργατικής μάθησης, τα οποία στηρίζονται από υποβοηθητικές οδηγίες μέσω γραπτού κειμένου ή που προωθούν σειρά συγκεκριμένων βημάτων, υιοθετώντας συνεργατικές διαδικασίες.
-
- O** 10. Διατήρηση του ενδιαφέροντος των μαθητών (How to keep participants in CSCL motivated)
- II** Με ποιο τρόπο μπορεί να διατηρηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών σε σχέση με την πληροφορικά υποστηριζόμενη συνεργατική μάθηση;
- A** Η διατήρηση των κινήτρων είναι κρίσιμης σημασίας για την ενεργή και αποτελεσματική συνεργασία και κατ' επέκταση για ουσιαστική μάθηση. Οι συμμετέχοντες που διατηρούν το ενδιαφέρον τους είναι πιθανότερο να βρουν τρόπους να υπερπηδήσουν τα εμπόδια και να εργαστούν αποτελεσματικά για την επίτευξη των στόχων τους.
- A** Είναι σημαντικό να γίνεται επιβεβαίωση ότι όλοι οι συμμετέχοντες γνωρίζουν τι να κάνουν και πώς να το κάνουν. Επιπλέον, ο ορισμός ακριβών προθεσμιών και η ενθάρρυνση των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στους συμμετέχοντες, ώστε να γνωρίζουν καλύτερα με ποιους συνεργάζονται, προσφέρει συνθήκες πιο φυσικής συνεργασίας. Είναι επίσης σημαντικό να χρησιμοποιείται δυναμική αλληλεξάρτησης και ανταγωνισμού για αύξηση των κινήτρων (π.χ. αν οι συμμετέχοντες πρόκειται να μελετήσουν και να μάθουν συγκεκριμένες πληροφορίες είναι καλό να δημιουργηθούν τεστ, τα οποία να αφορούν παιγνιώδη ανταγωνισμό ανάμεσα στις ομάδες των συμμετεχόντων, όπως παιχνίδια quiz που πιθανό να λάβουν χώρα σύγχρονα σε συγκεκριμένο χρόνο).
-
- O** 11. Διαμόρφωση του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος για αλληλεπίδραση ανάμεσα στα μέλη της ομάδας ή ανάμεσα στις ομάδες (Shape electronic environment for interactivity)
- II** Με ποιο τρόπο προωθείται η αλληλεπίδραση ανάμεσα στους μαθητάνοντες σε ένα ηλεκτρονικό περιβάλλον;
- A** Οι μαθητάνοντες είναι απασχολημένοι και με άλλες ανταγωνιστικές (πραγματική ζωή) δραστηριότητες παράλληλα με το ηλεκτρονικό ή το μικτό ηλεκτρονικό μάθημα στο οποίο συμμετέχουν. Διαφορετικοί μαθητάνοντες σε μια ομάδα έχουν διαφορετικούς σκοπούς και λόγους να συμμετέχουν σε ένα μάθημα. Σε πρακτικό επίπεδο είναι πολύ δύσκολο να βρεθεί κοινός χρόνος για «συνάντηση» σε ένα ηλεκτρονικό μάθημα λόγω των διαφορετικών ζωών και προγραμμάτων τα οποία έχουν οι συμμετέχοντες. Τέλος, τα προσωπικά χαρακτηριστικά των μαθητάνοντων μπορεί να παρέχουν κίνητρα για καταστολή της αλληλεπίδρασης σε μια ομάδα.
- A** Είναι καλό να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα όταν σχεδιάζεται ένα ηλεκτρονικό περιβάλλον:
1. Οι μαθητάνοντες να ειδοποιούνται όταν υπάρχει δραστηριότητα στο περιβάλλον.
 2. Οι μαθητάνοντες να έχουν την ευκαιρία να αλλάξουν το περιβάλλον σύμφωνα με τις ανάγκες τους (πρόσθεση, διαγραφή, αλλαγή), λειτουργικά (αλλαγή ή πρόσθεση εργαλείων, δομών), αλλά και εννοιολογικά (δημιουργία σχέσεων μεταξύ πληροφοριών ή άλλων δεδομένων που εισήχθησαν από συμμετέχοντες στο περιβάλλον).
 3. Οι επιδράσεις των πράξεων των συμμετεχόντων να είναι άμεσα αναγνωρίσιμες από άλλους χρήστες, σε προσωπικό και ομαδικό επίπεδο.
 4. Να γίνει προσαρμογή των πληροφοριών και των πιθανών δράσεων στις ανάγκες των συμμετεχόντων, ώστε ο μαθητάνων να μπορεί να δει ξεκάθαρα την αξία της συμμετοχής, της προσωπικής άποψης και του περιβάλλοντος για τον ίδιο.
 5. Να είναι τα μεταδεδομένα διαθέσιμα στους χρήστες.
-
- O** 12. Ενεργός μαθητάνων (Active student)
- II** Πώς μπορεί να επέλθει μεγιστοποίηση της μάθησης των συμμετεχόντων στο διαδικτυακό περιβάλλον;
- A** Οι παθητικοί μαθητές δε μαθαίνουν πολλά. Αν οι μαθητές ακούνε τις πληροφορίες και τις εξηγήσεις, χωρίς να εμπλέκονται στη διαδικασία της μάθησης, είναι πιθανόν αυτό που μαθαίνουν να μην περάσει στη μακρόχρονη μνήμη τους. Η μάθηση μιας θεωρίας δεν μπορεί να επέλθει, αν ο μαθητάνων απλώς διαβάσει ή ακούσει τη θεωρία. Οι απρόσμενες δυσκολίες, που είναι έμφυτες στη χρήση της θεωρίας ή στην εφαρμογή ιδεών, δεν είναι εμφανείς αν δε χρησιμοποιηθεί η θεωρία. Παρόλα αυτά οι μαθητές είναι πιθανόν να είναι συνηθισμένοι στο παθητικό στυλ μάθησης.

- Α** Πρέπει οι μαθητές να είναι ενεργοί και δραστήριοι μέσα στην τάξη. Τα σύντομα αναγνώσματα πρέπει να ακολουθούνται από δραστηριότητες που ενισχύουν αυτά που εντοπίστηκαν στην ανάγνωση. Το ίδιο ισχύει και για τις πληροφορίες που δίνονται είτε προφορικά είτε μέσα από πολυμεσικές απεικονίσεις. Αν οι μαθητές δεν εμπλακούν ενεργά, δε θα συγκρατήσουν τις πληροφορίες, ούτε θα τις αφομοιώσουν για να οικοδομήσουν κατανόηση. Είναι αναγκαία τόσο η επιλογή (ή η ανάπτυξη) διδακτικού υλικού που να περιέχει πολλές δραστηριότητες σε διάφορα επίπεδα δυσκολίας όσο και η εφαρμογή διαφορετικών διδακτικών προσεγγίσεων. Είναι καλό να δοθούν ευκαιρίες στους μαθητές να εργαστούν μαζί συμμετέχοντας ομάδες τόσο στην τάξη όσο και εκτός τάξης. Είναι καλό να προσεγγίσουν μία έννοια εξερευνώντας ή δοκιμάζοντας την οι ίδιοι. Η πιο σημαντική πτυχή του σχεδιασμού του μαθήματος είναι να γνωρίζει ο εκπαιδευτικός τι θα κάνουν μαθητές κατά τη διάρκεια του μαθήματος και όχι να παρέχει στους μαθητές πληροφορίες, ούτε ακόμα να τους μάθει πώς να τις εντοπίζουν. Ο κύριος σκοπός του είναι να τους βοηθήσει να μάθουν να οικοδομούν τις δομές των νέων πληροφοριών, με τρόπο που να μπορούν να λύνουν προβλήματα. Αυτό είναι εγγενώς ενεργή διαδικασία.

Ο 13. Το γράψιμο είναι προτιμητέο (Prefer writing)

- Π** Με ποιους τρόπους μπορεί να προωθηθεί η ενεργή μάθηση, για απόκτηση διαφορετικών προοπτικών μάθησης;
- Α** Το διάβασμα είναι πιο παθητικό από το γράψιμο. Το γράψιμο, ωστόσο, δεν αρέσει στους μαθητές. Πρέπει να εξασκηθούν, όμως, σε σχέση με το γράψιμο τόσο γιατί είναι χρήσιμη δεξιότητα όσο και γιατί τους πιέζει να εμπλακούν στη σκέψη των ιδεών.
- Α** Είναι καλό να επιλέγονται ασκήσεις που απαιτούν γράψιμο παρά ασκήσεις που απαιτούν μόνο ανάγνωση. Ζητήστε από τους μαθητές σας να γράφουν (και να ξαναγράφουν) εξηγήσεις, προγράμματα, προδιαγραφές, αποδείξεις κτλ. Είναι επίσης καλό οι μαθητές να δημοσιοποιούν αυτά που γράφουν. Η δημοσιευμένη εργασία προκαλεί το αίσθημα της ιδιοκτησίας και της περηφάνιας στους μαθητές και επιπλέον δημιουργεί σχόλια, τα οποία προκαλούν επανάληψη του γραμμένου. Είναι καλά να χρησιμοποιείται το γράψιμο ως μέσο δέσμευσης των μαθητών σε σχέση με το διάβασμά τους. Και για αυτό μπορεί να βοηθήσει η ομαδική δουλειά.

Ο 14. Αόρατος εκπαιδευτικός (Invisible teacher)

- Π** Με ποιο τρόπο μπορεί η εστίαση του μαθήματος να μεταφερθεί στη μάθηση και στην οικοδόμηση κατανόησης και όχι στη μεταφορά όσο το δυνατόν περισσότερων πληροφοριών;
- Α** Συνήθως ο εκπαιδευτικός είναι το κεντρικό σημείο του μαθησιακού περιβάλλοντος. Συχνά οι μαθητές εμπιστεύονται μόνο τον εκπαιδευτικό και (ίσως) τους εαυτούς τους. Συνεπώς, όταν οι μαθητές αντιμετωπίζουν προβλήματα, το προφανές είναι να απευθυνθούν στον εκπαιδευτικό για βοήθεια. Παρόλα αυτά σε εργασιακό περιβάλλον ο εκπαιδευτικός δε θα είναι κοντά τους!
- Α** Είναι ανάγκη οι μαθητές να γίνουν το επίκεντρο του μαθήματος και να προτρέπονται ώστε να απευθύνονται στους συμμαθητές τους για βοήθεια παρά στον εκπαιδευτικό. Αυτή η ανακατεύθυνση μπορεί να οδηγήσει στο να απευθύνονται στους γείτονές τους ή στις υπόλοιπες ομάδες. Οι μαθητές πρέπει να αντιληφθούν τι κάνουν οι άλλες ομάδες και να συζητήσουν τα προβλήματα που προκύπτουν με αυτές ή να ρωτήσουν πώς αντιμετώπισαν το ίδιο πρόβλημα. Με αυτό τον τρόπο οι εμπειρίες όλων των συμμετεχόντων χρησιμοποιούνται ως μία πλούσια πηγή μάθησης. Αυτή η μεταβλητή της ισότιμης καθοδήγησης μπορεί να εγκαθιδρυθεί σε τακτική βάση και οι συμμετέχοντες να καλούνται να αξιολογούν/διαβάσουν τη δουλειά των υπολοίπων. Αν οι μαθητές δουλεύουν σε ομάδες, χρειάζεται να διασφαλιστεί ότι ένα μέλος της ομάδας θα μένει σταθερά στην τοποθεσία της ομάδας όταν υπάρχει πρόσωπο με πρόσωπο διδασκαλία. Όλα τα άλλα μέλη μπορούν να τριγυρνούν στις υπόλοιπες ομάδες και να ζητούν διευκρινίσεις από τους άλλους σε σχέση με τη λύση της ομάδας τους. Αν χρησιμοποιείται λίστα επικοινωνίας για επικοινωνία εντός της τάξης, είναι καλό να ενθαρρύνονται όλοι οι μαθητές να απαντούν σε όλες τις ερωτήσεις που τίθενται. Οι μαθητές θα παίρνουν απαντήσεις στα ερωτήματά τους ακόμα και όταν ο εκπαιδευτικός δεν είναι διαθέσιμος. Ο εκπαιδευτικός, από την άλλη, πρέπει να ρυθμίζει τις συζητήσεις, ώστε να διασφαλίζει ότι δε βρίσκονται εκτός θέματος.

Ο 15. Συλλογή Πληροφοριών (Information gathering)

- Π** Με ποιο τρόπο μπορούν να ευκολυνθούν οι μαθητές στη συλλογή πληροφοριών σε σχέση με το περιεχόμενο του έργου με το οποίο ασχολούνται;
- Α** Συχνά οι μαθητές αναμένουν να λάβουν πληροφορίες μόνο από τον εκπαιδευτικό, σε σχέση με το θέμα που μελετούν. Η συλλογή πληροφοριών πρέπει να περιλαμβάνει την ενεργή συμμετοχή του μαθητή, αφήνοντάς τον να συλλέξει, να συζητήσει και να προσθέσει στις ήδη μαζεμένες με συνεργασία πληροφορίες της ομάδας του, όπως θεωρίες, παραδείγματα κτλ.
- Α** Η συλλογή πληροφοριών φαίνεται ότι είναι πιο τυπική διαδικασία κατά την πρόσωπο με πρόσωπο διδασκαλία, π.χ. διαδικασίες ιδεοθύελλας. Αυτό το μοτίβο σχετίζεται με συγκεκριμένες μορφές συλλογής πληροφοριών μέσα από διαδικτυακές δραστηριότητες, κάτι που απαιτεί κατανομή του χώρου στο μαθησιακό περιβάλλον για δημοσιοποίηση των πληροφοριών που συλλέχθηκαν. Συνεπώς, οι μαθητές πρέπει να έχουν την ευκαιρία να αξιολογήσουν, να συζητήσουν και να προσθέσουν

Ανταλλαγή εργασιών και αξιολόγησή τους

- O** 16. Υιοθέτηση ενός κατασκευάσματος (Adopt an artifact)
- Π** Στην καθημερινή ζωή, τα άτομα σπάνια έχουν την ευκαιρία να αναπτύξουν κάτι από το μηδέν. Πολύ συχνότερα, απαιτείται να συντηρούν ή να υπερασπίζονται είτε τα δικά τους είτε τα κατασκευάσματα που αναπτύχθηκαν από άλλους.
- A** Σε κάποιες εκπαιδευτικές περιστάσεις, οι μαθητές μπορεί να δημιουργούν δικά τους κατασκευάσματα. Αυτό απαιτεί πλήρη κατανόηση του πεδίου του κατασκευάσματος. Συνήθως, οι μαθητές προσπαθούν να λύσουν όλα τα προβλήματα με παρόμοιο τρόπο, χρησιμοποιώντας το δικό τους τρόπο σκέψης ή διαδικασία λύσης προβλήματος. Φαίνεται να είναι πιο αποδοτικό και προσφέρει περισσότερα στο μαθητή, αν ασχοληθεί με τη βελτίωση ενός κατασκευάσματος που ανέπτυξε κάποιος άλλος, αφού μπορεί να προχωρήσει ευκολότερα, ίσως, στη λύση προβλήματος, εφόσον θα μπορεί να αντιμετωπίσει το κατασκεύασμα από διαφορετική οπτική γωνία.
- A** Είναι καλό οι εκπαιδευτικοί να καλούν τους μαθητές να βελτιώσουν και να επεκτείνουν τα κατασκευάσματα (για παράδειγμα ένα μοντέλο για ένα φαινόμενο) των συμμαθητών τους. Για να το κάνουν αυτό πρέπει να κατανοήσουν τον τρόπο με τον οποίο οι συμμαθητές τους προσέγγισαν την ανάπτυξη της κατασκευής τους. Αναμένεται, συνεπώς, από αυτούς να παρέχουν ανατροφοδότηση σε σχέση με τα κατασκευάσματα των συμμαθητών τους και αντί να κάνουν διορθώσεις και προεκτάσεις στο δικό τους κατασκεύασμα θα κάνουν σε αυτά των συμμαθητών τους. Αν το κατασκεύασμα δημιουργήθηκε από μία ομάδα, όλη η ομάδα αξιολογητής πρέπει να εργαστεί στο κατασκεύασμα της άλλης ομάδας. Αν το κατασκεύασμα είναι πολύπλοκο, είναι καλό να εφαρμοστούν πρακτικές στήριξης της διαδικασίας, όπως για παράδειγμα να οριστούν «πράκτορες» από την κατασκευάστρια ομάδα που θα παρέχουν στήριξη στην ομάδα που βελτιώνει το κατασκεύασμα. Ο πράκτορας μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για το πολύπλοκο κατασκεύασμα. Οι μαθητές θα μάθουν νέα πράγματα στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν το κατασκεύασμα των συμμαθητών τους. Θα πρέπει να αποκτήσουν βαθιά γνώση για να μπορέσουν να βελτιώσουν το κατασκεύασμα.
-

O 17. Δημοσιοποίηση (Publish)

- Π** Πώς μπορούν οι μαθητές να έχουν πρόσβαση σε δουλειά των συμμαθητών τους;
- A** Για να μπορεί να υπάρξει συνεργασία ανάμεσα στα μέλη μιας ομάδας ή ανάμεσα σε ομάδες μίας τάξης απαιτείται η πρόσβαση των ατόμων ή των ομάδων στη δουλειά των υπολοίπων. Η αποκάλυψη ενός τεμαχίου πληροφοριών (π.χ. κείμενο, αρχεία, ή συμπληρωμένες φόρμες) σε συγκεκριμένη τοποθεσία, άτομα ή ρόλο βοηθά σε αυτή τη διαδικασία.
- A** Η δημοσιοποίηση τεμαχίων πληροφοριών αποτελεί μία από τις πιο βασικές εργασίες κατά την ανάπτυξη και χρήση της πληροφορικής τεχνολογίας στην εκπαίδευση. Η έννοια της δημοσιοποίησης σε αυτό το μοτίβο περιλαμβάνει δραστηριότητες δημιουργίας ενός τεμαχίου πληροφοριών, ώστε ΟΛΕΣ οι ομάδες ή ΟΛΑ τα άτομα να λαμβάνουν ένα εκτεταμένο σύνολο δικαιωμάτων πρόσβασης στην πηγή (π.χ. παρακολούθηση, τροποποίηση).
-

O 18. Ανταλλαγή συνεισφορών (Exchange of contributions)

- Π** Πώς μπορούν οι ομάδες ή τα άτομα να επωφεληθούν από τις εργασίες άλλων ατόμων ή ομάδων σε μία τάξη;
- A** Όταν οι συμμετέχοντες ή οι ομάδες εργάζονται για τη διεκπεραίωση των εργασιών τους, συμβαίνει συχνά να υπάρχουν διάφορες επικαλύψεις και σημεία επαφής στη δουλειά τους. Αυτό γίνεται εντονότερο, όταν οι πηγές πληροφοριών παρέχονται στους μαθητές από τον εκπαιδευτικό ή από τον ίδιο χώρο.
- A** Είναι καλό να επιτρέπεται στους συμμετέχοντες να ανταλλάσσουν και να συζητούν τις συνεισφορές και τις ιδέες τους διαδικτυακά και συνεπώς, είναι χρήσιμο να παρέχεται ο κατάλληλος χώρος για αυτό. Με αυτό τον τρόπο θα επωφεληθούν και θα μάθουν από τη δουλειά των άλλων. Αυτή η εμπειρία μπορεί να γίνει πιο ουσιαστική, αν ακολουθηθεί από μία πρόσωπο με πρόσωπο συνάντηση ή από τη δημοσιοποίηση της κριτικής των εργασιών των άλλων.
-

Αξιολόγηση

O 19. Αυτοαξιολόγηση (Self evaluation)

- Π** Πώς μπορούν οι μαθητές να γίνουν υπεύθυνοι για τη μάθησή τους;
- A** Χρειάζεται οι μαθητές να αναπτύξουν υπευθυνότητα σε σχέση με τη μάθησή τους. Πρέπει να κατανοούν τη διαδικασία που τους οδηγεί στη μάθηση, ώστε να επαναλαμβάνουν θετικές πρακτικές και να αποφεύγουν άλλες που τους αποσπούν από το σκοπό τους. Η αυτοαξιολόγηση προωθεί τον κριτικό αναστοχασμό των δικών τους συνεισφορών και της δικής τους μαθησιακής προόδου, αφού ο συμμετέχοντας είναι ταυτόχρονα αξιολογητής και στόχος αξιολόγησης.
- A** Η αυτοαξιολόγηση είναι ένας από τους βασικότερους τρόπους, μέσω των οποίων η μάθηση που ξεκινά από το μαθητή μετατρέπεται σε υπεύθυνη μάθηση. Η αυτοαξιολόγηση αποτελεί μία μορφή αξιολόγησης, όπου οι συμμετέχοντες ασκούν κριτική στις δικές τους συνεισφορές, επιδόσεις και
-

επιτεύγματα μέσα από ένα μάθημα ή μία δραστηριότητα. Ο κριτικός αναστοχασμός σε σχέση με την επίδοση κάποιου και η ενημερότητα σε σχέση με τα κριτήρια, τις δυνάμεις και τις αδυναμίες του, απαιτεί υπευθυνότητα και είναι ένα από τα κλειδιά για την προσωπική βελτίωση και μάθηση που προωθείται από το μανθάνοντα. Το διδακτικό υλικό και το μαθησιακό περιβάλλον πρέπει να καλεί τους μαθητές, μέσα από διάφορα έργα, να αυτοαξιολογούνται. Ταυτόχρονα, ο εκπαιδευτικός πρέπει να παρακολουθεί και να παρέχει ανατροφοδότηση στους μαθητές σε σχέση με αυτό.

-
- O** 20. Αξιολόγηση των συμμαθητών τους (Peer evaluation)
- Π** Με ποιο τρόπο μπορούν οι μαθητές να συνεργάζονται με τους συμμαθητές τους, με σκοπό την βελτίωση της δουλειάς τους;
- A** Η αξιολόγηση μεταξύ συμμαθητών προωθεί την ενεργό συμμετοχή και εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία της μάθησης, καθώς αναλαμβάνουν το ρόλο των αξιολογητών των υπολοίπων σε διάφορα σενάρια. Είναι πιθανόν η αξιολόγηση να γίνει με βάση κριτήρια που είναι προκαθορισμένα ή που ανέπτυξαν οι μαθητές από πριν ή που ανέπτυξαν τη στιγμή της αξιολόγησης.
- A** Τυπικά, σε παραδοσιακά μαθήματα, οι μαθητές δεν ενδιαφέρονται για τη δουλειά άλλων μαθητών ή άλλων ομάδων. Αυτό που τους ενδιαφέρει είναι να κάνουν τη δουλειά τους σωστά. Συχνά δε γνωρίζουν καν με τι ασχολούνται οι άλλοι μαθητές ή οι άλλες ομάδες. Κατά την αξιολόγηση των συμμαθητών, οι συμμετέχοντες αξιολογούν συγκεκριμένες συνεισφορές συμμαθητών τους. Παρέχεται σε αυτούς η υποδομή, με τη βοήθεια της οποίας μπορούν να επικοινωνήσουν την αξιολόγησή τους στον εκπαιδευτικό (π.χ. μέσα από διάφορα έντυπα αξιολόγησης). Η δουλειά των μαθητών αξιολογητών γίνεται αντικειμενικότερη όταν οι τελευταίοι ορίζουν κριτήρια αξιολόγησης από πριν.
-

- O** 21. Ανατροφοδότηση στους συμμαθητές (Peer feedback)
- Π** Με ποιους τρόπους μπορούν να βοηθηθούν οι μαθητές, ώστε να παρέχουν ανατροφοδότηση σε συμμαθητές τους χωρίς να τους υποτιμούν ή να θεωρούν τη διαδικασία ανούσια;
- A** Η μάθηση περιλαμβάνει τη λήψη ανατροφοδότησης. Οι μαθητές συχνά δεν είναι σίγουροι για τη σχετικότητα των εμπειριών τους και την αξία της δική τους γνώσης ή των άλλων, έτσι χρειάζονται ανατροφοδότηση σε σχέση με αυτό.
- A** Είναι καλό οι μαθητές να αξιολογούν τα κατασκευάσματα των συμμαθητών τους. Οι μαθητές θα παρέχουν ανατροφοδότηση στους συμμαθητές τους με βάση τις δικές τους εμπειρίες. Με αυτό τον τρόπο καλούνται να αναστοχαστούν σε σχέση με αυτά που ξέρουν οι ίδιοι αλλά και με αυτά που ξέρουν οι συμμαθητές τους. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να παραινεί τους μαθητές, ώστε να είναι σοβαροί κατά τη διαδικασία της εργασίας των συμμαθητών τους, χωρίς να υποτιμούν ούτε την εργασία τους ούτε την όλη διαδικασία. Αναμένεται, επίσης, από τον εκπαιδευτικό να παρακολουθεί τη διαδικασία και να παρεμβαίνει σε περιπτώσεις που τα άτομα ή οι ομάδες δε συμμετέχουν στη διαδικασία με τον αναμενόμενο τρόπο.
-

- O** 22. Αξιολόγηση και ανατροφοδότηση από τον εκπαιδευτικό (Instructor evaluation review)
- Π** Με ποιο τρόπο μπορούν οι μαθητές να είναι ενήμεροι σε σχέση με την πορεία τους στη μάθηση;
- A** Ο εκπαιδευτικός χρειάζεται να αξιολογεί τα επιτεύγματα και τις συνεισφορές ή/και την επίδοση των συμμετεχόντων στο μάθημα και στις μαθησιακές δραστηριότητες. Η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού είναι αναγκαία σχεδόν σε όλα τα εκπαιδευτικά σενάρια.
- A** Η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού είναι η επικρατέστερη μορφή αξιολόγησης στα παραδοσιακά εκπαιδευτικά σενάρια. Το γεγονός ότι οι τελικές αξιολογήσεις των μαθημάτων ποτέ δε φτάνουν στους συμμετέχοντες είναι από μόνο του ενδιαφέρον. Αυτό που συνήθως βλέπουν οι συμμετέχοντες είναι τον τελικό βαθμό, ο οποίος δεν περιλαμβάνει πολλές πληροφορίες ή σχόλια τα οποία μπορούν να τους βοηθήσουν σε σχέση με τη μάθησή τους. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός οι εκπαιδευτικοί σπάνια παρέχουν γραπτή αξιολόγηση. Το παρόν μοτίβο προτείνει μία μορφή αξιολόγησης του εκπαιδευτικού, που κάνει την αξιολόγηση. Επίσης προτείνει κριτήρια αξιολόγησης ξεκάθαρα στους συμμετέχοντες, ακόμα και στις περιπτώσεις που το μάθημα δεν είναι πρόσωπο με πρόσωπο.
-

Ενοποίηση της γνώσης στις Φυσικές Επιστήμες

- O** 23. Προσανατολισμός, διάγνωση και καθοδήγηση (Orient, diagnose, and guide)
- Π** Με ποιο τρόπο μπορούν οι μαθητές να εκφράσουν τις ιδέες τους για φυσικά φαινόμενα;
- A** Οι μαθητές έρχονται στην τάξη κατέχοντας πληθώρα ιδεών για πολλά φυσικά φαινόμενα και συστήματα. Η έκφραση αυτών των ιδεών, ακολουθούμενη από τις κατάλληλες δραστηριότητες, βοηθά στην αποφυγή του κατακεραματισμού της γνώσης.
- A** Χρειάζεται οι μαθητές να υποκινούνται για να εκφράζουν το εύρος των ιδεών τους και για να λαμβάνουν νέες πληροφορίες για ένα θέμα. Ο σχεδιαστής του μαθήματος πρέπει να επιλέξει προσανατολιστικές περιστάσεις και υποβοηθητικά έργα για να εντοπιστεί η λογική με την οποία οι μαθητές συνδέουν τις ιδέες τους με τα επιστημονικά φαινόμενα και να καθοδηγηθούν οι τελευταίοι, ώστε να κρίνουν αυτές τις ιδέες (Krajcik *et al.*, 1994).
-

- O** 24. Πρόβλεψη, παρατήρηση, εξήγηση (Predict, observe, explain)
- Π** Πώς μπορεί ο εκπαιδευτικός να βοηθήσει τους μαθητές να ελέγχουν τις υποθέσεις τους;
-

- A** Τα κύρια στάδια της επιστημονικής διερεύνησης περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την ανάπτυξη και έλεγχο των υποθέσεων που αφορούν σε συγκεκριμένο φαινόμενο ή μοτίβο. Τόσο η ανάπτυξη μιας υπόθεσης όσο και ο έλεγχός της αποτελεί μία δεξιότητα που χρήζει διδασκαλίας σε μία τάξη Φυσικών Επιστημών, ώστε να αναπτυχθεί από τους μαθητές.
- A** Ο εκπαιδευτικός φροντίζει για την εισαγωγή ενός επιστημονικού φαινομένου, τη διενέργεια προβλέψεων και το διακανονισμό των αντίθετων απόψεων των μαθητών από τους μαθητές (White & Gunstone, 1992). Αυτό το μοτίβο απλοποιεί τη μελέτη των επιστημονικών φαινομένων και δεσμεύει τους μαθητές στον έλεγχο των υποθέσεών τους και συνεπώς συνεισφέρει στην ενοποίηση της γνώσης.
-
- O** 25. Παρουσίαση και εξήγηση ιδεών (Illustrate ideas)
- II** Με ποιο τρόπο μπορούν οι εκπαιδευτικοί να προωθήσουν την έκφραση πολλαπλών τρόπων προσέγγισης λύσης προβλημάτων από τους μαθητές τους;
- A** Συνήθως ο εκπαιδευτικός περιγράφει τον επιστημονικό τρόπο λύσης ενός προβλήματος, αγνοώντας τις διαφορετικές προοπτικές που μπορεί να παρέχουν οι μαθητές για ένα πρόβλημα.
- A** Χρειάζεται να παρέχονται στους μαθητές τα στηρίγματα για να εκφράσουν το συλλογισμό τους, ώστε να μπορεί ο εκπαιδευτικός να μοντελοποιεί αυθεντικούς συλλογισμούς για ένα πολύπλοκο θέμα. Η ενοποίηση της γνώσης προωθείται μέσα από τη διαδικασία παραγωγής εναλλακτικών ιδεών και επιλογής ανάμεσα σε ιδέες, καθώς επίσης και μέσω της στήριξης των μαθητών κατά την οικοδόμηση του μοντέλου. Με τη χρήση του μοτίβου αυτού, οι εκπαιδευτικοί συγκρίνουν διάφορες προοπτικές συμπεριλαμβανομένων και αυτών των μαθητών τους και συζητούν για το πώς ο μαθητής μπορεί να χρησιμοποιήσει κριτήρια για να επιλέξει ανάμεσα σε αυτές.
-
- O** 26. Οικοδόμηση ενός κατασκευάσματος (Create an artifact)
- II** Με ποιο τρόπο μπορούν οι μαθητές να αναπαραστήσουν μηχανισμούς εξήγησης ενός μοτίβου ή πολλαπλών μοτίβων ενός φαινομένου;
- A** Οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία της μάθησης, όταν δεσμεύονται ως προς συγκεκριμένα έργα, που περιλαμβάνουν ανάπτυξη κατασκευασμάτων που θα φέρουν τη σφραγίδα τους ή τη σφραγίδα της ομάδας στην οποία συμμετέχουν.
- A** Το μαθησιακό περιβάλλον πρέπει να στηρίζει τους μαθητές να ελέγχουν τις ιδέες τους μέσω του σχεδιασμού μιας πολύπλοκης αναπαράστασης ενός επιστημονικού φαινομένου ή προβλήματος. Οι μαθητές πρέπει να χρησιμοποιούν επιστημονικές ιδέες, για να σχεδιάσουν λύσεις σε επιστημονικά προβλήματα, όπως στη δημιουργία ενός σπιτιού σχεδιασμένου για εξοικονόμηση ενέργειας, ενός ρομπότ κ.ο.κ. Το μοτίβο περιλαμβάνει την επιλογή ή χρήση μεθόδων για δημιουργία κατασκευάσματος, τον προσδιορισμό των επιστημονικών αρχών που θα καθοδηγούν το σχεδιασμό, την κατασκευή ενός προκαταρκτικού κατασκευάσματος, την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, τη χρήση των αποτελεσμάτων για τη βελτίωση του κατασκευάσματος και τη σύνδεση των αποτελεσμάτων με τις απόψεις που συζητήθηκαν για το θέμα. Στις Φυσικές Επιστήμες το κατασκεύασμα μπορεί να είναι ένα μοντέλο ενός φυσικού φαινομένου.
-
- O** 27. Οικοδόμηση ενός επιχειρήματος (Construct an argument)
- II** Πώς μπορούν οι μαθητές να αναπτύξουν επιχειρηματολογία με σκοπό την ενοποίηση της γνώσης;
- A** Οι Millar και Osborne (1998) αναφέρουν ότι, όταν η επιχειρηματολογία κατέχει κεντρική θέση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, δεσμεύει τους μαθητές στο συντονισμό εννοιολογικών και επιστημικών στόχων, τους παρακινεί να εκφράσουν επιστημονικό συλλογισμό, επιτρέπει την παροχή ανατροφοδότησης στη διαδικασία ενοποίησης της γνώσης και ενοποιεί ιδέες για εγκυρότητα, επιτευξιμότητα και ερμηνεία των διερευνήσεων με ιδέες για τα αποτελέσματα.
- A** Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν αυτό το μοτίβο για να προκαλέσουν τους μαθητές να συνδέσουν τις ιδέες τους και να στηρίζουν τις απόψεις τους με δεδομένα. Το μοτίβο περιλαμβάνει το να απευθύνονται σε ερωτήσεις, να δημιουργούν ιδέες, να προσδιορίζουν δεδομένα, να εκφράζουν απόψεις, να αντικρούουν επιχειρήματα και να αναθεωρούν τις απόψεις τους με βάση την ανατροφοδότηση που θα λάβουν ή με βάση νέα δεδομένα. Αυτό το μοτίβο προωθεί την ενοποίηση της γνώσης ως προς το ότι βοηθά τους μαθητές να συγκρίνουν και να αντιπαραβάλουν διάφορες μορφές δεδομένων, να συνδέσουν τα δεδομένα με τις μεθόδους, να διερευνήσουν κριτήρια για επιλογή των δεδομένων και να αναστοχαστούν σε σχέση με τη φύση της επιστημονικής διερεύνησης.
-
- O** 28. Κριτική (Critique)
- II** Πώς μπορούν οι μαθητές να αξιολογήσουν επιστημονικά δεδομένα;
- A** Οι μαθητές τείνουν να εμπιστεύονται την επιστημονική πληροφόρηση και την πληροφόρηση που παρέχεται από τον εκπαιδευτικό ή άλλες πηγές παρά να την αμφισβητούν (Millar & Osborne, 1998; Monk & Osborne, 1997). Επιπλέον, θεωρούν ότι δεν μπορεί μία επιστημονική θεωρία να είναι λάθος ή δεν μπορεί να υπάρχουν εναλλακτικές θεωρίες για το ίδιο φαινόμενο. Η κριτική και η αξιολόγηση (αυτοαξιολόγηση-αξιολόγηση από συμμαθητές-αξιολόγηση από τον εκπαιδευτικό) σε τάξεις Φυσικών Επιστημών είναι συχνά ευκολότερη από τη διαδικασία οικοδόμησης επιχειρημάτων, από τον πειραματισμό ή την οικοδόμηση κατασκευασμάτων και μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να

	δημιουργήσουν κριτήρια.
Α	Ο εκπαιδευτικός πρέπει να στηρίζει τους μαθητές στη διαδικασία αξιολόγησης της επιστημονικής πληροφόρησης. Είναι καλό να δοθούν ευκαιρίες στους μαθητές να αξιολογήσουν τόσο εγκαθιδρυμένη, όσο και πιθανώς μη έγκυρη, παραπλανητική ή συγκεχυμένη πληροφόρηση που παρουσιάζεται σε πηγές από το διαδίκτυο, σε βιβλία, άρθρα, πειράματα, επιχειρήματα ή σε αναφορές από άλλους. Είναι καλό οι μαθητές να επαναλαμβάνουν τη διαδικασία αναθεώρησης ιδεών για ένα φαινόμενο, παραγωγής ή εντοπισμού κριτηρίων για αξιολόγηση υλικού, εφαρμογής των κριτηρίων και έκφρασης ερωτήσεων, ανησυχιών ή άλλων θεμάτων για το υλικό.
Ο	29. Συνεργασία (Collaborate)
Π	Πώς μπορεί ο εκπαιδευτικός να εκμεταλλευτεί το εύρος των ιδεών των μαθητών σε μια τάξη;
Α	Για να συγκλίνουν σε νέες θεωρίες και να έχουν νόημα, οι επιστήμονες συνεργάζονται (Bozeman & Corley, 2004; Dunbar, 2001; Dunbar & Fugelsang, 2004; Latour, 1998). Δεδομένου ότι μέσα από την επιστημονική διαδικασία οικοδόμησης νοήματος επέρχεται μάθηση, αυτή η διαδικασία πρέπει να θεωρείται ως κοινωνική παρά ατομική δραστηριότητα (Dewey, 1932; Mead, 1934; Piaget, 1932; Vygotsky, 1978) και σε μαθήματα Φυσικών Επιστημών.
Α	Ο εκπαιδευτικός πρέπει να βοηθήσει τους μαθητές να εκφράζουν τις ιδέες τους, να μαθαίνουν από τις ιδέες των άλλων, να απαντούν σε ομαδικές ιδέες, να καθορίζουν μεθόδους για διαχωρισμό ιδεών, παρουσίαση αποδείξεων για τις απόψεις τους και επίτευξη ομοφωνίας. Το μοτίβο αυτό προωθεί την ενοποίηση γνώσης, εκμεταλλευόμενο το εύρος των ιδεών των μαθητών και βοηθώντας τις ομάδες να διαπραγματευτούν κριτήρια για έγκυρα συμπεράσματα. Αυτό το μοτίβο ανακλά την κοινωνικοπολιτιστική προοπτική και εμπλέκει τους μαθητές στην ανακάλυψη των πολιτιστικών τους δεσμεύσεων.
Ο	30. Αναστοχασμός (Reflect)
Π	Πώς μπορούν οι μαθητές να αναπτύξουν μεταγνωστικές δεξιότητες;
Α	Οι μαθητές που αναστοχάζονται, ακόμα και όταν οι εξηγήσεις τους είναι ημιτελείς ή λανθασμένες, μαθαίνουν περισσότερα από αυτούς που δεν παρέχουν εξηγήσεις σε σχέση με την εργασία τους (Chi & Van Lehn, 1991). Επιπλέον, ο αναστοχασμός μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να επικεντρωθούν σε όλα τα βήματα ενός έργου (Davis & Linn, 2000).
Α	Ο εκπαιδευτικός πρέπει να ενθαρρύνει τους μαθητές να αναλύσουν τις συνδέσεις που εκφράζουν και να αναθεωρήσουν τις προηγούμενες ιδέες τους. Ο αναστοχασμός προωθεί τη μεταγνώση, ενθαρρύνει τους μαθητές να αξιολογούν ιδέες, να εντοπίσουν κενά στο συλλογισμό τους και να αναζητούν τρόπους να καλύψουν αυτά τα κενά (Chi & Van Lehn, 1991). Πολλά πληροφορικά υποστηριζόμενα περιβάλλοντα καθοδηγούν τους μαθητές να αναστοχάζονται σε συγκεκριμένες στιγμές κατά τη ροή του διδακτικού υλικού (Linn, Clark, & Slotta, 2003; Scardamalia, Bereiter, & Lamon, 1994; Schwarz & White, 1998).
<i>Υπόμνημα: Ο: Όνομα μοτίβου, Π: Πρόβλημα, Α: Ανάλυση, Λ: Λύση</i>	

Το συγκεκριμένο του μαθήματος που θα αναπτυχθεί, στηριζόμενο στα μοτίβα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, αφορά στην ανάπτυξη πολλαπλών διαδοχικών μοντέλων για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης. Ακολουθεί εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση για τους κύριους άξονες της ικανότητας της μοντελοποίησης και των μοντέλων.

3.2. Η Ικανότητα της Μοντελοποίησης

Στην προσπάθειά μας να κατανοήσουμε την πραγματικότητα, μοιάζουμε κάπως με τον άνθρωπο που προσπαθεί να καταλάβει το μηχανισμό ενός κλειστού ρολογιού. Βλέπει την πλάκα και τους κινούμενους δείκτες, ακούει τους κτύπους του, αλλά δεν έχει τρόπο να ανοίξει το κουτί. Αν έχει εφευρετικό μυαλό, θα μπορέσει να φτιάξει κάποια εικόνα του μηχανισμού, που θα την καταστήσει υπεύθυνη για καθετί που παρατηρεί, αλλά ποτέ δε θα μπορεί να είναι εντελώς βέβαιος πώς η εικόνα του είναι η μόνη ικανή να εξηγήσει τις παρατηρήσεις (Einstein & Leopold, 1978).

Το παραπάνω απόσπασμα περικλείει με ενδιαφέρον τρόπο την ουσία της διαδικασίας της μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες. Οι επιστήμονες προσπαθούν μέσα από παρατηρήσεις να παρέχουν εξηγήσεις οικοδομώντας μοντέλα σε σχέση με το μηχανισμό λειτουργίας ενός φαινομένου. Ποτέ δεν είναι εντελώς βέβαιοι ότι τα μοντέλα που αναπτύσσουν είναι τα μόνα ικανά για να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις τους ή ότι δε θα διατυπωθεί ή δε θα αναπτυχθεί άλλο μοντέλο που να εξηγεί με καλύτερο τρόπο το φαινόμενο. Η επινόηση, η κατασκευή και η χρήση μοντέλων είναι σύμφυτη με την ίδια τη λειτουργία της επιστήμης (S. Gilbert, 1991) και του επιστημονικού τρόπου σκέψης και προσέγγισης της πραγματικότητας. Φιλόσοφοι και ψυχολόγοι όπως ο S. Gilbert (1991), ο Giere (2002, 2004), η Vosniadou (1994a) και παιδαγωγοί όπως οι Penner, Giles, Lehrer, και Schauble (1997), οι J. Gilbert *et al* (1998a, 1998b), οι Justi και van Driel (2005) και άλλοι υιοθετούν την ιδέα της διδασκαλίας που εστιάζει στη μοντελοποίηση και στα μοντέλα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας, η ικανότητα της μοντελοποίησης προσεγγίζεται επιστημολογικά και παιδαγωγικά (Buty & Mortimer, 2008). Επιστημολογικά, κρίνεται αναγκαίο οι εκπαιδευτικοί να μελετήσουν μοντέλα σε σχέση με τη φύση και το ρόλο τους στις Φυσικές Επιστήμες (J. Gilbert & Boulter, 1998; J. Gilbert *et al.*, 1998a, 1998b; Halloun, 2004, 2007; Hestenes, 1992, 1997; Justi & van Driel, 2005; Schwarz & White, 2005). Παιδαγωγικά, δίνεται έμφαση στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης, ως έκφρασης του μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης, ο οποίος αποτελεί διδακτική εξέλιξη των μαθησιακών κύκλων (Karplus, 1977).

3.2.1. Επιστημολογική πτυχή της ικανότητας της μοντελοποίησης

3.2.1.1. Επιστημονικά Μοντέλα

Τα μοντέλα είναι μονάδες δομημένης γνώσης που χρησιμοποιούνται για αναπαράσταση παρατηρήσιμων μοτίβων σε σχέση με φυσικά φαινόμενα (Halloun, 2007). Οι Schwarz και White (2005) ορίζουν το μοντέλο ως ένα σύνολο αναπαραστάσεων και συλλογιστικών δομών που επιτρέπουν τη δημιουργία προβλέψεων, παρέχουν τη βάση για επεξηγηματικά πλαίσια και λειτουργούν ως πλατφόρμες για έκφραση επιστημονικών θεωριών. Είναι μία εξωτερική αναπαράσταση, που παρέχει μηχανισμό για αυτό το φαινόμενο, ενώ παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διενέργεια προβλέψεων για μια μελλοντική συμπεριφορά του φαινομένου, αφού έχει προβλεπτική ικανότητα.

Ο Giere (2004) ορίζει τα μοντέλα ως αντικείμενα ή ιδέες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναπαραστήσουν την πραγματικότητα, παρουσιάζοντας μια προσδιορισμένη ομοιότητα με τα φυσικά αντικείμενα. Παρόλα αυτά, τίποτα δεν αποτελεί εγγενώς μοντέλο κάποιου φυσικού αντικειμένου, παρά μόνο όταν προϋπάρξει συγκεκριμένη πρόθεση ή σύμβαση για αυτό. Όταν, δηλαδή, δηλωθεί εκ των προτέρων ότι ένα αντικείμενο αποτελεί μοντέλο ενός φυσικού αντικειμένου. Πέραν της σύμβασης αυτής, ο κατασκευαστής του μοντέλου έχει σκοπό να ελέγξει την ορθότητα μιας θεωρίας μέσα από τη χρήση μοντέλων που τοποθετούν υποθετικούς μηχανισμούς σε καθορισμένα υλικά περιεχόμενα (Windschitl & Thompson, 2006). Είναι απίθανο να καταφέρει κάποιος να μελετήσει ένα επιστημονικό πρόβλημα χωρίς τη χρήση σαφών ή υπονοούμενων μοντέλων ως πλαίσιο αναφοράς (Longino, 1990; Nersessian, 2005; Stewart & Rudolph, 2001). Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι τα μοντέλα αποτελούν πάντα ένα διαμεσολαβητή για τη σχέση ανάμεσα στη θεωρία και στην πραγματικότητα. Κατά συνέπεια, ένα μοντέλο είναι ικανό να αναπαριστά ένα φυσικό φαινόμενο μέχρι που νέα δεδομένα να υποδείξουν κάποια διάσταση μεταξύ της λειτουργίας του μοντέλου και της φυσικής κατάστασης, οπότε ξεκινά η διαδικασία βελτίωσής του, ώστε να περιλαμβάνει τα νέα δεδομένα.

Είναι σημαντικό να οριστούν τρεις διακριτές κατηγορίες μοντέλων, που εντοπίζονται στη βιβλιογραφία: τα νοητικά, τα εννοιολογικά και τα επιστημονικά μοντέλα.

«*Νοητικό μοντέλο* είναι μία εσωτερική αναπαράσταση που δρα ως δομική αναλογία καταστάσεων ή διαδικασιών» (Greca & Moreira, 2001, p.108). Τα νοητικά μοντέλα σχετίζονται με συγκεκριμένες καταστάσεις και περιλαμβάνουν φυσικά φαινόμενα, χωρίς

ωστόσο να περιορίζονται από αυτά (Anderson, Howe, & Tolmie, 1996; Gentner & Stevens, 1983; Johnson-Laird, 1983). Τα νοητικά μοντέλα είναι οικοδόμημα της γνωστικής ψυχολογίας και αποτελούν παροδικές αναπαραστάσεις που ενεργοποιούνται, συνήθως, όταν κάποιος εκτίθεται σε μία νέα κατάσταση, σε αντίθεση, για παράδειγμα, με τα σχήματα που είναι πιο σταθερές και μόνιμες γνωστικές δομές (Johnson-Laird, 1983). Παραδείγματα νοητικών μοντέλων αποτελούν το μοντέλο της μυρμηγκοφωλιάς, ως ένα σύνολο ροών, το μετεωρολογικό σύστημα, ως ένα σύνολο υψηλών και χαμηλών σημείων πίεσης ή το υβριδικό μοντέλο του σχήματος της γης που κατέχουν άτομα και που θεωρούν τη γη ως μία κούφια σφαίρα, με μία εσωτερική επίπεδη επιφάνεια, στην οποία ζουν και κινούνται οι άνθρωποι (Vosniadou, 1992; Vosniadou & Brewer, 1994).

Τα *εννοιολογικά μοντέλα* (Greca & Moreira, 2000; Norman, 1983) αποτελούν συνεπείς εννοιολογικές δομές που αναπτύσσονται με σκοπό να επιτευχθεί σταθερότητα και να προσφερθούν ευκαιρίες για αναλυτικές προβλέψεις. Αποτελούν οικοδόμημα της έρευνας για εννοιολογική κατανόηση. Αφορούν σε εξωτερικές αναπαραστάσεις που οικοδομούνται από ερευνητές, εκπαιδευτικούς κλπ, για την προώθηση της κατανόησης ή της διδασκαλίας συστημάτων, καταστάσεων και είναι, συνεπώς συνεπή με την επιστημονικά αποδεκτή γνώση. Παράδειγμα εννοιολογικού μοντέλου αποτελεί το μοντέλο του ηλεκτρικού ρεύματος (μοντέλο ροής) ή το μοντέλο της πηγής φωτός, ως σύνολο σημειακών πηγών φωτός.

Τα *επιστημονικά μοντέλα* (Crawford & Cullin, 2004; Danusso, Testa, & Vicentini, 2010; Nicolaou, Nicolaidou, & Constantinou, 2009; Papaevripidou, Hadjiagapiou, & Constantinou, 2005) είναι επιστημολογικά οικοδομήματα των Φυσικών Επιστημών, τα οποία επιτρέπουν την περιγραφή των φυσικών συστημάτων με λειτουργικό τρόπο. Είναι επεξηγηματικές αναπαραστάσεις με προβλεπτική ισχύ και χρησιμοποιούνται ως εργαλεία ανάπτυξης γνώσης σε συγκεκριμένο θέμα. Εμμένουν σε ένα σύνολο κανόνων που διέπουν το περιεχόμενο, την ανάπτυξη, την εγκυροποίηση και τη χρήση επιστημονικής γνώσης. Ένα επιστημονικό μοντέλο είναι οικοδόμημα της περιοχής των Φυσικών Επιστημών. Η ιδέα των επιστημονικών μοντέλων είναι οικοδόμημα της επιστημολογίας (Φιλοσοφίας της Επιστήμης). Ένα επιστημονικό μοντέλο ικανοποιεί τρεις προϋποθέσεις:

1. Αναπαριστά τα κύρια χαρακτηριστικά ενός φαινομένου ή μία πτυχή του φαινομένου.
2. Παρέχει ένα μηχανισμό που εξηγεί τη λειτουργία του φαινομένου.
3. Χρησιμοποιείται για οικοδόμηση προβλέψεων για τις αλλαγές και τις τάσεις στις παρατηρήσιμες πτυχές του φαινομένου.

Διαδικαστικά, το επιστημονικό μοντέλο προκύπτει μέσα από την εφαρμογή ενός θεωρητικού πλαισίου σε συγκεκριμένο φαινόμενο (επαγωγικός ρόλος του μοντέλου). Επιπλέον, μπορεί να προκύπτει *παραγωγικά* μέσα από μία διαδικασία κατά την οποία ορίζεται και μελετάται αρχικά μία κλάση φαινομένων. Αυτή η αφαιρετική διαδικασία αφορά στα στοιχεία που είναι κρίσιμης σημασίας για το φαινόμενο και οδηγεί στην οικοδόμηση ενός μηχανισμού που περιλαμβάνει αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις που αποτελούν μια συνεπή δομή (παραγωγικός ρόλος του μοντέλου).

3.2.2. Παιδαγωγική Πτυχή της ικανότητας της μοντελοποίησης

3.2.2.1. Μοντελοποίηση και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες

Ο Hodson (1993) αναφέρει ότι οι τρεις βασικοί στόχοι της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών αφορούν στην ικανότητα των μαθητών να κατανοούν τις ιδέες που προκύπτουν από τις Φυσικές Επιστήμες (Να μάθουν την επιστήμη), να κατανοούν θέματα σχετικά με τη φιλοσοφία, την ιστορία και τη μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών (Να μάθουν για την επιστήμη) και να μπορούν να συμμετέχουν σε δραστηριότητες που επιτρέπουν την κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης (Να μάθουν να κάνουν επιστήμη). Τα μοντέλα και η μοντελοποίηση εξυπηρετούν και τους τρεις σκοπούς της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Επιπρόσθετα, ο Halloun (2007) υποστηρίζει ότι τα μοντέλα μπορούν να αποτελέσουν αποτελεσματικά παιδαγωγικά εργαλεία που βοηθούν τους μαθητές να αναπτυχθούν στο πλαίσιο του ρεαλισμού των Φυσικών Επιστημών και να αναπτύξουν επιστημονικό αλφαριθμητισμό. Η άρρηκτη σχέση ανάμεσα στα μοντέλα και στις δραστηριότητες των επιστημόνων καθιστούν τις Φυσικές Επιστήμες ως ένα πολύπλοκο δίκτυο μοντέλων που αλληλοεξαρτώνται από και ενοποιούνται σε ένα σύστημα θεωρητικών αρχών (Constantinou, 1999). Ο Gilbert (1991) ενισχύει αυτή την άποψη ορίζοντας την επιστήμη ως μια διαδικασία οικοδόμησης εννοιολογικών μοντέλων για σκοπούς πρόβλεψης. Αυτό ενοποιεί τις διαδικασίες και τα προϊόντα της επιστήμης, ανάγει τη μοντελοποίηση ως μια ανώτερη ικανότητα, και θέτει τη μοντελοποίηση, τη διαδικασία, δηλαδή, παραγωγής και βελτιωτικής ρύθμισης μοντέλων, ως τη σπονδυλική στήλη των διεργασιών ανάπτυξης κατανόησης για τις Φυσικές Επιστήμες (Chapman, 2000; Constantinou, 1999; J. Gilbert, 1993, 1995; J. Gilbert & Boulter, 1998; S. Gilbert, 1991; Papadouris & Constantinou, 2001). Η επικέντρωση στην επιστημολογική πτυχή της οικοδόμησης μοντέλων, της λειτουργίας και του ελέγχου τους είναι πολύ σημαντική και συνάδει με την άνευ προηγουμένου σημασία που δίνεται στους στόχους που σχετίζονται με τη Φύση της Επιστήμης, όπως αυτοί περιγράφονται στα Αναλυτικά Προγράμματα σε

όλο τον κόσμο (Duschl et al., 2007; Windschitl & Thompson, 2006). Η αποδοχή του λειτουργικού ορισμού της επιστήμης ως διαδικασίας μοντελοποίησης βοηθά τα άτομα να κατανοήσουν ότι η γνώση είναι ανθρώπινο προϊόν (Grosslight et al., 1991), αφού παρά το ότι αμφισβητούν την τεχνητή φύση της γνώσης, εντούτοις υποστηρίζουν, σύμφωνα με τον Gilbert (1991), ότι τα μοντέλα αποτελούν τεχνητή γνώση.

3.2.2.2. Καλλιέργεια της Ικανότητας της Μοντελοποίησης

3.2.2.2.1. Η Ικανότητα της Μοντελοποίησης: Συνιστώντα Συστατικά

Η μοντελοποίηση αφορά στη δημιουργία σημασιολογικών (semantic) σχέσεων ανάμεσα στη θεωρία και στα φαινόμενα ή συστήματα (Greca & Moreira, 2000). Η σχέση θεωρίας-φαινομένου αποδίδεται από τους μαθητάνοντες μέσα από μία διαδικασία σχεδιασμού που ξεκινά από ένα σύνολο διστακτικά αποδεχόμενων θεωριών, οι οποίες εξελίσσονται σε συνεπή με τα μοντέλα τους κατανόηση, και που συνεισφέρει στην εννοιολογική αλλαγή (Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou, & Papademetriou, 2001).

Για τη διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης, η οποία αποτελεί μια σύνθετη δεξιότητα σκέψης, κρίνεται αναγκαία η ανάλυσή της στα συνιστώντα συστατικά της. Αυτή η ανάλυση βοηθά τους εκπαιδευτικούς να προσεγγίσουν τη διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης σε μεγαλύτερο βάθος και λεπτομέρεια και να αναπτύξουν στρατηγικές διδασκαλίας της, που να βοηθούν στην αποτελεσματικότερη προσέγγισή της.

Για τους σκοπούς αυτής της έρευνας υιοθετήθηκε το πλαίσιο ανάλυσης της ικανότητας της μοντελοποίησης, όπως παρουσιάζεται από τους Papaenitpidou, Constantinou, και Zacharia (submitted), οι οποίοι θεωρούν ότι η ικανότητα της μοντελοποίησης καθορίζεται από *συγκεκριμένες δεξιότητες ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου* (modeling skills), *μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου* (metacognitive knowledge about the modeling process) και *επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση* (metamodeling knowledge). Ακολουθεί ανάλυση του πλαισίου αυτού.

Οι δεξιότητες ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου αποτελούν την ουσία της ικανότητας της μοντελοποίησης και αναλύονται περαιτέρω στις ακόλουθες υποδεξιότητες:

(α) *Κατασκευή μοντέλου* (Hestenes, 1987; Justi & Gilbert, 2002b; Stratford, Krajcik, & Soloway, 1998; Van Driel & Verloop, 1999; Wu, Krajcik, & Soloway, 2001). Η δεξιότητα κατασκευής μοντέλου αποτελεί πυρηνική δεξιότητα, στην οποία βασίζονται οι υπόλοιπες,

και χωρίς την οποία οι μαθητές δεν μπορούν να εμπλακούν στη διαδικασία της μοντελοποίησης. Αφορά στην ικανότητα των μαθητών να αναπαραστήσουν ένα φαινόμενο με δικό τους τρόπο. Για να το κάνουν αυτό, χρειάζεται να αναλύσουν το φαινόμενο ή το σύστημα, συλλέγοντας πληροφορίες και κάνοντας μετρήσεις, ώστε να καθορίσουν ακολούθως τα στοιχεία του συστήματος που θα περιλάβουν στο μοντέλο (αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία). Χρειάζεται επίσης να επιλέξουν, ανάμεσα σε πολλά, το μέσο με το οποίο θα εκφράσουν το μοντέλο τους (π.χ. χαρτί, αντικείμενα, πρόγραμμα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή).

(β) *Εξαγωγή πληροφοριών από δοσμένο μοντέλο* (Clement, 1989; Hestenes, 1987; Justi & Gilbert, 2002b; Steward & Hafner, 1991; Van Driel & Verloop, 1999). Η εξαγωγή πληροφοριών από μοντέλο αποτελεί συστατική δεξιότητα για τη διαδικασία βελτίωσης του μοντέλου, αφού καθιστά τους μαθητές ικανούς να εντοπίζουν τα συστατικά στοιχεία ενός μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου) και συνεπώς να το αξιολογούν ή/και να το συγκρίνουν με το φαινόμενο που αναπαριστά.

(γ) *Σύγκριση ενός μοντέλου με άλλα μοντέλα του ίδιου φαινομένου* (Penner et al., 1997; Stratford et al., 1998; Wu et al., 2001). Οι μαθητές πρέπει να μπορούν να συγκρίνουν και να αντιπαραβάλουν μοντέλα του ίδιου φαινομένου και να καθορίζουν μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα για το κάθε ένα. Για τη σύγκριση των μοντέλων αναμένεται ότι οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν συγκεκριμένα κριτήρια, όπως η *αληθοφάνεια* του μοντέλου ως προς τα μέρη του φαινομένου που αναπαριστά, η *ακρίβεια* με την οποία το μοντέλο αναπαριστά το μηχανισμό του φαινομένου και κατά πόσο το μοντέλο επιτρέπει στο χρήστη να *διενεργεί και να ελέγχει προβλέψεις* για το φαινόμενο.

(δ) *Σύγκριση ενός μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο και εισήγηση τρόπων βελτίωσής του* (Justi & Gilbert, 2002a; Stratford et al., 1998). Η ικανότητα των μαθητών να συγκρίνουν το μοντέλο που έχουν οικοδομήσει με το φαινόμενο που αναπαριστούν τους βοηθά να εκτιμήσουν τις δυνατότητες του μοντέλου, ως προς την αναπαράσταση του φαινομένου και παράλληλα τους καθιστά ικανούς να εντοπίσουν, με βάση τις ελλείψεις του μοντέλου, τρόπους βελτίωσής του για καλύτερη και αληθοφανέστερη αναπαράσταση.

(ε) *Εγκυροποίηση μοντέλου μέσα από σύγκρισή του με φαινόμενα της ίδιας κλάσης*. Η τελευταία υποδεξιότητα είναι συμπληρωματική της προηγούμενης, εφόσον επεκτείνεται σε νέα φαινόμενα, που ανήκουν όμως στην ίδια κλάση με το υπό μελέτη φαινόμενο. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας της μοντελοποίησης και αφού οι μαθητές έχουν συγκρίνει πολλές φορές το μοντέλο τους με το φαινόμενο το οποίο αναπαριστά, χρειάζεται να κάνουν το ίδιο και για νέα φαινόμενα (π.χ. φαινόμενο 1: τροφικές σχέσεις οργανισμών,

φαινόμενο 2: πληθυσμιακές σχέσεις οργανισμών). Με τη σύγκριση, οι μαθητές χρειάζεται να αποφασίσουν κατά πόσο το μοντέλο τους ικανοποιεί και το νέο φαινόμενο ή αν χρειάζεται να βελτιωθεί, ώστε να το ικανοποιεί.

Οι μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου σχετίζονται με την ικανότητα των μαθητών να περιγράφουν ξεκάθαρα και να αναστοχάζονται σε σχέση με τα βασικά στάδια του μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης (παρατήρηση φαινομένου, συλλογή πληροφοριών, οικοδόμηση πρώτου μοντέλου, σύγκριση του μοντέλου με το φαινόμενο κτλ) (Justi & Gilbert, 2002b). Με άλλα λόγια αναμένεται ότι ο μαθητής θα μπορεί να περιγράφει τα στάδια της επιστημολογικής ανάλυσης της ικανότητας της μοντελοποίησης (Διάγραμμα 6), ως βήματα από τα οποία πέρασε μέχρι να αναπτύξει (ατομικά ή ομαδικά) το τελικό του μοντέλο για το υπό μελέτη φαινόμενο.

Τέλος, η επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση σχετίζεται με την ικανότητα των μαθητών να εκτιμούν το σκοπό και τη χρησιμότητα των επιστημονικών μοντέλων (Schwarz & White, 2005). Αναλυτικότερα, αυτή η πτυχή της ικανότητας της μοντελοποίησης συνίσταται στην ικανότητα των μαθητών να κατανοούν: (i) τη φύση των μοντέλων (π.χ. τα μοντέλα είναι ανθρώπινα κατασκευάσματα), (ii) τη φύση ή τη διαδικασία της μοντελοποίησης (οικοδόμηση μοντέλου, σύγκριση του με το φαινόμενο, βελτίωση μοντέλου κτλ), (iii) τη διαδικασία αξιολόγησης των μοντέλων με βάση συγκεκριμένα κριτήρια και (iv) τη χρησιμότητα των μοντέλων (π.χ. προβλεπτική ικανότητα, περιγραφική ικανότητα κτλ).

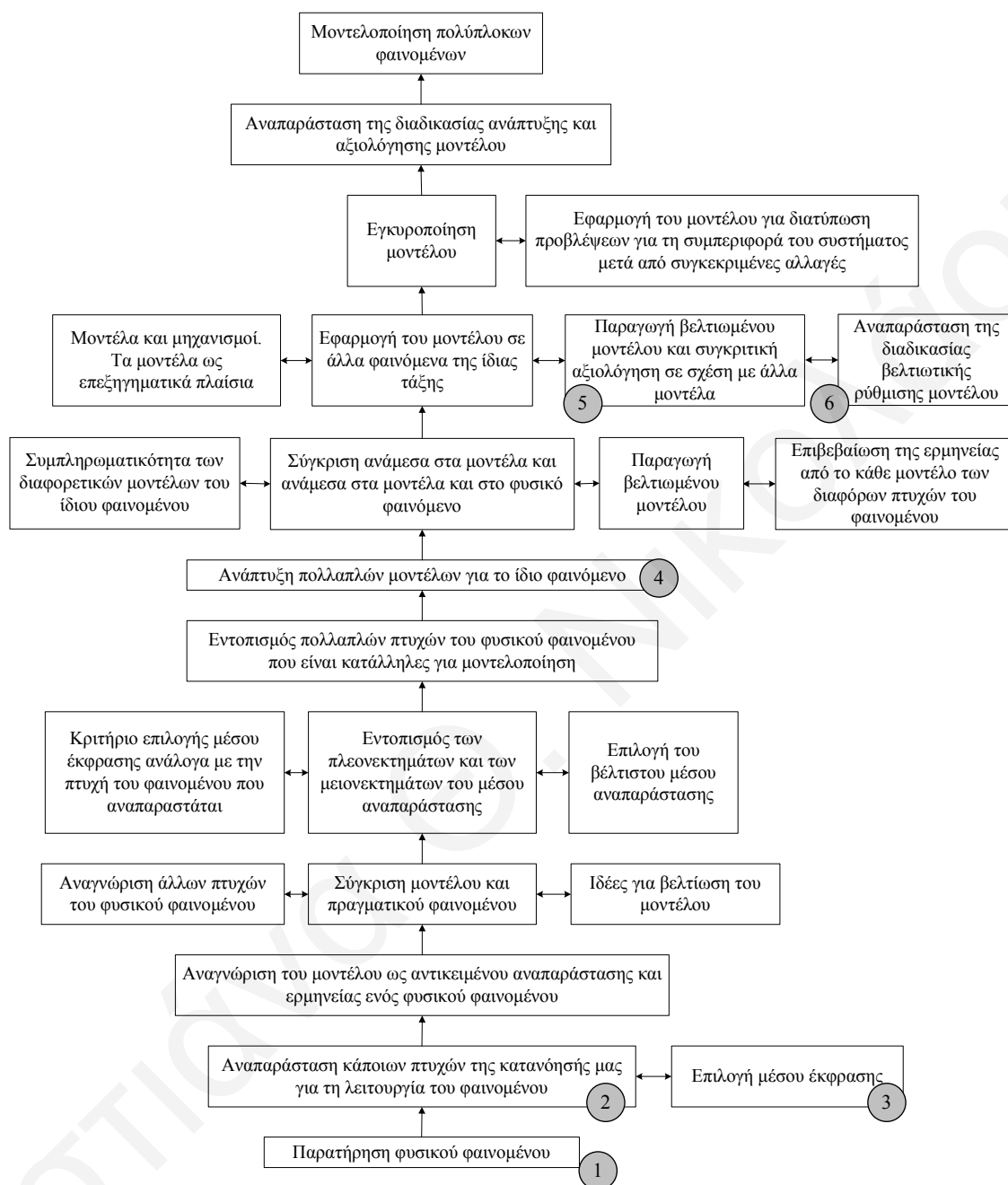
3.2.2.2.2. Επιστημολογική Ανάλυση της Μοντελοποίησης

Η διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης αποτελεί μία διαδικασία με διακριτά και αλληλοσυνδεόμενα μέρη, τα οποία χρειάζεται να ακολουθήσει τόσο ο σχεδιαστής του μαθήματος όσο και ο εκπαιδευτικός που θα το διδάξει. Οι Justi και Gilbert (2002a) οικοδόμησαν ένα πλαίσιο για τη διδασκαλία της μοντελοποίησης, το οποίο στηρίχθηκε σε αυτό του Clement (1989). Αυτό το πλαίσιο αφορά σε καθοδηγητικά στάδια οικοδόμησης νοητικών μοντέλων και προτείνει ότι ο κατασκευαστής πρέπει (α) να εκφράσει το σκοπό της οικοδόμησης του μοντέλου, (β) να επιλέξει το φαινόμενο (την πηγή) που θα μοντελοποιήσει, (γ) να δημιουργήσει το μοντέλο και, ταυτόχρονα, να επιλέξει μορφή αναπαράστασης, μέσω της οποίας θα εκφράσει το μοντέλο του. Με βάση αυτό το αρχικό μοντέλο, ο κατασκευαστής θα πρέπει ακολούθως να διενεργήσει νοητικά πειράματα, τα

αποτελέσματα των οποίων θα καθορίσουν την εξέλιξη της διαδικασίας της μοντελοποίησης. Αν είναι επιτυχημένα, θα ακολουθήσουν πραγματικά πειράματα, ενώ αν δεν είναι θα πρέπει να γίνει τροποποίηση σε κάποιο προηγούμενο στάδιο της διαδικασίας. Το πλαίσιο είναι κυκλικό, αφού ακόμα και αν αποδειχθεί από τα πραγματικά πειράματα ότι το νοητικό μοντέλο είναι πετυχημένο, ο κατασκευαστής θα πρέπει αξιολογήσει τον αρχικό σκοπό του και να αποφασίσει αν θα συνεχίσει ή όχι τη διαδικασία.

Η παρούσα εργασία εστιάζει, σε αντίθεση με την ερευνητική προσπάθεια των Justi και Gilbert (2002a), στην ανάπτυξη επιστημονικών μοντέλων, τα οποία είναι πρακτικής και όχι νοητικής φύσης. Στην προσπάθειά μας να οικοδομήσουμε διδακτικό υλικό που να προωθεί αυτό το σκοπό και ταυτόχρονα να στηρίζει την ανάπτυξη των συνιστώντων συστατικών της ικανότητας της μοντελοποίησης, στηριχθήκαμε στην επιστημολογική ανάλυση της μοντελοποίησης (Constantinide, Kalyfommatou, & Constantinou, 2001; Papadouris & Constantinou, 2001; Psillos & Kariotoglou, 2004) (Διάγραμμα 6). Η επιστημολογική ανάλυση αναφέρεται στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης, μέσα από μία διαδικασία κατασκευής και αναθεώρησης πρακτικών μοντέλων και πραγματεύεται προϋπάρχουσες έννοιες και δεξιότητες που πρέπει να κατέχει ο κατασκευαστής του μοντέλου. Με άλλα λόγια, η επιστημολογική ανάλυση αφορά σε μία σειρά από δεξιότητες, ικανότητες και πτυχές της επιστημολογικής ενημερότητας, που χρειάζεται να ληφθούν υπόψη και να τύχουν χειρισμού από τον εκπαιδευτικό, ώστε να μπορέσει ο μαθητής να αναπτύξει σε επαρκή βαθμό την ικανότητα μοντελοποίησης. Η επιστημολογική ανάλυση της ικανότητας της μοντελοποίησης υποδεικνύει, για παράδειγμα, μεταξύ άλλων, ότι η διδασκαλία πρέπει να περιλαμβάνει πρώτιστα την παρατήρηση του φαινομένου (σημείο 1), δραστηριότητα που πρέπει να ακολουθείται από μια πρώτη προσπάθεια αναπαράστασης του φαινομένου (σημείο 2) με βάση τις παρατηρήσεις που συλλέχθηκαν, κάτι που συνυπάρχει χρονικά με την επιλογή του μέσου αναπαράστασης του φαινομένου (σημείο 3). Θεωρείται, επίσης, επιστημονικά απαραίτητο οι μαθητές να αναπαραστήσουν το φαινόμενο μέσα από πολλαπλά μοντέλα (σημείο 4), τα οποία συγκρίνουν είτε μεταξύ τους είτε με το φαινόμενο, για σκοπούς βελτίωσης. Σύμφωνα με την επιστημολογική ανάλυση κρίνεται επίσης σωστό, εκτός από το να μπορούν να παράγουν βελτιωμένα μοντέλα (σημείο 5) και να τα αξιολογούν σε σχέση με τα προηγούμενα που έφτιαξαν, να είναι σε θέση να αναπαριστούν τη διαδικασία της βελτιωτικής ρύθμισης των μοντέλων τους (σημείο 6). Η εφαρμογή της επιστημολογικής ανάλυσης εκφράζεται μέσα από μία κυκλική και επαναληπτική διαδικασία που εμπλέκει το μαθητή στη διαδικασία της κατασκευής και της βελτιωτικής ρύθμισης του υπό

κατασκευή μοντέλου και ονομάζεται *μαθησιακός κύκλος της μοντελοποίησης* (Constantinou, 1999; Louca & Constantinou, 1999).



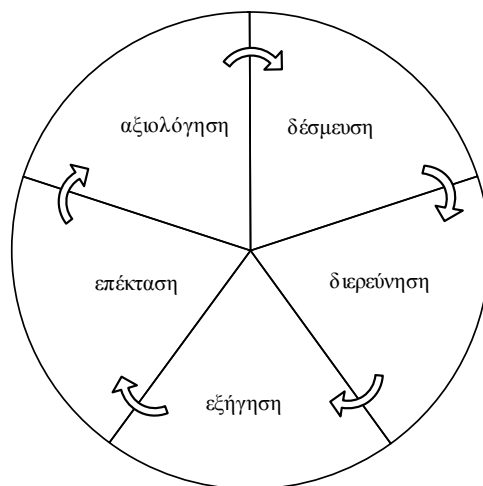
Διάγραμμα 6. Επιστημολογική Ανάλυση της Ικανότητας της Μοντελοποίησης

3.2.2.2.3. Μαθησιακός Κύκλος (Karplus, 1977, 1980),

Ο *μαθησιακός κύκλος της μοντελοποίησης* αποτελεί διδακτική εξέλιξη του *μαθησιακού κύκλου* (Bybee, Buchwald, Crissman, Heil, Kuebis, Matsumoto, & McInerney, 1989; Karplus, 1977, 1980), ο οποίος προέκυψε ως αποτέλεσμα των προσπαθειών ανανέωσης της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών τη δεκαετία του '60 (Abraham, 1998; Karplus & Thier, 1967; Lawson, 1995; Renner & Stafford, 1972). Ο μαθησιακός κύκλος αποτέλεσε

ένα τρόπο μετασχηματισμού της διερευνητικής διαδικασίας που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες, για να αποκτήσουν κατανόηση, ως μία διαδικασία που μπορεί να ακολουθηθεί από εκπαιδευτικούς και μαθητές για κατάκτηση και οικοδόμηση νοήματος. Εισήχθηκε από τον Karplus (1977), αρχικά για τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο, στο πλαίσιο της θεωρίας του Piaget για νοητική ανάπτυξη και αφορά σε μία ερευνητικά υποστηριζόμενη εκπαιδευτική μέθοδο που εκφράζεται μέσα από την εφαρμογή πέντε επικαλυπτόμενων σταδίων (Διάγραμμα 7):

- 1) *Δέσμευση (Engagement)*. Σε αυτό το στάδιο επιχειρείται η πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών. Ο εκπαιδευτικός οργανώνει τις κατάλληλες εισαγωγικές δραστηριότητες, οι οποίες θα δεσμεύσουν νοητικά τους μαθητές σε σχέση με το υπό μελέτη θέμα.
- 2) *Διερεύνηση (Exploration)*. Σε αυτό το στάδιο υποβοηθούνται οι μαθητές να οικοδομήσουν ή να εντοπίσουν τις αρχικές τους γνώσεις για το θέμα. Είναι ευθύνη του εκπαιδευτικού να καθοδηγήσει τους μαθητές, μέσω διευκολυντικών ερωτήσεων, να εκφράσουν προς τους εαυτούς τους και προς τους άλλους τις αρχικές τους γνώσεις για το θέμα.
- 3) *Εξήγηση (Explanation)*. Οι μαθητές καλούνται να παρέχουν εξηγήσεις σε σχέση με το τι ανακάλυψαν. Ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τη συζήτηση του θέματος για να επαναπροσδιορίσει την κατανόηση των μαθητών.
- 4) *Επέκταση (Extension)*. Σε αυτό το στάδιο οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν ό,τι έμαθαν σε διαφορετικές, αλλά παρόμοιες με την υπό διερεύνηση, καταστάσεις. Ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους μαθητές προς το επόμενο θέμα συζήτησης.
- 5) *Αξιολόγηση (Evaluation)*. Σε αυτό το στάδιο ο εκπαιδευτικός παρακολουθεί τη γνώση και την κατανόηση των μαθητών (του καθενός ξεχωριστά) και καθοδηγεί προς την εκτίμηση του κατά πόσο αυτό που έμαθαν είναι σωστό. Η αξιολόγηση λαμβάνει χώρα εντός του κύκλου και όχι σε ξεχωριστό στάδιο.



Διάγραμμα 7. Αναπαράσταση των Βασικών Σταδίων του Μαθησιακού Κύκλου

Όταν ο μαθησιακός κύκλος εφαρμοστεί στην επιστημονική διερεύνηση ενός θέματος, τη μετατρέπει σε μία διαδικασία 3 φάσεων (διερεύνηση, επινόηση, ανακάλυψη) (Eakin & Karplus, 1976; Karplus & Thier, 1967). Κατά τη φάση της διερεύνησης (exploration) ο επιστήμονας συλλέγει δεδομένα, κατά τη φάση της επινόησης (invention) πραγματεύεται σχέσεις εννοιών και ονομάζει έννοιες και κατά τη φάση της ανακάλυψης (discovery) ο επιστήμονας χρησιμοποιεί αυτές τις σχέσεις και έννοιες για να διερευνήσει φαινόμενα (Edelson, 2001). Στην εκπαιδευτική πρακτική, κατά τη φάση της *διερεύνησης*, οι μαθητές συμμετέχουν σε δραστηριότητες που είναι σχεδιασμένες να τους παρέχουν εμπειρίες, που θα τους βοηθήσουν να κατανοήσουν συγκεκριμένες επιστημονικές έννοιες. Αυτή η φάση τυπικά αποτελείται από εργαστηριακές εμπειρίες ή εμπειρίες πεδίου, κατά τις οποίες οι μαθητές συλλέγουν παρατηρήσεις ή μετρήσεις. Κατά τη φάση της *επινόησης* ή της *εισαγωγής* (Lawson, 1995), οι μαθητές συζητούν τα ερωτήματά τους, που προέκυψαν από τη φάση της διερεύνησης και προσπαθούν να οικοδομήσουν εξηγήσεις για αυτά. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να εισαγάγει ή να ονομάσει έννοιες για τους μαθητές, όταν αυτός κρίνει ότι οι τελευταίοι είναι έτοιμοι για αυτές. Κατά τη φάση της *ανακάλυψης* ή της *εφαρμογής των εννοιών* (Lawson, 1995), οι μαθητές συλλέγουν επιπρόσθετες παρατηρήσεις και εφαρμόζουν τις έννοιες που επινόησαν, για να επιβεβαιώσουν ή να εντοπίσουν περιορισμούς στην κατανόησή τους.

3.2.2.2.4. Κύκλος της Μοντελοποίησης (Halloun, 2007)

Στηριζόμενος στο μαθησιακό κύκλο του Karplus, ο Halloun (2004, 2007) παρουσίασε τον *κύκλο της μοντελοποίησης* (modeling cycle), ο οποίος εφαρμόζει στη διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης και αποτελείται από 5 φάσεις:

- 1) *Διερεύνηση (exploration)*

Η φάση της διερεύνησης αφορά στην παροχή κινήτρων στους μαθητές για να οικοδομήσουν ένα νέο μοντέλο και τους επιτρέπει, ακολούθως, να προτείνουν ένα αριθμό υποψήφιων βοηθητικών μοντέλων σε ακατέργαστη μορφή. Παρέχονται στους μαθητές πολλές καταστάσεις που αφορούν στο ίδιο μοτίβο, ώστε να έρθουν σε κατάσταση έλλειψης ισορροπίας και να αναζητήσουν ένα νέο μοντέλο που να το περιγράφει. Η οικοδόμηση του μοντέλου-στόχου ξεκινά, όταν οι μαθητές διαπραγματεύονται τα βοηθητικά μοντέλα που έχουν οικοδομήσει ή που τους έχουν παρουσιαστεί με το μοντέλο που θέλουν να φτιάξουν, υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού. Ως μεσολαβητής, ο εκπαιδευτικός βοηθά τους μαθητές να συζητήσουν τα μοντέλα τους.

2) Παρουσίαση αληθοφανούς μοντέλου (*model adduction*)

Σε αυτή τη φάση οι μαθητές συγκεντρώνονται σε ένα αληθοφανές μοντέλο που φαίνεται να αναπαριστά με αξιοπιστία το νέο μοτίβο που μελετάται στον κύκλο. Συγκρίνουν τα μοντέλα που πρότειναν στην προηγούμενη φάση, ώστε να φτάσουν σε συναίνεση για ένα μόνο μοντέλο. Το αληθοφανές μοντέλο μπορεί ακόμα να περιλαμβάνει κάποια υπολειμματικά δευτερεύοντα και αφελή στοιχεία, που οι μαθητές δεν μπόρεσαν να διαλευκάνουν εντελώς και τα οποία μπορεί να υπάρχουν για όλες ή κάποιες ομάδες μαθητών. Οι μαθητές συζητούν, προτείνουν και διαπραγματεύονται ιδέες που οδηγούν σε διερεύνηση, η οποία σχεδιάζεται για την αξιολόγηση του αληθοφανούς μοντέλου, ώστε αυτό να είναι έτοιμο για βελτίωση στην επόμενη φάση. Σε αυτή τη φάση, ο μαθητής είναι σε θέση να αποφασίσει πότε μπορεί ένα μοντέλο να χρησιμοποιηθεί σε μία νέα κατάσταση.

3) Δημιουργία μοντέλου (*model formulation*)

Αυτή η φάση αφιερώνεται στη δημιουργία ενός περιεκτικού και επιστημονικά ορθού μοντέλου, βασισμένου στα αποτελέσματα του διερευνητικού σχεδιασμού που διεξάγουν οι μαθητές σε αυτό το στάδιο. Οι μαθητές συνεργάζονται στην ομάδα τους, διεξάγουν τη διερεύνηση που σχεδίασαν στην προηγούμενη φάση και βελτιώνουν το αληθοφανές μοντέλο, υπό το φως των αποτελεσμάτων της διερεύνησης. Ακολούθως, το μοντέλο αναλύεται λογικά και εξάγονται συμπεράσματα. Ο εκπαιδευτικός επιβλέπει τη διαδικασία από απόσταση. Όταν ολοκληρωθεί η διερεύνηση και οι μαθητές ετοιμάσουν τις αναφορές τους, ο εκπαιδευτικός εμπλέκεται πολύ περισσότερο ως μεσολαβητής των αντιδράσεων των μαθητών, για να διασφαλίσει ότι το μοντέλο έχει δημιουργηθεί με τον κατάλληλο τρόπο. Ένα μοντέλο αποκτά πλήρη σημασία, όταν βελτιωθεί στον πραγματικό κόσμο, για να περιγράφει, να εξηγεί, να προβλέπει και να ελέγχει τη δομή ή/και τη συμπεριφορά υπάρχουσων οντοτήτων και για να βοηθήσει στην ανακάλυψη νέων εννοιολογικών και φυσικών οντοτήτων.

4) *Βελτίωση μοντέλου (model deployment)*

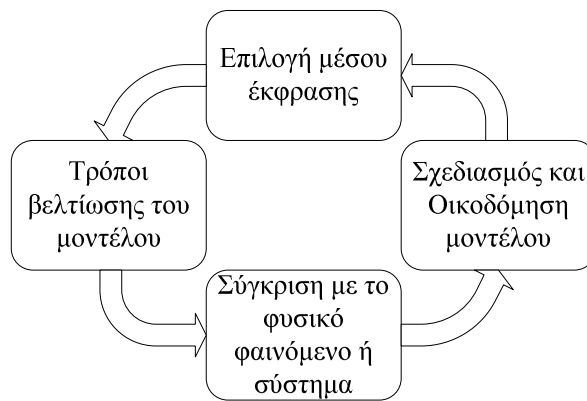
Οι δραστηριότητες αυτής της φάσης επιτρέπουν στους μαθητές να ολοκληρώσουν και να ενισχύσουν όλες τις διαστάσεις του μοντέλου και άλλα θέματα που εκκρεμούν μέχρι αυτό το σημείο. Οι δραστηριότητες βελτίωσης διεξάγονται υπό την εποπτεία του εκπαιδευτικού. Σε αυτό το στάδιο οι μαθητές ενθαρρύνονται περισσότερο από ποτέ να στηρίζονται στους εαυτούς τους και να συνεργάζονται με άλλα μέλη της ομάδας τους, όποτε είναι δυνατόν και να εκτελούν κάθε δραστηριότητα βελτίωσης, ενώ παράλληλα στοχάζονται σε σχέση με την ίδια τους τη γνώση και την ελέγχουν.

5) *Παραδειγματική σύνθεση (paradigmatic synthesis)*

Η παραδειγματική σύνθεση γίνεται από τους μαθητές και στοχεύει στη συγχώνευση των εμπειριών τους, με ό,τι κατάφεραν στις προηγούμενες φάσεις. Η σύνθεση διαφέρει από την περίληψη, που προσφέρεται στο τέλος κάθε κεφαλαίου σε τυπικά βιβλία μαθητών. Κάθε σημείο σε αυτό το στάδιο αξιολογείται συστηματικά, όπως και σε κάθε άλλο στάδιο. Μετά από την παραδειγματική σύνθεση πιθανό να κριθεί αναγκαίο οι μαθητές να επιστρέψουν σε προηγούμενο στάδιο, όπου μπορεί να εντοπίζεται η πηγή του προβλήματος, ώστε να ξανασκεφτούν και να αναθεωρήσουν διάφορα πράγματα. Η διαδικασία συνεχίζεται υπό την εποπτεία του εκπαιδευτικού, μέχρι οι μαθητές να ολοκληρώσουν τη σύνθεση του τρέχοντος κύκλου και να ορίσουν το στάδιο του επόμενου κύκλου.

3.2.2.2.5. Μαθησιακός Κύκλος της Μοντελοποίησης (Constantinou, 1999)

Για τους σκοπούς της ανάπτυξης διδακτικού υλικού για την προώθηση της ικανότητας της μοντελοποίησης στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε ο *μαθησιακός κύκλος της μοντελοποίησης*, όπως περιγράφεται από τον Constantinou (1999) και ο οποίος επηρεάστηκε τόσο από τη θεωρία των μαθησιακών κύκλων του Karplus (1977), όσο και από τον κύκλο της μοντελοποίησης (Halloun, 2007). Ο μαθησιακός κύκλος της μοντελοποίησης, απλοποιημένη μορφή του οποίου φαίνεται στο Διάγραμμα 8, οργανώνεται σε δύο κύρια στάδια, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9. Το πρώτο στάδιο του μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης συνδέεται με τις τρεις πρώτες φάσεις του κύκλου της μοντελοποίησης του Halloun, ενώ το δεύτερο στάδιο με τις δύο τελευταίες φάσεις της βελτίωσης και της παραδειγματικής σύνθεσης του μοντέλου.



Διάγραμμα 8. Απλοποιημένη Μορφή του Μαθησιακού Κύκλου της Μοντελοποίησης

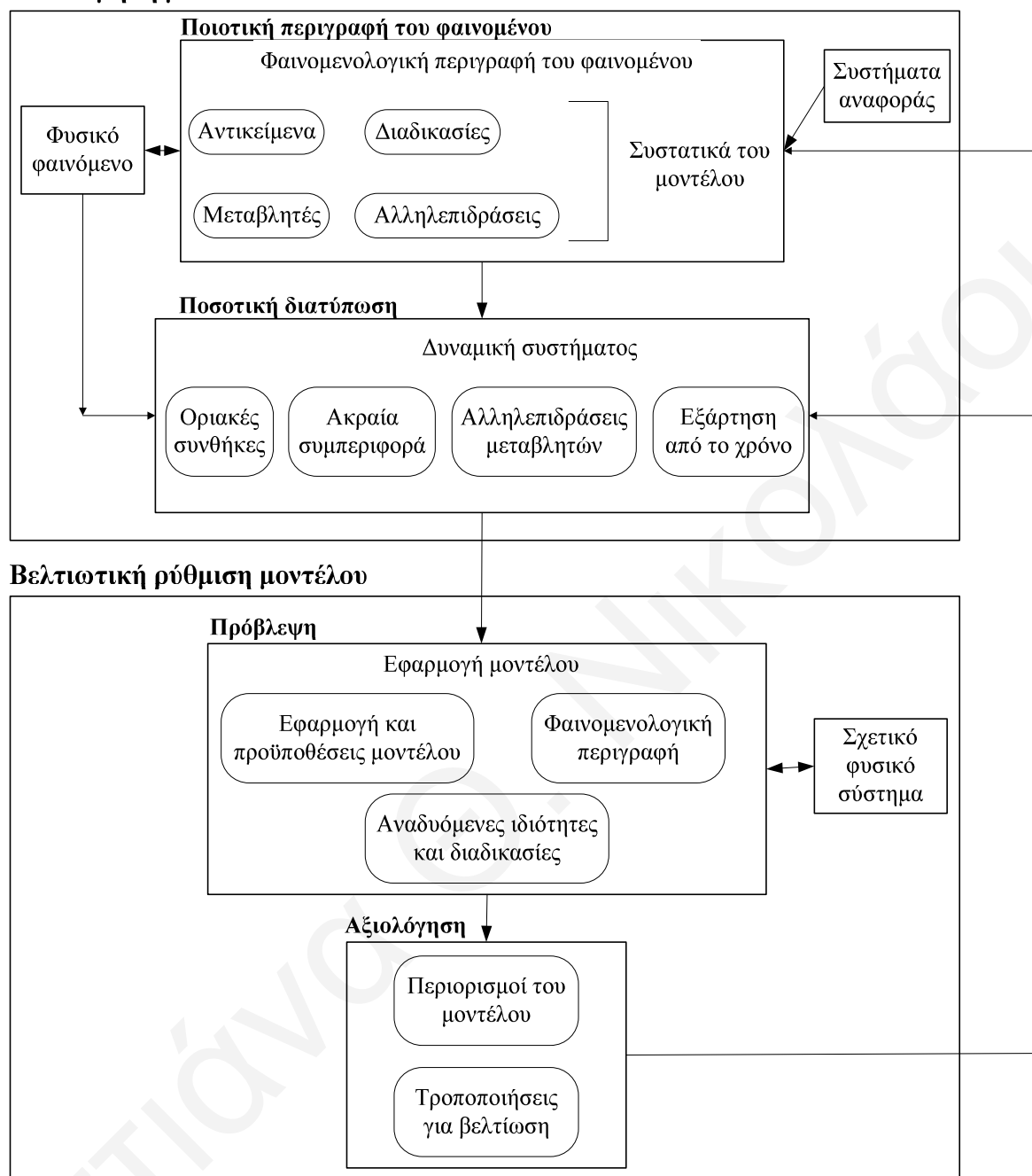
Το πρώτο στάδιο, το στάδιο της οικοδόμησης μοντέλου, περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός μοντέλου για το φυσικό φαινόμενο, μέσω της μελέτης του φυσικού φαινομένου που συμβαίνει μετά από συστηματικές παρατηρήσεις και συλλογή πληροφοριών από τον πραγματικό κόσμο με σκοπό, στο δεύτερο στάδιο, την οικοδόμηση ενός βελτιωμένου μοντέλου, που θα αναπαριστά τις πληροφορίες αυτές και θα ερμηνεύει τις παρατηρήσεις. Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο στάδιο εντοπίζονται τα συστατικά του μοντέλου (τα αντικείμενα, οι διαδικασίες, οι μεταβλητές και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους), όπως αυτά αναδύονται από τη μελέτη των φαινομενολογικών χαρακτηριστικών του φαινομένου. Αυτά αποτελούν το σύστημα αναφοράς για τον κατασκευαστή του μοντέλου. Συμπληρωματικά, εκτός από την ποιοτική περιγραφή του φαινομένου, η ποσοτική πτυχή του περιλαμβάνει στοιχεία που αναδεικνύουν τη δυναμική του υπό μελέτη συστήματος. Η επιπλέον ανάπτυξη του μοντέλου, ώστε να απευθύνεται στη συμπεριφορά του συστήματος με ένα ποσοτικό τρόπο, περιλαμβάνει, επίσης, τον εντοπισμό των μεταβλητών του συστήματος, οι οποίες καθορίζουν τη συμπεριφορά του και συνεπώς τις σχέσεις που διέπουν αυτές τις μεταβλητές. Για τη συμπλήρωση του πρώτου σταδίου, οι μαθητές περνούν από πολλαπλούς κύκλους, κατά τους οποίους συγκρίνουν το μοντέλο ή τα μοντέλα που έχουν οικοδομήσει με το πρωτότυπο σύστημα (φαινόμενο), με σκοπό να βελτιώσουν το μοντέλο τους. Σε αυτή τη διαδικασία, η οποία έχει μεγάλη παιδαγωγική αξία στη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, οι μαθητές οικοδομούν τη δική τους κατανόηση σε σχέση με το φαινόμενο.

Το επόμενο στάδιο, το στάδιο της βελτιωτικής ρύθμισης του μοντέλου, περιλαμβάνει την ανάπτυξη του μοντέλου σε σχέση με νέες καταστάσεις αφού πρώτα οριστούν οι περιορισμοί και οι προϋποθέσεις του μοντέλου. Όταν γίνει αυτό, οι μαθητές μπορούν να προβούν σε προβλέψεις για τη νέα κατάσταση και να αποφασίσουν σε σχέση με την εφαρμοσιμότητα του μοντέλου τους. Οι προβλέψεις αφορούν στις ιδιότητες, στο

μηχανισμό και στις συνιστώσες διαδικασίες του μοντέλου, κάτι που θα βοηθήσει στην αναγνώριση των περιορισμών του μοντέλου σε σχέση με τη νέα κατανόηση που οικοδομείται. Ο κυριότερος σκοπός του δεύτερου σταδίου αφορά στη χρήση του μοντέλου ως εργαλείου, το οποίο βελτιώνεται με βάση τα αποτελέσματα που παρέχονται σε αυτό το στάδιο και χρησιμοποιείται για τη διατύπωση γενικών νόμων και θεωριών.

Τα βέλη στο Διάγραμμα 9 υποδεικνύουν την κυκλικότητα και την επαναληπτικότητα του μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης. Η διαδικασία είναι *επαναληπτική* σε σχέση με το ότι περιλαμβάνει συνεχή σύγκριση του μοντέλου με το σχετικό φυσικό σύστημα για σκοπούς ανατροφοδότησης για τη βελτίωση του μοντέλου, ώστε αυτό να αναπαριστά με μεγαλύτερη ακρίβεια όσο το δυνατόν περισσότερα στοιχεία του συστήματος (Stratford *et al.*, 1998). Είναι, επίσης, *κυκλική* (Constantinou, 1999; Grosslight *et al.*, 1991) σε σχέση με το ότι περιλαμβάνει δημιουργία μοντέλων διάφορων μορφών και πολυπλοκότητας, μέχρι να βρεθεί αυτό που αποδίδει επιτυχημένα την παρατηρούμενη συμπεριφορά του συστήματος. Για την επιτυχημένη ολοκλήρωση του μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης απαιτείται αλληλεπίδραση και επικοινωνία μεταξύ των μαθητών, των μαθητών και του εκπαιδευτικού και των μαθητών και των μοντέλων τους. Αυτό ενισχύει την προσπάθεια των μαθητών να οικοδομήσουν νόημα μέσα και από τα μοντέλα τους (Hansen, Barnett, MaKinster, & Keating, 2004), αφού θα εμβαθύνουν σε μία επαναληπτική διαδικασία, μέσω της οποίας οι γνώσεις τους τροφοδοτούν τη διαδικασία ανάπτυξης των μοντέλων τους, ενώ η αξιολόγηση και ο έλεγχος των μοντέλων τους τροφοδοτεί την αναδύομενη κατανόησή τους (Penner *et al.*, 1997).

Οικοδόμηση μοντέλου



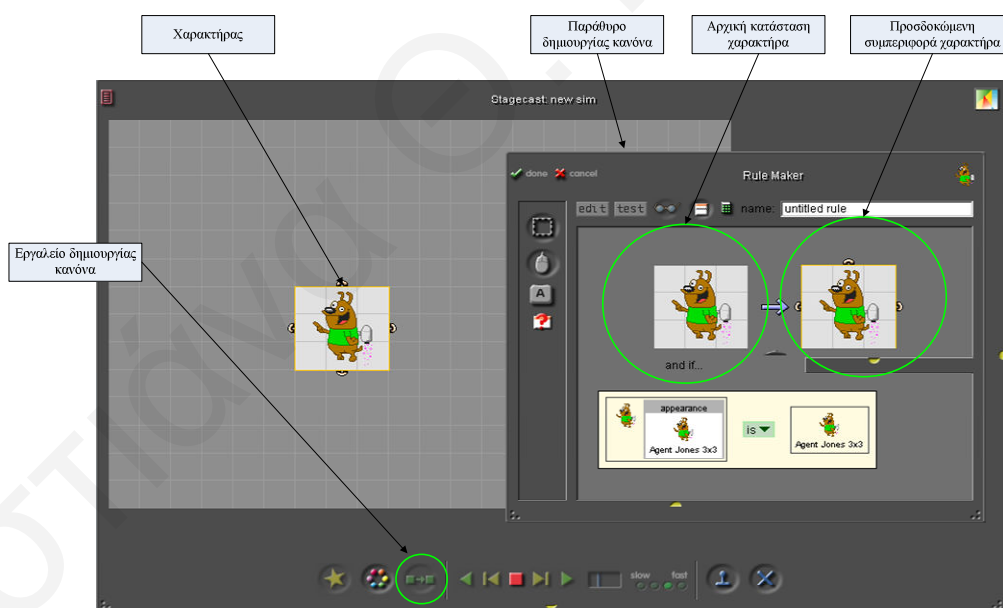
Διάγραμμα 9. Ο Μαθησιακός Κύκλος της Μοντελοποίησης (Papaenripidou et al., submitted)

3.2.3. Το Λογισμικό Stagecast Creator® (SC®) ως εργαλείο μοντελοποίησης

Όπως έχει προαναφερθεί, τα βασικά στάδια του μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης είναι η ανάπτυξη και η βελτίωση του μοντέλου, διαδικασίες που μπορούν να συγκριθούν με τη συγγραφή και εφαρμογή ενός προγράμματος σε προγραμματιστικό λογισμικό στον ηλεκτρονικό υπολογιστή (όπως το Stagecast Creator®, Microworlds®, Stella®, Powersim®, Alice®, Squeak®, κτλ). Ως εκ τούτου, η μοντελοποίηση, ως διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου, μπορεί να εφαρμοστεί μέσω ενός λογισμικού στον υπολογιστή, όταν

αυτό μπορεί να στηρίζει τη διαδικασία οικοδόμησης ενός επιστημονικού μοντέλου (Louca, 2004). Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα SC[®] ως το βασικό μέσο έκφρασης, με τη χρήση του οποίου θα κατασκευάσουν και θα βελτιώσουν οι μαθητές και οι ΠΕ τα μοντέλα τουςⁱⁱ.

Το λογισμικό SC[®] (<http://www.stagecast.com>) είναι ένα περιβάλλον προγραμματισμού σχεδιασμένο για παιδιά. Χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη εννοιών αφαίρεσης, συναρμολόγησης και ανάλυσης (D. C. Smith, Cypher, & Spohrer, 1994). Είναι εξ ολοκλήρου γραφικό και επιτρέπει τη δημιουργία χαρακτήρων, για τους οποίους οι χρήστες μπορούν να φτιάξουν γραφικούς κανόνες συμπεριφοράς και τους οποίους μπορούν να μετακινήσουν σε ένα δυσδιάστατο κόσμο. Ενσωματώνει κάποιες βασικές προγραμματιστικές έννοιες, όπως η εκτέλεση κανόνων υπό προϋποθέσεις, οι ρουτίνες, η επανάληψη και οι μεταβλητές, και είναι ιδανικό εργαλείο για την οικοδόμηση μοντέλων στις Φυσικές Επιστήμες. Κατά την εργασία στο SC[®], οι χρήστες εκτελούν με επιδέξιους χειρισμούς άμεσες τεχνικές για να προγραμματίσουν τη συμπεριφορά του κάθε χαρακτήρα. Οι συμπεριφορές αυτές αναπαριστούνται ως σύνολο κανόνων της μορφής *αν...τότε*.

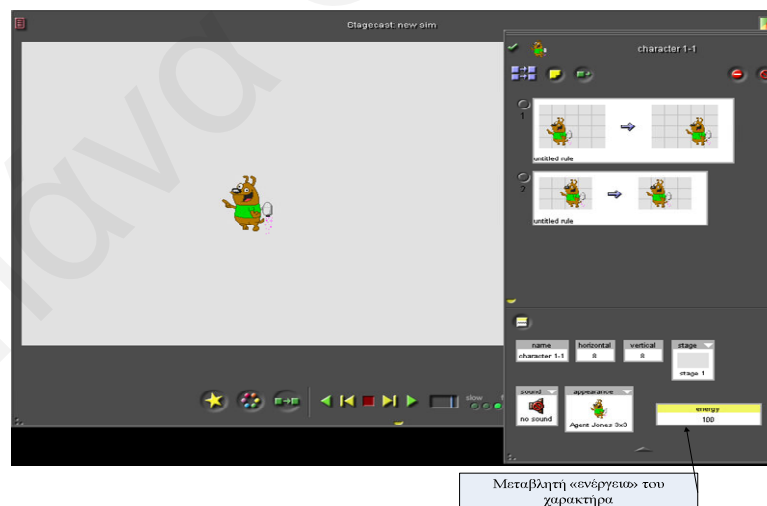


Διάγραμμα 10. Δημιουργία Κανόνα στο Πρόγραμμα SC

Μία κοινή λειτουργία στο πρόγραμμα SC[®] είναι η δημιουργία κανόνα. Ο χρήστης υποδεικνύει αρχικά ότι θέλει να δημιουργήσει έναν κανόνα, επιλέγοντας το εργαλείο δημιουργίας κανόνα και έπειτα επιλέγει το χαρακτήρα που θέλει να προγραμματίσει. Τότε ανοίγει το παράθυρο δημιουργίας κανόνων, όπου φαίνεται ο χαρακτήρας στην παρούσα του κατάσταση (Διάγραμμα 10).

ⁱⁱ Η χρήση του προγράμματος Stagecast Creator[®] δεν αποκλείει την παράλληλη ή προηγούμενη χρήση άλλων μέσων έκφρασης (όπως το χαρτί ή τα πραγματικά αντικείμενα) για την κατασκευή μοντέλων κατά τη διαδικασία της μοντελοποίησης.

Το κουτί στο οποίο βρίσκεται ο χαρακτήρας φωτίζεται και μπορεί να μεγεθυνθεί, ώστε να δημιουργήσει χώρο στο χαρακτήρα για να εκτελέσει τις δράσεις ή για να περιληφθούν άλλα στοιχεία στην αρχική κατάσταση. Ο χρήστης εφαρμόζει τη συμπεριφορά που επιθυμεί, για παράδειγμα μπορεί να «τραβήξει» το χαρακτήρα σε μία νέα θέση. Όλες οι πράξεις που λαμβάνουν χώρα καταγράφονται και εκτελούνται, όταν ο χαρακτήρας βρίσκεται στην κατάλληλη αρχική κατάσταση. Το γεγονός ότι το στυλ του προγραμματισμού αφορά σε άμεσο χειρισμό των χαρακτήρων, απλοποιεί τη δημιουργία ξεχωριστών κανόνων. Παρόλα αυτά, προκύπτει πολυπλοκότητα, όταν θα πρέπει να αποφασιστεί πώς θα κατανεμηθούν οι συμπεριφορές κατά μήκος των χαρακτήρων ή όταν θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στους κανόνες ενός χαρακτήρα, εφόσον μόνο ο πρώτος σε σειρά κανόνας που ταιριάζει ενεργοποιείται κάθε στιγμή κατά την εκτέλεση. Υπό την προγραμματιστική προοπτική, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του SC[®] είναι η χρήση μεταβλητών. Ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει μεταβλητές (π.χ. ενέργεια) για κάθε χαρακτήρα και να τις εντάξει στους κανόνες του (Διάγραμμα 11). Ένα πρόβλημα που συναντούν αρχάριοι προγραμματιστές σχετίζεται με την κατανόηση της έννοιας της εσωτερικής μεταβλητής και πώς μπορεί αυτή να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει αλλαγές στη συμπεριφορά κάποιου χαρακτήρα. Η ευκολία στη χρήση μεταβλητών μέσω του SC[®] βοηθά στην υπέρβαση αυτού του προβλήματος.



Διάγραμμα 11. Μεταβλητές που Σχετίζονται με το Χαρακτήρα Character 1-1

3.2.4. Οι Ιδέες Φοιτητών και Μαθητών για τα Μοντέλα και τη Μοντελοποίηση

Τα παιδιά πριν ακόμα διδαχθούν το μάθημα των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο έχουν σχηματίσει ιδέες για το φυσικό κόσμο (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985; Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994b). Κάποιες από αυτές τις ιδέες θεωρούνται

εναλλακτικές σε σχέση με τις επιστημονικές. Ακόμα και μετά τη διδασκαλία, κάποια άτομα διάφορων ηλικιών συνεχίζουν να κατέχουν εναλλακτικές ιδέες, (Angus, 1981; Appleton, 1985; Atwood & Atwood, 1997; Driver & Russell, 1982; Driver *et al.*, 1994b; Dykstra, Boyle, & Monarch, 1992; Grosslight *et al.*, 1991; Justi & Gilbert, 2002b, 2005; McCloskey, 1983; Pinto *et al.*, 2005; Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982; Sharp & Kuerbis, 2006; J. P. Smith, diSessa, & Roschelle, 1993; Stahly, Krockover, & Shepardson, 1999; Strike & Posner, 1992; Trend, 2001; Trundle, Atwood, & Christopher, 2002; Wallis, 1989). Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζονται οι ιδέες που κατέχουν μαθητές Μέσης Εκπαίδευσης, φοιτητές και εκπαιδευτικοί σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις Φυσικές Επιστήμες (Crawford & Cullin, 2004; S. Gilbert, 1991; Grosslight *et al.*, 1991; Harrison, 2001; Justi & Gilbert, 2002b; Van Driel & Verloop, 1999, 2002).

Το έργο των Grosslight *et al.* (1991) έχει ασκήσει ιδιαίτερη επιρροή στην ερευνητική περιοχή των ιδεών για τη μοντελοποίηση. Οι Grosslight *et al.* προσδιόρισαν τρία γενικά επίπεδα σκέψης σε σχέση με τα μοντέλα, τα οποία διαφέρουν στον τρόπο που το κάθε ένα περιγράφει τη σχέση των μοντέλων με την πραγματικότητα και το ρόλο που διαδραματίζουν οι ιδέες σε σχέση με τα μοντέλα. Στο *πρώτο επίπεδο* τα άτομα θεωρούν ότι τα μοντέλα είναι είτε παιχνίδια, είτε πιστά αντίγραφα της πραγματικότητας και αυτό είναι χρήσιμο γιατί μπορούν να δημιουργούν πανομοιότυπα αντίγραφα των πραγματικών αντικειμένων. Κάποιοι αναγνωρίζουν ότι μέρη του φαινομένου ή της πραγματικότητας μπορεί να αφηθούν εκτός του μοντέλου, αλλά δεν παρέχουν εξήγηση του συλλογισμού τους σε σχέση με αυτό. Στο *δεύτερο επίπεδο* τα άτομα υποστηρίζουν την ιδέα ότι υπάρχει ένας σαφής σκοπός για την οικοδόμηση ενός μοντέλου. Θεωρούν, επίσης, ότι οι ιδέες του κατασκευαστή είναι σημαντικές, αφού κάνει συνειδητές επιλογές για το πώς να επιτευχθεί ο σκοπός που τέθηκε. Πιστεύεται, επίσης, ότι το μοντέλο δεν είναι αντίγραφο της πραγματικότητας. Παρόλα αυτά, εξακολουθούν να εστιάζουν στο μοντέλο και στην πραγματικότητα που μοντελοποιείται και όχι στις ιδέες που απεικονίζονται. Σε αυτό το επίπεδο, ο έλεγχος του μοντέλου ταυτίζεται με τον έλεγχο της λειτουργικότητας του μοντέλου (*workability*) παρά με τον έλεγχο των υποκείμενων ιδεών. Στο *τρίτο επίπεδο* τα άτομα πιστεύουν ότι το μοντέλο μπορεί να υπηρετήσει ως εργαλείο για ανάπτυξη και έλεγχο ιδεών, παρά ως αντίγραφο της πραγματικότητας. Πιστεύεται, επίσης, ότι ο κατασκευαστής κατέχει ενεργό ρόλο στην ανάπτυξη του μοντέλου και στην αξιολόγηση της διαδικασίας σε σχέση με το σκοπό του μοντέλου. Τα μοντέλα μπορούν να τύχουν χειρισμού και υπόκεινται σε ελέγχους στην υπηρεσία της πληροφόρησης των ιδεών. Αυτός είναι και ο λόγος που η μοντελοποίηση θεωρείται κυκλική και οικοδομηστική διαδικασία.

Τα τρία επίπεδα, που προσδιορίστηκαν από τους Grosslight et al. (1991) για ιδέες των μαθητών, προέκυψαν ως αποτέλεσμα συνεντεύξεων και βασίστηκαν σε έξι διακριτές διαστάσεις βαθμολόγησης: (α) το ρόλο των μοντέλων, (β) τη χρήση συμβόλων, (γ) το ρόλο του κατασκευαστή, (δ) την επικοινωνία, (ε) τον έλεγχο και (στ) την ύπαρξη πολλαπλών μοντέλων για το ίδιο φαινόμενο. Ένας μαθητής, που βαθμολογούνταν στο ίδιο επίπεδο για τουλάχιστον πέντε από τις έξι διαστάσεις, λάμβανε *καθαρό βαθμό* για εκείνο το επίπεδο, ενώ ένας μαθητής που σκόραρε σε δύο, τρεις ή τέσσερις διαστάσεις ενός επιπέδου, θεωρείτο ότι λάμβανε *μικτό βαθμό* για το επίπεδο εκείνο. Η πλειονότητα των μαθητών του έβδομου επιπέδου στην έρευνα των Grosslight et al. είχαν καθαρό βαθμό του επιπέδου ένα, μόνο 23% των μαθητών του ενδέκατου επιπέδου είχαν καθαρό βαθμό του επιπέδου ένα και οι υπόλοιποι είχαν είτε καθαρό βαθμό επιπέδου δύο ή μικτό βαθμό επιπέδων ένα και δύο. Από την άλλη, όλοι οι επιστήμονες που έλαβαν μέρος στην έρευνα είχαν καθαρό βαθμό επιπέδου τρία στην κατανόηση των μοντέλων.

Το σχήμα αξιολόγησης της ικανότητας της μοντελοποίησης των Grosslight et al. (1991) αμφισβητήθηκε από τους Crawford και Cullin (2004), οι οποίοι ερεύνησαν την κατανόηση και τις προθέσεις προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης. Πριν από την παρέμβαση, η οποία στηρίχθηκε στις προσπάθειες των εκπαιδευτικών μέσω του προγράμματος Model-it, οι τελευταίοι κατείχαν περιορισμένη γνώση για το ρόλο των μοντέλων και της μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν τον τρόπο κατηγοριοποίησης ιδεών που αναπτύχθηκε από τους Grosslight et al. 13 από τους 14 συμμετέχοντες έλαβαν βαθμολογία επιπέδου δύο, όπως και οι μαθητές του ενδέκατου επιπέδου. Η επίδραση της διδασκαλίας δε φάνηκε να είναι σημαντική με βάση το σχήμα των Grosslight et al. στην έρευνα των Crawford και Cullin. Όταν λήφθηκαν υπόψη όλες οι ερωτήσεις για κάθε συμμετέχοντα, κανένας από αυτούς δε μετατοπίστηκε άμεσα από το επίπεδο δύο στο επίπεδο τρία, σε σχέση με την κατανόησή του για τα μοντέλα. Παρόλα αυτά, παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στις απόψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση των επιστημονικών μοντέλων (από το να θεωρούν το μοντέλο ως επεξηγηματικό εργαλείο στο να θεωρούν ότι ο κατασκευαστής του μοντέλου μπορεί να το χρησιμοποιήσει για να κατανοήσει το φαινόμενο). Οι ερευνητές απέδωσαν αυτή την παρατήρηση στο ότι τα επίπεδα του σχήματος των Grosslight et al. είναι πολύ γενικά και δεν μπορούν να ανιχνεύσουν πιο λεπτομερείς αλλαγές που μπορεί να παρατηρηθούν στις ιδέες των μαθητών για τη μοντελοποίηση. Με βάση αυτό, θεώρησαν ότι το σχήμα των

Grosslight et al. δεν είναι κατάλληλο για να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό των αλλαγών στις ιδέες εκπαιδευτικών. Παρόλα αυτά, θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι ένας άλλος τρόπος εξήγησης της μη μετάθεσης των ιδεών των υποκειμένων της έρευνας των Crawford και Cullin είναι το ότι η διδασκαλία που εφαρμόστηκε δεν μπόρεσε να απευθυνθεί με τον κατάλληλο τρόπο στους σκοπούς της.

Ακολουθεί ανάλυση της βιβλιογραφίας για τις ιδέες των ατόμων σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, σύμφωνα με το σχήμα που παρουσίασαν οι Schwarz και White (2005):

(1) Ιδέες για τη φύση και τη χρησιμότητά των μοντέλων

Οι Schwarz και White (2005) μελέτησαν την αλλαγή στις ιδέες μαθητών του έβδομου επιπέδου για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση. Μετά από σχετική παρέμβαση, οι μαθητές που συμμετείχαν σε αυτή την έρευνα, έδιναν ορισμό για το μοντέλο, ο οποίος ήταν πιο κοντά στον επιστημονικό ορισμό, εμφανίζοντας στην αφαιρετική φύση του μοντέλου. Επιπλέον, ευκολότερα αποδέχονταν την ύπαρξη πολλαπλών μοντέλων για ένα φαινόμενο. Παρόλα αυτά, μόνο το 34% των μαθητών αντιλαμβάνονταν ότι τα μοντέλα δεν είναι πιστά αντίγραφα της πραγματικότητας.

Ο Gilbert (1991) μελέτησε τις ιδέες μαθητών από μία διαφορετική προοπτική. Πρότεινε ότι οι Φυσικές Επιστήμες μπορούν να οριστούν ως μια διαδικασία οικοδόμησης εννοιολογικών μοντέλων που να έχουν προβλεπτική ισχύ. Για να υποστηρίξει αυτή την ιδέα διενήργησε συνεντεύξεις με προπτυχιακούς φοιτητές, τα αποτελέσματα των οποίων έδειξαν την ανάγκη για αποδοχή αυτού του ορισμού. Για παράδειγμα, οι φοιτητές θεωρούσαν τη γνώση ως μη τεχνητή, αλλά συμφωνούσαν ότι το μοντέλο αποτελεί τεχνητή αναπαράσταση. Πολλοί από τους φοιτητές που θεωρούσαν την επιστημονική γνώση ως μη τεχνητή, φαίνεται ότι εξίσωναν τον όρο «τεχνητός» με τον όρο «λανθασμένος», αντί «κατασκευασμένος από τον άνθρωπο». Ο συγγραφέας πρότεινε ότι ο λειτουργικός ορισμός των Φυσικών Επιστημών, ως οικοδόμησης μοντέλων, έχει σκοπό να βοηθήσει τους φοιτητές να κατανοήσουν ότι η γνώση είναι ανθρώπινο κατασκεύασμα και συνεπώς τεχνητή. Επιπλέον, περισσότερο από το 50% των φοιτητών υπέδειξε ότι οι επιστημονικοί νόμοι, οι θεωρίες και οι έννοιες των ακαδημαϊκών μαθημάτων Φυσικών Επιστημών αλληλεπιδρούν, αλλά μόνο το 39% των φοιτητών ανέφερε ότι τα μοντέλα που αναπτύσσονται από διάφορες επιστήμες είναι αλληλεπιδραστικά.

Η έρευνα των Van Driel και Verloop (1999) τονίζει ότι οι γνώσεις των εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις Φυσικές Επιστήμες είναι συχνά περιορισμένη και μπορεί να περιλαμβάνει ασυνέπειες. Για παράδειγμα, όταν οι ερευνητές παρουσίασαν στους εκπαιδευτικούς διαφορετικές αναπαραστάσεις (π.χ. παιχνίδι αυτοκίνητο, φωτογραφία σπιτιού, ο νόμος του Ohm, ένα μόριο νερού) οι περισσότεροι τις απέρριψαν ως να μην αποτελούν μοντέλα, γιατί δεν εκτίμησαν τη δυνατότητά τους για περιγραφή του φαινομένου που αναπαριστούσαν, κάτι που φάνηκε να αποτελεί σημαντικό κριτήριο για τους ίδιους. Γενικότερα, οι εκπαιδευτικοί εστίαζαν στην περιγραφική και στην επεξηγηματική λειτουργία των μοντέλων, αλλά κάποιες σημαντικές λειτουργίες, όπως η χρήση των μοντέλων για διενέργεια προβλέψεων ή η αντίληψη του μοντέλου ως εργαλείου για εξαγωγή πληροφοριών για το υπό μελέτη φαινόμενο σπάνια αναφέρονταν. Παρόμοια, οι εκπαιδευτικοί στην έρευνα των Smit και Finegold (1995) εστίαζαν περισσότερο στην ικανότητα του μοντέλου για αναπαράσταση και θεωρούσαν ότι πρωταρχική λειτουργία του μοντέλου είναι να βοηθήσει κάποιον να κατανοήσει το φαινόμενο, να εξηγήσει πολύπλοκα και αφηρημένα πράγματα και να επιδείξει πώς εργάζεται κάτι. Οι εκπαιδευτικοί που εστίαζαν στην επεξηγηματική λειτουργία των μοντέλων, αποδέχονταν μόνο λίγα από τα δοσμένα παραδείγματα μοντέλων, ενώ οι εκπαιδευτικοί που εστίαζαν στην περιγραφική λειτουργία των μοντέλων αποδέχονταν τα περισσότερα από τα δοσμένα επιστημονικά μοντέλα (Van Driel & Verloop, 1999). Τέλος, σε έρευνά του, ο Harrison (2001) συμφωνεί με τις προηγούμενες ως προς τη δυσκολία των εκπαιδευτικών να κατανοήσουν την προβλεπτική ικανότητα των μοντέλων. Μόνο πέντε από τους είκοσι δύο (22) εκπαιδευτικούς εξέφρασαν, σε συνέντευξη, την ιδέα ότι ένα επιστημονικό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γνωστικό εργαλείο για έλεγχο των ιδεών (ή των προβλέψεων) σε σχέση με γεγονότα και διαδικασίες.

(2) Ιδέες για τη φύση της διαδικασίας της μοντελοποίησης

Σε σχέση με τη διαδικασία ανάπτυξης επιστημονικών μοντέλων, οι Schwarz και White (2005) εντόπισαν ότι πολλοί μαθητές παρουσίασαν περιορισμένη κατανόηση για τον τρόπο δημιουργίας των μοντέλων ή για το ότι οι επιστήμονες αναθεωρούν τα μοντέλα τους υπό το φως νέων δεδομένων ή ιδεών. Πιο συγκεκριμένα, μόνο το 48% των μαθητών ανέφερε ότι μόνο τα χρήσιμα μέρη του φαινομένου πρέπει να περιλαμβάνονται στο μοντέλο και όχι όλα. Επιπλέον, μόνο το 33% των μαθητών κατείχε επιστημονικά ορθή άποψη σε σχέση με την ανάγκη βελτίωσης ενός μοντέλου, η οποία προκύπτει όταν οι επιστήμονες λάβουν νέα δεδομένα ή σκεφτούν με διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τα υφιστάμενα.

Οι Sins, Savelsbergh, van Joolingen, & van Hout-Wolters (2009) συμπληρώνει σε σχέση με το ίδιο θέμα ότι μαθητές (16-18 ετών) θεωρούν τη μοντελοποίηση ως μία διαδικασία που περιλαμβάνει πρόσθεση, διαγραφή και συγκεκριμενοποίηση μεταβλητών ή σχέσεων, κάτι που προσομοιάζει περισσότερο με τη διαδικασία ανάπτυξης ενός προγράμματος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή παρά με τη διαδικασία της μοντελοποίησης κατά την οποία ο κατασκευαστής του μοντέλου χρειάζεται να αναζητήσει νέες σχέσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου, ανατρέχοντας στα δεδομένα ή λαμβάνοντας νέα δεδομένα, ως μία επαναληπτική και συνεχόμενη διαδικασία.

Τέλος, οι Bell, Blair, Crawford, και Lederman (2003) εντόπισαν ότι οι φοιτητές συγχύζουν τη χρήση των νέων προοπτικών από τους επιστήμονες όταν κοιτάζουν δεδομένα με την αλλαγή των μοντέλων και των θεωριών όταν προκύπτουν νέα δεδομένα.

(3) Ιδέες για την αξιολόγηση των μοντέλων

Επικρατεί η τάση ανάμεσα στους μαθητές να θεωρούν ότι πολλαπλά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο είναι ίδιας αξίας. Οι μαθητές που παρουσιάζουν αυτή τη σχετικιστική άποψη για τα μοντέλα επιχειρηματολογούν υπέρ του κατασκευαστή του μοντέλου (εργάστηκε σκληρά για να το κατασκευάσει) ή υπέρ της πολυφωνίας (διαφορετικά άτομα μπορεί να έχουν διαφορετικές απόψεις για ένα θέμα) (Schwarz & White, 2005). Επιπλέον, οι μαθητές αναφέρουν ότι τα μοντέλα αξιολογούνται είτε συγκρινόμενα με δεδομένα, είτε αποφασίζοντας αν οι σχετικές μεταβλητές περιλαμβάνονται ή όχι στο μοντέλο (Sins *et al.*, 2009).

3.3. Διδακτικά Εμπόδια και Μαθησιακές Δυσκολίες στις Φυσικές Επιστήμες

Όπως έχει φανεί από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (κεφάλαιο 2.2.4.), οι ιδέες των ατόμων δεν είναι πάντα ορθές και αποκλίνουν λίγο ή πολύ από την επιστημονική άποψη. Οι λανθασμένες ιδέες των ατόμων δεν είναι πάντα αποτέλεσμα άγνοιας, αβεβαιότητας, ή τύχης. Συνήθως, προκύπτουν από την επίδραση προηγούμενης πετυχημένης ή ενδιαφέρουσας γνώσης, η οποία είναι λανθασμένη ή δεν μπορεί να προσαρμοστεί σε νέες καταστάσεις (Brousseau, 2002). Είναι πιθανόν αυτά τα λάθη να δημιουργούνται λόγω συγκεκριμένων *εμποδίων*, τα οποία έχουν την ίδια φύση με τη γνώση, περιλαμβάνουν, δηλαδή, αντικείμενα, σχέσεις, μεθόδους κατανόησης, προβλέψεις κτλ. Ο Durrux (1983) θεωρεί ότι ένα εμπόδιο είναι η γνώση που δρα με ένα συγκεκριμένο τρόπο σε

συγκεκριμένες καταστάσεις και για συγκεκριμένες τιμές των μεταβλητών αυτών των καταστάσεων και παράγει λάθη που μπορούν να παρατηρηθούν και να αναλυθούν (στους Gagatsis & Kyriakides, 2000). Οι Gagatsis και Kyriakides (2000) παρέχουν ένα κατάλογο από αναγκαίες συνθήκες για εντοπισμό ενός εμποδίου και υποστηρίζουν ότι αυτό αποτελεί ένα κομμάτι γνώσης, που παράγει κατάλληλες απαντήσεις σε συγκεκριμένο περιεχόμενο, αλλά δημιουργεί λανθασμένες απαντήσεις εκτός αυτού του περιεχομένου. Αυτό το κομμάτι γνώσης μπορεί να αντιστέκεται και σε περιστασιακές αντιφάσεις, αλλά και σε καλύτερα κομμάτια γνώσης. Τέλος, ακόμα και μετά τον εντοπισμό της ανακρίβειας, το εμπόδιο συνεχίζει να εμφανίζεται επίμονα (Dugoux, 1982, στον Brousseau, 2002).

Ο Brousseau (2002) υποστηρίζει ότι ένα εμπόδιο μπορεί να εμφανιστεί λόγω λαθών που υπάρχουν τόσο στην επιστημολογία ή στην ιστορία της επιστήμης, όσο και στη διδασκαλία και μάθηση. Τα διδακτικά εμπόδια μπορεί να είναι (α) οντογενετικής φύσης, εμπόδια που παρουσιάζονται λόγω περιορισμών του μαθητή, (β) διδακτικής φύσης, εμπόδια που εξαρτώνται μόνο από μία επιλογή ή μια εργασία εντός του εκπαιδευτικού συστήματος ή (γ) επιστημολογικής φύσης, εμπόδια που σχετίζονται με την ιστορία των εννοιών. Επιπρόσθετα, οι Modestou και Gagatsis (2007) υποστηρίζουν ότι ένα εμπόδιο φανερώνεται σε λάθη που δε γίνονται τυχαία, μπορούν να αναπαραχθούν, είναι επίμονα και παρουσιάζονται τόσο στην ιστορία των μαθηματικών, όσο και στην καθημερινή μαθηματική δραστηριότητα. Η γνώση των φυσικών αριθμών, για παράδειγμα, αποτελεί εμπόδιο στην αντίληψη των ρητών αριθμών, των δεκαδικών και των αρνητικών αριθμών, και συνεπώς προκαλεί τυπικά λάθη στα μαθηματικά [π.χ. $6 \div \frac{1}{2} = 3$, $0.2 \times 0.3 = 0.6$, και $(-5) \times (+3) = (15)$] (Gagatsis & Kyriakides, 2000). Αντίστοιχα, στις Φυσικές Επιστήμες, η (ελλιπής) γνώση των καταστάσεων της ύλης (στερεά, υγρά και αέρια) και της δομής της μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο στην αντίληψη του φαινομένου της αλλαγής των φάσεων (τήξη, πήξη, εξάτμιση, εξάερωση, βρασμός), του φαινομένου της διάλυσης και του φαινομένου της βύθισης-πλεύσης.

Στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών πολλές ερευνητικές προσπάθειες εστίασαν στις ιδέες των μαθητών, όπως αυτές προκύπτουν στην προσπάθειά τους να παρέχουν εξηγήσεις για τους μηχανισμούς που υποστηρίζουν διάφορα φυσικά φαινόμενα (Angus, 1981; Atwood & Atwood, 1997; Dykstra et al., 1992; McCloskey, 1983; Pinto et al., 2005; Posner et al., 1982; J. P. Smith et al., 1993; Strike & Posner, 1992; Trend, 2001; Trundle et al., 2002; Wallis, 1989). Αυτά τα λάθη αναφέρονται ως “προ-αντιλήψεις”, “εναλλακτικές

αντιλήψεις ή ιδέες”, “αρχικές ιδέες” ή “παρανοήσεις”. Η ιδέα πίσω από την ονοματολογία που παρουσιάστηκε αφορά στο ότι οι αντιλήψεις κρατούνται γερά από τους κατόχους τους, διαφέρουν από τις ιδέες των επιστημόνων, επηρεάζουν την κατανόηση των ατόμων που τις κατέχουν για τα φυσικά φαινόμενα και πρέπει να υπερπηδηθούν, να αποφευχθούν, ή να εξαλειφθούν, ώστε οι μαθητές να καταφέρουν να κατακτήσουν επιστημονική κατανόηση. Η μελέτη των παρανοήσεων των μαθητών ήταν κάτι καινοτόμο κατά τη δεκαετία του '80 και του '90 (Carey, 1985, 1986; Vosniadou, 1994a), αλλά τώρα φαίνεται να είναι μάλλον ξεπερασμένη προσέγγιση στη γνωστική περιοχή της εννοιολογικής αλλαγής. Από διδακτικής απόψεως, επικρατεί σκεπτικισμός σε σχέση με τη λογική της αντικατάστασης των ιδεών των μαθητών από τις επιστημονικές. Αντίθετα, η εννοιολογική αλλαγή μπορεί να περιλαμβάνει την ικανότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν τις εναλλακτικές προοπτικές (επιστημονική και καθημερινή προοπτική των ιδεών). Οι καθημερινές ιδέες των μαθητών, οι οποίες μπορεί να είναι και εναλλακτικές, είναι πολύτιμες και δεν πρέπει να «καταστρέφονται» ή να «αντικαθιστώνται» από τις ορθές επιστημονικές απόψεις, εφόσον οι διαισθητικές αντιλήψεις που αποκτήθηκαν από την καθημερινή εμπειρία (όπως οι παρανοήσεις) μπορεί να είναι χρήσιμες και να βοηθούν το άτομο να διεκπεραιώνει καθημερινές εργασίες.

Σε σχέση με τη φύση των ιδεών, κάποιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι μαθητές έχουν γνώση για το φυσικό κόσμο, η οποία χαρακτηρίζεται από εσωτερική συνοχή, είναι λογική και χρήσιμη και οργανώνεται σε μοντέλα (Carey, 1985, 1986, 2000; McCloskey, 1983; Vosniadou, 1994a; Vosniadou et al., 2001). Οι μαθητές χρησιμοποιούν αυτή τη γνώση για να κατανοήσουν οτιδήποτε παρατηρούν μέσω των αισθήσεών τους. Αρκετοί ερευνητές αμφισβητούν την πληρότητα και την εγκυρότητα αυτή της προοπτικής (diSessa, Gillespie, & Esterly, 2004; Hammer, 1996; J. P. Smith *et al.*, 1993) και υποστηρίζουν ότι αυτές οι ιδέες των μαθητών είναι τεμαχισμένες και χαλαρά συνδεδεμένες και σχετίζονται με φαινομενολογικά στοιχεία αξιωματικής αρχής (p-prims), σχήματα, δηλαδή, που μπορούν να παρέχουν εξηγήσεις από μόνα τους, αποσπασμένα από τις κοινές περιστάσεις, και τα οποία είναι τυπικά, ασύνδετα και μη συστηματικά τακτοποιημένα στο μυαλό των μαθητών (diSessa *et al.*, 2004).

Οι McDermott και Shaffer (1992), Shaffer και McDermott (1992), και McDermott, Rosenquist, και van Zee (1987), από την άλλη, εισήγαγαν την ιδέα των *μαθησιακών δυσκολιών* στην έρευνα της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Οι ερευνητικές τους προσπάθειες εστίασαν στον εντοπισμό και στην περιγραφή παραδειγμάτων

συγκεκριμένων δυσκολιών σε συγκεκριμένο περιεχόμενο (π.χ. κινηματική, γραφικές παραστάσεις, ηλεκτρικά κυκλώματα). Παρόλα αυτά, δεν όρισαν την έννοια *μαθησιακές δυσκολίες*, ούτε έχουν εξηγήσει ξεκάθαρα τη διαφορά τους από τις παρανοήσεις, εναλλακτικές ιδέες ή προ-αντιλήψεις. Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας, θεωρούμε ότι οι μαθησιακές δυσκολίες είναι πιο θεμελιώδεις και πιο πολύπλοκες από τις παρανοήσεις, ταυτίζονται με τα επιστημολογικά εμπόδια, όπως παρουσιάζονται στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία στο πλαίσιο της μαθηματικής εκπαίδευσης και παρουσιάστηκαν παραπάνω, και μπορούν να αποτελέσουν πηγή για πολλά λάθη ή εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών. Για παράδειγμα, έχει εντοπιστεί ότι φοιτητές προπτυχιακού επιπέδου θεωρούν τις κατευθύνσεις του ορίζοντα ως απόλυτα σημεία στο χώρο και όχι ως κατευθύνσεις (Nicolaou & Constantinou, 2002). Είναι πιθανόν αυτή η μαθησιακή δυσκολία να παρεμβαίνει και να αποτελεί πηγή για λάθη που παρουσιάζονται από μαθητές ή φοιτητές κατά την οικοδόμηση εννοιολογικών ή επιστημονικών μοντέλων για τη δημιουργία της μέρας και της νύχτας ή για τις Φάσεις της Σελήνης.

Συχνά, οι μαθησιακές δυσκολίες δεν αναγνωρίζονται ούτε από τους μαθητές ούτε από τους διδάσκοντες και παραμένουν στο υπόβαθρο για να επηρεάζουν και σε μερικές περιπτώσεις να καθορίζουν τη μαθησιακή πορεία. Οι μαθησιακές δυσκολίες χρήζουν ρητής αντιμετώπισης στο πλαίσιο του μαθησιακού περιβάλλοντος, αφού ο εντοπισμός τους εξυπηρετεί πολλαπλούς διδακτικούς σκοπούς. Κατά κύριο λόγο, επιτρέπει την ανάπτυξη συγκεκριμένων βημάτων στήριξης που στοχεύουν στην αντιμετώπιση των δυσκολιών και στον κατάλληλο χειρισμό τους. Πιο συγκεκριμένα, η ενημέρωση εκπαιδευτικών για την ύπαρξη συγκεκριμένων δυσκολιών καθοδηγεί το σκεπτικό και τις στρατηγικές τους σε σχέση με τη συμπεριφορά τους εντός του μαθησιακού περιβάλλοντος και επιτρέπει την κατασκευή ερωτημάτων που στοχεύουν στην καθοδήγηση της σκέψης των μαθητών με σκοπό το χειρισμό των δυσκολιών και την καθοδήγηση των τελευταίων προς την οικοδόμηση της γνώσης και την ανάπτυξη κατανόησης σε σχέση με το υπό μελέτη φαινόμενο. Επιπλέον, τους επιτρέπει να είναι σε ετοιμότητα και να στηρίζουν τους μαθητές τους στα κατάλληλα σημεία και, συνεπώς, να ενισχύουν τις προσπάθειές τους για υπέρβαση των δυσκολιών. Πέραν της άμεσης χρήσης της γνώσης των δυσκολιών από τους εκπαιδευτικούς, ο εντοπισμός τους μπορεί να καθοδηγήσει την ανάπτυξη διδακτικών στρατηγικών και ακολουθιών δραστηριοτήτων, οι οποίες θα είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένες ώστε να χειρίζονται αυτές τις δυσκολίες. Ο σχεδιασμός διδακτικού υλικού οφείλει να περιλαμβάνει την ανάπτυξη συγκεκριμένων στρατηγικών και δραστηριοτήτων, οι οποίες θα ενθαρρύνουν τους μαθητές να εκφράζουν τις απόψεις τους, ώστε οι

δυσκολίες να εμφανίζονται ανοιχτά και να γίνονται αντικείμενο διαλογικής επεξεργασίας. Τέλος, η ενημερότητα ως προς τις δυσκολίες των μαθητών είναι καλό να καθοδηγεί την ανάπτυξη έργων αξιολόγησης της μάθησης και συνεπώς των ακολουθιών δραστηριοτήτων που επιχειρούν την υπέρβασή τους. Τέτοια έργα μπορούν να αξιολογήσουν, για παράδειγμα, την επιτυχία του διδακτικού υλικού ως προς το αν βοηθά στην υπέρβαση των συγκεκριμένων δυσκολιών και, συνεπώς, ως προς το αν πετυχαίνει τους στόχους του.

Διαφορετικοί ερευνητές εντόπισαν μαθησιακές δυσκολίες σε διαφορετικά συγκείμενα όπως η κινηματική και οι γραφικές παραστάσεις (McDermott *et al.*, 1987), τα ηλεκτρικά κυκλώματα (McDermott & Shaffer, 1992; Shaffer & McDermott, 1992), το φως (διάθλαση και παρεμβολή του φωτός) (Ambrose, Shaffer, Steinberg, & McDermott, 1999), η οπτική (Colin, Chauvet, & Viennot, 2002), η βιολογία (Riemeier & Gropengiesser, 2008), η θερμοδυναμική (Meltzer, 2004).

Οι μαθησιακές δυσκολίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη φύση τους και οργανώνονται με τρόπο που προσομοιάζει με τον τρόπο που ορίζεται η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Τόσο η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, όσο και οι μαθησιακές δυσκολίες αποτελούν πολύπλοκη και πολυδιάστατη διαδικασία, μία στατική αναπαράσταση της οποίας εκφράζεται από το Διάγραμμα 12, όπου έξι αλληλοεμπλεκόμενοι κύκλοι παρουσιάζουν τις έξι θεμελιώδεις συνιστώσες της μάθησης.



Διάγραμμα 12. Οι Συνιστώσες της Μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες

Η μάθηση που αφορά σε εκείνα τα στοιχεία που σχετίζονται με την κατανόηση ιδεών, εννοιών και αρχών των Φυσικών Επιστημών και παρέχει τα μέσα, με τα οποία οι μαθητές μπορούν να στοχάζονται σε σχέση με τη συμπεριφορά άγνωστων και καινούργιων φυσικών συστημάτων σχετίζεται με τον κύκλο της *εννοιολογικής κατανόησης*. Η απόκτηση *εμπειριών* με τα φυσικά φαινόμενα παρέχει τη βάση για ανάπτυξη εννοιών και δεξιοτήτων (Wellington, 1994). Οι *θετικές στάσεις* των μαθητών, σε σχέση με τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, ενδυναμώνουν τα κίνητρά τους και διασφαλίζουν την ενεργό εμπλοκή τους

στη μαθησιακή διαδικασία (Gibson & Chase, 2002; NRC, 1996; Reid & Skryabina, 2002). Οι μαθητές που αντιμετωπίζουν προβλήματα, τα οποία σχετίζονται με τους τρεις αυτούς άξονες-κύκλους της μάθησης των Φυσικών Επιστημών αντιμετωπίζουν εννοιολογικές δυσκολίες. Με άλλα λόγια, η ελλιπής κατανόηση του περιεχομένου, η απουσία σχετικής με το φαινόμενο εμπειρίας ή η απουσία θετικών στάσεων προς το φαινόμενο δημιουργούν την τάση για ανάπτυξη εννοιολογικών δυσκολιών.

Η κατανόηση των μανθανόντων σε σχέση με θεμελιώδεις αρχές της φύσης της επιστήμης, όπως η δομή της επιστήμης, καθώς και της ανάπτυξής της εμπίπτει στον κύκλο της επιστημολογικής επάρκειας. Εμπόδια που παρουσιάζονται κατά την προσπάθεια των μαθητών να κατακτήσουν την ουσία και τη δομή της επιστημονικής διαδικασίας και της φύσης της επιστήμης γενικότερα, συνιστούν επιστημολογικές δυσκολίες.

Οι δεξιότητες συλλογισμού παρέχουν τις στρατηγικές και τις διαδικασίες για τη λειτουργική χρήση της εννοιολογικής κατανόησης με στόχο την ανάλυση και την κατανόηση καθημερινών φαινομένων, καθώς επίσης και κριτικής αξιολόγησης στοιχείων σε καταστάσεις λήψης απόφασης. Η μοντελοποίηση, η συνδυαστική σκέψη, οι πιθανότητες, η βελτιστοποίηση και ο έλεγχος μεταβλητών αποτελούν παραδείγματα συλλογιστικών δεξιοτήτων (Halloun, 1998). Οι συλλογιστικές δυσκολίες δυσχεραίνουν την προσπάθεια των μαθητών να αναπτύξουν δεξιότητες συλλογισμού και εκφράζονται με ανεπάρκεια των τελευταίων να περιγράψουν ή να κατανοήσουν τον υποκείμενο μηχανισμό φαινομένων ή συστημάτων ή ακόμα με αποτυχία περιγραφής ή εξήγησης του μηχανισμού αυτού (Hammer, 1996).

Οι δεξιότητες επιστημονικής μεθόδου αφορούν, ανάμεσα σε άλλα, στην ικανότητα των μαθητών (i) να προβλέπουν, (ii) να σχεδιάζουν και να εκτελούν δίκαια πειράματα, (iii) να λαμβάνουν λεπτομερείς παρατηρήσεις, (iii) να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά διάφορα εργαλεία σε συνθήκες πειραματισμού, (iii) να συλλέγουν, κωδικοποιούν και οργανώνουν και να ερμηνεύουν δεδομένα, (iv) να επικοινωνούν αποτελέσματα, συμπεράσματα και άλλες πληροφορίες, και (v) να διαμορφώνουν διερευνήσιμα ερωτήματα (Gott & Duggan, 1995; Gott & Duggan, 1996). Η αδυναμία των μαθητών να κατακτήσουν το περιεχόμενο αυτού του κύκλου, οδηγεί στη δημιουργία πρακτικών δυσκολιών, οι οποίες αφορούν στην ικανότητα των μαθητών ή φοιτητών να χειρίζονται όργανα ή εργαλεία των Φυσικών Επιστημών με τον ορθό τρόπο, ώστε να μην παραποιούν τα αποτελέσματα ενός

πειράματος, αλλά και συλλογιστικών δυσκολιών, όταν σχετίζονται, για παράδειγμα, με την έλλειψη της ικανότητας διαμόρφωσης διερευνήσιμων ερωτημάτων.

Στις Φυσικές Επιστήμες υπάρχει ανάγκη στήριξης της ανάπτυξης συνδέσμων ανάμεσα στις τυπικές πληροφορίες για το φαινόμενο, της επιστημολογικής δομής του θέματος και του πραγματικού φαινομένου, με στόχο την ενιαία προώθηση των συνιστώντων συστατικών της Επιστήμης, που είναι άρρητα συνδεδεμένες με τη μάθηση σε αυτή την γνωστική περιοχή. Σε τέτοιες περιπτώσεις αποτρέπεται η μετάδοση όγκου πληροφοριών που, αν απορροφούνται, παραμένουν λειτουργικά μη αξιοποιήσιμες σε σχέση με την ερμηνεία καθημερινών φαινομένων και την εφαρμογή τους σε καταστάσεις λήψης απόφασης και εμποδίζεται η ανάπτυξη μαθησιακών δυσκολιών.

Ακολουθούν παραδείγματα των διαφορετικών ειδών δυσκολιών από συγκεκριμένες περιοχές των Φυσικών Επιστημών.

Μια επιστημολογική δυσκολία, που φαίνεται να αντιμετωπίζουν οι μαθητές, σχετίζεται με την τάση τους να θεωρούν έννοιες όπως η θερμότητα, το φως, η δύναμη και το ηλεκτρικό ρεύμα ως υλικές ουσίες. Για παράδειγμα, οι μαθητές συχνά θεωρούν ότι η δύναμη είναι ένα είδος ενόθησης (impetus), η οποία μεταδίδεται σε ένα σώμα, ή ως μία εντατική ιδιότητα που μπορεί να κατέχει ένα σώμα (όπως η ταχύτητα). Πιστεύουν, επιπλέον, ότι αυτή η ενόθηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το σώμα (Chi & Slotta, 1993). Αυτή η δυσκολία εμπίπτει στις επιστημολογικές, αφού οι μαθητές δεν κατανοούν τη φύση των φυσικών οντοτήτων και εννοιών, όπως η δύναμη, ή δεν μπορούν να αντιληφθούν ότι οι έννοιες και γενικότερα οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν ανθρώπινο κατασκεύασμα (S. Gilbert, 1991). Ο Hammer (1996) αναφέρεται, επίσης, σε επιστημολογικές δυσκολίες, που μπορεί να αντιμετωπίζουν οι φοιτητές όσον αφορά στην έλλειψη ικανότητας, σε σχέση με τη θεώρηση της επιστήμης ως χώρου ταυτόχρονης συνδιάλεξης πολλαπλών απόψεων (θεωριών) για το ίδιο θέμα.

Οι Boudreaux, Shaffer, Heron, και McDermott (2008) εντόπισαν μια σειρά συλλογιστικών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν φοιτητές και εκπαιδευτικοί που προσπαθούν να απευθυνθούν σε προβλήματα ελέγχου μεταβλητών. Μία δυσκολία αφορά στην αποτυχία διάκρισης ανάμεσα στις προσδοκίες και στα δεδομένα ή τα αποτελέσματα ενός πειράματος. Οι φοιτητές και οι εκπαιδευτικοί που έλαβαν μέρος στην έρευνα συχνά στήριζαν την ερμηνεία των αποτελεσμάτων ενός πειράματος σε προηγούμενες ιδέες τους σε σχέση με το

πώς πρέπει να συμπεριφέρεται το υπό μελέτη σύστημα και όχι σε σχέση με την πραγματική παρατηρούμενη συμπεριφορά του. Γενικότερα, τα άτομα δεν μπορούν να παραμερίσουν τις πεποιθήσεις τους σε σχέση με το πώς πρέπει να λειτουργεί το σύστημα, όταν σχεδιάζουν ένα πείραμα ή όταν ερμηνεύουν αποτελέσματα του πειράματος. Αυτή η δυσκολία εντάσσεται στις συλλογιστικές δυσκολίες, αφού εμποδίζει την προσπάθεια των φοιτητών να παρέχουν επαρκή συλλογισμό για τον υποκείμενο μηχανισμό εξήγησης της λειτουργίας του συστήματος.

Οι McDermott και Shaffer (1992) εντόπισαν σειρά εννοιολογικών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν φοιτητές όταν έρχονται αντιμέτωποι με προβλήματα ή πειραματικές διατάξεις που αφορούν στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Μία από τις δυσκολίες σχετίζεται με το ότι οι φοιτητές αποτυγχάνουν να αναγνωρίσουν ότι μία ιδανική μπαταρία διατηρεί σταθερή διαφορά δυναμικού ανάμεσα σε δύο άκρα που είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο στο οποίο είναι συνδεδεμένη. Αντί αυτού, θεωρούν ότι η μπαταρία είναι πηγή σταθερού ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτή η δυσκολία εντάσσεται στις εννοιολογικές, εφόσον οι φοιτητές που την αντιμετωπίζουν, παρουσιάζουν, προφανώς, κενά σε σχέση με τις ιδιότητες της μπαταρίας.

Συχνά, οι μαθητές τείνουν να διαβάζουν με λανθασμένο τρόπο ενδείξεις οργάνων μέτρησης. Για παράδειγμα, πιθανό να διαβάζουν το θερμόμετρο υπό λανθασμένη οπτική γωνία, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 13. Ο μαθητής διαβάζει λανθασμένη ένδειξη στο όργανο μέτρησης της θερμοκρασίας, λόγω του ότι δε βρίσκεται στην ορθή θέση σε σχέση με το θερμόμετρο, για να καταγράψει τη μέτρηση. Σε αυτή την περίπτωση, ο μαθητής αντιμετωπίζει μία πρακτική δυσκολία σε σχέση με τη μέτρηση της θερμοκρασίας, η οποία μπορεί να τον οδηγήσει στη λήψη λανθασμένων ή συγκρουόμενων αποτελεσμάτων.



Διάγραμμα 13. Αναπαράσταση Πρακτικής Δυσκολίας σε Σχέση με τη Μέτρηση της Θερμοκρασίας

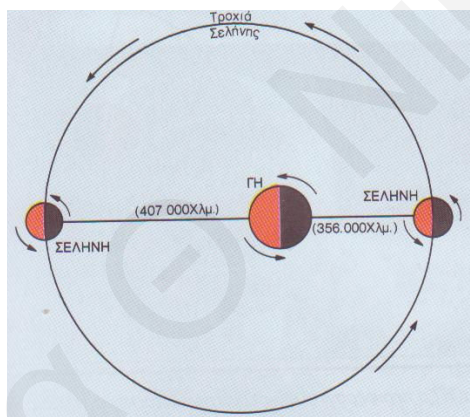
3.4. Παρατηρησιακή Αστρονομία: Φάσεις της Σελήνης

Το συγκεκριμένο, στο οποίο στηρίχθηκε το διδακτικό υλικό για την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης στους ΠΕ, αφορούσε στο φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης. Η εναλλαγή μέρας και νύχτας, η δημιουργία των εποχών και οι Φάσεις της Σελήνης αποτελούν φυσικά φαινόμενα, των οποίων τις συνέπειες παρατηρεί και ζει κυριολεκτικά καθημερινά κάθε άνθρωπος (Lightman & Sadler, 1998, 1997; Sharp & Kuerbis, 2006; Summers & Mant, 1995; Vosniadou, 1991, 1992). Παρόλα αυτά, λίγοι μπορούν να εξηγήσουν ορθά τον τρόπο με τον οποίο αυτά συμβαίνουν, ενδεχομένως γιατί είναι πολύπλοκα φαινόμενα ή γιατί η μοντελοποίηση και κατανόησή τους απαιτούν μία σειρά από δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε σχετικά εκτεταμένο χρονικό διάστημα. Πολλές έρευνες κατέγραψαν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και φοιτητών σε σχέση με τη δυναμική του συστήματος γη-ήλιος-σελήνη. Τέτοιες έρευνες υποδεικνύουν ότι τόσο παιδιά (Baxter, 1989; Jones, Lynch, & Reesink, 1987; Kikas, 1998; Klein, 1982; Nussbaum, 1979; Nussbaum & Novak, 1976; Sharp, 1996; Sharp *et al.*, 1997; Sneider & Pulos, 1983; Vosniadou, 1991), όσο και φοιτητές (Schoon, 1995; Skam, 1994; Sneider & Ohadi, 1998) ή ακόμα και φοιτητές πανεπιστημίων υψηλού κύρους όπως το Harvard (Barab, Hay, Barnett, & Keating, 2000), κατέχουν εναλλακτικές ιδέες σε σχέση με φαινόμενα αστρονομίας και αδυνατούν να δώσουν ακριβείς επιστημονικές εξηγήσεις για τη δημιουργία τους.

Απλά φαινόμενα παρατηρησιακής αστρονομίας διδάσκονται στον ανώτερο κύκλο της κυπριακής Δημοτικής Εκπαίδευσης στο πλαίσιο του μαθήματος της Γεωγραφίας (Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, 2003; Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, 1995). Στο πρώτο βιβλίο (Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, 2003), παρουσιάζονται στοιχεία για τον πλανήτη γη (παράλληλοι, μεσημβρινοί, άξονας, νότιο και βόρειο ημισφαίριο, ατμόσφαιρα, ωκεανοί κτλ), για τις κινήσεις της γης (την ημέρα και τη νύχτα, τις εποχές του έτους, τις θερμές ζώνες της γης) και για το ηλιακό μας σύστημα, σε 13 σελίδες. Στο δεύτερο βιβλίο (Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, 1995) παρουσιάζονται στοιχεία για το σχήμα της γης, για τις κινήσεις της γης και τα αποτελέσματά τους, για την περιφορά της γης γύρω από τον ήλιο (εαρινή και φθινοπωρινή ισημερία, χειμερινό και θερινό ηλιοστάσιο, εποχές), για τη σελήνη ως δορυφόρο της γης, για τις Φάσεις της Σελήνης και για το ταξίδι του ανθρώπου στη σελήνη, σε οκτώ σελίδες.

Στα δύο αυτά βιβλία για το μαθητή οι έννοιες που αναφέρονται είναι τόσο συμπτυκνωμένες που ακόμα και κάποιος που τις έχει διδαχθεί και τις κατανοεί είναι εύκολο να συγχυστεί. Για παράδειγμα, σε σχέση με τις Φάσεις της Σελήνης αναφέρονται τα ακόλουθα που αφορούν στο σχήμα που φαίνεται στο Διάγραμμα 14.

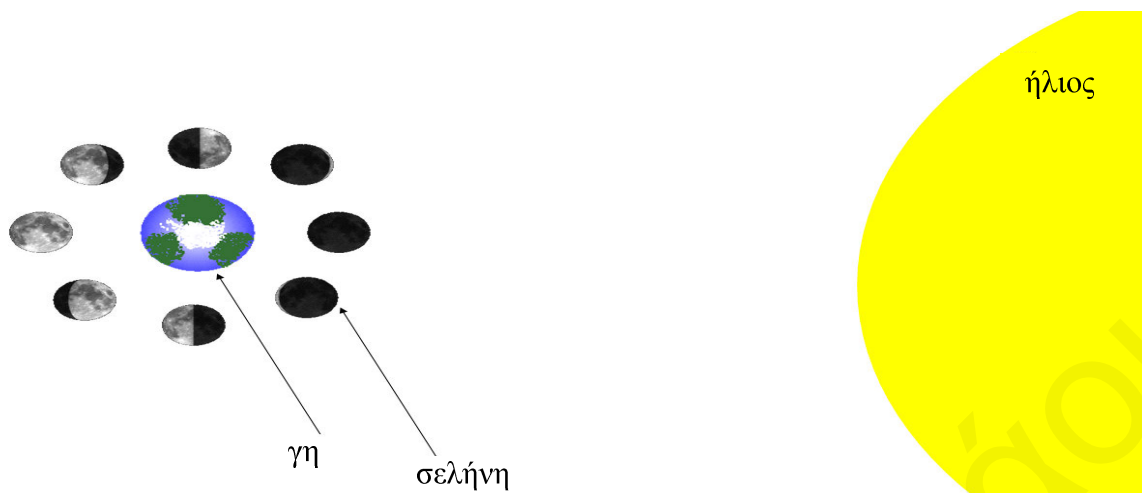
Η σελήνη είναι ο δορυφόροςⁱⁱⁱ της Γης. Η σελήνη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της και περιφέρεται γύρω από τη Γη. Η πορεία που ακολουθεί κατά την περιφορά της είναι ελλειπτική. Διαρκεί 29 μέρες. Ο ήλιος, λόγω των κινήσεων της Σελήνης, φωτίζει άλλοτε μικρότερο και άλλοτε μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειάς της. Γι' αυτό κι εμείς βλέπουμε κάθε νύχτα διαφορετικό μέρος του δίσκου της. Οι αλλαγές αυτές στο φωτισμό του σεληνιακού δίσκου λέγονται Φάσεις της Σελήνης. Οι κυριότερες από αυτές είναι: Νέα Σελήνη, Πρώτο Τέταρτο, Πανσέληνος, Τελευταίο Τέταρτο (Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, 1995, σελ. 23).



Διάγραμμα 14. Μοντέλο εξήγησης των Φάσεων της Σελήνης (Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, 1995)

Πέραν του ότι αυτό το απόσπασμα είναι πολύ μικρό και περιλαμβάνει έννοιες που πολύ δύσκολα μπορούν να κατανοηθούν μόνο μέσω γραπτού λόγου και μίας εικόνας, περιλαμβάνει κενά και ένα λάθος. Από το απόσπασμα μπορεί, για παράδειγμα, να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι διαφοροποιείται η έκταση της σελήνης που φωτίζεται από τον ήλιο κατά την περιφορά της γύρω από τη γη (...*φωτίζει άλλοτε μικρότερο και άλλοτε μεγαλύτερο μέρος...*). Μια ερμηνεία αυτής της δήλωσης θα μπορούσε να αναπαρασταθεί από το Διάγραμμα 15. Μία άλλη ασάφεια, που προκύπτει από το απόσπασμα και πιθανό να δημιουργήσει μπερδεμα, είναι το γεγονός ότι υπαινίσσεται πως μόνο τη νύχτα, και μάλιστα κάθε νύχτα (...*βλέπουμε κάθε νύχτα...*), βλέπουμε φεγγάρι.

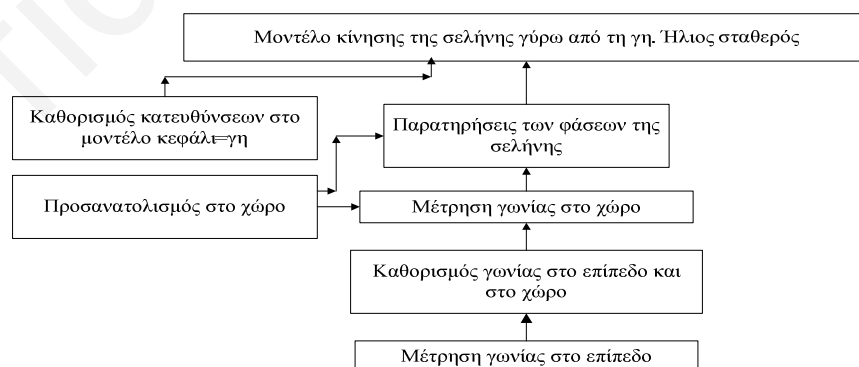
ⁱⁱⁱ Δορυφόρος: είναι το ουράνιο σώμα που περιφέρεται γύρω από έναν πλανήτη (ορισμός βιβλίου)



Διάγραμμα 15. Πιθανή Ερμηνεία της Δήλωσης του Σχολικού Εγχειριδίου για την Εξήγηση των Φάσεων της Σελήνης

Πέραν της εννοιολογικής οικολογίας των μαθητών και των εκπαιδευτικών, που περιλαμβάνει εναλλακτικές ιδέες σε σχέση με το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης, το ίδιο το διδακτικό υλικό (δύο βιβλία) μπορεί να αποτελέσει πηγή δυσκολιών και να επηρεάσει τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης. Η εννοιολογική κατανόηση των φαινομένων και η ευαισθησία των εκπαιδευτικών για τις ποικίλες δυσκολίες που προκύπτουν, καθώς και η ίδια η φύση και η δομή του διδακτικού υλικού είναι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των διδακτικών παρεμβάσεων (Nicolau & Constantinou, 2002).

Στην παρούσα εργασία, η ανάπτυξη του διδακτικού υλικού ως προς το περιεχόμενο (Φάσεις της Σελήνης) στηρίχθηκε στην επιστημολογική ανάλυση των Φάσεων της Σελήνης (Διάγραμμα 16), με σκοπό την αποφυγή της άνευ νοήματος χρήσης όρων που σχετίζονται με το φαινόμενο και στοχεύοντας στην εννοιολογική κατανόηση.



Διάγραμμα 16. Επιστημολογική Ανάλυση των Φάσεων της Σελήνης (Ευαγόρου, 2000)

3.5. Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών στις Φυσικές Επιστήμες

Τα απογοητευτικά αποτελέσματα διεθνών συγκριτικών εκπαιδευτικών ερευνών (Gago, Ziman, Caro, Constantinou, Davies, Parchmann, Rannikmae, & Sjoberg, 2004; Martin *et*

al., 2004; OECD, 2004) και η ανάγκη για εγκαθίδρυση των Φυσικών Επιστημών ως θεμελιώδους θέματος, που να διδάσκεται παράλληλα με την ανάγνωση, τη γραφή και τα μαθηματικά σε κάθε επίπεδο της εκπαίδευσης ξεκινώντας από το νηπιαγωγείο (Duschl *et al.*, 2007; NRC, 1996), καθοδηγούν την τάση για ανανέωση της εκπαίδευσης εκπαιδευτικών στις Φυσικές Επιστήμες. Στη βιβλιογραφία τονίζεται, επιπλέον, η έμφαση που πρέπει να δίνεται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μέσα από διερεύνηση (Boudreaux *et al.*, 2008), με σκοπό την κατανόησή της επιστήμης ως διαδικασίας ανάπτυξης μοντέλων, με σκοπό την κατανόησή της επιστήμης ως διαδικασίας ανάπτυξης μοντέλων, τα οποία στοχεύουν στην οικοδόμηση νοήματος σε σχέση με τα φυσικά φαινόμενα και που διευκολύνουν την αντίληψη της ως ανθρώπινο κατασκεύασμα (Duschl *et al.*, 2007).

Δυστυχώς, όμως, τα πανεπιστημιακά μαθήματα δίνουν έμφαση κυρίως στην απομνημόνευση όρων και γεγονότων της Επιστήμης, κάτι που δημιουργεί προσδοκίες σε γονείς και πολιτικούς ότι τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και, συνεπώς, τα διδακτικά εγχειρίδια του λυκειακού επιπέδου πρέπει να μεταφέρουν και να μεταδίδουν μία αλληλουχία γεγονότων και γνώσεων και τίποτε άλλο (Alberts, 2005). Η Λυκειακή Εκπαίδευση, εν συνεχεία, καθοδηγεί την υπόλοιπη Μέση Εκπαίδευση, η οποία καθοδηγεί τη Δημοτική Εκπαίδευση κ.ο.κ.

Είναι, συνεπώς, ξεκάθαρο ότι η ανανέωση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών πρέπει να καθοδηγηθεί από την αλλαγή που χρειάζεται να επέλθει στους κόλπους της ακαδημαϊκής εκπαίδευσης σε σχέση με τον τρόπο διδασκαλίας τους. Δεν είναι δυνατό να αναμένεται από τους εκπαιδευτικούς να διδάξουν Φυσικές Επιστήμες με τους τρόπους που προτείνονται από μεταρρυθμιστικές προσπάθειες, αν αυτοί δεν έχουν ποτέ βιώσει ως μαθητές τέτοιους τρόπους. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί διδάσκουν με τον ίδιο ή πολύ παρόμοιο τρόπο με αυτόν που διδάχτηκαν (Hewson, Tabachnick, Zeichner, & Lemberger, 1999b; Huibregtse, Korthagen, & Wubbels, 1994; McDermott *et al.*, 2000) και τείνουν να διαιωνίζουν το στείο τρόπο διδασκαλίας, όπως αυτός εφαρμόστηκε στο εκπαιδευτικό σύστημα από το οποίο προέρχονται.

Ενισχυτικό του αρνητικού κλίματος, αποτελεί το γεγονός ότι η έρευνα σε σχέση με την εννοιολογική κατανόηση έχει υποδείξει ότι οι εκπαιδευτικοί παρουσιάζουν εναλλακτικές αντιλήψεις σε σχέση με πολλά φαινόμενα Φυσικών Επιστημών, όπως για απλά φαινόμενα παρατηρησιακής αστρονομίας (Atwood & Atwood, 1997; Trundle *et al.*, 2002), για την

ενέργεια (Pinto *et al.*, 2005; Wallis, 1989), για τους ζωντανούς οργανισμούς (Angus, 1981), για θέματα γεωλογίας (Trend, 2001) κτλ. Από την άλλη, οι πεποιθήσεις των περισσότερων ακαδημαϊκών, που διδάσκουν στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, σε σχέση με την αποτελεσματικότητα ενός εκπαιδευτικού Φυσικών Επιστημών σχετίζονται, συνήθως, με τον αριθμό και την απαιτητικότητα των μαθημάτων του πτυχίου των τελευταίων και οργανώνονται μαθήματα που είναι εξολοκλήρου περιγραφικά ή έχουν περιεχόμενο απόλυτα ξένο προς τους φοιτητές.

Συνεπώς, αναδύεται έντονη η ανάγκη για νέες προσεγγίσεις σε σχέση με την επαγγελματική ανάπτυξη και γενικότερα την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, όπως σημειώνεται άλλωστε και από πολλούς ερευνητές (Darling-Hammond & McLaughlin, 1995; Dilworth & Imig, 1995; Fullan & Miles, 1992; Guskey, 1994; Hewson, Tabachnick, Zeichner, Blomker, Meyer, Lemberger, Marion, Park, & Toolin, 1999a; Hewson *et al.*, 1999b; Lemberger, Hewson, & Park, 1999; Marion, Hewson, Tabachnick, & Blomker, 1999; Meyer, Tabachnick, Hewson, Lemberger, & Park, 1999; Sparks, 1994; Sparks & Loucks-Horsley, 1989; Tabachnick & Zeichner, 1999; Vaughan, 1995).

3.5.1. Διδακτικός μετασχηματισμός της γνώσης από εκπαιδευτικούς

Οι Duschl *et al.* (2007) παρουσίασαν τα συμπεράσματά τους σε σχέση με τις προτεραιότητες που πρέπει να τεθούν για τις Φυσικές Επιστήμες στη Δημοτική Εκπαίδευση, στοχεύοντας την αλλαγή σε αυτό τον τομέα με θεμελιώδεις τρόπους. Σε αυτή την αναφορά, εστίασαν σε ένα πλαίσιο που σκιαγραφεί ένα καταρτισμένο μαθητή στις Φυσικές Επιστήμες. Αναφέρουν, σχετικά, ότι ο μαθητής πρέπει να α) γνωρίζει, χρησιμοποιεί, και ερμηνεύει επιστημονικές εξηγήσεις για το φυσικό κόσμο, β) παράγει και αξιολογεί επιστημονικά δεδομένα και εξηγήσεις, γ) κατανοεί τη φύση και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης, και δ) συμμετέχει παραγωγικά στις επιστημονικές πρακτικές και συζητήσεις. Για να μπορούν, όμως, να διδάξουν οι εκπαιδευτικοί με στόχο την επίτευξη της αλλαγής, πρέπει να είναι γνώστες του περιεχομένου που θα διδάξουν. Και ενώ κανένας εκπαιδευτικός δεν μπορεί να στηρίξει τη μάθηση, χωρίς να έχει κυριαρχήσει στο περιεχόμενο, η αποτελεσματική μάθηση απαιτεί πολύ περισσότερα από την απλή γνώση του περιεχομένου. Απαιτείται οι εκπαιδευτικοί να αντιλαμβάνονται τους μαθητές τους και να κατανοούν τους παιδαγωγικούς σχεδιασμούς, καθώς επίσης να ελέγχουν τις εμπειρίες των τελευταίων στις Φυσικές Επιστήμες. Προπτυχιακά μαθήματα στις Φυσικές Επιστήμες δεν ανακλούν την ουσία που προτείνεται για επιστημονικό καταρτισμό των μαθητών, όπως αυτός περιγράφηκε παραπάνω, και εστιάζουν κυρίως στο πρώτο σημείο

και λιγότερο στο δεύτερο, αγνοώντας παντελώς το γεγονός ότι οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση να κατανοούν τη φύση και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης και να συμμετέχουν παραγωγικά σε επιστημονικές πρακτικές και συζητήσεις.

Ένας τρόπος προώθησης του επιστημονικού καταρτισμού είναι η διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης, η οποία είναι συνυφασμένη με την ίδια τη φύση της επιστήμης (S. Gilbert, 1991), αλλά και προωθεί την ενεργή οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης εκ μέρους των μαθητών (οικοδόμηση επιστημονικών μοντέλων). Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, σε σχέση με τις ιδέες φοιτητών και μαθητών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση (δες κεφάλαιο 3.2.4.), έδειξε ότι κατέχουν μη επιστημονική και σχετικά ασταθή γνώση για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις Φυσικές Επιστήμες.

Παρόλη τη σημασία που αναγνωρίζεται ότι έχει η ικανότητας της μοντελοποίησης (δες κεφάλαιο 3.2.) στην ανάπτυξη του επιστημονικού καταρτισμού των μαθητών, η διδασκαλία της δεν εντάσσεται συστηματικά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Προσπάθεια, συνεπώς, εφαρμογής διδακτικού υλικού στο δημοτικό σχολείο, που να απευθύνεται σε αυτό το κενό, αποτελεί καινοτομία για τη Δημοτική Εκπαίδευση.

Για την εφαρμογή μιας καινοτομίας από εκπαιδευτικούς, απαιτείται πρώτιστα η επικοινωνία της καινοτομίας σε αυτούς και η περαιτέρω εμπλοκή τους στην έρευνα (Brown & McIntyre, 1978; Kynigos & Argyris, 2004; Lam & Kember, 2006; MacDonald & Rudduck, 1971; McIntyre & Brown, 1979; Olorundare, 1990; Rust, 2006). Σε μία περίπτωση επικοινωνίας, όπου υπάρχει ένας πομπός, ένας δέκτης και τα προϊόντα της επικοινωνίας, αυτά δε λαμβάνονται απλώς, αλλά «ξαναδημιουργούνται», επαναφέρονται στην αρχική τους μορφή και μετασχηματίζονται από τον παραλήπτη. Η διαδικασία της κατανόησης είναι πάντα μετασχηματιστική, καθώς οι πληροφορίες επιλέγονται, λαμβάνουν προτεραιότητα, ερμηνεύονται και αποτελούν τη βάση για λήψη αποφάσεων. Στην περίπτωση που οι πληροφορίες δίνονται σε εκπαιδευτικούς, η διαδικασία της επιλογής και της ερμηνείας είναι πιθανό να έχει σημαντικές επιπτώσεις. Όταν παρουσιάζονται στους εκπαιδευτικούς καινοτομίες σε σχέση με το αναλυτικό πρόγραμμα ή το διδακτικό υλικό, όπως νέες στρατηγικές διδασκαλίας, νέοι κώδικες ή εικόνες για αναπαράσταση ιδεών ή νέα πληροφορικά εργαλεία, οι τελευταίοι ενσωματώνουν και υιοθετούν πληροφορίες και ταυτόχρονα διενεργούν κάποιες μετασχηματιστικές διαδικασίες (Pinto, 2005). Δυστυχώς, όμως, παρατηρείται κενό ανάμεσα στην εκπαιδευτική έρευνα και στην εκπαιδευτική πρακτική, γιατί παρόλο που οι ερευνητές ή

αυτοί που αναπτύσσουν διδακτικό υλικό δημιουργούν θεωρίες διδασκαλίας και μάθησης, δεν υπάρχει γενική συμφωνία για συγκεκριμένους τρόπους διδασκαλίας σε συγκεκριμένο περιεχόμενο (Viennot, Chauvet, Colin, & Rebmann, 2005), αλλά και γιατί έστω και αν υπάρχει τέτοια συμφωνία, οι εκπαιδευτικοί δεν είναι παθητικοί δέκτες έτοιμοι να εφαρμόσουν αποτελέσματα ερευνών, ακριβώς όπως προτείνονται (Pinto, 2002).

Οι Fishman και Krajcik (2003) αναφέρουν ότι η εφαρμογή μιας καινοτομίας, που να μπορεί να επιβιώσει, δεν αφορά μόνο στην οικοδόμηση διδακτικού υλικού. Αφορά και στη δημιουργία βιώσιμων και διαβαθμισμένων προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης, τα οποία θα βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιήσουν το διδακτικό υλικό, αφορά στη δημιουργία ενός εύχρηστου κλίματος εντός του σχολείου που στηρίζει τη χρήση της τεχνολογίας και άλλων μαθησιακών εργαλείων του διδακτικού υλικού, καθώς επίσης και στην ευθυγράμμιση των στόχων του διδακτικού υλικού με τους στόχους του ευρύτερου αναλυτικού προγράμματος. Τα αποτελέσματα της έρευνας που προέκυψαν από την εφαρμογή του προγράμματος STTIS (Science Teacher Training in an Information Society)^{iv}, υποδεικνύουν ότι η απλή αποδοχή μιας εκπαιδευτικής καινοτομίας, δεν υπαινίσσεται ότι αυτή θα εφαρμοστεί και πρακτικά. Οι εκπαιδευτικοί χειρίζονται καλά εγκαθιδρυμένους τρόπους παρουσίασης ιδεών ή οργάνωσης δραστηριοτήτων και πολύ εύκολα επιστρέφουν σε αυτούς. Ακόμα και εκπαιδευτικοί που διδάχθηκαν με καινοτόμο τρόπο νέες προσεγγίσεις διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες (Crawford & Cullin, 2004), δεν προτίθενται να διδάξουν τους δικούς τους μαθητές χρησιμοποιώντας αυτές τις καινοτομίες ή μόνο το 50% από αυτούς περιέλαβαν σε σχέδια διδασκαλίας τους την καινοτομία (Windschitl & Thompson, 2006). Παρόμοια, οι Flores Lopez, Gallegos, και Barojas (2000) αναφέρουν ότι μαθήματα φιλοσοφίας και ιστορίας της φυσικής σε μεταπτυχιακό επίπεδο δεν μπόρεσαν να γαλουχήσουν τους εκπαιδευτικούς και να τους πείσουν σε σχέση με την ανάγκη μετασχηματισμού της γνώσης τους σε επίπεδο τάξης. Αυτοί οι εκπαιδευτικοί επέστρεφαν στη ρουτίνα τους, σε παραδοσιακές διδακτικές πρακτικές, σε εκπληκτικά σύντομο χρονικό διάστημα.

Συνοπτικά, η εφαρμογή εκπαιδευτικών καινοτομιών μπορεί να εμποδίζεται από διάφορες δυσκολίες (Pinto, 2005):

^{iv} Το πρόγραμμα STTIS (<http://www.blues.uab.es/~idmc42>) χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (4^ο πλαίσιο προγραμμάτων) (Contract no. ERB-SOE2-CT97 20 20).

Α) Οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν εμπιστοσύνη στις γνώσεις τους και στην ικανότητά τους να ελέγξουν την τάξη όταν το Αναλυτικό Πρόγραμμα απαιτεί να διαδραματίσουν νέους ρόλους.

Β) Ακόμα και αν ένας εκπαιδευτικός έχει το κίνητρο και τη θέληση να εφαρμόσει καινοτομίες, οι πεποιθήσεις του για τη διδασκαλία και τη μάθηση επηρεάζουν τον τρόπο που δρα στην τάξη. Μπορεί, για παράδειγμα, ο εκπαιδευτικός να ασπάζεται τις αρχές του οικοδομισμού, αλλά η ιδεολογία του και συνεπώς η διδασκαλία του να απέχει πολύ από αυτές (Johnston, 1991, στην Pinto, 2005).

Γ) Οι εκπαιδευτικοί είναι σκεπτικοί ως προς τις καινοτομίες, λόγω περιορισμών που θέτουν στο περιεχόμενο ή στο κλίμα του σχολείου και της τάξης ή λόγω των προσδοκιών για κάλυψη της ύλης ή την προετοιμασία των μαθητών για τις εξετάσεις.

Δ) Οι εκπαιδευτικοί ανησυχούν για το αν μια δραστηριότητα ή ένα ολοκληρωμένο μάθημα μπορεί να κρατήσει τους μαθητές απασχολημένους και να διατηρήσει το ενδιαφέρον τους (Brown & McIntyre, 1992 στους Stylianidou, Boohan, & Ogborn, 2005).

Η έρευνα των Pinto et al. (2005), Sassi et al. (2005), Stylianidou et al. (2005) και Viennot et al. (2005) οδήγησε σε διαφορετικά προγράμματα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών με σκοπό την προετοιμασία των τελευταίων για αποδοχή και ορθή εφαρμογή εκπαιδευτικών καινοτομιών. Ακολουθεί σύντομη περιγραφή αυτών των διδακτικών προσπαθειών.

Οι Stylianidou et al. (2005) πρότειναν ένα πρόγραμμα δύο σεμιναρίων. Στο πρώτο σεμινάριο οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν τις διδακτικές πρακτικές που χρησιμοποιούν, αναστοχάζονται σε σχέση με το τι καθοδηγεί αυτές τις πρακτικές, χρησιμοποιώντας αποτελέσματα ερευνών, και προγραμματίζουν ένα μάθημα για να δοκιμάσουν νέες ιδέες (καινοτομίες). Στο δεύτερο σεμινάριο, αξιολογούν ένα μάθημα και προγραμματίζουν τη συνέχειά του συζητώντας το σκεπτικό της δομής του. Για το σχεδιασμό του διδακτικού υλικού λήφθηκαν υπόψη τέσσερις παράγοντες που επηρεάζουν το μετασχηματισμό, ο οποίος λαμβάνει χώρα κατά την εφαρμογή της καινοτομίας: (α) το περιεχόμενο, (β) οι πεποιθήσεις εκπαιδευτικών, (γ) οι αξίες των εκπαιδευτικών για τη φύση του αντικειμένου και για το ρόλο τους ως εκπαιδευτικοί και (δ) οι περιορισμοί και οι συνήθειες του εκπαιδευτικού συστήματος. Για να αντιμετωπιστούν αυτοί οι παράγοντες δημιουργήθηκαν αντίστοιχες «ιστορίες», στις οποίες φανταστικοί εκπαιδευτικοί εξηγούσαν τους λόγους για τους οποίους έλαβαν συγκεκριμένες αποφάσεις, ως προς την εφαρμογή των καινοτομιών στη διδασκαλία τους. Ο σκοπός αυτών των δραστηριοτήτων ήταν η πρόκληση συζήτησης σε σχέση με τις σκέψεις των εκπαιδευτικών για τις «ιστορίες», γεγονός στόχευε στο να

αναδεικνύει τους τέσσερις παράγοντες, κάτι που πιθανό να τροχοδρομούσε μελλοντικές αλλαγές στον τρόπο σκέψης τους.

Οι Viennot et al. (2005) πρότειναν τρία διαφορετικού περιεχομένου, αλλά ίδιας δομής σεμινάρια, (π.χ. φώς και όραση) σε σχέση με την αποδοχή καινοτομιών από εκπαιδευτικούς. Το πρώτο κομμάτι των σεμιναρίων παρουσιάζει τις αρχές της καινοτομίας που υιοθετείται, τη σημασία των ιδεών των μαθητών και τους συγκεκριμένους στόχους της διδασκαλίας. Το επόμενο κομμάτι παρέχει αρχεία, μέσω των οποίων οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ελέγξουν τις ιδέες τους, παρόλο που τα υλικά που παρέχονται προτίθενται για παρουσίαση των κοινών ιδεών μαθητών. Το τρίτο κομμάτι παρουσιάζει αυτούσια την πορεία διδασκαλίας που προτείνεται από το πρόγραμμα, τη σχετική σημασία και σειρά των διαφορετικών εννοιών και τους τύπους των νοητικών έργων που αναμένονται από τους μαθητές, κυρίως κατά τη διάρκεια των πρακτικών εργασιών. Το τέταρτο κομμάτι των σεμιναρίων περιλαμβάνει την αντιμετώπιση των «κρίσιμων πτυχών» της διδασκαλίας των συγκεκριμένων θεμάτων που διδάσκονται, και αφορά σε συγκεκριμένα υποκεφάλαια, τα οποία παρέχουν την ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς για άσκηση κριτικής στη δουλειά τους ως προς τα έργα αξιολόγησης και τον προγραμματισμό πρακτικών μαθημάτων.

Η διδακτική πρόταση των Pinto et al. (2005) αφορά σε ένα μαθησιακό κύκλο, ο οποίος αποτελείται από τρεις φάσεις. Στη διερευνητική φάση παρουσιάζεται στους εκπαιδευτικούς μια προβληματική κατάσταση στο συγκείμενο της ενέργειας, για την οποία συζητούν σε ομάδες. Επιπλέον, αναφέρονται στις δικές τους εμπειρίες σε σχέση με τη διδασκαλία της. Σε αυτή τη φάση δημιουργείται η ανάγκη υιοθέτησης μιας καινοτομικής πρακτικής, λόγω της αντίφασης που υπάρχει ανάμεσα στην κοινή γλώσσα και στην επιστημονική γλώσσα, σε σχέση με την υποβάθμιση της ενέργειας. Οι εκπαιδευτές κοινοποιούν τους στόχους της εκπαίδευσης στους εκπαιδευτικούς, με σκοπό να ενεργοποιηθούν οι αναστοχαστικοί μηχανισμοί των τελευταίων, ώστε να προωθηθεί αλλαγή στη σκέψη, αρχικά, και στη διδασκαλία τους αργότερα. Ακολούθως, γίνεται αναγνώριση των ιδεών των εκπαιδευτικών, ως προς την προτεινόμενη προβληματική κατάσταση και εισάγεται το νέο περιεχόμενο (καινοτομία), ώστε να προκληθεί γνωστική σύγκρουση. Στην επόμενη φάση, τη φάση της αναδόμησης, οι εκπαιδευτικοί συζητούν τρόπους λύσης του προβλήματος με τους εκπαιδευτές και καταφεύγουν στην εγκαθίδρυση μιας «γέφυρας» ανάμεσα στον επιστημονικό κόσμο και στον καθημερινό κόσμο ως τρόπου για αύξηση του επιστημονικού αλφαριθμητισμού. Στη φάση της εφαρμογής, οι

εκπαιδευτικοί καλούνται να χρησιμοποιήσουν όσα έμαθαν, για να αξιολογήσουν υφιστάμενο διδακτικό υλικό που περιλαμβάνει τη διδασκαλία της ενέργειας.

Οι Sassi et al. (2005) πρότειναν μια σειρά δύο σεμιναρίων με σκοπό να δοθεί η ευκαιρία σε εκπαιδευτικούς να εφαρμόσουν στην τάξη τους πειράματα πραγματικού χρόνου. Το πρώτο σεμινάριο ενθαρρύνει την κριτική σκέψη σε σχέση με τη λογική των πειραμάτων. Συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί αναλύουν παραδείγματα συγκεκριμένων ακολουθιών δραστηριοτήτων, απευθύνονται στην ερώτηση «Πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία τα πραγματικά πειράματα και οι εικόνες που δημιουργούν;», αναλύουν παραδείγματα εφαρμογής ακολουθιών δραστηριοτήτων από συναδέλφους, συζητούν το πώς ερμηνεύτηκε μία καινοτομία μέσα από ανάλυση κομματιών συγκεκριμένης ιστορίας, εστιάζουν στις δυσκολίες των μαθητών για την κατανόηση και την ερμηνεία των εικόνων που δημιουργούνται από πειράματα πραγματικού χρόνου και αναλύουν τυπικά αποτελέσματα πειραμάτων. Κατά το δεύτερο σεμινάριο οι εκπαιδευτικοί καλούνται να δώσουν ανατροφοδότηση σε συναδέλφους που εφάρμοσαν πραγματικές ή προσομοιωμένες δραστηριότητες τάξης εστιάζοντας στους παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την επιτυχία της συγκεκριμένης δραστηριότητας (π.χ. προθέσεις και στόχοι του εκπαιδευτικού, χρήση εικόνων γραφικών παραστάσεων, αντικειμενικές περιστάσεις όπως σχολικό περιεχόμενο, περιορισμοί του αναλυτικού προγράμματος).

Αυτές οι προτάσεις διδασκαλίας εκπαιδευτικών αφορούν στην παροχή βοήθειας στους τελευταίους για αναστοχασμό των μετασχηματισμών που αναπόφευκτα κάνουν όταν εφαρμόζουν μία καινοτομία σύμφωνα με τις γνώσεις τους, τα πιστεύω και το περιβάλλον της εργασίας τους. Αυτό αποτελεί το πρώτο βήμα για να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να αναγνωρίσουν το μετασχηματιστικό τους ρόλο στη διαδικασία της εφαρμογής καινοτομιών, η οποία θα μπορούσε να μας βοηθήσει στο μέλλον στο να απευθύνονται σε αυτές με πιο κριτικό και λεπτομερή τρόπο.

Η ανάγκη για σωστό μετασχηματισμό της γνώσης από εκπαιδευτικούς, ώστε να τη διδάξουν, τονίζεται και από τους Duschl et al. (2007): «Για τη δημιουργία αποτελεσματικής διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες, οι εκπαιδευτικοί χρειάζεται να αναπτύξουν και να προσαρμόσουν διδακτικό υλικό, ώστε να σχεδιάσουν διδασκαλία που είναι κατάλληλη για τους μαθητές τους. Για να κάνουν αυτής της μορφής τις τροποποιήσεις, οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται γνώσεις Φυσικών Επιστημών, γνώση του πώς μαθαίνουν οι μαθητές Φυσικές Επιστήμες και κυρίως γνώση για τον τρόπο σχεδιασμού

αποτελεσματικής διδασκαλίας. Πολλοί εκπαιδευτικοί δεν κατέχουν ένα ή περισσότερους τομείς από αυτούς και χρειάζονται στήριξη για να τους αναπτύξουν.» (σελ. 344).

3.5.2. Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών για Ανάπτυξη της Ικανότητας της Μοντελοποίησης και για Διδασκαλία της σε Μαθητές

Οι εκπαιδευτικοί Φυσικών Επιστημών, προϋπηρεσιακοί και εν-υπηρεσία, κατέχουν μη επιστημονική και σχετικά ασταθή γνώση για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στις Φυσικές Επιστήμες (δες κεφάλαιο 3.2.4. για εκτενέστερη αναφορά στο θέμα). Σε σχέση με αυτή την πτυχή των Φυσικών Επιστημών οι Crawford και Cullin (2004) υποστηρίζουν ότι οι εκπαιδευτές (science educators) πρέπει να απευθυνθούν στο σημαντικό πρόβλημα του πώς να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς Φυσικών Επιστημών να αναπτύξουν επιστημονικά αποδεκτές ιδέες για τα μοντέλα για τη μοντελοποίηση.

Η ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης φαίνεται να είναι μία μακροπρόθεσμη και χαοτική διαδικασία που χαρακτηρίζεται από υψηλού επιπέδου αβεβαιότητα και μερική επιτυχία ή ακόμα και αποτυχία. Η σταδιακή εισαγωγή των μαθητών στη διαδικασία της μοντελοποίησης απαιτεί, ως απαραίτητη προϋπόθεση για επιτυχία, την ουσιαστική κατανόηση των πτυχών της μοντελοποίησης εκ μέρους των εκπαιδευτικών (Justi & Gilbert, 2002a). Χρειάζεται ο εκπαιδευτικός να έχει κατακτήσει όλες τις πτυχές της μοντελοποίησης και να έχει έγκυρη γνώση σε σχέση με τη φύση των μοντέλων και της μοντελοποίησης (Justi & Gilbert, 2003). Συχνά αυτό δε συμβαίνει και οι συνέπειες σχετίζονται με το ότι δεν προωθείται με τον κατάλληλο τρόπο η διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης, γεγονός που οδηγεί σε αποτυχημένες, αν υπάρχουν, προσπάθειες διδασκαλίας της.

Η ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης εκ μέρους των εκπαιδευτικών δεν αποτελεί όμως τη μοναδική προϋπόθεση για την αποτελεσματική διδασκαλία της δεξιότητας αυτής. Χρειάζεται οι εκπαιδευτικοί να μπορούν να αναπτύσσουν ακολουθίες δραστηριοτήτων, οι οποίες να στοχεύουν στην ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης, χρειάζεται, δηλαδή, να μπορούν να μετασχηματίζουν τη γνώση τους σε διδακτικές δραστηριότητες, που να βοηθούν τους μαθητές να αντεπεξέλθουν σε σχέση με αυτή την πολύπλοκη και χαοτική διαδικασία (Pinto et al., 2005; Sassi et al., 2005; Stylianidou et al., 2005; Viennot et al., 2005). Πέραν του σχεδιασμού των ακολουθιών δραστηριοτήτων, ένα άλλο απαραίτητο στοιχείο για την επιτυχία είναι η πρακτική εφαρμογή τους σε πραγματικό μαθησιακό περιβάλλον. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να

παροτρύνονται να εφαρμόζουν όχι μόνο τις δραστηριότητες που αναπτύσσουν από μόνοι τους, αλλά και παραδείγματα μαθημάτων ή δραστηριοτήτων που τους δίνονται (Van Driel & Verloop, 2002) με σκοπό, όχι την τυφλή εφαρμογή του, αλλά την άσκηση κριτικής που στοχεύει στη βελτίωση και τέλος την εφαρμογή του.

Είναι, επίσης, προτιμητέο να οργανώνονται οι εκπαιδευτικοί σε ομάδες ή δίκτυα όπου παρέχεται εκπαιδευτικό υλικό για τη διευκόλυνση και καθοδήγηση τους σε σχέση με το σχεδιασμό μαθημάτων που εστιάζουν στα μοντέλα και περιλαμβάνουν δραστηριότητες, όπως σύγκριση διαφορετικών μοντέλων για το ίδιο φαινόμενο, σχεδιασμό και αναθεώρηση μοντέλων στη βάση πειραμάτων που συμβαίνουν εντός τάξης κτλ. Σε τέτοιας μορφής δίκτυα βοηθά, επίσης, ο αναστοχασμός των μελών σε σχέση με τις διδακτικές τους εμπειρίες και η συζήτηση των προβλημάτων ή άλλων ενδιαφέροντων στοιχείων που προκύπτουν (Van Driel & Verloop, 2002).

3.6. Συνεργασία στη Μάθηση

Στο μέλλον, όταν θα μιλάμε για τη θεωρία της διδασκαλίας ή τη φιλοσοφία της διδασκαλίας, η διαλογική έννοια θα είναι αυτονόητη (Huttunen, 1995, στον Tella, 1998)

Η διαλογική ενυπάρχει σε περιστάσεις όπου άτομα συζητούν προσπαθώντας να καταλήξουν σε μια απόφαση (μέσω συμφωνίας ή διαφωνίας) συνήθως μέσα από συνεργασία στην ομάδα. Κατά αυτό τον τρόπο, το πιο πάνω απόσπασμα είναι καίριο και αφορά σε πολλές σημερινές εκπαιδευτικές ερευνητικές προσπάθειες που στοχεύουν στην ενσωμάτωση της συνεργασίας στη διδασκαλία με σκοπό την αποτελεσματικότερη μάθηση.

Οι προσπάθειες για αναμόρφωση της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες υποστηρίζουν τη συνεργασία ως συστατικό στοιχείο (Duschl et al., 2007), το οποίο διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη μάθηση, αφού με αυτό τον τρόπο η εκπαιδευτική διαδικασία προσομοιάζει στις καθημερινές πρακτικές της επιστημονικής εργασίας (Bozeman & Corley, 2004; Dunbar, 2001; Dunbar & Fugelsang, 2004; Latour, 1998). Για να συγκλίνουν σε νέες θεωρίες που να έχουν νόημα, οι επιστήμονες συνεργάζονται. Η επιστημονική συνεργασία έχει κοινά στοιχεία με την καθημερινή, ανεπίσημη αλληλεπίδραση, συμπεριλαμβανομένου και της χρήσης δομών εναλλαγής σειράς για τη διαπραγμάτευση νοήματος (Roschelle, 1992). Δεδομένου ότι μέσα από την επιστημονική διαδικασία οικοδόμησης νοήματος επέρχεται μάθηση, η διαδικασία πρέπει να θεωρείται ως κοινωνική, παρά ατομική δραστηριότητα (Dewey, 1932; Mead, 1934; Piaget, 1932; Vygotsky, 1978). Η κοινωνική οικοδόμηση της γνώσης έχει απασχολήσει την έρευνα και στην περιοχή της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Adams & Hamm, 1998; Driver, 1989; Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994a; Harskamp & Ding, 2006; Noss, Hoyles, Gurtner, Adamson, & Lowe, 2002; Orbach & Van Joolingen, 2004; Saab, van Joolingen, & van Hout-Wolters, 2005; Solomon, 1987; Van Eijl, Pilot, & De Voogd, 2005).

Κάποιοι ερευνητές αποδίδουν το αυξανόμενο ενδιαφέρον και την έντονη προσοχή για συνεργασία ανάμεσα στους μανθάνοντες στο γεγονός ότι τον τελευταίο καιρό αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της επιχειρησιακής ζωής (Akkerman, Van den Bossche, Admiraal, Gijsselaers, Segersb, Simons, & Kirschner, 2007), κάτι που αναπόφευκτα επηρεάζει την εκπαιδευτική πρακτική και εμποτίζεται στις εκπαιδευτικές δομές. Οι επιχειρήσεις στηρίζονται σε ομάδες για την αντιμετώπιση των υψηλών απαιτήσεων του περιβάλλοντος

και για την ουσιαστική και γρήγορη επίλυση καίριων καθημερινών προβλημάτων. Ουσιαστικά, τόσο οι επιχειρησιακές ομάδες όσο και οι εκπαιδευτικές ομάδες σχολικού περιβάλλοντος αντιμετωπίζουν τα ίδια προβλήματα, τα οποία σχετίζονται με την πρόκληση εγκαθίδρυσης κοινού πλαισίου αναφοράς, αντιμετώπισης ή εξάλειψης των διαφορών ή αποκλίσεων στην κατανόηση, διαπραγμάτευσης θεμάτων ατομικής ή συλλογικής δράσης, και επίτευξης κοινής κατανόησης (Barron, 2000). Συνεπώς, η μελέτη των ομάδων και της συνεργασίας στις ομάδες αποτελεί μία σημαντική περιοχή έρευνας (Crook, 1998), που αναγνωρίζει την ανάγκη για διαφοροποίηση ανάμεσα στη γνώση που οικοδομείται σε ομάδες (κοινωνική οικοδόμηση) και στη γνώση που οικοδομείται από το άτομο (ατομική οικοδόμηση). Αυτή η τάση στην έρευνα μπορεί να αποδοθεί στο μεγαλύτερο της βαθμό στην αύξηση του ενδιαφέροντος για την προοπτική της δουλειάς του Ρώσου ψυχολόγου Vygotsky (Daniels, 1996). Αυτή η προοπτική θεωρεί ότι τα άτομα οικοδομούν κατανόηση, όταν εμπλέκονται κοινωνικά, με τον εκπαιδευτικό και με τους συμμαθητές τους, σε συζητήσεις και δραστηριότητες κοινού ενδιαφέροντος. Η κοινωνική μάθηση αντιτίθεται στην προοπτική της ατομικής οικοδόμησης γνώσης, η οποία δίνει έμφαση στις φυσικές εμπειρίες στις οποίες εκτίθενται οι μαθητές και τα αποτελέσματά που έχει αυτό στη μάθηση.

3.6.1. Ορισμός Συνεργατικής Μάθησης

Αξίζει να σημειωθεί ότι από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τη συνεργασία στη μαθησιακή διαδικασία προκύπτει σύγχυση λόγω της εναλλακτικής χρήσης δύο εντελώς διαφορετικών όρων: *συνεργατική μάθηση* (collaborative learning) και *συνεταιριστική μάθηση* (cooperative learning) (Dillenbourg *et al.*, 1996). Συνεπώς, κρίνεται αναγκαία η διευκρίνιση των δύο όρων για διασφάλιση κοινής ορολογίας σε σχέση με το παρόν κείμενο.

Η διαφοροποίηση των δύο όρων (συνεργατική και συνεταιριστική μάθηση) αφορά κυρίως στην ύπαρξη ή όχι κοινού στόχου προς επίτευξη ανάμεσα στα μέλη μια συνεργαζόμενης ομάδας (Dillenbourg, 1999; Hoyles, Healy, & Pozzi, 1992; Kruger, 1993; Oxford, 1997; Oxford & Nyikos, 1997; Pozzi, healy, & Hoyles, 1993; Roschelle & Teasley, 1995). Με άλλα λόγια, η συνεργατική μάθηση αφορά σε διεκπεραίωση έργων κατά τα οποία τα μέλη της ομάδας προσπαθούν να απευθυνθούν σε ένα κοινό στόχο (Eraut, 1994; Hoyles *et al.*, 1992; McInnerney & Roberts, 2004; Oxford, 1997; Oxford & Nyikos, 1997; Panitz, 1997; Paulus, 2005; Pozzi *et al.*, 1993; Roschelle & Teasley, 1995). Η συνεταιριστική μάθηση αφορά στη διεκπεραίωση ενός έργου κατά το οποίο τα μέλη της ομάδας προσπαθούν να

απευθυνθούν το κάθε ένα σε ένα διαφορετικό στόχο (Dillenbourg, 1999; Hoyles *et al.*, 1992; Johnson & Johnson, 1990, 1999; Oxford, 1997; Oxford & Nyikos, 1997; Paulus, 2005; Pozzi *et al.*, 1993). Κατά τη συνεργατική μάθηση, ένας εκπαιδευτικός θέτει τους ίδιους στόχους για όλους τους μαθητές της ομάδας. Αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση της συνεταιριστικής μάθησης, η οποία στηρίζεται στο πρότυπο της κατανεμημένης γνωστικής.

Η παρούσα έρευνα εστιάζει στη συνεργατική μάθηση και υιοθετεί τον ορισμό των Roschelle και Teasley (1995) με κάποιες διαφοροποιήσεις (μαύρα χοντρά γράμματα): *Η συνεργασία είναι μία συντονισμένη σύγχρονη ή ασύγχρονη (μέσω διαδικτύου) δραστηριότητα, αποτέλεσμα συνεχούς προσπάθειας για οικοδόμηση και διατήρηση κοινής αντίληψης για το πρόβλημα και κατασκευή νοήματος, μέσω των διεργασιών λύσης προβλήματος.*

3.6.2. Συνεργατική Μάθηση: Κοινωνική Οικοδόμηση της Γνώσης

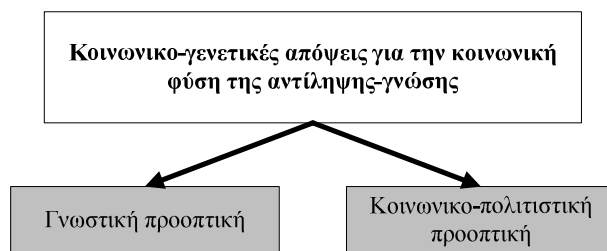
Η συμβατική προσέγγιση στη διδασκαλία εμπλέκει το μαθαίνοντα σε μία διαδικασία αλληλεπίδρασης με τον εκπαιδευτικό, κατά την οποία ο τελευταίος παρεμβαίνει, όταν δημιουργούνται προβλήματα για να βοηθήσει στη λύση τους. Η έρευνα υποδεικνύει ότι η συνεργασία ανάμεσα στους μαθαίνοντες επιφέρει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα που προωθούν την εννοιολογική αλλαγή και καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με την ατομική διδασκαλία και μάθηση, είτε αυτό συμβαίνει σε συμβατικά μαθησιακά περιβάλλοντα (πρόσωπο με πρόσωπο), είτε σε υπολογιστικά-διαδικτυακά περιβάλλοντα (εξ αποστάσεως) (Alavi & Dufner, 2005; Barron *et al.*, 1998; Harskamp & Ding, 2006; Hiltz & Goldman, 2005; Hogan, 1998; Hoyles *et al.*, 1992; Hoyles, Healy, & Pozzi, 1994; Krajcik *et al.*, 1994; Lumpe & Staver, 1995; Pozzi *et al.*, 1993; Shachar & Sharan, 1994; Springer, Stanne, & Donovan, 1999; Tao, 2004; Tao & Gunstone, 1999; Van Eijl *et al.*, 2005). Όταν οι μαθαίνοντες συνεργάζονται με ένα κοινό σκοπό, βελτιώνονται ως προς (α) την ικανότητά τους για εξήγηση του συλλογισμού τους (Cohen, 1994; Webb, Troper, & Fall, 1995), (β) την οικοδόμηση κοινής γνώσης (Coleman, 1998), (γ) την παρατήρηση των στρατηγικών των υπόλοιπων μελών της ομάδας (Azmitia, 1988), (δ) τη χρήση κοινών στρατηγικών ελέγχου των λύσεων που προτείνονται από την ομάδα (Schoenfeld, 1989), και (ε) την επιχειρηματολογία (Amigues, 1988; Phelps & Damon, 1989).

Παρόλες τις συγκριτικές ερευνητικές προσπάθειες που υποδεικνύουν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα υπέρ της συνεργατικής μάθησης, υπάρχουν και (λιγότερες) έρευνες που υποστηρίζουν το αντίθετο βασιζόμενοι στο ότι (α) η συνομιλία εντός των ομάδων

καταλήγει να είναι εκτός έργου (off task) και (β) δεν προωθείται τελικά οικοδομιστική μάθηση (Bennett & Cass, 1989; Galton, Simon, & Croll, 1980; Häkkinen, Järvelä, & Byman, 2001; Lehtinen *et al.*, 1998; Maloney & Simon, 2006; Rojas-Drummond & Mercer, 2003; Strijbos, Martens, Jochems, & Broers, 2004).

Αυτά τα αλληλοσυγκρουόμενα αποτελέσματα οφείλονται κυρίως, σύμφωνα με τους Dillenbourg *et al.* (1996), στο είδος της έρευνας. Σύμφωνα με αυτούς τους ερευνητές, η έρευνα σε σχέση με τη συνεργατική μάθηση αναπτύχθηκε μέσα από τρία ερευνητικά παραδείγματα που διαφέρουν στον αριθμό και τον τύπο των μεταβλητών που λαμβάνουν υπόψη τους: το παράδειγμα των επιδράσεων, το παράδειγμα των προϋποθέσεων και το παράδειγμα των αλληλεπιδράσεων των μεταβλητών. Τα αλληλοσυγκρουόμενα αποτελέσματα σε σχέση με την αποτελεσματικότητα της συνεργατικής μάθησης σε σύγκριση με την παραδοσιακή προέκυψαν από το πρώτο παράδειγμα, αυτό των επιδράσεων, μέσα από οποίο κυριαρχούν περισσότερο τα θετικά αποτελέσματα (Slavin, 1983; Webb, 1991). Αυτός είναι και ο λόγος που ακολούθησαν τα άλλα δύο ερευνητικά παραδείγματα και αφορούσαν σε προϋποθέσεις όπως το μέγεθος ή τη σύνθεση ομάδας, οι οποίες πρέπει να συμβαίνουν (το παράδειγμα των προϋποθέσεων) και στις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις μεταβλητές (το παράδειγμα των αλληλεπιδράσεων), για να είναι αποτελεσματική η συνεργατική μάθηση.

Υποστηρικτική ως προς τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η συνεργατική μάθηση, σε σχέση με την ατομική μάθηση, φαίνεται να είναι η συζήτηση που γίνεται γύρω από την εννοιολογική αλλαγή και τη φύση της, και συγκεκριμένα ανάμεσα στην τάση για γνωστική ή κοινωνικοπολιτιστική προσέγγιση στη μάθηση. Οι παραδοσιακές απόψεις για την εννοιολογική αλλαγή (γνωστική προοπτική) δέχονται κριτική από την κοινωνικοπολιτιστική προσέγγιση για διδασκαλία και μάθηση (Mason, 2007). Οι Akkerman *et al.* (2007), εντοπίζοντας τη σημασία της έρευνας για τη συνεργατική μάθηση, ανέλυσαν τις διαφορετικές αντιλήψεις που υπάρχουν στη βιβλιογραφία για την κοινωνική αντίληψη, μελετώντας ένα σημαντικό αριθμό ερευνών που διεκπεραιώθηκαν σε σχέση με τη συνεργατική μάθηση. Εντόπισαν μπερδεύματα ως προς τον τρόπο που γίνεται αντιληπτή η σχέση του ατόμου προς το σύνολο και προσπάθησαν να δώσουν τη δική τους εξήγηση (Διάγραμμα 17).



Διάγραμμα 17. Η Φύση της Κοινωνικής Αντίληψης (Akkerman et al., 2007)

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 17, η φύση της κοινωνικής αντίληψης μπορεί να γίνει αντιληπτή είτε μέσα από τη γνωστική, είτε μέσα από την κοινωνικο-πολιτιστική προοπτική της μάθησης. Η γνωστική προοπτική της μάθησης διαχωρίζει την κοινωνική αντίληψη και θεωρεί τη μάθηση ως διαδικασία απόκτησης γνώσης, ενώ η κοινωνικοπολιτιστική προοπτική τείνει προς τη συγχώνευση της κοινωνικής αντίληψης και θεωρεί τη μάθηση ως διαδικασία ένταξης του ατόμου σε μία κοινότητα. Η πρώτη προσέγγιση θεωρεί το άτομο αυτόνομο, ενεργό και ικανό να οικοδομεί προσωπική κατανόηση για τον περιβάλλοντα κόσμο. Ο κοινωνικός κόσμος γύρω από το άτομο αποτελεί ένα σύνολο περιεχομένων, όπου δρα το άτομο. Από την άλλη, η κοινωνικοπολιτιστική προσέγγιση θεωρεί το άτομο ως συμμετέχοντα σε κοινωνικές πρακτικές, στις οποίες αλληλεπιδρά με άλλα άτομα, με το υλικό και με συστήματα αναπαράστασης. Σε ένα ειδικό τεύχος του περιοδικού “Educational Psychologist” οι Alexander (2007), Greeno και van de Sande (2007), Hallden, Haglund και Stromdahl (2007), Mason (2007), Mercer (2007), Murphy (2007) και Vosniadou (2007) πραγματεύονται το κατά πόσο είναι εφικτή η γεφύρωση των δύο προσεγγίσεων στην έρευνα για την εννοιολογική αλλαγή. Όλοι οι συγγραφείς καταλήγουν στο ότι οι δύο προοπτικές δεν πρέπει να μελετώνται σε απομόνωση. Χρειάζεται να λάβει κανείς υπόψη τα πλεονεκτήματα και των δύο προσεγγίσεων και, συνεπώς, κατά τη μελέτη της εννοιολογικής αλλαγής η μονάδα ανάλυσης δεν πρέπει να είναι το άτομο, αλλά η δραστηριότητα του ατόμου που ενυπάρχει σε ένα φυσικό και κοινωνικό συνεργατικό περιβάλλον, στο οποίο ισχύουν συμβολικές δομές, εσωτερικές και εξωτερικές.

Αυτά τα αποτελέσματα έχουν τις ρίζες τους στη θεωρία του Vygotsky (1962), σύμφωνα με την οποία οι γνωστικές ικανότητες δημιουργούνται μέσω της αλληλεπίδρασης του ατόμου με το περιβάλλον και συνεπώς οι μαθητές μπορούν να εργαστούν σε υψηλότερα διανοητικά επίπεδα, όταν τους ζητείται να εργαστούν σε συνεργατικές περιστάσεις παρά όταν τους ζητείται να εργαστούν ατομικά. Κατά τη διαδικασία οικοδόμησης νοήματος, που συμβαίνει μέσα από την αλληλεπίδραση του ατόμου με επιδεξιότερους συντρόφους, ιδιαίτερη σημασία διαδραματίζει η στήριξη (scaffolding) που δέχεται το άτομο από το περιβάλλον του (εκπαιδευτικό ή γονείς). Αυτή η στήριξη της μάθησης (scaffolding of

learning), αν επαναληφθεί και σε άλλα έργα, καθιστά το άτομο ικανό να λύνει προβλήματα με ελάχιστη ή καθόλου βοήθεια. Η διαδικασία του μετασχηματισμού των κοινωνικών διεργασιών σε ψυχολογικές (ατομικές), με σκοπό τη δημιουργία πλαισίου εσωτερικών διεργασιών, ονομάζεται, σύμφωνα με τον Vygotsky, εσωτερίκευση (Lave & Wenger, 1996). Ενώ ο Vygotsky εστίασε στους ικανότερους άλλους, και συγκεκριμένα τους ενήλικες, οι Forman και Cazden (1985) προέκτειναν αυτή την ιδέα θεωρώντας ότι η αλληλεπίδραση θα ήταν καλό να συμβαίνει ανάμεσα σε άτομα ίσων δυνατοτήτων, ηλικίας και γνώσεων. Ανάμεσα σε συμμαθητές, για παράδειγμα, οι οποίοι διαπραγματεύονται και καθοδηγούν ο ένας τον άλλο στην πορεία μιας δραστηριότητας και μπορούν να αναπτύξουν κοινή κατανόηση κατά τη διαδικασία διερεύνησης και διευκρίνισης της φύσης του προβλήματος.

Ένα άλλο συστατικό στοιχείο στη θεωρία του Vygotsky είναι η *Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης (ZEA) (Zone of Proximal Development)*, η απόσταση, δηλαδή, ανάμεσα στο πραγματικό επίπεδο ανάπτυξης, όπως αυτό καθορίζεται από μια ανεξάρτητη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, και στο επίπεδο της δυνητικής ανάπτυξης, όπως αυτό καθορίζεται από τη λύση προβλημάτων, υπό την καθοδήγηση ή σε συνεργασία με πιο επιδέξιους συντρόφους. Ο Vygotsky τόνισε, επιπλέον, ότι η συνεργατική μάθηση, είτε ανάμεσα στους μαθητές, είτε ανάμεσα στους μαθητές και στον εκπαιδευτικό, είναι ουσιαστική για την προώθηση της ανάπτυξης της ZEA του κάθε μαθητή, που αποτελεί το κενό ανάμεσα στο τι μπορεί να κατακτήσει από μόνος του και σε αυτό που μπορεί να κατακτήσει σε συνεργασία με άλλους που είναι πιο έμπειροι ή επιδέξιοι από εκείνον (Warschauer, 1997). Συνεπώς, ως τέτοια, η ZEA παρέχει το σκηνικό, στο οποίο το κοινωνικό και το ατομικό επίπεδο συνενώνονται, κάτι που συνάδει με την άποψη ότι κάθε λειτουργία στην πολιτισμική ανάπτυξη του παιδιού παρουσιάζεται δύο φορές ή σε δύο επίπεδα (Daniels, 1996). Αρχικά, παρουσιάζεται στο κοινωνικό επίπεδο και ακολούθως στο ψυχολογικό (Minick, 1996). Αυτό το γεγονός αναδεικνύει τη σημασία των νοητικών διεργασιών που συμβαίνουν ανάμεσα σε άτομα και τις επανατοποθετεί ως παράγωγο αυτών που συμβαίνουν ανάμεσα σε άτομα σε κοινωνικές συνθήκες (Vygotsky, 1962, 1978). Η συνεργασία ανάμεσα σε άτομα των ίδιων περίπου ικανοτήτων υποστηρίζει την ιδέα του βέλτιστου μεγέθους της «γνωστικής απόστασης» ανάμεσα στους μαθητές μιας ομάδας, εφόσον υποστηρίζει τη σημασία εγκαθίδρυσης μιας αρχικής κοινής κατανόησης, καθώς επίσης και της διατήρησης και ανάπτυξης αυτής της κατανόησης κατά την επικοινωνία.

3.6.3. Μοντέλα και Περιβάλλοντα Εφαρμογής της Συνεργασίας στη Μάθηση

Η εφαρμογή των αρχών της κοινωνικής μάθησης οδηγεί σε πολλαπλούς και διαφορετικούς τρόπους έκφρασης της συνεργασίας στην τάξη, σε διαφορετικά, δηλαδή, μοντέλα συνεργασίας ή περιβάλλοντα συνεργατικής μάθησης. Τα περισσότερα μοντέλα αφορούν σε διαδικτυακή ή μικτή (διαδικτυακή και πρόσωπο με πρόσωπο) συνεργασία. Ακολουθεί σύντομη περιγραφή δέκα διαφορετικών μοντέλων ή περιβαλλόντων.

Το μαθησιακό περιβάλλον *Knowledge Forum* αποτελεί μετεξέλιξη του προγράμματος *CSILE (Computer Supported Intentional Learning Environments)* (Scardamalia et al., 1994) και σχεδιάστηκε για (α) να δώσει πρόσβαση σε όλους τους συμμετέχοντες σε προηγμένες διαδικασίες γνώσης, (β) να προωθήσει τη δημιουργία και τη συνεχή βελτίωση κοινών κατασκευασμάτων ή γνώσης της κοινότητας, και (γ) να παρέχει ένα χώρο στην κοινότητα για μεταφορά αυτής της συνεργατικής οικοδόμησης γνώσης. Σήμερα, το CSILE/*Knowledge Forum* αποτελεί ένα ηλεκτρονικό χώρο εργασίας ομάδων που υποστηρίζει τη διαδικασία της οικοδόμησης γνώσης (knowledge building). Παρόλα αυτά, δεν είναι απλώς ένα υπολογιστικό περιβάλλον. Το εργαλείο συζητήσεων, για παράδειγμα, του *Knowledge Forum*, που περιλαμβάνει τη συνιδιοκτησία σημειώσεων και ιδεών, διαφέρει πολύ από το εργαλείο ασύγχρονων συζητήσεων (discussion board) άλλων υπολογιστικών περιβαλλόντων. Μέσα από το *Knowledge Forum*, οποιοσδήποτε αριθμός ατόμων και ομάδων μπορούν να μοιραστούν πληροφορίες, να ξεκινήσουν συνεργατικές διερευνήσεις και να χτίσουν δίκτυα νέων ιδεών μαζί. Γενικότερα, αποτελείται από μία συλλογή δραστηριοτήτων (π.χ. συλλογή πληροφοριών, προγραμματισμός, κτλ) γύρω από ένα θέμα που επιλέγουν τα παιδιά ανάλογα με τα ενδιαφέροντα τους. Οι μαθητές εμπλέκονται σε αυτές τις δραστηριότητες, καταγράφουν πληροφορίες σε μία κοινή βάση δεδομένων, η οποία τρέχει ταυτόχρονα σε δικτυωμένους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, και ασκούν κριτική ο ένας στις σημειώσεις του άλλου. Απώτερος στόχος είναι ο εμπλουτισμός της κοινής γνώσης στην κοινωνία των μαθητών. Οι Rahikainen, Lallimo, και Hakkarainen (2001) χρησιμοποίησαν το περιβάλλον CSILE για να εφαρμόσουν ένα μάθημα βιολογίας, το οποίο στηρίχθηκε στις αρχές της προοδευτικής διερεύνησης (progressive inquiry), στο συγκεκριμένο της προσαρμογής των ειδών σε επίπεδο δημοτικού σχολείου. Οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά, σε δυάδες ή τριάδες, ανάλογα με τις δικές τους προτιμήσεις. Αφιέρωσαν περίπου δέκα ώρες για να μοιραστούν τις γνώσεις τους μέσα από το CSILE και τις υπόλοιπες 11 στην τάξη ή στη βιβλιοθήκη, όπου έψαχναν πληροφορίες από βιβλία ή από το διαδίκτυο σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα που έθεσαν οι ίδιοι.

Οι μαθητές ανέπτυξαν τα δικά τους ερευνητικά ερωτήματα, οικοδόμησαν θεωρίες, αξιολόγησαν διάφορες αυθόρμητες αντιλήψεις που δημιουργήθηκαν, αναζήτησαν νέες επιστημονικές πληροφορίες και αναθεώρησαν τις υποθέσεις τους, καθώς επίσης και τα ερευνητικά τους ερωτήματα.

Το *CoVis (Learning through Collaborative Visualization)* (Edelson, Pea, & Gomez., 1995) είναι ένα άλλο συνεργατικό περιβάλλον, το οποίο δίνει έμφαση στο μετασχηματιστικό ρόλο της επικοινωνίας ως ουσιαστικού συστατικού της μάθησης. Απώτερος σκοπός του περιβάλλοντος είναι η παροχή εργαλείων στήριξης των μαθητών, ώστε οι τελευταίοι να εμπλακούν σε πολύπλοκες επιστημονικές διαδικασίες, χρησιμοποιώντας επιστημονικά εργαλεία εποπτικοποίησης. Παρόμοια με τις επιστημονικές κοινότητες μάθησης (scientific communities of practice), το CoVis σχεδιάστηκε για να στηρίζει σύγχρονη και ασύγχρονη επικοινωνία τόσο τοπικά όσο και σε απόσταση. Η σύγχρονη επικοινωνία συμβαίνει μέσω τηλεδιάσκεψης, κυρίως ανάμεσα στους μαθητές και στους ερευνητές, ενώ η ασύγχρονη επικοινωνία μέσα από την ενοποιημένη χρήση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή των χώρων ασύγχρονης συζήτησης, και μέσα από ένα εργαλείο που ονομάζεται συνεργατικό τετράδιο (Collaboratory Notebook) (Edelson & O'Neill, 1994). Το συνεργατικό τετράδιο αποτελεί μία δικτυωμένη βάση δεδομένων, όπου οι μαθητές καταγράφουν τον προγραμματισμό τους, τα δεδομένα τους και τις αναλύσεις των δεδομένων τους, στοιχεία, στα οποία μπορούν αργότερα να εξασκήσουν κριτική ή να αξιολογήσουν άλλα μέλη της κοινότητας.

Το *SPLACH (Support d' une Pedagogie de Projet pour L' Apprentissage Collectif Human)* (George, 2002) αποτελεί ένα άλλο περιβάλλον που ενοποιεί διάφορα εργαλεία ομαδικών δραστηριοτήτων. Τα μαθήματα που εφαρμόζονται στο πλαίσιο του SPLACH μπορούν να χρησιμοποιήσουν σύγχρονα και ασύγχρονα εργαλεία επικοινωνίας, να αναπτύξουν κοινό χώρο εργασίας συνεργαζόμενων μαθητών ή να χρησιμοποιήσουν το εργαλείο προγραμματισμού ή/και το εργαλείο τεκμηρίωσης. Το περιβάλλον αυτό στοχεύει στην ενοποιημένη χρήση αυτών των εργαλείων για διευκόλυνση της μάθησης, καθώς και για εύκολη ανάλυση των ομαδικών δραστηριοτήτων και της συνεργασίας που συμβαίνει εντός αυτών, με σκοπό την παροχή στήριξης στις ομάδες και συνεπώς στους τελικούς χρήστες.

Το *ICSS (Intelligent Collaborative Support System)* (Aiken, Bessagnet, & Israel, 2005) είναι ένα διαδικτυακό σύστημα στήριξης της συνεργατικής προσπάθειας μέσα από δυναμική ανάλυση της συνεργατικής διαδικασίας. Το σύστημα ελέγχει την ικανότητα των

μαθητών για συζήτηση μέσα από το εργαλείο εισήγησης προτάσεων (sentence opener) και λέξεων κλειδιά. Με αυτό το εργαλείο οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να επιλέξουν από ένα μενού τις εισαγωγικές προτάσεις ή κάποιες λέξεις κλειδιά που θα χρησιμοποιήσουν κατά τη συζήτηση, στην οποία θα συμμετέχουν. Επιπλέον, γίνεται έλεγχος των ατομικών και ομαδικών μοντέλων και των αρχείων της βάσης δεδομένων που οικοδομούν οι μαθητές. Το περιβάλλον εμπερικλείει δύο συστατικά, ένα ευφύες σύστημα στήριξης της συνεργατικής μάθησης (intelligent collaborative support system) και ένα κοινό χώρο δραστηριοτήτων (the Tulka whiteboard). Ο συνδυασμός των δύο επιτρέπει στους μαθητές να συνεργάζονται σε συγκεκριμένα έργα, καθώς και να λαμβάνουν ανατροφοδότηση σε σχέση με τη συνεργασία, ενώ εργάζονται μαζί. Σύμφωνα με τους Johnson και Johnson (1999) οι ομάδες που δημιουργούνται σε ένα μάθημα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε ψευδο-ομάδες (τα άτομα μπαίνουν σε ομάδες αλλά δεν εργάζονται μαζί), παραδοσιακές ομάδες τάξης (τα άτομα αποδέχονται ότι θα εργάζονται μαζί, αλλά δεν αναγνωρίζουν το όφελος να το κάνουν), συνεργατικές ομάδες μάθησης (τα μέλη της ομάδας αναλαμβάνουν την ευθύνη ατομικά και για την ομάδα ως ολότητα) και υψηλής απόδοσης συνεργατικές ομάδες (ικανοποιεί όλα τα κριτήρια της συνεργατικής ομάδας, αλλά υπερτερεί σε σχέση με αυτή). Με τη χρήση του ICSS οι ομάδες κατηγοριοποιούνται δυναμικά και κατευθύνονται προς την υψηλής απόδοσης συνεργατική ομάδα με θετική αλληλεπίδραση, όπου τα μέλη δεσμεύονται για μεγιστοποίηση της μάθησης όλων (Aiken et al., 2005).

Η διαδικτυακή πλατφόρμα μάθησης και διδασκαλίας *ΣΤΟΧΑΣΜΟΣ* (Kyza & Constantinou, 2007) είναι ένα διαδικτυακό περιβάλλον για καλλιέργεια επιστημονικής σκέψης μέσα από αυθεντικές διερευνήσεις. Η ανάπτυξη του συστήματος βασίστηκε σε υπάρχουσα γνώση γύρω από το Χαρτοφυλάκιο Προόδου (Progress Portfolio) (Loh, Radinsky, Reiser, Gomez, Edelson, & Russell, 1997), ένα λογισμικό υποστήριξης διερευνήσεων, το οποίο αναπτύχθηκε στο πανεπιστήμιο Northwestern (<http://www.progressportfolio.northwestern.edu>). Το περιβάλλον επιτρέπει την απομόνωση και επεξεργασία επιστημονικών δεδομένων, τα οποία προέρχονται από διάφορες πηγές. Παράλληλα, υποστηρίζει την αυτόνομη συνεργατική διερώτηση εκ μέρους των μαθητών παρέχοντας δυνατότητες επιλογής και οργάνωσης των δεδομένων και ενσωματώνοντας ένα χώρο εργασίας για αναστοχασμό. Το σύνθετο μαθησιακό περιβάλλον του *ΣΤΟΧΑΣΜΟΥ* αποτελείται από δύο μέρη: το *περιβάλλον διερεύνησης* και το *φάκελο εργασίας*. Ο Φάκελος εργασίας είναι ο χώρος, όπου οι μαθητές μπορούν να οργανώσουν και να ερμηνεύσουν στοιχεία από το περιβάλλον διερεύνησης. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες, τις οποίες δημιουργεί ο εκπαιδευτικός μέσα από το σύστημα. Ο εκπαιδευτικός

μπορεί να αναθέσει μέλη σε ομάδες και να δημιουργήσει κωδικούς για αυτά. Επιπλέον, μπορεί να συνδυάσει τους μαθητές ή τις ομάδες με άλλους μαθητές ή ομάδες. Μπορούν να συνδεθούν μαθητές εντός μίας τάξης, αλλά και μαθητές διαφορετικών τάξεων, οι οποίες συνεργάζονται. Πέραν τούτου, οι μαθητές μπορούν να συνεργαστούν ασύγχρονα στο χώρο ασύγχρονης συζήτησης (*Forum*) ή σύγχρονα χρησιμοποιώντας το χώρο σύγχρονης συζήτησης (*chat room*). Επιπλέον, στο χώρο κοινοποίησης εργασιών (*WorkSpace sharing*) οι μαθητές μπορούν να παρέχουν και να λάβουν ανατροφοδότηση από άλλες ομάδες μαθητών σε σχέση με τη δουλειά τους. Οι Kyza, Michael, και Constantinou (2007) χρησιμοποίησαν το περιβάλλον του ΣΤΟΧΑΣΜΟΥ με μαθητές δημοτικού σχολείου (ηλικίας 11-12 χρονών), οι οποίοι είχαν το ρόλο επιστημόνων που έπρεπε να διερευνήσουν το πρόβλημα του μαζικού θανάτου των Φλαμίνγκο στην Αλυκή Λάρνακας. Οι μαθητές έπρεπε να καταγράψουν τις υποθέσεις τους γύρω από το θάνατο των Φλαμίνγκο, να εξετάσουν όλα τα επιστημονικά ή άλλα στοιχεία που είχαν στη διάθεσή τους, να απομονώσουν τα στοιχεία, τα οποία μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως τεκμήρια και να ετοιμάσουν μία πειστική εξήγηση προς το Τμήμα Αλιείας, στην οποία θα εξηγούσαν του λόγους που οδήγησαν στο θάνατο των πτηνών, καθώς επίσης και να απορρίψουν εναλλακτικές εξηγήσεις. Κατά τη διάρκεια της διερεύνησης οι μαθητές εργάζονταν σε ομάδες των δύο ή τριών ατόμων, έδιναν ανατροφοδότηση σε άλλες ομάδες μέσα από το χώρο κοινοποίησης εργασιών και αντάλλασαν απόψεις για διάφορα θέματα που τους απασχολούσαν είτε μέσα από το χώρο της σύγχρονης συζήτησης, είτε μέσα από το χώρο ασύγχρονης συζήτησης. Ο εκπαιδευτικός παρείχε ανατροφοδότηση στην κάθε ομάδα, τόσο κατά τη διάρκεια των μαθημάτων (πρόσωπο με πρόσωπο), όσο και μέσω του Φακέλου Εργασίας ξεχωριστά σε κάθε ομάδα. Με το πέρας της διερεύνησης η κάθε ομάδα παρουσίαζε και συζητούσε την τελική της εισήγηση στις υπόλοιπες ομάδες (Λυμπουρίδου & Σεβαστίδου, 2007).

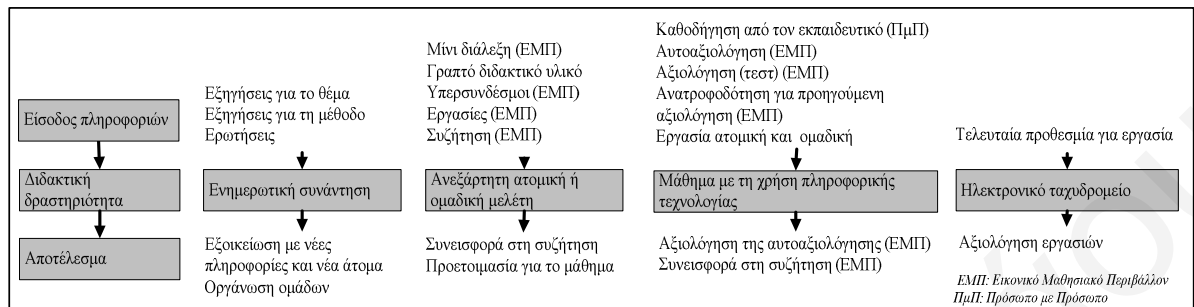
Το Σύστημα Διαχείρισης Μάθησης *Blackboard Learning System* (www.blackboard.com) (Bradford, Porciello, Balkon, & Backus, 2007) αποτελεί ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον για διαδικτυακή ή μικτή συνεργατική μάθηση με στοιχεία που περιλαμβάνουν (α) συνομιλία ελεύθερης μορφής, διδασκαλία μέσω άμεσης συνομιλίας, συνομιλίες τύπου ερώτηση-απάντηση, ασύγχρονους χώρους συνομιλίας κτλ, (β) ενσωματωμένο ημερολόγιο και προγραμματιστή συναντήσεων, καθώς επίσης και εργαλείο ανακοινώσεων και (γ) μηνύματα Blackboard, τα οποία διευκολύνουν την επικοινωνία ανάμεσα σε χρήστες του Blackboard χωρίς τη χρήση του εξωτερικού ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Το Blackboard Learning System αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα σύγχρονα εμπορικά Συστήματα

Διαχείρισης Μάθησης Οι εικονικές τάξεις και τα φόρουμ συζητήσεων του Blackboard παρέχουν ένα πλούσιο, πολυλειτουργικό περιβάλλον τόσο για σύγχρονη, όσο και για ασύγχρονη επικοινωνία. Παρέχει ένα δυναμικό περιβάλλον για αλληλεπίδραση ανάμεσα σε ολόκληρη την τάξη, μικρές ομάδες ή επικοινωνία ενός προς ένα.

Το *Belvedere* (<http://lilt.ics.hawaii.edu/belvedere/>) είναι ένα συνεργατικό περιβάλλον προώθησης της εκμάθησης της διαδικασίας της επιστημονικής επιχειρηματολογίας. Η κύρια λειτουργία του αφορά σε ένα κοινό χώρο εργασίας για οικοδόμηση *διαγραμμάτων διερεύνησης*, τα οποία συνδέουν δεδομένα και υποθέσεις με αποδεικτικές σχέσεις συνέπειας και ασυνέπειας. Το λογισμικό περιλαμβάνει, επίσης, εκπαιδευτές τεχνητής νοημοσύνης που παρέχουν συμβουλές και ευκαιρίες για σύγχρονη μη δομημένη συζήτηση. Σε αυτό το μαθησιακό περιβάλλον ένα εργαλείο καθοδηγεί τη συνεργατική μαθησιακή αλληλεπίδραση και επικοινωνία για εξωτέρικευση της γνώσης.

Οι Van Eijl *et al.* (2005) εφάρμοσαν ένα μοντέλο συνεργατικής μάθησης στο πλαίσιο ενός μικτού διαδικτυακού περιβάλλοντος. Το μάθημα που εφαρμόστηκε και αφορούσε στη λογοτεχνία του 18^{ου} αιώνα, περιλάμβανε στοιχεία όπως (α) πληροφοριακές διαλέξεις, που παρείχαν κυρίως πληροφορίες παρεμφερείς και συμπληρωματικές ως προς το περιεχόμενο του μαθήματος, όπως για παράδειγμα το κλίμα της περιόδου κατά την οποία έζησαν οι συγγραφείς των βιβλίων που θα μελετούνταν τη συγκεκριμένη περίοδο, και (β) συμβουλές και κατευθυντήριες γραμμές από τον εκπαιδευτικό σε σχέση με τα κεντρικά σημεία στο διάβασμα των βιβλίων και σε σχέση με την ανάλυσή τους. Αρχικά οι φοιτητές δημιούργησαν τις ομάδες τους και ενημέρωσαν τους εκπαιδευτικούς για τις επιλογές τους. Ακολούθησαν οι ατομικές και συνεργατικές εργασίες, κατά τις οποίες οι φοιτητές διάβασαν τα βιβλία, συμπλήρωσαν ατομικά ένα τεστ, το οποίο ανέβασαν στο ΕΠΜ και εργάστηκαν ατομικά ή ομαδικά για την ολοκλήρωση της εργασίας τους. Ακολούθησε ένα μάθημα στον υπολογιστή, κατά το οποίο οι φοιτητές συνέχισαν να εργάζονται για τις εργασίες τους. Οι εργασίες έπρεπε να αποστέλλονται στον εκπαιδευτικό μέσω του ΕΠΜ. Ο εκπαιδευτικός βαθμολογούσε τις εργασίες και κατέγραφε τα αποτελέσματα στα αρχεία των φοιτητών στο ΕΠΜ. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα μέλη μιας ομάδας λάμβαναν κοινό βαθμό και ο κάθε φοιτητής είχε πρόσβαση στα δεδομένα και τα αποτελέσματα μέσω του περιβάλλοντος. Κάθε βδομάδα στην ασύγχρονη συζήτηση, ο εκπαιδευτικός σχολίαζε τα αποτελέσματα κοινοποιώντας μία γενική ανατροφοδότηση για τις εργασίες. Οι ερευνητές έδωσαν την ευκαιρία στους φοιτητές να επιλέξουν ανάμεσα στη συνεργατική ή την ατομική διαδικασία μάθησης και εντόπισαν ότι το διδακτικό μοντέλο

που χρησιμοποιήσαν ήταν λειτουργικό για τους φοιτητές που το παρακολούθησαν και περισσότερο επιτυχημένο από μαθήματα του ίδιου περιεχομένου που εφαρμόζονται με τον παραδοσιακό τρόπο (διάλεξη). Η δομή του μαθήματος φαίνεται στο Διάγραμμα 18.



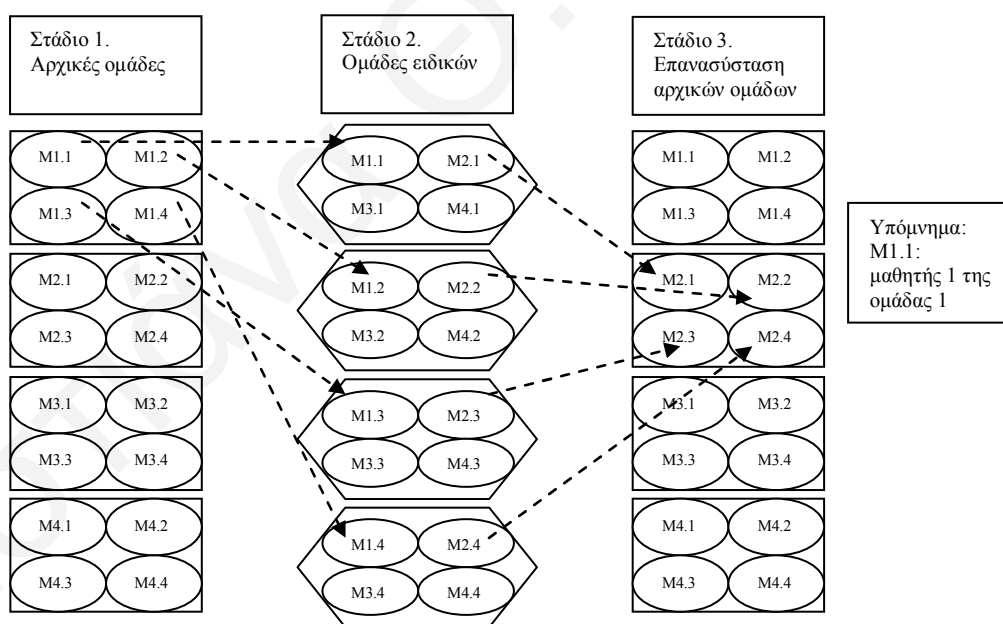
Διάγραμμα 18. Αναπαράσταση του Μαθήματος των Van Eijl et al. (2005)

Οι Nakakoji, Ohira, Takashima, και Yamamoto (2007), χρησιμοποίησαν την προσέγγιση της *κατάρρευσης (breakdown)*, για να εφαρμόσουν την ιδέα της συνεργασίας στη μάθηση. Η κατάρρευση δε συνεπάγεται μία αρνητική διαδικασία που πρέπει να αποφεύγεται, αλλά μία κατάσταση που δεν είναι φανερή και κατά την οποία η αναγνώριση του ότι κάτι λείπει, οδηγεί στη φανέρωση κάποιων πτυχών των εργαλείων που χρησιμοποιούνται. Η έρευνα έλαβε χώρα στο πλαίσιο ενός ΕΠΜ και είχε ως δείγμα μία ομάδα σχεδιαστών κουζινών. Αρχικά οι σχεδιαστές συσχέτιζαν μία ή περισσότερες λέξεις με εικόνες κουζινών που τους δόθηκαν. Ακολούθως, συναντιούνταν σε ένα κοινό χώρο του περιβάλλοντος όπου παρουσιάζονταν οι αναπαραστάσεις που δημιουργήθηκαν από τους ίδιους. Όπου υπήρχε διαφορά στις αναπαραστάσεις ακολουθούσε συζήτηση για αντιμετώπιση της διαφοράς. Η συζήτηση οδηγούσε συχνά σε περιπτώσεις κατάρρευσης. Γενικότερα, τα μέλη της ομάδας καλούνταν να συσχετίσουν έννοιες από δύο σύνολα. Τότε το σύστημα παρείχε αλληλεπιδραστικές διαπροσωπείες που εποπτικοποιούσαν τις σχέσεις ανάμεσα στα δεδομένα των δύο συνόλων (αντικείμενα από το ένα σύνολο και αντικείμενα από το άλλο σύνολο) σε σχέση με τα άτομα. Η εποπτικοποίηση προκαλούσε κατάρρευση κατά τη διάρκεια μιας ομαδικής συζήτησης, κάνοντας τα μέλη της ομάδας να αποκτήσουν γνώση ο ένας για τον άλλο και καταλήγοντας σε νέα κατανόηση για το πρόβλημα, για τις λύσεις και για τη γλώσσα που χρησιμοποιούν τα μέλη για να επικοινωνήσουν.

Ένα μοντέλο έκφρασης της συνεργασίας στην τάξη είναι η μέθοδος της *συνεργατικής συναρμολόγησης (jigsaw method)*. Σύμφωνα με τους Hanze και Berger, (2007), η συνεργατική συναρμολόγηση είναι ένας δομημένος τρόπος συνεταιριστικής μάθησης που αποφεύγει τα προβλήματα άλλων μεθόδων μάθησης σε ομάδες. Διαφέρει από τις άλλες μεθόδους συνεταιριστικής μάθησης σε σχέση με τα ακόλουθα (Johnson & Johnson, 1990):

- 1) Στηρίζει τη θετική αλληλεξάρτηση: κάθε μέλος πρέπει να συνεισφέρει στην ομαδική εργασία. Στη μέθοδο αυτή κάθε μέρος που αναλαμβάνει ένας μαθητής είναι αναγκαίο για την ολοκλήρωση της εργασίας της ομάδας.
- 2) Προωθεί την προσωπική υπευθυνότητα. Κάθε μέλος αντιλαμβάνεται ότι είναι απαραίτητο για να συνεισφέρει στην ολοκλήρωση της εργασίας της ομάδας.
- 3) Βοηθά στην αλληλοστήριξη των μαθητών, αφού ενεργά προωθούν τη μάθηση ο ένας του άλλου.

Η μέθοδος της συνεργατικής συναρμολόγησης αναπτύχθηκε και υλοποιήθηκε από τον Elliot Aronson (Aronson, 1978). Σε τάξεις όπου εφαρμόζεται η μέθοδος αυτή, το μάθημα της ημέρας χωρίζεται σε κομμάτια και κάθε μαθητής που είναι μέλος μίας ομάδας αναλαμβάνει να γίνει ειδικός σε σχέση με ένα από αυτά τα κομμάτια. Πριν παρουσιαστεί το θέμα στην ομάδα, γίνεται συνάντηση όλων των μαθητών που πρέπει επίσης να γίνουν γνώστες του συγκεκριμένου κομματιού του μαθήματος σε μία ομάδα ειδικών. Γίνεται διερεύνηση του θέματος από τους ειδικούς που μελετούν μαζί και διευκρινίζουν απορίες. Τέλος, οι αρχικές ομάδες επανασχηματίζονται και ο κάθε μαθητής συμπεριφέρεται ως καθοδηγητής για τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας σε σχέση με το θέμα της ειδικότητάς του (Διάγραμμα 19).



Διάγραμμα 19. Η Μέθοδος της Συνεργατικής Συναρμολόγησης

Τα περισσότερα περιβάλλοντα που περιγράφηκαν παραπάνω αναπτύσσονται διαδικτυακά και αφορούν συνήθως σε διαφορετικές μορφές σύγχρονης ή ασύγχρονης επικοινωνίας και συνεπώς συνεργασίας.

3.6.4. Πλαίσιο Αλληλεπιδραστικής Συνεργασίας

Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας εφαρμόστηκε στην τάξη ένα μοντέλο συνεργατικής μάθησης που αποτελεί τροποποίηση και επέκταση του πλαισίου αλληλεπιδραστικής συνεργασίας που αναπτύχθηκε για το ερευνητικό πρόγραμμα Weblabs (n.d.) και σκιαγραφείται μέσα από τον Πίνακα 2. Το πλαίσιο αυτό υλοποιήθηκε με τη βοήθεια της χρήσης του EPM Blackboard Learning System (www.blackboard.com).

Η ανάπτυξη του πλαισίου αλληλεπιδραστικής συνεργασίας στηρίζεται στο σημαντικό ρόλο που διαδραματίζει η επικοινωνία και η συνεργασία ανάμεσα στους επιστήμονες μέσω των μοντέλων που αναπτύσσουν για διάφορα φαινόμενα ή συστήματα. Μέσα από την ομιλία ή το γράψιμο ένας επιστήμονας ή μια ομάδα επιστημόνων εκφράζει μοντέλα, τα οποία είναι διαθέσιμα για συζήτηση με άλλους επιστήμονες. Μέσα από σύγκριση και έλεγχο των προσωπικών ή ομαδικών μοντέλων, οι επιστήμονες μπορεί να φτάσουν σε σύγκλιση για ένα κοινό μοντέλο. Τέτοια μοντέλα αποτελούν τα κύρια συστατικά της μάθησης (Van Driel & Verloop, 1999). Το σκεπτικό του Πίνακα 2 στηρίζεται στην εξήγηση της χρησιμότητας της συνεργασίας στη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και στις μορφές που μπορεί να λάβει σε σχέση με την υλοποίηση συγκεκριμένων στόχων για διακριτές μαθησιακές επιδιώξεις, οι οποίες αφορούν, μεταξύ άλλων, και στην ανάπτυξη της δεξιότητας της μοντελοποίησης.

Το πλαίσιο αλληλεπιδραστικής συνεργασίας ενσωματώνει συνεργασία, που συμβαίνει εντός της τάξης ή μέσω του διαδικτύου, σε σχέση με δύο διαφορετικά αλλά αλληλοϋποστηριζόμενα επίπεδα, το τοπικό (local), το οποίο αφορά στη συνεργασία ανάμεσα στα μέλη μιας κοινότητας και που μπορεί να πάρει τη μορφή της συνεργασίας εντός της ομάδας ή ανάμεσα σε ομάδες **σε μία τοποθεσία**, και το εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας (global), το οποίο αφορά στη συνεργασία ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες ομάδες **σε πολλαπλές τοποθεσίες**. Σε κάθε επίπεδο, τοπικό και εξ αποστάσεως, ο στόχος της συνεργασίας είναι διαφορετικός και προωθεί τη δημιουργία διαφορετικών γνωστικών αποτελεσμάτων.

Στον Πίνακα 2 η πρώτη στήλη αναφέρεται σε μαθησιακές επιδιώξεις ή διεργασίες (πρακτικές ή νοητικές) που συμβαίνουν στο μαθησιακό περιβάλλον. Επιπλέον, στα διάφορα κελιά του Πίνακα φαίνονται διαφορετικά είδη δραστηριοτήτων για κάθε επίπεδο συνεργασίας (τοπικό ή εξ αποστάσεως). Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι υπάρχουν ισχυρές διαφορές ανάμεσα στις λειτουργίες που στηρίζει η συνεργασία για κάθε μία από

τις έξι παραμέτρους (διατύπωση προβλέψεων, συλλογή δεδομένων, διατύπωση και έλεγχος υποθέσεων, οικοδόμηση μοντέλου, και μεταγνώση) κατά μήκος των διάφορων επιπέδων συνεργασίας. Οι διαφορές αυτές αναδύονται από την ανάλυση της κάθε παραμέτρου που παρουσιάζεται παρακάτω.

Πίνακας 2

Πλαίσιο Αλληλεπιδραστικής Συνεργασίας

Σκοπός της συνεργασίας σε τοπικό και εξ αποστάσεως επίπεδο

	1. Τοπικό επίπεδο Α. Συνεργασία εντός μιας ομάδας σε μία τοποθεσία	Β. Συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες σε μία τοποθεσία	2. Εξ αποστάσεως επίπεδο Α. Συνεργασία σε πολλαπλές τοποθεσίες
Α. Διατύπωση προβλέψεων	Ανάπτυξη κοινού συλλογισμού σε σχέση με τις προβλέψεις.	Σύγκριση και αντιπαράθεση των διαφορετικών προβλέψεων που ανέπτυξαν οι ομάδες για το ίδιο φαινόμενο.	Διαπραγμάτευση για την ανάπτυξη ενός πλαισίου ελέγχου των προβλέψεων. Ανάπτυξη πλαισίου για διαφοροποίηση πρόβλεψης-υπόθεσης.
Β. Συλλογή δεδομένων	Περιγραφή φαινομένου και καθορισμός των χαρακτηριστικών που απαιτείται να περιληφθούν σε ένα μοντέλο, ώστε να αναπαριστά το φαινόμενο.	Εμπλοκή σε μία διαδικασία διαπραγμάτευσης και υιοθέτησης διαφορετικών διαδικασιών παρατήρησης και συλλογής δεδομένων.	Υιοθέτηση κοινών στρατηγικών για εγκυροποίηση των παρατηρήσεων και του τρόπου μέτρησης.
Γ. Διατύπωση υποθέσεων	Διαπραγμάτευση διαφορετικών μηχανισμών για εξήγηση του φαινομένου και ανάπτυξη θεωρητικών ερμηνειών.	Συζήτηση σε σχέση με το εύρος των πιθανών μηχανισμών και των διαφορετικών τύπων εξήγησης. Ανάπτυξη κοινών θεωρητικών ερμηνειών.	Διαπραγμάτευση σε σχέση με τους τρόπους αξιολόγησης των μηχανισμών εξήγησης του φαινομένου και με τους τρόπους υλοποίησης των μηχανισμών στα μοντέλα. Αντιπαράθεση διαφορετικών θεωρητικών ερμηνειών.
Δ. Έλεγχος υποθέσεων και επιχειρηματολογία	Συμφωνία για την ερμηνεία των δεδομένων και τον τρόπο που αυτά υποστηρίζουν τις αναδυόμενες θεωρίες.	Παρουσίαση εξηγήσεων και συζήτηση για τα δεδομένα που τις υποστηρίζουν ή που κρίνουν ακατάλληλες ανταγωνιστικές εξηγήσεις.	Διαπραγμάτευση για το τι μετρά ως έγκυρη εξήγηση ενός μοτίβου ή φαινομένου.
Ε. Οικοδόμηση, αξιολόγηση και αναθεώρηση μοντέλου	Ανάπτυξη μοντέλου. Διαπραγμάτευση σε σχέση με τα αντικείμενα που εφαρμόζουν με βέλτιστο τρόπο στο μοντέλο. Αξιολόγηση του μοντέλου με βάση τα κατασκευασμένα κριτήρια.	Επεξεργασία των μοντέλων που οικοδομήθηκαν από άλλες ομάδες για να ελεγχθεί η εφαρμοσιμότητα τους ή να γίνει επεξεργασία του υποκείμενου μηχανισμού. Χρήση κατασκευασμένων κριτηρίων για αξιολόγηση των μοντέλων.	Ανάπτυξη κριτηρίων για αξιολόγηση μοντέλων. Προσδιορισμός των μηχανισμών από την εφαρμογή τους στα μοντέλα που οικοδομήθηκαν από άλλες ομάδες. Εγκυροποίηση μοντέλου.
Στ. Μεταγνώση	Ανάπτυξη και υιοθέτηση μιας κοινής προσέγγισης για έλεγχο και αξιολόγηση της εργασίας της ομάδας	Διαπραγμάτευση για τα έργα αξιολόγησης της μάθησης. Υιοθέτηση κοινών ή συγκρίσιμων έργων.	Σύγκριση σημειώσεων, εξηγήσεων, προσδιορισμός συλλογιστικών μοτίβων.

Α. Διατύπωση προβλέψεων

Αρχικά οι φοιτητές κάνουν προβλέψεις σε σχέση με το υπό μελέτη φαινόμενο. Μοιράζονται τις προβλέψεις τους και αναπτύσσουν, ως ομάδα, ένα κοινό συλλογισμό. Στο τοπικό στάδιο της συνεργασίας είναι κρίσιμης σημασίας η αρχή της δραστηριότητας, αφού

θέτει τα όρια για την ανάπτυξη μιας σχέσης που αφορά στην οικοδόμηση γνώσης και για την αποτελεσματική επικοινωνία ανάμεσα στα μέλη της ομάδας. Στο επόμενο επίπεδο, η έμφαση μετατοπίζεται προς τη σύγκριση και την αντιπαράθεση των διαφορετικών προβλέψεων που ανέπτυξαν οι ομάδες για το ίδιο φαινόμενο. Οι ομάδες προσπαθούν να εξηγήσουν τις προβλέψεις τους στις άλλες ομάδες και να συζητήσουν πιθανές μεθόδους ελέγχου των προβλέψεων αυτών. Η συνεργασία στο εξ αποστάσεως σχετίζεται με την ανάπτυξη και διαπραγμάτευση ενός πλαισίου ελέγχου των προβλέψεων. Αυτού του είδους η συνεργασία υποβοηθά τη συζήτηση που προκύπτει όταν οι ομάδες ανταλλάζουν μοντέλα. Επιπλέον, στο εξ αποστάσεως επίπεδο, οι ομάδες αναπτύσσουν ένα πλαίσιο διαφοροποίησης της πρόβλεψης από την υπόθεση, εφόσον οι δύο όροι χρησιμοποιούνται από πολλούς ως ταυτόσημοι ενώ δεν είναι, με σκοπό να ασκήσουν κριτική σε σχέση με αυτά (κελί E1B και E2A στον Πίνακα 2).

B. Συλλογή δεδομένων

Στο τοπικό επίπεδο συνεργασίας, οι φοιτητές καλούνται να περιγράψουν φαινόμενα και να καθορίσουν τα συστατικά, τα οποία απαιτείται να περιληφθούν σε ένα μοντέλο, ώστε να αναπαριστά το φαινόμενο. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του φαινομένου των Φάσεων της Σελήνης, οι φοιτητές μπορεί να έχουν μπροστά τους δεδομένα μίας συνοδικής περιόδου της σελήνης και καλούνται να εντοπίσουν τα χαρακτηριστικά του φαινομένου που θα αναπαριστούν στο μοντέλο (π.χ. αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις κτλ). Στο επίπεδο συνεργασίας ανάμεσα στις ομάδες οι φοιτητές συμμετέχουν σε μία διαδικασία διαπραγμάτευσης και υιοθέτησης διαφορετικών διαδικασιών παρατήρησης, και συλλογής δεδομένων. Σε σχέση με το εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας, στόχος είναι η υιοθέτηση κοινών στρατηγικών για εγκυροποίηση των παρατηρήσεων και του τρόπου μέτρησης και συλλογής των δεδομένων τους.

Γ. Διατύπωση υποθέσεων

Στο επίπεδο της ομάδας δίνεται έμφαση στην ανάπτυξη μηχανισμών για οικοδόμηση θεωρητικών ερμηνειών σε σχέση με το υπό μελέτη φαινόμενο. Στο επόμενο επίπεδο γίνεται προσπάθεια για συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες για το εύρος των πιθανών μηχανισμών και των διαφορετικών τύπων εξήγησης που μπορεί να υπάρχουν και που στηρίζουν το φαινόμενο και ταυτόχρονα επιτρέπουν την ανάπτυξη θεωρητικών ερμηνειών για αυτό. Συγκρίνουν, δηλαδή, τις υποθέσεις τους και εξηγούν ποιες από αυτές μπορεί να βασίζονται σε δεδομένα που έχουν και ποιες όχι. Στο επόμενο επίπεδο συνεργασίας στόχος είναι η διαπραγμάτευση τρόπων αξιολόγησης των μηχανισμών και τρόπων υλοποίησής

τους στα μοντέλα. Σκοπός της συνεργασίας σε αυτό το επίπεδο είναι η αντιπαράθεση των διαφορετικών θεωρητικών ερμηνειών που προκύπτουν από τις διαφορετικές ομάδες. Γίνεται, δηλαδή, προσπάθεια διερεύνησης των υποθέσεων καθώς επίσης και ελέγχου των πιθανών τρόπων οικοδόμησης μοντέλων για έλεγχο των εξηγήσεων που αναπτύχθηκαν.

Δ. Έλεγχος υποθέσεων και επιχειρηματολογία

Στο τοπικό επίπεδο συνεργασίας σε μια τοποθεσία γίνεται προσπάθεια συμφωνίας ανάμεσα στα συνεργαζόμενα μέλη σε σχέση με την ερμηνεία των δεδομένων και τον τρόπο που αυτά υποστηρίζουν τις αναδυόμενες θεωρητικές ερμηνείες. Με άλλα λόγια τα μέλη της ομάδας κατασκευάζουν εξηγήσεις που στηρίζουν τα δεδομένα που έχουν στη διάθεσή τους. Στο επόμενο επίπεδο, παρουσιάζονται οι εξηγήσεις και γίνεται συζήτηση για τα δεδομένα που τις υποστηρίζουν ή που κρίνουν ακατάλληλες ανταγωνιστικές εξηγήσεις. Τα συνεργαζόμενα μέλη προσπαθούν να παραθέσουν επιχειρήματα, τα οποία υποστηρίζουν τις δικές τους εξηγήσεις και απορρίπτουν αυτές άλλων. Χαρακτηριστικό αυτού του επιπέδου είναι το γεγονός ότι οι ομάδες δουλεύουν με προκατασκευασμένες εξηγήσεις. Τέλος, στο εξ αποστάσεως επίπεδο δίνεται έμφαση στη διαπραγμάτευση αναφορικά με το τι μετρά ως έγκυρη εξήγηση και τι όχι. Με άλλα λόγια σε αυτό το επίπεδο γίνεται προσπάθεια υιοθέτησης κριτηρίων για την εργασία που συμβαίνει στο προηγούμενο επίπεδο, δηλαδή, κριτήρια για το πότε και με ποιο τρόπο οι εξηγήσεις υποστηρίζουν ή όχι τα δεδομένα με βάση τα οποία κατασκευάστηκαν.

Ε. Οικοδόμηση, αξιολόγηση και αναθεώρηση μοντέλου

Στο επίπεδο της ομάδας, η έμφαση είναι στην ανάπτυξη κοινού μοντέλου. Ζητείται από τους φοιτητές να διαπραγματευτούν σε σχέση με τα αντικείμενα (χαρακτήρες, κανόνες, διαδικασίες, εργαλεία, κτλ), τα οποία εφαρμόζουν με βέλτιστο τρόπο στο μοντέλο. Στο επόμενο επίπεδο η λειτουργία της συνεργασίας είναι εντελώς διαφορετική. Η αλληλουχία δραστηριοτήτων περιλαμβάνει ενθάρρυνση των ομάδων για επεξεργασία των μοντέλων που οικοδομήθηκαν από άλλες ομάδες για να ελεγχθεί η εφαρμοσιμότητά τους ή να γίνει επεξεργασία του υποκείμενου μηχανισμού. Ο ίδιος σκοπός εφαρμόζεται και στο επίπεδο των πολλαπλών τοποθεσιών, αφού οι ομάδες μπορεί να ανταλλάσσουν μοντέλα μέσα από ένα ΕΠΜ και να τα αξιολογούν. Επιπλέον, στο εξ αποστάσεως επίπεδο οι φοιτητές αναπτύσσουν κριτήρια αξιολόγησης μοντέλων, τα οποία χρησιμοποιούν σε όλα τα επίπεδα για την αξιολόγηση των μοντέλων τους ή των μοντέλων άλλων ομάδων.

Στ. Μεταγνώση

Στο επίπεδο της ομάδας δίνεται έμφαση στην ανάγκη ανάπτυξης και υιοθέτησης μιας κοινής προσέγγισης για τον έλεγχο και την αξιολόγηση του έργου της ομάδας. Γίνεται προσπάθεια, ώστε όλα τα μέλη της ομάδας να αντιλαμβάνονται, γιατί αυτό που κάνουν σε κάθε έργο είναι σωστό και με ποιο τρόπο το γνωρίζουν αυτό. Στο επόμενο επίπεδο, στο επίπεδο της συνεργασίας ανάμεσα στις ομάδες σε μία τοποθεσία, γίνεται διαπραγμάτευση ανάμεσα στις ομάδες για υιοθέτηση κοινών και συγκρίσιμων έργων ή εργαλείων αξιολόγησης. Επιχειρείται, επίσης, να αναπτυχθεί κατανόηση σε σχέση με τα ζητούμενα της κάθε εργασίας. Στο εξ αποστάσεως επίπεδο, δίνεται έμφαση στην ευρύτερη και συνεχή συζήτηση για όλη την πορεία της εργασίας τους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσα από σύγκριση σημειώσεων, εξηγήσεων, προσδιορισμό συλλογιστικών μοτίβων κτλ.

3.6.5. Η συνεργασία στην εκπαιδευτική πρακτική των Φυσικών Επιστημών: η Κυπριακή Πραγματικότητα

Στο κυπριακό εκπαιδευτικό σύστημα το Αναλυτικό Πρόγραμμα για το μάθημα της Επιστήμης προνοεί τη χρήση της σειράς βιβλίων «Πρώτα Βήματα στην Επιστήμη». Στο βοήθημα «Βιβλίο για το Δάσκαλο» αναγράφονται τα ακόλουθα:

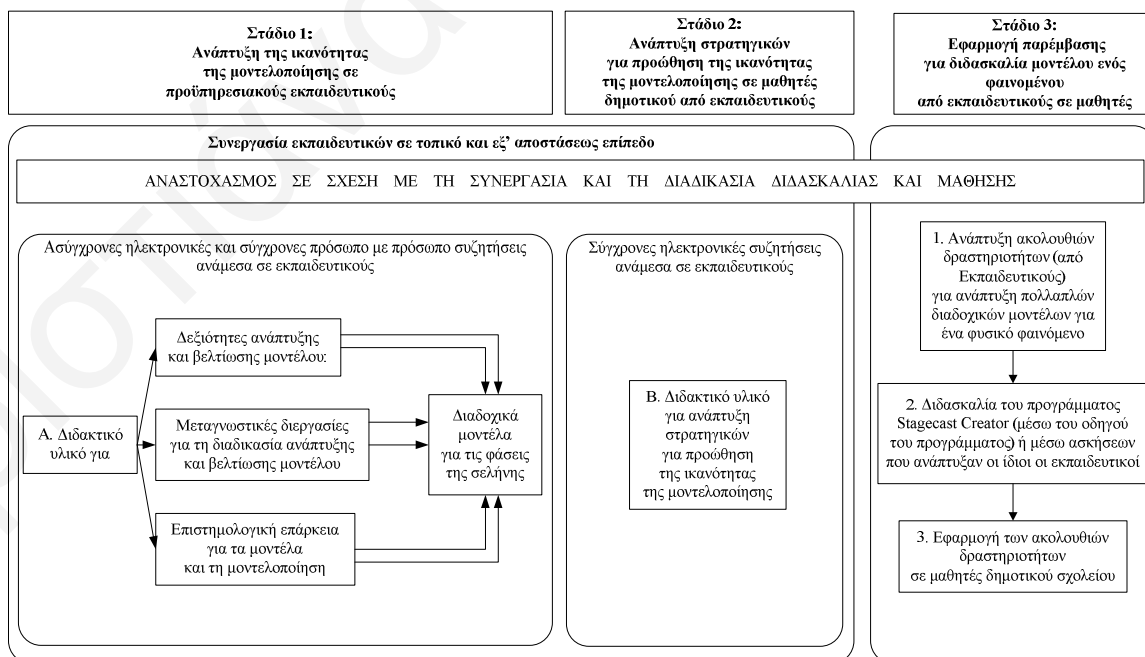
«Κάθε μάθημα περιλαμβάνει συγκεκριμένες δραστηριότητες. Σε κάθε δραστηριότητα περιγράφονται με αναλυτικό τρόπο η οργάνωση της τάξης (μονολιθική ή σε ομάδες), η μεθοδολογική προσέγγιση του δασκάλου, οι εργασίες με τις οποίες δραστηριοποιούνται τα παιδιά και τα αναμενόμενα αποτελέσματα» (Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, 1997a, σελ. 14., 1997b, σελ. 15, 1999, σελ. 13, 2001a, σελ. 14, 2001b, σελ. 14, 2001c, σελ. 15)

Από το παραπάνω απόσπασμα μπορεί να διαφανεί η τάση που επικρατεί στην κυπριακή Δημοτική Εκπαίδευση, σύμφωνα με την οποία τόσο από τον τρόπο που παρουσιάζονται οι δραστηριότητες στο βιβλίο όσο και λόγω της πολιτικής που ακολουθείται από το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, το γεγονός ότι οι μαθητές οργανώνονται σε ομάδες παραπέμπει σε μάθηση μέσω συνεργασίας. Παρόλα αυτά, αυτό δε διευκρινίζεται πουθενά και καμία στήριξη δεν παρέχεται στους εκπαιδευτικούς, σε σχέση με την ουσιαστική προώθηση της συνεργατικής μάθησης. Ίσως να είναι αυτός ο λόγος που στην εκπαιδευτική πρακτική αυτό που συμβαίνει είναι η τάξη να οργανώνεται σε ομάδες, αλλά οι μαθητές να μην καθοδηγούνται να συνεργάζονται.

Συνεπώς, η ενσωμάτωση της συνεργατικής μάθησης στη διδασκαλία δεν είναι αυτονόητη και δεν τυγχάνει σοβαρού χειρισμού στον κυπριακό χώρο. Το πλαίσιο αλληλεπιδραστικής συνεργασίας, το οποίο εφαρμόστηκε για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας επιχειρεί να βοηθήσει προς την οικοδόμηση κατανόησης σε σχέση με αυτό το κενό.

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Κύριος σκοπός ενός εκπαιδευτικού Φυσικών Επιστημών αποτελεί ο μετασχηματισμός της συσσωρευμένης, από τη μέση και την Ανώτατη Εκπαίδευση, γνώσης του, στην κατάλληλη μορφή διδασκαλίας για μικρούς μαθητές. Αυτό αποτελεί περισσότερο διαδικασία ανακάλυψης νοήματος παρά απλή μετάφραση εμπειριών (Windschitl & Thompson, 2006). Ο Halloun (2007) προσπαθώντας να απευθυνθεί σε αυτό το πρόβλημα προτείνει τη μοντελοποίηση ως παιδαγωγική θεωρία που προσπαθεί να απευθυνθεί στην προβληματική του μετασχηματισμού των γνώσεων των εκπαιδευτικών αλλά και στις δύο κύριες ανησυχίες της περιοχής των Φυσικών Επιστημών: (α) Ποια πρέπει να είναι τα συνιστώσα συστατικά ενός μαθήματος Φυσικών Επιστημών; και (β) Πώς πρέπει να συμπεριφέρονται οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές, ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του μαθήματος με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο. Η παρούσα έρευνα απευθύνεται ρητώς στην πρώτη ανησυχία, και έχει σκοπό την ανάδειξη μίας διδακτικής παρέμβασης που να προωθεί την ικανότητα της μοντελοποίησης σε ΠΕ Δημοτικής Εκπαίδευσης με στόχο την ανάπτυξη στρατηγικών εκ μέρους των τελευταίων για διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης σε μαθητές δημοτικού σχολείου. Επιπλέον, τα αποτελέσματα της έρευνας είναι δυνατό να προσφέρουν κατευθυντήριες γραμμές και στη δεύτερη παιδαγωγική ανησυχία που παρουσιάστηκε και αφορά στη συμπεριφορά των εκπαιδευτικών και των μαθητών που στοχεύει στην εκπλήρωση των στόχων του μαθήματος.



Διάγραμμα 20. Δομή του Μαθήματος που Αναπτύχθηκε στο Πλαίσιο της Έρευνας

Το Διάγραμμα 20 υποδεικνύει τα βασικά στάδια που συνιστούν τη διδακτική παρέμβαση, η οποία προσπαθεί να προωθήσει με ενιαίο τρόπο (α) την ανάπτυξη της ικανότητας της

μοντελοποίησης σε ΠΕ αλλά και (β) το μετασχηματισμό της σε διδακτική πρακτική στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Σε σχέση με το πρώτο στάδιο εφαρμόστηκε διδακτικό υλικό που απευθύνεται στις τρεις διακριτές, αλλά αλληλοϋποστηριζόμενες, πτυχές της ικανότητας της μοντελοποίησης:

- (α) δεξιότητες ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου,
- (β) μεταγνωστικές διεργασίες για τη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλων και
- (γ) επιστημολογική επάρκεια για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση (Papaeniridou *et al.*, submitted).

Το διδακτικό υλικό αναπτύχθηκε στο συγκείμενο της παρατηρησιακής αστρονομίας και πιο συγκεκριμένα, των Φάσεων της Σελήνης.

Κατά το δεύτερο στάδιο, και λαμβάνοντας υπόψη ότι ο μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης στη διδασκαλία δεν είναι αυτονόητος και πρέπει να τύχει χειρισμού για να είναι αποτελεσματικός, αναπτύχθηκε διδακτικό υλικό που βοήθησε τους ΠΕ (ΠΕ) να ανακαλύψουν τον τρόπο μετάβασης από τη γνώση στη διδασκαλία, να μετασχηματίσουν δηλαδή τη γνώση τους σε σχέδια μαθήματος και ακολούθως (τρίτο στάδιο) να τα εφαρμόσουν σε μαθητές.

Η έρευνα υποδεικνύει ότι είναι δύσκολο να επιτευχθεί εννοιολογική κατανόηση σε εκπαιδευτικούς, γιατί οι παρεμβάσεις είναι είτε πολύ σύντομες είτε δεν παρέχουν στους μαθητάνοντες πολλαπλές ευκαιρίες για να συμμετέχουν σε συζητήσεις για τη μοντελοποίηση μέσα από ποικιλία διερευνητικού και παιδαγωγικού περιεχομένου (Windschitl & Thompson, 2006). Αυτός είναι και ο λόγος που η προτεινόμενη παρέμβαση στηρίζεται, όχι μόνο στο διδακτικό υλικό για την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης, αλλά και στις προσπάθειες των ΠΕ για μετασχηματισμό της κατανόησής τους σε σχέση με αυτή σε διδασκαλία (δες το κεφάλαιο 4.5. *Περιγραφή Πακέτων Διδακτικού Υλικού* για αναλυτική περιγραφή των δύο διδακτικών πακέτων), αλλά και σε τρεις ουσιαστικούς πυλώνες που συμβάλλουν στην επιτυχία της: (α) επικοινωνία (σύγχρονη και ασύγχρονη) ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και τους φοιτητές και ανάμεσα στους φοιτητές, (β) αναστοχασμό εκ μέρους των φοιτητών, αλλά κυρίως (γ) συνεργασία που αναπτύχθηκε τόσο σε τοπικό επίπεδο (ανάμεσα στα μέλη μιας ομάδας ή ανάμεσα σε ομάδες) όσο και εξ αποστάσεως (ανάμεσα σε ομάδες). Οι τρεις αυτοί πυλώνες αποτέλεσαν τρόπους στήριξης (scaffolding) των εκπαιδευτικών μέσα από ανατροφοδότηση και κριτική

και εφαρμόστηκαν στο πλαίσιο ενός ηλεκτρονικού μαθησιακού περιβάλλοντος (Blackboard Learning System).

4.1. Δείγμα

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 21 τεταρτοετείς ΠΕ που παρακολούθησαν το μάθημα ΕΠΑ 477: Πληροφορική Υποστήριξη για τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών κατά το εαρινό εξάμηνο 2007, στο Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, στο Πανεπιστήμιο Κύπρου. 18 από τους ΠΕ ήταν γυναίκες και τρεις άντρες, γεγονός που εκφράζει τις αναλογίες του φύλου στο Τμήμα Επιστημών της Αγωγής γενικότερα. Οι ΠΕ συναντιούνταν με την εκπαιδευτικό (ερευνήτρια) δύο φορές τη βδομάδα για ενενήντα (90) λεπτά κάθε φορά για μια περίοδο δεκατριών (13) εβδομάδων (από 23/01/2007 μέχρι 04/05/2007). Επιπλέον, μία φορά τη βδομάδα, και εκτός των ωρών του μαθήματος, οι ΠΕ συναντιούνταν ηλεκτρονικά για μία περίπου ώρα και συμμετείχαν σε σύγχρονες συζητήσεις (chat). Οι ΠΕ εργάζονταν σε εφτά τριμελείς ομάδες. Ο σχηματισμός των ομάδων έγινε με βάση σύντομη συζήτηση που είχε η εκπαιδευτικός με τους ΠΕ σε σχέση με τις ικανότητές τους στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή, αλλά και τη γνώμη τους για τις γνώσεις τους στις Φυσικές Επιστήμες. Λόγω του ότι οι ομάδες θα ήταν σταθερές για μεγάλο χρονικό διάστημα προτιμήθηκε να γίνει προεργασία και να καταταχθούν οι ΠΕ ανάλογα με τις ικανότητές και τις εμπειρίες τους (Bergin *et al.*, 2000). Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων η μονάδα μάθησης (unit of learning) είναι η ομάδα και όχι τα άτομα που την αποτελούν. Στο συγκεκριμένο μάθημα υπάρχουν λοιπόν 7 μονάδες μάθησης παρόλο που οι ΠΕ που παρακολουθούν το μάθημα είναι 21. Συνεπώς, σε κάθε δραστηριότητα ενυπάρχει η συνεργασία εντός της ομάδας σε τοπικό επίπεδο και ακολούθως συμβαίνει οποιασδήποτε άλλης μορφή συνεργασίας.

4.2. Η Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών στο Πανεπιστήμιο Κύπρου

Το πρόγραμμα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής στο Πανεπιστήμιο Κύπρου περιλαμβάνει δύο μαθήματα περιεχομένου, ένα μάθημα διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και τη σχολική εμπειρία, την πρακτική, δηλαδή, εξάσκηση των φοιτητών σε αυθεντικό περιβάλλον μάθησης.

Στο πλαίσιο των δύο υποχρεωτικών μαθημάτων περιεχομένου οι φοιτητές έρχονται σε επαφή με τους βασικούς άξονες του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών. Συγκεκριμένα, στο πρώτο μάθημα, γνωρίζουν την πειραματική προσέγγιση στις Φυσικές Επιστήμες, μέσω πρακτικής μελέτης σε σχέση με τους ζωντανούς οργανισμούς, τα ενδημικά φυτά και ζώα της Κύπρου, τις κατηγορίες ζώων και τις βασικές λειτουργίες των

ζωικών οργανισμών, το ανθρώπινο σώμα, τον καιρό, τα πετρώματα, τα είδη εδαφών, το περιβάλλον, την οικολογία και το διάστημα. Στο δεύτερο μάθημα περιεχομένου γίνεται ποιοτική κατανόηση βασικών εννοιών σε κάποιες από τις ακόλουθες ενότητες: (α) ιδιότητες της ύλης, (β) χημικές μεταβολές, (γ) φως και χρώματα, (δ) οπτική, (ε) κυματική, (στ) ηλεκτρικά κυκλώματα, (ζ) μαγνητισμός, (η) ηλεκτρομαγνητισμός, (θ) κινηματική, (ι) μηχανική, (ια) αστρονομία, (ιβ) θερμότητα και θερμοκρασία. Δίνεται έμφαση σε δεξιότητες σκέψης και συλλογισμού, όπως είναι ο έλεγχος μεταβλητών, η αναλογική σκέψη, οι πιθανότητες, και οι δεξιότητες επιστημονικής μεθόδου (μέτρηση, παρατήρηση, διατύπωση λειτουργικού ορισμού κτλ). Συνοπτικά, μέσα από τα μαθήματα περιεχομένου επιδιώκεται η απόκτηση εμπειριών σε σχέση με την αυθεντική επιστήμη όπως αυτή εκφράζεται από επιστήμονες και ειδικούς στα θέματα που μελετούνται. Επιπλέον, γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης της δεξιότητας του *μαθαίνω πώς να μαθαίνω*. Η διδασκαλία και στα δύο μαθήματα γίνεται με την προσέγγιση της διερώτησης (McDermott and the Physics Education Group, 1996).

Στο πλαίσιο της διδακτικής μεθοδολογίας, οι ΠΕ προβληματίζονται σε σχέση με τη φύση της επιστήμης και με τη φύση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Με βάση αυτό τον προβληματισμό συζητούν και καθορίζουν τις μαθησιακές επιδιώξεις των Φυσικών Επιστημών, καθώς επίσης και τις βασικές μεθόδους διδασκαλίας (μοντελοποίηση, διερεύνηση). Το πέραςμα από το πρώτο στάδιο εκπαίδευσης στο δεύτερο προϋποθέτει αναστοχασμό εκ μέρους των φοιτητών σε σχέση με τα όσα βίωσαν και έμαθαν στα μαθήματα περιεχομένου. Περαιτέρω, οι φοιτητές ασχολούνται με την οργάνωση και σχεδιασμό διδασκαλιών, μετασχηματίζοντας ερευνητικά εγκυροποιημένο διδακτικό υλικό, και την εφαρμογή τους σε αυθεντικό περιβάλλον τάξης. Οι φοιτητές αξιολογούν, τέλος, τη μάθηση και εκπαιδεύονται στο να καθοδηγούν τη μαθησιακή διαδικασία.

Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο του προγράμματος οι φοιτητές αναλαμβάνουν για περίοδο οκτώ περίπου εβδομάδων δύο διαφορετικές τάξεις του δημοτικού σχολείου. Σε αυτή την περίοδο ολοκληρώνουν τέσσερις διδασκαλίες των 80^ν στο πλαίσιο του μαθήματος της επιστήμης, το μάθημα που αφορά στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο.

^ν Οι Φοιτητές που ειδικεύονται στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών διδάσκουν έξι μαθήματα των 80 λεπτών

Για να αποκτήσουν οι φοιτητές ειδίκευση στις Φυσικές Επιστήμες, απαιτείται να παρακολουθήσουν τέσσερα μαθήματα [τρία από το Τμήμα Επιστημών της Αγωγής και ένα από το Τμήμα Φυσικής, το Τμήμα Χημείας ή το Τμήμα Βιολογίας). Το μάθημα *ΕΠΑ 477: Πληροφορική Υποστήριξη για τις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο* είναι ένα από τα μαθήματα ειδίκευσης που προσφέρει το Τμήμα Επιστημών της Αγωγής.

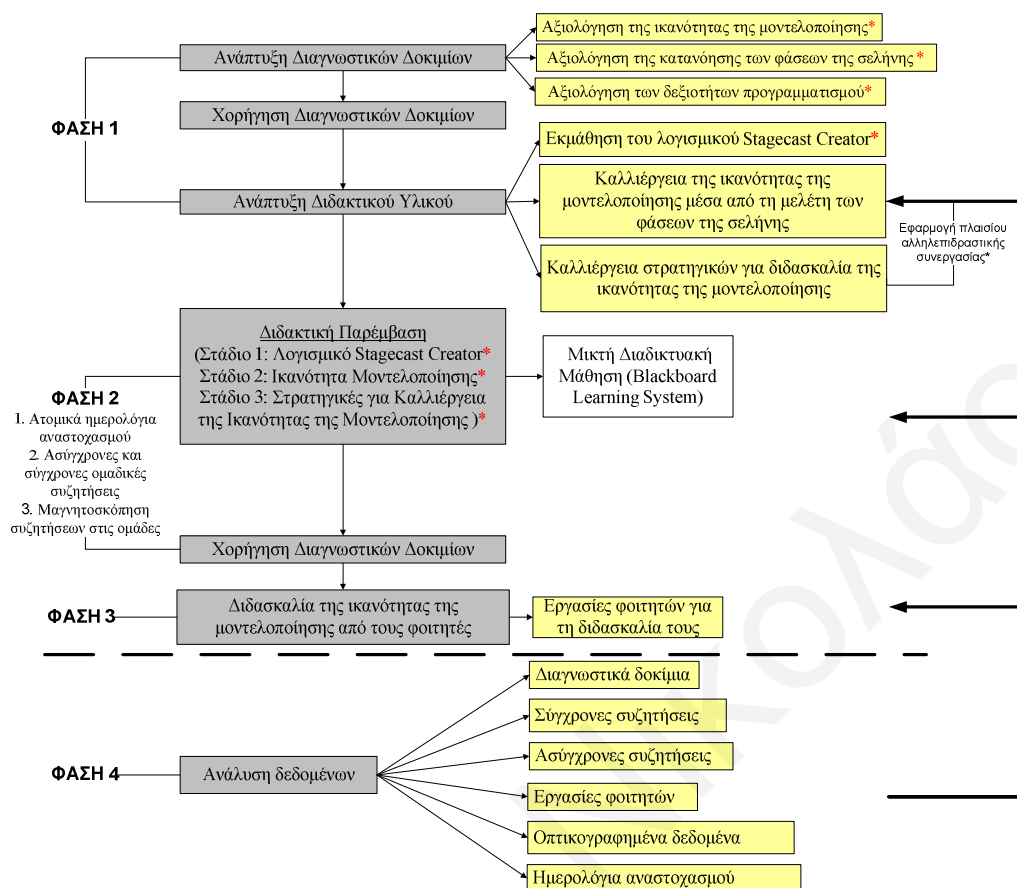
Μέσα από την παρούσα έρευνα επιδιώκεται η διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης ως επιστημονικής προσέγγισης και ως διαδικασίας διδασκαλίας και μάθησης στο πλαίσιο ενός μικτού διαδικτυακού περιβάλλοντος στο μάθημα *ΕΠΑ 477: Πληροφορική Υποστήριξη για τις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο*. Αυτό το μάθημα προσπαθεί να απευθυνθεί στο πρόβλημα που εντοπίζουν οι Duschl et al. (2007) (δες κεφάλαιο 3.5.1.) αφού παρέχει στους ΠΕ τα εφόδια για να αναπτύξουν ακολουθίες δραστηριοτήτων για διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης σε μαθητές δημοτικού σχολείου, αφού πρώτα οι ίδιοι αναπτύξουν ως μανθάνοντες την ικανότητα της μοντελοποίησης οικοδομώντας τα δικά τους μοντέλα.

4.3. Σχεδιασμός της έρευνας

Η έρευνα υλοποιήθηκε σε τέσσερις φάσεις που περιγράφονται στο Διάγραμμα 21. Στην πρώτη φάση της έρευνας σχεδιάστηκαν και χορηγήθηκαν στους ΠΕ (προπειραματικά) διαγνωστικά δοκίμια που αξιολογούν: (α) τη δεξιότητα του προγραμματισμού, (β) την ικανότητα της μοντελοποίησης, και (γ) την κατανόηση για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης.

Επιπρόσθετα αναπτύχθηκαν πακέτα διδακτικού υλικού για: (α) την εκμάθηση του λογισμικού SC[®], (β) την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης στους ΠΕ μέσα από τη μελέτη του φαινομένου των Φάσεων της Σελήνης (Πρώτο Πακέτο Διδακτικού Υλικού), και (γ) την καλλιέργεια στρατηγικών για διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης (Δεύτερο Πακέτο Διδακτικού Υλικού).

Η ανάπτυξη των δύο πακέτων διδακτικού υλικού στηρίχθηκε (1.) στις επιστημολογικές αναλύσεις για (1.1.) τις Φάσεις της Σελήνης και (1.2.) την ικανότητα της μοντελοποίησης, που φαίνονται στα Διαγράμματα 14 και 5 αντίστοιχα, καθώς επίσης και (2.) στο πλαίσιο αλληλεπιδραστικής συνεργασίας (δες κεφάλαιο 3.6.4. για αναλυτικότερη περιγραφή του πλαισίου).



Το * υποδεικνύει σημεία που έπλησαν αλλαγής από την πιλοτική στην τελική εφαρμογή της έρευνας

Διάγραμμα 21. Σχεδιασμός της Έρευνας

Κατά τη δεύτερη φάση της έρευνας υλοποιήθηκαν οι διδακτικές παρεμβάσεις, οι οποίες βασίστηκαν στα πακέτα του διδακτικού υλικού που προαναφέρθηκαν, και χορηγήθηκαν τα μεταπειραματικά δοκίμια^{vi} στους ΠΕ. Καθόλη τη διάρκεια της δεύτερης φάσης οι ΠΕ εργάζονταν σε ομάδες, κατέγραφαν ατομικό ημερολόγιο αναστοχασμού και συμμετείχαν σε δομημένες ασύγχρονες ή σύγχρονες συζητήσεις για διάφορα θέματα που προέκυπταν στη ροή του μαθήματος. Σε κάθε μάθημα γινόταν οπτικογράφηση της εργασίας δύο ομάδων ΠΕ^{vii}. Η εργασία των ΠΕ γινόταν είτε πρόσωπο με πρόσωπο (εντός της ομάδας, ανάμεσα σε ομάδες της τάξης στην ολομέλεια της τάξης) είτε στο πλαίσιο του ΕΠΜ (Blackboard Learning System) (ατομική εργασία, εργασία ανάμεσα στα μέλη μίας ομάδας, εργασία ανάμεσα σε ομάδες κτλ).

Στην τρίτη φάση της έρευνας οι ΠΕ σχεδίασαν και εφάρμοσαν ακολουθίες δραστηριοτήτων για τη μοντελοποίηση ενός φαινομένου (ελεύθερης επιλογής) σε συνεργασία με μαθητές δημοτικού σχολείου. Τα μοντέλα και οι ολοκληρωμένες εργασίες των μαθητών παρουσιάστηκαν στους υπόλοιπους μαθητές και ΠΕ σε προγραμματισμένη

^{vi} Τα μεταπειραματικά δοκίμια είναι τα ίδια με τα προπειραματικά δοκίμια

^{vii} Το έντυπο συγκατάθεσης για συμμετοχή στην έρευνα που υπέγραψαν οι ΠΕ φαίνεται στο Παράρτημα 17

εκδήλωση «Πανηγύρι του Stagecast Creator[®]» που έλαβε χώρα στο τέλος του εξαμήνου (2 Ιουνίου 2007)^{viii}, μετά το τέλος των μαθημάτων του εξαμήνου, σε εργαστήριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών στο Πανεπιστήμιο Κύπρου. Οι ΠΕ παρέδωσαν γραπτή εργασία, όπου περιγράφεται η διαδικασία που ακολούθησαν στη διδασκαλία τους, καθώς επίσης και οι σκέψεις τους για κάθε συνάντηση που είχαν με το μαθητή τους. Η εφαρμογή του μαθήματος που ανέπτυξαν οι ΠΕ δεν ήταν τυχαία, εφόσον σύμφωνα με τον Gallagher (1991) υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στις εκφραζόμενες προθέσεις των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία και σε αυτό που συμβαίνει πραγματικά στην τάξη.

Κατά την τέταρτη φάση της έρευνας έγινε ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τα μέσα συλλογής δεδομένων (δες κεφάλαια 4.8. και 4.9. για εκτενέστερη αναφορά στα μέσα συλλογής δεδομένων και στον τρόπο ανάλυσής τους).

4.4. Πορεία ανάπτυξης διδακτικού υλικού

Οι φάσεις της έρευνας που προαναφέρθηκαν υλοποιήθηκαν αρχικά σε πιλοτικό επίπεδο, ώστε να ληφθούν αρχικές ενδείξεις για την αποτελεσματικότητα των πακέτων του διδακτικού υλικού. Σκοπός ήταν η αναθεώρησή τους με βάση τα αποτελέσματα της πιλοτικής ανάλυσης των δεδομένων που προέκυψαν. Η διαδικασία ανάπτυξης διδακτικού υλικού (Διάγραμμα 22) πρέπει να εκλαμβάνεται ως μία κυκλική διαδικασία που περιλαμβάνει έρευνα, ανάπτυξη, εφαρμογή, αξιολόγηση και αναθεώρηση (Papadouris & Constantinou, 2009). Η πιλοτική εφαρμογή του διδακτικού υλικού αποτέλεσε το πρώτο στάδιο σε αυτή την κυκλική διαδικασία.

Κατά το πρώτο στάδιο αυτής της μεθοδολογίας διατυπώνονται οι μαθησιακές επιδιώξεις, οι οποίες χρειάζεται να είναι αναπτυξιακά συνεπείς με τις ικανότητες των μαθητών (Bransford, Brown, & Cocking, 1999; Papadouris & Constantinou, 2009), και ταυτόχρονα συνεπείς με την επιστημολογία της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες (δες κεφάλαιο 3.3 για αναλυτική περιγραφή της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες).

Οι μαθησιακές επιδιώξεις του διδακτικού υλικού αναλύονται στον Πίνακα 2 στο κεφάλαιο 3.6.4. και συνοψίζονται ως ακολούθως:

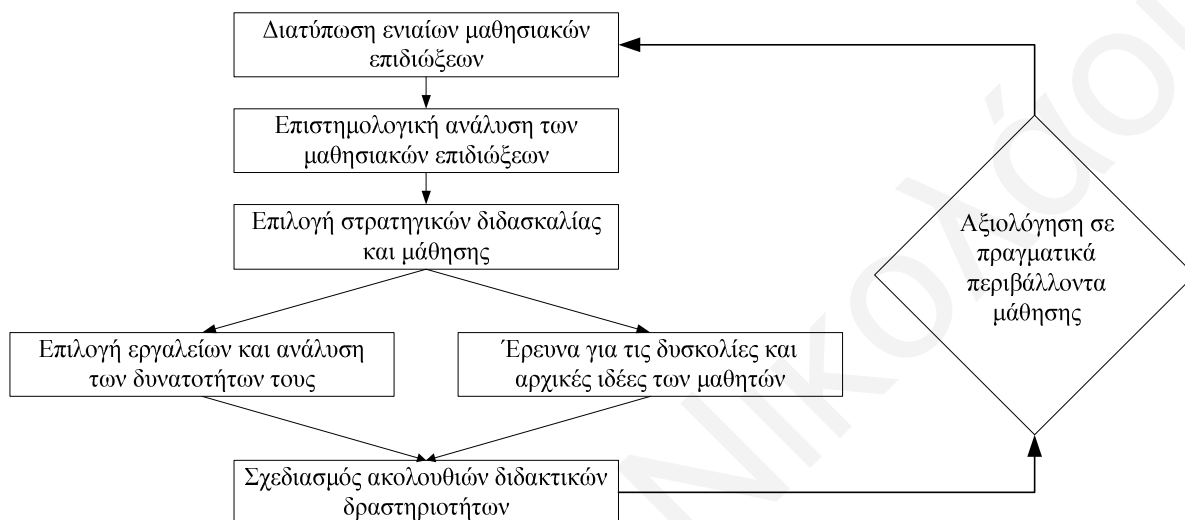
Οι ΠΕ να μπορούν να:

- α) Διατυπώσουν προβλέψεις
- β) Συλλέξουν δεδομένα

^{viii} Στο Παράρτημα 18 φαίνονται φωτογραφίες από την εκδήλωση.

- γ) Διατυπώσουν υποθέσεις
- δ) Ελέγξουν υποθέσεις και να επιχειρηματολογήσουν
- ε) Οικοδομήσουν, αξιολογήσουν και αναθεωρήσουν μοντέλα
- στ) Αναπτύξουν την ικανότητα της μοντελοποίησης

Επιπλέον, αναμένεται οι ΠΕ να αναπτύξουν στρατηγικές διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης.



Διάγραμμα 22. Μεθοδολογία Ανάπτυξης Διδακτικού Υλικού (Papadouris & Constantinou, 2009)

Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την ανάπτυξη επιστημολογικών αναλύσεων για κάθε μαθησιακή επιδίωξη. Αυτού του είδους η ανάλυση διενεργείται με σκοπό να εντοπιστούν οι ικανότητες και οι δεξιότητες που πρέπει να αναπτυχθούν και οι οποίες πρέπει να είναι σύμφωνες με την επιστημολογική δομή του γνωστικού περιεχομένου. Συνεπώς, αναπτύσσεται μία σειρά από στάδια που ανακλούν τις προϋπάρχουσες έννοιες και δεξιότητες. Σε αυτές τις έννοιες απευθύνεται το διδακτικό υλικό ώστε να βοηθήσει τους μαθητές να τις κατακτήσουν. Οι επιστημολογικές αναλύσεις της ικανότητας της μοντελοποίησης και των Φάσεων της Σελήνης φαίνονται στο Διάγραμμα 6 και στο Διάγραμμα 16.

Το επόμενο στάδιο αφορά στα δεδομένα που προκύπτουν από εμπειρική έρευνα που σχετίζεται με τον προσδιορισμό των αρχικών ιδεών των παιδιών σε σχέση με το περιεχόμενο, αλλά και με τις σχετικές εννοιολογικές, συλλογιστικές, επιστημολογικές, ή άλλες δυσκολίες που πιθανό να αντιμετωπίζουν (Driver, 1989; Driver *et al.*, 1994a; Driver *et al.*, 1994b; Papadouris & Constantinou, 2009). Αυτό παρέχει πληροφόρηση στη διαδικασία σχεδιασμού του διδακτικού υλικού, αφού θέτει τις αρχές για τα κατάλληλα εναρκτήρια σημεία.

Η ανάλυση των δεδομένων, που προέκυψαν από τα διαγνωστικά δοκίμια κατά την πιλοτική φάση της έρευνας, βοήθησαν στον εντοπισμό των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι ΠΕ κατά την προσπάθειά τους να οικοδομήσουν μοντέλα και να διδάξουν την ικανότητα της μοντελοποίησης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν αλλαγές που χρειάστηκε να γίνουν στο διδακτικό υλικό, ώστε να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες που εντοπίστηκαν. Τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας έδειξαν για παράδειγμα ότι οι ΠΕ τείνουν να υιοθετούν το ρόλο της αυθεντίας και θεωρούν προσωπική τους ευθύνη να μεταδώσουν στους μαθητές τις «σωστές» επιστημονικές πληροφορίες για το φαινόμενο που μοντελοποιείται. Για την αντιμετώπιση αυτής της δυσκολίας, προστέθηκε στο διδακτικό υλικό η δραστηριότητα 33 ως εισαγωγική της 34 (που υπήρχε και στην πιλοτική εκδοχή του διδακτικού υλικού). Ενώ στην πιλοτική εκδοχή οι ΠΕ καλούνταν να περιγράψουν ένα μάθημα που να στοχεύει στην ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης για τη ζωή των μυρμηγκιών σε μία μυρμηγκοφωλιά, στην τελική εκδοχή του διδακτικού υλικού προστέθηκε η δραστηριότητα 33, στην οποία οι ΠΕ καλούνται να ονομάσουν τρόπους συλλογής δεδομένων για τον τρόπο που λειτουργεί το φαινόμενο αυτό, ώστε να αναγκαστούν οι ΠΕ να ονομάσουν άλλους τρόπους (πλην του εαυτού τους) ως πηγές πληροφοριών και συγκεκριμένα να οδηγήσουν τους μαθητές τους να ψάξουν από μόνοι τους τις πληροφορίες που θα χρειαστούν για τα μοντέλα που θα οικοδομήσουν.

Στη διαδικασία ανάπτυξης διδακτικού υλικού μία από τις αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν από τον ερευνητή αφορά στην επιλογή των κατάλληλων τεχνολογικών εργαλείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτευχθούν οι μαθησιακοί στόχοι που τέθηκαν. Η σημασία της επιλογής των τεχνολογικών εργαλείων σχετίζεται με το ότι πρέπει να δοθεί έμφαση στην παραγωγική ενσωμάτωσή τους στο διδακτικό υλικό με τέτοιο τρόπο που να επιφέρει αποτελεσματική μάθηση. Αυτό δεν μπορεί να γίνει με τυχαίο τρόπο, αλλά μετά από συστηματική ανάλυση των δυνατοτήτων των διαθέσιμων τεχνολογικών εργαλείων (Papadouris & Constantinou, 2009). Αυτού του είδους η ανάλυση αναδεικνύει τις δυνατότητες που παρέχονται από ένα συγκεκριμένο εργαλείο και υποδεικνύει πώς αυτές οι δυνατότητες μπορούν να προάγουν τη μαθησιακή διαδικασία στις Φυσικές Επιστήμες και να συνεισφέρουν στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων. Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τα τεχνολογικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξη των επιμέρους στόχων κάθε δραστηριότητας των δύο πακέτων διδακτικού υλικού. Χρησιμοποιήθηκαν κυρίως τα διαδικτυακά εργαλεία *ασύγχρονες συζητήσεις* είτε σε ατομικό είτε σε ομαδικό επίπεδο, *σύγχρονες συζητήσεις* ανάμεσα στους ΠΕ και το εργαλείο *ανταλλαγής συνεισφορών*.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SC[®] είτε ως εργαλείο προσομοίωσης είτε ως εργαλείο μοντελοποίησης. Τέλος σε μεμονωμένες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε λογισμικό για παρακολούθηση βίντεο ή λογισμικό για δημιουργία εννοιολογικών χαρτών (kidspiration). Στο κεφάλαιο 3.1. Σχεδιασμός Μαθημάτων με Διαδικτυακή Στήριξη γίνεται περιγραφή των δυνατοτήτων των διαδικτυακών εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν στο μάθημα και στο κεφάλαιο 3.2.3. Το Λογισμικό Stagecast Creator[®] (SC[®]) ως εργαλείο μοντελοποίησης περιγράφονται οι δυνατότητες του λογισμικού SC[®].

Πίνακας 3

Τεχνολογικά Εργαλεία που Χρησιμοποιήθηκαν για τους Σκοπούς της Κάθε Δραστηριότητας

	Βί ντ εο	Εργαλείο Ασύγχρονων συζητήσεων		Stagecast Creator [®]		Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών	Kids pirati on	Εργαλείο Σύγχρονων Συζητήσεων
		Ατομικά	Ανάμεσα στις ομάδες	Ως εργαλείο προσομοίωσης	Ως εργαλείο μοντελοποίησης			
1.								
2.								
2.1.1.								
2.1.2.	✓	✓						
2.2.								
2.3.								
2.4.			✓					
3.1.			✓					
3.2.								
4.								
5.								
6.					✓			
7.								
7.1.								
7.2.			✓					
7.3.								
7.4.								
Meta								
8.								
8.1.								
8.2.								
8.3.								
9								
10.								
10.1.								
10.2.								
10.3.			✓					
11.								
12.								
12.1.								
12.2.								
12.3.			✓					
13.			✓					
14.								
15.								
15.1.	✓	✓						
15.2.			✓					
Meta								
16.			✓		✓			
17.					✓			
18.					✓			
19.								
20.								
20.1.					✓		✓	
20.2.				✓			✓	
20.3.					✓		✓	
Meta								
21.								
22.								

Πίνακας 3						
Τεχνολογικά Εργαλεία που Χρησιμοποιήθηκαν για τους Σκοπούς της Κάθε Δραστηριότητας						
Βί ντ εο	Εργαλείο Ασύγχρονων συζητήσεων		Stagecast Creator®		Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών	Kids pirati on
	Ατομικά	Ανάμεσα στις ομάδες	Ως εργαλείο προσομοίωσης	Ως εργαλείο μοντελοποίησης		Εργαλείο Σύγχρονων Συζητήσεων
22.1.						
22.2.				✓	✓	
22.3.			✓		✓	
22.4.				✓	✓	
23						
24						
24.1.						
24.2.				✓	✓	
24.3.				✓	✓	
Meta						
25						
25.1.						
25.2.						
26						✓
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35		✓				
36				✓		
37			✓			
38			✓	✓		
Chat						✓

Το επόμενο στάδιο στη μεθοδολογία ανάπτυξης διδακτικού υλικού αφορά στην ουσιαστική ανάπτυξη των αλληλουχιών δραστηριοτήτων. Αυτή η διαδικασία στηρίζεται στην ανάλυση (α) των επιστημολογικών αναλύσεων των μαθησιακών επιδιώξεων, (β) των αποτελεσμάτων της εμπειρικής έρευνας για τις αρχικές ιδέες των μαθητών, και (γ) των δυνατοτήτων των διαθέσιμων τεχνολογικών εργαλείων. Στην πιλοτική φάση της έρευνας εφαρμόστηκε η πρώτη μορφή του διδακτικού υλικού.

Το τελευταίο στάδιο, το οποίο θα αποτελέσει την αρχή του επόμενου κύκλου για την ανάπτυξη του διδακτικού υλικού, περιλαμβάνει την εφαρμογή του σε πραγματικό περιβάλλον μάθησης με σκοπό την αξιολόγησή του. Τα αποτελέσματα ανεπίσημων παρατηρήσεων εντός του μαθησιακού περιβάλλοντος ή συστηματικών αξιολογήσεων πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από τη διδακτική παρέμβαση συχνά οδηγούν τη διαδικασία ανάπτυξης διδακτικού υλικού στην αρχή της διαδικασίας, όπου ακολουθίες δραστηριοτήτων ή ακόμα και ολόκληρο το διδακτικό υλικό μπορούν να αναθεωρηθούν, ώστε να προωθούν αποτελεσματικότερα τις μαθησιακές επιδιώξεις. Η εφαρμογή του κύκλου της μεθοδολογίας ανάπτυξης του διδακτικού υλικού οδήγησε στον εντοπισμό των

σημείων που έχρηζαν βελτίωσης και τελικά στη δεύτερη και τελική εκδοχή του διδακτικού υλικού (Παράρτημα 1).

4.5. Περιγραφή Πακέτων Διδακτικού Υλικού

Τα δύο πακέτα διδακτικού υλικού (ΔΥ1, ΔΥ2) αναπτύχθηκαν με βάση τις αρχές της διερώτησης (McDermott *et al.*, 2000; McDermott & The Physics Education Group, 1996). Μέσα από αυτή την προσέγγιση οι μαθητές είναι ενεργοί, ώστε να καλύπτουν διάφορα κενά που πιθανό να δημιουργήθηκαν λόγω ημιτελούς γνώσης του φαινομένου ή τα οποία υπάρχουν εσκεμμένα στο διδακτικό υλικό. Ο εκπαιδευτικός αναλαμβάνει το ρόλο υποστηρικτή της γνώσης (*knowledge facilitator*), και η επιστημονική διαδικασία δε συμβαίνει μέσω ανάγνωσης, ακρόασης, απομνημόνευσης ή λύσης προβλήματος, αλλά μέσα από την πράξη (*learning by doing*). Ο εκπαιδευτικός προσπαθεί να προσεγγίσει τις διάφορες δυσκολίες που είναι πιθανό να προκύψουν μέσα από εξειδικευμένες, και ειδικά σχεδιασμένες παρεμβάσεις, χρησιμοποιώντας ερωτήσεις και ημι-Σωκρατικούς διαλόγους. Ξεκινώντας από τις παρατηρήσεις τους, οι μαθητές αναπτύσσουν βασικές έννοιες των Φυσικών Επιστημών, χρησιμοποιούν και ερμηνεύουν διάφορων τύπων επιστημονικές αναπαραστάσεις και περνούν από τη διαδικασία δημιουργίας καινούργιων εννοιών με σκοπό την παροχή εξηγήσεων σε σχέση με το φυσικό σύστημα το οποίο μελετούν. Συνεπώς, το διδακτικό υλικό είναι σχεδιασμένο για να βοηθά τους μαθητές να οικοδομήσουν τις εκάστοτε βασικές έννοιες ακολουθώντας συγκεκριμένη εννοιολογική πορεία, ώστε να καταλήγουν σε λειτουργικά μοντέλα που να επιτρέπουν τη διατύπωση προβλέψεων και την ερμηνεία παρατηρήσεων από καθημερινά φαινόμενα. Το διδακτικό υλικό που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας στηρίχθηκε αδρομερώς στη βασική δομή του κεφαλαίου 5 «Φάσεις της Σελήνης» του διδακτικού υλικού Φυσική με Διερώτηση (McDermott & The Physics Education Group, 1996) κατά το οποίο οι ΠΕ καλούνται αρχικά να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους για το φεγγάρι, να αναγνωρίσουν μοτίβα σχημάτων του φεγγαριού, να προσδιορίσουν τη σχετική θέση ήλιου-φεγγαριού ανά φάση του φεγγαριού και τέλος να αναπτύξουν το επιστημονικό μοντέλο της κίνησης του συστήματος του ήλιου, του φεγγαριού και της γης.

4.5.1. Πρώτο πακέτο διδακτικού υλικού (ΔΥ1): ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης

Νωρίς στο ΔΥ1 τίθεται ένα ερώτημα, η απάντηση του οποίου μπορεί να δοθεί από τους ΠΕ με την ολοκλήρωσή του. Οι ΠΕ διαβάζουν μία ιστορία για τέσσερις φίλους που βρίσκονται στο φεγγάρι, παρατηρούν στον ουρανό κάτι που μοιάζει με το φεγγάρι και

προσπαθούν να καταλάβουν τι συμβαίνει. Οι ΠΕ ενημερώνονται ότι μέσω των δραστηριοτήτων που θα ακολουθήσουν θα καταφέρουν τελικά να διαλευκάνουν τη σύγχυση που προκλήθηκε στους τέσσερις φίλους, εφόσον ακολουθήσουν τις οδηγίες του υλικού και συζητούν, όπου αυτό απαιτείται, με την εκπαιδευτικό ή τους συμφοιτητές τους.

Η πρώτη δραστηριότητα καλεί τους ΠΕ να οικοδομήσουν το πρώτο τους μοντέλο με όποιο τρόπο επιθυμούν και για οποιοδήποτε φαινόμενο σχετίζεται με τη σελήνη. Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι η εξαγωγή των αρχικών ιδεών των ΠΕ σε σχέση τόσο με τη διαδικασία της μοντελοποίησης όσο και με το υπό μελέτη φαινόμενο. Ο εκπαιδευτικός δεν αξιολογεί τα μοντέλα ούτε ως προς την ορθότητα του περιεχομένου ούτε ως προς τη διαδικασία οικοδόμησής τους.

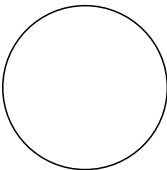
Ακολούθως, οι ΠΕ παρακολουθούν ένα σύντομο βίντεο που παρουσιάζει τη ζωή στο βυθό (δραστηριότητα 2). Καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους ατομικά και μετά τις συγκρίνουν με αυτές των υπόλοιπων μελών της ομάδας. Η όλη διαδικασία λαμβάνει χώρα στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας. Οι ΠΕ προβληματίζονται, εντός της ομάδας τους, σε σχέση με (α) την πιθανότητα διαφωνίας δύο ατόμων που παρατηρούν το ίδιο φαινόμενο, (β) την πιθανότητα οι παρατηρήσεις που λαμβάνονται για ένα φαινόμενο να μην συμβαίνουν στην πραγματικότητα και (γ) τις αισθήσεις που εμπλέκονται κατά την παρατήρηση. Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι η διαμόρφωση ορισμού για την παρατήρηση μέσω της δημιουργίας κριτηρίων, τα οποία χρησιμοποιούν οι ΠΕ για να κρίνουν αν συγκεκριμένες δηλώσεις είναι ή όχι παρατηρήσεις. Τα αποτελέσματα καταγράφονται από κάθε ομάδα στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας, όπου όλες οι ομάδες αξιολογούν τα αποτελέσματα άλλων ομάδων.

Σε επόμενο στάδιο, οι ΠΕ καλούνται να αναστοχαστούν σε σχέση με το περιεχόμενο της δραστηριότητας 2 συζητώντας στην ομάδα τους ή με άλλες ομάδες στην τάξη. Επιπλέον, αν αντιληφθούν ότι υπάρχει διαφωνία ως προς το περιεχόμενο της απάντησης ή αν αντιληφθούν ότι δε συμφωνούν σε κάποιο σημείο καλούνται να ζητήσουν τη βοήθεια της εκπαιδευτικού ή να επιστρέψουν πίσω και να αλλάξουν την απάντησή τους. Αυτό το μεταγνωστικό σχόλιο (#1) έχει ως σκοπό να κάνει τους ΠΕ να σκεφτούν σε σχέση με τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθούν ως ομάδα κατά τη διάρκεια μιας δραστηριότητας και στοχεύει περαιτέρω στην εστίαση της προσοχής των ΠΕ στην πιθανότητα γόνιμης διαφωνίας εντός της ομάδας ή ανάμεσα σε ομάδες στην τάξη.

Στη δραστηριότητα 3 οι ΠΕ καλούνται να επινοήσουν και να περιγράψουν συγκεκριμένη διαδικασία παρατήρησης του φεγγαριού μέσα από συνεργασία στην ομάδα τους και ακολούθως με όλες τις ομάδες της τάξης (πρόσωπο με πρόσωπο). Αφού συζητήσουν στην ομάδα τους και καταλήξουν στο περιεχόμενο της παρατήρησης και στους τρόπους με τους οποίους θα συλλέξουν τα δεδομένα τους, καλούνται να διαπραγματευτούν με τις υπόλοιπες ομάδες εντός της τάξης και να υιοθετήσουν κοινές στρατηγικές για διακρίβωση των προτεινόμενων τρόπων παρατήρησης και των δεδομένων που θα καταγραφούν. Επιπλέον, αξιολογούν τους τρόπους συλλογής δεδομένων για το φεγγάρι που προτάθηκαν από τις άλλες ομάδες με βάση τις στρατηγικές που υιοθετήθηκαν.

Στην επόμενη δραστηριότητα (δραστηριότητα 4) οι ΠΕ αναπτύσσουν ατομικά μια τεχνική (γροθιά πάνω στη γροθιά) για να υπολογίζουν τη θέση (γωνιακό υψόμετρο) αστρονομικών αντικειμένων. Στο πλαίσιο της ίδιας δραστηριότητας δίνουν λειτουργικό ορισμό για το οριζόντιο και το κατακόρυφο και υπολογίζουν πόσες γροθιές αναλογούν σε γωνία 90 μοιρών (ο κάθε ένας ξεχωριστά τη δική του γροθιά), ώστε να διακριβώσουν πόσες μοίρες αναλογούν σε μία γροθιά τους, γεγονός που θα τους διευκολύνει στον υπολογισμό του γωνιακού υψομέτρου.

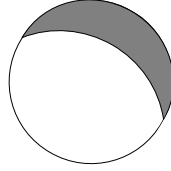
Ακολούθως οι ΠΕ κάνουν παρατηρήσεις του φεγγαριού για τρεις τουλάχιστο μέρες (δραστηριότητα 5) χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που ανέπτυξαν στη δραστηριότητα 4 για τον υπολογισμό του γωνιακού υψομέτρου. Για κάθε παρατήρηση συμπληρώνουν ένα έντυπο παρατήρησης του φεγγαριού (Διαγράμματα 22 και 23)^{ix}.

Ημερομηνία: _____
Ωρα: _____
Θέση παρατηρητή: _____
Κατεύθυνση σελήνης: _____
Γωνία σελήνης-ορίζοντα: _____
Γωνία ήλιου-σελήνης: _____


Διάγραμμα 23. Κενό Έντυπο Παρατήρησης Φεγγαριού

^{ix} Λόγω έλλειψης χρόνου, ζητήθηκε από τους ΠΕ να καταγράψουν μόνο μεμονωμένες παρατηρήσεις του φεγγαριού, για σκοπούς και μόνο εξοικείωσης με αυτή τη μέθοδο καταγραφής παρατηρήσεων.

Ημερομηνία: 02/09/03
Ωρα: 12:30
Θέση παρατηρητή: Λακατάμεια
Κατεύθυνση σελήνης: NAA
Γωνία σελήνης-ορίζοντα: 9°
Γωνία ήλιου-σελήνης: -



Διάγραμμα 24. Συμπληρωμένο Έντυπο Παρατήρησης Φεγγαριού

Στη δραστηριότητα 6 οι ΠΕ καλούνται να οικοδομήσουν το δεύτερο τους μοντέλο για κάποιο φαινόμενο που σχετίζεται με το φεγγάρι χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα SC®. Σκοπός της δραστηριότητας είναι οι ΠΕ να επαναφέρουν στη μνήμη τους βασικές λειτουργίες του προγράμματος, αλλά και να αρχίσουν να εξοικειώνονται με τη διαδικασία οικοδόμησης μοντέλου. Ο εκπαιδευτικός δεν αξιολογεί τα μοντέλα ούτε ως προς την ορθότητα του περιεχομένου ούτε ως προς τη διαδικασία οικοδόμησής τους.

Η δραστηριότητα 7 καλεί τους ΠΕ να μελετήσουν οκτώ προτάσεις, να συζητήσουν στην ομάδα τους κατά πόσο αυτές αποτελούν υπόθεση ή πρόβλεψη, να καταγράψουν στον ασύγχρονο διαδικτυακό χώρο τρεις δικές τους υποθέσεις και τρεις δικές τους προβλέψεις και να παρουσιάσουν τα σχόλιά τους για τις απαντήσεις άλλων δύο ομάδων. Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι να μπορούν οι ΠΕ να διαχωρίζουν τότε μία πρόταση είναι υπόθεση, τότε είναι πρόβλεψη και πώς χρησιμοποιούνται οι δύο έχοντας κατά νου έναν ορισμό για την κάθε διεργασία.

































Σε αυτό το σημείο οι ΠΕ καλούνται να αναστοχαστούν και να εντοπίσουν την πορεία εργασίας που ακολούθησαν στις δραστηριότητες 4-7 (μεταγνωστικό σχόλιο #2). Αναμένεται να εντοπίσουν πώς κατέληξαν σε κοινά κριτήρια, πώς ξεπέρασαν πιθανά προβλήματα που προέκυψαν και να συζητήσουν τότε είναι αποδεκτό στην επιστήμη δύο άτομα να διαφωνούν και τότε είναι λογικό να αναμένουν ότι πρέπει να συμφωνούν.

Ακολούθως δίνονται στους ΠΕ παρατηρήσεις του φεγγαριού που εκτείνονται σε χρονικό διάστημα μιας μέρας (δραστηριότητα 8). Αφού μελετήσουν τις παρατηρήσεις στην ομάδα τους, καλούνται να απαντήσουν ερωτήσεις σε σχέση με την εμφάνιση του φεγγαριού και τη γωνία ήλιου-σελήνης κατά τη διάρκεια της μέρας αυτής, καθώς και να εντοπίσουν και να περιγράψουν ένα μοτίβο από τα δεδομένα που έχουν μπροστά τους. Επιπλέον,

καλούνται να ορίσουν τι σημαίνει μοτίβο στις Φυσικές Επιστήμες. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για δεδομένα που αφορούν σε χρονικό διάστημα μίας εβδομάδας (δραστηριότητα 10) και μιας συνοδικής περιόδου (δραστηριότητα 12). Για τα δεδομένα ολόκληρης της συνοδικής περιόδου οι ΠΕ φτιάχνουν ένα Διάγραμμα Σύνοψης των Παρατηρήσεων του Φεγγαριού (ΔΣΠΦ)^x (δραστηριότητα 11). Για τους σκοπούς της δραστηριότητας 8 εντοπίζουν στην ομάδα τους μοτίβα, τα συγκρίνουν με αυτά των υπόλοιπων ομάδων (πρόσωπο με πρόσωπο εντός της τάξης) και προσπαθούν να εντοπίσουν ομοιότητες και διαφορές τόσο στα μοτίβα όσο και στον τρόπο αναπαράστασής τους. Γίνεται συζήτηση σε σχέση με τη φύση των μοτίβων και τον τρόπο αναγνώρισής τους. Στο επίπεδο της συνεργασίας ανάμεσα στα μέλη μίας ομάδας σκοπός των δραστηριοτήτων 8 και 10 είναι η συμφωνία για την ερμηνεία των δεδομένων και τον τρόπο που αυτά υποστηρίζουν τις αναδυόμενες (από τις ομάδες) θεωρίες. Στο επίπεδο της συνεργασίας ανάμεσα σε ομάδες σε μία τοποθεσία η δραστηριότητα 8 στοχεύει στην ανάπτυξη της ικανότητας των ΠΕ για παρουσίαση εξηγήσεων και συζήτηση για τα δεδομένα που τις υποστηρίζουν ή που κρίνουν ακατάλληλες ανταγωνιστικές εξηγήσεις. Επιπλέον, αναμένεται από τους ΠΕ να διαπραγματευτούν σε σχέση με τους τρόπους αξιολόγησης των μηχανισμών εξήγησης του φαινομένου και τους τρόπους υλοποίησης των μηχανισμών στα μοντέλα, μέσω αντιπαράθεσης διαφορετικών θεωριών. Η δραστηριότητα 12 στοχεύει, περαιτέρω, στην ανάπτυξη της ικανότητας των ΠΕ ως προς τον εντοπισμό έγκυρων εξηγήσεων από άλλες ομάδες.

Στη δραστηριότητα 9 παρέχονται τους ΠΕ πέντε διαφορετικές παρατηρήσεις του φεγγαριού που εκτείνονται σε περίοδο τεσσάρων ημερών καθώς επίσης και η συζήτηση δύο ατόμων για αυτές τις παρατηρήσεις. Οι ΠΕ καλούνται να μελετήσουν τα δεδομένα και να τοποθετηθούν ως προς τη διαφωνία των δύο ατόμων. Η διαφωνία αφορά στο ότι σε δύο συνεχόμενες μέρες αλλά για διαφορετικές ώρες παρατηρείται φεγγάρι τη μία μέρα αλλά όχι την επομένη. Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι η σύγκριση και αντιπαράθεση των διαφορετικών προβλέψεων που αναπτύχθηκαν για το ίδιο φαινόμενο.

^x Διάγραμμα Σύνοψης των Παρατηρήσεων του Φεγγαριού (ΔΣΠΦ) είναι ένας Πίνακας στον οποίο καταγράφονται καθημερινά επί ένα χρονικό διάστημα στοιχεία που προκύπτουν από συστηματική παρατήρηση της σελήνης. Ένα συμπληρωμένο ΔΣΠΦ φαίνεται στο Διάγραμμα 24.

07/08/03 21:02, N, 28° 	08/08/03, 11:00  21:00, NNA, 28°  23:55, NNA, 4° 	09/08/03 17:00, A, 3°  20:15, NNA, 13,5°  22:10, N, 30° 	10/08/03 19:30, NA, 9°  20:45, NNA, 16°  22:30, NNA, 28° 	11/08/03 21:00, NA, 11°  21:45, NNA, 18°  23:25, NNNA, 27° 	12/08/03 -----
13/08/03 -----	14/08/03 -----	15/08/03 -----	16/08/03 04:05, NNNA, 33° 	17/08/03 03:10, NNNA, 33° 	18/08/03 08:50, NΔΔ, 11° 
19/08/03 -----	20/08/03 -----	21/08/03 18:00, N, 30° 	22/08/03 22:30, NΔΔ, 5° 	23/08/03 19:30, N, 30° 	24/08/03 17:00, A, 7° 
25/08/03 22:00, A,  7°	26/08/03 -----	27/08/03 -----	28/08/03 -----	29/08/03 16:00, 	30/08/03 -----
31/08/03 11:00, NAA, 11°  γωνία H-Σ: 15°  20:45, NΔΔ, 11° 	01/09/03 09:00, A, 5°, H-Σ: 55° 	02/09/03 18:30, N, 33°, H-Σ: 80° 	03/09/03 12:00, A, 1°, H-Σ: 90°  15:00, NA, 15°, H-Σ: 90°  17:00, NNA, 23°, H-Σ: 90°  18:30, N, 30°, H-Σ: 90°  23:00, NΔΔ, 7° 	Το άσπρο στα σχήματα είναι το κομμάτι του φεγγαριού που φαίνεται στον ουρανό. Οι παρατηρήσεις καταγράφηκαν ως ακολούθως: Ωρα, κατεύθυνση σελήνης, γωνία σελήνης ορίζοντα και γωνία ήλιου σελήνης.	

Διάγραμμα 25. Συμπληρωμένο Διάγραμμα Σύνοψης Παρατηρήσεων του Φεγγαριού (ΔΣΦΠ)

Η δραστηριότητα 13 ζητά από τους ΠΕ να καταγράψουν την απάντησή τους και να συζητήσουν με τις υπόλοιπες ομάδες (να απευθυνθούν σε απαντήσεις άλλων δύο ομάδων) σε σχέση με το τι μετρά ως έγκυρη εξήγηση ενός μοτίβου ή ενός φαινομένου, αφού μελετήσουν τις εξηγήσεις-υποθέσεις που ανέπτυξαν στις προηγούμενες δραστηριότητες (8, 10, 12) για τα δεδομένα του φεγγαριού.

Σε επόμενη δραστηριότητα (δραστηριότητα 14) δόθηκε στους ΠΕ γραπτό κείμενο σε σχέση με τη φύση και το ρόλο των μοντέλων στην επιστήμη. Μέσα από το κείμενο έγινε προσπάθεια σύνδεσης των εμπειριών που απέκτησαν οι ΠΕ μέσα από τη μελέτη των παρατηρήσεων του φεγγαριού και της αναγνώρισης μοτίβων με τη διαδικασία της μοντελοποίησης. Επιπρόσθετα, το κείμενο αφορούσε (α) στις προϋποθέσεις που πρέπει να ισχύουν ώστε ένα μοντέλο να θεωρείται ορθό, (β) στα συστατικά/μέρη του μοντέλου και (γ) στο γεγονός ότι τα μοντέλα δεν είναι στατικά ή αμετάβλητα κατασκευάσματα.

Μετά από τη μελέτη και τη συζήτηση του κειμένου, για τους σκοπούς της δραστηριότητας 15, οι ΠΕ μελετούν μέσα από βίντεο ένα έτοιμο μοντέλο, το οποίο είναι κατασκευασμένο από πραγματικά υλικά και αναπαριστά τον τρόπο λειτουργίας του μόντεμ σε ένα Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Το αξιολογούν ατομικά και φορτώνουν την αξιολόγησή τους στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας του μαθήματος. Ακολούθως σχολιάζουν ατομικά την αξιολόγηση ενός μέλους της ομάδας τους. Στον ίδιο χώρο συζήτησης, διαπραγματεύονται

με τις υπόλοιπες ομάδες σε σχέση με την ανάπτυξη ενός πλαισίου αξιολόγησης ενός μοντέλου (κριτήρια αξιολόγησης μοντέλου).

Μετά από τη δραστηριότητα 15, οι ΠΕ καλούνται να συμπληρώσουν ακόμα ένα μεταγνωστικό σχόλιο (#3) και συγκεκριμένα να ανατρέξουν στις δραστηριότητες 1-15, και για κάθε δραστηριότητα να καταγράψουν με μια φράση ή μια πρόταση την κύρια μαθησιακή επίδωξη, όπως την αντιλαμβάνονται ως ομάδα.

Για τους σκοπούς της δραστηριότητας 16 οι ΠΕ καλούνται να μελετήσουν ένα μοντέλο που σχετίζεται με την πυκνότητα των αντικειμένων και το οποίο στηρίζεται στην υπόθεση *Τα σιδερένια αντικείμενα βυθίζονται στο νερό*. Αναμένεται από τους ΠΕ να αξιολογήσουν το μοντέλο αυτό, εντός της ομάδας και με τις υπόλοιπες ομάδες στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας, ως προς το αν ο μηχανισμός απόδοσης της υπόθεσης, όπως εκφράζεται από το μοντέλο, είναι πετυχημένος. Καλούνται, δηλαδή, να διαπραγματευτούν σε σχέση με τους τρόπους αξιολόγησης των μηχανισμών εξήγησης του φαινομένου και σε σχέση με τρόπους υλοποίησης τους στα μοντέλα, μέσω αντιπαράθεσης διαφορετικών θεωριών.

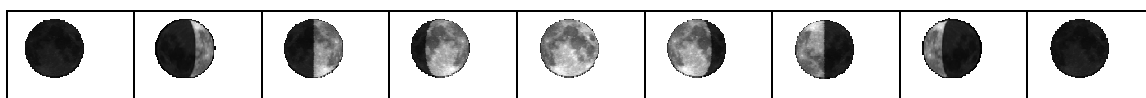
Στην επόμενη δραστηριότητα (δραστηριότητα 17) οι ΠΕ καλούνται να παρακολουθήσουν ένα μοντέλο (στο πρόγραμμα SC[®]) για την ανάπτυξη ενός φυτού. Ακολούθως, μελετούν ένα συμπληρωμένο Συνοδευτικό Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου^{xi} και ένα συμπληρωμένο Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου^{xii}. Το περιεχόμενο και ο τρόπος συμπλήρωσης των δύο εντύπων γίνεται αντικείμενο συζήτησης στην κάθε ομάδα ξεχωριστά. Σε επόμενο στάδιο (δραστηριότητα 18), η κάθε ομάδα μελετά ένα μοντέλο (στο πρόγραμμα SC) και καλείται να συμπληρώσει το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου για αυτό. Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι να γίνει συζήτηση αρχικά ανάμεσα στην ομάδα και ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και τους ΠΕ αργότερα, σε σχέση με τα στοιχεία ενός μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία), αλλά και να γίνει εφαρμογή των κριτηρίων αξιολόγησης ενός μοντέλου που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της δραστηριότητας 15.

^{xi} Το Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου συμπληρώνεται από τους ΠΕ κατά την οικοδόμηση ενός μοντέλου με σκοπό να βοηθήσει τον τελικό χρήστη του μοντέλου να αντιληφθεί ευκολότερα τη λειτουργία του μοντέλου, αλλά και τον κατασκευαστή να αναστοχαστεί σε σχέση με τα στοιχεία που περιλαμβάνει, το μηχανισμό λειτουργίας του και τη χρήση του. Ένα κενό Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου φαίνεται στο Παράρτημα 19.

^{xii} Το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου συμπληρώνεται από τους ΠΕ που αξιολογούν ένα μοντέλο με σκοπό να ξεκαθαρίσουν στον κατασκευαστή του μοντέλου τα σημεία που περιέχουν ασάφειες και χρήζουν βελτίωσης σε αυτό. Ένα Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου φαίνεται στο Παράρτημα 20.

Η δραστηριότητα 19 αποτελεί εισαγωγή στη διαδικασία ανάπτυξης του πρώτου ομαδικού μοντέλου των ΠΕ για το υπό μελέτη φαινόμενο. Καλούνται να καταγράψουν τρία μοτίβα που εντόπισαν όταν μελέτησαν τις παρατηρήσεις της σελήνης και να τα ιεραρχήσουν από το πιο σημαντικό στο λιγότερο σημαντικό. Τελικά καταλήγουν (αφού συζητήσουν με τον εκπαιδευτικό) σε 3 κοινά μοτίβα: (1) Κατά τη διάρκεια μιας συνοδικής περιόδου (28 ημέρες) το ορατό από τη γη σχήμα του φεγγαριού αλλάζει ως ακολούθως: νέα σελήνη, αναπτυσσόμενος μηνίσκος, πρώτο τέταρτο, αναπτυσσόμενο φεγγάρι, πανσέληνος, συρρικνούμενο φεγγάρι, τρίτο τέταρτο, συρρικνούμενος μηνίσκος, (2) Οι ώρες Ανατολής και Δύσης του φεγγαριού διαφέρουν καθημερινά, και (3) Κατά τη διάρκεια μιας μέρας το φεγγάρι έχει φαινομενικό μονοπάτι παρόμοιο με του ήλιου (Ανατολικά-Νότια-Δυτικά).

Η δραστηριότητα 20 καλεί τους ΠΕ να φτιάξουν το δικό τους μοντέλο στο πρόγραμμα SC[®] ως εξήγηση (ή θεωρία) για το πρώτο μοτίβο (Κατά τη διάρκεια μιας συνοδικής περιόδου το ορατό από τη γη σχήμα του φεγγαριού αλλάζει όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 26) που εντόπισαν στη δραστηριότητα 19. Οι ΠΕ κατασκευάζουν το μοντέλο, εντοπίζουν τα κύρια στοιχεία του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές, αλληλεπιδράσεις και διαδικασίες) και συμπληρώνουν το Συνοδευτικό Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου. Το μοντέλο (μοντέλο 1) μαζί με το Συνοδευτικό Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου τοποθετείται από τους ΠΕ στο ΕΠΜ σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο (χώρος ανταλλαγής συνεισφορών). Ακολούθως καλούνται να μελετήσουν το μοντέλο και το έντυπο μιας ομάδας (που είναι καθορισμένη από πριν) με σκοπό την αξιολόγησή του. Η αξιολόγηση του μοντέλου της άλλης ομάδας συνοδεύεται από το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου, το οποίο ανεβάζουν επίσης στο χώρο ανταλλαγής συνεισφορών. Αφού λάβουν την αξιολόγηση του μοντέλου τους από άλλη ομάδα, οι ΠΕ το τροποποιούν σύμφωνα με την ανατροφοδότηση που έλαβαν και ανεβάζουν στο ΕΠΜ το βελτιωμένο μοντέλο (μοντέλο 2). Σκοπός της δραστηριότητας είναι η ανάπτυξη κοινού μοντέλου εντός της ομάδας και η διαπραγμάτευση των στοιχείων (αντικείμενα, μεταβλητές, αλληλεπιδράσεις, διαδικασίες) που εφαρμόζουν καλύτερα στο μοντέλο. Επιπλέον, στοχεύει στην επεξεργασία των μοντέλων που οικοδομήθηκαν από άλλες ομάδες για έλεγχο της εφαρμοσιμότητάς τους ή για επεξεργασία του υποκείμενου μηχανισμού.



Διάγραμμα 26. Η Αλλαγή στο Σχήμα του Φεγγαριού κατά τη Διάρκεια μιας Συνοδικής Περιόδου

Το τέταρτο μεταγνωστικό σχόλιο του διδακτικού υλικού παραινεί τους ΠΕ να σκεφτούν την όλη πορεία που εφάρμοσαν κατά τη δραστηριότητα 20 και να διασφαλίσουν ότι κατανοούν τη χρησιμότητα των βημάτων που ακολούθησαν για την ολοκλήρωση της

δραστηριότητας, αλλά και της κριτικής που παρείχαν ή έλαβαν κατά τη διαδικασία οικοδόμησης νοήματος, ανάπτυξης και αξιολόγησης των μοντέλων τους.

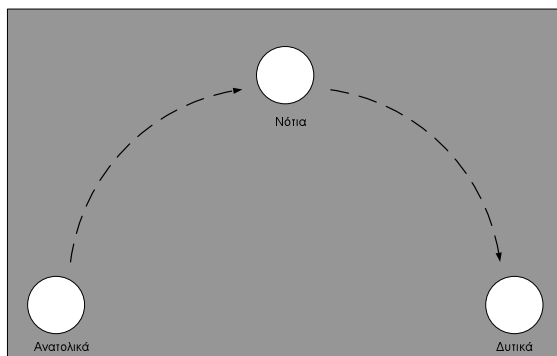
Στο πλαίσιο της δραστηριότητας 21 οι ΠΕ εργάζονται στην ομάδα τους με σκοπό να αξιολογήσουν το δικό τους μοντέλο (μοντέλο 2), το οποίο ανέπτυξαν στη δραστηριότητα 20, εφαρμόζοντας τα κριτήρια αξιολόγησης μοντέλου που υιοθέτησαν στη δραστηριότητα 15.

Ακολούθως, η δραστηριότητα 22 καλεί τους ΠΕ να συγκρίνουν το μοντέλο τους με τις παρατηρήσεις του φεγγαριού, που μελέτησαν σε προηγούμενες δραστηριότητες (8, 10 και 12) και να εντοπίσουν πιθανές ασυνέπειες ή ελλείψεις του μοντέλου σε σχέση με τα δεδομένα. Ακολούθως καλούνται να εφαρμόσουν τη διαδικασία της δραστηριότητας 20 για το δεύτερο μοτίβο που κατέγραψαν στη δραστηριότητα 19 (οι ώρες Ανατολής και Δύσης του φεγγαριού διαφέρουν καθημερινά), με σκοπό τη βελτίωση του μοντέλου 2 και την οικοδόμηση του μοντέλου 3. Η βελτίωση του μοντέλου 2 πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των δραστηριοτήτων 21 και 22. Επιπλέον, η κάθε ομάδα αξιολογεί το τρίτο μοντέλο της αξιολογούμενης ομάδας και λαμβάνει αξιολόγηση από την ομάδα αξιολογητή για το δικό της μοντέλο (μοντέλο 3), το οποίο τροποποιεί σύμφωνα με τα σχόλια της αξιολόγησης (οικοδόμηση μοντέλου 4). Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι η συνεργασία ανάμεσα στα μέλη μίας ομάδας για σύγκριση του μοντέλου με τα δεδομένα και βελτιωτική ρύθμιση του μοντέλου, αλλά και συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες για αξιολόγηση και επεξεργασία των μοντέλων άλλων ομάδων.

Στη δραστηριότητα 23 οι ΠΕ προβληματίζονται ως προς τα μεγέθη των αστρονομικών σωμάτων που περιλαμβάνονται στο μοντέλο τους και τις αποστάσεις ανάμεσα σε αυτά τα σώματα. Δίνεται στους ΠΕ ένα αρχείο με κείμενα που περιλαμβάνουν παρεμφερείς με αυτά τα ζητήματα πληροφορίες, το οποίο καλούνται να μελετήσουν και να απαντήσουν σε συγκεκριμένες ερωτήσεις.

Στην επόμενη δραστηριότητα (δραστηριότητα 24), οι ΠΕ προβληματίζονται σε σχέση με το αν το μοντέλο τους εξηγεί το τρίτο μοτίβο (Κατά τη διάρκεια μιας μέρας το φεγγάρι έχει φαινομενικό μονοπάτι παρόμοιο με του ήλιου-Διάγραμμα 27) που εντόπισαν στο πλαίσιο της δραστηριότητας 19. Σε περίπτωση που αυτό δε συμβαίνει καλούνται, εντός της ομάδας τους, να βελτιώσουν το μοντέλο 4 και να οικοδομήσουν το πέμπτο μοντέλο της ομάδας τους (στο μοντέλο 5 αναμένεται ότι θα περιληφθούν και δεδομένα που

προέκυψαν και από τη δραστηριότητα 23). Αυτό το μοντέλο αξιολογείται από την εκπαιδευτικό, τα σχόλια της οποίας λαμβάνονται υπόψη για την οικοδόμηση του τελικού μοντέλου 6. Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι η συνεργασία ανάμεσα στα μέλη μίας ομάδας για σύγκριση του μοντέλου με τα δεδομένα και βελτιωτική ρύθμιση του μοντέλου.



Διάγραμμα 27. Φαινομενικό Μονοπάτι Φεγγαριού στον Ουρανό σε μια Μέρα

Ακολουθεί το πέμπτο (5) μεταγνωστικό σχόλιο, που είναι πανομοιότυπο με αυτό που ακολουθεί τη δραστηριότητα 20 και παραινεί τους ΠΕ να σκεφτούν την πορεία που εφάρμοσαν και να διασφαλίσουν ότι κατανοούν τη χρησιμότητα των βημάτων που ακολούθησαν για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων 22 και 24, αλλά και της κριτικής που έδωσαν ή έλαβαν κατά τη διαδικασία οικοδόμησης νοήματος, ανάπτυξης και αξιολόγησης των μοντέλων τους.

Στο πλαίσιο της δραστηριότητας 25, οι ΠΕ οικοδομούν εντός της ομάδας τους ένα διαφορετικό μοντέλο εξήγησης των Φάσεων της Σελήνης, ένα μοντέλο με πραγματικά αντικείμενα (φωτεινός λαμπτήρας-ήλιος, μπάλα-σελήνη, κεφάλι φοιτητή-γη, ανθρωπάκι από πλαστελίνη-άνθρωπος). Χρησιμοποιούν το μοντέλο αυτό για να απαντήσουν σε συγκεκριμένα ερωτήματα που αφορούν στη φωτεινότητα της σελήνης, τις ώρες ανατολής και δύσης του φεγγαριού κλπ. Οι ΠΕ βρίσκουν αυτή τη δραστηριότητα ιδιαίτερα χρήσιμη. Τους επιτρέπει να εκτιμήσουν την αξία των διαδοχικών μοντέλων που έφτιαξαν μέχρι τώρα στο πρόγραμμα SC[®] και βοηθά να αντιμετωπιστούν συγκεκριμένες δυσκολίες που εντοπίζονται πριν από τη διδασκαλία (π.χ. ότι οι Φάσεις της Σελήνης δημιουργούνται λόγω της σκιάς της γης). Επιπλέον, εκτιμούν τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα αυτού του μοντέλου σε σύγκριση με τα διαδοχικά υπολογιστικά μοντέλα που οικοδόμησαν προηγουμένως, όπως το ότι το ένα είναι τρισδιάστατο ενώ το άλλο όχι ή το ότι με το μοντέλο με τα πραγματικά υλικά δυσκολότερα πετυχαίνει κανείς πολλαπλές επαναλήψεις του φαινομένου.

Σε επόμενο στάδιο (δραστηριότητα 26) παρουσιάζονται στους ΠΕ δύο διαφορετικά μοντέλα εξήγησης των Φάσεων της Σελήνης όπως αναπτύχθηκαν από δύο διαφορετικά άτομα. Και τα δύο μοντέλα εξηγούν τη δημιουργία των Φάσεων της Σελήνης, αλλά στηρίζονται σε εντελώς διαφορετικούς μηχανισμούς (Μοντέλο Α: περιφορά της σελήνης γύρω από τη γη και περιστροφή της γης γύρω από τον εαυτό της. Μοντέλο Β: περιστροφή και περιφορά της γης γύρω από τη σελήνη, η οποία είναι σταθερή). Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι η πρόκληση συζήτησης σε σχέση με το εύρος των πιθανών μηχανισμών και των διαφορετικών τύπων εξήγησης για ένα φαινόμενο.

Η δραστηριότητα 27 αποτελεί ουσιαστικά επανάληψη του προβληματισμού που τέθηκε στην αρχή του διδακτικού υλικού σε σχέση με το πρόβλημα που είχαν οι τέσσερις φίλοι που βρίσκονται στο φεγγάρι. Έτσι, οι ΠΕ προσπαθούν με τη βοήθεια των μοντέλων που οικοδόμησαν να απαντήσουν αν είναι δυνατόν κάποιος που στέκεται στο φεγγάρι και κοιτάζει στον ουρανό να δει τη γη ή οποιοδήποτε άλλο αστρονομικό αντικείμενο να συμπεριφέρεται όπως το φεγγάρι όταν παρατηρείται από τη γη. Με άλλα λόγια, αν είναι δυνατό να παρακολουθήσει κανείς τις Φάσεις της Γης αν βρίσκεται στο φεγγάρι, καθώς επίσης και ποιες είναι αυτές.

Αυτό το πακέτο διδακτικού υλικού (ΔΥ1) ολοκληρώνεται με μία δραστηριότητα μεταγνωστικής φύσης (δραστηριότητα 28). Οι ΠΕ καλούνται εντός της ομάδας τους να φτιάξουν ένα εννοιολογικό χάρτη για τη διαδικασία της μάθησης που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια των 27 δραστηριοτήτων του διδακτικού υλικού και για τον τρόπο που εργαστήκαν σε αυτές (ατομική εργασία, ομαδική εργασία, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες κτλ).

4.5.2. Δεύτερο πακέτο διδακτικού υλικού (ΔΥ2): Στρατηγικές διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης

Το δεύτερο πακέτο διδακτικού υλικού (ΔΥ2) στοχεύει στην ανάπτυξη στρατηγικών, εκ μέρους των ΠΕ, για τη διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης και ζητά αρχικά από αυτούς να διαβάσουν το κείμενο «Ικανότητα της Μοντελοποίησης», όπου γίνεται αναφορά στα μοντέλα, στο ρόλο τους, στη σχέση τους με τις Φυσικές Επιστήμες και γενικότερα στη μοντελοποίηση (δραστηριότητα 29).

Στο επόμενο έργο (δραστηριότητα 30) παρουσιάζεται στους ΠΕ ο *Μαθησιακός Κύκλος της Μοντελοποίησης* (Διάγραμμα 9) και μέσα από κατάλληλες ερωτήσεις ωθούνται στο να

εκτιμήσουν την κυκλικότητα της διαδικασίας ανάπτυξης μοντέλων, την οποία ακολούθησαν για να αναπτύξουν τα δικά τους διαδοχικά μοντέλα.

Στη δραστηριότητα 31 παρουσιάζεται άλλο ένα σημαντικό διδακτικό στοιχείο της διαδικασίας ανάπτυξης μοντέλων, η επιστημολογική ανάλυση της μοντελοποίησης (Διάγραμμα 6). Δίνεται επίσης ένα σύντομο κείμενο εξήγησης της έννοιας και ακολούθως ζητείται να εντοπιστεί ο τρόπος που το ΔΥ1 εφάρμοσε και σε ποιο βαθμό τα στοιχεία που υπαινίσσεται η επιστημολογική ανάλυση της ικανότητας της μοντελοποίησης. Στόχος της δραστηριότητας αυτής είναι οι ΠΕ να σκιαγραφήσουν και να συνειδητοποιήσουν τα βήματα από τα οποία πέρασαν μέχρι να ολοκληρώσουν τις απαιτήσεις του ΔΥ1 και να οικοδομήσουν τόσο τα πολλαπλά μοντέλα για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης, αλλά και να αναπτύξουν γενικότερα την ικανότητα της μοντελοποίησης.

Σε επόμενο στάδιο, οι ΠΕ μελετούν τρία παραδείγματα μαθημάτων που στοχεύουν στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης και τα αξιολογούν σύμφωνα με το αν είναι επιτυχημένα ή όχι (δραστηριότητα 32). Για αυτή την εργασία οι ΠΕ συνεργάζονται εντός της ομάδας τους στην τάξη. Αναμένεται ότι η αξιολόγηση των μαθημάτων θα γίνει έχοντας κατά νου τόσο το μαθησιακό κύκλο της μοντελοποίησης (δραστηριότητα 30) όσο και την επιστημολογική ανάλυση της ικανότητας της μοντελοποίησης (δραστηριότητα 31).

Οι δραστηριότητες 33 και 34 αποτελούν λογική συνέχεια των προηγούμενων τριών δραστηριοτήτων ως προς το ότι ζητούν από τους ΠΕ να περιγράψουν ένα μάθημα που να στοχεύει στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης για τη ζωή των μυρμηγκιών σε μία μυρμηγκοφωλιά. Αρχικά καλούνται να ονομάσουν τρόπους συλλογής δεδομένων για το φαινόμενο (δραστηριότητα 33) και ακολούθως να συζητήσουν τη ροή των δραστηριοτήτων που θα ακολουθούσαν αν θα δίδασκαν το μάθημα αυτό σε μαθητές Γ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Και για αυτές τις δύο δραστηριότητες οι ΠΕ συνεργάζονται εντός της ομάδας τους στην τάξη.

Η δραστηριότητα 35 στοχεύει στην ανάπτυξη της ικανότητας των ΠΕ να προσδιορίζουν και να αξιολογούν το μηχανισμό που χρησιμοποίησε κάποιος μαθητής κατά την κατασκευή ενός μοντέλου. Για το σκοπό αυτό οι ΠΕ μελετούν ένα μοντέλο που φτιάχτηκε από ένα μαθητή στο πρόγραμμα SC[®] για το φαινόμενο της εξάτμισης. Καλούνται να συζητήσουν σε σχέση με την κατανόηση και τον τρόπο αναπαράστασης του μηχανισμού του φαινομένου από το μαθητή. Κατευθύνονται προς τη μελέτη των κανόνων που

χρησιμοποιήθηκαν για την οικοδόμηση του μοντέλου. Αναμένεται ότι οι ΠΕ να συνεργαστούν αρχικά εντός της ομάδας τους για να εκφράσουν την απάντησή τους και ακολούθως στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας με άλλες ομάδες, όπου καλούνται να σχολιάσουν τις απαντήσεις δύο άλλων ομάδων.

Η δραστηριότητα 36 είναι ερευνητικής φύσης και ζητά από τους ΠΕ να εργαστούν ατομικά για (α) την οικοδόμηση ακολουθιών δραστηριοτήτων για την ανάπτυξη της διδασκαλίας της μοντελοποίησης που να συνάδει με την επιστημολογική ανάλυση της μοντελοποίησης, όπως αυτή παρουσιάστηκε στη δραστηριότητα 31, και (β) τη διδασκαλία των ακολουθιών δραστηριοτήτων για το θέμα αυτό (διδασκαλία ενός προϋπηρεσιακού εκπαιδευτικού προς ένα μαθητή). Η δραστηριότητα 36 αποτελεί την τελική εργασία των ΠΕ για το μάθημα.

Για τους σκοπούς της δραστηριότητας 37 οι ΠΕ καλούνται να εργαστούν στην ομάδα τους και να αναπτύξουν διαγνωστικά έργα που να αξιολογούν την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης από παιδιά δημοτικού. Ακολούθως, συνεργάζονται με μία ομάδα εντός της τάξης, με σκοπό την αξιολόγηση των διαγνωστικών δοκιμίων που κατασκευάστηκαν. Σκοπός της αξιολόγησης πρέπει να είναι το αν τα διαγνωστικά δοκίμια είναι συγκρίσιμα, αν μετρούν δηλαδή το ίδιο πράγμα. Με άλλα λόγια οι ΠΕ διαπραγματεύονται για τα έργα αξιολόγησης που ανέπτυξαν και υιοθετούν κοινά ή συγκρίσιμα έργα που να μετρούν την ικανότητα της μοντελοποίησης.

Το τελευταίο έργο (δραστηριότητα 38) στοχεύει στη σύγκριση σημειώσεων και εξηγήσεων ανάμεσα στις ομάδες, καθώς επίσης και στον προσδιορισμό συλλογιστικών μοτίβων για έργα μαθητών. Οι ΠΕ φέρνουν μοντέλα που έφτιαξαν οι μαθητές τους (στο πλαίσιο της τελικής τους εργασίας) για ένα φαινόμενο και συζητούν τι καταλαβαίνει ο κάθε μαθητής για το φαινόμενο, μελετώντας τον τρόπο με τον οποίο οικοδόμησε το μοντέλο του. Ακολούθως, διαβάζουν τα σχόλια των άλλων ομάδων στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας και συγκρίνουν τις εξηγήσεις που έδωσαν για το μοντέλο του μαθητή τους, με αυτή που θα έδιναν οι ίδιοι για το συγκεκριμένο μοντέλο.

4.6. Πιλοτική Έρευνα

Της τελικής έρευνας προηγήθηκε πιλοτικό στάδιο (Εαρινό Εξάμηνο 2006), η υλοποίηση και τα αποτελέσματα του οποίου έδειξαν συγκεκριμένες αλλαγές που χρειάστηκε να γίνουν για την αποτελεσματικότερη έκβαση του μαθήματος και την εγκυρότερη και πιο

αξιόπιστη συλλογή των δεδομένων. Τα σημεία της τελικής έρευνας στα οποία υπήρχαν αλλαγές σε σχέση με το πιλοτικό στάδιο υποδεικνύονται στο Διάγραμμα 21 με * και αναλύονται με λεπτομέρεια σε αυτό το υποκεφάλαιο.

4.6.1. Αλλαγές στα διαγνωστικά δοκίμια

Η τελική εφαρμογή της έρευνας περιέλαβε τις εξής αλλαγές σε σχέση με τα διαγνωστικά δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν:

1. Διαγνωστικά δοκίμια για τη δεξιότητα του προγραμματισμού. Στο τελικό στάδιο της έρευνας δε χρησιμοποιήθηκαν αυτά τα διαγνωστικά δοκίμια, λόγω του ότι η ανάπτυξη της δεξιότητας του προγραμματισμού δεν περιλήφθηκε τελικά στους στόχους της έρευνας.

2. Διαγνωστικά δοκίμια για την ικανότητα της μοντελοποίησης. Οι αλλαγές που έγιναν σε αυτά τα διαγνωστικά δοκίμια από την πιλοτική στην τελική φάση περιγράφονται στον Πίνακα 4.

2.1. Διαγνωστικά δοκίμια 1 και 2

Για την πτυχή «Κατασκευή μοντέλου» ζητήθηκε από τους ΠΕ να κατασκευάσουν μοντέλα σε σχέση με (α) το Κυκλοφοριακό σύστημα μιας πόλης και (β) τη ζωή μιας αλεπούς. Για τη συμπλήρωση και των δύο διαγνωστικών δοκιμίων οι φοιτητές έπρεπε να ανακαλέσουν στο μυαλό τους τα φαινόμενα και ακολούθως να οικοδομήσουν τα δύο σχεδιαστικά μοντέλα. Αυτό αντιτίθεται στη διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων, η οποία ξεκινά από την παρατήρηση του φαινομένου και κατά προτίμηση όχι από την ανάκληση του στο μυαλό του κατασκευαστή του μοντέλου. Αυτός πιθανό να είναι και ο λόγος που οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο δεν ήταν στατιστικά σημαντικές για το δοκίμιο 1 ($Z=-1,61$, $p=0,11$, $r=0,25$). Για το δοκίμιο 2 ήταν στατιστικά σημαντικές οι διαφορές, αλλά σε επίπεδο $p<0,05$ ($Z=-1,99$, $p<0,05$, $r=0,31$). Αυτός είναι και ο λόγος που κατά την τελική φάση της έρευνας το περιεχόμενο των δύο διαγνωστικών δοκιμίων, και όχι η δομή τους, άλλαξε. Το ένα διαγνωστικό δοκίμιο αφορούσε στην παρακολούθηση ενός βίντεο για τη θαλάσσια ζωή (Θαλάσσιο οικοσύστημα) και το άλλο στην παρακολούθηση του τι συμβαίνει όταν εκχυθεί άρωμα στην ατμόσφαιρα σε σχέση με την αίσθηση της όσφρησης (Ο μηχανισμός της όσφρησης).

2.2. Διαγνωστικά δοκίμια 3 και 4

Για την πτυχή «Εξαγωγή πληροφοριών» για το δοκίμιο «Κυκλοφοριακό σύστημα μιας πόλης» όπου παρουσιάστηκε στους ΠΕ ένα σχεδιαστικό μοντέλο, από το οποίο είχαν να συλλέξουν πληροφορίες, φάνηκε ότι και πριν και μετά από την παρέμβαση οι ΠΕ

εντόπιζαν μόνο αντικείμενα (π.χ. Εμπόδια στους δρόμους, στοιχεία ελέγχου κυκλοφορίας, μοτοσικλετιστές, οδηγούς, ποδηλάτες, στοιχεία εκτός κυκλοφορίας κτλ) και μεταβλητές [πυκνότητα κυκλοφορίας είδη δρόμων, είδη τροχοφόρων κτλ) και καθόλου διαδικασίες ή αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Αυτό το γεγονός υπέδειξε ότι ίσως το θέμα του δοκιμίου να μην ευκόλυνε τους φοιτητές να σκεφτούν σε σχέση με αυτά τα στοιχεία και αυτός ήταν και ο λόγος που στην τελική εκδοχή του διαγνωστικού δοκιμίου δόθηκε στους ΠΕ ένα υπολογιστικό μοντέλο ενός θαλάσσιου οικοσυστήματος. Το γεγονός ότι το νέο μοντέλο ήταν υπολογιστικό και όχι σχεδιαστικό μπορεί επίσης να συντείνει προς την αντιμετώπιση αυτού του κενού.

Για την ίδια πτυχή, για το διαγνωστικό δοκίμιο «Δημιουργία Βροχής», η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε την τάση των ΠΕ να αναφέρονται στο μοντέλο «κύκλος του νερού» ως μία έννοια αυτονόητη και κατανοητή από όλους. Σε αυτό ίσως οφείλεται το γεγονός ότι το συγκεκριμένο μοντέλο παρουσιάζεται στο εκπαιδευτικό μας σύστημα για πρώτη φορά στη Β' τάξη του δημοτικού σχολείου και επαναλαμβάνεται σε επόμενες, συνήθως μέσα από παρουσίαση από τον εκπαιδευτικό και όχι ως αποτέλεσμα άμεσης εμπλοκής των μαθητών. Για αυτό το λόγο, στην τελική εκδοχή του δοκιμίου άλλαξε το θέμα σε «Διάχυση του φωτός» και δόθηκε στους ΠΕ ένα σχεδιαστικό μοντέλο που προσπαθεί να εξηγήσει τον τρόπο που το φως διαχέεται σε διαφορετικά υλικά.

2.3. Διαγνωστικό δοκίμιο 5

Για παρόμοιο λόγο άλλαξε και το θέμα του διαγνωστικού δοκιμίου «Δημιουργία Βροχής» για την πτυχή «Σύγκριση ενός μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο εισήγηση τρόπων βελτίωσής του». Τόσο πριν όσο και μετά από την παρέμβαση οι ΠΕ εντόπιζαν ότι το λεκτικό μοντέλο που τους δόθηκε δεν ήταν επαρκές, αλλά δεν μπορούσαν να προτείνουν συγκεκριμένες αλλαγές σε σχέση με το μοντέλο αυτό, ίσως γιατί οι ΠΕ έρχονται σε επαφή με το μοντέλο του κύκλου του νερού από μικρή ηλικία χωρίς όμως να το κατανοούν ή να μπορούν να το αναλύσουν στα στοιχεία του. Έτσι, στη βελτίωση πρότειναν ότι ο κατασκευαστής του μοντέλου πρέπει να περιγράψει τον κύκλο του νερού, παρά να δώσουν συγκεκριμένα στοιχεία που χρήζουν βελτίωσης. Για παράδειγμα:

Το μοντέλο του Μάριου μπορεί να είναι ορθό αλλά είναι πολύ γενικό. Κατά τη γνώμη μου θα πρέπει να του εξηγήσει τον κύκλο του νερού ώστε να καταλάβει από πού δημιουργήθηκαν τα σύννεφα. (Μεταπειραματικό, ΠΕ 1)

Όχι (δεν είναι ορθό το μοντέλο) γιατί θα έπρεπε να εξηγήσει πώς γίνεται και η βροχή βγαίνει από τα σύννεφα. Πού βρίσκεται δηλαδή αυτή η βροχή;

Αποθηκευμένη στα σύννεφα; Πώς βρέθηκε εκεί; Για να είναι ολοκληρωμένο το μοντέλο του Μάριου θα έπρεπε να περιγράφει τον κύκλο του νερού, έτσι ώστε να εξηγεί πώς δημιουργούνται τα σύννεφα αλλά και να δείξει πιο καθαρά τις σχέσεις ανάμεσα στις έννοιες που συμμετέχουν στον κύκλο. (Προπειραματικό, ΠΕ 6)

Όχι, (δεν είναι ορθό το μοντέλο) γιατί η βροχή είναι κάτι πολύ πιο σύνθετο από αυτό. Εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται το σύννεφο αυτό. Οι πληροφορίες που λείπουν είναι η εξήγηση του κύκλου του νερού. Επίσης οι υδρατμοί σε μία φάση όταν πέφτει η θερμοκρασία τους, υγροποιούνται. (Προπειραματικό, ΠΕ 9)

2.4. Διαγνωστικό δοκίμιο 10

Για την πτυχή «Μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου», και για τα δύο διαγνωστικά δοκίμια, χρειάστηκε οι ΠΕ να μελετήσουν δύο υπολογιστικά μοντέλα και να απαντήσουν ακολούθως σε γραπτές ερωτήσεις. Το γεγονός ότι δόθηκαν μοντέλα του ίδιου είδους (μοντέλα στο πρόγραμμα SC[®], στον ηλεκτρονικό υπολογιστή) πιθανό να επηρέασε τις απαντήσεις των ΠΕ και αυτός είναι ο λόγος που άλλαξε το περιεχόμενο του ενός διαγνωστικού δοκιμίου σε «Κυκλοφοριακό σύστημα» και δόθηκε σχεδιαστικό αντί υπολογιστικό μοντέλο.

Γενικότερα, μετά την αναθεώρηση των διαγνωστικών δοκιμίων έγινε προσπάθεια το είδος του μοντέλου, που δίνεται στους ΠΕ για την ίδια πτυχή, να μην συμπίπτει, αλλά και το θέμα των διαγνωστικών δοκιμίων να μην επαναλαμβάνεται (πλην του θέματος «Θαλάσσιο οικοσύστημα» στις πτυχές «κατασκευή μοντέλου» και «εξαγωγή πληροφοριών από μοντέλο»).

2.5. Διαγνωστικά δοκίμια 13 και 14

Κατά την πιλοτική φάση της έρευνας απουσίαζε παντελώς η εξέταση της πτυχής «Συνέπεια μοντέλου με γνωστά φαινόμενα». Για να είναι η αξιολόγηση της ικανότητας της μοντελοποίησης πλήρης, σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο το οποίο ακολουθείται σε αυτή την έρευνα (Papaenripidou et al., submitted), αναπτύχθηκαν τα διαγνωστικά δοκίμια 13 και 14.

Όλα τα διαγνωστικά δοκίμια που χορηγήθηκαν στην τελική φάση της έρευνας περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 5 και υπάρχουν αυτούσια στα παραρτήματα 2-15.

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΚΔΟΧΗ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΔΟΧΗ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
1. Ικανότητα μοντελοποίησης <u>Κατασκευή μοντέλου</u> <i>Περιεχόμενο Δοκιμίου:</i> 1. Κυκλοφοριακό σύστημα μιας πόλης 2. Η ζωή μιας αλεπούς <u>Εξαγωγή πληροφοριών από δοσμένο μοντέλο</u> <i>Περιεχόμενο Δοκιμίου:</i> 3. Κυκλοφοριακό σύστημα (σχεδιαστικό μοντέλο) 4. Δημιουργία Βροχής-Κύκλος του νερού (σχεδιαστικό μοντέλο) <u>Σύγκριση ενός μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο και εισήγηση τρόπων βελτίωσής του</u> <i>Περιεχόμενο Δοκιμίου:</i> 5. Δημιουργία Βροχής (λεκτικό μοντέλο) 6. Το ποδήλατο (λεκτικό μοντέλο) <u>Σύγκριση ενός μοντέλου με άλλα μοντέλα του ίδιου φαινομένου</u> <i>Περιεχόμενο Δοκιμίου:</i> 7. Μυρμηγκοφωλιά (2 σχεδιαστικά μοντέλα, 1 μοντέλο με πραγματικά υλικά, 1 μοντέλο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή) 8. Ο Αγκώνας (3 μοντέλα με πραγματικά υλικά, 1 σχεδιαστικό μοντέλο) <u>Συνέπεια μοντέλου με γνωστά φαινόμενα</u> <i>Δεν αναπτύχθηκαν διαγνωστικά δοκίμια</i>	1. Ικανότητα μοντελοποίησης <u>Κατασκευή μοντέλου</u> <i>Περιεχόμενο Δοκιμίου:</i> 1. Θαλάσσιο οικοσύστημα 2. Ο μηχανισμός της όσφρησης <u>Εξαγωγή πληροφοριών από δοσμένο μοντέλο</u> <i>Περιεχόμενο Δοκιμίου:</i> 3. Θαλάσσιο οικοσύστημα (μοντέλο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή) 4. Διάθλαση φωτός (σχεδιαστικό μοντέλο) <u>Σύγκριση ενός μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο και εισήγηση τρόπων βελτίωσής του</u> <i>Περιεχόμενο Δοκιμίου:</i> 5. Ποδοσφαιρικός Αγώνας (σχεδιαστικό μοντέλο) 6. Το ποδήλατο (μοντέλο με πραγματικά υλικά) <u>Σύγκριση ενός μοντέλου με άλλα μοντέλα του ίδιου φαινομένου</u> <i>Περιεχόμενο Δοκιμίου:</i> 7. Μυρμηγκοφωλιά (2 σχεδιαστικά μοντέλα, 1 μοντέλο με πραγματικά υλικά, 1 μοντέλο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή) 8. Ο Αγκώνας (3 μοντέλα με πραγματικά υλικά, 1 σχεδιαστικό μοντέλο) <u>Συνέπεια μοντέλου με γνωστά φαινόμενα</u> <i>Περιεχόμενο Δοκιμίου:</i> 13. Δασικό Οικοσύστημα (εννοιολογικό μοντέλο-αλυσίδα τροφής) 14. Κρούσεις (σχεδιαστικό μοντέλο) <u>2. Μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου</u> <i>Περιεχόμενο Δοκιμίου:</i> 9. Ανάπτυξη φυτού (μοντέλο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή) 10. Μυρμήγκια (μοντέλο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή) <u>3. Επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση</u> <i>Περιεχόμενο Δοκιμίου:</i> 11. Ηλιακό σύστημα (μοντέλο με πραγματικά υλικά) 12. Αναπνευστικό σύστημα (μοντέλο με πραγματικά υλικά)

3. Διαγνωστικά δοκίμια για κατανόηση του φαινομένου των Φάσεων της Σελήνης.

Στην πιλοτική φάση της έρευνας, χρησιμοποιήθηκε μόνο η άσκηση 1 του διαγνωστικού δοκιμίου (Παράρτημα 16). Η ανάλυση των δεδομένων του πιλοτικού σταδίου έδειξε σημαντική βελτίωση στην επίδοση των ΠΕ όσον αφορά στην ικανότητά τους να περιγράφουν και να παρέχουν εξήγηση για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης. Η συγκεκριμένη άσκηση δεν μπορούσε παρόλα αυτά να ανιχνεύσει αλλαγή στην ικανότητα των ΠΕ να εφαρμόσουν το μοντέλο τους για να απαντήσουν σε ερωτήσεις εμβάθυνσης.

Για αυτό το σκοπό το διαγνωστικό δοκίμιο ενισχύθηκε με δύο επιπλέον έργα (ασκήσεις 2 και 3).

4.6.2. Αλλαγές στα πακέτα του διδακτικού υλικού

Η τελική εφαρμογή της έρευνας περιέλαβε τις εξής αλλαγές σε σχέση με τα πακέτα του διδακτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκαν:

(α) Διδακτικό Υλικό για την εκμάθηση του λογισμικού SC[®]. Στο τελικό στάδιο της έρευνας δε χρησιμοποιήθηκε αυτό το διδακτικό υλικό, λόγω του ότι η ανάπτυξη της δεξιότητας του προγραμματισμού δεν περιλήφθηκε τελικά στους στόχους της έρευνας. Για την εκμάθηση του προγράμματος οι ΠΕ ακολούθησαν τον οδηγό (tutorials) του προγράμματος κυρίως λόγω χρονικών περιορισμών.

(β) Διδακτικό Υλικό για την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης στους ΠΕ μέσα από τη μελέτη του φαινομένου των Φάσεων της Σελήνης (ΔΥ1):

Η πιλοτική εκδοχή του ΔΥ1 περιλάμβανε είκοσι τρεις (23) δραστηριότητες, ενώ η τελική εκδοχή είκοσι οκτώ (28). Από τις είκοσι τρεις (23) δραστηριότητες κάποιες αφαιρέθηκαν από αυτό (# 2,17,18 της πιλοτικής εκδοχής) και κάποιες τροποποιήθηκαν (# 3,9,11,15 και 20 της πιλοτικής εκδοχής). Επιπλέον προστέθηκαν οκτώ νέες δραστηριότητες στην τελική εκδοχή (# 6,9,13,16,18,19,24,26 της τελικής εκδοχής).

(γ) Διδακτικό υλικό για την καλλιέργεια στρατηγικών για διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης (ΔΥ2):

Η πιλοτική εκδοχή του ΔΥ1 περιλάμβανε πέντε δραστηριότητες, ενώ η τελική εκδοχή δέκα. Από τις πέντε δραστηριότητες αφαιρέθηκε μία (# 28 της πιλοτικής εκδοχής). Προστέθηκαν έξι νέες δραστηριότητες στην τελική εκδοχή (# 32,33,35,36,37,38 της τελικής εκδοχής).

Οι τροποποιήσεις που έγιναν στα δύο πακέτα διδακτικού υλικού φαίνονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5

Τροποποιήσεις Δραστηριοτήτων στα Δύο Πακέτα Διδακτικού Υλικού

Πιλοτική εκδοχή διδακτικού υλικού	Τελική εκδοχή διδακτικού υλικού
Δραστηριότητα 1	→ Δραστηριότητα 1 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 2	Διαγράφηκε
Δραστηριότητα 3	→ Δραστηριότητα 2 (τροποποιήθηκε)
Δραστηριότητα 4	→ Δραστηριότητα 3 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 5	→ Δραστηριότητα 4 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 6	→ Δραστηριότητα 5 (καμία αλλαγή)
	Δραστηριότητα 6 (νέα)

	δραστηριότητα)
Δραστηριότητα 7	→ Δραστηριότητα 7 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 8	→ Δραστηριότητα 8 (καμία αλλαγή)
	Δραστηριότητα 9 (νέα δραστηριότητα)
	→ Δραστηριότητα 10 (τροποποιήθηκε)
Δραστηριότητα 9	→ Δραστηριότητα 11 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 10	→ Δραστηριότητα 12 (τροποποιήθηκε)
Δραστηριότητα 11	Δραστηριότητα 13 (νέα δραστηριότητα)
	→ Δραστηριότητα 14 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 12	→ Δραστηριότητα 15 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 13	Δραστηριότητα 16 (νέα δραστηριότητα)
	→ Δραστηριότητα 17 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 14	Δραστηριότητα 18 (νέα δραστηριότητα)
	Δραστηριότητα 19 (νέα δραστηριότητα)
	→ Δραστηριότητα 20 (τροποποιήθηκε)
Δραστηριότητα 15	→ Δραστηριότητα 21 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 16	→ Διαγράφηκε
Δραστηριότητα 17	→ Διαγράφηκε
Δραστηριότητα 18	→ Δραστηριότητα 23 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 19	→ Δραστηριότητα 22 (τροποποιήθηκε)
Δραστηριότητα 20	Δραστηριότητα 24 (νέα δραστηριότητα)
	→ Δραστηριότητα 25 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 21	Δραστηριότητα 26 (νέα δραστηριότητα)
	→ Δραστηριότητα 27 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 22	→ Δραστηριότητα 28 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 23	→ Δραστηριότητα 29 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 24	→ Δραστηριότητα 30 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 25	→ Δραστηριότητα 31 (καμία αλλαγή)
Δραστηριότητα 26	Δραστηριότητα 32 (νέα δραστηριότητα)
	Δραστηριότητα 33 (νέα

Δραστηριότητα 27

Δραστηριότητα 28

δραστηριότητα)

→ Δραστηριότητα 34 (καμία αλλαγή)

Διαγράφηκε

Δραστηριότητα 35 (νέα

δραστηριότητα)

Δραστηριότητα 36 (νέα

δραστηριότητα)

Δραστηριότητα 37 (νέα

δραστηριότητα)

Δραστηριότητα 38 (νέα

δραστηριότητα)

Η δραστηριότητα 2 της πιλοτικής εκδοχής του διδακτικού υλικού αφορούσε στην καταγραφή γεγονότων που γνωρίζουν οι ΠΕ σχετικά με το φεγγάρι. Σκοπός της δραστηριότητας ήταν να μπορούν οι ΠΕ να διαχωρίζουν τα γεγονότα σε αυτά για τα οποία έχουν άμεσες αποδείξεις για την ύπαρξή τους και σε αυτά που απλώς άκουσαν ή διάβασαν. Από την πιλοτική εφαρμογή του διδακτικού υλικού φάνηκε ότι οι ΠΕ μπορούσαν εύκολα να το κάνουν αυτό και έτσι δεν κρίθηκε σκόπιμο να περιληφθεί στην τελική εκδοχή του διδακτικού υλικού

Η πρόσθεση της δραστηριότητας 6 έγινε γιατί εντοπίστηκε ότι οι ΠΕ ένιωθαν ανοίκεια ως προς το πρόγραμμα SC[®], παρόλο που είχαν περάσει από διδακτικό υλικό που στόχευε στην εκμάθησή του. Τα σχόλια που κατέγραφαν στο ημερολόγιο αναστοχασμού τους, σε σχέση με αυτό το θέμα, έδειξαν την ανάγκη χρήσης του προγράμματος για εξοικείωση ως προς το θέμα που απασχολούσε το διδακτικό υλικό (Φάσεις της Σελήνης):

Κάποιες δυσκολίες που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης μας ανάγκασαν να αλλάζουμε τον τρόπο με τον οποίο αποφασίσαμε να φτιάξουμε μεταβλητές και να τις συσχετίσουμε. Γενικά, οι δυσκολίες που συναντήσαμε νομίζω ότι οφείλονται στο ότι δεν είμαστε αρκετά εξοικειωμένοι με το λογισμικό SC[®] και με τη διαδικασία μοντελοποίησης. (ημερολόγιο αναστοχασμού, 16/03/06, ΠΕ 5, πιλοτική φάση).

Έτσι, αυτή η δραστηριότητα στόχευε στο να επιτρέψει στους ΠΕ να πειραματιστούν με τα βασικά στοιχεία του μοντέλου που θα έφτιαχναν σε μετέπειτα στάδιο του διδακτικού υλικού, δίνοντας κανόνες, μετατρέποντας τη μορφή τους κτλ.

Οι ΠΕ μελέτησαν δεδομένα που προέκυπταν από παρατηρήσεις του φεγγαριού για μία μέρα (δραστηριότητα 8), για μία εβδομάδα (δραστηριότητα 10) και για μία συνοδική

περίοδο του φεγγαριού (δραστηριότητες 11 και 12). Μετά από τη μελέτη των δεδομένων μιας μέρας και μετά που προηγήθηκε συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες εντός τάξης, κρίθηκε αναγκαίο να προστεθεί μία δραστηριότητα, στην οποία θα παρουσιάζονταν διαφορετικές προβλέψεις που ανέπτυξαν διαφορετικά άτομα για το ίδιο φαινόμενο (δραστηριότητα 9). Έτσι, οι ΠΕ κλήθηκαν να συγκρίνουν και να αντιπαραθέσουν αυτές τις απόψεις. Αυτό θα βοηθούσε στο να αντιληφθούν πρώτον ότι τα ίδια δεδομένα δε διασφαλίζουν ίδιες προβλέψεις ή υποθέσεις από διαφορετικά άτομα, αλλά και δεύτερον ότι οι υποθέσεις και προβλέψεις που γίνονται πρέπει να στηρίζονται στα δεδομένα.

Η δραστηριότητα 11 της πιλοτικής φάσης τροποποιήθηκε και μετονομάστηκε σε δραστηριότητα 12 κατά την τελική φάση της έρευνας. Η δραστηριότητα 11 αφορούσε αρχικά στη μελέτη των δεδομένων μίας συνοδικής περιόδου του φεγγαριού, στον εντοπισμό μοτίβων ανάμεσα σε αυτά και στην παροχή εξηγήσεων για κάθε ένα μοτίβο. Η δραστηριότητα απαιτούσε να συγκρίνουν τα μοτίβα τους με αυτά των υπόλοιπων ομάδων (εντός του ασύγχρονου συστήματος επικοινωνίας) και να τεκμηριώσουν τόσο τη δική τους εξήγηση όσο και μία εξήγηση άλλης ομάδας με βάση τα δεδομένα. Ζητούσε ακόμα να συζητήσουν στο Εργαλείο Σύγχρονων Συζητήσεων, εκτός της ώρας του μαθήματος, σε σχέση με το τι πρέπει να μετρά ως έγκυρη εξήγηση. Η ανάλυση των δεδομένων της σύγχρονης συζήτησης που είχαν οι φοιτητές (ένας εκπρόσωπος από κάθε ομάδα), έδειξε ότι οι φοιτητές δυσκολεύτηκαν να εστιάσουν στο τι είναι έγκυρη εξήγηση και ανάλωσαν το χρόνο τους στο να συζητούν μία εξήγηση που δόθηκε από μία ομάδα. Κατέληξαν να συμφωνήσουν σε ένα ορισμό για το τι είναι έγκυρη εξήγηση, αλλά χωρίς να γίνει γόνιμη συζήτηση επί αυτού. Επιπλέον, η ουσιαστική συζήτηση (πέραν των άσχετων σχολίων) είναι πολύ σύντομη και φαίνεται ότι συμβαίνει απλά γιατί το ζήτησε η δραστηριότητα:

Ομάδα 1: Έγκυρη εξήγηση είναι όταν η εξήγηση βασίζεται σε δεδομένα και παρατηρήσεις

Ομάδα 2: η εξήγηση που έχει τεκμηριωμένα δεδομένα

Ομάδα 3: Νομίζω μια εξήγηση η οποία δεν μπορεί να απορριφτεί με δεδομένα

Ομάδα 5: σωστά

(Συζήτηση 8 γραμμών για άσχετα θέματα)

Ομάδα 4: Για να έχουμε έγκυρη εξήγηση πρέπει να έχουμε ένα σύνολο παρατηρήσεων για το ίδιο φαινόμενο

Ομάδα 2: Μετά την έγκυρη εξήγηση ακολουθεί η γενίκευση;

Ομάδα 5: οι παρατηρήσεις είναι τα δεδομένα που είχαμε.

[Συζήτηση για την εξήγηση που έδωσε η ομάδα 5 σε σχέση με ένα μοτίβο.

Διαφωνούν αν στηρίζεται στα δεδομένα ή όχι-31 γραμμές]

Ομάδα 3: Μπορεί κάποιος να ανακεφαλαιώσει σε τι συμφωνούμε σχετικά με το ερώτημα;

Ομάδα 1: Η εξήγηση που προκύπτει μέσα από τις παρατηρήσεις και τα δεδομένα μας

Ομάδα 5: σωστά

Ομάδα 4: Βασικά συμφωνήσαμε ότι μέσω δεδομένων και παρατηρήσεων φτάνουμε σε κάποια μοτίβα τα οποία ελέγχουμε μέσω των μοντέλων που κατασκευάζουμε.

(Σύγχρονη Συζήτηση, 12.03.06, πιλοτική φάση)

Έτσι, η δραστηριότητα 11 της πιλοτικής φάσης μετατράπηκε σε δραστηριότητα 12 και αφορούσε σε συζήτηση που έλαβε χώρα στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας αντί στο σύγχρονο χώρο επικοινωνίας στο ηλεκτρονικό περιβάλλον. Αντί της σύγχρονης συζήτησης εντός της δραστηριότητας 12, δημιουργήθηκε η δραστηριότητα 13, η οποία ζητούσε από τους ΠΕ να καταγράψουν την απάντησή τους και να συζητήσουν με τις υπόλοιπες ομάδες (να απευθυνθούν σε απαντήσεις άλλων δύο ομάδων) σε σχέση με το τι μετρά ως έγκυρη εξήγηση ενός μοτίβου ή ενός φαινομένου, αφού μελετήσουν τις εξηγήσεις που ανέπτυξαν στις προηγούμενες δραστηριότητες (8, 10, 12) για τα δεδομένα του φεγγαριού.

Προστέθηκε, επίσης, η δραστηριότητα 16 που αφορά στην αξιολόγηση ενός μοντέλου ως προς το αν ο μηχανισμός που χρησιμοποιήθηκε αποδίδει επιτυχημένα την υπόθεση που αρχικά τέθηκε. Αυτή η δραστηριότητα δημιουργήθηκε με σκοπό να βοηθήσει τους ΠΕ να μελετούν τα μοντέλα που τους δίνονται για αξιολόγηση (π.χ. τα μοντέλα άλλων ομάδων) με βάση το μηχανισμό που τα υποστηρίζει και όχι με βάση τα εξωτερικά τους χαρακτηριστικά. Αυτή η δυσκολία εντοπίστηκε κατά την ανάλυση των διαγνωστικών δοκιμίων που εντάσσονται στην πτυχή «Σύγκριση ενός μοντέλου με άλλα μοντέλα του ίδιου φαινομένου». Μόνο δύο ΠΕ ορθά επέλεξαν ως λιγότερο κατάλληλο μοντέλο για να αναπαραστήσει το πραγματικό φαινόμενο (λειτουργία του αγκώνα) αυτό που μοιάζει περισσότερο με τον αγκώνα (σχέδιο), παρόλο που αυτό ήταν το μόνο που δεν υποδείκνυε μηχανισμό για το φαινόμενο.

Οι δραστηριότητες 17 και 18 της πιλοτικής εκδοχής του διδακτικού υλικού διαγράφηκαν. Η δραστηριότητα 17 αφορά στη σύγκριση των μοντέλων που έχουν οικοδομήσει στο

πλαίσιο της δραστηριότητας 15 με τα δεδομένα που κατέγραψαν στο ΔΣΦΠ, στο πλαίσιο της δραστηριότητας 10. Αυτή η δραστηριότητα διαγράφηκε, αλλά αποτέλεσε την εισαγωγή της δραστηριότητας 22 στην τελική εκδοχή του διδακτικού υλικού. Η δραστηριότητα 18 αφορούσε στη σύγκριση των δύο αυτών μοντέλων με ένα τρίτο μοντέλο που δόθηκε από την εκπαιδευτικό στις ομάδες του μαθήματος. Όταν εφαρμόστηκε το διδακτικό υλικό στην πιλοτική φάση της έρευνας, οι ΠΕ σχολίαζαν ότι αυτή η δραστηριότητα ήταν περιττή, αφού έγιναν πολλές αξιολογήσεις του μοντέλου τους τόσο από τους ίδιους όσο και από τους συμφοιτητές τους (άλλες ομάδες). Για παράδειγμα η ΠΕ 9 ανέφερε στο ημερολόγιο αναστοχασμού τα ακόλουθα:

Στη δραστηριότητα 18, αυτό που παρατηρήσαμε σχετικά με το άλλο μοντέλο ήταν πως αν μπορούσαμε να επέμβουμε στο συγκεκριμένο μοντέλο και να κάνουμε κάποιες βελτιώσεις, οι βελτιώσεις θα είχαν να κάνουν μόνο με το μέγεθος των αντικειμένων δηλαδή θα κάναμε τη σελήνη πιο μικρή και τον ήλιο πιο μεγάλο καθώς και τις αποστάσεις μεταξύ των αντικειμένων (δηλαδή η σελήνη θα ήταν πιο κοντά στην γη παρά στον ήλιο. Κατά τα άλλα η σύγκριση που έγινε ανάμεσα στο άλλο μοντέλο και στο δικό μας μοντέλο ήταν περιττή μια και έγινε και με τα δεδομένα μας, αλλά και με τα μοντέλα των άλλων ομάδων (ημερολόγιο αναστοχασμού, 23/03/06, ΠΕ 9, πιλοτική φάση).

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων των διαγνωστικών δοκιμίων που χορηγήθηκαν κατά την πιλοτική φάση της έρευνας, φάνηκε ότι οι ΠΕ αντιμετώπισαν δυσκολίες στον εντοπισμό των βασικών στοιχείων ενός μοντέλου (αντικείμενα, διαδικασίες, μεταβλητές και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία). Για παράδειγμα, στην πτυχή «εξαγωγή πληροφοριών από δοσμένο μοντέλο, παρόλο που η επίδοση των ΠΕ μετά από την παρέμβαση βελτιώνεται, φαίνεται να έχουν πρόβλημα στον εντοπισμό των στοιχείων του μοντέλου, αφού εστιάζουν κυρίως στα αντικείμενα που αυτό περιλαμβάνει. Ο Πίνακας 6 δείχνει τη συχνότητα και το ποσοστό των ΠΕ που εντόπισαν κάποιο από τα τέσσερα βασικά στοιχεία ενός μοντέλου σε αυτά που δόθηκαν, στο πλαίσιο των διαγνωστικών δοκιμίων 3 και 4. Φαίνεται ότι οι ΠΕ έχουν δυσκολία, τόσο πριν όσο και μετά από την παρέμβαση, στον εντοπισμό των στοιχείων του μοντέλου (με εξαίρεση τα αντικείμενα). Για παράδειγμα, στο διαγνωστικό δοκίμιο «Δημιουργία Βροχής», μετά από την παρέμβαση, μόνο 12% και 24% των ΠΕ εντοπίζει επαρκή αριθμό μεταβλητών και αλληλεπιδράσεων στο δοσμένο μοντέλο, αντίστοιχα. Στο διαγνωστικό δοκίμιο «Κυκλοφοριακό σύστημα», μετά από την παρέμβαση, μόνο 12% των ΠΕ εντοπίζει επαρκή αριθμό διαδικασιών στο δοσμένο μοντέλο. Τα χαμηλά ποσοστά των ΠΕ που εντοπίζουν επαρκή αριθμό στοιχείων ενός μοντέλου οδήγησαν στην ένταξη της δραστηριότητας 18

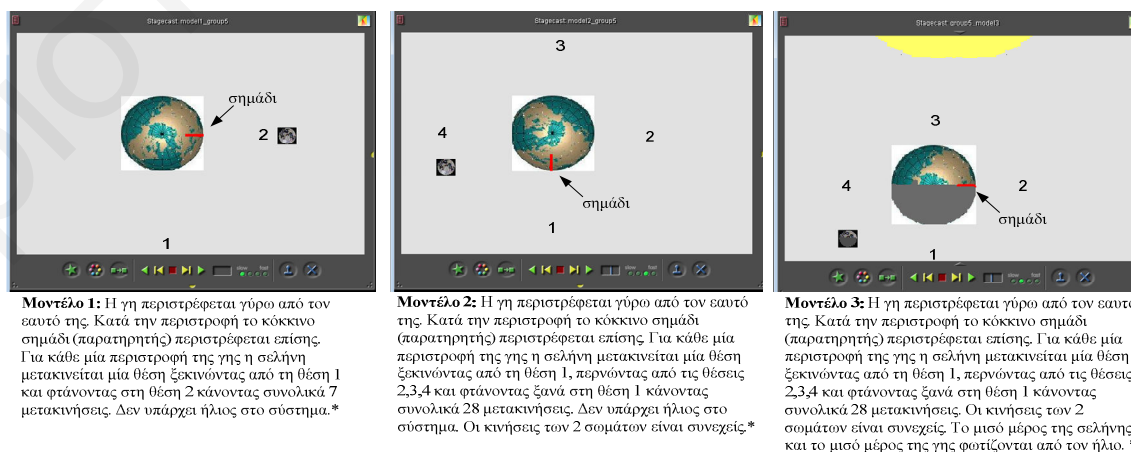
στο δεύτερο πακέτο διδακτικού υλικού, κατά την οποία η κάθε ομάδα έχει να μελετήσει ένα μοντέλο (στο πρόγραμμα SC) και καλείται, εκτός από το να συμπληρώσει το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου για αυτό, να καταγράψει τα στοιχεία του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία).

Πίνακας 6

Αποτελέσματα Ανάλυσης Απαντήσεων των ΠΕ στα Δύο Διαγνωστικά Δοκίμια για την Πτυχή «Εξαγωγή Πληροφοριών από Δοσμένο Μοντέλο» (Πιλοτική Φάση)

	Προπειραματικό δοκίμιο				Μεταπειραματικό δοκίμιο			
	Κυκλοφοριακό σύστημα		Δημιουργία Βροχής-Κύκλος του νερού		Κυκλοφοριακό σύστημα		Δημιουργία Βροχής-Κύκλος του νερού	
Στοιχεία μοντέλου	N	%	N	%	N	%	N	%
Αντικείμενα	17	100	16	94	14	82	16	94
Μεταβλητές	6	35	0	0	9	53	2	12
Διαδικασίες	0	0	2	12	2	12	11	65
Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία	0	0	7	41	10	59	4	24

Η ανάλυση των διαδοχικών μοντέλων που οικοδόμησαν οι ΠΕ σε σχέση με το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης κατά τη διάρκεια της πιλοτικής εφαρμογής του μαθήματος έδειξε ότι η μετάβαση από το μοντέλο 1 (αρχικό μοντέλο, δραστηριότητα 15, πιλοτική φάση) στο μοντέλο 3 (τελικό μοντέλο, δραστηριότητα 20, πιλοτική φάση) ήταν προβληματική (Διάγραμμα 28). Έγιναν μεν βελτιώσεις, που υποδείχτηκαν είτε από την ομάδα που αξιολογούσε το μοντέλο είτε από την εκπαιδευτικό ως προς λάθη που εντοπίστηκαν, αλλά δεν αφορούσαν στην εξήγηση όλο και περισσότερων μοτίβων που εντοπίστηκαν σε προηγούμενες δραστηριότητες από τους ΠΕ. Για παράδειγμα, η ομάδα 5 οικοδόμησε τα διαδοχικά μοντέλα που φαίνονται στο Διάγραμμα 28. Παρόλο που υπάρχει εξέλιξη στα μοντέλα, αυτά αφορούν μόνο το μοτίβο «αλλαγή του σχήματος του φεγγαριού κατά τη διάρκεια μιας συνοδικής περιόδου». Οι ΠΕ εκπαιδευτικοί όμως έχουν εντοπίσει στο πλαίσιο της δραστηριότητας 11 (πιλοτική φάση) πολύ περισσότερα μοντέλα.



* Περιγραφή που δίνεται από την ερευνητρια για βοήθεια του αναγνώστη σε σχέση με τη λειτουργία του μοντέλου

Διάγραμμα 28. Τα Διαδοχικά Μοντέλα που Οικοδομήθηκαν από την Ομάδα 5 κατά την Πιλοτική Φάση της Έρευνας

Για να μπορέσουν οι φοιτητές να μοντελοποιήσουν περισσότερα μοτίβα που εντόπισαν στα δεδομένα τους, προστέθηκαν στο διδακτικό υλικό δύο δραστηριότητες (# 19 και 24) και τροποποιήθηκαν οι δραστηριότητες 15 και 20 (# 20 και 22 στην τελική φάση της έρευνας). Η δραστηριότητα 19 είναι εισαγωγική και καλεί τους φοιτητές να καταγράψουν τρία μοτίβα που εντόπισαν όταν μελέτησαν τις παρατηρήσεις της σελήνης και να τα ιεραρχήσουν (αφού συζητήσουν με την εκπαιδευτικό) από το πιο σημαντικό στο λιγότερο σημαντικό. Τελικά καταλήγουν στα ακόλουθα τρία μοτίβα: (1) Κατά τη διάρκεια μιας συνοδικής περιόδου (28 ημέρες) το ορατό από τη γη σχήμα του φεγγαριού αλλάζει ως ακολούθως: νέα σελήνη, αναπτυσσόμενος μηνίσκος, πρώτο τέταρτο, αναπτυσσόμενο φεγγάρι, πανσέληνος, συρρικνούμενο φεγγάρι, τρίτο τέταρτο, συρρικνούμενος μηνίσκος, (2) Οι ώρες Ανατολής και Δύσης του φεγγαριού διαφέρουν καθημερινά, και (3) Κατά τη διάρκεια μιας μέρας το φεγγάρι έχει φαινομενικό μονοπάτι παρόμοιο με του ήλιου (Ανατολικά-Νότια-Δυτικά). Κρίθηκε αναγκαίο να προστεθεί η δραστηριότητα 19, γιατί οι ΠΕ έπρεπε να περιγράφουν με ακρίβεια τα μοτίβα που εντόπισαν, να μπορούν δηλαδή να μελετούν προσεκτικά τα δεδομένα τους ώστε να διαμορφώσουν ακριβή μοντέλα (Schwarz & White, 2005). Οι δραστηριότητες 20, 22 και 24 (της τελικής εκδοχής του διδακτικού υλικού) αφορούν στην οικοδόμηση διαδοχικών μοντέλων που να απευθύνονται στα τρία αυτά μοτίβα.

Η δραστηριότητα 26 προστέθηκε στην τελική εκδοχή του διδακτικού υλικού και αφορά στην πρόκληση συζήτησης σε σχέση με το εύρος των πιθανών μηχανισμών και των διαφορετικών τύπων εξήγησης για ένα φαινόμενο. Παρουσιάζονται στους ΠΕ δύο διαφορετικά μοντέλα εξήγησης των Φάσεων της Σελήνης όπως αναπτύχθηκαν από δύο διαφορετικά άτομα. Και τα δύο μοντέλα εξηγούν τη δημιουργία των Φάσεων της Σελήνης, αλλά στηρίζονται σε εντελώς διαφορετικούς μηχανισμούς (Μοντέλο Α: περιφορά της σελήνης γύρω από τη γη και περιστροφή της γης γύρω από τον εαυτό της. Μοντέλο Β: περιστροφή και περιφορά της σελήνης γύρω από τη γη, η οποία είναι σταθερή). Η ανάγκη προσθήκης αυτής της δραστηριότητας παρουσιάστηκε μετά από παρατηρήσεις της εκπαιδευτικού κατά την πιλοτική εφαρμογή κατά τη διάρκεια συζητήσεων που είχε με τους ΠΕ στις ομάδες τους. Φάνηκε ότι οι ΠΕ δύσκολα συζητούσαν για το ενδεχόμενο ύπαρξης ενός μοντέλου που να μην συνάδει με το δικό τους, το οποίο είχαν οικοδομήσει στην ομάδα τους. Έτσι, κρίθηκε αναγκαίο να παρουσιαστούν δύο διαφορετικοί μηχανισμοί εξήγησης του ίδιου φαινομένου με στόχο να προβληματιστούν οι ΠΕ σε σχέση την πιθανότητα συνύπαρξής τους.

Η ανάλυση των τελικών εργασιών των ΠΕ, οι οποίες περιλάμβαναν την ανάπτυξη ακολουθιών δραστηριοτήτων για τη μοντελοποίηση ενός φαινομένου από ένα μαθητή δημοτικού σχολείου, έδειξε προβλήματα ως προς την εφαρμογή τόσο του κύκλου της μοντελοποίησης όσο και της επιστημολογικής ανάλυσης της μοντελοποίησης. Παρόλο που στις συζητήσεις που είχαν εντός της τάξης με την εκπαιδευτικό οι ΠΕ έδειχναν να κατανοούσαν τα στάδια των δύο αυτών διδακτικών εργαλείων, η εφαρμογή φάνηκε να τους δυσκολεύει. Πιο συγκεκριμένα, φάνηκε ότι οι περισσότεροι ΠΕ δεν έδωσαν την ευκαιρία στο μαθητή τους να παρατηρήσει το φαινόμενο, αλλά ζήτησαν από αυτόν να το αναπαραστήσει στο SC[®] με βάση το τι μπορούσε να θυμηθεί από αυτό. Για παράδειγμα, η ΠΕ 4, που οικοδόμησε σε συνεργασία με τη μαθήτριά της δύο μοντέλα για την κινητική ενέργεια μιας μπάλας που αναπηδά στον αέρα, δεν άφησε τη μαθήτριά να πειραματιστεί με πραγματική μπάλα, αλλά ζήτησε από αυτή να σχεδιάσει στο χαρτί μια μπάλα και τη συμπεριφορά της (αρχικό μοντέλο). Παρόμοια συμπεριφέρθηκε η πλειονότητα των ΠΕ σε σχέση με αυτό το θέμα. Αυτός είναι ο λόγος που στην τελική έκδοχή του διδακτικού υλικού προστέθηκε η δραστηριότητα 33 ως εισαγωγική της 34 (# 27 στην πιλοτική έκδοχή του διδακτικού υλικού). Ενώ στην πιλοτική έκδοχή οι ΠΕ καλούνταν να περιγράψουν ένα μάθημα που να στοχεύει στην ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης για τη ζωή των μυρμηγκιών σε μία μυρμηγκοφωλιά, στην τελική έκδοχή του διδακτικού υλικού προστέθηκε η δραστηριότητα 33 στην οποία οι ΠΕ καλούνται να ονομάσουν τρόπους συλλογής δεδομένων/πληροφοριών για το φαινόμενο. Αυτό συμβαίνει ώστε να αναγκαστούν οι ΠΕ να ονομάσουν άλλους τρόπους (πλην του εαυτού τους) ως πηγές πληροφοριών και συγκεκριμένα να οδηγήσουν τους μαθητές τους να ψάξουν από μόνοι τους τις πληροφορίες που θα χρειαστούν για τα μοντέλα που θα οικοδομήσουν. Επιπλέον, για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της διδακτικής εφαρμογής προστέθηκε η δραστηριότητα 32, που αφορά στην αξιολόγηση τριών διδακτικών εφαρμογών που στοχεύουν στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης σε μαθητές δημοτικού σχολείου. Περαιτέρω, η δραστηριότητα 36 της τελικής έκδοχής του διδακτικού υλικού αποτελεί τις οδηγίες για την υλοποίηση της ερευνητικής μελέτης των ΠΕ, την περιγραφή, δηλαδή, της τελικής εργασίας τους. Για σκοπούς γεφύρωσης των διδακτικών κενών, προστέθηκε επίσης η δραστηριότητα 35 που αφορά στην ανάπτυξη κριτηρίων για αξιολόγηση μοντέλων. Πιο συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να μελετήσουν ένα μοντέλο ενός μαθητή, να προσδιορίσουν και να αξιολογήσουν το μηχανισμό που χρησιμοποίησε ο μαθητής κατά την κατασκευή ενός μοντέλου.

Τέλος, αφαιρέθηκε η δραστηριότητα 28 της πιλοτικής εκδοχής, που αφορούσε στην οικοδόμηση ενός εννοιολογικού χάρτη για τη διδασκαλία της μοντελοποίησης και που ήταν μεταγνώστικής φύσης. Προστέθηκαν, όμως, οι δραστηριότητες 37 και 38 που αφορούν στη διαπραγμάτευση για τα έργα αξιολόγησης της μάθησης και συγκεκριμένα της ικανότητας της μοντελοποίησης και στη σύγκριση των εξηγήσεων που μπορούν να δοθούν για έργα που αναπτύχθηκαν από μαθητές, αντίστοιχα.

Κάποιες δραστηριότητες της πιλοτικής εκδοχής του διδακτικού υλικού (# 3,9,11,15 και 22) τροποποιήθηκαν σε σχέση με τη δομή τους και κυρίως σε σχέση με τον τρόπο που οι ΠΕ κλήθηκαν να συνεργαστούν με άλλες ομάδες είτε εντός της τάξης είτε μέσω του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος (Εργαλείο Ασύγχρονων Συζητήσεων). Σχόλια των ΠΕ κατά τη διάρκεια της πιλοτικής εφαρμογής σε σχέση με την έλλειψη οργάνωσης στο Εργαλείο Ασύγχρονων Συζητήσεων ή κατά τις συζητήσεις στην ολομέλεια της τάξης, οδήγησαν σε αυτές τις τροποποιήσεις.

4.7. Χαρακτηριστικά του Εικονικού Περιβάλλοντος Μάθησης που χρησιμοποιήθηκαν στο μάθημα

Στην παρούσα έρευνα το ΕΠΜ Blackboard Learning SystemTM χρησιμοποιήθηκε ως μηχανισμός στήριξης του μαθήματος *ΕΠΑ 477. Πληροφορική Υποστήριξη για τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Το μάθημα δε διδάχθηκε εξ ολοκλήρου διαδικτυακά, αλλά περιείχε στοιχεία της πρόσωπο με πρόσωπο (παραδοσιακή) και της διαδικτυακής διδασκαλίας, υλοποίησε, δηλαδή, *μικτή διαδικτυακή προσέγγιση* στη μάθηση (blended e-learning). Το συγκεκριμένο μαθησιακό περιβάλλον είναι πολυμεσικό, εφόσον οι πληροφορίες που παρουσιάζονται από τον εκπαιδευτικό ή τους ΠΕ στο πλαίσιο του μαθήματος είναι διάφορων τύπων, όπως σύγχρονο και ασύγχρονο βίντεο, κείμενο, γραφικά κτλ. Αυτό το χαρακτηριστικό ενισχύει τη μάθηση σε σχέση με το ότι προσφέρει εναλλακτικούς τρόπους επικοινωνίας στο μάθημα. Επιπλέον, βοηθά άτομα διαφορετικών προτιμήσεων ή απαιτήσεων (ακουστικοί, εικονικοί τύποι) (Ainsworth, Bibby, & Wood, 1998).

Για την επίτευξη των στόχων του μαθήματος κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες διαδικασίες που υποστηρίζονται από το ΕΠΜ:

α) *Παράδοση υλικού*. Το υλικό του μαθήματος (διδακτικό υλικό, άρθρα, παρουσιάσεις κτλ) ήταν διαθέσιμο ηλεκτρονικά στο χώρο «υλικό μαθήματος» (course content) στο Blackboard Learning SystemTM.

β) *Παράδοση εργασιών από τους ΠΕ*. Οι ΠΕ παρέδιδαν ηλεκτρονικά, στο χώρο *παραδοτέα* (assignments) της πλατφόρμας, το ημερολόγιο αναστοχασμού της κάθε συνάντησης, τα μοντέλα που έφτιαχναν στο SC[®] ή οποιαδήποτε άλλη εργασία είχαν να παραδώσουν στο πλαίσιο του διδακτικού υλικού.

γ) *Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας (Chat)*. Κατά τη διάρκεια του εξαμήνου γίνονταν σύγχρονες μονώρες συζητήσεις προκαθορισμένου θέματος. Στο Παράρτημα 23 παρουσιάζεται αναλυτική περιγραφή του θέματος και του υλικού που έπρεπε να μελετήσουν οι ΠΕ (όποτε ήταν αναγκαίο) πριν από κάθε σύγχρονη συζήτηση.

δ) *Εργαλείο Δομημένης Ασύγχρονης Επικοινωνίας (Threaded Discussion Board)*. Υπήρχαν συγκεκριμένες δραστηριότητες του διδακτικού υλικού που καλούσαν τους ΠΕ να καταγράψουν ατομικά, ή/και ομαδικά ή να συνεργαστούν στην ομάδα τους ή/και να συνεργαστούν με τις άλλες ομάδες μέσω του εργαλείου ασύγχρονης επικοινωνίας.

Το περιβάλλον παρείχε την ευκαιρία για σύγχρονη (chat) και ασύγχρονη επικοινωνία (discussion forum) τόσο μεταξύ των ΠΕ όσο και μεταξύ εκπαιδευτικού-ΠΕ, τόσο εντός όσο και εκτός της επίσημης εκπαιδευτικής περιόδου. Η ενεργός συμμετοχή σε ηλεκτρονικές συζητήσεις θεωρείται σημαντική λόγω του ότι: (α) ενισχύει τα ατομικά μαθησιακά αποτελέσματα και την ομαδική επίδοση, ειδικότερα σε σχέση με τη δόμηση της γνώσης και (β) ενδυναμώνει την ποσότητα και την ποιότητα της κοινωνικής αλληλεπίδρασης ανάμεσα (i) στους μαθητές και (ii) στους μαθητές και στον εκπαιδευτικό (Lehtinen *et al.*, 1998). Επιπλέον, βοηθά στην ανάπτυξη της δεξιότητας της επικοινωνίας αποτελεσμάτων, συμπερασμάτων ή άλλων μορφών πληροφορίας (δεξιότητες επιστημονικής μεθόδου), δεξιότητες που εντάσσονται στις συνιστώσες της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες (δες κεφάλαιο 3.3.). Παρόλο που μέχρι πρόσφατα δεν ήταν ξεκάθαρο αν η σύγχρονη και η ασύγχρονη επικοινωνία μέσω του διαδικτύου παρείχε περισσότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με μειονεκτήματα (Im & Lee, 2004; Lehtinen *et al.*, 1998; Tien, 2000), οι ηλεκτρονικοί χώροι συζήτησης ωρίμασαν και άρχισαν να μετατρέπονται σε χώρους κοινωνικής και εκπαιδευτικής αλληλεπίδρασης. Επιπλέον, αναμένεται ότι στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας οι ΠΕ επικοινωνούν με πιο ουσιαστικές παρεμβολές παρά στο σύγχρονο, εφόσον ο τελευταίος περιλαμβάνει συνήθως ανεπίσημες (ζωντανές) συζητήσεις και μη επιστημονικά προσανατολισμένες (Kubasko, Jones, Tretter, & Andre, 2008). Προς αποφυγή αυτού του φαινομένου, έγινε προεργασία και απαιτούνταν από τους

ΠΕ να προσέρχονται στις σύγχρονες συζητήσεις αφού πριν είχαν προετοιμαστεί σε σχέση με συγκεκριμένο επιστημονικό θέμα.

ε) *Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών (Tool for Exchange of Contributions for Peer Reviewing)*. Για τους σκοπούς του συγκεκριμένου μαθήματος διαμορφώθηκε ειδικός χώρος, όπου οι ΠΕ μπορούσαν να φορτώνουν τα μοντέλα τους, αλλά και να έχουν πρόσβαση στα μοντέλα άλλων ομάδων. Για παράδειγμα, μία ομάδα ΠΕ (ομάδα 1) αφού ανέπτυξε ένα μοντέλο χρησιμοποιώντας το λογισμικό SC[®] το φόρτωνε (upload) στο χώρο αυτό της πλατφόρμας. Μία άλλη ομάδα (ομάδα 2) μπορούσε να κατεβάσει (download) το μοντέλο της ομάδας 1, να το αξιολογήσει και να ανεβάσει στον ίδιο χώρο την αξιολόγησή της. Η ομάδα 1 κατέβαζε ακολούθως την αξιολόγηση της ομάδας 2 και τροποποιούσε το μοντέλο της σύμφωνα με τα σχόλια της ομάδας 2. Η αντίστοιχη διαδικασία γινόταν και από την ομάδα 1 για το μοντέλο της ομάδας 2. Επιπλέον, όλες οι ομάδες είχαν πρόσβαση στα μοντέλα των υπόλοιπων ομάδων και μπορούσαν να τα θέσουν σε εφαρμογή για να πάρουν ιδέες ή για να δώσουν ανεπίσημη ανατροφοδότηση.

4.8. Μέσα συλλογής δεδομένων

Ο Πίνακας 7 παρουσιάζει τα μέσα συλλογής δεδομένων της προτεινόμενης έρευνας, τα οποία χωρίζονται σε αυτά που χορηγήθηκαν πριν και μετά από την παρέμβαση (Διαγνωστικά δοκίμια και Ερωτηματολόγιο), σε αυτά που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του εξαμήνου (ημερολόγια αναστοχασμού των ΠΕ, καταγεγραμμένες συζητήσεις στις ΠΕ, μοντέλα ΠΕ κτλ) και αυτά που συλλέχθηκαν πέραν του χρόνου του μαθήματος (εργασίες ΠΕ).

Πίνακας 7.

Μέσα Συλλογής Δεδομένων

Μέσα συλλογής δεδομένων		Περιγραφή
Ανοικτού τύπου		1. Ικανότητα μοντελοποίησης
διαγνωστικά δοκίμια	Δ.Δ. 1 + 2	Κατασκευή μοντέλου
για αξιολόγηση της	Δ.Δ. 3 + 4	Εξαγωγή πληροφοριών από δοσμένο μοντέλο
ικανότητας της	Δ.Δ. 5 + 6	Σύγκριση ενός μοντέλου με άλλα μοντέλα του ίδιου φαινομένου
μοντελοποίησης ^{xiii}	Δ.Δ. 7 + 8	Σύγκριση ενός μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο εισήγηση τρόπων βελτίωσής του
	Δ.Δ. 9+10	Συνέπεια μοντέλου με γνωστά φαινόμενα
	Δ.Δ. 11 + 12	2. Μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου
	Δ.Δ. 13 + 14	3. Επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση
Ανοικτού τύπου διαγνωστικό δοκίμιο (Δ.Δ. 15 ^{xiv})		Αξιολόγηση της κατανόησης σε σχέση με το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης
Ημερολόγια αναστοχασμού		Γραπτές σκέψεις των ΠΕ μετά από κάθε μάθημα σε σχέση με το μάθημα.
Εργασίες ΠΕ και μοντέλα μαθητών		Περιγραφή των στρατηγικών διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης που εφάρμοσαν οι ΠΕ με μαθητές ηλικίας 10-12 χρονών. Διαδοχικά μοντέλα μαθητών που προέκυψαν από τη διδασκαλία των ΠΕ.
Μοντέλα ΠΕ για τις Φάσεις της Σελήνης		1. Διαδοχικά μοντέλα που αναπαριστούν το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης από κάθε ομάδα. 2. Συνοδευτικά Έντυπα Κωδικοποίησης Μοντέλων. 3. Συνοδευτικά έντυπα αξιολόγησης μοντέλων.
Οπτικογραφημένες συζητήσεις		Συζητήσεις ανάμεσα (α) στους ΠΕ μιας ομάδας (β) σε ομάδες εντός του χώρου διδασκαλίας.
Σύγχρονες συζητήσεις		Ανταλλαγή απόψεων σε σχέση με: (α) την ικανότητα μοντελοποίησης, (β) τη διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης, (γ) το ηλεκτρονικό περιβάλλον μάθησης.
Ασύγχρονες συζητήσεις		Ασύγχρονες συζητήσεις για θέματα που σχετίζονται με την ανάπτυξη ενός μοντέλου για τις Φάσεις της Σελήνης.

4.9. Ανάλυση δεδομένων

4.9.1. Διαγνωστικά δοκίμια

Για την ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τα **διαγνωστικά δοκίμια** (προπειραματικά και μεταπειραματικά), χρησιμοποιήθηκε η *φαινομενογραφική μέθοδος ανάλυσης* (Bowden, Dall' Alba, Martin, Laurillard, Marton, Masters, Ramsden, Stephanou, & Walsh, 1992; Entwistle, 1997; Marton, 1981; Svensson, 1997; Wilson, 2004). Ο Marton (1986) περιγράφει τη φαινομενογραφία ως «μία ερευνητική μέθοδο για χαρτογράφηση των ποιοτικά διαφορετικών τρόπων με τους οποίους τα άτομα έχουν εμπειρίες, κατανοούν, και αντιλαμβάνονται διαφορετικές πτυχές και φαινόμενα του περιβάλλοντος κόσμου» (σελ. 31). Τις τελευταίες δεκαετίες η φαινομενογραφία αναπτύσσεται ως παράδοση στην ποιοτική εμπειρική έρευνα (Linder & Erickson, 1989), κάτι που είναι συναφές με την

^{xiii} Γίνεται εκτενέστερη παρουσίαση των διαγνωστικών δοκιμίων στο κεφάλαιο 5.

^{xiv} Γίνεται εκτενέστερη παρουσίαση του διαγνωστικού δοκιμίου στο κεφάλαιο 5.

προοπτική της παρούσας έρευνας. Η φαινομενογραφία εστιάζει στο πώς οι άνθρωποι βιώνουν, κατανοούν και αποδίδουν νόημα σε μια συγκεκριμένη κατάσταση ή φαινόμενο. Αποτέλεσμα μιας φαινομενογραφικής ανάλυσης (ΦΑ) είναι ένα σύνολο λογικά συσχετιζόμενων κατηγοριών-αντιλήψεων για το υπό μελέτη φαινόμενο, οι οποίες δημιουργούνται συνήθως σε σχέση με το περιεχόμενο και το επίπεδο επιστημονικότητάς τους και διαφοροποιούνται από τις υπόλοιπες (κατηγορίες) με βάση ποιοτικά κριτήρια. Επιπλέον, αυτή η ανάλυση εξετάζει τις εμπειρίες των συμμετεχόντων μιας έρευνας και αναγνωρίζει ότι οι εμπειρίες του καθενός εκφράζουν μία εσωτερική σχέση ανάμεσα στο συμμετέχοντα και το φαινόμενο. Πολλοί ερευνητές έχουν εφαρμόσει τη ΦΑ σε διάφορα θέματα που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες όπως ο ήχος (Bowden *et al.*, 1992; Walsh, Dall'Alba, Bowden, Martin, Marton, Masters, Ramsden, & Stephanou, 1993), η κινηματική (Prosser, 1994), τα ηλεκτρικά κυκλώματα (Ebenezer & Fraser, 2001), η ενέργεια (Loughland, Reid, & Petocz, 2002), το περιβάλλον (Neuman, 1987), καθώς και με άλλες επιστήμες όπως τα μαθηματικά (Barnard, McCosker, & Gerber, 1999; Dahlgren & Fallsberg, 1991) οι επιστήμες της υγείας (Dahlgren, 1979), και τα οικονομικά (Strauss, 1987).

Για την ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τα ανοικτού τύπου διαγνωστικά δοκίμια στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας μελετήθηκαν, αρχικά, οι απαντήσεις των ΠΕ και στη συνέχεια καταρτίστηκε ένας ιεραρχημένος κατάλογος, σε σχέση με το ποιες απαντήσεις προσεγγίζουν περισσότερο και ποιες λιγότερο την επιστημονική άποψη. Ένα παράδειγμα τέτοιου καταλόγου φαίνεται στον Πίνακα 8, σύμφωνα με τον οποίο οι ιδέες των ΠΕ για το υπό συζήτηση θέμα χωρίζονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες. Η κατηγορία I πλησιάζει περισσότερο την επιστημονική άποψη για το θέμα «Γιατί είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα», ενώ η κατηγορία IV απέχει περισσότερο από αυτή. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι υποκατηγορίες Πα και Πβ που εντάσσονται στην κατηγορία II, είναι διακριτές μεταξύ τους, αλλά ισαπέχουν από την επιστημονική άποψη. Κατά την ποσοτικοποίηση των ποιοτικών δεδομένων που προέκυψαν από τη ΦΑ χρειάστηκε να ιεραρχηθούν οι κατηγορίες, έτσι, οι ΠΕ που έδιναν απάντηση που ανήκει στην κατηγορία I εντάσσονται στην ποσοτική κατηγορία 1, ενώ αυτοί των οποίων οι απόψεις ανήκουν στις υποκατηγορίες Πα ή Πβ κατατάσσονταν στην ποσοτική κατηγορία 2 κ.ο.κ. Έτσι, έγινε εφικτή η ποσοτικοποίηση των δεδομένων και η διενέργεια στατιστικών αναλύσεων. Για να εκτιμηθούν οι διαφορές των απόψεων των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση για τη συνολική επίδοση στο κάθε διαγνωστικό δοκίμιο εφαρμόστηκε το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, το οποίο είναι το αντίστοιχο μη παραμετρικό κριτήριο του κριτηρίου Paired

Samples T-test και χρησιμοποιείται για τη σύγκριση των τιμών δύο μεταβλητών που προκύπτουν από μία ομάδα υποκειμένων. Το κριτήριο αυτό συγκρίνει, δηλαδή, ανά ζεύγη τις τιμές για κάθε υποκείμενο, για να διερευνήσει το μέγεθος της αλλαγής μεταξύ τους. Οι δύο μεταβλητές συνήθως μετριοούνται κάτω από διαφορετικές συνθήκες ή σε διαφορετικό χρόνο, εφόσον έχει παρεμβληθεί κάποιας μορφής «πειραματική» μεταχείριση. Το κριτήριο Wilcoxon είναι μη παραμετρικό και χρησιμοποιείται όταν τα δεδομένα είναι καταχωρημένα σε διατακτική κλίμακα.

Πίνακας 8

Παράδειγμα Φαινομενογραφικής Ανάλυσης

# κατηγορίας	# υποκατηγορίας	N	%	Ποσοτική κατηγορία
I. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί εξυπηρετούν τρεις βασικούς σκοπούς: (α) βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου, (β) βοηθούν στην κατανόησή του, και (γ) επιτρέπουν την εξέταση της εγκυρότητας μιας θεωρίας (διενέργεια προβλέψεων).		1	4,8	1
II. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί εξυπηρετούν δύο βασικούς σκοπούς.	II.α. Βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου και στην κατανόησή του. II.β. Βοηθούν στην κατανόηση ενός φαινομένου και επιτρέπουν την εξέταση της εγκυρότητας μιας θεωρίας (διενέργεια προβλέψεων).	6	28,6	2
III. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί εξυπηρετούν ένα βασικό σκοπό.	III.α. Βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου III.β. Βοηθούν στην κατανόηση ενός φαινομένου.	1	4,8	2
		6	28,6	3
IV. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα		1	4,8	4

Τα έργα των 15 διαγνωστικών δοκιμών επιλέγηκαν από μία ομάδα έργων, αφού ελέγχθηκαν πιλοτικά, αξιολογήθηκαν και τροποποιήθηκαν από μία πενταμελή ομάδα ειδικών που αποτελούνταν από δύο φυσικούς και δύο παιδαγωγούς της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τη ΦΑ των διαγνωστικών δοκιμών σε συνδυασμό με τη στατιστική ανάλυση οδήγησαν στην απάντηση των δύο πρώτων ερευνητικών ερωτημάτων. Για τα ερευνητικά ερωτήματα 3 και 4 χρησιμοποιήθηκαν, επίσης, πέραν των δεδομένων από τα διαγνωστικά δοκίμια, δεδομένα που προέκυψαν από τις σύγχρονες συζητήσεις των ΠΕ και τις τελικές τους εργασίες.

Πίνακας 9
Σχήμα Κωδικοποίησης και Αξιολόγησης Μοντέλων

Στοιχεία μοντέλου		Μοντέλο X
Αντικείμενα	Εσωτερικά (λαμβάνουν μέρος στο φαινόμενο που μοντελοποιείται) Εξωτερικά (δε λαμβάνουν μέρος στο φαινόμενο που μοντελοποιείται)	
Μεταβλητές	Με σταθερό αριθμό Με μεταβλητή (counter) Επιστημονικά ορθή Σειρά κανόνων	
Διαδικασίες	Περιγραφικές Ημι-αιτιακές, υβριδικές Αιτιακές Επιστημονικά ορθή	
Αλληλεπιδράσεις	Μεταβλητών Αντικειμένων Διαδικασιών Μεταβλητών-Αντικειμένων Μεταβλητών-Διαδικασιών Αντικειμένων-Διαδικασιών	

Ο Πίνακας 9 παρουσιάζει το σχήμα που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των διαδοχικών μοντέλων των ομάδων. Το σχήμα αποτελεί τροποποίηση υφιστάμενου σχήματος, που χρησιμοποιείται στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ^{xv}. Συγκεκριμένα, ένα μοντέλο αναλύθηκε σε σχέση με το αν περιλαμβάνει αντικείμενα, μεταβλητές, αλληλεπιδράσεις και διαδικασίες. Για να απαντηθούν αυτά τα ερωτήματα χρησιμοποιήθηκαν διαδικασίες και τεχνικές που περιγράφουν η ανάλυση περιεχομένου (Content analysis) και η θεωρία των Glaser και Strauss (Grounded Theory Technique). Η ανάλυση περιεχομένου έγινε με τη χρήση κωδικών που ήταν προκαθορισμένοι (a priori coding analysis), καθώς επίσης και κωδικών που προέκυψαν στην πορεία της ανάλυσης (emergent coding analysis) (Coffey & Atkinson, 1996). Η Grounded Theory Technique προσφέρει τα ποιοτικά μέσα για κατανόηση και αξιολόγηση του στοχασμού των υποκειμένων, όπως αυτός γίνεται αντιληπτός από τα ίδια υποκείμενα. Στην παρούσα έρευνα αυτό επιτεύχθηκε μέσα από (α) τον «τεμαχισμό» των δεδομένων, (β) την προσπάθεια εντοπισμού νοήματος στα κομμάτια και (γ) τη συναρμολόγησή τους χρησιμοποιώντας νέους τρόπους ομαδοποίησης των ιδεών (Strauss & Corbin, 1998). Αρχικά, προσδιορίστηκαν και ονομάστηκαν οι έννοιες που εντοπίστηκαν μέσα από τη μελέτη των δεδομένων (Φαινομενογραφική Ανάλυση), ακολούθως, ομαδοποιήθηκαν οι έννοιες που σχετίζονται μεταξύ τους, επονομάστηκαν οι ομάδες εννοιών και τέλος περιγράφηκε εκτενέστερα η κάθε κατηγορία.

^{xv} ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ: «Η αξιοποίηση λογισμικού δημιουργίας μικρόκοσμων για αναβάθμιση των διαδικασιών διδασκαλίας και μάθησης στο δημοτικό σχολείο» Πρόγραμμα ΠΕΝΕΚ του Ιδρύματος Προώθησης Έρευνας Κύπρου (2004-2006).

4.9.2. Συζητήσεις ανάμεσα στους ΠΕ

Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων διεξήχθησαν συζητήσεις πολλαπλών μορφών:

- α) συζητήσεις ανάμεσα στους ΠΕ μίας ομάδας σε τοπικό επίπεδο (εντός της τάξης)
- β) συζητήσεις ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες ομάδες σε τοπικό επίπεδο (εντός της τάξης)
- γ) ασύγχρονες συζητήσεις ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα άτομα μίας ομάδας σε εξ αποστάσεως (εργαλείο ασύγχρονης δομημένης επικοινωνίας)
- δ) ασύγχρονες συζητήσεις ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες ομάδες σε εξ αποστάσεως (εργαλείο ασύγχρονης δομημένης επικοινωνίας)
- ε) σύγχρονες συζητήσεις ανάμεσα στους ΠΕ και την εκπαιδευτικό σε εξ αποστάσεως (εργαλείο σύγχρονης επικοινωνίας)

Οι ασύγχρονες συζητήσεις μέσω του εργαλείου ασύγχρονης δομημένης επικοινωνίας και οι σύγχρονες συζητήσεις μέσω του εργαλείου σύγχρονης δομημένης επικοινωνίας καταγράφονταν από το σύστημα. Οι συζητήσεις ανάμεσα στους ΠΕ μιας ομάδας ή ανάμεσα σε ομάδες σε τοπικό επίπεδο καταγράφονταν, για δύο από τις επτά ομάδες του μαθήματος, με τη χρήση δύο καμερών [μία για κάθε ομάδα ΠΕ].

Αρχικά, έγινε *απομαγνητοφώνηση* των συζητήσεων των ΠΕ που έλαβαν χώρα σε τοπικό επίπεδο. Λόγω του ότι η γλωσσολογική πτυχή του προϊόντος των ΠΕ δεν αποτελεί στόχο της έρευνας, δεν έγινε απομαγνητοφώνηση που προσομοιάζει στο γραπτό λόγο. Δεν έγινε, δηλαδή, απομαγνητοφώνηση όλων των φωνημάτων ή λέξεων των συζητήσεων, αλλά έγινε προσπάθεια επέμβασης με σκοπό την αύξηση της αναγνωσιμότητας του κειμένου που δημιουργήθηκε (content oriented transcription) (Coffey & Atkinson, 1996).

Χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση συζητήσεων (conversation analysis) για να εντοπιστεί ο τρόπος που οι ΠΕ οργάνωναν τις αλληλεπιδράσεις τους σε κομμάτια δραστηριοτήτων. Έτσι, υπάρχει περίπτωση μία δραστηριότητα (όπως καθορίζεται από το διδακτικό υλικό) να αποτελείται από πολλά κομμάτια τα οποία είναι αυτοκαθοριζόμενα ή καθοριζόμενα από τους συμμετέχοντες. Ακολουθώς ονομάστηκαν αυτά τα κομμάτια δραστηριοτήτων (στήλη 1, Πίνακας 11). Η συμπερίληψη της προοπτικής των συμμετεχόντων, σε σχέση με το ότι αυτοί οι ίδιοι καθορίζουν την οργάνωση της υπόδραστηριότητας, υποδεικνύει ότι η ανάλυση των δεδομένων ανακλά με πιο πιστό τρόπο την προοπτική των συμμετεχόντων. Συνεπώς, ο ρόλος του αναλυτή δεν είναι να επιβάλλει μια εξωτερική, θεωρητική δομή σε παρατηρούμενες δραστηριότητες, αλλά να επιτρέπει στη δουλειά των συμμετεχόντων να αναδυθεί μέσα από τους συνεπείς τρόπους που συμβαίνει η παραγωγή δράσης εντός της

ομάδας (Zemel, Xhafa, & Cakir, 2007). Κατά την ανάλυση, κάποια από τα κομμάτια που ανήκαν σε μία ολοκληρωμένη δραστηριότητα μπορεί να ήταν επιτυχημένα (σύμφωνα με το σχήμα του Πίνακα 11) και κάποια όχι. Θεωρούμε ότι μία δραστηριότητα είναι επιτυχημένη αν πέραν του 50% των μερών της κρίθηκαν αποτυχημένα ως προς τη συνεργασία που αναπτύχθηκε εντός της ομάδας.

Για κάθε είδος συζήτησης έγινε η επιλογή της κατάλληλης μονάδας ανάλυσης. Οι Strijbos *et al* (2006) τοποθετούν την επιλογή της μονάδας ανάλυσης (Unit of analysis), η οποία συνδυάζεται με μία διαδικασία διαχωρισμού, σχεδιασμού του σχήματος κατηγοριοποίησης και κωδικοποίησης και επίτευξης ικανοποιητικής αξιοπιστίας ως κεντρικά θέματα στην ποιοτική ανάλυση δεδομένων. Στην τυπική ανάλυση περιεχομένου, η μονάδα ανάλυσης επιλέγεται από τον ερευνητή-αναλυτή (Zemel *et al.*, 2007). Σε μία συζήτηση ανάμεσα σε συμμετέχοντες, οι οποίοι είναι οικείοι μεταξύ τους, το κάθε άτομο επιλέγει από μόνο του πότε είναι η στιγμή για να εκφέρει την άποψή του και δεν υπάρχει, συνήθως, κάποιος συντονιστής της συζήτησης. Οι συμμετέχοντες στη συζήτηση εκφέρουν γρήγορα την άποψή τους, ίσως σε πολλαπλές, μικρές φράσεις, ώστε να κάνουν τις συνεισφορές τους να φανούν σχετικές με τα υπό συζήτηση θέματα. Ως αποτέλεσμα, συχνά, μόνο ο συνδυασμός πολλαπλών συνεισφορών μπορεί να αποτελέσει μία συνεπή άποψη ή ολοκληρωμένη συνεισφορά για κάθε συμμετέχοντα. Συνεπώς, θα ήταν λανθασμένο να θεωρήσουμε την κάθε συνεισφορά από τον κάθε συμμετέχοντα ως τη μονάδα ανάλυσης για την ποιοτική ανάλυση των συζητήσεων ανάμεσα σε μια ομάδα. Οι Strijbos *et al.* (2006) αναφέρουν ότι η μονάδα ανάλυσης μπορεί να οριστεί ως μια πρόταση ή το μέρος μιας πολύπλοκης πρότασης ή ο συνδυασμός πολλών προτάσεων που να έχουν νόημα. Έτσι, η μονάδα ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα αφορά στην ολοκληρωμένη άποψη που έκφερε ο κάθε συμμετέχοντας κατά τη συζήτηση και όχι στις πολλαπλές μικρές φράσεις ή λέξεις που μπορεί να αναφέρονταν κατά την πορεία της συζήτησης (De Wever, Schellens, Valcke, & Van Keer, 2006; Gunawardena, Lowe, & Anderson, 1997; Rourke, Anderson, Garrison, & Archer, 2001; Zemel *et al.*, 2007). Για παράδειγμα, στο ακόλουθο απόσπασμα, που αφορά στη συζήτηση που είχε η ομάδα 4 κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας 12, όταν οι ΠΕ έψαχναν μοτίβα ανάμεσα στα δεδομένα για το φεγγάρι, στις γραμμές 76 και 78 η ΠΕ 20 εκφράζει στην ίδια άποψη. Το ίδιο συμβαίνει στις γραμμές 79, 81 και 83 για την ΠΕ 2. Αυτές οι περιπτώσεις θα θεωρηθούν ως δύο εκφορές απόψεων κατά την ανάλυση και όχι ως πέντε ξεχωριστές.

68. ΠΕ 20: ωραία, άρα γενικά κινείται δεξιόστροφα, όσον πάει...ε κοιτάζε, δαμέ όσον πάει αυζάνεται, όι δαμέ μειώνεται το γωνιακό υψόμετρο, δαμέ αυζάνεται, ως δαμέ αυζάνεται, εντάζει;
69. ΠΕ 8: ποιο;
70. ΠΕ20: το γωνιακό υψόμετρο με το πέραςμα της ώρας, δαμέ αυζάνεται, δαμέ πάλε μμμ, σόρρυ δαμέ μειώνεται, δαμέ αυζάνεται, εεε, εν έχουν υπόθεση...δαμέ πάει τζιαι έρκεται (γελούν)...πρέπει να είναι διαφορετικές παρατηρήσεις. Τζιαι δαμέ πάει τζιαι έρκεται, μειώνεται, μειώνεται, μειώνεται, μειώνεται τζιαι ύστερα αυζάνεται, ή μπορεί να είναι διαφορετική παρατήρηση,
71. ΠΕ 8: ναι επειδή...εν στην τύχη που, ναι γι' αυτό αυζάνεται μάλλον
72. ΠΕ 20: α, εν τούτον το περίεργο, άλλοτε αυζάνεται τζιαι άλλοτε μειώνεται, ε πότε αυζάνεται τζιαι πότε μειώνεται; [για λίγο σιωπή]
73. ΠΕ 2: Γιατί που είπαμεν στην αρχή ότι ανατέλλει, αυζάνεται...
74. ΠΕ 20: ναι αι αι, ά να δούμεν τες ώρες εννοείς;
75. ΠΕ 2: ναι
76. ΠΕ 20: Δαμέ ως τες 2.30 αυζάνεται. Δαμέ που μειώνεται...
77. ΠΕ 2: Που ποιαν ώρα αυζάνεται;
78. ΠΕ 20: δαμέ που μειώνεται...ναι. εν που τις 5 το πρωί ως τις 6.15
79. ΠΕ 2: μπορεί μεταξύ 2.30 τζιαι 5
80. ΠΕ 20: να εξεκίνησεν να, να ήταν σταθερόν τζιαι
81. ΠΕ 2: να αυζάνετον. Δαμέ που αυζάνεται.
82. ΠΕ 20: δαμέ που αυζάνεται όμως...
83. ΠΕ 2: Τζιαι ως στις 6 το πρωί
84. ΠΕ 8: Μπορεί ας πούμεν το φεγγάρι άμαν εν στην τέλειωσιν του νομίζω αρκεί να φκει. Φκαίνει ας πούμεν μετά τις 12. Πολλά μετά τις 12. Μπορεί τζείνην την ώρα να φκαίνει πάνω. (κινεί το χέρι της σε καμπύλη σαν να ήταν το φεγγάρι). Τζιαι η ώρα έξι ας πούμε
85. ΠΕ 20: α, εννοείς να φκει ακόμα, τζιαι ναν ορατό στη διάρκεια της μέρας; να δύσει...ναν μέρα ακόμα ας πούμε;
86. ΠΕ 8: Ναι

(Πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση, 02/03/07, ομάδα 4)

Ακολούθησε κωδικοποίηση των συζητήσεων. Απώτερος σκοπός της ανάλυσης των δεδομένων των συζητήσεων των ΠΕ είναι ο εντοπισμός των δραστηριοτήτων των δύο πακέτων του διδακτικού υλικού που δημιουργούν συνθήκες αποτελεσματικής συνεργασίας ανάμεσα στους ΠΕ. Ως αποτελεσματική συνεργασία ορίστηκε η επικοινωνία εντός της

ομάδας ή ανάμεσα σε ομάδες ή ανάμεσα στην ομάδα και τον εκπαιδευτικό, κατά την οποία η συνεργασία είναι παραγωγική, λειτουργική και ομοιογενής:

1) Παραγωγική συνεργασία (productive collaboration)

Παραγωγική ορίζεται η συνεργασία που χαρακτηρίζεται από εξωτερίκευση των ιδεών, εκμαίευση των ιδεών και γρήγορη οικοδόμηση συναίνεσης ή οικοδόμηση συναίνεσης μέσω ενοποίησης ιδεών ή οικοδόμηση συναίνεσης μέσω αντιπαράθεσης (Σ1 + Σ2 + Σ3 ή Σ4 ή Σ5) (Weinberger & Fischer, 2006):

- i. *Εξωτερίκευση ή έκφραση των απόψεων της ομάδας*: ένα ή περισσότερα άτομα εκφέρουν την άποψή τους για το υπό μελέτη θέμα χωρίς να κάνουν αναφορά σε άλλες συνεισφορές. Συνήθως οι συζητήσεις ξεκινούν με εξωτερίκευση και τα άτομα έχουν ως σκοπό να παρέχουν εξηγήσεις για τις γνώσεις τους προς τα άλλα μέλη της ομάδας (κωδικός: Σ1).
- ii. *Εκμαίευση των ιδεών της ομάδας*: Η υποβολή διευκρινιστικών ερωτήσεων, η αμφισβήτηση ή η αντιπαράθεση απόψεων, που οδηγεί στην εκμαίευση των ιδεών που παρουσιάστηκαν μέσα από την εξωτερίκευση, με σκοπό τη λήψη πληροφοριών από τα άλλα μέλη της ομάδας (κωδικός: Σ2).
- iii. *Γρήγορη οικοδόμηση συναίνεσης*: Αποδοχή των ιδεών των μελών της ομάδας με σκοπό, συνήθως, να ολοκληρωθεί η δραστηριότητα για να προχωρήσουν παρακάτω. Αυτό σημαίνει ότι τέτοιου είδους συναίνεση μπορεί να μη συνοδεύεται από πραγματική αλλαγή των απόψεων των μελών της ομάδας, αλλά αποτελεί μάλλον μία κίνηση συντονισμού της συζήτησης (κωδικός: Σ3).
- iv. *Οικοδόμηση συναίνεσης μέσα από ενοποίηση των ιδεών*: Υιοθέτηση, ενοποίηση και εφαρμογή της προοπτικής των μελών της ομάδας. Η ενοποίηση συμβαίνει όταν τα άτομα λειτουργούν στη βάση της λογικής ή του τρόπου εξήγησης των άλλων μελών της ομάδας. Έτσι, είναι πιθανόν ένα μέλος να τροποποιεί ή να διορθώνει την αρχική του άποψη με βάση τη συνεισφορά ενός άλλου μέλους (κωδικός: Σ4).
- v. *Οικοδόμηση συναίνεσης μέσα από αντιπαράθεση*: Διαφωνία, τροποποίηση, αντικατάσταση της προοπτικής των άλλων μελών της ομάδας. Μέσα από την αντιμετώπιση της κριτικής από τα άλλα μέλη της ομάδας, τα άτομα ωθούνται να εξετάσουν πολλαπλές προοπτικές και να βρουν περισσότερα ή καλύτερα επιχειρήματα για τις απόψεις τους. Σε αυτή τη διαδικασία, τα άτομα αναγκάζονται να μελετήσουν τη λογική των επιχειρημάτων των υπόλοιπων μελών της ομάδας παρά απλά να την αποδεχτούν (κωδικός: Σ5).

2) Αποτελεσματική συνεργασία (effective collaboration).

Η συνεργασία είναι αποτελεσματική όταν οι στόχοι μιας δραστηριότητας έχουν επιτευχθεί ως αποτέλεσμα της συνεργασίας εντός της ομάδας, εντός ομάδων ή εντός της ομάδας ή των ομάδων και της εκπαιδευτικού. Με άλλα λόγια, η αποτελεσματική συνεργασία αφορά στην επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος, όπως αυτό καθορίστηκε από το δημιουργό των ακολουθιών των δραστηριοτήτων που εφαρμόζονται από τις ομάδες.

3) Ομοιογενής συνεργασία (homogeneity of contributions during collaboration).

Η ανομοιογένεια της συνεισφοράς των συμμετεχόντων υπολογίζεται ως το άθροισμα των τυπικών αποκλίσεων των ατομικών ποσοτικών συνεισφορών των ατόμων σε σχέση με την ομαδική συνεισφορά (Dillenbourg et al., 1996; Weinberger & Fischer, 2006). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση ανάμεσα στις ποσοτικές συνεισφορές των συμμετεχόντων και συνεπώς τόσο μεγαλύτερη είναι η ανομοιογένεια εντός της ομάδας. Όσο μικρότερη είναι η τιμή, τόσο περισσότερο ομοιογενής είναι η συμμετοχή των μελών της ομάδας.

Πίνακας 10

Τιμές για το Δείκτη της Ομοιογένειας για Επιτυχημένη Συνεργασία

# συμμετεχόντων	Παράδειγμα συνολικού αριθμού συμμετοχών	Κατανομή συμμετοχών	Μέγιστη δείκτη ομοιογένειας	τιμή
2	150	77-73		2,8
3	150	75-37,5-37,5		13,9
4	150	60-30-30-30		15,0
5	150	50-25-25-25-25		11,2
6	150	43-21,5-21,5-21,5-21,5-21,5		8,9
7	150	38-18,7-18,7-18,7-18,7-18,7-18,7		7,3
8	150	34-16,5-16,5-16,5-16,5-16,5-16,5-16,5		6,2
9	150	30-15-15-15-15-15-15-15-15		5,0
10	150	28-13,5-13,5-13,5-13,5-13,5-13,5-13,5-13,5-13,5		4,6
11	150	24,5-12,5-12,5-12,5-12,5-12,5-12,5-12,5-12,5-12,5		4,5
12	150	23-11,5-11,5-11,5-11,5-11,5-11,5-11,5-11,5-11,5-11,5		3,3
13	150	21-10,5-10,5-10,5-10,5-10,5-10,5-10,5-10,5-10,5-10,5-10,5		2,9
14	150	20-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10		2,7

Στην παρούσα έρευνα οι δυο ομάδες που μελετούνται είναι τριμελείς, αλλά σε κάποιες συναντήσεις λείπει ένα μέλος οπότε μετατρέπονται σε διμελείς. Επιπλέον, είναι πιθανόν ένα ή περισσότερα άτομα από άλλες ομάδες να συμμετέχουν στη συζήτησή έτσι μετατρέπονται σε τετραμελείς κτλ. Επιπρόσθετα, κατά τις ασύγχρονες συζητήσεις, όπου συμμετέχουν όλες οι ομάδες του μαθήματος, οι συμμετέχοντες γίνονται εφτά, ενώ κατά τις πρόσωπο με πρόσωπο συζητήσεις στην τάξη οι συμμετέχοντες είναι οχτώ (εφτά ομάδες

και μία εκπαιδευτικός). Τέλος, κατά τις σύγχρονες συζητήσεις ο αριθμός των συμμετεχόντων ποικίλει από δέκα μέχρι και 14 συμμετέχοντες. Ο Πίνακας 10 δείχνει το όριο της τιμής της ομοιογένειας για κάθε περίπτωση, όπως ορίστηκε για τους σκοπούς τη παρούσας έρευνας. Αν η ομάδα αποτελείται από δύο άτομα, ο δείκτης της ομοιογένειας δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2.83. Αυτό συμβαίνει όταν ένας εκ των δύο συμμετεχόντων έχει το πολύ τέσσερις συνεισφορές περισσότερες από τον άλλο (π.χ. 77-73). Αν η ομάδα αποτελείται από τρία άτομα, ο δείκτης της ομοιογένειας δεν πρέπει να υπερβαίνει το 13.9. Αυτό συμβαίνει όταν οι δύο εκ των τριών συμμετεχόντων έχουν ίσο αριθμό συνεισφορών και ο τρίτος συμμετέχοντας έχει λίγο περισσότερες συνεισφορές από τις μισές του κάθε άλλου (π.χ. 58-58-34). Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις ισχύει ότι ο δείκτης ομοιογένειας δεν πρέπει να ξεπερνά τα όρια που καθορίζονται από τον Πίνακα 10. Γενικότερα, αυτά τα όρια ισχύουν όταν ένας εκ των συμμετεχόντων έχει περίπου διπλάσιο αριθμό συμμετοχών από τους υπόλοιπους (π.χ. για 9μελή ομάδα οι συμμετοχές να είναι 30-15-15-15-15-15-15-15-15).

Για την κωδικοποίηση των συζητήσεων των ΠΕ, ως προς το στόχο που αναλύθηκε παραπάνω, χρησιμοποιήθηκε το σχήμα που παρουσιάζεται στον Πίνακα 11. Στην πρώτη στήλη του Πίνακα καταγράφεται η δραστηριότητα ή το μέρος της δραστηριότητας που σχολιάζεται κάθε φορά και ακολουθεί, στη δεύτερη στήλη, ο σκοπός της δραστηριότητας αυτής. Στην τρίτη στήλη καταγράφονται οι γραμμές του καταγεγραμμένου κειμένου κατά τις οποίες λαμβάνει χώρα η συγκεκριμένη δραστηριότητα. Στην τέταρτη στήλη γίνεται προσπάθεια εντοπισμού του σκοπού που φαίνεται να έχουν οι ΠΕ κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης συζήτησης. Στην πέμπτη στήλη, από την άλλη, καταγράφεται τι συμβαίνει στην πραγματικότητα, δηλαδή, τι κάνουν ακριβώς οι ΠΕ κατά τη διάρκεια αυτής της συζήτησης. Σε επόμενη στήλη ορίζεται η ομοιογένεια της συνεργασίας, αφού πρώτα καταγραφούν ποσοτικά οι συνεισφορές του κάθε μέλους της ομάδας. Τέλος, στην έβδομη και όγδοη στήλη εντοπίζεται και καταγράφεται η αποτελεσματικότητα της δραστηριότητας (επίτευξη των στόχων της δραστηριότητας) και η παραγωγικότητα ($\Sigma 1 + \Sigma 2 + \Sigma 3$ ή $\Sigma 4$ ή $\Sigma 5$) της συνεργασίας στην ομάδα.

Για σκοπούς ανάλυσης των δεδομένων, οι δραστηριότητες ή μέρη των δραστηριοτήτων, των δύο πακέτων του διδακτικού υλικού ταξινομήθηκαν σε 12 διαφορετικά είδη δραστηριοτήτων, ανάλογα με τον τρόπο που προσεγγίζουν τη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας και μάθησης (Πίνακας 12). Στη δεύτερη στήλη του Πίνακα φαίνεται ο αριθμός της κάθε δραστηριότητας που εντάσσεται σε κάθε κατηγορία. Αναλυτική

περιγραφή όλων των δραστηριοτήτων των δύο πακέτων διδακτικού υλικού παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4.5. Περιγραφή Πακέτων Διδακτικού Υλικού.

Για την προσέγγιση των ερευνητικών ερωτημάτων 5 και 6 χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές της Conversation analysis (και το σχήμα κωδικοποίησης συζητήσεων που παρουσιάστηκε παραπάνω) και της Grounded Theory. Η κωδικοποίηση που παρουσιάζεται στον Πίνακα 11 βοήθησε στον εντοπισμό των επιτυχημένων δραστηριοτήτων. Η ομαδοποίηση των δραστηριοτήτων στις κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 12 έδωσε πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα των δραστηριοτήτων ως προς την κατηγορία στην οποία ανήκουν. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση του ημερολογίου αναστοχασμού των ΠΕ.

Πίνακας 11

Σχήμα Κωδικοποίησης των Συζητήσεων των ΠΕ

					Ομοιογένεια της συνεργασίας	Ποιοτική πτυχή της συνεργασίας	
						Αποτελεσματική;	Παραγωγική;
Δραστηριότητα ή μέρος της δραστηριότητας	Σκοπός της δραστηριότητας ή του μέρους	Αριθμός γραμμής στο κείμενο	Σκοπός των ΠΕ	Τι συμβαίνει στην πραγματικότητα;			
2δ	Αναγνώριση μιας δήλωσης ως παρατήρησης και δημιουργία κριτηρίων για αυτό το σκοπό	138-191	Διατύπωση κριτηρίων για ορισμό της έννοιας παρατήρηση.	Προσπαθούν να ορίσουν διάφορες δηλώσεις ως παρατηρήσεις. Αναζητούν τις απαντήσεις άλλων ομάδων στο σύστημα για να πάρουν ιδέες	1,52	Ναι	Ναι (Σ1, Σ2, Σ4)
...							

Πίνακας 12
Είδη Δραστηριοτήτων

Είδη δραστηριοτήτων	# δραστηριότητας στο διδακτικό υλικό
1. Επεξεργασία εννοιολογικού μοντέλου	26, 27
2. Μέτρηση	5
3. Λειτουργικός Ορισμός νέας έννοιας	3.1., 4
4. Καταγραφή παρατηρήσεων	2.1.1., 2.1.2., 11
5. Δραστηριότητες μοντελοποίησης ή προσομοίωσης	1, 6, 15.1., 15.2., 16, 17, 18, 20.1., 20.3., 21, 22.1., 22.2., 22.4., 24.1, 24.2., 24.3., 25.1., 25.2.
5.1. Οικοδόμηση μοντέλου	1, 6, 20.1., 25.1., 25.2.
5.2. Βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου	20.3., 22.2., 22.4, 24.2., 24.3.
5.3. Αξιολόγηση ή αυτοαξιολόγηση μοντέλου	15.1., 15.2., 16, 17, 18, 21, 22.1., 24.1.
6. Αξιολόγηση συμφοιτητών	3.2., 20.2., 22.3.
7. Επεξήγηση βάσει δεδομένων και ερμηνεία δεδομένων. Διατύπωση υποθέσεων	2.3., 7.1., 7.2., 8.1., 8.3., 10.1., 10.2., 10.3., 12.1., 12.2., 12.3.
7.1. Ταξινόμηση δηλώσεων ως συγκεκριμένες έννοιες	2.3., 7.1.
7.2. Εντοπισμός μοτίβων μέσα από δεδομένα	8.1., 10.1., 12.1.
7.3. Εντοπισμός έγκυρων εξηγήσεων	10.3., 12.3.
7.4. Διατύπωση υποθέσεων	7.2., 8.3., 10.2., 12.2.
8. Επιστημονική Συζήτηση/συνδιάλεξη	2.2., 2.4., 7.3., 7.4., 8.2., 8.3., 13
9. Προγραμματισμός, έλεγχος και μεταγνώση	Μετα 1, Μετα 2, Μετα 3, Μετα 4, Μετα 5, 28
10. Πρόσβαση σε ειδικούς ή συζήτηση για εδραιωμένη γνώση	δρ.14, δρ.19, 23, 29, Σύγχρονες συζητήσεις 1,2,3,4,5,6
11. Σύνθεση και ανάπτυξη ενός επιχειρήματος	9
12. Προγραμματισμός για διδασκαλία	30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

Ο Πίνακας 13 συνοψίζει τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας και τον τρόπο προσέγγισής τους.

Δύο ανεξάρτητοι ερευνητές εξέτασαν τρεις από τις 13 καταγεγραμμένες συζητήσεις της ομάδας 4 και δύο από τις δέκα συζητήσεις της ομάδας 5, οι οποίες περιλάμβαναν και κείμενα ασύγχρονων συζητήσεων. Επιπλέον, εξέτασαν τρεις από τις 12 σύγχρονες συζητήσεις και εντόπισαν τα μέρη κάθε συζήτησης. Ο δείκτης αξιοπιστίας ήταν 0,94. Ακολούθως, εφάρμοσαν τα υπόλοιπα βήματα της ανάλυσης των δεδομένων. Ο δείκτης αξιοπιστίας ήταν 0,74. Επίσης, άλλοι δύο ανεξάρτητοι ερευνητές μελέτησαν τα δεδομένα που προέκυψαν από τρία διαφορετικά διαγνωστικά δοκίμια και δημιούργησαν κατηγορίες απαντήσεων ακολουθώντας τα βήματα της φαινομενογραφικής ανάλυσης. Ο δείκτης αξιοπιστίας ήταν 0.78. Όλοι οι δείκτες θεωρούνται ικανοποιητικοί.

Πίνακας 13

Σύνοψη των Ερευνητικών Ερωτημάτων και του Τρόπου Προσέγγισής τους

	Ερευνητικό ερώτημα	Μέσα συλλογής δεδομένων	Τρόπος ανάλυσης δεδομένων
1	Μπορεί, και αν ναι με ποιο τρόπο, μια ειδικά σχεδιασμένη διδακτική παρέμβαση να λειτουργήσει ως μέσο ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης σε ΠΕ; Ειδικότερα, είναι μεταφέρσιμη η ικανότητα της μοντελοποίησης για τη μελέτη άγνωστων συγκειμένων;	Διαγνωστικά δοκίμια για αξιολόγηση της δεξιότητας της μοντελοποίησης	Φαινομενογραφική μέθοδος ανάλυσης Wilcoxon test
2	Η εφαρμογή μιας ειδικά σχεδιασμένης διδακτικής παρέμβασης βοηθά στην ανάπτυξη εννοιολογικής κατανόησης προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών σε σχέση με το φαινόμενο της Φάσεων της Σελήνης;	Ανοικτού τύπου διαγνωστικό δοκίμιο για τις Φάσεις της Σελήνης;	Φαινομενογραφική μέθοδος ανάλυσης Wilcoxon test
3	Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι ΠΕ στην προσπάθειά τους να αναπτύξουν μοντέλα;	Ανοικτού τύπου διαγνωστικά δοκίμια για αξιολόγηση της δεξιότητας της μοντελοποίησης	Grounded Theory, open coding, Conversation analysis
4.	Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι ΠΕ στην προσπάθεια τους να διδάξουν στρατηγικές μοντελοποίησης σε μαθητές δημοτικού σχολείου;	Σύγχρονες συζητήσεις Εργασίες των ΠΕ	Grounded Theory, Open coding
5.	Με ποιους τρόπους οι δυνατότητες επικοινωνίας, που παρέχουν τα ΕΠΜ, μπορούν να αξιοποιηθούν για καλλιέργεια της ικανότητας της μοντελοποίησης; Ποιες είναι οι σημαντικότερες παράμετροι αξιοποίησης των διάφορων τεχνολογικών δυνατοτήτων;	Οπτικογραφημένες συζητήσεις των ΠΕ Ασύγχρονες συζητήσεις Σύγχρονες Συζητήσεις Ημερολόγια Αναστοχασμού	Conversation analysis και Grounded Theory
6.	Ποιες είναι οι σημαντικότερες παράμετροι δημιουργίας συνθηκών αποτελεσματικής συνεργασίας ανάμεσα σε ΠΕ στις Φυσικές Επιστήμες σε ένα μάθημα που εφαρμόζει μικτή διαδικτυακή προσέγγιση; Με ποιους τρόπους μπορούν να αξιοποιηθούν τα διαθέσιμα διαδικτυακά εργαλεία και σε ποια επίπεδα (εντός ομάδας, ανάμεσα σε ομάδες, κλπ) προσφέρεται η συνεργασία για την προώθηση διάφορων μαθησιακών επιδιώξεων;	Οπτικογραφημένες συζητήσεις των ΠΕ Ασύγχρονες συζητήσεις Σύγχρονες Συζητήσεις Ημερολόγια Αναστοχασμού	Conversation analysis και Grounded Theory

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

5.1. Διαγνωστικά Δοκίμια

5.1.1. Διαγνωστικά Δοκίμια Μοντελοποίησης

Παρακάτω παρουσιάζεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη χορήγηση των διαγνωστικών δοκιμίων που αξιολογούν τη δεξιότητα της μοντελοποίησης. Για την ανάλυση του κάθε διαγνωστικού δοκιμίου ακολουθήθηκε κοινή δομή που αφορά στα ακόλουθα βήματα:

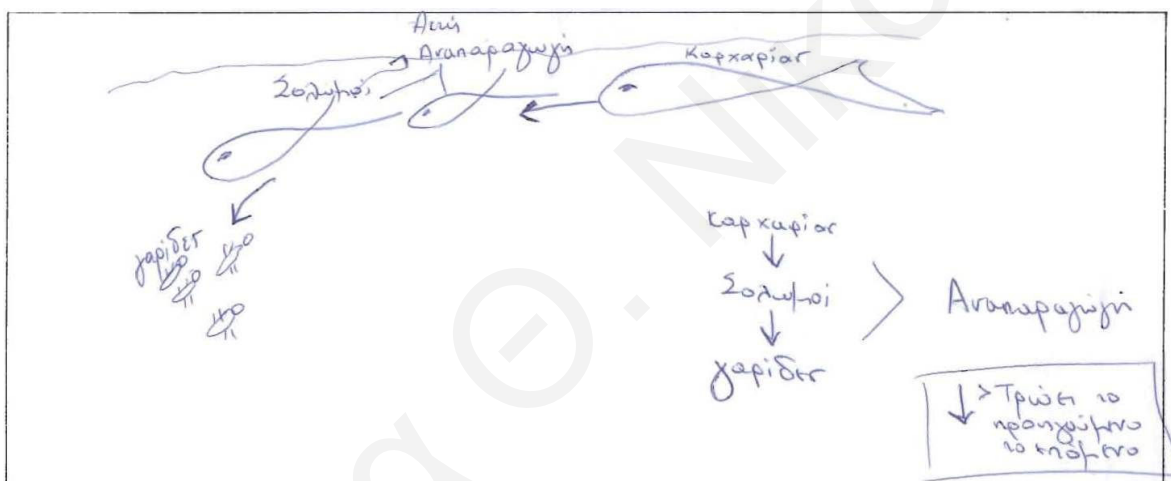
1. Περιγραφή του δοκιμίου.
2. Τυπική ορθή απάντηση.
3. Ποιοτική ανάλυση: Περιγραφή των κατηγοριών που προέκυψαν από τη φαινομενογραφική ανάλυση των απαντήσεων των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών (ΠΕ) στο διαγνωστικό δοκίμιο.
4. Ποσοτική ανάλυση: Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη φαινομενογραφική ανάλυση.

5.1.1.1. Διαγνωστικό Δοκίμιο 1: Κατασκευή Μοντέλου: Θαλάσσιο Οικοσύστημα

Για τους σκοπούς του διαγνωστικού δοκιμίου 1 (Παράρτημα 2) οι ΠΕ παρακολουθούν ένα ολιγόλεπτο βίντεο που παρουσιάζει στιγμές από τη θαλάσσια ζωή. Ακολούθως ζητείται να κάνουν ένα σχέδιο που να παρουσιάζει τη ζωή στο θαλάσσιο οικοσύστημα, περιλαμβάνοντας διάφορες πτυχές του οικοσυστήματος σε αυτό. Ζητείται επίσης να εντοπίσουν και να ονομάσουν τις βασικές πτυχές του θαλάσσιου οικοσυστήματος που φαίνονται στο σχέδιο.

Τυπική Ορθή Απάντηση

Μία τυπική ορθή απάντηση μπορεί να είναι η ακόλουθη:



Διάγραμμα 29. Μοντέλο του Θαλάσσιου Οικοσυστήματος (Μεταπειραματικό 1, ΠΕ 5^{xvi})

Στο σχέδιο (Διάγραμμα 29) παρουσιάζεται ένα θαλάσσιο οικοσύστημα, στο οποίο για να υπάρχει ισορροπία και συνέχεια ζωής παρουσιάζεται μια αλυσίδα τροφής, όπου ο καρκαρίας τρώει τους σολομούς και οι σολομοί τις γαρίδες. Επιπλέον, συντελείται αναπαραγωγή κάθε είδους (π.χ. οι σολομοί αναπαράγονται στην ακτή).

Στο μοντέλο της η ΠΕ 5 περιλαμβάνει αντικείμενα (καρκαρίες, σολομούς, γαρίδες, περιβάλλον ψαριών-ακτή), μεταβλητές (διαφορετικοί πληθυσμοί ψαριών, διαφορετικό μέγεθος ψαριών), διαδικασίες (κίνηση, αναπαραγωγή, τροφή, ισορροπία συστήματος) και αλληλεπιδράσεις (το ένα ψάρι τρώει το άλλο, ο πληθυσμός του ψαριού είναι ανάλογος του μεγέθους του κτλ).

^{xvi} Μεταπειραματικό 1, ΠΕ 5: Η απάντηση του ΠΕ 5 στο διαγνωστικό δοκίμιο 1 που δόθηκε μετά τη διδασκαλία.

ΦΑ Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που φαίνονται στον Πίνακα 14 δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη πόσα από τα βασικά στοιχεία ενός μοντέλου περιέλαβαν οι ΠΕ στο μοντέλο που οικοδόμησαν. Τα στοιχεία ενός μοντέλου μπορεί να είναι: (1) αντικείμενα (π.χ. *καρχαρίες, σολομοί, γαρίδες, συνθήκες περιβάλλοντος, πέτρες, φυτά, πλαγκτόν*) (2) μεταβλητές (π.χ. *μέγεθος ψαριού, ταχύτητα ψαριού, θερμοκρασία ψαριού*), (3) Διαδικασίες που καθοδηγούν τη λειτουργία των μερών του μοντέλου (π.χ. *τροφή-μεταφορά ενέργειας, αναπαραγωγή, κίνηση, θάνατος*) ή (4) Αλληλεπιδράσεις. Οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι 6 τύπων: (i) αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταβλητών του μοντέλου (π.χ. *το μέγεθος του ψαριού επηρεάζει την ταχύτητά του*), (ii) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων του μοντέλου (π.χ. *ο καρχαρίας τρέφεται με σολομούς*), (iii) αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. *όταν ένα ψάρι τρέφεται μπορεί να κινηθεί ευκολότερα*), (iv) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων και μεταβλητών του μοντέλου (π.χ. *οι συνθήκες περιβάλλοντος επηρεάζουν τη θερμοκρασία των ψαριών*), (v) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων και διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. *οι συνθήκες περιβάλλοντος επηρεάζουν την ικανότητα αναπαραγωγής ορισμένων ψαριών*), (vi) αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταβλητών και διαδικασιών του μοντέλου [π.χ. *η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει την αναπαραγωγή των σολομών*].

Είναι πιθανόν το σχεδιαστικό μοντέλο που έφτιαξαν οι ΠΕ να είναι πλούσιο ή φτωχό σε σχέση με ένα ή περισσότερα από τα στοιχεία που περιλαμβάνει. Μπορεί ακόμα να μην περιλαμβάνει κάποιο ή κάποια από τα στοιχεία αυτά. Για παράδειγμα, η κατηγορία 3: «Οι ΠΕ τοποθετούν στο μοντέλο τους αντικείμενα, μεταβλητές και διαδικασίες, και εντοπίζουν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Δύο από τα τέσσερα στοιχεία του μοντέλου δεν έχουν αναπτυχθεί επαρκώς στο μοντέλο» μπορεί να περιλαμβάνει υποκατηγορίες που να αφορούν σε μοντέλα των ΠΕ όπου περιλαμβάνεται ικανοποιητικός αριθμός αντικειμένων και μεταβλητών, αλλά ελάχιστες διαδικασίες ή αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Μπορεί ταυτόχρονα να αφορά σε μοντέλα που περιλαμβάνουν επαρκή αριθμό μεταβλητών και διαδικασιών αλλά όχι αντικειμένων ή αλληλεπιδράσεων κτλ. Με βάση αυτή τη λογική διαμορφώθηκαν οι κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 14.

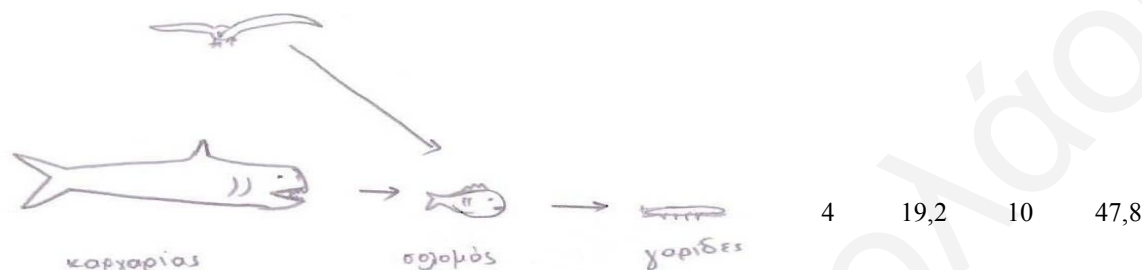
Σύμφωνα με τον Πίνακα 14 πέραν του 50% των ιδεών των ΠΕ κατατάσσονται στις κατηγορίες 3 και 4 πριν από την παρέμβαση. Μετά από την παρέμβαση παρατηρείται

μετατόπιση των ιδεών των ΠΕ από αυτές τις κατηγορίες προς τις πρώτες δύο, οι οποίες είναι πλησιέστερες στην επιστημονική άποψη (85,9%).

Πίνακας 14

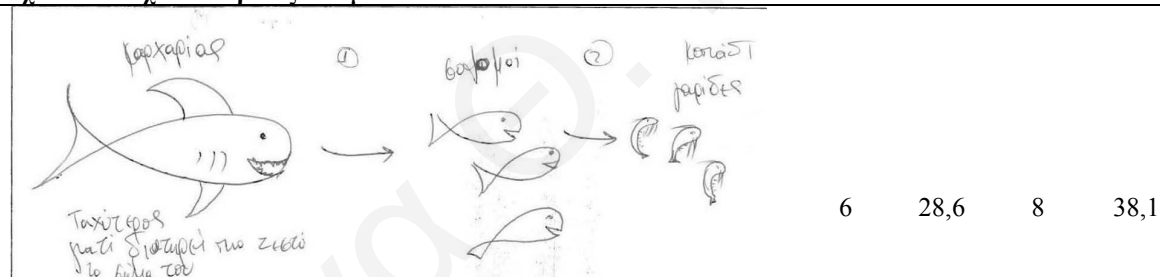
Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 1: Κατασκευή Μοντέλου: Θαλάσσιο Οικοσύστημα

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Οι ΠΕ τοποθετούν στο μοντέλο τους αντικείμενα, μεταβλητές και διαδικασίες, και εντοπίζουν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου.				



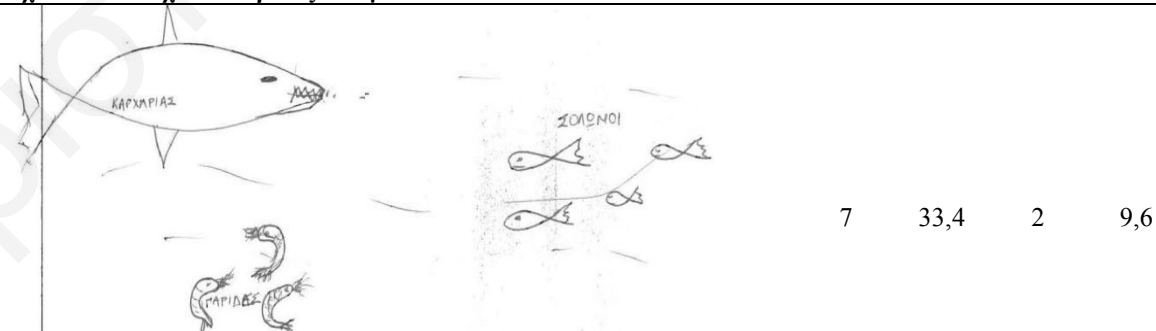
Τα πιο μεγάλα ψάρια τρώνε τα μικρότερα, όπως ο καρχαρίας το σολομό και ο σολομός τις γαρίδες. Τα μεγαλύτερα ψάρια είναι πιο γρήγορα για να μπορούν να κυνηγήσουν το θήραμά τους επιτυχημένα. Εδώ ο γλάρος τρέφεται με το σολομό όταν αυτός ανεβαίνει στην επιφάνεια της θάλασσας. (Μεταπειραματικό 1, ΠΕ 2)

II. Οι ΠΕ τοποθετούν στο μοντέλο τους αντικείμενα, μεταβλητές και διαδικασίες, και εντοπίζουν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Ένα από τα τέσσερα στοιχεία του μοντέλου δεν έχει αναπτυχθεί επαρκώς στο μοντέλο.



(1) Μεγάλος καρχαρίας τρώει ψάρι. (2) Ψάρι τρώει τις γαρίδες που είναι μικρότερες. Οι μικρότεροι οργανισμοί είναι περισσότεροι (σολομοί, γαρίδες), αφού τρώγονται από τους μεγαλύτερους (για να υπάρχει ισορροπία στο οικοσύστημα). (Προπειραματικό 1, ΠΕ 6^{vii})

III. Οι ΠΕ τοποθετούν στο μοντέλο τους αντικείμενα, μεταβλητές και διαδικασίες, και εντοπίζουν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Δύο από τα τέσσερα στοιχεία του μοντέλου δεν έχουν αναπτυχθεί επαρκώς στο μοντέλο.



(1) Ζωντανοί οργανισμοί π.χ. καρχαρίας, σολομοί, γαρίδες. (2) Ισχύει η τροφική αλυσίδα για διατήρηση της ισορροπίας (π.χ. ο καρχαρίας τρώει τους σολομούς, οι σολομοί τις γαρίδες κτλ.. (Προπειραματικό 1, ΠΕ 17)

^{xvii} Προπειραματικό 1, ΠΕ 6: Η απάντηση του ΠΕ 6 στο διαγνωστικό δοκίμιο 1 που δόθηκε πριν τη διδασκαλία.

Πίνακας 14

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 1: Κατασκευή Μοντέλου: Θαλάσσιο Οικοσύστημα

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
IV. Οι ΠΕ τοποθετούν στο μοντέλο τους αντικείμενα, μεταβλητές και διαδικασίες, και εντοπίζουν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Τρία από τα τέσσερα στοιχεία του μοντέλου δεν έχουν αναπτυχθεί επαρκώς στο μοντέλο.				
	4	19,2	1	4,8
<p>Σε ένα οικοσύστημα υπάρχουν διάφορες τροφικές σχέσεις. Εδώ ο καρχαρίας τρέφεται με σολομό. Όταν τρέφεται μεγαλώνει η ενέργειά του. Οι βασικές πτυχές είναι τα στοιχεία που είναι ο καρχαρίας και ο σολομός, οι μεταβλητές του είναι η ενέργεια, ο δείκτης θνησιμότητας και ο δείκτης αναπαραγωγής. Μια άλλη πτυχή είναι η αναπαραγωγή (π.χ. ποιος τρώει ποιον). (Μεταπειραματικό, ΠΕ 19)</p>				

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 1, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 15 ($Z=-2,53$, $p<0,05$, $r=-0,39$).

Πίνακας 15

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 1

Wilcoxon Sign Test	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Negative Ranks POST1 < PRE1	14	9,18	128,50
POST1 Positive Ranks POST1 > PRE1	3	8,17	24,50
- PRE1 Ties POST1 = PRE1	4		
Total	21		
POST1 - PRE1- Test Statistics(b)			
Z	-2,53(a)	a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,01	b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,39		

5.1.1.2. Διαγνωστικό Δοκίμιο 2: Κατασκευή Μοντέλου: Ο μηχανισμός της όσφρησης

Το διαγνωστικό δοκίμιο 2 (Παράρτημα 3) αφορά στην κατασκευή ενός σχεδιαστικού μοντέλου που να παρουσιάζει το μηχανισμό εξήγησης της όσφρησης. Σε αυτό ζητείται από τους ΠΕ να δημιουργήσουν ένα σχέδιο που να εξηγεί το γιατί όταν πατηθεί το έμβολο σε

ένα μπουκάλι με άρωμα, τότε μπορεί κάποιος να το μυρίσει. Ζητείται επίσης να εντοπιστούν οι βασικές πτυχές του φαινομένου της όσφρησης που φαίνονται σε αυτό.

Τυπική Ορθή Απάντηση

Μία τυπική ορθή απάντηση μπορεί να είναι η ακόλουθη:

Με το πάτημα του εμβόλου το υγρό εξατμίζεται και μετατρέπεται σε αέριο. Τα μόρια του αρώματος αλληλεπιδρούν με τα μόρια του αέρα. Μαζί ταξιδεύουν σε όλο το χώρο. Κάποια μόρια εισέρχονται στη μύτη (αλληλεπιδρούν με τη μύτη). Εκεί ευαισθητοποιούνται αισθητήρες της μύτης, οι οποίοι στέλνουν μηνύματα στον εγκέφαλο, ο οποίος αντιλαμβάνεται τη μυρωδιά (Διάγραμμα 30). Όταν πατήσω το έμβολο περισσότερες από μία φορές η συγκέντρωση των μορίων του αρώματος στον αέρα είναι μεγαλύτερη και συνεπώς η μυρωδιά που αντιλαμβάνεται η μύτη μου είναι μεγαλύτερη.



Διάγραμμα 30. Σχεδιαστικό Μοντέλο για την Εξήγηση του Μηχανισμού της Όσφρησης

Σε αυτό το σχεδιαστικό μοντέλο έχουν περιληφθεί αντικείμενα (π.χ. μόρια αρώματος, μόρια αέρα, μύτη), μεταβλητές (π.χ. πυκνότητα μορίων αρώματος), διαδικασίες (π.χ. μετατροπή των μορίων από υγρό σε αέριο, κίνηση των μορίων) και αλληλεπιδράσεις (π.χ. τα μόρια του αρώματος αλληλεπιδρούν με τα τριχίδια της μύτης)

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που φαίνονται στον Πίνακα 16 δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη πόσα από τα βασικά στοιχεία ενός μοντέλου περιέλαβαν οι ΠΕ στο μοντέλο που οικοδόμησαν. Τα στοιχεία ενός μοντέλου μπορεί να είναι: (1) Αντικείμενα (π.χ. μύτη, μόρια του αρώματος, μόρια του αέρα). (2) Μεταβλητές (π.χ. ταχύτητα των μορίων, πυκνότητα των μορίων στον αέρα). (3) Διαδικασίες που καθοδηγούν τη λειτουργία των μερών του μοντέλου (π.χ. μετατροπή των μορίων από υγρό σε αέριο, κίνηση των μορίων, διέγερση μύτης) (4) Αλληλεπιδράσεις. Οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι 6 τύπων: (i) αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταβλητών του μοντέλου (π.χ. όσο πιο μεγάλη ποσότητα αρώματος αφεθεί, τόσο πιο πυκνά θα είναι τα μόρια του αρώματος στον αέρα), (ii)

αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων του μοντέλου (π.χ. τα μόρια του αρώματος αλληλεπιδρούν με τα τριχίδια της μύτης), (iii) αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. όταν ένα υγρό εξατμίζεται κινείται εύκολα στον αέρα), (iv) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων και μεταβλητών του μοντέλου (π.χ. όσο πιο μεγάλη είναι η ποσότητα του αρώματος τόσο πιο περιορισμένο είναι το οξυγόνο στον αέρα), (v) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων και διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. η κίνηση των μορίων του αρώματος στην ατμόσφαιρα διεγείρει τη μύτη), (vi) αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταβλητών και διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. όσο πιο μεγάλη η πυκνότητα των μορίων του αρώματος τόσο πιο έντονη θα είναι η εξάτμιση).

Είναι πιθανόν το σχεδιαστικό μοντέλο που έφτιαξαν οι ΠΕ να είναι πλούσιο ή φτωχό σε σχέση με ένα ή περισσότερα από τα στοιχεία που περιλαμβάνει. Μπορεί ακόμα να μην περιλαμβάνει κάποιο ή κάποια από τα στοιχεία αυτά. Για παράδειγμα, η κατηγορία 6: «Οι ΠΕ παραλείπουν να τοποθετήσουν στο μοντέλο τους ένα από τα κύρια στοιχεία του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις)» μπορεί να περιλαμβάνει υποκατηγορίες που να αφορούν σε μοντέλα των ΠΕ όπου περιλαμβάνονται αντικείμενα, αλληλεπιδράσεις και διαδικασίες, αλλά όχι μεταβλητές. Μπορεί ταυτόχρονα να αφορά σε μοντέλα που περιλαμβάνουν αντικείμενα, μεταβλητές και διαδικασίες, αλλά όχι αλληλεπιδράσεις κτλ. Με βάση αυτή τη λογική διαμορφώθηκαν οι κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 16.

Αξίζει να σημειωθούν δύο σημεία που φαίνονται στον Πίνακα 16. Στην κατηγορία 6, η οποία είναι απομακρυσμένη από την επιστημονικά ορθή προσέγγιση παρατηρείται μία σημαντική μείωση, αν συγκριθούν οι ιδέες των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση (33,3%→0%). Επιπλέον, στην κατηγορία 3, που προσεγγίζει την επιστημονικά ορθή άποψη παρατηρείται σημαντική αύξηση, αν συγκριθούν οι ιδέες των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση (28,6% → 76,2%).

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 2: Κατασκευή Μοντέλου:
Ο μηχανισμός της όσφρησης

169


Πίνακας 16

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 2: Κατασκευή Μοντέλου: Ο μηχανισμός της όσφρησης

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
 	0	0,0	1	4,8

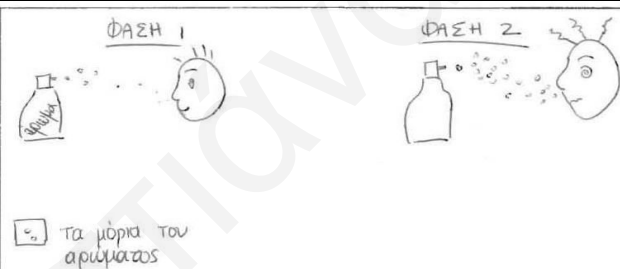
Τα μόρια που βγαίνουν από το μπουκάλι στη δεύτερη περίπτωση είναι περισσότερα με αποτέλεσμα να είναι πιο έντονη η μυρωδιά και να την νιώσουμε πιο έντονα. (Μεταπειραματικό 2, ΠΕ 7)

VI. Οι ΠΕ παραλείπουν να τοποθετήσουν στο μοντέλο τους ένα από τα κύρια στοιχεία του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις).

	7	33,3	0	0,0
---	---	------	---	-----

Το άρωμα διαδίδεται μέσα από τον αέρα και φτάνει στη μύτη όπου ερεθίζει κάποιους αδένες. Οι αδένες αυτοί μεταφέρουν την πληροφορία στον εγκέφαλο ο οποίος το μεταφράζει ως μια μυρωδιά. (Προπειραματικό 2, ΠΕ 12)

VII. Οι ΠΕ παραλείπουν να τοποθετήσουν στο μοντέλο τους δύο από τα κύρια στοιχεία του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις).

	1	4,8	0	0,0
---	---	-----	---	-----

Εξαρτάται από τα μόρια του αρώματος που αφήνονται ελεύθερα στην ατμόσφαιρα. Έτσι ανάλογα με τον αριθμό τους το άτομο μπορεί να μυρίσει κάτι σε κάποιο βαθμό (φάση 1: Ανεπαίσθητη μυρωδιά, φάση 2: Έντονη μυρωδιά). (Προπειραματικό 2, ΠΕ 8)

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 2, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 17 ($Z=2,12$, $p<0,05$, $r=-0,33$).

Πίνακας 17

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 2

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST2 – PRE2	Negative Ranks POST2 < PRE2	9	8,39	75,50
	Positive Ranks POST2 > PRE2	14	3,88	15,50
	Ties POST2 = PRE2	8		
	Total	21		
POST2 – PRE2- Test Statistics(b)				
Z	-2,12(a)		A Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,03		b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,33			

5.1.1.3. Διαγνωστικό Δοκίμιο 3: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Θαλάσσιο Οικοσύστημα

Το διαγνωστικό δοκίμιο 3 (Παράρτημα 4) αφορά στην εξαγωγή πληροφοριών από δοσμένο μοντέλο, το οποίο κατασκευάστηκε στο πρόγραμμα SC[®], για ένα θαλάσσιο οικοσύστημα (Διάγραμμα 31).



Διάγραμμα 31. Στιγμιότυπο από το Πρόγραμμα που Δόθηκε στο Πλαίσιο του Διαγνωστικού Δοκιμίου 3 Ζητήθηκε από τους ΠΕ να τρέξουν το πρόγραμμα, να ονομάσουν τις βασικές πτυχές του σε σχέση με το φαινόμενο που αναπαριστά και να δώσουν δύο παραδείγματα για κάθε πτυχή που εντόπισαν.

Τυπική Ορθή Απάντηση

Τυπική ορθή απάντηση στο διαγνωστικό δοκίμιο 3 μπορεί να θεωρηθεί η ακόλουθη:

Το πρόγραμμα δείχνει αλυσίδες τροφής στη θάλασσα. Οι μεγαλύτεροι οργανισμοί τρώνε τους μικρότερους. Π.χ. Καρχαρία → ρέγκα, ρέγκος. Κάβουρας → αχινός, μύδια. Ενυδρίδα → μύδια. Οι ρέγκες τρέφονται από το φυτοπλαγκτόν και αυτό μειώνεται, αλλά συγχρόνως κάνει φωτοσύνθεση και αυξάνεται. (Μεταπειραματικό, ΠΕ 2)

Η ΠΕ εντόπισε στο μοντέλο αντικείμενα (π.χ. καρχαρίες, ρέγκες, κάβουρες, αχινούς κτλ), διαδικασίες (π.χ. φωτοσύνθεση), μεταβλητές (π.χ. μείωση αριθμού ψαριών ή φυτών) και αλληλεπιδράσεις (π.χ. καρχαρίας → ρέγκα).

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που φαίνονται στον Πίνακα 18 δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη πόσα από τα βασικά στοιχεία ενός μοντέλου εντόπισαν οι ΠΕ στο πρόγραμμα που τους δόθηκε. Τα στοιχεία ενός μοντέλου μπορεί να είναι: (1) αντικείμενα (π.χ. καρχαρίες, ενυδρίδες, ρέγκες, φυτοπλαγκτόν, νερό) (2) μεταβλητές (π.χ. πληθυσμός ψαριού, μέγεθος ψαριού, ταχύτητα ψαριού, θερμοκρασία ψαριού), (3) Διαδικασίες που καθοδηγούν τη λειτουργία των μερών του μοντέλου (π.χ. τροφή, αναπαραγωγή, κίνηση, θάνατος) ή (4) Αλληλεπιδράσεις. Οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι 6 τύπων: (i) αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταβλητών του μοντέλου (π.χ. το μέγεθος του ψαριού επηρεάζει την ταχύτητά του), (ii) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων του μοντέλου (π.χ. ο καρχαρίας τρέφεται με μικρά ψάρια), (iii) αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. όταν ένα ψάρι τρέφεται μπορεί να κινηθεί ευκολότερα), (iv) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων και μεταβλητών του μοντέλου (π.χ. οι συνθήκες περιβάλλοντος επηρεάζουν τη θερμοκρασία του ψαριού), (v) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων και διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. οι συνθήκες του περιβάλλοντος επιτρέπουν ή όχι την κίνηση κάποιων ψαριών), (vi) αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταβλητών και διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει την αναπαραγωγή των ενυδρίδων).

Είναι πιθανόν οι ΠΕ να εντόπισαν μεγάλο ή μικρό αριθμό στοιχείων του μοντέλου που μελετούν. Μπορεί ακόμα να μην εντόπισαν κάποιο ή κάποια από τα στοιχεία αυτά. Για παράδειγμα, η κατηγορία 4: «Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Ο εντοπισμός τριών εκ των τεσσάρων στοιχείων είναι δυσκολότερος σε σχέση με τα υπόλοιπα» μπορεί να περιλαμβάνει υποκατηγορίες που να αφορούν σε ΠΕ που εντοπίζουν ικανοποιητικό αριθμό αντικειμένων, αλλά ελάχιστο αριθμό μεταβλητών, διαδικασιών και αλληλεπιδράσεων στα στοιχεία του μοντέλου. Μπορεί ταυτόχρονα να αφορά σε μοντέλα που περιλαμβάνουν επαρκή αριθμό διαδικασιών, αλλά όχι αντικειμένων, μεταβλητών και αλληλεπιδράσεων κτλ. Με βάση αυτή τη λογική, διαμορφώθηκαν οι κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 18.

Πίνακας 18

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 3: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Θαλάσσιο Οικοσύστημα

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου.				
Το πρόγραμμα δείχνει αλυσίδες τροφής στη θάλασσα. Οι μεγαλύτεροι οργανισμοί τρώνε τους μικρότερους. Π.χ. Καρχαρίας → ρέγκα, ρέγκος. Κάβουρας → αχινός, μύδια. Ενυδρίδα → μύδια. Οι ρέγκες τρέφονται από το φυτοπλαγκτόν και αυτό μειώνεται, αλλά συγχρόνως κάνει φωτοσύνθεση και αυξάνεται. (Μεταπειραματικό 3, ΠΕ 2)	0	0,0	1	4,8
II. Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Ο εντοπισμός ενός εκ των τεσσάρων στοιχείων είναι δυσκολότερος σε σχέση με τα υπόλοιπα.				
Στο οικοσύστημα αυτό οι ρέγκες τρώνε φυτοπλαγκτόν και τρώγονται από τον καρχαρία και το γλάρο (μειώνεται ο αριθμός των ρεγκών κάθε φορά που ο καρχαρίας και ο γλάρος περνούν από δίπλα τους), αλλά κιόλας αναπαράγονται. Για την αναπαραγωγή χρειάζονται ρέγκες και ρέγκοι (αν εξαφανιστούν οι μεν ή οι δε, τότε το ψάρι εξαφανίζεται σιγά σιγά). Ο κάβουρας τρώει μύδια και αχινούς (μειώνεται ο πληθυσμός τους όταν ο κάβουρας περνά από δίπλα τους), αναπαράγεται με αργούς ρυθμούς και τρώγεται από το γλάρο. Η ενυδρίδα τρώει μύδια και αναπαράγεται. (Μεταπειραματικό 3, ΠΕ 20)	5	23,8	4	19,0
III. Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Ο εντοπισμός δύο εκ των τεσσάρων στοιχείων είναι δυσκολότερος σε σχέση με τα υπόλοιπα.				
Οι ζωικοί οργανισμοί τρέφονται από άλλο οργανισμό του οικοσυστήματος (π.χ. ο καρχαρίας τρώει ρέγκες-ρέγκους-ρεγκάκια, ο κάβουρας τρώει μύδια) Το πλήθος των μεγαλύτερων οργανισμών είναι μικρό (π.χ. 1 καρχαρίας). Οι φυτικοί οργανισμοί αποτελούν τροφή για τους μικρότερους ζωικούς οργανισμούς (ρέγκες-φυτοπλαγκτόν). (Μεταπειραματικό 3, ΠΕ 3).	2	9,5	11	52,4
IV. Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Ο εντοπισμός τριών εκ των τεσσάρων στοιχείων είναι δυσκολότερος σε σχέση με τα υπόλοιπα.				
Ο γλάρος, για να αυξήσει την ενέργειά του, έτρωγε μικρά ψάρια. Ο καρχαρίας έτρωγε κι αυτός ψάρια που βρίσκονταν στη θάλασσα και τέλος, τα υπόλοιπα ψάρια, για να παραμείνουν ζωντανά και να αυξάνουν την ενέργειά τους, έτρωγαν μικρότερα ψάρια. Αυτά τα μικρότερα ψάρια έτρωγαν φυτοπλαγκτόν. Στο οικοσύστημα αυτό υπήρχαν ρέγκες, ενυδρίδα, αχινόι, φίκοι, γλάρος, καρχαρίας και μύδια. Ο καρχαρίας έτρωγε όποιο ψάρι βρισκόταν στη θάλασσα και οι ρέγκες έτρωγαν φυτοπλαγκτόν. Έτσι, τηρώντας αυτή την τροφική αλυσίδα, κάθε ζωντανός οργανισμός αυτού του οικοσυστήματος αύξανε την ενέργειά του. (Προπειραματικό 3, ΠΕ 21)	2	9,5	4	19,0
V. Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Εντοπίζεται μικρός αριθμός στοιχείων για κάθε ένα από αυτά.				
Οι μεγαλύτεροι οργανισμοί τρώνε τους μικρότερους (π.χ. η ενυδρίδα τρώει φυτοπλαγκτόν). Τρώγοντας ένας οργανισμός έναν άλλον αυξάνεται η ενέργειά του. (Μεταπειραματικό 3, ΠΕ 16)	0	0,0	1	4,8
VI. Οι ΠΕ εντοπίζουν τρία εκ των τεσσάρων στοιχείων του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις).				
Μικρός οργανισμός (μύδι, αχινός, πλαγκτόν) τρώγεται από μεγαλύτερο οργανισμό (ενυδρίδα, κάβουρας, ψάρι) αντίστοιχα. Μικρό ψάρι τρώγεται από τον καρχαρία. (Προπειραματικό 3, ΠΕ 6)	8	38,1	0	0,0
VII. Οι ΠΕ εντοπίζουν δύο εκ των τεσσάρων στοιχείων του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις).				
Στο πρόγραμμα παρουσιάζονται διάφοροι οργανισμοί. Ζωικοί: καρχαρίας, ρέγκα. Φυτικοί: φυτοπλαγκτόν, φίκος. Ισχύει η τροφική αλυσίδα ώστε να διατηρείται ισορροπία ζωής στο θαλάσσιο οικοσύστημα (π.χ. ο κάβουρας τρώει το μύδι, ο καρχαρίας τρώει μικρά ψάρια). (Προπειραματικό 3, ΠΕ 18)	2	9,5	0	0,0

Πίνακας 18

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 3: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Θαλάσσιο Οικοσύστημα

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
VIII. Οι ΠΕ εντοπίζουν μόνο ένα εκ των τεσσάρων στοιχείων του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις).				
<i>Θνησιμότητα: πόσοι οργανισμοί πεθαίνουν σε ορισμένο χρονικό διάστημα.</i>				
<i>Αναπαραγωγή: πόσοι οργανισμοί γεννιούνται ή αναπαράγονται σε ορισμένο χρονικό διάστημα και σχετίζεται με την ενέργεια που παίρνουν.</i>				
<i>(Προπειραματικό 3, ΠΕ 12)</i>				
	2	9,5	0	0,0

Πριν από την παρέμβαση, 12 από τους 21 ΠΕ αποτυγχάνουν να εντοπίσουν όλα τα στοιχεία ενός μοντέλου (κατηγορίες απαντήσεων VI, VII, VIII), γεγονός που ανατρέπεται μετά από την παρέμβαση, όταν κανένας ΠΕ δε δίνει απάντηση που να εμπίπτει στις τρεις τελευταίες κατηγορίες απαντήσεων. Αντίθετα, ενώ πριν από την παρέμβαση μόνο επτά ΠΕ δίνουν απάντηση που να εμπίπτει στις τρεις πρώτες κατηγορίες απαντήσεων, μετά από την παρέμβαση ο αριθμός αυξάνεται σε 16. Αξίζει να σημειωθεί, όμως, ότι μόνο ένας ΠΕ παρέχει απάντηση που να ανήκει στην επιστημονικά ορθή κατηγορία.

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 3, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 19 ($Z=-2,98$, $p<0,01$, $r=-0,46$).

Πίνακας 19

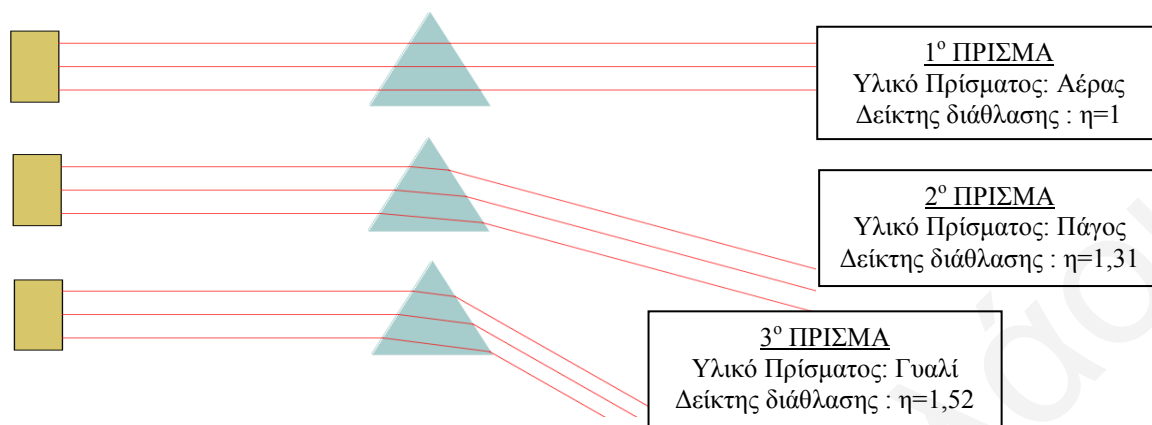
Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 3

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST3 – PRE3	Negative Ranks POST3 < PRE3	14	9.89	138.50
	Positive Ranks POST3 > PRE3	3	4.83	14.50
	Ties POST3 = PRE3	4		
	Total	21		
POST3 – PRE3- Test Statistics(b)				
Z	-2.98		a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0.00		b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,46			

5.1.1.4. Διαγνωστικό Δοκίμιο 4: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Διάθλαση του φωτός

Το διαγνωστικό δοκίμιο 4 (Παράρτημα 5) αφορά στην εξαγωγή πληροφοριών από δοσμένο σχεδιαστικό μοντέλο (Διάγραμμα 32) για το φαινόμενο της διάθλασης του φωτός. Ζητήθηκε από τους ΠΕ να ονομάσουν τις βασικές πτυχές του μοντέλου αυτού σε σχέση με

το φαινόμενο που αναπαριστά και να δώσουν δύο παραδείγματα για κάθε πτυχή που εντόπισαν.



Διάγραμμα 32. Σχεδιαστικό Μοντέλο για το Φαινόμενο της Διάθλασης του Φωτός (Διαγνωστικό Δοκίμιο 4)

Τυπική Ορθή Απάντηση

Τυπική ορθή απάντηση στο διαγνωστικό δοκίμιο 4 μπορεί να θεωρηθεί η ακόλουθη:

Στο μοντέλο φαίνονται οι ακτίνες του φωτός που ταξιδεύουν και προσπίπτουν πάνω σε τρία διαφορετικά πρίσματα. Το κάθε πρίσμα έχει διαφορετικό δείκτη διάθλασης. Ο δείκτης διάθλασης εξαρτάται από το υλικό. Όσο πιο μεγάλος είναι ο δείκτης διάθλασης του πρίσματος τόσο πιο μεγάλη είναι η απόκλιση της ακτίνας από την πορεία της.

Στην απάντηση φαίνεται ότι έχουν εντοπιστεί αντικείμενα (π.χ. ακτίνες φωτός, πρίσματα), μεταβλητές (π.χ. δείκτης διάθλασης), διαδικασίες (π.χ. πρόσπτωση ακτινών, απόκλιση ακτινών) και αλληλεπιδράσεις (π.χ. ο δείκτης διάθλασης εξαρτάται από το υλικό).

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που φαίνονται στον Πίνακα 20 δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη πόσα από τα βασικά στοιχεία ενός μοντέλου εντόπισαν οι ΠΕ στο μοντέλο που τους δόθηκε. Τα στοιχεία ενός μοντέλου μπορεί να είναι: αντικείμενα (π.χ. ακτίνες φωτός, πρίσμα) (2) μεταβλητές (π.χ. δείκτης διάθλασης πρίσματος, υλικό πρίσματος, μέγεθος πρίσματος), (3) διαδικασίες που καθοδηγούν τη λειτουργία των μερών του μοντέλου (π.χ. διάδοση φωτός, απόκλιση/διάθλαση ακτινών) ή (4) αλληλεπιδράσεις. Οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι 6 τύπων: (i) αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταβλητών του μοντέλου (π.χ. το υλικό του πρίσματος καθορίζει το δείκτη διάθλασής του), (ii) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων του μοντέλου (π.χ. η ακτίνα προσπίπτει στο πρίσμα), (iii) αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. η διάδοση του φωτός μέσα από το πρίσμα προκαλεί την αλλαγή της πορείας του όταν εξέλθει από αυτό σε κάποιες περιπτώσεις), (iv) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων και μεταβλητών του μοντέλου (π.χ. οι ακτίνες

φωτός συμπεριφέρονται διαφορετικά όταν προσπέσουν σε πρίσμα διαφορετικού υλικού), (v) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων και διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. όταν το φως αλληλεπιδρά με ένα πρίσμα διαδίδεται μέσα από αυτό), (vi) αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταβλητών και διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. ανάλογα με το δείκτη διάθλασης, η απόκλιση της ακτίνας φωτός διαφέρει).

Πίνακας 20

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 4: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Διάθλαση Φωτός

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου.				
-	0	0	0	0
II. Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Ο εντοπισμός ενός εκ των τεσσάρων στοιχείων είναι δυσκολότερος σε σχέση με τα υπόλοιπα.				
Το φαινόμενο της διάθλασης οφείλεται στο ότι τα μόρια του φωτός ταξιδεύουν με διαφορετικές ταχύτητες μέσα σε διαφορετικά σώματα. Όσο πιο μεγάλη είναι η πυκνότητα του υλικού τόσο πιο αργά κινούνται τα μόρια με αποτέλεσμα αυτή η διαφορά ταχυτήτων να προκαλεί τη διάθλαση (π.χ. γυαλί: πιο μεγάλη πυκνότητα από πάγο → μεγαλύτερη διάθλαση και πάγος: πιο μεγάλη πυκνότητα από αέρα → μεγαλύτερη διάθλαση). Για να υπάρχει διάθλαση το πρίσμα πρέπει να είναι κατασκευασμένο από διαφανές υλικό (αέρας, πάγος, γυαλί). (Μεταπειραματικό 4, ΠΕ 13)	0	0	1	4,8
III. Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Ο εντοπισμός δύο εκ των τεσσάρων στοιχείων είναι δυσκολότερος σε σχέση με τα υπόλοιπα.				
Όσο πιο κοντά στη μονάδα είναι ο δείκτης διάθλασης, τόσο πιο ευθεία θα 'ναι η πορεία των ακτινών. Βλέπουμε ότι στο 1 ^ο πρίσμα ο δείκτης διάθλασης είναι 1 και οι ακτίνες εξέρχονται παράλληλα, ενώ στο 2 ^ο πρίσμα ο δείκτης διάθλασης είναι 3 και οι ακτίνες σχηματίζουν γωνία. Όσο πιο μεγάλη είναι η πυκνότητα του υλικού από το οποίο είναι φτιαγμένο το πρίσμα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης διάθλασης. (Μεταπειραματικό 4, ΠΕ 10)	0	0	1	4,8
IV. Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Ο εντοπισμός τριών εκ των τεσσάρων στοιχείων είναι δυσκολότερος σε σχέση με τα υπόλοιπα.				
Η πορεία του φωτός όταν περνά μέσα από ένα πρίσμα εξαρτάται από το υλικό του πρίσματος (άλλη πορεία στο 1 ^ο πρίσμα, άλλη στο 2 ^ο και άλλη στο 3 ^ο). Η πορεία του φωτός είναι ευθύγραμμη πριν συναντήσει πρίσμα (1 ^ο , 2 ^ο , 3 ^ο). Η πορεία του φωτός μετά που εξέρχεται από το πρίσμα είναι αναλλοίωτη όταν το υλικό του πρίσματος είναι ο αέρας, ενώ γενικά, όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης διάθλασης του υλικού πρίσματος, τόσο περισσότερο οι ακτίνες φωτός αποκλίνουν (1 ^ο , 2 ^ο , 3 ^ο). (Μεταπειραματικό 4, ΠΕ 11)	6	28,6	12	57,1
V. Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Εντοπίζεται μικρός αριθμός στοιχείων για κάθε ένα από αυτά.				
Πυκνότητα του πρίσματος: όσο πιο πυκνό τόσο μεγαλύτερη διάθλαση (π.χ. 1 ^ο πρίσμα, καθόλου διάθλαση, 2 ^ο πρίσμα, μεγαλύτερη πυκνότητα, μεγαλύτερη διάθλαση). (Προπειραματικό 4, ΠΕ 12)	9	42,9	6	28,6
VI. Οι ΠΕ εντοπίζουν τρία εκ των τεσσάρων στοιχείων του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις).				
Αν το υλικό του πρίσματος είναι το ίδιο με το υλικό στο οποίο διαδιδόταν πριν (οπτικά ίσο), τότε θα συνεχίσουν οι ακτίνες φωτός την πορεία χωρίς να αλλάξουν κατεύθυνση. Αν το πρίσμα είναι οπτικά πυκνότερο, τότε οι ακτίνες θα αλλάξουν πορεία, η οποία είναι απομακρυσμένη από την κάθετη που σχηματίζεται με την επιφάνεια του πρίσματος. (Προπειραματικό 4, ΠΕ 2)	4	19,0	0	0,0

Πίνακας 20

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 4: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Διάθλαση Φωτός

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
VII. Οι ΠΕ εντοπίζουν δύο εκ των τεσσάρων στοιχείων του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις).				
<i>Το φαινόμενο της διάθλασης προκύπτει από το γεγονός ότι το φως ταξιδεύει με διαφορετική ταχύτητα μέσα από διαφορετικά διαφανή υλικά. Όσο πιο μεγάλη είναι η πυκνότητα κάποιου υλικού, τόσο μειώνεται η ταχύτητα του φωτός, με αποτέλεσμα η εικόνα που φτάνει στα μάτια μας (όταν το φως περνάει μέσα από διαφανή υλικά όπως πάγο και γυαλί) να μην είναι η ίδια με την πραγματική. Άρα, η πτυχή που μπορώ να εντοπίσω είναι η <u>πυκνότητα</u> του υλικού μέσα από το οποίο περνάει το φως και στη συνέχεια η <u>διαφάνεια</u> του υλικού αυτού. (Προπειραματικό 4, ΠΕ 13)</i>	1	4,8	0	0,0
VIII. Οι ΠΕ εντοπίζουν μόνο ένα εκ των τεσσάρων στοιχείων του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις).				
<i>Βασική πτυχή του φαινομένου της διάθλασης αποτελεί το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το πρίσμα. Για παράδειγμα, για τον πάγο ο δείκτης διάθλασης=1.31, ενώ στο γυαλί ο δείκτης διάθλασης =1.52. (Προπειραματικό 4, ΠΕ 8)</i>	1	4,8	1	4,8

Είναι πιθανόν οι ΠΕ να εντόπισαν μεγάλο ή μικρό αριθμό στοιχείων του μοντέλου που μελετούν. Μπορεί ακόμα να μην εντόπισαν κάποιο ή κάποια από τα στοιχεία αυτά. Για παράδειγμα, η κατηγορία 2: «Οι ΠΕ εντοπίζουν στο μοντέλο αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Ο εντοπισμός ενός εκ των τεσσάρων στοιχείων είναι δυσκολότερος σε σχέση με τα υπόλοιπα.» μπορεί να περιλαμβάνει υποκατηγορίες που να αφορούν σε ΠΕ που εντοπίζουν ικανοποιητικό αριθμό αντικειμένων, μεταβλητών και διαδικασιών, αλλά μικρό αριθμό αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Μπορεί ταυτόχρονα να αφορά σε μοντέλα που περιλαμβάνουν επαρκή αριθμό αντικειμένων, μεταβλητών και αλληλεπιδράσεων αλλά μικρό αριθμό διαδικασιών κτλ. Με βάση αυτή τη λογική διαμορφώθηκαν οι κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 20.

Ο Πίνακας 20 υποδεικνύει μετακίνηση των ιδεών των ΠΕ από τις τέσσερις κατώτερες κατηγορίες απαντήσεων (15 ΠΕ πριν από την παρέμβαση) στις τέσσερις ανώτερες (13 ΠΕ μετά από την παρέμβαση).

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 4, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 21 ($Z=-2,56$, $p<0,05$, $r=-0,39$).

Πίνακας 21

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 4

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST4 – PRE4	Negative Ranks POST4 < PRE4	12	8.63	103.50
	Positive Ranks POST4 > PRE4	3	5.50	16.50
	Ties POST4 = PRE4	6		
	Total	21		
POST4 – PRE4- Test Statistics(b)				
Z	-2.56		a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0.01		b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0.39			

5.1.1.5. Διαγνωστικό Δοκίμιο 5: Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Πώς Λειτουργεί μια Μυρμηγκοφωλιά

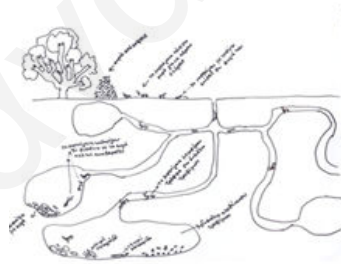
Το διαγνωστικό δοκίμιο 5 (Παράρτημα 6) αφορά στη σύγκριση τεσσάρων διαφορετικών μοντέλων που αναπαριστούν τη λειτουργία μιας μυρμηγκοφωλιάς (Διάγραμμα 33). Αφού οι ΠΕ περιεργάστηκαν τα τέσσερα μοντέλα κλήθηκαν να δηλώσουν ποιο από αυτά δείχνει με τον πιο κατάλληλο τρόπο και ποιο με το λιγότερο κατάλληλο τρόπο τη λειτουργία μιας μυρμηγκοφωλιάς.



α. Φωτογραφία



β. Πρόγραμμα στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή



γ. Σχέδιο



δ. Κατασκευή από πλαστελίνη

Διάγραμμα 33. Τέσσερα Μοντέλα για τη Λειτουργία μιας Μυρμηγκοφωλιάς

Τυπική Ορθή Απάντηση

Το σχέδιο είναι το καταλληλότερο μοντέλο γιατί είναι ακριβές. Αναπαριστά τη λειτουργία του φαινομένου, εφόσον δείχνει, έστω και με βέλη, την κίνηση των μυρμηγκιών αλλά και τις διαφορετικές εργασίες που εκτελεί το κάθε μυρμήγκι. Επιπλέον, είναι αληθοφανές, αφού παρουσιάζει τα μέρη μιας μυρμηγκοφωλιάς με ξεκάθαρο τρόπο και τέλος επιτρέπει να γίνονται προβλέψεις σε σχέση με το φαινόμενο.

Το λιγότερο κατάλληλο μοντέλο είναι η φωτογραφία γιατί δεν αναπαριστά τη λειτουργία της μυρμηγκοφωλιάς (έλλειψη ακρίβειας), αλλά μόνο ένα μυρμήγκι, δεν έχει αληθοφάνεια, δεν παρουσιάζει δηλαδή τα μέρη της μυρμηγκοφωλιάς (π.χ. τα ειδικά δωμάτια της φωλιάς) και δεν επιτρέπει στο χρήστη του μοντέλου να διενεργήσει προβλέψεις (π.χ. τι θα γίνει αν αλλάξει μια παράμετρος του μοντέλου).

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που έγινε στο πλαίσιο του διαγνωστικού δοκιμίου 5 (ερώτημα α) φαίνονται στον Πίνακα 22. Δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη το πόσα κριτήρια χρησιμοποίησαν οι ΠΕ για να αξιολογήσουν τα τέσσερα διαφορετικά μοντέλα. Έτσι, στην πρώτη κατηγορία εμπίπτουν οι απαντήσεις των ΠΕ που περιλαμβάνουν και τα τρία κριτήρια αξιολόγησης ενός μοντέλου (αληθοφάνεια, ακρίβεια και δυνατότητα πρόβλεψης). Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι απαντήσεις των ΠΕ που περιλαμβάνουν δύο κριτήρια και στην τρίτη κατηγορία οι απαντήσεις που περιλαμβάνουν ένα μόνο κριτήριο αξιολόγησης μοντέλων. Με ανάλογο τρόπο δημιουργήθηκαν οι κατηγορίες απαντήσεων των ΠΕ στο ερώτημα β του διαγνωστικού δοκιμίου 5 (Πίνακας 23).

Αξίζει να σημειωθεί η αλλαγή στη συχνότητα των απαντήσεων των ΠΕ στις κατηγορίες IV και II (Πίνακας 22). Πριν από την παρέμβαση, 29% των ΠΕ δίνει απαντήσεις που εμπίπτουν στην κατηγορία που απέχει περισσότερο από την επιστημονικά ορθή απάντηση (κατηγορία IV). Αυτό το ποσοστό μηδενίζεται μετά από την παρέμβαση. Το αντίθετο συμβαίνει στην κατηγορία II. Το ποσοστό των ΠΕ που παρέχουν απάντηση που εμπίπτει στην κατηγορία αυτή αυξάνεται από 33% σε 62%.

Πίνακας 22

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 5 (ερώτημα α): Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Η Λειτουργία της Μυρμηγκοφωλιάς.

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου χρησιμοποιώντας τρία συγκεκριμένα κριτήρια: ακρίβεια μοντέλου (αναπαράσταση της λειτουργίας του φαινομένου), αληθοφάνεια μοντέλου (παρουσίαση μερών του φαινομένου) και δυνατότητα διενέργειας προβλέψεων.				
-	0	0,0	0	0,0
II. Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου χρησιμοποιώντας δύο κριτήρια.				
IIα. Δύο κριτήρια: Ακρίβεια μοντέλου και Αληθοφάνεια μοντέλου.				
Το σχέδιο. Δείχνει όλη την πορεία των μυρμηγκιών. Η φωτογραφία είναι στατική. Η κατασκευή δε δίνει πληροφορίες για τα δωμάτια και την εργασία των μυρμηγκιών, όπως ούτε και το λογισμικό δε δείχνει σχεδόν τίποτε. Το σχέδιο έχει και οπτικές και λεκτικές πληροφορίες. (Μεταπειραματικό 5α, ΠΕ 1)	7	33,3	13,0	61,9

Πίνακας 22

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 5 (ερώτημα α): Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Η Λειτουργία της Μυρμηγκοφωλιάς.

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
III. Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου χρησιμοποιώντας ένα κριτήριο.				
IIIα. Ένα κριτήριο: Αληθοφάνεια μοντέλου.				
Το σχέδιο στη συγκεκριμένη περίπτωση, δείχνει με τον πιο κατάλληλο τρόπο πώς λειτουργεί μια μυρμηγκοφωλιά, γιατί παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες και μας δείχνει και πώς είναι διαχωρισμένη η φωλιά των μυρμηγκιών. (Μεταπειραματικό 5α, ΠΕ 4)	2	9,5	2,0	9,5
IIIβ. Ένα κριτήριο: Ακρίβεια μοντέλου.				
Το σχέδιο δίνει τις πιο πολλές πληροφορίες. Η φωτογραφία δε λέει τίποτε παρά μόνο ένα στιγμιότυπο. Η πλαστισίνη έχει κάποιες γραμμές, αλλά πάλι δεν καταλαβαίνεις τίποτε. Το πρόγραμμα στον Η.Υ. μπορούσε να ήταν πιο επεξηγηματικό. Στο σχέδιο υπάρχουν όλα όσα χρειάζεσαι. Πού πάνε τα μυρμηγκία και τι κάνουν. (Προπειραματικό 5α, ΠΕ 3)	6	28,6	6,0	28,6
IV. Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου με τη χρήση άλλων ή χωρίς τη χρήση κριτηρίων.				
Το σχέδιο αποτυπώνει καλύτερα τον τρόπο που λειτουργεί η μυρμηγκοφωλιά, γιατί παρουσιάζει τη μυρμηγκοφωλιά και συνοδεύεται από λόγια. (Προπειραματικό 5α, ΠΕ 6)	6	28,6	0	0,0

Σε σχέση με το ερώτημα β του διαγνωστικού δοκιμίου 5, πριν από την παρέμβαση, πέραν του 90% των ΠΕ έδωσε απαντήσεις που εμπίπτουν στις δύο τελευταίες κατηγορίες, ένα ποσοστό που μειώθηκε στο 20% μετά από την παρέμβαση. Από την άλλη, οι δύο ΠΕ που έδωσαν απαντήσεις που εμπίπτουν στις κατηγορίες I και II πριν από την παρέμβαση αυξήθηκαν σε 17 (9,5% → 81%). Παρόλα αυτά, κανένας ΠΕ δεν κατάφερε να δώσει απάντηση που να εμπίπτει στην επιστημονικά ορθή κατηγορία ούτε πριν ούτε και μετά από την παρέμβαση για κανένα από τα δύο ερωτήματα.

Πίνακας 23.

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 5 (ερώτημα β): Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Η Λειτουργία της Μυρμηγκοφωλιάς

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Επιλογή του λιγότερο κατάλληλου μοντέλου σύμφωνα με τρία συγκεκριμένα κριτήρια: έλλειψη ακρίβειας (αναπαράσταση της λειτουργίας του φαινομένου), έλλειψη αληθοφάνειας (παρουσίαση μερών του φαινομένου) και έλλειψη δυνατότητας διενέργειας προβλέψεων.				
-	0	0,0	0	0,0
II. Επιλογή του λιγότερο κατάλληλου μοντέλου σύμφωνα με δύο κριτήρια.				
II.α. Δύο κριτήρια: Έλλειψη ακρίβειας και έλλειψη αληθοφάνειας.				
Η πλαστελίνη είναι ο λιγότερο κατάλληλος τρόπος, αφού δε φαίνεται καθόλου πώς τα μυρμηγκία εργάζονται, τι περιέχει η μυρμηγκοφωλιά. Ούτε η κίνηση που υπάρχει εντός της, αλλά ούτε και τα μυρμηγκία. δε δίνει σχεδόν καμιά πληροφορία. (Μεταπειραματικό 5β, ΠΕ 10)	2	9,5	16	76,2
II.γ. Δύο κριτήρια: Έλλειψη ακρίβειας και έλλειψη δυνατότητας πρόβλεψης.				
Η φωτογραφία, γιατί απλά δείχνει ένα μυρμηγκί και με βάση αυτή δεν μπορούμε να κάνουμε προβλέψεις για το πώς λειτουργεί η μυρμηγκοφωλιά ούτε μπορούμε να δούμε τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί. (Μεταπειραματικό 5β, ΠΕ 7)	0	0,0	1	4,76
III. Επιλογή του λιγότερο κατάλληλου μοντέλου σύμφωνα με ένα κριτήριο.				
III.β. Ένα κριτήριο: Έλλειψη ακρίβειας.				
Η φωτογραφία, επειδή το μόνο που βλέπουμε είναι ένα μυρμηγκί στην είσοδο της φωλιάς του χωρίς να βλέπουμε πώς λειτουργεί αυτή (Προπειραματικό 5β, ΠΕ 14)	15	71,4	4	19,04

Πίνακας 23.

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 5 (ερώτημα β): Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Η Λειτουργία της Μυρμηγκοφωλιάς

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
IV. Άλλη απάντηση.				
Η κατασκευή από πλαστελίνη, γιατί δίνει τις λιγότερες πληροφορίες. Ως κατασκευή δεν αποτελεί πιστή αναπαράσταση της φωλιάς αλλά μια αποτυχημένη προσπάθεια για μοντελοποίηση της. (Προπειραματικό 5β, ΠΕ 13)	4	19.0	0	0

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 5α, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 24 ($Z=-2,21$, $p<0,05$, $r=0,34$).

Πίνακας 24

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 5α

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST5 α – PRE5α	Negative Ranks POST5α < PRE5α	12	9,0	108,0
	Positive Ranks POST5α > PRE5α	4	7,0	28,0
	Ties POST5α = PRE5α	5		
	Total	21		
POST5α – PRE5α - Test Statistics(b)				
Z		-2,21	a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,03	b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)		-0,34		

Για το ερώτημα β του διαγνωστικού δοκιμίου 5, οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 25 ($Z=-3,70$, $p<0,01$, $r=-0,57$).

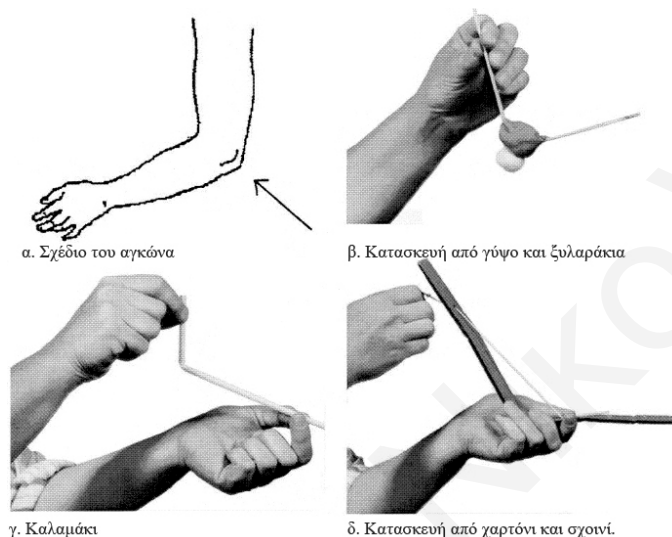
Πίνακας 25

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 5β

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST5 β – PRE5β	Negative Ranks POST5β < PRE5β	16	8,50	136,0
	Positive Ranks POST5β > PRE5β	0	,0	,0
	Ties POST5β = PRE5β	5		
	Total	21		
POST5β – PRE5β - Test Statistics(b)				
Z		-3,70	a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,00	b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)		-0,57		

5.1.1.6. Διαγνωστικό Δοκίμιο 6: Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Η Κίνηση του Αγκώνα

Το διαγνωστικό δοκίμιο 6 (Παράρτημα 7) αφορά στη σύγκριση τεσσάρων διαφορετικών μοντέλων σε σχέση με τη λειτουργία του αγκώνα (Διάγραμμα 34). Αφού οι ΠΕ περιεργάστηκαν τα τέσσερα μοντέλα κλήθηκαν να δηλώσουν ποιο από αυτά δείχνει με τον πιο κατάλληλο τρόπο και ποιο με το λιγότερο κατάλληλο τρόπο πώς λειτουργεί ο αγκώνας.



Διάγραμμα 34. Τέσσερα Μοντέλα για τη Λειτουργία του Αγκώνα

Τυπική Ορθή Απάντηση

Η κατασκευή από χαρτόνι και σχοινί δείχνει με τον πιο κατάλληλο τρόπο τη λειτουργία του αγκώνα, γιατί (α) είναι αληθοφανής, τα χαρτόνια αναπαριστούν τα χέρια ενώ τα σχοινιά τους μύες, (β) είναι ακριβής, αναπαριστά, δηλαδή, την πραγματική κίνηση του αγκώνα αναπαράγοντας τους περιορισμούς στην κίνηση, και (γ) επιτρέπει τη διενέργεια προβλέψεων σε σχέση με το φαινόμενο.

Το λιγότερο κατάλληλο μοντέλο είναι το σχέδιο, γιατί (α) δεν είναι αληθοφανές, δεν αναπαριστά δηλαδή όλα τα μέρη του φαινομένου (π.χ. μύες), (β) δεν είναι ακριβές, γιατί δεν παρουσιάζει κίνηση και δεν αναπαράγει τους περιορισμούς στην κίνηση του αγκώνα και (γ) δε μας επιτρέπει να κάνουμε προβλέψεις και να τις ελέγξουμε.

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που έγινε στο πλαίσιο του διαγνωστικού δοκιμίου 6 (ερώτημα α) φαίνονται στον Πίνακα 26. Δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη το πόσα κριτήρια χρησιμοποίησαν οι ΠΕ για να αξιολογήσουν τα τέσσερα διαφορετικά μοντέλα. Έτσι, στην πρώτη κατηγορία εμπίπτουν οι απαντήσεις των ΠΕ που περιλαμβάνουν και τα τρία

κριτήρια αξιολόγησης ενός μοντέλου (ακρίβεια, αληθοφάνεια, δυνατότητα πρόβλεψης). Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι απαντήσεις των ΠΕ που περιλαμβάνουν δύο κριτήρια και στην τρίτη κατηγορία οι απαντήσεις που περιλαμβάνουν ένα μόνο κριτήριο αξιολόγησης μοντέλων. Με ανάλογο τρόπο δημιουργήθηκαν οι κατηγορίες απαντήσεων των ΠΕ στο ερώτημα β του διαγνωστικού δοκιμίου 6 (Πίνακας 26).

Η μετατόπιση των ιδεών των ΠΕ από το προπαρασκευαστικό στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 6 (ερώτημα α) δε φαίνεται να είναι έντονη. Η μόνη έντονη αλλαγή φαίνεται στην κατηγορία II, όπου οι τρεις ΠΕ που έχουν ιδέες που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία πριν από την παρέμβαση αυξάνονται μετά από την παρέμβαση σε εφτά.

Η μετατόπιση των ιδεών των ΠΕ από το προπαρασκευαστικό στο μεταπαρασκευαστικό δοκίμιο 6 για το ερώτημα β είναι παρόμοια με αυτή του ερωτήματος 6α με ελαφριά βελτίωση, αφού πριν από την παρέμβαση κανένας ΠΕ δεν έδωσε απάντηση που να εμπίπτει στην κατηγορία II, ενώ μετά από την παρέμβαση 14,3% των ΠΕ παρέχουν τέτοιου είδους απαντήσεις.

Ένα συνοπτικό σχόλιο και για τα δύο διαγνωστικά δοκίμια (5 και 6) αφορά στο ότι ούτε πριν ούτε μετά από την παρέμβαση υπάρχει ΠΕ που να παρέχει την επιστημονικά ορθή άποψη σε σχέση με τη σύγκριση των τεσσάρων εναλλακτικών μοντέλων για τη λειτουργία του αγκώνα.

Πίνακας 26

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 6 (ερώτημα α): Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου χρησιμοποιώντας τρία συγκεκριμένα κριτήρια: ακρίβεια μοντέλου (αναπαράσταση της λειτουργίας του φαινομένου), αληθοφάνεια μοντέλου (παρουσίαση μερών του φαινομένου) και δυνατότητα διενέργειας προβλέψεων.				
-	0	0,0	0	0,0
II. Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου χρησιμοποιώντας δύο κριτήρια.				
IIα. Δύο συγκεκριμένα κριτήρια: Ακρίβεια μοντέλου και αληθοφάνεια μοντέλου.				
Το σχέδιο είναι ο καλύτερος τρόπος αναπαράστασης της λειτουργίας του αγκώνα, αφού παρουσιάζει τόσο τα μέρη του χεριού, αλλά επίσης και το βέλος δείχνει την κίνηση και τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το συγκεκριμένο μέρος του χεριού. (Μεταπαρασκευαστικό 6α, ΠΕ 8)	3	14,29	7	33,33
III. Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου χρησιμοποιώντας ένα κριτήριο.				
IIIα. Ένα κριτήριο: Αληθοφάνεια μοντέλου.				
Η κατασκευή με το γύψο και τα ξυλαράκια, γιατί όντως ο αγκώνας αποτελείται από δύο οστά (ξυλαράκια) και συνδέσμους (γύψος). Είναι καλή η αντιστοιχία. (Προπαρασκευαστικό 6α, ΠΕ 20)	3	14,3	0,0	0,0

Πίνακας 26

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 6 (ερώτημα α): Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
III.β. Ένα κριτήριο: Ακρίβεια μοντέλου. Η κατασκευή με χαρτόνι και σχοινί. Ο τρόπος με τον οποίο κινείται το σχοινί μας δείχνει κάθε φορά το πόσο μεγάλη είναι η γωνία που σχηματίζεται με τον αγκώνα. (Προπειραματικό 6α, ΠΕ 19)	14	66,7	14,0	66,7
IV. Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου χωρίς τη χρήση κριτηρίων. Η κατασκευή από γύψο και ξυλαράκια. Το σχέδιο δε βοηθά καθόλου, τα άλλα δύο είναι λίγο βοηθητικά, όμως πιστεύω πως η κατασκευή από γύψο και ξυλαράκια είναι καλύτερη.	1	4,8	0,0	0,0

Πίνακας 27

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 6 (ερώτημα β): Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Επιλογή του λιγότερο κατάλληλου μοντέλου σύμφωνα με τρία συγκεκριμένα κριτήρια: έλλειψη ακρίβειας (αναπαράσταση της λειτουργίας του φαινομένου), έλλειψη αληθοφάνειας (παρουσίαση μερών του φαινομένου) και έλλειψη δυνατότητας διενέργειας προβλέψεων.				
-	0	0,0	0	0,0
II. Επιλογή του λιγότερο κατάλληλου μοντέλου σύμφωνα με δύο κριτήρια.				
II.α. Δύο κριτήρια: Έλλειψη ακρίβειας και έλλειψη αληθοφάνειας. Το καλαμάκι, και αυτό το λέω από την άποψη ότι δεν έχει τις σωστές αναλογίες του χεριού ή έστω τις κατάλληλες, αλλά και λόγω του ότι μπορεί να διπλωθεί προς όλες τις κατευθύνσεις (ενώ ο αγκώνας μας ανοίγει μέχρι ενός σημείου και δε διπλώνεται προς τα πίσω) (Μεταπειραματικό 6β, ΠΕ 8)	0	0,0	1	4,77
II.γ. Δύο κριτήρια: Έλλειψη ακρίβειας και έλλειψη δυνατότητας πρόβλεψης. Το σχέδιο είναι το λιγότερο κατάλληλο αφού δε δίνει εξήγηση για τη λειτουργία του φαινομένου, ούτε και τη δυνατότητα για προβλέψεις και έλεγχο αυτών. (Μεταπειραματικό 6β, ΠΕ 2)	0	0,0	2	9,52
III. Επιλογή του λιγότερο κατάλληλου μοντέλου σύμφωνα με ένα κριτήριο.				
III.α. Ένα κριτήριο: Έλλειψη αληθοφάνειας. Η κατασκευή από χαρτόνι και σχοινί, γιατί το σχοινί παραπλανεί και συγχύζει. Δεν μπορεί εύκολα να δει κανείς αντιστοιχία ανάμεσα στα μέρη της κατασκευής και στα μέρη του αγκώνα (Προπειραματικό 6β, ΠΕ 20)	2	9,5	1	4,8
III.β. Ένα κριτήριο: Έλλειψη ακρίβειας Το σχέδιο, γιατί παρουσιάζεται απλά ένας αγκώνας. Δεν μπορούμε, δηλαδή, να δούμε πώς λειτουργεί ο αγκώνας, την κίνησή του. (Μεταπειραματικό 6β, ΠΕ 3)	18	85,7	17	81,0
IV. Επιλογή του λιγότερο κατάλληλου μοντέλου χωρίς τη χρήση κριτηρίων. Το σχέδιο. Δεν είναι καθόλου καλό (Προπειραματικό 6β, ΠΕ 15)	1	4,8	0	0,0

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 6α, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, δεν είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 28 ($Z=-1,39$, $p>0,05$, $r=-0,21$).

Πίνακας 28

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 6α

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST6α – PRE6α	Negative Ranks POST6α < PRE6α	7	5,71	40,00
	Positive Ranks POST6α > PRE6α	3	5,00	15,00
	Ties POST6α = PRE6α	11		
	Total	21		
POST6α – PRE6α - Test Statistics(b)				
Z	-1,39		a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,17		b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,21			

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 6β, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές (οριακά) και φαίνονται στον Πίνακα 29 ($Z=-2,00$ $p<0,05$, $r=-0,31$).

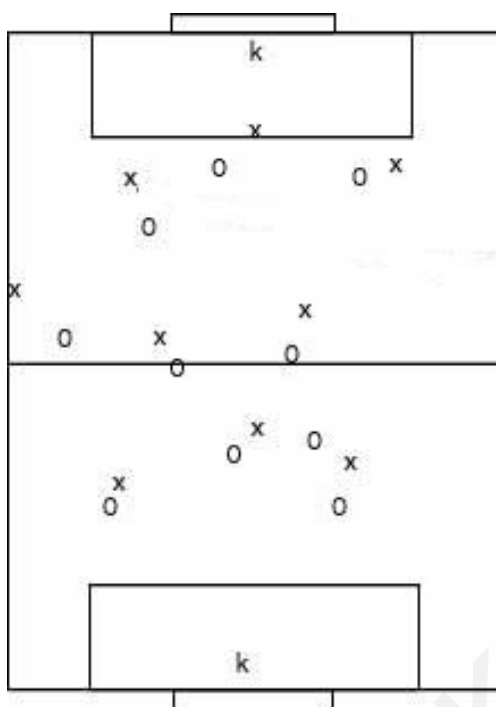
Πίνακας 29

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 6β

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST6β – PRE6β	Negative Ranks POST6β < PRE6β	4	2,5	10,00
	Positive Ranks POST6β > PRE6β	0	0,00	0,00
	Ties POST6β = PRE6β	14		
	Total	21		
POST6β – PRE6β - Test Statistics(b)				
Z	-2,00		a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,04		b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,31			

5.1.1.7. Διαγνωστικό Δοκίμιο 7: Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο και Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Ποδοσφαιρικός Αγώνας

Το διαγνωστικό δοκίμιο 7 (Παράρτημα 8) αφορά στη σύγκριση ενός μοντέλου με το σύστημα που αυτό αναπαριστά (ποδοσφαιρικός αγώνας). Συγκεκριμένα, παρέχεται στους ΠΕ ένα σκίτσο (Διάγραμμα 35), το οποίο σχεδιάστηκε από κάποια μαθήτρια που παρακολούθησε έναν ποδοσφαιρικό αγώνα, με σκοπό να εξηγήσει πώς εξελίσσεται ένας ποδοσφαιρικός αγώνας. Ακολούθως, οι ΠΕ καλούνται να αξιολογήσουν αν το διάγραμμα είναι ολοκληρωμένο και να εξηγήσουν το συλλογισμό τους. Καλούνται επίσης να γράψουν ποιες πληροφορίες ή πτυχές του φαινομένου λείπουν από αυτό.



Διάγραμμα 35. Σχεδιαστικό Μοντέλο για την Εξέλιξη ενός Ποδοσφαιρικού Αγώνα (Διαγνωστικό Δοκίμιο 7)

Τυπική Ορθή Απάντηση

Το σχέδιο της Άννας δεν είναι ολοκληρωμένο. Δεν έχει εντοπίσει και τοποθετήσει στο σχέδιό της επαρκώς βασικά στοιχεία ενός μοντέλου. Για παράδειγμα, αν συγκρίνει το σχέδιό της με το πραγματικό φαινόμενο θα καταλάβει ότι απουσιάζουν από αυτό βασικά αντικείμενα (π.χ. μπάλα, διαιτητές κτλ), διαδικασίες (κίνηση παικτών, κίνηση μπάλας κτλ), μεταβλητές (π.χ. ταχύτητα παίκτη, θέση μπάλας, θέση παίκτη, κτλ) και αλληλεπιδράσεις (ποιος μαρκάρει ποιον, πάσες κτλ).

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που φαίνονται στον Πίνακα 30 δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη πόσα από τα βασικά στοιχεία ενός μοντέλου εντόπισαν οι ΠΕ ότι χρειάζονται βελτίωση στο δεδομένο μοντέλο. Τα στοιχεία ενός μοντέλου μπορεί να είναι: (1) αντικείμενα (π.χ. ποδοσφαιριστές, διαιτητής, μπάλα, προπονητές) (2) μεταβλητές (π.χ. ταχύτητα, θέση, κόπωση ποδοσφαιριστών κτλ), (3) διαδικασίες που καθοδηγούν τη λειτουργία των μερών του μοντέλου (π.χ. κίνηση παικτών, κίνηση μπάλας, εξέλιξη αγώνα) ή (4) αλληλεπιδράσεις. Οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι 6 τύπων: (i) αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταβλητών του μοντέλου (π.χ. η θέση που βρίσκεται ένας ποδοσφαιριστής στο γήπεδο επηρεάζεται από το πού ακριβώς βρίσκεται η μπάλα), (ii) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων του μοντέλου (π.χ. οι ποδοσφαιριστές κτυπούν την μπάλα), (iii) αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. το σύστημα παιχνιδιού μιας

ομάδας επηρεάζει την εξέλιξη του αγώνα), (iv) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων και μεταβλητών του μοντέλου (π.χ. ο προπονητής μιας ομάδας καθορίζει τη θέση που παίζει κάποιος ποδοσφαιριστής), (v) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων και διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. ο διαιτητής μπορεί να αποβάλει ένα ποδοσφαιριστή), (vi) αλληλεπιδράσεις μεταξύ μεταβλητών και διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. το σύστημα του παιχνιδιού επηρεάζει την κόπωση κάποιου παίκτη).

Είναι πιθανόν οι εισηγήσεις των ΠΕ να είναι πλούσιες ή φτωχές σε σχέση με ένα ή περισσότερα από τα στοιχεία που εντόπισαν ότι χρήζουν βελτίωσης. Μπορεί ακόμα να μην αναφέρονται σε κάποιο ή κάποια από τα στοιχεία αυτά. Για παράδειγμα, η κατηγορία 2: «Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με όλα τα κύρια στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις). Η βελτίωση για ένα από τα τέσσερα στοιχεία του μοντέλου δεν είναι επαρκής.» μπορεί να περιλαμβάνει υποκατηγορίες που να αφορούν σε απαντήσεις των ΠΕ όπου αναφέρεται ικανοποιητικός αριθμός αντικειμένων, μεταβλητών και διαδικασιών για βελτίωση, αλλά ελάχιστες βελτιώσεις σε σχέση με τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Μπορεί ταυτόχρονα να αφορά σε απαντήσεις που περιλαμβάνουν επαρκείς βελτιώσεις σε σχέση με μεταβλητές, αλληλεπιδράσεις και διαδικασίες αλλά όχι με αντικείμενα κτλ. Με βάση αυτή τη λογική διαμορφώθηκαν οι κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 30.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι έξι ΠΕ μετά από την παρέμβαση υιοθέτησαν την επιστημονικά ορθή προσέγγιση σε σχέση με τη σύγκριση ενός μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο καθώς και για την εισήγηση τρόπων βελτίωσής του, ενώ πριν από την παρέμβαση κανένας δεν το έκανε αυτό. Επιπλέον, ενώ πριν από την παρέμβαση πέραν του 70% των ΠΕ έδινε απαντήσεις που εντάσσονταν στις τρεις τελευταίες κατηγορίες απαντήσεων, μετά από την παρέμβαση, αυτό το ποσοστό μειώνεται στο 43%.

Πίνακας 30

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 7: Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο και Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Ποδοσφαιρικός Αγώνας

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με όλα τα κύρια στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, μεταβλητές και διαδικασίες, και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου).				
<i>Όχι δεν είναι ολοκληρωμένο. Καταρχήν λείπει το στοιχείο της μπάλας. Επίσης, δεν υπάρχει αλληλεπίδραση ανάμεσα στα στοιχεία, γιατί είναι κάτι το στατικό. Ακόμα δεν υπάρχουν μεταβλητές όπως είναι η κόπωση των παικτών, η κατεύθυνση κίνησής τους κτλ. Τέλος δεν υπάρχει ουσιαστικά μία διαδικασία άρα δε φαίνεται να παίζεται κάποιο παιχνίδι. (Μεταπειραματικό 7, ΠΕ 19)</i>	0	0,0	6	28,6

Πίνακας 30

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 7: Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο και Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Ποδοσφαιρικός Αγώνας

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
II. Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με όλα τα κύρια στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις). Η βελτίωση για ένα από τα τέσσερα στοιχεία του μοντέλου δεν είναι επαρκής.				
<i>Το σχέδιο της Άννας δεν είναι εντελώς ολοκληρωμένο, γιατί λείπουν κάποια βασικά στοιχεία. Θα μπορούσε να προσδιορίσει ποια είναι η εστία κάθε ομάδας, ποιοι παίκτες είναι επιθετικοί και ποιοι αμυντικοί σε κάθε ομάδα. Επίσης από τη μια ομάδα λείπει ένας παίκτης και θα έπρεπε να δικαιολογήσει γιατί συμβαίνει αυτό. Κάτι άλλο που θα μπορούσε να συμπληρώσει είναι το προς τα πού κινούνται οι παίκτες και με ποιο τρόπο καθώς και που βρίσκεται η μπάλα (Μεταπειραματικό 7, ΠΕ 19)</i>	0	0,0	2	9,52
III. Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με τρία από τα τέσσερα στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις).				
<i>Η Άννα έχει τοποθετήσει τα αντικείμενα στο σχέδιό της, αλλά δε δείχνει με ποιο τρόπο αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και ποιες διαδικασίες εξελίσσονται κατά τη διάρκεια του αγώνα. Βέβαια για να το πετύχει αυτό ίσως να χρειαζόταν να δημιουργήσει περισσότερα από ένα διαγράμματα. (Μεταπειραματικό 7, ΠΕ 13)</i>	6	28,6	4	19,1
IV. Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με δύο από τα τέσσερα στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις).				
<i>Καταρχήν στην Χ ομάδα δεν έβαλε 11 παίκτες, αλλά 10. Ακόμα, δεν οριοθετεί σε ποια από τις δύο πόρτες σκοράρει η κάθε ομάδα. Το σχέδιο είναι ελλιπές ακόμα γιατί δε συμμετέχουν οι διαιτητές. Το πιο κύριο στοιχείο που απουσιάζει είναι η κίνηση των παικτών που θα μπορούσε να σχεδιαστεί με βελάκια. (Προπειραματικό 7, ΠΕ 16)</i>	12	57,1	4	19,1
V. Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με ένα από τα τέσσερα στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, μεταβλητές διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις).				
<i>Το σχέδιο της Άννας δεν είναι ολοκληρωμένο. Λείπει ένας παίκτης από τους Χ, λείπει επίσης ο κύκλος από τη μέση του γηπέδου, καθώς και η μικρή περιοχή μπροστά από τις γραμμές των τερμάτων. Επιπρόσθετα, οι δύο τερματοφύλακες συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα, που δεν είναι ούτε Χ ούτε Ο, άρα δε φαίνεται να ανήκουν στις δύο ομάδες, ο καθένας σε μία. (Προπειραματικό 7, ΠΕ 20)</i>	2	9,52	5	23,8
VI. Άλλη απάντηση.				
<i>Πιστεύω ότι το σχέδιο που έχει φτιάξει η Άννα δεν είναι ολοκληρωμένο και συγκεκριμένα δεν παρουσιάζει και δεν εξηγεί πώς εξελίσσεται ένας ποδοσφαιρικός αγώνας. Η Άννα απλώς έχει παρουσιάσει μία σκηνή του αγώνα που έχει αποτυπωθεί στο μυαλό της, έχοντας υπόψη της ότι οι ποδοσφαιριστές βρίσκονται σκορπισμένοι στο γήπεδο. Έχει φτιάξει μια στατική εικόνα η οποία δε δείχνει καμιά εξέλιξη του αγώνα, όπως γίνεται στην πραγματικότητα. Παρόλα αυτά, η Άννα φαίνεται να έχει αντιληφθεί την εικόνα που υπάρχει στο γήπεδο ενός ποδοσφαιρικού αγώνα. (Προπειραματικό 7, ΠΕ 18)</i>	1	4,76	0	0,0

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 7, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 31 ($Z=-2,64$, $p<0,01$, $r=-0,41$).

Πίνακας 31

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 7

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST7 – PRE7	Negative Ranks POST7 < PRE7	12	8,83	106,0
	Positive Ranks POST7 > PRE7	3	4,67	14,0
	Ties POST7 = PRE7	6		
	Total	21		
POST7 – PRE7 - Test Statistics(b)				
Z	-2,64		a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,00		b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,41			

5.1.1.8. Διαγνωστικό Δοκίμιο 8: Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο και Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Η λειτουργία του ποδηλάτου

Το διαγνωστικό δοκίμιο 8 (Παράρτημα 9) αφορά στη σύγκριση ενός μοντέλου με το σύστημα που αυτό αναπαριστά (ποδήλατο). Συγκεκριμένα, οι ΠΕ παρακολουθούν ένα βίντεο ενός ποδηλάτη σε κίνηση. Ακολούθως, δίνεται ένα μοντέλο ενός ποδηλάτου (πραγματικά υλικά) (Διάγραμμα 36), καλούνται να το αξιολογήσουν, να κρίνουν αν είναι ολοκληρωμένο και να εξηγήσουν το συλλογισμό τους. Καλούνται επίσης να γράψουν ποιες πληροφορίες ή πτυχές του φαινομένου λείπουν από αυτό.



Διάγραμμα 36. Φωτογραφία του Μοντέλου ενός Ποδηλάτου (Διαγνωστικό Δοκίμιο 8)

Τυπική Ορθή Απάντηση

Το μοντέλο δεν είναι ολοκληρωμένο. Λείπουν αντικείμενα (π.χ. αλυσίδα, πετάλια), διαδικασίες (π.χ. κίνηση ποδηλάτου, κίνηση τροχού) και αλληλεπιδράσεις (π.χ. η αλυσίδα συνδέεται με τον πίσω τροχό, η κίνηση του πίσω τροχού προκαλεί την κίνηση του ποδηλάτου). Χρειάζεται να διορθωθούν αυτά τα στοιχεία για να βελτιωθεί το μοντέλο^{xviii}.

^{xviii} Το συγκεκριμένο μοντέλο δεν περιλαμβάνει μεταβλητές, συνεπώς η επιστημονικά ορθότερη απάντηση δεν περιλαμβάνει τον εντοπισμό της βελτίωσης αυτού του στοιχείου.

Πίνακας 32

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 8: Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο και Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Η Λειτουργία του Ποδηλάτου.

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με όλα τα κύρια στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου).				
<i>Η κατασκευή δεν είναι ολοκληρωμένη γιατί δεν αναπαριστά όλες τις πτυχές του φαινομένου. Το ποδήλατο της Νίκης έχει τα χαρακτηριστικά ενός πραγματικού (σκελετός, τιμόνι, τροχοί), αλλά είναι στατικό. Δηλαδή δεν κινείται ούτε το τιμόνι, ούτε οι τροχοί. Κυρίως όμως δε δείχνει πώς λειτουργεί, δηλαδή δεν έχει πετάλια με αλυσίδα που να δίνουν κίνηση στον πίσω τροχό. (Μεταπειραματικό 8, ΠΕ 12)</i>	0	0,0	1	4,76
II. Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με όλα τα κύρια στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου). Η βελτίωση για ένα από τα τρία στοιχεία του μοντέλου δεν είναι επαρκής.				
<i>Δεν είναι ολοκληρωμένο, γιατί στην πραγματικότητα υπάρχει κίνηση στο ποδήλατο. Στην κατασκευή ούτε οι τροχοί κινούνται, αλλά ούτε υπάρχει η διαδικασία που χρειάζεται να γίνει για να κινηθεί το ποδήλατο. Πετάλια, καδένες, κτλ. (Προπειραματικό 8, ΠΕ 1)</i>	2	9,52	1	4,76
III. Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με όλα τα κύρια στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου). Η βελτίωση για δύο από τα τρία στοιχεία του μοντέλου δεν είναι επαρκής.				
<i>Δεν είναι ολοκληρωμένη, γιατί με την κατασκευή αυτή δεν μπορεί να δείξει το κυριότερο στοιχείο λειτουργίας του που είναι η κίνηση. Αφού οι τροχοί του δεν μπορούν να κινηθούν, δεν υπάρχει σύνδεση με καδένα των δύο τροχών για να φανεί ο μηχανισμός. Δεν αναπαριστά τον τρόπο λειτουργίας, αλλά μια απλή κατασκευή του ποδηλάτου. (Μεταπειραματικό, ΠΕ 18)</i>	2	9,52	3	14,29
IV. Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με όλα τα κύρια στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου) αλλά όχι με επαρκή τρόπο.				
<i>Όσον αφορά στην εμφάνιση του ποδηλάτου, η Νίκη έχει πετύχει το στόχο της. Για να είναι όμως η κατασκευή της ολοκληρωμένη έπρεπε να δείχνει με ποιο τρόπο αυτός σπρώχνει τα πετάλια, ώστε το ποδήλατο να κινείται. (Μεταπειραματικό, ΠΕ 13)</i>	2	9,52	5	23,81
V. Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με δύο από τα τρία στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου).				
<i>Δεν υπάρχουν πετάλια, δεν μπορούν οι τροχοί να κινηθούν, αφού ο πισινός δε συνδέεται με το υπόλοιπο ποδήλατο (δεν υπάρχουν ακτίνες) όταν γυρίζουν τα πετάλια (Προπειραματικό, ΠΕ 8).</i>	7	33,33	7	33,33
VI. Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με ένα από τα τρία στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου).				
<i>Απουσιάζει το κάθισμα του ποδηλάτου και δεν είμαι σίγουρη κατά πόσο το τιμόνι του είναι τοποθετημένο στη σωστή θέση. Επίσης απουσιάζουν και τα πετάλια του ποδηλάτου. (Προπειραματικό, ΠΕ 10)</i>	6	28,57	4	19,05
VII. Άλλη απάντηση.				
<i>Είναι δύσκολο να κατασκευάσεις αυτό που έκανε η Νίκη παρακολουθώντας το βίντεο για 5'' και να αναμένεις ότι θα λειτουργήσει σωστά. Για τον ίδιο λόγο (παρακολουθώντας μόνο ένα βίντεο) δεν μπορώ να γνωρίζω ποιες πτυχές απουσιάζουν (Προπειραματικό, ΠΕ 15).</i>	2	9,52	0	0,0

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που φαίνονται στον Πίνακα 32 δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη πόσα από τα βασικά στοιχεία ενός μοντέλου εντόπισαν οι ΠΕ ότι χρειάζονται βελτίωση στο δεδομένο μοντέλο. Τα στοιχεία που χρήζουν βελτίωση στο συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να είναι: αντικείμενα (π.χ. πετάλια, ακτίνες τροχού, φρένα, φανάρια), (2)

διαδικασίες που καθοδηγούν τη λειτουργία των μερών του μοντέλου (π.χ. *κίνηση τροχού, κατεύθυνση κίνησης*) ή (3) αλληλεπιδράσεις. Οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι 3 τύπων: (i) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων του μοντέλου (π.χ. *τα πετάλια ενώνονται με τον πίσω τροχό*), (ii) αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. *η κίνηση του πίσω τροχού προκαλεί την κίνηση του ποδηλάτου*), (iii) αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων και διαδικασιών του μοντέλου (π.χ. *η αλυσίδα του ποδηλάτου είναι υπεύθυνη για την κίνηση του πίσω τροχού*).

Είναι πιθανόν οι εισηγήσεις των ΠΕ να είναι πλούσιες ή φτωχές σε σχέση με ένα ή περισσότερα από τα στοιχεία που εντόπισαν ότι χρήζουν βελτίωσης. Μπορεί ακόμα να μην αναφέρονται σε κάποιο ή κάποια από τα στοιχεία αυτά. Για παράδειγμα, η κατηγορία 2: «Οι ΠΕ προτείνουν βελτίωση του μοντέλου σε σχέση με όλα τα κύρια στοιχεία που περιλαμβάνει (αντικείμενα, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου). *Η βελτίωση για ένα από τα τρία στοιχεία του μοντέλου δεν είναι επαρκής.*» μπορεί να περιλαμβάνει υποκατηγορίες που να αφορούν σε μοντέλα των ΠΕ όπου περιλαμβάνονται ικανοποιητικός αριθμός αντικειμένων και διαδικασιών, αλλά ελάχιστες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Με βάση αυτή τη λογική διαμορφώθηκαν οι κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 32.

Παρόλο που από τον Πίνακα δε φαίνεται να υπάρχει σοβαρή μετατόπιση προς τις κατηγορίες που βρίσκονται κοντά στην επιστημονικά ορθότερη απάντηση (κατηγορία 1), είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μετά από την παρέμβαση κανένας ΠΕ δε δίνει άσχετη απάντηση και ένας ΠΕ δίνει απάντηση που εντάσσεται στην πρώτη κατηγορία. Γενικά, όμως, τα ποσοστά στις υπόλοιπες κατηγορίες δε διαφοροποιούνται σημαντικά.

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 8, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, δεν είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 33 ($Z=-1,71$, $p>0,05$, $r=-0,26$).

Πίνακας 33

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 8

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST8 – PRE8	Negative Ranks POST8 < PRE8	8	5,50	44
	Positive Ranks POST8 > PRE8	2	5,50	11
	Ties POST8 = PRE8	8		
	Total	21		
POST8 – PRE8 - Test Statistics(b)				
Z	-1,71		a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,09		b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,26			

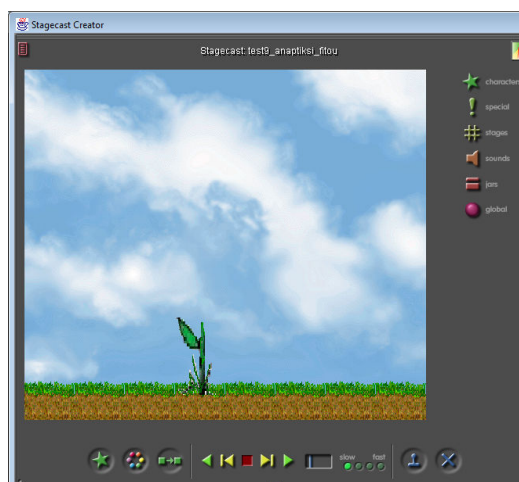
5.1.1.9. Διαγνωστικό Δοκίμιο 9: Εγκυροποίηση μοντέλου μέσα από σύγκρισή του με φαινόμενα της ίδιας κλάσης: Τροφικές σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς ενός δάσους

5.1.1.10. Διαγνωστικό Δοκίμιο 10: Εγκυροποίηση μοντέλου μέσα από σύγκρισή του με φαινόμενα της ίδιας κλάσης: Κρούσεις

Για την εξέταση της πτυχής της ικανότητας της μοντελοποίησης «Εγκυροποίηση μοντέλου μέσα από σύγκρισή του με φαινόμενα της ίδιας κλάσης» αναπτύχθηκαν δύο διαγνωστικά δοκίμια (Παράρτημα 10 και 11), ένα που αφορούσε στις τροφικές σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς ενός δάσους και ένα που αφορούσε στο φαινόμενο των κρούσεων. Οι παρατηρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια της χορήγησης των διαγνωστικών δοκιμίων, αλλά και η προσπάθεια ανάλυσης των δεδομένων που προέκυψαν από αυτά έδειξαν ότι τα δύο έργα δεν είναι πετυχημένα ως προς αυτή την πτυχή. Με άλλα λόγια δε φαίνεται να μετρούν αυτό για το οποίο σχεδιάστηκαν να μετρούν. Αυτός είναι ο λόγος που δεν παρουσιάζεται ανάλυση των δεδομένων αυτών των διαγνωστικών δοκιμίων.

5.1.1.11. Διαγνωστικό Δοκίμιο 11: Μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου: Ανάπτυξη Φυτού

Το διαγνωστικό δοκίμιο 11 (Παράρτημα 12) αφορά στην παρακολούθηση ενός μοντέλου που φτιάχτηκε από μαθήτρια στο λογισμικό SC[®] με σκοπό να παρουσιάσει την ανάπτυξη των φυτών (Διάγραμμα 37). Οι ΠΕ καλούνται να παρατηρήσουν προσεκτικά το μοντέλο και να προτείνουν στη μαθήτρια μία διαδικασία για να ακολουθήσει, ώστε να βελτιώσει το μοντέλο της.



Διάγραμμα 37. Μοντέλο στο Λογισμικό SC[®]: Η Ανάπτυξη ενός Φυτού

Τυπική Ορθή Απάντηση

Η Νεφέλη για να βελτιώσει το μοντέλο της πρέπει να συλλέξει κι άλλα δεδομένα. Αυτό μπορεί να γίνει με το να ξαναφυτέψει με τη γιαγιά της κάτι και να παρατηρήσει προσεκτικά ποιες άλλες συνθήκες και αντικείμενα λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία αυτή και με ποιο τρόπο. Ποιες σχέσεις υπάρχουν ανάμεσα σε όλα τα αντικείμενα; Θα πρέπει να αναρωτηθεί αν το μοντέλο της μπορεί να εξηγή επαρκώς παρόμοια φαινόμενα και αν όχι, θα πρέπει να αναλογιστεί όλα αυτά τα παραπάνω που πρέπει να κάνει για να το βελτιώσει. (Μεταπειραματικό 11, ΠΕ 11)

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που φαίνονται στον Πίνακα 34 δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη το αν οι ΠΕ εντόπισαν ότι κατά τη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης ενός μοντέλου χρειάζεται να γίνει (α) λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων, (β) πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο, και το ότι (γ) η διαδικασία πρέπει να είναι επαναληπτική και συνεχόμενη και περιλαμβάνει συνεχείς συγκρίσεις του μοντέλου με τα δεδομένα που λήφθηκαν από το φαινόμενο.

Από τον Πίνακα 34 φαίνεται ότι πριν από την παρέμβαση όλοι οι ΠΕ έδιναν απαντήσεις που απείχαν από την επιστημονικά ορθή προσέγγιση όσον αφορά στη διαδικασία βελτίωσης ενός μοντέλου (κατηγορίες III και IV). Μετά από την παρέμβαση όμως, πέραν του 1/3 των ΠΕ (33,4%) δίνει απάντηση που εντάσσεται στις δύο πρώτες κατηγορίες. Αξιοσημείωτη είναι η πτώση που φαίνεται να συμβαίνει στην τελευταία κατηγορία απαντήσεων. Πριν από την παρέμβαση, 76,2% των ΠΕ δεν ανέφερε τη λήψη πρόσθετων

παρατηρήσεων ως αναγκαίο συστατικό για τη βελτίωση του μοντέλου αλλά πρότεινε, με βάση προηγούμενες γνώσεις, συγκεκριμένες βελτιώσεις που έπρεπε να γίνουν στο μοντέλο. Αυτό το ποσοστό μειώνεται σε 9,5% μετά από την παρέμβαση.

Πίνακας 34				
Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 11: Οι Μεταγνωστικές Διεργασίες που Αφορούν στη Διαδικασία Ανάπτυξης και Βελτίωσης Μοντέλου: Ανάπτυξη Φυτού				
Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων και πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο. Η διαδικασία πρέπει να είναι επαναληπτική και συνεχόμενη και να περιλαμβάνει συνεχείς συγκρίσεις.				
<i>Η Νεφέλη για να βελτιώσει το μοντέλο της πρέπει να συλλέξει κι άλλα δεδομένα. Αυτό μπορεί να γίνει με το να ξαναφυτέψει με τη γιαγιά της κάτι και να παρατηρήσει προσεκτικά ποιες άλλες συνθήκες και αντικείμενα λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία αυτή και με ποιο τρόπο. Ποιες σχέσεις υπάρχουν ανάμεσα σε όλα τα αντικείμενα; Θα πρέπει να αναρωτηθεί αν το μοντέλο της μπορεί να εξηγήει επαρκώς παρόμοια φαινόμενα και αν όχι θα πρέπει να αναλογιστεί όλα αυτά τα παραπάνω που πρέπει να κάνει για να το βελτιώσει. (Μεταπειραματικό 11, ΠΕ 11)</i>	0	0,0	3	14,3
II. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων και πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο. Για τη βελτίωση του μοντέλου χρειάζεται είτε να είναι επαναληπτική η διαδικασία είτε να γίνονται συνεχείς συγκρίσεις.				
II.α. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων και πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο μέσω συνεχών συγκρίσεων.				
<i>Η Νεφέλη θα μπορούσε να φυτέψει κάτι η ίδια και να παρατηρεί πώς αναπτύσσεται. Να συγκρίνει συνέχεια το μοντέλο της με την πραγματικότητα και να βρει αποκλίσεις (π.χ. να δει γιατί αναπτύσσεται το φυτό). Δεν παρουσιάζονται καθόλου παράγοντες ανάπτυξης του φυτού (π.χ. η γιαγιά έσκαβε και δεν τα έριχνε στο χώμα;). Από πού προέρχονται οι σπόροι; Τι συμβαίνει μέσα στο λουλούδι; Μένει πάντα ανθισμένο; Επομένως πιο έντονη παρατήρηση του πραγματικού φαινομένου και συγκρίσεις με το μοντέλο (Μεταπειραματικό 11, ΠΕ 9).</i>	0	0,0	1	4,8
II.β. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων και πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο μέσω μιας συνεχούς και επαναληπτικής διαδικασίας.				
<i>Απουσιάζουν παράγοντες που επηρεάζουν την βλάστηση του φυτού και ο βαθμός στον οποίο επηρεάζει ο καθένας από αυτούς. Για να μπορέσει η Νεφέλη να περιλάβει αυτούς τους παράγοντες πρέπει πρώτα να παρατηρήσει η ίδια με πιο τρόπο επηρεάζουν την ανάπτυξη του φυτού. Συνεπώς μπορεί να βάλει φακές πάνω σε ένα βαμβάκι μέσα σε δοχεία και να παρατηρήσει εμπειρικά με ποιο τρόπο βλαστούν και πώς καθορίζουν τη βλάστηση ο αέρας, η ηλιοφάνεια και το νερό. Αυτό το πείραμα χρειάζεται να το επαναλάβει πολλές φορές. (Μεταπειραματικό 11, ΠΕ 13).</i>	0	0,0	3	14,3
III. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων και πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο.				
III.α. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων και πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο. Επιπλέον, η βελτίωση προϋποθέτει εκτέλεση πειράματος για εντοπισμό των παραγόντων που θα περιληφθούν στο μοντέλο.				
<i>Υπάρχουν πτυχές που απουσιάζουν σχετικά με το φαινόμενο. Δε φανερώνονται όλοι οι παράγοντες που είναι βασικοί για την ανάπτυξη του φυτού, ούτε καν το νερό. Επίσης δεν παρουσιάζεται η απορρόφηση ουσιών του εδάφους από το φυτό, ούτε ο ρόλος του ήλιου, του αέρα κτλ. Για βελτίωση του προγράμματος που δημιούργησε η Νεφέλη, πρέπει να παρατηρήσει ξανά την πορεία ανάπτυξης του φυτού. Σε κάθε σημείο να ψάχνει το γιατί συμβαίνει κάτι και ακόμα μπορεί και να ρωτήσει διάφορα τη γιαγιά της. (Προπειραματικό 11, ΠΕ 11)</i>	4	19,0	6	28,6
III.β. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων και πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο.				
<i>Η Νεφέλη δεν είχε αντιληφθεί ότι για να μεγαλώσει ένα φυτό χρειάζεται πότισμα, ήλιο, και (ίσως) λίπασμα. Άρα πρέπει να δει ολόκληρη τη διαδικασία, αλλά όχι απλά να την παρατηρήσει. Χρειάζεται να κάνει πειράματα ελέγχοντας μεταβλητές, έτσι ώστε να είναι βέβαιη ποια στοιχεία επηρεάζουν την ανάπτυξη ενός φυτού. (Προπειραματικό 11, ΠΕ 20)</i>	1	4,8	6	28,6

Πίνακας 34

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 11: Οι Μεταγνωστικές Διεργασίες που Αφορούν στη Διαδικασία Ανάπτυξης και Βελτίωσης Μοντέλου: Ανάπτυξη Φυτού

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
IV. Η βελτίωση δεν προϋποθέτει λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων. Προτείνεται βελτίωση με βάση προηγούμενες γνώσεις				
<i>Το μοντέλο της Νεφέλης δεν είναι καλό. Αρχικά τα σπόρια δεν τοποθετήθηκαν κάτω από το έδαφος. Αγνοεί εντελώς τους παράγοντες που αναπτύσσουν ένα φυτό. Αρχικά το νερό για να μπει στο στόμιο του σπόρου να βγάλει ρίζες, μετά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης παρόλο που έχει φως. Αγνοεί και την αναπνοή. Κίνηση αερίων. $CO_2 \rightarrow O_2$. Παραγωγή γλυκόζης. δε δείχνει ρίζες (Προπειραματικό 11, ΠΕ 9)</i>	16	76,2	2	9,5

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 11, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 35 ($Z=-3,50$, $p<0,01$, $r=-0,54$).

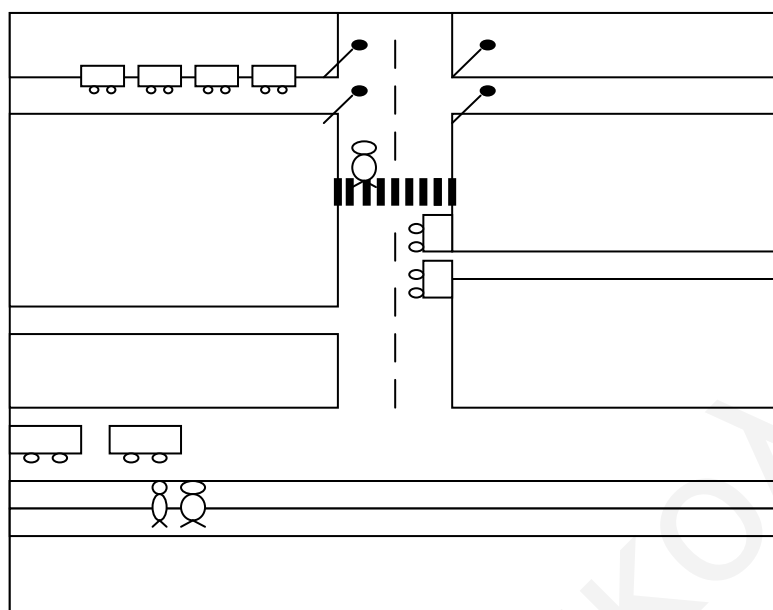
Πίνακας 35

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 11

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST11 1 – PRE11	Negative Ranks POST11 < PRE11	15	8	120
	Positive Ranks POST11 > PRE11	0	0	0
	Ties POST11 = PRE11	6		
	Total	21		
POST11 – PRE11 - Test Statistics(b)				
Z		-3,50	a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,00	b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)		-0,54		

5.1.1.12. Διαγνωστικό Δοκίμιο 12: Οι μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου: Κυκλοφοριακό Σύστημα

Το διαγνωστικό δοκίμιο 12 (Παράρτημα 13) αφορά στην ικανότητα των ΠΕ να αναστοχάζονται σε σχέση με τη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου. Συγκεκριμένα ζητήθηκε από τους ΠΕ να μελετήσουν το σχεδιαστικό μοντέλο που έφτιαξε ένας μαθητής (Διάγραμμα 38), ο οποίος παρατήρησε για μερικά λεπτά την κίνηση των αυτοκινήτων στη γειτονιά του. Ακολούθως, κλήθηκαν να αναφέρουν τη διαδικασία που χρειάζεται να κάνει ο μαθητής αυτός για να βελτιώσει το μοντέλο του.



Διάγραμμα 38. Σχεδιαστικό Μοντέλο: Το Κυκλοφοριακό Σύστημα μιας Γειτονιάς

Τυπική Ορθή Απάντηση

Ο μαθητής πρέπει να προβεί σε διάφορες παρατηρήσεις σχετικά με το φαινόμενο, έτσι ώστε να εντοπίσει και άλλες πτυχές του και να τις εντάξει στο μοντέλο του. Αυτό θα πρέπει να συνεχίσει να το κάνει μέχρι το μοντέλο να αναπαριστά όσο το δυνατόν περισσότερο την πραγματικότητα και να περιλαμβάνει και στοιχεία τόσο της εξήγησης όσο και της πρόβλεψης. (Μεταπειραματικό, ΠΕ Ι)

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που φαίνονται στον Πίνακα 36 δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη το αν οι ΠΕ εντόπισαν ότι κατά τη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης ενός μοντέλου χρειάζεται να γίνει (α) λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων, (β) πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο, και το ότι (γ) η διαδικασία πρέπει αν είναι επαναληπτική και συνεχόμενη και περιλαμβάνει συνεχείς συγκρίσεις του μοντέλου με τα δεδομένα που λήφθηκαν από το φαινόμενο.

Από τον Πίνακα 36 φαίνεται ότι πριν από την παρέμβαση 85.7% των ΠΕ έδινε απαντήσεις που απείχαν από την επιστημονικά ορθή προσέγγιση όσον αφορά στη διαδικασία βελτίωσης ενός μοντέλου (κατηγορίες IV και V). Μετά από την παρέμβαση όμως, περίπου 80% των ΠΕ δίνει απάντηση που εντάσσεται στις τρεις πρώτες κατηγορίες. Αξιοσημείωτη είναι η πτώση που φαίνεται να συμβαίνει στην τελευταία κατηγορία απαντήσεων. Πριν από την παρέμβαση, 66,7% των ΠΕ δεν ανέφερε τη λήψη πρόσθετων παρατηρήσεων ως

αναγκαίο συστατικό για τη βελτίωση του μοντέλου, αλλά πρότείνει με βάση προηγούμενες γνώσεις συγκεκριμένες βελτιώσεις που έπρεπε να γίνουν στο μοντέλο. Αυτό το ποσοστό μειώνεται σε 19% μετά από την παρέμβαση.

Πίνακας 36

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 12: Οι Μεταγνωστικές Διεργασίες που Αφορούν στη Διαδικασία Ανάπτυξης και Βελτίωσης Μοντέλου: Κυκλοφοριακό Σύστημα

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων και πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο. Η διαδικασία πρέπει να είναι επαναληπτική και συνεχόμενη και να περιλαμβάνει συνεχείς συγκρίσεις.				
Θα πρέπει να προβεί σε διάφορες παρατηρήσεις σχετικά με το φαινόμενο, έτσι ώστε να εντοπίσει και άλλες πτυχές του και να τις εντάξει στο μοντέλο του. Αυτό θα πρέπει να συνεχίσει να το κάνει μέχρι το μοντέλο να αναπαριστά όσο το δυνατόν περισσότερο την πραγματικότητα και να περιλαμβάνει και στοιχεία τόσο της εξήγησης όσο και της πρόβλεψης. (Μεταπειραματικό 12, ΠΕ 1)	0	0,0	4	19,0
II. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων και πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο. Για τη βελτίωση του μοντέλου χρειάζεται είτε να είναι επαναληπτική η διαδικασία είτε να γίνονται συνεχείς συγκρίσεις.				
II.α. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων και πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο μέσω συνεχών συγκρίσεων.				
Αρχικά να κάνει προβλέψεις με βάση τα στοιχεία που υπάρχουν στο σχέδιο και να προβληματιστεί αν η συμπεριφορά τους με βάση τις προβλέψεις που έκανε συνάδει με την πραγματικότητα. Διαφορετικά θα ξαναπροβεί σε παρατηρήσεις, εστιάζοντας κάθε φορά σε μια πτυχή του φαινομένου. Για παράδειγμα, στην αρχή να εστιάσει στη συμπεριφορά των αυτοκινήτων, των ανθρώπων και στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους και να προβεί σε βελτίωση. Στη συνέχεια να συγκρίνει τα μεγέθη των ανθρώπων και των αυτοκινήτων και να προβεί σε βελτίωση. (Μεταπειραματικό 12, ΠΕ 7)	1	4,8	2	9,5
III. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων και πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο.				
Ο Κώστας πρέπει να παρατηρήσει ξανά το δρόμο και πώς κινούνται τα αυτοκίνητα, για να ελέγξει αν τοποθέτησε τα αυτοκίνητα που είχε πριν στην κατάλληλη λωρίδα και άλλες πληροφορίες, όπως πώς κινούνται τα αυτοκίνητα. (Προπειραματικό 12, ΠΕ 4)	5	23,8	11	52,4
IV. Λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων σε συνδυασμό με προηγούμενες γνώσεις που έχουν για το μοντέλο.				
Να παρακολουθήσει ξανά την κίνηση των αυτοκινήτων και τη διαρρύθμιση των δρόμων. Λείπουν οι λωρίδες σχεδόν σε όλους τους δρόμους. Δε φαίνεται προς τα πού κινούνται τα αυτοκίνητα, άρα ούτε ξέρουμε σε ποια πλευρά πρέπει να βρίσκονται τα αυτοκίνητα. Δεν υπάρχουν φώτα τροχαίας και ο κώδικας κυκλοφορίας (σήματα για σταμάτημα, όριο ταχύτητας). (Προπειραματικό 12, ΠΕ 1)	4	19,0	0	0,0
V. Η βελτίωση δεν προϋποθέτει λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων. Προτείνεται βελτίωση με βάση προηγούμενες γνώσεις.				
Για να το βελτιώσει μπορεί να κάνει υπόμνημα και να εξηγεί το κάθε αντικείμενο. Επίσης να δείξει την κίνηση των αυτοκινήτων και των ανθρώπων. Επιπλέον, μπορεί σε ξεχωριστό χώρο να φαίνονται οι κινήσεις των αντικειμένων για κάποιες προϋποθέσεις π.χ. κανόνες (Προπειραματικό 12, ΠΕ 14)	11	66,7	4	19,0

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 12, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 37 ($Z=-2,92$ $p<0,05$, $r=-0,45$).

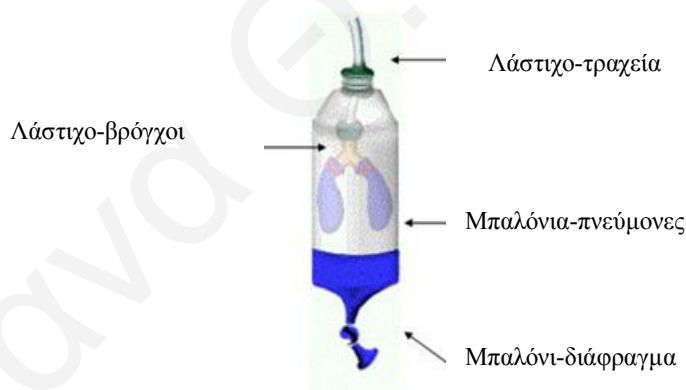
Πίνακας 37

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 12

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST1 2 – PRE12	Negative Ranks POST12 < PRE12	11	6,91	76
	Positive Ranks POST12 > PRE12	1	2	2
	Ties POST12 = PRE12	9		
	Total	21		
POST12 – PRE12 - Test Statistics(b)				
Z		2,92	a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,03	b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)		0,45		

5.1.1.13. Διαγνωστικό Δοκίμιο 13: Επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση: Αναπνευστικό Σύστημα

Το διαγνωστικό δοκίμιο 13 (Παράρτημα 14) αφορά στην αναπαράσταση ενός φαινομένου με τη χρήση μοντέλου και στον εντοπισμό των λόγων για τους οποίους αυτό είναι χρήσιμο να γίνεται. Οι ΠΕ περιεργάστηκαν το μοντέλο που φαίνεται στο Διάγραμμα 39 και κλήθηκαν να απαντήσουν και να παρέχουν εξήγηση για το αν είναι χρήσιμο να φτιάχνονται τέτοιας μορφής κατασκευές.



Διάγραμμα 39. Μοντέλο του Αναπνευστικού Συστήματος

Τυπική Ορθή Απάντηση

Τέτοιες κατασκευές βοηθούν στο να παρατηρήσουμε πιο άμεσα τα αντικείμενα ενός φαινομένου. Φτιάχνοντας ο ίδιος τα αντικείμενα και τοποθετώντας τα στις κατασκευές αυτές εστιάζεις περισσότερο σε αυτά και στις σχέσεις τους. Επιπλέον, αποτελούν μια τρισδιάστατη αναπαράσταση, η οποία δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα και αυτό είναι πιο αποτελεσματικό για παιδιά μικρών τάξεων, ώστε να κατανοήσουν καλύτερα το φαινόμενο. Μπορείς να αλληλεπιδράσεις άμεσα με την κατασκευή αυτή, κάνοντας υποθέσεις, πειράματα, αλλάζοντας τη θέση των αντικειμένων κτλ. (Μεταπειραματικό, ΠΕ 7)

Η ΠΕ εντόπισε μέσα από την απάντησή της τη χρήση των μοντέλων για αναπαράσταση του φαινομένου (αποτελούν μια τρισδιάστατη αναπαράσταση), κατανόηση του φαινομένου (αποτελεσματικό για παιδιά μικρών τάξεων, ώστε να κατανοήσουν καλύτερα το φαινόμενο) και εξέταση της εγκυρότητας μιας θεωρίας (Μπορείς να αλληλεπιδράσεις άμεσα με την κατασκευή αυτή, κάνοντας υποθέσεις, πειράματα, αλλάζοντας τη θέση των αντικειμένων).

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που φαίνονται στον Πίνακα 38 δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη το αν οι ΠΕ εντοπίζουν τους τρεις βασικούς σκοπούς που εξυπηρετούν τα μοντέλα: (α) βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου, (β) βοηθούν στην κατανόησή του φαινομένου (αναπαράσταση του μηχανισμού λειτουργίας του φαινομένου), και (γ) επιτρέπουν την εξέταση της εγκυρότητας μιας θεωρίας (διενέργεια προβλέψεων).

Ο Πίνακας 38 παρουσιάζει τις κατηγορίες των απαντήσεων των ΠΕ στο διαγνωστικό δοκίμιο 13. Φαίνεται ότι πριν από την παρέμβαση πέραν του 40% των ΠΕ δίνει απαντήσεις που εντάσσονται στις κατηγορίες III και IV. Οι κατηγορίες αυτές απέχουν περισσότερο από την επιστημονική προσέγγιση σε σχέση με τις υπόλοιπες, αφού οι ΠΕ είτε απλώς απαντούν ότι είναι χρήσιμο να οικοδομούνται μοντέλα, χωρίς να παρέχουν εξήγηση για το συλλογισμό τους (κατηγορία IV), είτε παρέχουν μόνο ένα από τους τρεις σκοπούς που εξυπηρετούν τα μοντέλα (π.χ. βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου (κατηγορία IIIα). Μετά από την παρέμβαση μόνο ένας ΠΕ εξακολουθεί να δίνει απάντηση που εντάσσεται σε αυτές τις κατηγορίες και οι υπόλοιποι μετατοπίζονται στις δύο πρώτες κατηγορίες, που είναι πλησιέστερες στην επιστημονική προσέγγιση.

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 13, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 39 ($Z=-2,52$, $p<0,05$, $r=0,39$).

Πίνακας 38

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 13: Επιστημολογική Επάρκεια σε σχέση με τα Μοντέλα και τη Μοντελοποίηση: Αναπνευστικό Σύστημα

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί αυτά εξυπηρετούν τρεις σκοπούς: (α) βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου, (β) βοηθούν στην κατανόησή του φαινομένου, και (γ) επιτρέπουν την εξέταση της εγκυρότητας μιας θεωρίας (διενέργεια προβλέψεων).				
Τέτοιες κατασκευές βοηθούν στο να παρατηρήσουμε πιο άμεσα τα αντικείμενα ενός φαινομένου. Φτιάχνοντας ο ίδιος τα αντικείμενα και τοποθετώντας τα στις κατασκευές αυτές εστιάζεις περισσότερο σε αυτά και στις σχέσεις τους. Επιπλέον, αποτελούν μια τρισδιάστατη αναπαράσταση, η οποία δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα και αυτό είναι πιο αποτελεσματικό για παιδιά μικρών τάξεων, ώστε να κατανοήσουν καλύτερα το φαινόμενο. Μπορείς να αλληλεπιδράσεις άμεσα με την κατασκευή αυτή, κάνοντας υποθέσεις, πειράματα, αλλάζοντας τη θέση των αντικειμένων κτλ. (Μεταπειραματικό, ΠΕ 7)	3	14,3	6	28,6
II. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί αυτά εξυπηρετούν δύο σκοπούς.				
II.α. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου και στην κατανόησή του.				
Αναπαριστούνται κάποια φαινόμενα που δεν είναι ορατά στο ανθρώπινο μάτι π.χ. λειτουργίες εσωτερικών οργάνων. Ελέγχουν οι ίδιοι οι χρήστες του μοντέλου τη ροή του αέρα και πώς αυτό επηρεάζει το φούσκωμα των πνευμόνων. Βλέπουν ότι ο αέρας καταλαμβάνει χώρο και γι' αυτό φουσκώνει το στήθος στην αναπνοή και η κοιλιά στο πάνω μέρος. Πολλά φαινόμενα είναι δύσκολο να κατανοηθούν και να γίνουν αντιληπτά. Η αναπαράσταση αυτής της μορφής βοηθά στην κατανόησή τους. (Μεταπειραματικό 13, ΠΕ 9)	7	33,3	14	66,7
II.β. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί βοηθούν στην κατανόηση ενός φαινομένου και επιτρέπουν την εξέταση της εγκυρότητας μιας θεωρίας (διενέργεια προβλέψεων).				
Είναι χρήσιμο γιατί: (α) γίνονται πιο κατανοητά τα διάφορα, (β) μπορείς να περιγράψεις την «χ» λειτουργία, (γ) είναι δυνατό να κάνεις σχετικές προβλέψεις. Όλα τα πιο πάνω σε βοηθούν να κατανοήσεις τη θεωρία στην οποία αντιστοιχεί κάθε φορά το μοντέλο και να την εφαρμόσεις σε διάφορα φαινόμενα. (Προπειραματικό 13, ΠΕ 15)	2	9,5	0	0,0
III. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί αυτά εξυπηρετούν ένα σκοπό.				
III.α. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου				
Πιστεύω πώς είναι χρήσιμο για τους εξής λόγους: (α) οι μαθητές δε μένουν απλά στη θεωρία αλλά μπορούν να δουν περίπου τι συμβαίνει έχοντας ένα τέτοιο μοντέλο, (β) επειδή είναι δύσκολο να δουν πραγματικούς πνεύμονες σε λειτουργία μπορούν να δουν το μοντέλο, (γ) είναι καλό να φτιάχνουν οι ίδιοι τέτοιες κατασκευές για να δούμε αν έχουν κατανοήσει αυτά που διδάσκονται. (Προπειραματικό 13, ΠΕ 3)	5	23,8	1	4,8
III.β. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί βοηθούν στην κατανόηση ενός φαινομένου.				
Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε τέτοιες κατασκευές γιατί οι μαθητές μπορούν να δουν πώς λειτουργεί το αναπνευστικό σύστημα και το κάθε όργανο με την εκπνοή και την εισπνοή. Μπορούν να πειραματιστούν με την κατασκευή και να δουν το αποτέλεσμα της εκπνοής και της εισπνοής. Επίσης οι μαθητές θα θυμούνται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αυτά που έμαθαν. (Προπειραματικό 13, ΠΕ 4)	3	14,3	0	0,0
IV. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα (δεν παρέχεται κάποιος από τους κύριους σκοπούς των μοντέλων).				
Ναι είναι χρήσιμο γιατί: (α) Υπάρχει κίνηση. Δηλαδή το όλο σύστημα είναι δυναμικό. Δεν είναι όπως μια φωτογραφία η οποία είναι στατική. (β) Υφίστανται αλλαγές. Δηλαδή, για παράδειγμα, αν φυσήξουμε θα δούμε τους πνεύμονες να φουσκώνουν. Δηλαδή το θέμα αιτία-αποτέλεσμα απεικονίζεται άμεσα. (γ) τα παιδιά μπορούν να πειραματιστούν ελεύθερα. Μπορούν να φυσήξουν λίγο ή περισσότερο για να δουν ότι οι πνεύμονες αλλάζουν όγκο ανάλογα με τον αέρα που αναπνέουμε. (Προπειραματικό 13, ΠΕ 19)	1	4,8	0	0,0

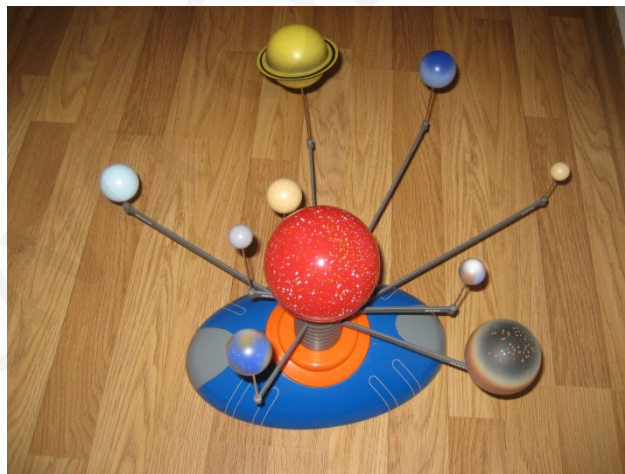
Πίνακας 39

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 13

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST13 – PRE13	Negative Ranks POST13 < PRE13	11	7,18	79
	Positive Ranks POST13 > PRE13	2	6	12
	Ties POST13 = PRE13	8		
	Total	21		
POST13 – PRE13 - Test Statistics(b)				
Z	-2,52		a Based on positive ranks. b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,01			
Effect size (r)	-0,39			

5.1.1.14. Διαγνωστικό Δοκίμιο 14: Επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση: Ηλιακό σύστημα

Το διαγνωστικό δοκίμιο 14 (Παράρτημα 15) αφορά στην αναπαράσταση ενός φαινομένου με τη χρήση μοντέλου και στον εντοπισμό των λόγων για τους οποίους αυτό είναι χρήσιμο να γίνεται. Οι ΠΕ περιεργάστηκαν το μοντέλο που φαίνεται στο Διάγραμμα 40 και κλήθηκαν να απαντήσουν και να παρέχουν εξήγηση για το αν είναι χρήσιμο να φτιάχνονται τέτοιας μορφής κατασκευές.



Διάγραμμα 40. Μοντέλο του Ηλιακού Συστήματος

Τυπική Ορθή Απάντηση

Με το μοντέλο μπορείς να παρατηρήσεις και να αναπαραστήσεις ένα φαινόμενο και συνεπώς να κατανοήσεις τη λειτουργία του και το μηχανισμό του. Με το μοντέλο που μπορεί να φτιάξει ένας μαθητής μπορούμε να διαπιστώσουμε αν έχει κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας του φαινομένου (π.χ. την ύπαρξη των πλανητών, την περιφορά τους) και να αξιολογήσουμε την κατανόησή του. Το άτομο που φτιάχνει το μοντέλο μπορεί να κάνει προβλέψεις για το τι μπορεί να συμβεί στο μέλλον. (Μεταπειραματικό, ΠΕ 18)

Η ΠΕ εντόπισε μέσα από την απάντησή της τη χρήση των μοντέλων για αναπαράσταση του φαινομένου (Με το μοντέλο μπορείς να παρατηρήσεις και να αναπαραστήσεις ένα φαινόμενο), κατανόηση του φαινομένου (Με το μοντέλο που μπορεί να φτιάξει ένας μαθητής μπορούμε να διαπιστώσουμε αν έχει κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας του) και εξέταση της εγκυρότητας μιας θεωρίας (Το άτομο που φτιάχνει το μοντέλο μπορεί να κάνει προβλέψεις για το τι μπορεί να συμβεί στο μέλλον).

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ

Οι κατηγορίες της ΦΑ που φαίνονται στον Πίνακα 40 δημιουργήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη το αν οι ΠΕ εντοπίζουν τους τρεις βασικούς σκοπούς που εξυπηρετούν τα μοντέλα: (α) βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου, (β) βοηθούν στην κατανόησή του φαινομένου (αναπαράσταση του μηχανισμού λειτουργίας του φαινομένου), και (γ) επιτρέπουν την εξέταση της εγκυρότητας μιας θεωρίας (διενέργεια προβλέψεων).

Ο Πίνακας 40 παρουσιάζει τις κατηγορίες των απαντήσεων των ΠΕ στο διαγνωστικό δοκίμιο 14. Φαίνεται ότι πριν από την παρέμβαση πέραν του 60% των ΠΕ δίνουν απαντήσεις που εντάσσονται στις κατηγορίες III και IV. Οι κατηγορίες αυτές απέχουν περισσότερο από την επιστημονική προσέγγιση σε σχέση με τις υπόλοιπες, αφού οι ΠΕ είτε απλώς απαντούν ότι είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα χωρίς να παρέχουν εξήγηση για το συλλογισμό τους (κατηγορία IV), είτε παρέχουν μόνο έναν από τους τρεις σκοπούς που εξυπηρετούν τα μοντέλα (π.χ. βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου-κατηγορία IIIα). Μετά από την παρέμβαση όλοι οι ΠΕ δίνουν απάντηση που εντάσσεται στις δύο πρώτες κατηγορίες, που είναι πλησιέστερες στην επιστημονική προσέγγιση.

Πίνακας 40

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 14: Επιστημολογική Επάρκεια σε σχέση με τα Μοντέλα και τη Μοντελοποίηση: Ηλιακό Σύστημα

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
I. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί εξυπηρετούν τρεις βασικούς σκοπούς: (α) βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου, (β) βοηθούν στην κατανόησή του, και (γ) επιτρέπουν την εξέταση της εγκυρότητας μιας θεωρίας (διενέργεια προβλέψεων).				
Με το μοντέλο μπορείς να παρατηρήσεις και να αναπαραστήσεις ένα φαινόμενο και συνεπώς να κατανοήσεις τη λειτουργία του και το μηχανισμό του. Με το μοντέλο που μπορεί να φτιάξει ένας μαθητής μπορούμε να διαπιστώσουμε αν έχει κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας του φαινομένου (π.χ. την ύπαρξη των πλανητών, την περιφορά τους) και να αξιολογήσουμε την κατανόησή του. Το άτομο που φτιάχνει το μοντέλο μπορεί να κάνει προβλέψεις για το τι μπορεί να συμβεί στο μέλλον. (Μεταπειραματικό 14, ΠΕ 18)	1	4,8	5	23,8

Πίνακας 40

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 14: Επιστημολογική Επάρκεια σε σχέση με τα Μοντέλα και τη Μοντελοποίηση: Ηλιακό Σύστημα

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
II. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί εξυπηρετούν δύο βασικούς σκοπούς.				
II.α. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου και στην κατανόησή του. <i>Ναι είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί: (α) υπάρχει η δυνατότητα να κινήσω τους διάφορους πλανήτες, ώστε να κατανοήσω τι κινείται και τι όχι (π.χ. ο ήλιος δεν κινείται γύρω από τους πλανήτες, αλλά οι πλανήτες γύρω από αυτόν), (β) μπορούμε να αντιληφθούμε τον κύριο μηχανισμό βάσει του οποίου λειτουργεί το σύστημα (ηλιοκεντρικό), (γ) λόγω του ότι είναι τρισδιάστατο μπορούμε να δούμε τις σχετικές θέσεις ανάμεσα στους ίδιους του πλανήτες, ανάμεσα στους πλανήτες και τον ήλιο αλλά και να υπολογίσουμε τις αποστάσεις μεταξύ τους κάθε φορά. (Μεταπειραματικό 14, ΠΕ 19)</i>	6	28,6	16	76,2
II.β. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα, γιατί βοηθούν στην κατανόηση ενός φαινομένου και επιτρέπουν την εξέταση της εγκυρότητας μιας θεωρίας (διενέργεια προβλέψεων). <i>Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε τέτοιες κατασκευές, γιατί παρουσιάζουμε το πώς λειτουργεί το ηλιακό σύστημα, έτσι που αυτός που το παρατηρεί να μπορεί να έρθει άμεσα σε επαφή μαζί του, να πειραματιστεί, να τονίσει υποθέσεις και προβλέψεις κατανοώντας το καλύτερα (Προπειραματικό 14, ΠΕ 12).</i>	1	4,8	0	0,0
III. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί εξυπηρετούν ένα βασικό σκοπό.				
III.α. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί βοηθούν στην αναπαράσταση ενός φαινομένου <i>Είναι χρήσιμο γιατί: (α) είναι μια αναπαράσταση που δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε όπως υπάρχει φυσικά, (β) γιατί μπορούμε να πειραματιστούμε με αυτή ενώ με το πραγματικό ηλιακό σύστημα όχι! (Προπειραματικό 14, ΠΕ 6)</i>	6	28,6	0	0,0
III.β. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα γιατί βοηθούν στην κατανόηση ενός φαινομένου. <i>Σίγουρα είναι χρήσιμο και απαραίτητο θα έλεγα. Τα παιδιά δυσκολεύονται να καταλάβουν και να φανταστούν πράγματα που δε βλέπουν. Έτσι με την κατασκευή αυτή καταλαβαίνουν (1) τον τρόπο που είναι τοποθετημένοι οι πλανήτες, (2) πώς γυρίζει ένας πλανήτης γύρω από τον ήλιο με τη δική του ταχύτητα, (3) τον τρόπο που δημιουργούνται οι εποχές (Προπειραματικό 14, ΠΕ 16).</i>	6	28,6	0	0,0
IV. Είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε μοντέλα.				
<i>Ναι είναι χρήσιμο γιατί: (α) δείχνει με ένα δυναμικό τρόπο διάφορα πράγματα, (β) είναι απλό και εύχρηστο-κατάλληλο για μαθητές δημοτικού, (γ) οι μαθητές όταν πειραματιστούν πάνω του μπορούν να δουν με ένα ξεκάθαρο τρόπο αυτό στο οποίο στοχεύει ο δάσκαλος. Στατικές απεικονίσεις (π.χ. εικόνες) δεν είναι ορθό να χρησιμοποιούνται για τέτοιου είδους μαθήματα. (Προπειραματικό 14, ΠΕ 19)</i>	1	4,8	0	0,0

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στο διαγνωστικό δοκίμιο 14, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 41 ($Z=-3,70$, $p<0,01$, $r=0,57$).

Πίνακας 41

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 14

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST1 4 – PRE14	Negative Ranks POST14 < PRE14	16	8,5	136
	Positive Ranks POST14 > PRE14	0	0	0
	Ties POST14 = PRE14	5		
	Total	21		
POST14 – PRE14 - Test Statistics(b)				
Z	-3,70		a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,00		b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,57			

Σύνοψη αποτελεσμάτων: Διαγνωστικά Δοκίμια για την Ικανότητα της Μοντελοποίησης

Ο πίνακας 42 παρουσιάζει τα συνοπτικά αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τα διαγνωστικά δοκίμια που εξέταζαν την ικανότητα της μοντελοποίησης. Από τον πίνακα φαίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην επίδοση των ΠΕ πριν από την παρέμβαση σε σύγκριση με την επίδοσή τους μετά από την παρέμβαση σε όλες τις πτυχές της ικανότητας της μοντελοποίησης (α. Δεξιότητες ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου, β. Μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου, και γ. Επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση). Πιο συγκεκριμένα, μόνο στο ένα από τα δύο διαγνωστικά δοκίμια που εξέταζαν τη δεξιότητα «Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του» (διαγνωστικό δοκίμιο 8) οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Αυτό το δοκίμιο αφορούσε στη λειτουργία του ποδηλάτου. Επιπλέον, για το ένα από τα δύο διαγνωστικά δοκίμια που εξέταζαν τη δεξιότητα «Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων» το ένα από τα δύο ερωτήματα (Ερώτημα α: Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου) οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Αυτό το δοκίμιο αφορούσε στον τρόπο λειτουργίας του αγκώνα.

Πίνακας 42

Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων (στατιστικό κριτήριο Wilcoxon) για τα Διαγνωστικά Δοκίμια Αξιολόγησης της Μοντελοποίησης.

	Z	Sig.	R
α. Δεξιότητες ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου			
Διαγνωστικό Δοκίμιο 1: Κατασκευή Μοντέλου: Θαλάσσιο Οικοσύστημα	-2,53	0,01	-0,39
Διαγνωστικό Δοκίμιο 2: Κατασκευή Μοντέλου: Ο μηχανισμός της όσφρησης	2,12	0,03	-0,33
Διαγνωστικό Δοκίμιο 3: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Θαλάσσιο Οικοσύστημα	2,98	0,00	-0,46
Διαγνωστικό Δοκίμιο 4: Εξαγωγή Πληροφοριών από Μοντέλο: Διάθλαση του φωτός	-2,56	0,01	-0,39
Διαγνωστικό Δοκίμιο 5: Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Πώς Λειτουργεί μια Μυρμηγκοφωλιά			
-Ερώτημα α: Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου	-2,21	0,03	-0,34
-Ερώτημα β: Επιλογή του λιγότερο κατάλληλου μοντέλου	-3,70	0,00	-0,57
Διαγνωστικό Δοκίμιο 6: Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Η Κίνηση του Αγκώνα			
-Ερώτημα α: Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου	-1,39	0,17	-0,21
-Ερώτημα β: Επιλογή του λιγότερο κατάλληλου μοντέλου	-2,00	0,04	-0,31
Διαγνωστικό Δοκίμιο 7: Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Ποδοσφαιρικός Αγώνας	-2,64	0,00	-0,41
Διαγνωστικό Δοκίμιο 8: Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Η λειτουργία του ποδηλάτου	-1,71	0,09	-0,26
Διαγνωστικό Δοκίμιο 9: Εγκυροποίηση μοντέλου μέσα από σύγκρισή του με φαινόμενα της ίδιας κλάσης: Τροφικές σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς ενός δάσους	-	-	-
Διαγνωστικό Δοκίμιο 10: Εγκυροποίηση μοντέλου μέσα από σύγκρισή του με φαινόμενα της ίδιας κλάσης: Κρούσεις	-	-	-
β. Μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου			
Διαγνωστικό Δοκίμιο 11: Οι μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου: Ανάπτυξη Φυτού	-3,50	0,00	-0,54
Διαγνωστικό Δοκίμιο 12: Οι μεταγνωστικές διεργασίες που αφορούν στη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου: Κυκλοφοριακό Σύστημα	2,92	0,03	-0,45
γ. Επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση			
Διαγνωστικό Δοκίμιο 13: Επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση: Αναπνευστικό Σύστημα	-2,52	0,01	-0,39
Διαγνωστικό Δοκίμιο 14: Επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση: Ηλιακό σύστημα	-3,70	0,00	-0,57

5.1.2. Διαγνωστικό Δοκίμιο για την κατανόηση των Φάσεων της Σελήνης

Παρακάτω παρουσιάζεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από το διαγνωστικό δοκίμιο για την κατανόηση των Φάσεων της Σελήνης.

5.1.2.1. Διαγνωστικό Δοκίμιο 15: Φάσεις της Σελήνης

Το διαγνωστικό δοκίμιο 15 (Παράρτημα 16) εξετάζει την κατανόηση των ΠΕ σε σχέση με το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης. Αποτελείται από τρεις ασκήσεις.

Τυπική Ορθή Απάντηση

ΑΣΚΗΣΗ 1

Συχνά ακούμε για τις Φάσεις της Σελήνης.

α. Ποια συμπεριφορά του φεγγαριού περιγράφεται από αυτό τον όρο; Πώς ερμηνεύεται , δηλαδή, αυτός ο όρος; Μπορείτε να σχεδιάσετε διάγραμμα αν σας είναι χρήσιμο.

Ο όρος «Φάσεις της Σελήνης» περιγράφεται από την αλλαγή της εμφάνισης της σελήνης στον ουρανό κάθε μέρα σε μία περίοδο 28 ημερών (ενδεικτικές φάσεις φαίνονται στα σχήματα).



Εικόνα 1

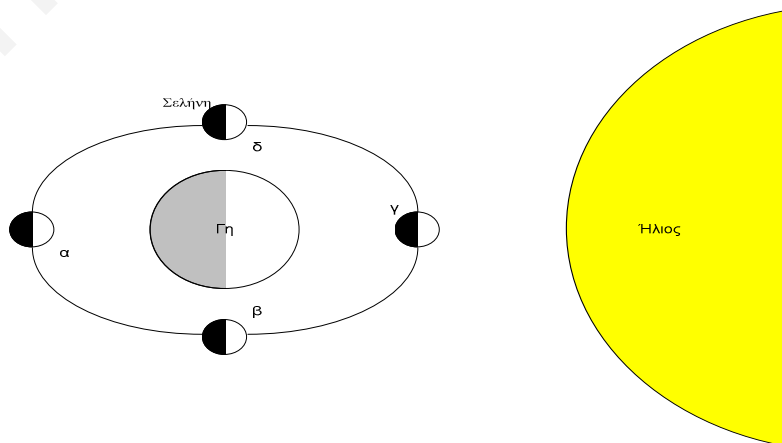
Εικόνα 2

Εικόνα 3

Εικόνα 4

Διάγραμμα 41. Οι Τέσσερις Βασικές Φάσεις της Σελήνης

β. Πώς δημιουργούνται οι Φάσεις της Σελήνης; Εξηγήστε το συλλογισμό σας. Μπορείτε να σχεδιάσετε διάγραμμα αν σας είναι χρήσιμο.

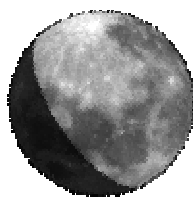


Διάγραμμα 42. Μοντέλο Εξήγησης των Φάσεων της Σελήνης

Οι Φάσεις της Σελήνης δημιουργούνται λόγω των σχετικών θέσεων της γης, του ήλιου και της σελήνης. Θεωρούμε ότι ο ήλιος είναι σταθερός, η γη είναι σταθερή σε σχέση με τον ήλιο και τη σελήνη, αλλά κινείται γύρω από τον εαυτό της. Η σελήνη περιφέρεται γύρω από τη γη. Ο ήλιος φωτίζει πάντα τη μισή σελήνη. Λόγω της περιστροφής της γης γύρω από τον εαυτό της, ένας παρατηρητής σε σταθερό σημείο στη γη μπορεί να βλέπει τη σελήνη μόνο 12 από τις 24 ώρες μιας μέρας. Όταν η σελήνη βρίσκεται στη θέση [α] ένας παρατηρητής στο βόρειο ημισφαίριο της γης δεν μπορεί να δει τη σελήνη (νέα σελήνη) (εικόνα 1). Όταν η σελήνη βρίσκεται στη θέση [β] ένας παρατηρητής στο βόρειο ημισφαίριο της γης μπορεί να δει τη σελήνη να ανατέλλει στις 12 το μεσημέρι και να δύει στις 12 τα μεσάνυχτα, σε σχήμα πρώτου τετάρτου (εικόνα 2). Όταν η σελήνη βρίσκεται στη θέση [γ] ένας παρατηρητής στο βόρειο ημισφαίριο της γης μπορεί να δει τη σελήνη να ανατέλλει στις 6 το απόγευμα και να δύει στις 6 το πρωί, σε σχήμα πανσέληνου (εικόνα 3). Όταν η σελήνη βρίσκεται στη θέση [δ] ένας παρατηρητής στο βόρειο ημισφαίριο της γης μπορεί να δει τη σελήνη να ανατέλλει στις 12 τα μεσάνυχτα και να δύει στις 12 το μεσημέρι, σε σχήμα τρίτου τετάρτου (εικόνα 4)

ΑΣΚΗΣΗ 2

Κάποιος παρατηρητής σχεδίασε το σχήμα 3 για να δείξει το σχήμα του φεγγαριού στη Λευκωσία σε μια δεδομένη στιγμή. Το διάγραμμα υποδεικνύει το σχήμα του **φωτεινού** μέρους της σελήνης που είναι ορατό. Δεν κατέγραψε καμιά άλλη πληροφορία σε σχέση με την παρατήρησή του. Ωστόσο, γνωρίζουμε ότι η διεύθυνση πάνω-κάτω στη σελίδα αντιστοιχεί με την κάθετο στη Λευκωσία και η διεύθυνση δεξιά-αριστερά αντιστοιχεί με την οριζόντιο. Να χρησιμοποιήσετε το διάγραμμα για να απαντήσετε στις ακόλουθες ερωτήσεις.






Σχήμα 1

- α. Να υπολογίσετε κατά προσέγγιση τη γωνία ήλιου - σελήνης την ώρα της παρατήρησης. 140-160 μοίρες
- β. Περίπου ποια ώρα ανέτειλε το φεγγάρι τη μέρα που ο παρατηρητής κατέγραψε την παρατήρησή του; 15:00
- γ. Τη στιγμή της παρατήρησης, περίπου σε ποια κατεύθυνση έβλεπε ο παρατηρητής (βόρεια, νότια, δυτικά, ανατολικά); ΝΑ
- δ. Ποια ώρα έγινε η παρατήρηση; Περίπου 17:00

ΑΣΚΗΣΗ 3

Για την κάθε δήλωση να ΥΠΟΓΡΑΜΜΙΣΕΤΕ μια από τις λέξεις Ορθό ή Λάθος ανάλογα με το τι πιστεύετε πραγματικά.

- A Το φεγγάρι έχει ένα καθημερινό φαινομενικό μονοπάτι στον ουρανό, το ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ οποίο είναι παρόμοιο με εκείνο του ήλιου.
- B Το φεγγάρι, όταν είναι ορατό, είναι πάντα στην ίδια θέση στον ουρανό. ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ
- Γ Υπάρχει χρονική περίοδος περίπου ενός μήνα ανάμεσα σε μια πανσέληνο ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ και στην επόμενη.
- Δ Αν το φεγγάρι έχει σχήμα "C" τότε σε μια βδομάδα θα είναι πανσέληνος. ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ
- E Αν κοιτάξεις στον ουρανό και δεις ημισέληνο και κοιτάξεις ξανά στον ουρανό δύο βδομάδες αργότερα θα δεις ημισέληνο, αλλά αντεστραμμένη. ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ
- Στ Το φεγγάρι ανατέλλει καθημερινά από περίπου ανατολική κατεύθυνση και ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ δύει σε περίπου δυτική κατεύθυνση.
- Z Το φεγγάρι ανατέλλει όταν ο ήλιος δύει, μόνο όταν έχουμε πανσέληνο. ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ
- H Όταν το φεγγάρι έχει το σχήμα  είναι ορατό νότια στον ουρανό τα μεσάνυχτα. ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ
- Θ Όταν το φεγγάρι έχει το σχήμα  είναι ορατό δυτικά κοντά στον ήλιο αμέσως μετά τη δύση. ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ
- I Αν δούμε το φεγγάρι ψηλά νότια στον ουρανό κατά τη δύση τότε θα έχει το ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ σχήμα .
- K Όσο πιο πολύ μεγαλώνει το φεγγάρι τόσο πιο πολύ φαίνεται στον ουρανό να απομακρύνεται από τον ήλιο. ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ
- Λ Βλέπουμε το φεγγάρι γιατί ανακλά φως από τον ήλιο. ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ
- M Το φεγγάρι αλλάζει φάσεις γιατί κινείται στη σκιά της γης. ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ
- N Όταν το φεγγάρι βρίσκεται στην αντίθετη πλευρά της γης σε σχέση με τον ήλιο, δεν μπορούμε να το δούμε και έχουμε νέο φεγγάρι. ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ
- Ξ Όταν το φεγγάρι βρίσκεται στην ίδια πλευρά της γης σε σχέση με τον ήλιο έχουμε ημισέληνο. ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ
- O Εκλείνεις συμβαίνουν μόνο όταν ο ήλιος, η γη και το φεγγάρι είναι σε ΟΡΘΟ/ΛΑΘΟΣ ευθεία γραμμή.

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ για την άσκηση 1α

Ο Πίνακας 43 παρουσιάζει τις κατηγορίες των απαντήσεων των ΠΕ στο πρώτο μέρος της πρώτης άσκησης του διαγνωστικού δοκιμίου 15. Πριν από την παρέμβαση τρεις ΠΕ δίνουν απαντήσεις που δεν έχουν σχέση με την ερώτηση, δε δίνουν δηλαδή ορισμό για τις Φάσεις της Σελήνης, αλλά δίνουν εξήγηση για τον τρόπο δημιουργίας των Φάσεων της Σελήνης ή δίνουν άσχετες απαντήσεις (κατηγορίες VI και VII). Από την άλλη, οι περισσότεροι ΠΕ (δεκατέσσερις) δίνουν απαντήσεις που εντάσσονται στις κατηγορίες III, IV, και V και απαντούν μεν την ερώτηση, δίνουν δηλαδή ορισμό για τις Φάσεις της Σελήνης, αλλά προσθέτουν επιπλέον και εξήγηση για τον τρόπο δημιουργίας τους. Τέλος, μόνο τέσσερις ΠΕ δίνουν απάντηση που να εμπίπτει στις δύο πρώτες κατηγορίες, οι οποίες είναι και πλησιέστερες στην επιστημονική άποψη. Μετά από την παρέμβαση, πέραν του 50% των ΠΕ δίνει απάντηση που εμπίπτει στις δύο πρώτες κατηγορίες, ενώ μόνο ένας ΠΕ δίνει απάντηση που να εμπίπτει στις τρεις τελευταίες κατηγορίες απαντήσεων, που απέχουν περισσότερο από την επιστημονική άποψη.

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 1, Μέρος Α: Ορισμός των Φάσεων της Σελήνης

209

Πίνακας 43

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 1, Μέρος Α: Ορισμός των Φάσεων της Σελήνης

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
VII. Άλλη απάντηση.				
Με τον όρο αυτό περιγράφεται η φωτισμένη θέση της σελήνης κατά την περιστροφή της και την περιφορά της ως προς παρατηρητές σε διάφορα μέρη της γης. Ανάλογα, δηλαδή, η σελήνη μπορεί να βρεθεί σε 4 διαφορετικές φάσεις και έτσι παρατηρητής σε συγκεκριμένο μέρος της γης θα βλέπει φωτισμένο μέρος το 1 ^ο τεταρτημόριο, άλλος σε άλλο μέρος της γης θα βλέπει το 2 ^ο τεταρτημόριο, άλλος σε άλλο μέρος της γης θα βλέπει το 3 ^ο τεταρτημόριο και άλλος το 4 ^ο της. (Προπειραματικό, ΠΕ 11)				
	1	4,8	0	0,0

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση για την άσκηση 1α του διαγνωστικού δοκιμίου 15, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 44 ($Z=-2.75$, $p<0,01$, $r=-0,42$).

Πίνακας 44

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, άσκηση 1α


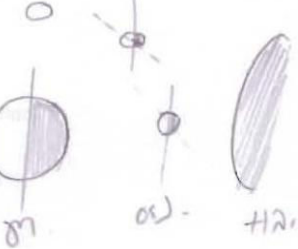
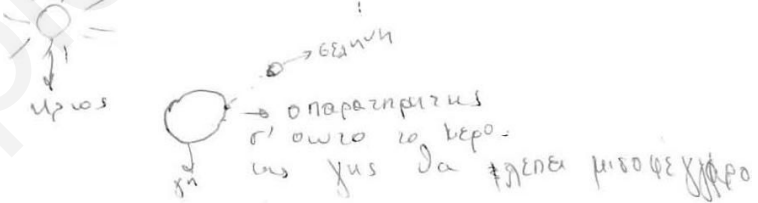
Wilcoxon Sign Test	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Negative Ranks			
POST15< PRE15	14	8,61	120,50
Positive Ranks			
POST15> PRE15	2	7,75	15,50
Ties			
POST15=PRE15	5		
Total	21		
POST15- PRE15- Test Statistics(b)			
Z	-2,75	a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,00	b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,42		

Φαινομενογραφική Ανάλυση Απαντήσεων των ΠΕ για την άσκηση 1β

Ο Πίνακας 45 παρουσιάζει τις κατηγορίες των απαντήσεων των ΠΕ στο δεύτερο μέρος της πρώτης άσκησης του διαγνωστικού δοκιμίου 15. Πριν από την παρέμβαση, εννιά ΠΕ δίνουν απαντήσεις που απέχουν πολύ από την επιστημονική άποψη (κατηγορίες V, VI και VII). Από την άλλη, μόνο τέσσερις ΠΕ δίνουν απαντήσεις που εντάσσονται στις κατηγορίες I, II, και III που είτε αφορούν σε ολοκληρωμένη ορθή απάντηση είτε παραλείπουν κάποια στοιχεία από αυτή. Μετά από την παρέμβαση, 20 από τους 21 ΠΕ δίνουν απάντηση που εμπίπτουν σε αυτές τις δύο κατηγορίες και κανένας από αυτούς δε δίνει απάντηση που να εμπίπτει στις τρεις τελευταίες κατηγορίες απαντήσεων.


Πίνακας 45

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 1, μέρος Β: Κατανόηση των Φάσεων της Σελήνης

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
<p>I. Στο σύστημα ήλιος-γη-σελήνη η σελήνη περιστρέφεται αριστερόστροφα γύρω από τη γη και ο ήλιος είναι σταθερός. Ο ήλιος φωτίζει πάντα τη μισή σελήνη. Ένας παρατηρητής στη γη βλέπει διαφορετικό σχήμα (νέα σελήνη, πρώτο τέταρτο, πανσέληνος, τρίτο τέταρτο κ.ο.κ.) για κάθε διαφορετική θέση της σελήνης, γιατί ανακλάται διαφορετικό φως από αυτή στη γη (και το δικαιολογεί).</p> <p>Σύμφωνα με το σχεδιάγραμμα η γη περιστρέφεται αριστερόστροφα γύρω από τον εαυτό της και η σελήνη αριστερόστροφα γύρω από τη γη. Όταν η γη κάνει περίπου 3 περιστροφές γύρω από τον εαυτό της, η σελήνη μετακινείται από τη θέση 1 στη θέση 2 και έτσι αλλάζει η φάση της σελήνης. Λόγω του ότι η σελήνη κινείται αριστερόστροφα πρώτα πρώτα είναι φωτισμένο το δεξί της μέρος και μετά γεμίζει το φεγγάρι έως ότου να γίνει πανσέληνος (Μεταπειραματικό 15.1β, ΠΕ 14)</p> 	1	4,76	14	66,67
<p>II. Στο σύστημα ήλιος-γη-σελήνη η σελήνη περιστρέφεται αριστερόστροφα γύρω από τη γη και ο ήλιος είναι σταθερός. Ο ήλιος φωτίζει πάντα τη μισή σελήνη. Ένας παρατηρητής στη γη βλέπει διαφορετικό σχήμα (νέα σελήνη, πρώτο τέταρτο, πανσέληνος, τρίτο τέταρτο κ.ο.κ.) για κάθε διαφορετική θέση της σελήνης, γιατί ανακλάται διαφορετικό φως από αυτή στη γη (και το δικαιολογεί). Στο μοντέλο μπλέκονται 2 συστήματα αναφοράς (η σελήνη ως αστρονομικό σώμα στο διάστημα και η σελήνη όπως φαίνεται από τη γη)</p>  <p>Οι Φάσεις της Σελήνης δημιουργούνται από τη σχετική θέση σελήνης-γης και ήλιου, λαμβάνοντας υπόψη πως η σελήνη πάντα δείχνει σε μας το ίδιο πρόσωπο και πάντα το 1/2 (της σελήνης) είναι φωτισμένο. Αφού κάθε φορά αυτά τα δύο διαφέρουν έτσι ποικίλει η εμφάνιση της σελήνης από τη γη. (Μεταπειραματικό 15.1β, ΠΕ 2)</p>	1	4,76	6	28,57
<p>III. Στο σύστημα ήλιος-γη-σελήνη η σελήνη περιστρέφεται γύρω από τη γη και ο ήλιος είναι σταθερός. Ο ήλιος φωτίζει πάντα τη μισή σελήνη. Ένας παρατηρητής στη γη βλέπει διαφορετικό σχήμα για κάθε διαφορετική θέση της σελήνης, γιατί ανακλάται διαφορετικό φως από αυτή στη γη.</p> <p>Καθώς η σελήνη περιφέρεται γύρω από τη γη φωτίζεται μεν κάθε φορά η μισή από τον ήλιο, αλλά λόγω της περιφοράς είναι ορατό διαφορετικό ποσοστό του φωτιζόμενου μέρους της κάθε φορά. (Προπειραματικό 15.1β, ΠΕ 20)</p>	2	9,52	0	0
<p>IV. Στο σύστημα ήλιος-γη-σελήνη η σελήνη περιστρέφεται γύρω από τη γη και ο ήλιος είναι σταθερός. Ένας παρατηρητής στη γη βλέπει διαφορετικό σχήμα για κάθε διαφορετική θέση της σελήνης, γιατί αυτή φωτίζεται διαφορετικά από τον ήλιο κάθε φορά</p>  <p>Όπως γνωρίζουμε η γη περιστρέφεται τόσο γύρω από τον ήλιο, τόσο και γύρω από τον εαυτό της. Το ίδιο συμβαίνει και με τη σελήνη αλλά περιστρέφεται γύρω από τη γη. Η σελήνη είναι ετερόφωτο σώμα, δηλαδή βλέπουμε το μέρος της που φωτίζεται από τον ήλιο. Άρα ανάλογα με τη γωνία ήλιου-σελήνης-γης αλλάζουν οι Φάσεις της Σελήνης. (Προπειραματικό 15.1β, ΠΕ 16)</p>	8	38,1	1	4,76

Πίνακας 45

Φαινομενογραφική Ανάλυση των Απαντήσεων των ΠΕ στο Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 1, μέρος Β: Κατανόηση των Φάσεων της Σελήνης

Κατηγορία	Πριν (N)	Πριν (%)	Μετά (N)	Μετά (%)
V. Στο σύστημα ήλιος-γη-σελήνη η σελήνη περιστρέφεται γύρω από τη γη και ο ήλιος είναι σταθερός. Ένας παρατηρητής στη γη βλέπει διαφορετικό σχήμα για κάθε διαφορετική θέση της σελήνης, γιατί αυτή φωτίζεται διαφορετικά από τον ήλιο κάθε φορά, αλλά και γιατί πέφτει στη σκιά της γης.				
<i>Η σελήνη κινείται γύρω από τη γη και το όλο σύστημα γύρω από τον ήλιο. Για να μπορούμε από τη γη να δούμε τη σελήνη πρέπει να χτυπούν πάνω της οι ακτίνες του ήλιου και να ανακλούνται σε εμάς. Η γη με τη θέση που βρίσκεται πιθανόν κάποιες φορές να εμποδίζει μερικές από τις ακτίνες που θα κατέληγαν στη σελήνη, με αποτέλεσμα ένα μέρος της σελήνης, ή όλη, να μην ανακλά φως προς εμάς και έτσι να μη φαίνεται. (Προπειραματικό, ΠΕ 12)</i>	6	28,57	0	0
VI. Η γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της και έτσι ένας παρατηρητής στη γη βλέπει διαφορετικές Φάσεις της Σελήνης.				
				
<i>Οι Φάσεις της Σελήνης δημιουργούνται λόγω του ότι η γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της και έτσι ένας παρατηρητής βλέπει διαφορετικό μέρος της σελήνης αν βρίσκεται σε διαφορετικό ημισφαίριο. (Προπειραματικό 15.1β, ΠΕ 14)</i>	1	4,76	0	0
VII. Άλλη απάντηση				
<i>Οι Φάσεις της Σελήνης δημιουργούνται εξαιτίας της διαφοράς στη διάρκεια περιφοράς της γης και της σελήνης. Επίσης πιθανώς να ευθύνεται και στο ότι ο άξονας περιστροφής της γης δεν είναι εντελώς κατακόρυφος. Έτσι, αναλόγως το φωτισμένο μέρος της σελήνης θα είναι σε τέσσερις διαφορετικές «περιοχές» διαδοχικά, εξαιτίας της χρονικής αυτής διαφοράς. (Προπειραματικό 15.1β, ΠΕ 11)</i>	2	9,52	0	0

Στατιστική Ανάλυση

Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση για την άσκηση 1β του διαγνωστικού δοκιμίου 15, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 46 ($Z=-3,89$, $p<0,01$, $r=-0,60$).

Πίνακας 46

Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 1β.

Wilcoxon Sign Test	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Negative Ranks			
POST15< PRE15	19	10,00	190,00
Positive Ranks			
POST15> PRE15	0	0,00	0,00
Ties			
POST15=PRE15	2		
Total	21		
POST15- PRE15- Test Statistics(b)			
Z	-3,89	a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,00	b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,60		

Οι απαντήσεις των ΠΕ στα τέσσερα μέρη της άσκησης 2 βαθμολογήθηκαν ποσοτικά και για κάθε ορθή απάντηση δινόταν ένας βαθμός και συνεπώς ένας ΠΕ που έδινε ορθή απάντηση έπαιρνε συνολικά τέσσερις βαθμούς. Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση για την άσκηση 2 του διαγνωστικού δοκιμίου 15, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 47 ($Z=-2,25$, $p<0,05$, $r=-0.35$).

Πίνακας 47
Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 2.

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST15 – PRE15	Negative Ranks POST15< PRE15	0	0,00	0,00
	Positive Ranks POST15> PRE15	6	3,50	21,00
	Ties POST15=PRE15	15		
	Total	21		
POST15– PRE15- Test Statistics(b)				
Z	-2.25		a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,02		b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,35			

Οι απαντήσεις των ΠΕ στα τέσσερα μέρη της άσκησης 3 βαθμολογήθηκαν ποσοτικά και για κάθε ορθή απάντηση δινόταν ένας βαθμός και συνεπώς ένας ΠΕ που έδινε ορθή απάντηση έπαιρνε συνολικά τέσσερις (16) βαθμούς. Για να εκτιμηθούν οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση για την άσκηση 3 του διαγνωστικού δοκιμίου 15, εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon Sign Test. Οι διαφορές αυτές, σύμφωνα με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon, είναι στατιστικά σημαντικές και φαίνονται στον Πίνακα 48 ($Z=-2,30$, $p<0,05$, $r=-0.36$).

Πίνακας 48
Σύγκριση Κατηγοριών Φαινομενογραφικής Ανάλυσης πριν και μετά από την Παρέμβαση για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 15, Άσκηση 3

Wilcoxon Sign Test		N	Mean Rank	Sum of Ranks
POST15 – PRE15	Negative Ranks POST15< PRE15	3	14,50	43,50
	Positive Ranks POST15> PRE15	17	9,79	166,50
	Ties POST15=PRE15	1		
	Total	21		
POST15– PRE15- Test Statistics(b)				
Z	-2,30		a Based on positive ranks.	
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,02		b Wilcoxon Signed Ranks Test	
Effect size (r)	-0,36			

Σύνοψη αποτελεσμάτων: Διαγνωστικά Δοκίμια για τις Φάσεις της Σελήνης

Ο πίνακας 49 παρουσιάζει τα συνοπτικά αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τα διαγνωστικά δοκίμια που εξετάζαν την κατανόηση των ΠΕ για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης. Από τον πίνακα φαίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην επίδοση των ΠΕ πριν από την παρέμβαση σε σύγκριση με την επίδοσή τους μετά από την παρέμβαση σε όλες τις πτυχές.

Πίνακας 49

Συνοπτικός Πίνακας αποτελεσμάτων (στατιστικό κριτήριο Wilcoxon) για το Διαγνωστικό Δοκίμιο 15 (Φάσεις της Σελήνης)

	Z	Sig.	R
1α: Ορισμός των Φάσεων της Σελήνης (ανοικτού τύπου ερώτηση).	-2,75	0,006	-0,42
1β: Μοντέλο εξήγησης των Φάσεων της Σελήνης (ανοικτού τύπου ερώτηση).	-3,89	0,000	-0,60
2: Κλειστού τύπου ερωτήσεις εμβάθυνσης σε σχέση με το μοντέλο εξήγησης των Φάσεων της Σελήνης.	-2,25	0,024	-0,35
3: Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που απαντιούνται με βάση το μοντέλο εξήγησης των Φάσεων της Σελήνης.	-2,30	0,021	-0,36

5.2. Δυσκολίες μοντελοποίησης και παιδαγωγικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι ΠΕ

5.2.1. Δυσκολίες μοντελοποίησης: Δυσκολίες κατά τη διαδικασία οικοδόμησης μοντέλου

Τα δεδομένα που αναλύθηκαν στην προσπάθειά μας να εντοπίσουμε συγκεκριμένες δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι ΠΕ κατά τη διαδικασία οικοδόμησης και βελτιωτικής ρύθμισης μοντέλων συλλέχθηκαν πριν (προπειραματικά δοκίμια), κατά τη διάρκεια (σύγχρονες συζητήσεις) ή μετά (μεταπειραματικά δοκίμια) την παρέμβαση. Εντοπίστηκαν πέντε συγκεκριμένες δυσκολίες μοντελοποίησης.

5.2.1.1. Δυσκολία 1: Οι ΠΕ πιστεύουν ότι κατά τη διαδικασία οικοδόμησης μοντέλου ο κατασκευαστής πρέπει να γνωρίζει εκ των προτέρων πώς ακριβώς λειτουργεί το φαινόμενο.

Όταν οι ΠΕ συζήτησαν (κατά τη διάρκεια της δεύτερης σύγχρονης ηλεκτρονικής συζήτησης) για τη διδασκαλία μέσω προσομοιώσεων ή τη διδασκαλία μέσω οικοδόμησης μοντέλων, κάποιοι από αυτούς εξέφρασαν την ιδέα ότι ένας μαθητών οικοδομεί μοντέλα όταν θέλει να αναπαραστήσει αυτό που ξέρει, ενώ αντίθετα, μπορεί να χρησιμοποιήσει μία προσομοίωση για να αποκτήσει γνώσεις για ένα φαινόμενο:

***ΠΕ 10:** Για να φτιάξει κάποιος ένα μοντέλο πρέπει να είναι γνώστης του φαινομένου, ενώ χρησιμοποιώντας την προσομοίωση μπορεί να μάθει πολλά για το φαινόμενο. Για αυτό το λόγο και εμείς μελετήσαμε το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης (με τη βοήθεια της εκπαιδευτικού φυσικά) και τότε το μοντελοποιήσαμε στο πρόγραμμα (SC®).*

Η τελευταία πρόταση της ΠΕ παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αυτή η σύγχρονη συζήτηση έλαβε χώρα πριν από οποιαδήποτε προσπάθεια οικοδόμησης μοντέλου. Οι αρχικές δραστηριότητες του διδακτικού υλικού εστίασαν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που θεωρούνται προαπαιτούμενες για τη διαδικασία οικοδόμησης μοντέλου. Για παράδειγμα οι ΠΕ κλήθηκαν να εντοπίσουν τη διαφορά ανάμεσα στις διεργασίες “πρόβλεψη” και “υπόθεση”, να μελετήσουν έννοιες σχετικές με τη δεξιότητα της παρατήρησης, να συζητήσουν μεθόδους συλλογής δεδομένων κλπ. Η μόνη δραστηριότητα που σχετιζόταν με το φαινόμενο και προηγήθηκε της διαδικασίας οικοδόμησης μοντέλου αφορούσε στον εντοπισμό μοτίβων μέσα από δεδομένα για το φεγγάρι που δόθηκαν στους ΠΕ. Παρόλα αυτά, η ΠΕ 10 θεώρησε ότι αυτές οι δραστηριότητες τη βοήθησαν να «μάθει το

φαινόμενο» και συνεπώς μέσα από την οικοδόμηση μοντέλου δεν οικοδόμησε νέα γνώση για αυτό. Αργότερα, όταν γινόταν συζήτηση για τη χρησιμότητα των μοντέλων στην κατανόηση της δομής της επιστημονικής γνώσης η ΠΕ 10 επανέφερε αυτή την ιδέα:

Εκπ^{xix}: *Η παρουσίαση που είχατε να μελετήσετε για τη σημερινή συζήτηση αναφέρεται στα πλεονεκτήματα της μοντελοποίησης. Ένα από αυτά είναι η «κατανόηση της δομής της επιστημονικής γνώσης». Δηλαδή, ο μαθητής μοντελοποιώντας φαινόμενα μπορεί να κατανοήσει καλύτερα τη δομή της επιστημονικής γνώσης. Τι καταλαβαίνετε με αυτό;*

ΠΕ 14: *...κατανοεί (ο κατασκευαστής του μοντέλου) πώς κατέληξαν σε αυτή τη γνώση οι επιστήμονες.*

ΠΕ 7: *Το ότι με το να μοντελοποιήσει ένα φαινόμενο κατανοεί τα μέρη του φαινομένου και πώς συνδέονται μεταξύ τους για να αναπαραστήσουν αυτό το φαινόμενο.*

ΠΕ 10: *Εγώ πιστεύω ότι για να φτάσει σε σημείο να μπορεί να φτιάξει μοντέλο, σημαίνει ότι έχει αντιληφθεί το φαινόμενο, όπως και οι επιστήμονες.*

Σε αυτό το σημείο, η ΠΕ 10 ενισχύεται από την ΠΕ 3:

ΠΕ 3: *Συμφωνώ ΠΕ 10...οι γνώσεις, αλλά και οι δεξιότητες, όπως η παρατήρηση, τα πειράματα και ο έλεγχος μεταβλητών, πρέπει να αναπτυχθούν από πριν ώστε κάποιος να είναι ικανός να οικοδομήσει ένα μοντέλο.*

Σε ακόλουθη συζήτηση (τρίτη σύγχρονη ηλεκτρονική συζήτηση), όταν οι ΠΕ αντάλλαξαν απόψεις σε σχέση με τη λειτουργία των μοντέλων για αναπαράσταση ενός φαινομένου, η ΠΕ 10 ανέφερε:

ΠΕ 10: *Το μοντέλο δείχνει με τον ίδιο τρόπο με το φαινόμενο, τη λειτουργία του (φαινομένου)*

Αυτή η τελευταία άποψη της ΠΕ 10 φαίνεται να αποτελεί συνέπεια της ιδέας που παρουσιάστηκε παραπάνω. Φαίνεται ότι η ιδέα της για να οικοδομήσει ένα μοντέλο κάποιος πρέπει να γνωρίζει εκ των προτέρων πώς λειτουργεί το φαινόμενο, συνδέεται ή μπορεί να είναι η αιτία για την άποψή της ότι ένα μοντέλο πρέπει να δείχνει ακριβώς τον τρόπο λειτουργίας του φαινομένου, ή πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά του φαινομένου που αναπαριστά:

ΠΕ 7: *Ένα μοντέλο μπορεί να περιλαμβάνει μόνο τα χαρακτηριστικά του φαινομένου που μας ενδιαφέρουν. Πιστεύω ότι η προσομοίωση περιλαμβάνει*

^{xix} Εκπ = Εκπαιδευτικός

όλα τα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη φαινομένου, και ο χρήστης μπορεί να εστιάσει σε οποιαδήποτε τον ενδιαφέρουν.

ΠΕ 10: *Δε συμφωνώ μαζί σου ΠΕ 7. Ένα μοντέλο πρέπει να έχει όλα τα χαρακτηριστικά του φαινομένου ασχέτως αν μας ενδιαφέρουν ή όχι.*

ΠΕ 14: *Όχι, δεν μπορεί να έχει όλα τα χαρακτηριστικά του, αυτό είναι και δύσκολο και αχρείαστο.*

Γενικά, τέσσερις από τους 21 ΠΕ παρουσιάζουν την ιδέα ότι κατά την οικοδόμηση ενός μοντέλου κάποιος πρέπει να γνωρίζει ακριβώς πώς λειτουργεί το υπό μελέτη φαινόμενο. Πιστεύουν επιπρόσθετα ότι εξωτερική βοήθεια, κατά προτίμηση από ειδικούς, ενισχύει την ικανότητα του ατόμου για οικοδόμηση του μοντέλου. Με άλλα λόγια αναμένουν ότι ο εκπαιδευτικός ή τα βιβλία ή κάποιος ειδήμονας σε σχέση με το θέμα πρέπει να παρέχει τις ορθές πληροφορίες, ώστε να μπορέσουν αυτοί να οικοδομήσουν το μοντέλο και αντιλαμβάνονται τη μοντελοποίηση ως διαδικασία εφαρμογής της γνώσης και όχι ως διαδικασία επιστημονικής εξέλιξης, μέσα από την οποία μπορεί να επέλθει βελτιωμένη μάθηση.

5.2.1.2. Δυσκολία 2: Κατά την οικοδόμηση μοντέλου οι ΠΕ τείνουν να δίνουν περισσότερη έμφαση στα αντικείμενα του μοντέλου παρά σε οποιοδήποτε άλλο στοιχείο του.

Το διαγνωστικό δοκίμιο 1 ζητούσε από τους ΠΕ να παρακολουθήσουν ένα ολιγόλεπτο βίντεο που παρουσιάζει στιγμιότυπα από τη θαλάσσια ζωή, να δημιουργήσουν ένα σχέδιο που να αναπαριστά τη ζωή στη θάλασσα και να δώσουν εξηγήσεις σε σχέση με αυτό. Στην προσπάθειά τους να οικοδομήσουν αυτό το σχεδιαστικό μοντέλο, οι ΠΕ περιέλαβαν σε αυτό αντικείμενα (π.χ. καρχαρίες, σολομοί, γαρίδες, φυτά, πέτρες, κτλ), μεταβλητές (π.χ. ταχύτητα ψαριού, πληθυσμός ψαριού, μέγεθος ψαριού, θερμοκρασία νερού κτλ), διαδικασίες (αναπαραγωγή, τροφή, κίνηση, θάνατος, κτλ) και αλληλεπιδράσεις (π.χ. ο καρχαρίας τρέφεται με σολομούς, το ένα ψάρι επιτίθεται στο άλλο κτλ).

Ο Πίνακας 50 παρουσιάζει τις συχνότητες παρουσίασης των τεσσάρων στοιχείων των μοντέλων των ΠΕ. Φαίνεται ότι η ικανότητα των ΠΕ να περιλαμβάνουν τα βασικά στοιχεία ενός μοντέλου κατά την οικοδόμησή του βελτιώνεται όταν συγκρίνουμε τα αποτελέσματα του δοκιμίου πριν και μετά από την παρεμβατική διαδικασία. Παρόλα αυτά, τόσο στο προπειραματικό όσο και στο μεταπειραματικό δοκίμιο οι ΠΕ τείνουν να

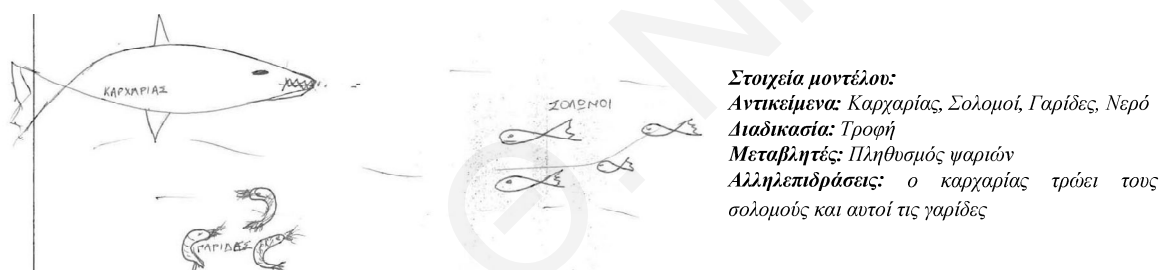
περιλαμβάνουν περισσότερα αντικείμενα και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία παρά μεταβλητές και διαδικασίες στα μοντέλα τους. Είναι παρόλα αυτά ξεκάθαρο ότι η απόσταση ανάμεσα στα προαναφερόμενα στοιχεία μειώνεται μετά από την παρέμβαση (Προπειραματικό δοκίμιο: ελάχιστος #: 23, μέγιστος #: 72, διαφορά: 49; Μεταπειραματικό δοκίμιο: ελάχιστος #: 46, μέγιστος #: 80, διαφορά: 34). Επιπρόσθετα, φαίνεται ότι η διδασκαλία βοήθησε τους ΠΕ να σκέφτονται περισσότερο σε σχέση με τις αλληλεπιδράσεις των στοιχείων του μοντέλου παρά τα αντικείμενα.

Πίνακας 50

Αριθμός Στοιχείων που Περιλαμβάνονται στα Μοντέλα των ΠΕ (Διαγνωστικό Δοκίμιο 1)

Στοιχεία μοντέλου	Αντικείμενα	Μεταβλητές	Διαδικασίες	Αλληλεπιδράσεις	Μέγιστη διαφορά στοιχείων
Προπειραματικό δοκίμιο	72	23	47	64	49
Μεταπειραματικό δοκίμιο	74	46	53	80	34

Ακολουθεί μία τυπική απάντηση μιας ΠΕ που οικοδόμησε ένα μοντέλο που περιλαμβάνει περισσότερα αντικείμενα παρά οποιοδήποτε άλλο στοιχείο:



Διάγραμμα 43: Μοντέλο του Θαλάσσιου Οικοσυστήματος (Προπειραματικό, ΠΕ 17)

Η ΠΕ 17 περιέλαβε τρία αντικείμενα στο μοντέλο της: Ένα καρχαρία, τέσσερις σολομούς και τρεις γαρίδες. Περιέλαβε επίσης δύο αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα: Ο καρχαρία τρώει τους σολομούς και αυτοί τις γαρίδες. Περιέλαβε μία διαδικασία: τη διατροφή και μία μεταβλητή: το διαφορετικό πληθυσμό των ψαριών. Αποκαλούμε αυτό το μοντέλο αντικειμενοκεντρικό. Πλην της μίας διαδικασίας και της μίας μεταβλητής, η ΠΕ ανέπτυξε ένα σχεδιαστικό μοντέλο που εστιάζει στα αντικείμενα και στις αλληλεπιδράσεις τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή η δυσκολία εντοπίζεται στα μοντέλα των εννιά εκ των 21 ΠΕ.

5.2.1.3. Δυσκολία 3: Κατά την κατασκευή ενός μοντέλου, οι ΠΕ τείνουν να εστιάζουν σε αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα παρά σε αλληλεπιδράσεις οποιουδήποτε άλλου είδους.

Η ανάλυση των σχεδιαστικών μοντέλων των ΠΕ για το θαλάσσιο οικοσύστημα (διαγνωστικό δοκίμιο 1) έδειξε τη συχνότητα των διαφορετικών ειδών αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου. Ο Πίνακας 51 ομαδοποιεί αυτά τα αποτελέσματα.

Είναι ξεκάθαρη η υπεροχή των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα αντικείμενα (π.χ. η γαρίδα τρώει φυτοπλαγκτόν) τόσο πριν όσο και μετά από την παρέμβαση. Φαίνεται επίσης ότι πριν από την παρέμβαση οι ΠΕ αντιμετωπίζουν έντονα προβλήματα στην περίληψη αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στις μεταβλητές του μοντέλου (π.χ. το μέγεθος του οργανισμού επηρεάζει τον πληθυσμό του), κάτι που αλλάζει ελαφρώς μετά από την παρέμβαση. 11 από τους 21 ΠΕ περιέλαβαν περισσότερες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα παρά οποιοδήποτε άλλο είδος αλληλεπίδρασης στα μοντέλα που οικοδόμησαν.

Πίνακας 51

Αλληλεπιδράσεις Ανάμεσα στα Στοιχεία των Μοντέλων των ΠΕ

	Προπειραματικό δοκίμιο	Μεταπειραματικό δοκίμιο
Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα	56	61
Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα και στις διαδικασίες	3	5
Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις μεταβλητές	0	5
Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις μεταβλητές και στις διαδικασίες	5	13

Είναι ενδιαφέρον να αναζητήσουμε τον πιθανό υποκείμενο μηχανισμό που στηρίζει τις δύο τελευταίες δυσκολίες που παρουσιάστηκαν (3 και 4). Υποστηρίζουμε ότι προκύπτουν από τη φτωχή κατανόηση των ΠΕ σε σχέση με τη διαδικασία της μοντελοποίησης. Φαίνεται ότι οι ΠΕ αντιλαμβάνονται τη μοντελοποίηση ως μία διαδικασία αναπαράστασης του φαινομένου παρά ως μια επιστημολογική ανάλυσή του. Προεκτείνοντας αυτό το συλλογισμό, κάποιος θα μπορούσε να υποστηρίξει ότι η παρουσίαση αυτών των δυσκολιών σχετίζεται με το γεγονός ότι οι ΠΕ αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο να αντιληφθούν το σημαντικό ρόλο των φυσικών ποσοτήτων^{xx} της επιστήμης και συνεπώς δεν ασχολούνται να τις περιλάβουν στα μοντέλα τους.

5.2.1.4. Δυσκολία 4: Οι ΠΕ τείνουν να χρησιμοποιούν επιφανειακά κριτήρια κατά τη σύγκριση διαφορετικών μοντέλων του ίδιου φαινομένου.

Για τους σκοπούς του διαγνωστικού δοκιμίου 6 οι ΠΕ είχαν να συγκρίνουν τέσσερα διαφορετικά μοντέλα σε σχέση με τη λειτουργία του αγκώνα (Παράρτημα 7), να τα περιεργαστούν, και να δηλώσουν ποιο από αυτά δείχνει με τον πιο κατάλληλο τρόπο και ποιο με το λιγότερο κατάλληλο τρόπο πώς λειτουργεί ο αγκώνας.

Η πλειοψηφία των ΠΕ σωστά επέλεξε την κατασκευή από χαρτόνι και σχοινί ως την καλύτερη αναπαράσταση της λειτουργίας του αγκώνα τόσο πριν όσο και μετά από την παρέμβαση. Παρόλα αυτά, πριν από την παρέμβαση τα επιχειρήματα που παρουσιάστηκαν

^{xx} Μία φυσική ποσότητα είναι μία φυσική ιδιότητα που μπορεί να ποσοτικοποιηθεί. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να μετρηθεί ή/και να υπολογιστεί και να εκφραστεί μέσα από αριθμούς (π.χ. μάζα, ηλεκτρικό ρεύμα, πίεση, δύναμη, ενέργεια)

από κάποιους ΠΕ για να υποστηρίξουν την επιλογή τους ήταν λιγότερο κατάλληλα σε σχέση με αυτά που παρουσιάστηκαν μετά από την παρέμβαση. Πριν από την παρέμβαση οι ΠΕ χρησιμοποίησαν επιφανειακά κριτήρια για τη σύγκριση των τεσσάρων μοντέλων. Η απάντηση της ΠΕ 8 είναι χαρακτηριστική αυτής της δυσκολίας: *«κατά την άποψή μου και αισθητικά ομιλούμενη μου άρεσε ο πρώτος τρόπος (δηλ. το σχέδιο). Μπορεί οι άλλοι τρόποι να περιέχουν κίνηση, αλλά ο πρώτος τρόπος έδειχνε και τα διάφορα μέρη του χεριού.»* Είναι ξεκάθαρο ότι αυτή η ΠΕ επηρεάστηκε από το γεγονός ότι το σχέδιο μοιάζει πολύ με το πραγματικό χέρι, ενώ τα άλλα τρία μοντέλα όχι. Μετά από την παρέμβαση, παρόλο που δεν αλλάζει η επιλογή της για το καταλληλότερο μοντέλο, αλλάζει το επιχειρήμα που παραθέτει: *«Το σχέδιο είναι ο καλύτερος τρόπος αναπαράστασης της λειτουργίας του αγκώνα, αφού παρουσιάζει τόσο τα μέρη του χεριού, αλλά επίσης και το βέλος δείχνει την κίνηση και τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το συγκεκριμένο μέρος του χεριού».* Παρόλο που η απάντησή της είναι λανθασμένη, η ΠΕ αναζήτησε και βρήκε «λογικά» και όχι «αισθητικά» επιχειρήματα υπέρ του προτιμητέου μοντέλου, του σχεδίου, το οποίο είναι σύμφωνα με τα δικά της λόγια αισθητικά καλύτερο. Εφτά εκ των 21 ΠΕ χρησιμοποίησαν επιφανειακά κριτήρια, όπως φαινομενολογικά χαρακτηριστικά ή αισθητικά κριτήρια κατά τη σύγκριση πολλαπλών μοντέλων για το ίδιο φαινόμενο με σκοπό να αποφασίσουν ποιο είναι το καταλληλότερο για να αναπαραστήσει το φαινόμενο αυτό.

Αυτή η δυσκολία πιθανό να σχετίζεται με τη φτωχή κατανόηση των ΠΕ σε σχέση με το ρόλο των μοντέλων. Αντί να αντιλαμβάνονται το μοντέλο ως μία εξωτερική αναπαράσταση που παρέχει τον υποκείμενο μηχανισμό ενός φαινομένου, φαίνεται ότι εκλαμβάνουν το μοντέλο ως αντίγραφο του φαινομένου ανεξάρτητα από την ικανότητά του να αναπαριστά αυτό το μηχανισμό.

5.2.1.5. Δυσκολία 5: Οι ΠΕ δε θεωρούν τη σύγκριση ενός μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο ή τα δεδομένα που συνέλεξαν από αυτό ως ουσιαστικό μηχανισμό για βελτίωσή του.

Τα αποτελέσματα του διαγνωστικού δοκιμίου 9, το οποίο ζητούσε από τους ΠΕ να αξιολογήσουν ένα μοντέλο για την ανάπτυξη των φυτών, κατασκευασμένο στο πρόγραμμα Stagecast Creator®, και ακολούθως να εντοπίσουν το τι πρέπει να κάνει ο κατασκευαστής του μοντέλου για να το βελτιώσει, υπαινίσσονται ότι οι ΠΕ δεν αναγνωρίζουν τα βασικά βήματα της διαδικασίας της βελτιωτικής ρύθμισης ενός μοντέλου. Πιο συγκεκριμένα, οι ΠΕ δεν εντόπισαν ότι η διαδικασία βελτίωσης ενός μοντέλου περιλαμβάνει: (α) λήψη επιπρόσθετων παρατηρήσεων, (β) πρόσθεση νέων στοιχείων και σχέσεων στο μοντέλο,

και (γ) συνεχείς συγκρίσεις του μοντέλου με τα δεδομένα ως βασικό στοιχείο των επαναλαμβανόμενων βελτιώσεων.

Η ΦΑ των απαντήσεων των ΠΕ σε αυτό το δοκίμιο έδειξε ότι πριν από την παρέμβαση τέσσερις από τους 21 ΠΕ δεν εκτιμούν τη διαδικασία συλλογής επιπρόσθετων δεδομένων ή παρατήρησης του φαινομένου ως σημαντικό κομμάτι της βελτιωτικής ρύθμισης του μοντέλου. Η απάντηση της ΠΕ 9 είναι χαρακτηριστική αυτής της δυσκολίας:

Το μοντέλο της Νεφέλης δεν είναι καλό. Αρχικά τα σπόρια δεν τοποθετήθηκαν κάτω από το έδαφος. Αγνοεί εντελώς τους παράγοντες που αναπτύσσουν ένα φυτό. Αρχικά το νερό πρέπει να μπει στο στόμιο του σπόρου. Μετά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης πρέπει το φυτό να βγάλει ρίζες. Αγνοεί και την αναπνοή, την κίνηση αερίων: $CO_2 \rightarrow O_2$. Αγνοεί την παραγωγή γλυκόζης. Δε δείχνει ρίζες (Προπειραματικό, ΠΕ 9).

Είναι φανερό ότι η ΠΕ αντιλαμβάνεται ότι το μοντέλο στερείται πολλών βασικών στοιχείων και διαδικασιών, αλλά αυτό που δεν αντιλαμβάνεται είναι τη σημασία της «επιστροφής» στο φαινόμενο μετά από την οικοδόμηση της πρώτης εκδοχής του μοντέλου, ώστε να γίνει σύγκριση και να βελτιωθεί το μοντέλο. Αντίθετα, ανακαλεί γνώσεις για το φαινόμενο και τις περιγράφει ώστε να περιληφθούν στο μοντέλο.

Όλες οι δυσκολίες που περιγράφηκαν μέχρι τώρα είναι επιστημολογικής φύσης. Εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία δυσκολιών γιατί σχετίζονται με την επιστημολογική ενημερότητα των ΠΕ και πιο συγκεκριμένα με την ικανότητά τους να κατανοήσουν είτε τη φύση των μοντέλων (π.χ. δυσκολία 4) είτε τη φύση της διαδικασίας της μοντελοποίησης (π.χ. δυσκολία 1). Η αποτυχία των εκπαιδευτικών να κατανοήσουν την επιστημολογία των μοντέλων και της μοντελοποίησης φαίνεται να δρα ως εμπόδιο που προωθεί την εμφάνιση των προαναφερόμενων δυσκολιών, οι οποίες με τη σειρά τους εμποδίζουν τη διδασκαλία και τη μαθησιακή διαδικασία γενικότερα.

Όπως έχει προαναφερθεί, για τον εντοπισμό των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι ΠΕ όταν μοντελοποιούν κάποιο φαινόμενο αναλύθηκαν δεδομένα που συλλέχθηκαν πριν, κατά τη διάρκεια ή μετά από την παρέμβαση. Σε σχέση με τα διαγνωστικά δοκίμια, θεωρούμε ότι ένας ΠΕ δεν αντιμετωπίζει μία δυσκολία όταν αυτή εντοπίζεται μόνο πριν από τη διδασκαλία. Αυτή η προϋπόθεση λήφθηκε για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε ή να συσχετίσουμε τις δυσκολίες μοντελοποίησης με τις παιδαγωγικές δυσκολίες που αντιμετωπίζει ένας ΠΕ (Κεφάλαιο 5.2.2.). Όταν αναλύθηκαν για παράδειγμα τα δεδομένα

που προέκυψαν από τη χορήγηση του προπειραματικού δοκιμίου 6, εντοπίστηκε ότι η ΠΕ 14 αντιμετώπιζε τη δυσκολία 4. Η ΠΕ 14 χρησιμοποιούσε επιφανειακά κριτήρια για να συγκρίνει τα τέσσερα διαφορετικά μοντέλα για τη λειτουργία του αγκώνα. Η ίδια δυσκολία δεν εντοπίστηκε κατά την ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν μεταπειραματικά από το ίδιο δοκίμιο, έτσι θεωρήσαμε ότι η διδασκαλία που έλαβε χώρα ανάμεσα στη χορήγηση του προπειραματικού και του πειραματικού δοκιμίου είναι υπεύθυνη για αυτή την αλλαγή και συνεπώς η ΠΕ 14 δεν αντιμετωπίζει αυτή τη δυσκολία μετά το πέρας του μαθήματος.

5.2.2. Παιδαγωγικές δυσκολίες: Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι ΠΕ όταν διδάσκουν την ικανότητα της μοντελοποίησης

Η ανάλυση των τελικών εργασιών και του αναστοχασμού που κατέγραψαν οι ΠΕ για τη διδασκαλία που σχεδίασαν και υλοποίησαν, έδειξε την ύπαρξη πέντε δυσκολιών παιδαγωγικής φύσης, δυσκολιών δηλαδή που σχετίζονται με την έλλειψη ικανότητας για προώθηση και ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης σε μαθητές δημοτικού σχολείου.

5.2.2.1. Δυσκολία 6: Οι ΠΕ δεν κατανοούν ή θεωρούν δεδομένη τη διαδικασία της βελτιωτικής ρύθμισης του μοντέλου.

Οι ΠΕ ανέπτυξαν και εφάρμοσαν ακολουθίες δραστηριοτήτων που αφορούσαν στην ανάπτυξη διαδοχικών μοντέλων για ένα συγκεκριμένο φαινόμενο από ένα μαθητή δημοτικού σχολείου. Κάποιοι από αυτούς δεν εφάρμοσαν ή δεν κατανόησαν το στάδιο της βελτιωτικής ρύθμισης του μοντέλου. Παρόλο που οι μαθητές τους ανέπτυξαν πολλαπλά διαδοχικά μοντέλα, οι ΠΕ δεν προώθησαν τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών ώστε οι μαθητές να νιώσουν την ανάγκη για βελτίωση του μοντέλου τους και συνεπώς να προχωρήσουν από το ένα μοντέλο στο διαδοχικό του.

Ο ΠΕ 12, για παράδειγμα, ανέπτυξε συνεργατικά με μία δωδεκάχρονη μαθήτριά διαδοχικά μοντέλα για το φαινόμενο της όξινης βροχής. Παρόλο που τελικά οικοδόμησαν πέντε μοντέλα, η μετάβαση από το ένα μοντέλο στο ακόλουθο παρουσιάστηκε στη μαθήτριά ως μια «αναγκαστική» διαδικασία παρά ως αποτέλεσμα μιας γνήσιας ανάγκης για βελτίωση του μοντέλου λόγω ασυνεπειών που προκύπτουν κατά τη σύγκρισή του με το φαινόμενο. Συνεπώς, η διαδικασία βελτίωσης του μοντέλου δεν προωθήθηκε. Το Διάγραμμα 44 παρουσιάζει τα διαδοχικά μοντέλα που οικοδομήθηκαν στο πλαίσιο της διδασκαλίας του ΠΕ 12. Η πρώτη εικόνα (μοντέλο 1α) δείχνει το μοντέλο που έφτιαξε η μαθήτριά στο

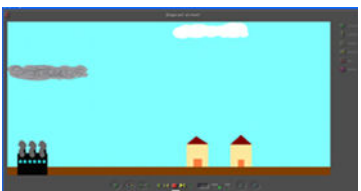
χαρτί, ενώ τα άλλα πέντε διαφορετικά διαδοχικά μοντέλα δημιουργήθηκαν στο πρόγραμμα SC[®].



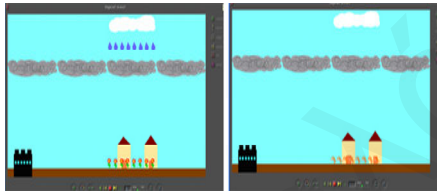
Μοντέλο 1α: Το πρώτο σχέδιο της μαθήτριας για να αναπαραστήσει το φαινόμενο (όξινη βροχή)*



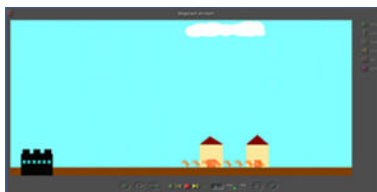
Μοντέλο 1β: Το εργοστάσιο παράγει καπνούς. Μαύρα σύννεφα υπάρχουν στην οθόνη του προγράμματος από την αρχή. Το άσπρο σύννεφο παράγει βροχή.*



Μοντέλο 2: Το εργοστάσιο παράγει καπνούς, οι οποίοι προκαλούν τη δημιουργία μαύρων σύννεφων. Το άσπρο σύννεφο παράγει βροχή.*



Μοντέλο 3: Το εργοστάσιο παράγει καπνούς, οι οποίοι προκαλούν τη δημιουργία μαύρων σύννεφων. Το άσπρο σύννεφο παράγει βροχή. Όταν ξεκινά η βροχή περνά από τα μαύρα σύννεφα και παράγεται όξινη βροχή που σκοτώνει τα λουλούδια.*



Μοντέλο 4: Το εργοστάσιο παράγει καπνούς που προκαλούν τα μαύρα σύννεφα. Το άσπρο σύννεφο παράγει βροχή. Όταν ξεκινά η βροχή περνά από τα μαύρα σύννεφα και παράγεται όξινη βροχή που σκοτώνει τα λουλούδια. Πατώντας ένα κουμπί οι καπνοί και τα μαύρα σύννεφα μπορούν να εξαφανιστούν.*



Μοντέλο 5: Το Μοντέλο 5 είναι πανομοιότυπο με το μοντέλο 4, εκτός από το ότι μόνο η όξινη βροχή σκοτώνει τα λουλούδια. Επιπλέον, προστέθηκε επεξηγηματικό για το μοντέλο σχόλιο στα αριστερά της σκηνής.*

* Περιγραφή που δίνεται από την ερευνήτρια για βοήθεια του αναγνώστη σε σχέση με τη λειτουργία του μοντέλου

Διάγραμμα 44. Διαδοχικά Μοντέλα για το Φαινόμενο της Όξινης Βροχής (Τελική Εργασία του ΠΕ 12)

Αυτό που συνέβηκε ήταν ότι ο ΠΕ 12 ζητούσε από τη μαθήτρια να βελτιώσει το μοντέλο της με συγκεκριμένους τρόπους, ή, στην καλύτερη περίπτωση, της ζητούσε να αξιολογήσει το μοντέλο της μελετώντας γραπτές πληροφορίες για το φαινόμενο. Για παράδειγμα, όταν η μαθήτρια σχεδίασε το πρώτο μοντέλο (μοντέλο 1α), ο ΠΕ 12 της ζήτησε να το μεταφέρει στο πρόγραμμα (SC[®]), αντί να της ζητήσει να εντοπίσει τις ατέλειες ή τα ελαττώματα του μοντέλου (π.χ. έλλειψη κίνησης στο χαρτί) και συνεπώς να δημιουργήσει την ανάγκη για βελτίωση του μοντέλου. Επιπλέον, για να παραινέσει τη μαθήτρια να βελτιώσει το πρώτο της μοντέλο στο πρόγραμμα SC[®] (μοντέλο 1β) ο ΠΕ 12 έκανε τα ακόλουθα (δικά του λόγια κατά τον αναστοχασμό του για το μάθημα):

Κατά τη διάρκεια της συνάντησης αυτής η μαθήτρια έπρεπε να κοιτάξει το μοντέλο της (μοντέλο 1β) και να εξετάσει κατά πόσο συνάδει με τα πραγματικά δεδομένα. Ήξερα ότι αυτό ήταν δύσκολο να το κάνει, μια και το φαινόμενο δεν είναι παρατηρήσιμο στη δική της καθημερινότητα. Έτσι, το μόνο που έπρεπε να κάνει ήταν να διαβάσει τις πηγές που βρήκα εγώ και

παρείχαν πληροφορίες για το φαινόμενο και να τις συνδέσει με εμπειρίες της από το φυσικό κόσμο (π.χ. δεν μπορεί να υπάρχει καπνός χωρίς πηγή που τον δημιουργεί).

Επιπρόσθετα, για τη μετάβαση από το μοντέλο 2 στο μοντέλο 3, ο ΠΕ 12 δήλωσε τα ακόλουθα:

Ακόμα ένα σημείο του μοντέλου που κλήθηκε να βελτιώσει ήταν η αλλαγή στο χρώμα της βροχής από κανονική σε όξινη.....της ζήτησα να εισηγηθεί τρόπους για να δείξει την αλλαγή. Όταν σκέφτηκε για λίγο κατέληξε σε έναν απλό και αποτελεσματικό τρόπο....

Το πρώτο απόσπασμα είναι χαρακτηριστικό του τρόπου που ο ΠΕ 12 δρούσε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας του. Ο ΠΕ 12 φαίνεται ότι καταλάβαινε ότι η σύγκριση του φαινομένου με το μοντέλο είναι κρίσιμης σημασίας για τη διαδικασία ανάπτυξης μοντέλου, αλλά δεν μπορούσε να βρει ένα τρόπο να το περιλάβει στη δομή της διδασκαλίας του. Έτσι, απλά έδινε στη μαθήτριά τις πληροφορίες για το φαινόμενο αντί την ευκαιρία να παρατηρήσει το φαινόμενο και να συλλέξει δεδομένα. Η μαθήτριά θα δυσκολευόταν να συλλέξει δεδομένα, αλλά θα μπορούσε ο ΠΕ 12 να της παρέχει πραγματικά δεδομένα, αντί πληροφορίες. Θα μπορούσε για παράδειγμα να της παρουσιάσει δεδομένα για την επιβίωση των φυτών σε διαφορετικές περιοχές (π.χ. βιομηχανικές περιοχές, δασικές περιοχές κτλ) και να της ζητήσει να αναγνωρίσει πιθανά μοτίβα που προκύπτουν από αυτά. Το δεύτερο απόσπασμα από τον αναστοχασμό του ΠΕ 12 υποδεικνύει την ανεπιτυχή προσπάθειά του να καθοδηγήσει τη μαθήτριά προς τη βελτίωση του μοντέλου της. Παρουσιάζει στη μαθήτριά την αλλαγή που πρέπει να γίνει και το μόνο που πρέπει αυτή να σκεφτεί είναι τον τεχνικό τρόπο (στο πρόγραμμα) για να το πετύχει.

Την ίδια δυσκολία φαίνεται να αντιμετωπίζει και η ΠΕ 10, η οποία σε συνεργασία με τη μαθήτριά της μοντελοποίησαν το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης των φυτών. Ανάμεσα στα τελικά της σχόλια για τη διδασκαλία της, η ΠΕ 10 ανέφερε τα ακόλουθα:

...με ελάχιστες αλλαγές που έκανε η μαθήτριά από μόνη της, οικοδόμησε τελικά έξι διαδοχικά μοντέλα, τα οποία στην πραγματικότητα δεν πολύ-διαφέρουν αν τα συγκρίνεις μεταξύ τους.... Το τελικό μοντέλο είναι αυτό που η ίδια η μαθήτριά θεώρησε ως το καταλληλότερο για να αναπαραστήσει το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης.

Είναι ξεκάθαρο από τα λόγια της ΠΕ 10 ότι δεν προσπάθησε να εμπλέξει τη μαθήτριά σε μία γνήσια διαδικασία βελτιωτικής ρύθμισης του αρχικού της μοντέλου, και ακόμα και αν το έκανε, δεν κατάφερε να έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Προσεκτικότερη ανάλυση

των βημάτων που έκαναν όλοι οι ΠΕ κατά τη διδασκαλία τους έδειξε ότι εννιά από τους 21 αντιμετωπίζουν αυτή την παιδαγωγική δυσκολία.

5.2.2.2. Δυσκολία 7: Οι ΠΕ τείνουν να υιοθετούν το ρόλο της αυθεντίας και θεωρούν προσωπική τους ευθύνη να μεταδώσουν στους μαθητές σωστές επιστημονικές πληροφορίες για το φαινόμενο που μοντελοποιείται.

Η ανάλυση των τελικών εργασιών των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών έδειξε ότι τρεις από τους 21 εκλαμβάνουν τους εαυτούς τους ως αυθεντίες κατά τη διδασκαλία τους. Υποθέτουν ότι η επαγγελματική τους ευθύνη αφορά στη μετάδοση των «σωστών» επιστημονικών πληροφοριών στους μαθητές, οι οποίοι καλούνται ακολούθως να οικοδομήσουν ή να βελτιώσουν το μοντέλο τους.

Η ΠΕ 10, για παράδειγμα, ζήτησε αρχικά από τη μαθήτριά της, που σύμφωνα με τη γνώμη της (ΠΕ) «ήξερε πολλά για το θέμα» να σχεδιάσει ένα μοντέλο για το φαινόμενο σε ένα χαρτί και μετά ένα μοντέλο στο πρόγραμμα SC[®]. Ακολούθως διεξήγαγαν ένα πείραμα που αφορούσε στην επίδραση της ηλιοφάνειας στην ανάπτυξη του φυτού και η μαθήτρια κλήθηκε να αξιολογήσει το μοντέλο της σύμφωνα με τις νέες πληροφορίες που προέκυψαν από τη διεξαγωγή του πειράματος. Μέχρι αυτό το σημείο η διαδικασία φαίνεται να ακολουθούσε τα επιστημονικά πρότυπα. Παρόλα αυτά, αντί η διαδικασία να εστιάσει και να δομηθεί γύρω από τα πειράματα που διεξήχθησαν και τα αποτελέσματά τους, η ΠΕ 10 έδωσε στη μαθήτρια επιπλέον υλικό (πληροφορίες σε μία παρουσίαση στο πρόγραμμα PowerPoint) που περιλάμβανε πληροφορίες σχετικά με το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης:

Για να τη βοηθήσω της έδωσα μία παρουσίαση στο Powerpoint. Ήθελα το μοντέλο της να είναι σωστό. Αυτός είναι ο λόγος που της έδωσα τις ορθές επιστημονικά πληροφορίες.

Φαίνεται ότι η ΠΕ 10 δεν εμπιστευόταν τα αποτελέσματα των πειραμάτων που διεξήγαγαν και θεώρησε ότι δεν ήταν σαφή για τη μαθήτρια. Αντί να προχωρήσει σε επανάληψη των πειραμάτων ή αντί να τα χειριστεί με τρόπο που θα ήταν κατανοητός στη μαθήτρια, θεώρησε πιο χρήσιμο να της δώσει τις «ακριβείς και ορθές» πληροφορίες μέσω της παρουσίασης.

5.2.2.3. Δυσκολία 8: Οι ΠΕ υπερθεματίζουν το ρόλο των αντικειμένων σε ένα μοντέλο κατά τη διδασκαλία τους.

Οκτώ εκ των 21 ΠΕ υπερθεμάτισαν το ρόλο των αντικειμένων στα μοντέλα που ανέπτυξαν σε συνεργασία με τους μαθητές τους. Η ΠΕ 8 εφάρμοσε διδασκαλία που σχετιζόταν με «τη ζωή των καρχαριών» σε συνεργασία με ένα 12χρονο μαθητή. Το

Διάγραμμα 45 παρουσιάζει τα πέντε διαφορετικά διαδοχικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν κατά τη διδασκαλία. Είναι ξεκάθαρο ότι η ΠΕ 8 υπερθεμάτισε ή τουλάχιστον δεν έκανε κάτι για να αποτρέψει την περίληψη μεγάλου αριθμού αντικειμένων, σε σχέση με άλλα στοιχεία του μοντέλου. στο μοντέλο του μαθητή της. Το μοντέλο 1 περιλαμβάνει δύο αντικείμενα (καρχαρίας, ψάρι), δύο διαδικασίες (κίνηση, τροφή), και μία αλληλεπίδραση ανάμεσα σε αντικείμενα (ο καρχαρίας τρώει το ψάρι). Το δεύτερο μοντέλο διαφέρει από το πρώτο στο ότι περιλαμβάνει και την κίνηση ενός αντικειμένου (ψάρι 1). Η βελτίωση από το μοντέλο 2 στο μοντέλο 3 και από το μοντέλο 3 στο μοντέλο 4 έχει αισθητική χροιά (αλλαγή στην εμφάνιση των αντικειμένων-ψαριών και του περιβάλλοντος). Τέλος, το μοντέλο 5 είναι βελτιωμένο σε σχέση με τα προηγούμενα σε σχέση με το ότι περιέχει τρία επιπλέον αντικείμενα (ψάρια) και μία μόνο επιπλέον διαδικασία (επίθεση καρχαρία). Όλα τα μοντέλα του μαθητή είναι αντικειμενοκεντρικά και η διαδικασία βελτίωσής τους αφορά κυρίως σε αλλαγές στα αντικείμενα που περιλαμβάνουν.



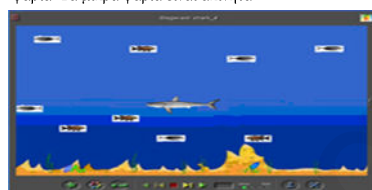
Μοντέλο 1: Ο καρχαρίας κινείται και τρώει τα μικρά ψάρια. Τα μικρά ψάρια είναι ακίνητα*



Μοντέλο 2: Ο καρχαρίας και τα μικρά ψάρια κινούνται. Ο Καρχαρίας τρώει τα μικρά ψάρια.*



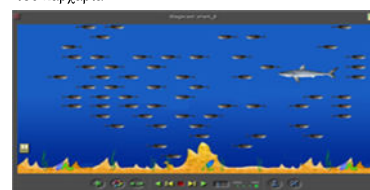
Μοντέλο 3: Αλλαγή στην εμφάνιση των ψαριών και του καρχαρία.*



Μοντέλο 4: Αισθητικές βελτιώσεις του μοντέλου 3*



Μοντέλο 5: Σκηνή 1: Ο καρχαρίας κινείται και τρώει το ψάρι 1. Το ψάρι 1 κινείται επίσης στο περιβάλλον.*



Μοντέλο 5: Σκηνή 2: Ο καρχαρίας κινείται και τρώει το ψάρι 2. Το ψάρι 2 κινείται επίσης στο περιβάλλον.*



Μοντέλο 5: Σκηνή 3: Ο καρχαρίας κινείται και τρώει το ψάρι 3 (μεγαλύτερο από το ψάρι 1 και 2). Το ψάρι 3 κινείται επίσης στο περιβάλλον.*



Μοντέλο 5: Σκηνή 4: Ο καρχαρίας κινείται και επιτίθεται στις φάλαινες. Οι φάλαινες κινούνται επίσης στο περιβάλλον.*

* Περιγραφή που δίνεται από την ερευνήτρια για βοήθεια του αναγνώστη σε σχέση με τη λειτουργία του μοντέλου

Διάγραμμα 45. Διαδοχικά Μοντέλα για τη Διατροφή σε ένα Θαλάσσιο Οικοσύστημα (Τελική Εργασία της ΠΕ 8)

5.2.2.4. Δυσκολία 9: Οι ΠΕ υπερθεματίζουν στη διδασκαλία τους το ρόλο των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα αντικείμενα του μοντέλου παρά οποιωνδήποτε άλλων στοιχείων.

Η ΠΕ 1 οικοδόμησε σε συνεργασία με το 12χρονο μαθητή της ένα μοντέλο που περιγράφει τις τροφικές σχέσεις συγκεκριμένων οργανισμών (αετός, λύκος, αρσενική και θηλυκή αλεπού, κότα, κόκορας, κοτοπουλάκι, πουλί). Η ανάλυση των στοιχείων του

τελικού μοντέλου που οικοδομήθηκε και το οποίο προέκυψε από τη διδασκαλία της ΠΕ 1, έδειξε την κυριαρχία των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου έναντι οποιουδήποτε άλλου στοιχείου του (αντικειμένων, μεταβλητών, διαδικασιών). Προσεκτική ανάλυση των διαδοχικών μοντέλων έδειξε επιπρόσθετα την κυριαρχία των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα αντικείμενα έναντι άλλων αλληλεπιδράσεων. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν 19 αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα (π.χ. Ο αετός τρώει την κότα όταν τα δύο ζώα συναντιούνται.) και μόνο οκτώ αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε μεταβλητές και διαδικασίες (π.χ. Η ενέργεια του αετού ελαττώνεται όταν κινείται). Ο Πίνακας 52 παρέχει λεπτομερή περιγραφή των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα στοιχεία του τελικού μοντέλου της διδασκαλίας της ΠΕ 1 που εντοπίστηκαν κατά την ανάλυση.

Πίνακας 52

Αλληλεπιδράσεις των Στοιχείων του Μοντέλου που Προέκυψε από τη Διδασκαλία της ΠΕ 1

Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα	Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε μεταβλητές και διαδικασίες
1. Αετός-κότα: Ο αετός τρώει την κότα	1. Ενέργεια αετού-κίνηση αετού: Η ενέργεια του αετού ελαττώνεται όταν κινείται.
2. Αετός-κόκορας: Ο αετός τρώει τον κόκορα	2. Ενέργεια λύκου-κίνηση λύκου: Η ενέργεια του λύκου ελαττώνεται όταν κινείται.
3. Αλεπού-κόκορας: Η αλεπού τρώει τον κόκορα	3. Ενέργεια αετού-θάνατος αετού: Όταν η ενέργεια του αετού φτάσει στο μηδέν, πεθαίνει.
4. Αλεπού-κότα: Η αλεπού τρώει την κότα	4. Ενέργεια λύκου-θάνατος λύκου: Όταν η ενέργεια του λύκου φτάσει στο μηδέν, πεθαίνει.
5. Λύκος-κόκορας: Ο λύκος τρώει τον κόκορα	5. Ενέργεια αρσενικής αλεπούς-θάνατος αρσενικής αλεπούς: Όταν η ενέργεια της αρσενικής αλεπούς φτάσει στο μηδέν, πεθαίνει.
6. Λύκος-κότα: Ο λύκος τρώει την κότα	6. Ενέργεια θηλυκής αλεπούς-θάνατος θηλυκής αλεπούς: Όταν η ενέργεια της θηλυκής αλεπούς φτάσει στο μηδέν, πεθαίνει.
7. Κότα-σκουλήκι: Η κότα τρώει το σκουλήκι	7. Ενέργεια αρσενικής αλεπούς-τροφή αρσενικής αλεπούς: Όταν η αρσενική αλεπού τρώει, η ενέργειά της αυξάνεται.
8. Κότα-λουλούδια: Η κότα τρώει λουλούδια.	8. Ενέργεια μικρού κοτόπουλου-ανάπτυξη μικρού κοτόπουλου: Όταν η ενέργεια του μικρού κοτόπουλου αυξάνεται μέχρι ενός προκαθορισμένου ορίου, το κοτοπουλάκι μετατρέπεται σε κότα ή κόκορα.
9. Κότα-σιτάρι: Η κότα τρώει σιτάρι.	
10. Κότα-σπόροι: Η κότα τρώει σπόρους.	
11. Κότα-καλαμπόκι: Η κότα τρώει καλαμπόκι.	
12. Κόκορας-λουλούδια: Ο κόκορας τρώει λουλούδια.	
13. Κόκορας-σιτάρι: Ο κόκορας τρώει σιτάρι.	
14. Κόκορας-σπόροι: Ο κόκορας τρώει σπόρους.	
15. Κόκορας-καλαμπόκι: Ο κόκορας τρώει καλαμπόκι	
16. Κόκορας-σκουλήκι: Ο κόκορας τρώει το σκουλήκι	
17. Κοτοπουλάκι-λουλούδια: Το κοτοπουλάκι τρώει τα λουλούδια.	
18. Κότα-κόκορας: Η κότα γεννά κοτοπουλάκι.	
19. Θηλυκή αλεπού-αρσενική αλεπού: Η θηλυκή αλεπού γεννά μικρό αλεπουδάκι, όταν τα δύο ζώα συναντιούνται.	

Κατά την ανάλυση των τελικών μοντέλων που προέκυψαν από τη διδασκαλία όλων των ΠΕ βρέθηκε ότι δέκα από τους 21 αντιμετωπίζουν αυτή την παιδαγωγική δυσκολία κατά τη διδασκαλία τους.

Οι δύο τελευταίες δυσκολίες (8 και 9) φαίνεται να σχετίζονται με την έλλειψη ικανότητας προώθησης της μοντελοποίησης ως μίας διαδικασίας κατανόησης του υποκείμενου μηχανισμού των φαινομένων. Οι ΠΕ δεν έδωσαν έμφαση στις διαδικασίες και στις μεταβλητές των μοντέλων που οικοδομούσαν οι μαθητές τους, αλλά στα αντικείμενά τους. Φαίνεται ότι αντιμετωπίζουν προβλήματα στο να κατανοήσουν το σημαντικό ρόλο των

φυσικών ποσοτήτων της επιστήμης και συνεπώς δεν ασχολούνται με το να βοηθήσουν τους μαθητές τους να τις περιλάβουν στα μοντέλα τους. Αντί αυτού εστιάζουν στα εμφανή στοιχεία, τα αντικείμενα και τις αλληλεπιδράσεις τους.

5.2.2.5. Δυσκολία 10: Οι ΠΕ τείνουν να ενθαρρύνουν τους μαθητές τους να προβαίνουν σε αισθητικές βελτιώσεις των μοντέλων τους.

Η ανάλυση των τελικών εργασιών των ΠΕ έδειξε ότι δίνουν έμφαση ιδιαίτερα στις αισθητικές βελτιώσεις των μοντέλων των μαθητών τους. Εφτά από τους 21 ΠΕ περιέλαβαν συγκεκριμένη φάση στη διδασκαλία τους κατά την οποία παρακινούσαν το μαθητή να βελτιώσει αισθητικά το μοντέλο του. Αυτή η δυσκολία είναι ξεκάθαρη στα διαδοχικά μοντέλα που έφτιαξε ο μαθητής της ΠΕ 8 και φαίνονται στο Διάγραμμα 45, όπου τόσο η μετάβαση από το μοντέλο 2 στο μοντέλο 3 όσο και η μετάβαση από το μοντέλο 3 στο μοντέλο 4 έχουν μία αισθητική χροιά (αισθητικές και επιφανειακές αλλαγές των ψαριών και του περιβάλλοντος του προγράμματος γενικότερα).

Η ΠΕ 21 αντιμετώπισε επίσης αυτή τη δυσκολία. Παρακάτω φαίνεται ο αναστοχασμός της σε σχέση με τις αισθητικές αλλαγές που προώθησε στα μοντέλα του μαθητή της:

...του ζήτησα να ελέγξει κατά πόσο υπάρχει ανάγκη βελτίωσης του μοντέλου του. Δεν μπορούσε να προτείνει κάποια αλλαγή για βελτίωση. Έτσι, εισηγήθηκα να ενισχύσει το μοντέλο με λόγια που να εξηγούν τι κάνει το μοντέλο καθώς επίσης να ωραιοποιήσει την εμφάνιση των αντικειμένων του μοντέλου (γη, ήλιος, κλπ), ώστε να προσομοιάζουν την πραγματικότητα. Του άρεσαν οι ιδέες μου και εφάρμοσε τις αλλαγές.

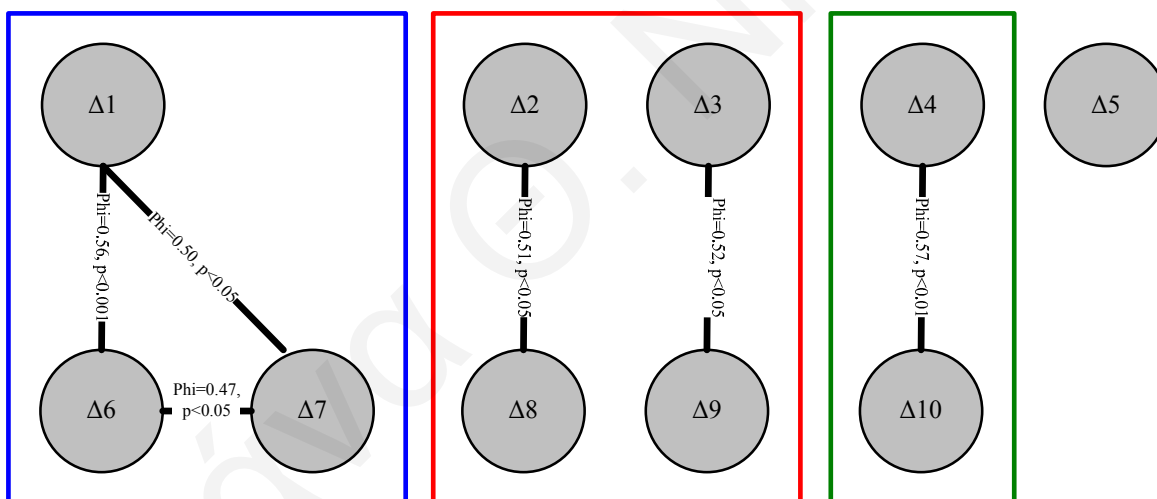
Η ΠΕ 21 θεωρεί τις αισθητικές βελτιώσεις του μοντέλου ως αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας της βελτιωτικής ρύθμισης του μοντέλου και συνεπώς προτρέπει το μαθητή της να το περιλάβει στη διαδικασία της μοντελοποίησης του φαινομένου (κύκλος μέρας-νύχτας).

5.2.3. Συσχετισμός των επιστημολογικών και των παιδαγωγικών δυσκολιών

Επιπλέον ανάλυση των αποτελεσμάτων παρουσίασε ένα ενδιαφέρον μοτίβο που περιγράφεται στο Διάγραμμα 46 και το οποίο αφορά στις δυσκολίες που εντοπίστηκαν στο πλαίσιο αυτής της έρευνας. Η στατιστική ανάλυση που περιέλαβε όλες τις δυσκολίες έδειξε στατιστικά σημαντικές σχέσεις ανάμεσα σε αυτές. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος

συσχέτισης μεταξύ δυσκολιών με την βοήθεια του ελέγχου ανεξαρτησίας χ^2 . Το βαθμό συσχέτισης μεταξύ των δυσκολιών κατέδειξε ο συντελεστής Phi (Field, 2005).

Οι γραμμές που ενώνουν τις διάφορες δυσκολίες ($\Delta 1$ - $\Delta 10$) στο διάγραμμα δεν υπαινίσσονται αιτιακές σχέσεις ούτε ότι η μία δυσκολία συσχετίζεται με την άλλη. Ωστόσο, υποδεικνύονται τάσεις ανάμεσα στα δεδομένα. Υποδεικνύεται ότι οι ΠΕ που τείνουν να αντιμετωπίζουν τη δυσκολία στο ένα άκρο της γραμμής τείνουν, επίσης, να αντιμετωπίζουν τη δυσκολία στο άλλο άκρο της. Για παράδειγμα, υποθέτουμε ότι οι ΠΕ που αντιμετωπίζουν τη δυσκολία 3, αυτοί δηλαδή που οικοδομούν μοντέλα που περιλαμβάνουν περισσότερες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα παρά αλληλεπιδράσεις οποιουδήποτε άλλου είδους, τείνουν επίσης να αντιμετωπίζουν τη δυσκολία 9, τείνουν, δηλαδή, να καθοδηγούν τους μαθητές τους να κάνουν το ίδιο υπερθεματίζοντας το ρόλο των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα αντικείμενα παρά οποιουδήποτε άλλο είδος αλληλεπιδράσεων.



Διάγραμμα 46. Συσχετισμός των Επιστημολογικών και των Παιδαγωγικών Δυσκολιών

Παρουσιάζονται δύο διαφορετικά παραδείγματα προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών που αντιμετωπίζουν συνδυασμούς αυτών των δυσκολιών. Η ΠΕ 10 αντιμετωπίζει την επιστημολογική δυσκολία 1 ($\Delta 1$) και πιστεύει ότι για να οικοδομηθεί ένα μοντέλο ο κατασκευαστής πρέπει να γνωρίζει ακριβώς τη λειτουργία του φαινομένου (επαναλαμβάνει αυτή την ιδέα πολλές φορές στις σύγχρονες συζητήσεις που έλαβαν χώρα στο πλαίσιο του μαθήματος). Ταυτόχρονα, θεωρεί τον εαυτό της ως αυθεντία και πιστεύει ότι η επαγγελματική της ευθύνη αφορά στη μετάδοση των ορθών επιστημονικών πληροφοριών στη μαθήτριά της ($\Delta 7$) (παρέχει στη μαθήτριά τις «ορθές» πληροφορίες μέσα από μία παρουσίαση στο πρόγραμμα Powerpoint, αντί να εστιάζει στα αποτελέσματα του πειράματος). Ο συσχετισμός των δύο δυσκολιών ($\Delta 1$ - $\Delta 7$: $\phi=0,5$, $p<0,05$) μπορεί να αποτελέσει ένδειξη του γεγονότος ότι μία εκ των δύο δυσκολιών, πιθανότατα η $\Delta 1$, δρα ως

εμπόδιο στη διδασκαλία των ΠΕ και συνεπώς εμφανίζεται η άλλη δυσκολία (πιθανότατα η Δ7), ή αντίστροφα.

Άλλο ένα παράδειγμα αφορά στην ΠΕ 8. Αντιμετωπίζει τη δυσκολία 4 (Δ4), εφόσον χρησιμοποιεί αισθητικά κριτήρια για να συγκρίνει πολλαπλά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο (κατά τη σύγκριση των τεσσάρων μοντέλων για τη λειτουργία του αγκώνα για το προπαιραματικό δοκίμιο 6) και τη δυσκολία 10 (Δ10), αφού προτρέπει το μαθητή της να βελτιώσει το μοντέλο του με βάση αισθητικά κριτήρια (περιλαμβάνει στη διδασκαλία της συγκεκριμένη φάση κατά την οποία καλεί το μαθητή να βελτιώσει την εμφάνιση των αντικειμένων του μοντέλου του). Υποθέτουμε ότι είναι πιθανόν η Δ4 να δρα ως εμπόδιο κατά τη διάρκεια της διδακτικής προσπάθειας της ΠΕ για προώθηση της ικανότητας της μοντελοποίησης και συνεπώς εμφανίζεται η Δ10, ή αντίστροφα.

Χρησιμοποιήσαμε τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για να περιγράψουμε ποιοτικά τις προσπάθειες των ΠΕ για προώθηση της ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης σε μαθητές δημοτικού σχολείου. Αυτά τα αποτελέσματα υπαινίσσονται την ύπαρξη των ακόλουθων τριών διαφορετικών αξόνων θεωρητικών προσεγγίσεων της διδασκαλίας της μοντελοποίησης:

- **Γραμμικοί κατασκευαστές μοντέλων** (Linear modelers): (Δ1, Δ6 και Δ7)
- **Αντικειμενοστρεφείς κατασκευαστές μοντέλων** (object-oriented modelers) (Δ2-Δ8 ή Δ3-Δ9)
- **Αισθητικά προσανατολισμένοι κατασκευαστές μοντέλων** (aesthetic modelers) (Δ4 και Δ10)

Ένας κατασκευαστής μοντέλου που χαρακτηρίζεται από την πρώτη θεωρητική προσέγγιση (*γραμμικός κατασκευαστής μοντέλων*) δεν μπορεί να αντιληφθεί τη μοντελοποίηση ως κυκλική διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει την οικοδόμηση μοντέλου και διαδοχικών βελτιωτικών ρυθμίσεων μετά από τη σύγκρισή του με το υπό μελέτη φαινόμενο. Αντίθετα, θεωρεί τη μοντελοποίηση ως γραμμική διαδικασία, με ένα αρχικό και ένα τελικό σημείο, κατά την οποία το φαινόμενο αναπαρίσταται με το σωστό τρόπο. Ακόμα και αν διενεργεί κάποιες βελτιώσεις στο αρχικό μοντέλο, οι βελτιώσεις δεν είναι αποτέλεσμα της σύγκρισης του μοντέλου και των δεδομένων ή του φαινομένου. Αυτοί οι εκπαιδευτικοί εμπλέκουν τους μαθητές τους στην ίδια διαδικασία. Σχεδιάζουν τη διδασκαλία τους, ώστε να ακολουθεί μία γραμμική πορεία, κατά την οποία οι μαθητές μελετούν το φαινόμενο και οικοδομούν ένα ή περισσότερα μοντέλα, τα οποία δεν είναι αποτέλεσμα της σύγκρισης της

κάθε εκδοχής του μοντέλου με το φαινόμενο ή άλλα μοντέλα του ίδιου φαινομένου, αλλά είναι αποτέλεσμα της προσθήκης πληροφοριών που παρέχονται από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό ή από άλλη πηγή «σωστών» επιστημονικών πληροφοριών.

Οι αντικειμενοστρεφείς κατασκευαστές μοντέλων (object-oriented modelers) και οι αισθητικά προσανατολισμένοι κατασκευαστές μοντέλων είναι οι εκπαιδευτικοί που δίνουν έμφαση σε επιφανειακά, εξωτερικά χαρακτηριστικά του φαινομένου. Συνεπώς, τα μοντέλα τους περιλαμβάνουν περισσότερα αντικείμενα ή είναι αισθητικά προσανατολισμένα. Είναι πιθανόν οι εκπαιδευτικοί που ακολουθούν αυτούς τους θεωρητικούς άξονες διδασκαλίας να θεωρούν τη μοντελοποίηση ως μια διαδικασία αναπαράστασης. Αποδίδουν στον κατασκευαστή του μοντέλου την ευθύνη αναπαράστασης των προφανών μερών του φαινομένου και όχι των φυσικών ποσοτήτων ή του υποκείμενου μηχανισμού που σχετίζεται με αυτό. Αυτοί οι εκπαιδευτικοί είναι ευαίσθητοι στην καθοδήγηση των μαθητών σε μια διαδικασία βελτιωτικής ρύθμισης μοντέλου που βασίζεται σε φαινομενολογικά χαρακτηριστικά του φαινομένου παρά σε χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το μηχανισμό λειτουργίας του.

5.3. Συνεργασία ανάμεσα στους φοιτητές σε τοπικό και εξ αποστάσεως επίπεδο: Επιτυχία δραστηριοτήτων

Κατά τη διάρκεια του μαθήματος οι συζητήσεις των ΠΕ που λάμβαναν χώρα εντός της ομάδας, ή ανάμεσα στις ομάδες εντός της τάξης οπτικογραφούνταν. Η ανάλυση αυτών των συζητήσεων, αλλά και των ασύγχρονων συζητήσεων στο Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας έδειξε την επιτυχία ή όχι των δραστηριοτήτων των δύο πακέτων διδακτικού υλικού που εφαρμόστηκαν στο μάθημα και παρουσιάζεται στους πίνακες που ακολουθούν και περιλαμβάνουν την ανάλυση της κάθε δραστηριότητας (Πίνακες 54, 56, 58 κ.ο.κ. μέχρι τον Πίνακα 108). Σε κάθε Πίνακα η πρώτη στήλη παρουσιάζει το σκοπό της δραστηριότητας ή του μέρους της δραστηριότητας και η δεύτερη στήλη τα αυτοκαθοριζόμενα μέρη που προέκυψαν από την ανάλυση της συνεργασίας ανάμεσα στους ΠΕ. Η σειρά με την οποία παρουσιάζονται τα μέρη της κάθε δραστηριότητας ταυτίζεται με τη χρονική εξέλιξη των μερών. Η τρίτη στήλη του Πίνακα παρουσιάζει τον αριθμό των συμμετεχόντων σε κάθε συζήτηση και η τέταρτη το δείκτη ομοιογένειας^{xxi} της συζήτησης που αναπτύχθηκε σε κάθε ένα από τα αυτοκαθοριζόμενα μέρη. Οι επόμενες δύο στήλες αφορούν στο αν η συνεργασία που αναπτύχθηκε ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς σε κάθε αυτοκαθοριζόμενο μέρος ήταν παραγωγική (πέμπτη στήλη)^{xxii} ή αποτελεσματική (έκτη στήλη)^{xxiii}. Τέλος, η έβδομη στήλη συνοψίζει με βάση τις τρεις προηγούμενες αν η συνεργασία που αναπτύχθηκε στο συγκεκριμένο μέρος της δραστηριότητας ήταν υψηλής ποιότητας. Αν ο δείκτης ομοιογένειας είναι χαμηλός (δες Πίνακα 10 για τα όρια του δείκτη ανάλογα με τον αριθμό των συμμετεχόντων) και η συνεργασία παραγωγική και αποτελεσματική, τότε θεωρούμε ότι η συνεργασία είναι υψηλής ποιότητας. Οι πίνακες 53, 55, 57 κ.ο.κ μέχρι τον Πίνακα 107 παρουσιάζουν τους στόχους, τα εργαλεία και το επίπεδο συνεργασίας στο οποίο λαμβάνει χώρα κάθε δραστηριότητα.

^{xxi} Η ανομοιογένεια της συνεισφοράς των συμμετεχόντων υπολογίζεται ως το άθροισμα των τυπικών αποκλίσεων των ατομικών ποσοτικών συνεισφορών των ατόμων σε σχέση με την ομαδική συνεισφορά. Όσο πιο μικρός είναι ο δείκτης, τόσο πιο ομοιογενής είναι η συζήτηση. Βλέπε κεφάλαιο 4.9.2. για λεπτομερέστερη ανάλυση του όρου.

^{xxii} Παραγωγική συνεργασία θεωρείται η συνεργασία κατά την οποία γίνεται προσπάθεια εξωτερίκευσης των απόψεων ενός ή περισσότερων ΠΕ, εκμείωσης των ιδεών της ομάδας κυρίως μέσω αμφισβήτησης των απόψεων και ένα εκ των ακόλουθων: α) γρήγορη οικοδόμηση συναίνεσης, β) οικοδόμηση συναίνεσης μέσα από ενοποίηση των ιδεών, γ) οικοδόμηση συναίνεσης μέσα από αντιπαράθεση. Βλέπε κεφάλαιο 4.9.2. για λεπτομερέστερη ανάλυση του όρου.

^{xxiii} Αποτελεσματική συνεργασία θεωρείται αυτή κατά την οποία οι στόχοι μιας δραστηριότητας ή ενός μέρους της δραστηριότητας έχουν επιτευχθεί ως αποτέλεσμα της συνεργασίας εντός της ομάδας, εντός ομάδων ή εντός της ομάδας ή των ομάδων και του εκπαιδευτικού. Βλέπε κεφάλαιο 4.9.2. για λεπτομερέστερη ανάλυση του όρου.

Αρχικά είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι για τις δραστηριότητες 1, 4, 5, 14, 19, 23, 24^{xxiv}, 27, 28, 34, 38 και τα μεταγνωστικά σχόλια 1, 4, και 5 δεν υπάρχουν δεδομένα είτε γιατί λόγω τεχνικών ή άλλων προβλημάτων δεν πέτυχε η οπτικογράφηση, είτε λόγω του ότι η ομάδα δεν έκανε τη δραστηριότητα εντός της αίθουσας διδασκαλίας.

5.3.1. Πρώτο πακέτο διδακτικού υλικού (ΔΥ1): ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης

5.3.1.1. Δραστηριότητα 2: Δεξιότητα παρατήρησης

Ο Πίνακας 53 παραθέτει τα στοιχεία που περιγράφουν τη δραστηριότητα 2.

Πίνακας 53

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 2

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
2.1. Καταγραφή παρατηρήσεων σε σχέση με βίντεο για τη ζωή στο βυθό	-Πρόγραμμα παρακολούθησης βίντεο -Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: α) Καταγραφή ιδεών σε ατομικό επίπεδο β) Ανταλλαγή απόψεων σε ομαδικό επίπεδο	Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα στα μέλη μιας ομάδας
2.2. Συζήτηση για τη φύση των παρατηρήσεων	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
2.3. Ταξινόμηση δηλώσεων σε παρατηρήσεις	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
2.4. Ανάπτυξη ορισμού για τις παρατηρήσεις	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας	Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες

Σε σχέση με τον πρώτο σκοπό της δραστηριότητας 2 οι ΠΕ κατέγραψαν αρχικά τις παρατηρήσεις τους ατομικά στο χώρο των ασύγχρονων συζητήσεων του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος, ακολούθως διάβασαν τις συνεισφορές των υπόλοιπων μελών της ομάδας και συνέκριναν τις παρατηρήσεις τους καταγράφοντας διαφορές και ομοιότητες. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι και τα δύο αυτοκαθοριζόμενα μέρη της δραστηριότητας 2.1. ήταν επιτυχημένα και προώθησαν αποτελεσματική συνεργασία ανάμεσα στην ομάδα (Πίνακας 54).

Το δεύτερο μέρος της δραστηριότητας 2 αφορούσε σε συζήτηση εντός της ομάδας για τη φύση των παρατηρήσεων. Οι ΠΕ συζήτησαν σε σχέση με το περιεχόμενο του βίντεο που παρακολούθησαν και εξέφρασαν τις αρχικές τους απόψεις για τις ερωτήσεις που είχαν μπροστά τους. Ακολούθως ενημέρωσαν το τρίτο μέλος της ομάδας τους, που δεν παρευρισκόταν από την αρχή του μαθήματος μαζί τους, σε σχέση με το τι έκαναν μέχρι

^{xxiv} Η δραστηριότητα 24, που αφορούσε στην τρίτη φάση της βελτιωτικής ρύθμισης του μοντέλου των ομάδων, ολοκληρώθηκε εκτός της καθορισμένη ώρας του μαθήματος σε περίοδο διακοπών (Πάσχα), λόγω έλλειψης χρόνου.

εκείνη τη στιγμή. Αυτή η ενημέρωση είχε τη μορφή συζήτησης που οδήγησε στη λήψη απόφασης σε σχέση με την τελική απάντηση της ομάδας. Τέλος, ακολούθησε συζήτηση που αφορούσε στο ποιες αισθήσεις χρησιμοποιούνται κατά την παρατήρηση. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι δύο από τα τρία αυτοκαθοριζόμενα μέρη της άσκησης 2.2. ήταν επιτυχημένα και προώθησαν αποτελεσματική συνεργασία ανάμεσα στην ομάδα (Πίνακας 54).

Για να εκπληρώσουν τον τρίτο στόχο της άσκησης, οι ΠΕ ταξινόμησαν διάφορες δηλώσεις σε παρατηρήσεις. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε σε δύο από αυτές τις δηλώσεις: *Η γη γυρίζει γύρω από τον άξονά της* και *Όταν καταπιώ δηλητήριο θα πεθάνω*. Τέλος, επανέλαβαν τις απαντήσεις τους σε σχέση με τις δηλώσεις και διαμόρφωσαν την τελική απάντηση. Αυτό το μέρος της δραστηριότητας 2 περιλαμβάνει δύο μέρη που προώθησαν υψηλής ποιότητας συνεργασία και δύο κατά τα οποία οι ΠΕ δε συνεργάστηκαν επιτυχημένα (Πίνακας 54).

Πίνακας 54

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (ομάδα 4): Δραστηριότητα 2

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ;
2.1. Καταγραφή παρατηρήσεων για τη ζωή στο βυθό	Ατομική καταγραφή παρατηρήσεων	3	0	-	-	
	Σύγκριση των παρατηρήσεων με αυτές των υπόλοιπων μελών της ομάδας	3	0	ναι	ναι	NAI
2.2. Συζήτηση για τη φύση των παρατηρήσεων	-Συζήτηση για το τι παρατήρησαν στο βίντεο	2	0,7	ναι	ναι	NAI
	-Ενημέρωση τρίτου άτομου σε σχέση με το τι έκαναν μέχρι τώρα και ταυτόχρονη απάντηση στις ερωτήσεις σε σχέση με τη φύση των παρατηρήσεων	3	1,7	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση σε σχέση με το ποιες αισθήσεις χρησιμοποιούνται κατά την παρατήρηση.	3	1,2	όχι	ναι	OXI
2.3. Ταξινόμηση δηλώσεων σε παρατηρήσεις	-Ταξινόμηση δηλώσεων σε παρατηρήσεις	3	2,5	όχι	ναι	OXI
	-Ιδιαίτερη συζήτηση για τη δήλωση: <i>Η γη γυρίζει γύρω από τον άξονά της</i>	3	2,5	ναι	όχι	OXI
	-Ιδιαίτερη συζήτηση για τη δήλωση: <i>Όταν καταπιώ δηλητήριο θα πεθάνω</i>	3	0,6	ναι	ναι	NAI
	-Επανάληψη απαντήσεων σε σχέση με όλες τις δηλώσεις-Διαμόρφωση τελικής απάντησης	3	1,2	ναι	ναι	NAI
2.4. Ανάπτυξη ορισμού για τις παρατηρήσεις	-Συζήτηση εντός της ομάδας για καταγραφή ορισμού για την παρατήρηση. Ανάγνωση απαντήσεων άλλων ομάδων στο σύστημα για να πάρουν βοήθεια σε σχέση με την απάντησή τους	3	1,5	ναι	ναι	NAI
	-Αλληλεπίδραση ομάδων στο χώρο ασύγχρονων συζητήσεων σε σχέση με την ανάπτυξη ορισμού για την παρατήρηση	6	0,4	ναι	ναι	NAI

Τέλος, σε σχέση με τον τέταρτο στόχο, οι ΠΕ κλήθηκαν αν αναπτύξουν ένα ορισμό για την παρατήρηση μέσα από αλληλεπίδραση με τις υπόλοιπες ομάδες της τάξης στο χώρο ασύγχρονων συζητήσεων. Οι ΠΕ της ομάδας 4 συζήτησαν αρχικά εντός της ομάδας και διαμόρφωσαν ένα ορισμό για την παρατήρηση. Σε αυτό τους βοήθησε η ανάγνωση των απαντήσεων άλλων ομάδων στο σύστημα. Ακολούθως υπήρξε αλληλεπίδραση με τις υπόλοιπες ομάδες στο χώρο ασύγχρονων συζητήσεων. Και τα δύο αυτοκαθοριζόμενα μέρη της άσκησης 2.4. ήταν επιτυχημένα και προώθησαν αποτελεσματική συνεργασία ανάμεσα στην ομάδα (Πίνακας 54).

5.3.1.2. Δραστηριότητα 3: Στρατηγικές συλλογής δεδομένων για το φεγγάρι

Ο Πίνακας 55 παραθέτει τα στοιχεία που περιγράφουν τη δραστηριότητα 3.

Πίνακας 55

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 3

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
3.1. Καταγραφή συγκεκριμένων στρατηγικών για συλλογή παρατηρήσεων για το φεγγάρι	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας (καταγραφή ιδεών σε ομαδικό επίπεδο)	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
3.2. Συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες για υιοθέτηση κοινών στρατηγικών για διακρίβωση των προτεινόμενων τρόπων παρατήρησης και των δεδομένων που θα καταγραφούν.	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες

Σε σχέση με τον πρώτο στόχο της δραστηριότητας 3 οι ΠΕ συζήτησαν αρχικά για τα όργανα ή εργαλεία που χρειάζονται για συλλογή δεδομένων για το φεγγάρι, και τους τρόπους που αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό. Ακολούθως, κατέγραψαν την απάντησή τους επαναλαμβάνοντας τα επιχειρήματα που χρησιμοποίησαν ή ενισχύοντάς τα με νέα. Τέλος, διάβασαν τις απαντήσεις των άλλων ομάδων στο ηλεκτρονικό σύστημα και έλαβαν πληροφορίες με τις οποίες εμπλούτισαν την απάντησή τους ή άσκησαν κριτική στις απαντήσεις άλλων ομάδων. Αυτό το μέρος της δραστηριότητας 3 (3.1.) διεξήχθη με επιτυχία ως προς τη συνεργασία που έλαβε χώρα ανάμεσα στην ομάδα (Πίνακας 56). Δεν έγινε ανάλυση του δεύτερου στόχου της δραστηριότητας, γιατί λόγω τεχνικού προβλήματος δε λήφθηκαν δεδομένα από τη συζήτηση που έγινε στην ολομέλεια της τάξης ανάμεσα σε όλες τις ομάδες του μαθήματος.

Πίνακας 56

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 3

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ;
3.1. Καταγραφή συγκεκριμένων στρατηγικών για συλλογή παρατηρήσεων για το φεγγάρι	-Συζήτηση σε σχέση με τα εργαλεία και τους τρόπους που μπορούν αυτά να χρησιμοποιηθούν για συλλογή παρατηρήσεων για το φεγγάρι	3	2,1	ναι	ναι	NAI
	Καταγραφή της απάντησης	3	3,5	ναι	ναι	NAI
	Ανάγνωση των απαντήσεων άλλων ομάδων στο ηλεκτρονικό σύστημα. Λήψη πληροφοριών και κριτική	3	7,5	ναι	ναι	NAI

5.3.1.3. Δραστηριότητα 6: Κατασκευή μοντέλου στο πρόγραμμα SC

Πίνακας 57

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 6

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Οικοδόμηση ενός μοντέλου στο πρόγραμμα SC [®] σε σχέση με το φεγγάρι	Πρόγραμμα SC [®] ως εργαλείο μοντελοποίησης	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Στο πλαίσιο της δραστηριότητας 6 οι ΠΕ κλήθηκαν να οικοδομήσουν ένα μοντέλο για ένα φαινόμενο που συνδέεται με το φεγγάρι στο πρόγραμμα SC[®]. Αρχικά συζήτησαν στην ομάδα τους για να αποφασίσουν ποιο φαινόμενο θα μοντελοποιούσαν και ακολούθως οικοδόμησαν το μοντέλο στο πρόγραμμα έχοντας κυρίως τεχνική συζήτηση σε σχέση με τους χαρακτήρες που εισήγαγαν στο μοντέλο και τις διαδικασίες που ακολούθησαν. Και στα δύο αυτοκαθοριζόμενα μέρη της δραστηριότητας παρατηρήθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία (Πίνακας 58), άρα η δραστηριότητα θεωρείται επιτυχημένη.

Πίνακας 58

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 6

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ;
Οικοδόμηση ενός μοντέλου στο πρόγραμμα SC [®] σε σχέση με το φεγγάρι	-Ανάγνωση της δραστηριότητας και παροχή ιδεών σε σχέση με το φαινόμενο	3	1,0	ναι	ναι	NAI
	-Οικοδόμηση μοντέλου στο πρόγραμμα SC [®] (συζήτηση για τους χαρακτήρες ή τις διαδικασίες του προγράμματος)	4	5,6	ναι	ναι	NAI

5.3.1.4. Δραστηριότητα 7: Υπόθεση και Πρόβλεψη

Πίνακας 59

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 7

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
7.1. Ταξινόμηση δηλώσεων σε υποθέσεις ή προβλέψεις	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
7.2. Καταγραφή τριών υποθέσεων και τριών προβλέψεων	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: α) Καταγραφή ιδεών σε ομαδικό επίπεδο β) Ανταλλαγή απόψεων ανάμεσα σε ομάδες	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες
7.3. Ανάπτυξη ορισμού για τις διεργασίες προβλέψη και υπόθεση	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: α) Καταγραφή ιδεών σε ομαδικό επίπεδο	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Για τους σκοπούς της δραστηριότητας 7 οι ΠΕ κλήθηκαν αρχικά να ταξινομήσουν σε υποθέσεις ή προβλέψεις οκτώ διαφορετικές δηλώσεις. Στην προσπάθειά τους να το κάνουν αυτό, οι ΠΕ προσπάθησαν αποτυχημένα να αναπτύξουν ορισμό για τις δύο έννοιες. Ακολούθως, κατέγραψαν τρεις υποθέσεις, τρεις προβλέψεις και τους ορισμούς που ανέπτυξαν για τις δύο διεργασίες, και άσκησαν κριτική στις απαντήσεις των ομάδων 1 και 4 στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας. Τόσο η συνεργασία εντός της ομάδας όσο και η συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες εντός του εργαλείου ασύγχρονης επικοινωνίας, κατά την οποία οι ομάδες άσκησαν κριτική για τις δηλώσεις που παρουσίασε η κάθε ομάδα, δεν ήταν υψηλής ποιότητας.

Στο επόμενο στάδιο η δραστηριότητα απαιτούσε από τις ομάδες να καταγράψουν στον εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας ορισμούς για τις δύο διεργασίες. Από σχεδιαστικό λάθος της δραστηριότητας δε ζητήθηκε από τους ΠΕ να αλληλεπιδράσουν με τις υπόλοιπες ομάδες σε σχέση με αυτό το μέρος της δραστηριότητας. Συνεπώς δε θα μπορούσε να αναπτυχθεί συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες. Σε σχέση με τη συνεργασία εντός της ομάδας όπου οι ΠΕ προσπάθησαν να οικοδομήσουν τους δύο ορισμούς, παρόλο που ήταν παραγωγική δεν ήταν αποτελεσματική γιατί δεν κατάφεραν αν φτάσουν σε επιστημονικά ορθούς ορισμούς για τις δύο διεργασίες.

Το μόνο αυτοκαθοριζόμενο μέρος της δραστηριότητας 7 που εμπεριέχει υψηλής ποιότητας συνεργασία ήταν η συζήτηση που έγινε στην ολομέλεια της τάξης ανάμεσα στις ομάδες με συντονιστή την εκπαιδευτικό, όταν η τελευταία αντιλήφθηκε το κενό που δημιουργήθηκε τόσο στην εντός ομάδα όσο και στη μεταξύ των ομάδων εργασία (Πίνακας 60).

Πίνακας 60

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Δραστηριότητα 7

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
7.1. Ταξινόμηση δηλώσεων σε υποθέσεις ή προβλέψεις	-Συζήτηση εντός της ομάδας: Ταξινόμηση δηλώσεων σε υποθέσεις ή προβλέψεις. Ανάπτυξη ορισμών για τις δύο έννοιες.	3	12,7	ναι	όχι	OXI
7.2. Καταγραφή τριών υποθέσεων και τριών προβλέψεων	-Καταγραφή υποθέσεων	3	4,9	ναι	όχι	OXI
	-Καταγραφή προβλέψεων	3	3,5	ναι	όχι	OXI
	-Κριτική για την απάντηση της ομάδας 1	3	14,3	ναι	όχι	OXI
	-Κριτική για την απάντηση της ομάδας 4	3	4,9	ναι	όχι	OXI
	-Συζήτηση στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας. Καταγραφή τριών υποθέσεων και τριών προβλέψεων. Κριτική της απάντησης άλλων ομάδων	7	0,4	ναι	όχι	OXI
7.3. Ανάπτυξη ορισμού για τις διεργασίες προβλέψη και υπόθεση	-Καταγραφή ορισμού για την υπόθεση	3	11,1	ναι	όχι	OXI
	-Καταγραφή ορισμού για την πρόβλεψη	3	12,5	ναι	όχι	OXI
	-Καταγραφή των απόψεων των ομάδων στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας (ορισμός υπόθεσης και πρόβλεψης)	6	-	-	-	-
7.4. Συζήτηση στην ολομέλεια για τον ορισμό των διεργασιών πρόβλεψη και υπόθεση	-Συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης ανάμεσα στις ομάδες σε σχέση με τη διαφορά της υπόθεσης από την πρόβλεψη.	8	10,6	ναι	ναι	NAI

5.3.1.5. Μεταγνωστικό σχόλιο 2

Πίνακας 61

Στοιχεία που Περιγράφουν το Μεταγνωστικό Σχόλιο 2

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Έκφραση μεταγνωστικής σκέψης για τις δραστηριότητες 4-7	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
Οι ΠΕ κατάφεραν να συνεργαστούν αποτελεσματικά, αλλά όχι παραγωγικά στην προσπάθειά τους να εκφράσουν μεταγνωστικές σκέψεις για τις δραστηριότητες 4-7 του διδακτικού υλικού. Επιπλέον, η ανομοιογένεια των συνεισφορών τους ήταν πολύ μεγάλη και έτσι η δραστηριότητα δε θεωρείται πετυχημένη (Πίνακας 62).		

Πίνακας 62

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Μεταγνωστικό σχόλιο 2

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Έκφραση μεταγνωστικής σκέψης για τις δραστηριότητες 4-7	Συζήτηση για την πορεία εργασίας σε κάθε δραστηριότητα, για τις διαφωνίες που προέκυψαν, και για το πότε είναι αναμενόμενο να διαφωνούμε και πότε όχι	3	14,6	όχι	ναι	OXI

5.3.1.6. Δραστηριότητα 8: Μελέτη δεδομένων μιας μέρας για το φεγγάρι

Πίνακας 63

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 8

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
8.1. Μελέτη των παρατηρήσεων του φεγγαριού (για μια μέρα) και εντοπισμός μοτίβων από αυτά	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
8.2. Ανάπτυξη ορισμού για το μοτίβο στις Φυσικές Επιστήμες	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
8.3. Ανάπτυξη υποθέσεων με βάση τα δεδομένα	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας. Τοπικό επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες

Η δραστηριότητα 8 αφορά σε τρεις διακριτούς στόχους (Πίνακας 63). Τόσο για την ομάδα 4 όσο και για την ομάδα 5 η επίτευξη του πρώτου στόχου της δραστηριότητας επέφερε υψηλής ποιότητας συνεργασία (Πίνακας 64). Συγκεκριμένα, τα μέλη της ομάδας 4 ασχολήθηκαν μόνο με το να εντοπίσουν ένα μοτίβο από τα δεδομένα που είχαν μπροστά τους, ενώ η ομάδα 5 επιχείρησε να ακολουθήσει τα βήματα της δραστηριότητας (απάντηση σε συγκεκριμένα ερωτήματα που υπήρχαν) και ακολούθως να περιγράψει μοτίβα.

Σε σχέση με το δεύτερο στόχο, και οι δύο ομάδες κατάφεραν επιτυχημένα να οικοδομήσουν ένα ορισμό για το μοτίβο στις Φυσικές Επιστήμες. Όσον αφορά στον τρίτο στόχο της δραστηριότητας και σε σχέση με το τοπικό επίπεδο συνεργασίας (εντός της ομάδας) η ομάδα 4 δεν κατάφερε να εκφράσει υποθέσεις με βάση τα δεδομένα λόγω του ότι δεν μπορούσε να δώσει ή να σκεφτεί εξηγήσεις για τα μοτίβα που εντόπισε. Από την άλλη, η ομάδα 5 εντόπισε τρεις υποθέσεις και προσπάθησε να υιοθετήσει ένα μοντέλο που να τις εξηγεί όλες.

Στο επίπεδο της συνεργασίας ανάμεσα στις ομάδες (τοπικά) η εκπαιδευτικός συντόνισε τη συζήτηση, κατά την οποία αρχικά η ομάδα 5 δημιούργησε ένα μοντέλο (η γη σταθερή και το φεγγάρι κινείται γύρω από τη γη). Ακολούθως σε συνεργασία με τις υπόλοιπες ομάδες έγινε επέκταση και εμπλουτισμός του μοντέλου αυτού (εισαγωγή ήλιου) και τέλος τροποποίηση του μοντέλου (η γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της και το φεγγάρι είναι σταθερό). Και αυτό το μέρος της δραστηριότητας 8 εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία.

Πίνακας 64

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ: Δραστηριότητα 8

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ;
Ομάδα 4						
8.1. Μελέτη των παρατηρήσεων του φεγγαριού (για μια μέρα) και εντοπισμός μοτίβων από αυτά	-Περιγραφή μοτίβου 1: Μείωση του υψόμετρου και αλλαγή στη θέση του φεγγαριού	3	3,8	ναι	ναι	NAI
8.2. Ανάπτυξη ορισμού για το μοτίβο στις Φυσικές Επιστήμες	-Περιγραφή του ορισμού μοτίβου στις ΦΕ	3	1,7	ναι	ναι	NAI
8.3. Ανάπτυξη υποθέσεων με βάση τα δεδομένα	-Καταγραφή υποθέσεων που να εξηγούν τα δεδομένα	3	1,0	ναι	όχι	OXI
Ομάδα 5						
8.1. Μελέτη των παρατηρήσεων του φεγγαριού (για μια μέρα) και εντοπισμός μοτίβων από αυτά	-Μελέτη των δεδομένων και προσπάθεια κατανόησης των αλλαγών που συμβαίνουν στην εμφάνιση του φεγγαριού κατά τη διάρκεια μιας μέρας	3	8,3	ναι	ναι	NAI
	-Μελέτη των δεδομένων και προσπάθεια κατανόησης σε σχέση με τη διαφορά στη γωνία ήλιου-σελήνης κατά τη διάρκεια μιας μέρας	3	3,6	όχι	όχι	OXI
	-Εντοπισμός μοτίβων στα δεδομένα	3	12,7	ναι	ναι	NAI
8.2. Ανάπτυξη ορισμού για το μοτίβο στις Φυσικές Επιστήμες	-Περιγραφή του ορισμού του μοτίβου στις ΦΕ	3	4,9	ναι	ναι	NAI
8.3. Ανάπτυξη υποθέσεων με βάση τα δεδομένα	-Ανάπτυξη υπόθεσης 1	3	2,7	ναι	ναι	NAI
	-Ανάπτυξη υπόθεσης 2	3	8,7	ναι	ναι	NAI
	-Ανάπτυξη υπόθεσης 3	3	7,9	ναι	ναι	NAI
Συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης ανάμεσα στις ομάδες (τοπικό επίπεδο συνεργασίας):						
Ανάπτυξη υποθέσεων με βάση τα δεδομένα	-Η ομάδα 5 δημιουργεί ένα μοντέλο με τη γη σταθερή και το φεγγάρι να κινείται γύρω από τη γη	8	9,3	ναι	ναι	NAI
	-Επέκταση και εμπλουτισμός του μοντέλου: προσθήκη ήλιου	8	5,5	όχι	ναι	OXI
	-Αλλαγή μοντέλου: η γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της και το φεγγάρι είναι σταθερό (για μια μέρα)	8	7,2	ναι	ναι	NAI

5.3.1.7. Δραστηριότητα 9: Σύγκριση διαφορετικών προβλέψεων για τα ίδια δεδομένα

Πίνακας 65

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 9

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Σύγκριση διαφορετικών προβλέψεων που γίνονται από διαφορετικά άτομα σε σχέση με συγκεκριμένα δεδομένα του φεγγαριού	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Από την ανάλυση των δεδομένων της δραστηριότητας 9 προέκυψε ότι οι ΠΕ αφού ανάγνωσαν τα δεδομένα της δραστηριότητας με σκοπό να κατανοήσουν τι ζητά, παρείχαν κάποιες αρχικές απαντήσεις υπό τη μορφή ιδεοθύελλας. Ακολούθως, μελέτησαν εις βάθος τις προβλέψεις που παρείχαν οι δύο φοιτητές ώστε να κατανοήσουν ακριβώς τι έλεγε ο κάθε ένας και εξέφρασαν, τέλος, τη διαφωνία τους τόσο προς τον πρώτο φοιτητή όσο και προς το δεύτερο. Κατά τη διάρκεια των δύο πρώτων αυτοκαθοριζόμενων μερών αυτής της δραστηριότητας παρουσιάστηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία, ενώ κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων όχι (Πίνακας 66).

Πίνακας 66

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Δραστηριότητα 9

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Σύγκριση διαφορετικών προβλέψεων που γίνονται από διαφορετικά άτομα σε σχέση με συγκεκριμένα δεδομένα του φεγγαριού	-Πρώτη ανάγνωση των δεδομένων της άσκησης 9 και παροχή αρχικών απαντήσεων	3	5,0	ναι	ναι	NAI
	-Μελέτη των προβλέψεων που έγιναν από δύο άτομα για συγκεκριμένα δεδομένα του φεγγαριού	3	8,7	ναι	ναι	NAI
	-Διαφωνία με τον πρώτο μαθητή (φοιτητής 1)	3	3,0	όχι	όχι	OXI
	-Διαφωνία με το δεύτερο μαθητή (φοιτητής 2)	4	2,3	όχι	όχι	OXI

5.3.1.8. Δραστηριότητα 10: Μελέτη δεδομένων μιας βδομάδας για το φεγγάρι

Πίνακας 67

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 10

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
10.1. Μελέτη των παρατηρήσεων του φεγγαριού (για μια εβδομάδα) και εντοπισμός μοτίβων σε αυτά	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: α) Καταγραφή ιδεών σε ατομικό επίπεδο β) Ανταλλαγή απόψεων σε ομαδικό επίπεδο	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
10.2. Ανάπτυξη υποθέσεων με βάση τα δεδομένα	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας (καταγραφή ιδεών σε ατομικό επίπεδο)	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
10.3. Προσδιορισμός της εγκυρότητας των εξηγήσεων που δόθηκαν από άλλες ομάδες	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: α) Καταγραφή ιδεών σε ατομικό επίπεδο β) Ανταλλαγή απόψεων σε ομαδικό επίπεδο	Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες

Η δραστηριότητα 10 αποτελεί ουσιαστικά την προέκταση της δραστηριότητας 8, αλλά αφορά σε δεδομένα μιας βδομάδας αντί μιας ημέρας. Σε σχέση με τον πρώτο στόχο οι ΠΕ της ομάδας 4 εντόπισαν το μοτίβο *Με την πάροδο των ημερών το σχήμα του φεγγαριού μεγαλώνει* και κατέγραψαν ότι δεν μπορεί, με βάση τα δεδομένα που έχουν μπροστά τους, να εντοπιστεί μοτίβο για τη γωνία ήλιου-σελήνης. Η ομάδα 5 εργάστηκε, επίσης, με παρόμοιο τρόπο, αφού πρώτα ασχολήθηκε με τον εντοπισμό του μοτίβου που σχετίζεται με το σχήμα του φεγγαριού και ακολούθως τη γωνία ήλιου-σελήνης. Για την ομάδα 4 η διαδικασία εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία. Αυτό δε συνέβηκε για την ομάδα 5.

Πίνακας 68

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ: Δραστηριότητα 10

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ;
Ομάδα 4						
10.1. Μελέτη των παρατηρήσεων του φεγγαριού και εντοπισμός μοτίβων σε αυτά	1. Εντοπισμός μοτίβου <i>Με την πάροδο των ημερών το σχήμα του φεγγαριού μεγαλώνει</i> 2. Δεν μπορεί να εντοπιστεί μοτίβο για τη γωνία ήλιου-σελήνης	3	0,6	ναι	ναι	NAI
10.2. Ανάπτυξη υποθέσεων με βάση τα δεδομένα	-Αποτυχημένη προσπάθεια εξήγησης του μοτίβου -Συζήτηση και προσπάθεια εξήγησης του μοτίβου με βάση την κίνηση των αστρονομικών σωμάτων (μετά που διάβασαν τις απαντήσεις άλλων ομάδων στο σύστημα) -Καταγραφή της απάντησής στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας	3	2,3	ναι	όχι	OXI
		3	5,9	ναι	ναι	NAI
		3	6,1	όχι	όχι	OXI
Ομάδα 5						
10.1. Μελέτη των παρατηρήσεων του φεγγαριού και εντοπισμός μοτίβων σε αυτά	-Προσπάθεια εντοπισμού των αλλαγών που συμβαίνουν στο φεγγάρι κατά τη διάρκεια μιας βδομάδας -Προσπάθεια εντοπισμού των αλλαγών στη γωνία ήλιου-σελήνης σε μια βδομάδα -Προσπάθεια εντοπισμού μοτίβων από τα δεδομένα	3	6,4	ναι	ναι	NAI
		3	1,7	όχι	ναι	OXI
		3	1,0	όχι	ναι	OXI
Συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες σε εξ αποστάσεως επίπεδο (εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας)						
10.3. Προσδιορισμός της εγκυρότητας των εξηγήσεων που δόθηκαν από άλλες ομάδες	-Σχόλια της εκπαιδευτικού στο εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας για τις υποθέσεις της κάθε ομάδας -Οι ομάδες κρίνουν την εγκυρότητα των μοτίβων των υπόλοιπων ομάδων	-	-	-	-	-
		7	0,5	ναι	ναι	NAI

Ακολούθως, και σε σχέση με τον δεύτερο στόχο της δραστηριότητας, η ομάδα 4 δεν κατάφερε να φτάσει στο ποθητό αποτέλεσμα, αφού απέτυχε να παρέχει εξηγήσεις για το μοτίβο που εντόπισε και κατέληξε να καταγράφει μία απάντηση στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας, η οποία ήταν περιγραφική και όχι επεξηγηματική ως προς τα δεδομένα. Από

την άλλη, δεν υπάρχουν δεδομένα για την ομάδα 5 που να περιγράφουν το δεύτερο στόχο της δραστηριότητας 10 ώστε να μελετηθεί η συνεργατική συμπεριφορά της ομάδας.

Τέλος, και σε σχέση με τον τρίτο στόχο της δραστηριότητας, οι ομάδες χρησιμοποίησαν το εργαλείο ασύγχρονης δομημένης επικοινωνίας για να παρουσιάσουν τα μοτίβα τους και να κρίνουν την εγκυρότητα των μοτίβων των άλλων ομάδων με επιτυχία. Σε αυτό φαίνεται να βοήθησε η παρέμβαση της εκπαιδευτικού στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας, η οποία έκρινε τις υποθέσεις της κάθε ομάδας παραθέτοντας κυρίως διευκρινιστικές ερωτήσεις που αφορούσαν την εγκυρότητά τους.

5.3.1.9. Δραστηριότητα 11: Διάγραμμα Σύνοψης Παρατηρήσεων του Φεγγαριού

Πίνακας 69

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 11

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Ομαδοποίηση δεδομένων του φεγγαριού για ένα μήνα στο Διάγραμμα Σύνοψης των Παρατηρήσεων του Φεγγαριού (ΔΣΠΦ)	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Για το σκοπό της δραστηριότητας 11, η ομάδα 4, συνεργάστηκε για τη συμπλήρωση του Διαγράμματος Σύνοψης των Παρατηρήσεων του Φεγγαριού για μία συνοδική περίοδο της σελήνης. Η άσκηση συμπληρώθηκε κατά τη διάρκεια δύο διαφορετικών ημερών (27/02/2007 και 02/03/2007). Τα δεδομένα υποδεικνύουν ότι δεν αναπτύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία σε καμιά από τις δύο φάσεις διεξαγωγής της δραστηριότητας (Πίνακας 70).

Πίνακας 70

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 11

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Ομαδοποίηση δεδομένων του φεγγαριού για ένα μήνα στο Διάγραμμα Σύνοψης των Παρατηρήσεων του Φεγγαριού	-Συμπλήρωση του ΔΣΠΦ (μέρος 1)	3	2,5	όχι	ναι	OXI
	-Συμπλήρωση του ΔΣΠΦ (μέρος 2)	3	5,3	όχι	ναι	OXI

5.3.1.10. Δραστηριότητα 12: Μελέτη δεδομένων μιας συνοδικής περιόδου για το φεγγάρι

Πίνακας 71

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 12

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
12.1. Μελέτη των παρατηρήσεων του φεγγαριού (για ένα μήνα) και εντοπισμός μοτίβων σε αυτά	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας (καταγραφή ιδεών σε ομαδικό επίπεδο)	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
12.2. Ανάπτυξη υποθέσεων με βάση τα δεδομένα		Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
12.3. Προσδιορισμός της εγκυρότητας των εξηγήσεων που δόθηκαν από άλλες ομάδες	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας (ανταλλαγή απόψεων σε διαομαδικό επίπεδο)	Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες

Η δραστηριότητα 12 αποτελεί τη λογική συνέχεια της δραστηριότητας 8 και 10, αφού οι δύο πρώτοι στόχοι είναι οι ίδιοι, αλλά για δεδομένα ενός μήνα και όχι μίας μέρας ή μίας βδομάδας (Πίνακας 71).

Πίνακας 72

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ: Δραστηριότητα 12

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Ομάδα 4						
12.1. Μελέτη των παρατηρήσεων του φεγγαριού και εντοπισμός μοτίβων σε αυτά	-Εντοπισμός τεσσάρων μοτίβων από τα δεδομένα	3	9,1	ναι	ναι	NAI
	-Εντοπισμός μοτίβου 1 <i>Η πανσέληνος διαρκεί δύο μέρες</i>	3	0,6	όχι	όχι	OXI
	-Εντοπισμός μοτίβου 2 <i>Η σελήνη κινείται δεξιόστροφα σε μια μέρα</i>	3	0,6	όχι	ναι	OXI
	-Εντοπισμός μοτίβου 3 <i>Το γωνιακό υψόμετρο αυξάνεται και μετά μειώνεται</i>	3	2,6	ναι	ναι	NAI
	-Εντοπισμός προβληματικών δεδομένων	3	2,1	όχι	ναι	OXI
	-Συζήτηση προβληματικών δεδομένων με την εκπαιδευτικό	4	3,0	ναι	ναι	NAI
	-Εντοπισμός μοτίβου 4 <i>Το σχήμα της σελήνης αλλάζει κατά τη διάρκεια ενός μήνα</i>	3	3,0	ναι	ναι	NAI
Ομάδα 5						
12.1. Μελέτη των παρατηρήσεων του φεγγαριού και εντοπισμός μοτίβων σε αυτά	-Συζήτηση και καταγραφή του μοτίβου 1 <i>Το φωτισμένο μέρος του φεγγαριού μειώνεται προς το νέο φεγγάρι και αυξάνεται ξανά προς την πανσέληνο</i>	3	3,5	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση σε σχέση με το μοτίβο 3 <i>Αλλαγή στο υψόμετρο του φεγγαριού. Δεν κατάφεραν να αποδείξουν την ύπαρξή του</i>	3	1,2	ναι	όχι	OXI
	-Συζήτηση και καταγραφή του μοτίβου 2 <i>Το φεγγάρι κινείται από την ανατολή στη δύση μέσω του νότου σε μία μέρα</i>	3	15,3	ναι	ναι	OXI
	-Συζήτηση και καταγραφή του μοτίβου 4 <i>Το φεγγάρι αλλάζει προσανατολισμό σε μία μέρα. Δεν κατάφεραν να αποδείξουν την</i>	3	3,8	ναι	όχι	OXI

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
	ύπαρξή του.					
12.2. Ανάπτυξη υποθέσεων με βάση τα δεδομένα	-Παροχή εξήγησης για το μοτίβο 1	3	3,5	όχι	ναι	OXI
	-Παροχή εξήγησης για το μοτίβο 2	4	14,8	ναι	ναι	NAI
	-Διαφωνία ως προς την κίνηση του φεγγαριού (αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη)	3	6,1	ναι	όχι	OXI
	-Συζήτηση με την εκπαιδευτικό και λύση της διαφωνίας	4	4,8	ναι	ναι	NAI
12.3. Προσδιορισμός της εγκυρότητας των εξηγήσεων που δόθηκαν από άλλες ομάδες	-Κριτική για την ομάδα 1	3	1,5	όχι	ναι	OXI
	-Κριτική για την ομάδα 2	3	5,9	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας ανάμεσα στις ομάδες για τα μοτίβα και τις εξηγήσεις τους	7	1,5	όχι	ναι	OXI

Σε σχέση με τον πρώτο στόχο της δραστηριότητας, η ομάδα 4 κατάφερε να εντοπίσει τέσσερα μοτίβα από τα δεδομένα που της δόθηκαν. Επιπλέον, εντόπισαν προβληματικά δεδομένα και συζήτησαν για αυτά με την εκπαιδευτικό. Τρία εκ των επτά αυτοκαθοριζόμενων μερών της δραστηριότητας δεν εμπεριείχαν υψηλής ποιότητας συνεργασία, άρα αυτό το μέρος της δραστηριότητας θεωρείται επιτυχημένο. Αντίθετα, η ομάδα 5 δεν κατάφερε να πετύχει υψηλής ποιότητας συνεργασία αφού μόνο ένα εκ των τεσσάρων αυτοκαθοριζόμενων μερών αυτή της δραστηριότητας ήταν επιτυχημένο. Συγκεκριμένα, οι ΠΕ της ομάδας 5 απέτυχαν να αποδείξουν την ύπαρξη δύο εκ των τεσσάρων μοτίβων που υποψιάστηκαν ότι υπάρχουν.

Δεν είναι ξεκάθαρο αν ο δεύτερος στόχος της δραστηριότητας 12 ήταν επιτυχημένος για την ομάδα 5. Οι ΠΕ της ομάδας 5 κατάφεραν να δώσουν εξήγηση για το δεύτερο μοτίβο που εντόπισαν *Το φεγγάρι κινείται από την ανατολή στη δύση μέσω του νότου σε μία μέρα*, αλλά όχι για το πρώτο *Το φωτισμένο μέρος του φεγγαριού μειώνεται προς το νέο φεγγάρι και αυξάνεται ξανά προς την πανσέληνο*. Επιπλέον, δεν κατάφεραν να λύσουν μία διαφωνία που είχαν ως προς τον τρόπο κίνησης του φεγγαριού (αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη), κάτι που επιτεύχθηκε με τη συζήτηση που είχαν με την εκπαιδευτικό.

Τέλος σε σχέση με τον τρίτο στόχο της δραστηριότητας, οι ΠΕ κλήθηκαν να προσδιορίσουν τη εγκυρότητα των εξηγήσεων που δόθηκαν από άλλες ομάδες. Συγκεκριμένα, άσκησαν κριτική για τις εξηγήσεις που δόθηκαν από την ομάδα 1 και την ομάδα 2 (επιτυχημένη συνεργασία). Στη συζήτηση που έγινε στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας ανάμεσα στις ομάδες για τα μοτίβα και τις εξηγήσεις τους δεν επιτεύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία (Πίνακας 72).

5.3.1.11. Δραστηριότητα 13: Έγκυρη εξήγηση

Πίνακας 73

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 13

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Ανάπτυξη ορισμού για την έγκυρη εξήγηση	Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας (ανταλλαγή απόψεων σε διαομαδικό επίπεδο)	Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες

Στη δραστηριότητα 13, που αποτελεί συνέχεια του τρίτου μέρους της δραστηριότητας 12, οι ΠΕ κλήθηκαν να αναπτύξουν ορισμό για την «έγκυρη εξήγηση». Συγκεκριμένα, οι ΠΕ συζήτησαν αρχικά σε σχέση με το τι σημαίνει έγκυρη εξήγηση. Ακολούθως σχολίασαν την απάντηση της ομάδας 2 (αλλά δεν καταφέρνουν να συνεργαστούν παραγωγικά), συνεργάστηκαν τοπικά (εντός της τάξης) με την ομάδα 2 και συζήτησαν ως προς ένα συγκεκριμένο παράδειγμα που έδωσε η ομάδα 5. Η ολοκληρωμένη συζήτηση που έγινε στο εργαλείο ασύγχρονης συζητήσεων ανάμεσα σε όλες τις ομάδες δεν εμπειρείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία, αφού οι ομάδες συμφωνούσαν ή διαφωνούσαν σχεδόν μονολεκτικά με τις απόψεις των ομάδων που σχολίαζαν (Πίνακας 74). Έτσι, η δραστηριότητα 13 δεν μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένη ως προς τη συνεργασία στο εξ αποστάσεως επίπεδο.

Πίνακας 74

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Δραστηριότητα 13

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Ανάπτυξη ορισμού την έγκυρη εξήγηση	-Συζήτηση στην ομάδα για το τι σημαίνει έγκυρη εξήγηση	3	4,6	όχι	ναι	OXI
	-Σχολιασμός της απάντησης της ομάδας 2	3	2,6	όχι	ναι	OXI
	-Συνεργασία με ομάδα 2 για το τι σημαίνει έγκυρη εξήγηση (τοπικά)	4	4,2	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας ανάμεσα στις ομάδες σε σχέση με το τι μετρά ως έγκυρη εξήγηση	7	0,6	όχι	ναι	OXI

5.3.1.12. Δραστηριότητα 15: Αξιολόγηση μοντέλου

Πίνακας 75

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 15

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
15.1. Αξιολόγηση μοντέλου	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: α) Καταγραφή ιδεών σε ατομικό επίπεδο β) Ανταλλαγή απόψεων σε ομαδικό επίπεδο	Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα στα μέλη μιας ομάδας
15.2. Ανάπτυξη κριτηρίων για αξιολόγηση μοντέλων	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: α) Καταγραφή ιδεών σε ομαδικό επίπεδο β) Ανταλλαγή απόψεων σε δισομαδικό επίπεδο	Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες

Στο πλαίσιο της δραστηριότητας 15 οι ΠΕ αξιολόγησαν ένα μοντέλο και ακολούθως με βάση την αξιολόγησή τους και το κείμενο που μελέτησαν στη δραστηριότητα 14 ανέπτυξαν κριτήρια αξιολόγησης μοντέλων.

Πίνακας 76

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 15

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
15.1. Αξιολόγηση του μοντέλου	Ατομική καταγραφή της αξιολόγησης του μοντέλου και σχόλια προς τις απαντήσεις των άλλων μελών της ομάδας	3	0,0	ναι	ναι	NAI
15.2. Ανάπτυξη κριτηρίων για αξιολόγηση μοντέλων	-Ανάγνωση και σχολιασμός των αξιολογήσεων άλλων ομάδων	3	1,5	όχι	ναι	OXI
	-Καταγραφή κριτικής προς αξιολόγηση ομάδας 5	3	2,5	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας ανάμεσα στις ομάδες σε σχέση με τα κριτήρια αξιολόγησης μοντέλων	4	1,0	ναι	ναι	NAI

Η αξιολόγηση του μοντέλου, που ήταν κατασκευασμένο από πραγματικά υλικά και αναπαριστούσε τη λειτουργία του μόντεμ σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, έγινε αρχικά ατομικά από τον κάθε ΠΕ της ομάδας. Στις ατομικές απαντήσεις του, οι οποίες καταγράφηκαν στο σύστημα, οι ΠΕ άσκησαν κριτική τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας. Η όλη διαδικασία εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία. Ακολούθως, οι ΠΕ διάβασαν και σχολίασαν προφορικά τις αξιολογήσεις άλλων ομάδων για το μοντέλο και κατέγραψαν την απάντησή τους προς την ομάδα 5. Τόσο κατά την καταγραφή της κριτικής της ομάδας 5 όσο και κατά την ολοκληρωμένη συζήτηση που έγινε στο χώρο ασύγχρονων συζητήσεων ανάμεσα σε όλες τις ομάδες οι ΠΕ συνεργάστηκαν επιτυχημένα.

5.3.1.13. Μεταγνωστικό σχόλιο 3

Πίνακας 77

Στοιχεία που Περιγράφουν το Μεταγνωστικό Σχόλιο 3

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Καταγραφή του στόχου των πρώτων 15 δραστηριοτήτων		Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Στο πλαίσιο αυτής της δραστηριότητας οι ΠΕ έπρεπε να εργαστούν μεταγνωστικά με σκοπό τον εντοπισμό και την καταγραφή του στόχου των πρώτων 15 δραστηριοτήτων του διδακτικού υλικού. Οι ΠΕ κατάφεραν να συνεργαστούν αποτελεσματικά, αλλά όχι παραγωγικά στην προσπάθειά τους να καταγράψουν το στόχο της κάθε δραστηριότητας. Επιπλέον, η ανομοιογένεια των συνεισφορών τους ήταν πολύ μεγάλη και έτσι η δραστηριότητα δε θεωρείται πετυχημένη (Πίνακας 78).

Πίνακας 78

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Μεταγνωστικό Σχόλιο 3

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Καταγραφή του στόχου των πρώτων 15 δραστηριοτήτων	Συγγραφή μεταγνωστικού σχολίου σε σχέση με το στόχο των πρώτων 15 δραστηριοτήτων του διδακτικού υλικού	3	16,5	όχι	ναι	OXI

5.3.1.14. Δραστηριότητα 16: Αξιολόγηση υποκείμενου μηχανισμού ενός μοντέλου

Πίνακας 79

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 16

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Αξιολόγηση του υποκείμενου μηχανισμού ενός μοντέλου	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: α) Καταγραφή ιδεών σε ομαδικό επίπεδο β) Ανταλλαγή απόψεων σε διαομαδικό επίπεδο -Πρόγραμμα SC [®] ως εργαλείο προσομοίωσης	Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες

Η δραστηριότητα 16 (Πίνακας 79) αφορούσε στην αξιολόγηση του υποκείμενου μηχανισμού ενός συγκεκριμένου μοντέλου που αναπτύχθηκε στο πρόγραμμα SC[®]. Οι ΠΕ της ομάδας 4 προσπάθησαν αρχικά, μέσα από συζήτηση, να κατανοήσουν τον τρόπο λειτουργίας του μοντέλου, ακολούθως κατέγραψαν ένα ορισμό για το τι σημαίνει καλός μηχανισμός και περιέγραψαν και αξιολόγησαν το μηχανισμό του υπό μελέτη μοντέλου. Τέλος, συζήτησαν στην ομάδα τους σε σχέση με τις απαντήσεις άλλων ομάδων. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 80, η δραστηριότητα θεωρείται επιτυχημένη, εφόσον επιτεύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία τόσο στο τοπικό επίπεδο ανάμεσα στα μέλη της ομάδας (πέντε στα έξι αυτοκαθοριζόμενα μέρη ήταν επιτυχημένα), όσο και στο εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας (εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας).

Πίνακας 80

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 16

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. Ομ.	Παραγωγική συν.	Αποτελεσματική συν.	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.
Αξιολόγηση του υποκείμενου μηχανισμού ενός μοντέλου	-Προσπάθεια κατανόησης του τρόπου λειτουργίας του μοντέλου (Εξήγηση στο ένα μέλος της ομάδας για το τι είναι μηχανισμός)	3	1,5	ναι	ναι	NAI
	-Καταγραφή της απάντησής (ορισμός ενός καλού μηχανισμού)	3	2,5	ναι	ναι	NAI
	-Καταγραφή της απάντησής (Περιγραφή του μηχανισμού του μοντέλου)	3	3,6	όχι	ναι	OXI
	-Καταγραφή της απάντησής (Αξιολόγηση του μηχανισμού του μοντέλου)	3	1,7	ναι	ναι	NAI
	-Εντός της ομάδας συζήτηση των απαντήσεων άλλων ομάδων	3	6,3	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση των απαντήσεων άλλων ομάδων (συμφωνία ή διαφωνία με κάποιες ομάδες)	4	1,0	ναι	ναι	NAI
	-Ασύγχρονη συζήτηση των ομάδων στο εργαλείο ασύγχρονης δομημένης επικοινωνίας	7	1,5	ναι	ναι	NAI

5.3.1.15. Δραστηριότητα 17: Έντυπο Δημιουργίας και Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου

Πίνακας 81

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 17

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Μελέτη ενός συμπληρωμένου Έντυπου Κωδικοποίησης Μοντέλου και ενός συμπληρωμένου Έντυπου Αξιολόγησης Μοντέλου για ένα συγκεκριμένο μοντέλο	-Πρόγραμμα SC [®] ως εργαλείο προσομοίωσης	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Η δραστηριότητα 17 (Πίνακας 81) ήταν αποτυχημένη σε σχέση με την προώθηση συνεργασίας ανάμεσα στα μέλη της ομάδας σε τοπικό επίπεδο. Συγκεκριμένα, κανένα από τα αυτοκαθοριζόμενα μέρη αυτής της δραστηριότητας δεν προώθησε υψηλής ποιότητας συνεργασία (Πίνακας 82). Τόσο η μελέτη των δύο εντύπων, όσο και η προσπάθεια των ΠΕ για κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του μοντέλου δε λειτούργησαν με τρόπο που να προωθήσει τη συνεργασία εντός της ομάδας 4.

Πίνακας 82

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 17

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Μελέτη ενός συμπληρωμένου Έντυπου Κωδικοποίησης Μοντέλου και ενός συμπληρωμένου Έντυπου Αξιολόγησης Μοντέλου για ένα συγκεκριμένο μοντέλο	-Μελέτη των δύο εντύπων	3	0,6	όχι	ναι	OXI
	-Προσπάθεια κατανόησης του τρόπου λειτουργίας του μοντέλου	3	1,5	όχι	όχι	OXI
	-Προσπάθεια κατανόησης του τρόπου λειτουργίας του μοντέλου μέσα από τα δύο έντυπα	3	1,5	όχι	ναι	OXI

5.3.1.16. Δραστηριότητα 18: Αξιολόγηση μοντέλου- Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου

Πίνακας 83

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 18

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Μελέτη ενός μοντέλου και συμπλήρωση του Έντυπου Αξιολόγησης Μοντέλου για αυτό	-Πρόγραμμα SC [®] ως εργαλείο προσομοίωσης	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Παρόμοια με τη δραστηριότητα 17, η δραστηριότητα 18 (Πίνακας 83) δεν ήταν επιτυχημένα, αφού τόσο η μελέτη της λειτουργίας του μοντέλου, όσο και η προσπάθεια συμπλήρωσης του εντύπου, αλλά και η βοήθεια που έλαβαν από την εκπαιδευτικό δεν εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία, ούτε ως προς τον κοινωνικό χαρακτήρα της (παραγωγική συνεργασία), ούτε ως προς την επίτευξη των στόχων της (αποτελεσματική συνεργασία) (Πίνακας 84).

Πίνακας 84

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 18

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Μελέτη ενός μοντέλου και συμπλήρωση του	-Προσπάθεια κατανόησης του τρόπου λειτουργίας του μοντέλου	3	3,1	όχι	όχι	OXI
Έντυπου Αξιολόγησης Μοντέλου για αυτό	-Βοήθεια από την εκπαιδευτικό	4	2,1	όχι	ναι	OXI
	-Προσπάθεια κατανόησης του τρόπου λειτουργίας του μοντέλου και συμπλήρωση του εντύπου	3	16,3	όχι	όχι	OXI

5.3.1.17. Δραστηριότητα 20: Κατασκευή και βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου: μοτίβο 1

Πίνακας 85

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 20

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
20.1. Οικοδόμηση μοντέλου στο πρόγραμμα SC [®] για εξήγηση του πρώτου μοτίβου (αλλαγή σχήματος φεγγαριού)	-Πρόγραμμα SC [®] ως εργαλείο μοντελοποίησης	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
20.2. Αξιολόγηση μοντέλου 1 μιας άλλης ομάδας	-Πρόγραμμα SC [®] ως εργαλείο προσομοίωσης -Εργαλείο ανταλλαγής συνεισφορών	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες
20.3. Βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου 1 σύμφωνα με την αξιολόγηση της άλλης ομάδας (ανάπτυξη μοντέλου 2)	-Πρόγραμμα SC [®] ως εργαλείο μοντελοποίησης	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Η δραστηριότητα 20 αποτελεί την πρώτη από σειρά δραστηριοτήτων, κατά τις οποίες οι εκπαιδευτικοί οικοδομούν, αναθεωρούν και βελτιώνουν πολλαπλά μοντέλα για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης. Όσον αφορά στον πρώτο στόχο της δραστηριότητας (Πίνακας 85), στην προσπάθεια τους να οικοδομήσουν το πρώτο τους μοντέλο, οι ΠΕ της ομάδας 4 είχαν δύο αποτυχημένες προσπάθειες δημιουργίας κανόνων που να εκφράζουν τις κινήσεις της γης ή της σελήνης στο μοντέλο τους. Ως αποτέλεσμα, οι ΠΕ αποτάθηκαν για βοήθεια στον οδηγό του προγράμματος (tutorials), στην ομάδα 3 εντός της τάξης και τέλος στην εκπαιδευτικό. Ακολούθως, κατάφεραν να δημιουργήσουν 5 διαφορετικούς κανόνες που μπόρεσαν συνολικά να στηρίξουν το μοντέλο που ήθελαν να οικοδομήσουν σε σχέση με το πρώτο μοτίβο. Τέλος, αξιολόγησαν το μοντέλο τους, και προσπάθησαν να βελτιώσουν λάθη που εντόπισαν σε αυτό όταν το έτρεξαν. Εφτά στα 13 αυτοκαθοριζόμενα μέρη του πρώτου στόχου της δραστηριότητας 20 περιείχαν υψηλής ποιότητας συνεργασία ανάμεσα στα μέλη της ομάδας 4 και, συνεπώς, το πρώτο μέρος της άσκησης μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένο ως προς τη συνεργασία που αναπτύχθηκε εντός της ομάδας 4.

Από την άλλη, η ομάδα 5 ξεκίνησε την οικοδόμηση του μοντέλου της παράλληλα με τη συμπλήρωση του «Έντυπου Κωδικοποίησης Μοντέλου». Έτσι, μελέτησε αρχικά την εισαγωγή νέων αντικειμένων στο μοντέλο. Οι ΠΕ της ομάδας 5 προσπάθησαν να

βελτιώσουν το μοντέλο τους, ώστε να εξηγεί και όχι μόνο να περιγράφει το φαινόμενο παρέχοντας διαφορετικές ιδέες και καταλήγοντας σε μία ιδέα, την οποία και υλοποίησαν. Τέλος, ενίσχυσαν το μοντέλο τους με επεξηγήσεις και αισθητικές βελτιώσεις. Τα πέντε από τα οκτώ αυτοκαθοριζόμενα μέρη της δραστηριότητας προώθησαν υψηλής ποιότητας συνεργασία κάτι που καθιστά αυτό το μέρος της άσκησης επιτυχημένο και για την ομάδα 5.

Σε δεύτερο στάδιο, η δραστηριότητα στόχευε στην αξιολόγηση ενός μοντέλου που οικοδομήθηκε από άλλη ομάδα και στη συμπλήρωση ενός *Έντυπου Αξιολόγησης Μοντέλου* (Πίνακας 86). Σε πρώτο στάδιο, οι ΠΕ της ομάδας 4 παρακολούθησαν και αξιολόγησαν προφορικά το μοντέλο της ομάδας 3. Ακολούθως, συζήτησαν με την ομάδα 3 σε σχέση με την αξιολόγηση που παρείχε η ομάδα 3 προς την ομάδα τους και κατέγραψαν την αξιολόγησή τους για το μοντέλο της ομάδας 3 (σε δύο μέρη) στο συνοδευτικό έντυπο αξιολόγησης μοντέλων. Και τα τέσσερα αυτοκαθοριζόμενα μέρη του δεύτερου στόχου της δραστηριότητας 20 εμπεριείχαν υψηλής ποιότητας συνεργασία ανάμεσα στα μέλη της ομάδας 4, αλλά και ανάμεσα στην ομάδα 4 και στην ομάδα 3. Συνεπώς, η δραστηριότητα θεωρείται επιτυχημένη. Από την άλλη, για την ομάδα 5 αυτό το μέρος της δραστηριότητας δε θεωρείται επιτυχημένο.

Η ομάδα 5 είχε να αξιολογήσει τα μοντέλα δύο ομάδων^{xxv}. Αρχικά αξιολόγησαν το μοντέλο της ομάδας 7, το οποίο συνέκριναν με μοντέλα των υπόλοιπων ομάδων της τάξης, μετά από την πρώτη παρακολούθησή του. Ακολούθως, ξεκίνησαν να συμπληρώνουν το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου, συμπλήρωσαν δηλαδή τις ασυνέπειες και τους περιορισμούς που παρουσιάζει το μοντέλο, εισηγήθηκαν τρόπους βελτίωσής του και αποφάνθηκαν αν ο μηχανισμός που το υποστηρίζει είναι ο σωστός. Τέλος, έκαναν το ίδιο για το μοντέλο της ομάδας 6. Η διαδικασία δεν ήταν επιτυχημένη ως προς τη συνεργασία που έλαβε χώρα, εφόσον μόνο τρία στα εννιά αυτοκαθοριζόμενα μέρη προώθησαν υψηλό επίπεδο συνεργασίας ανάμεσα στους συμμετέχοντες (Πίνακας 86).

Για τον τρίτο στόχο της δραστηριότητας 20 η ομάδα 4 διάβασε αρχικά την αξιολόγηση που έλαβε από την ομάδα 3 για το μοντέλο 1. Για σκοπούς καλύτερης κατανόησης οι ΠΕ αντάλλαξαν διευκρινιστικά σχόλια με την ομάδα 3 εντός της τάξης σε σχέση με το περιεχόμενο της αξιολόγησής. Ακολούθως, συζήτησαν εντός της ομάδας τους σε σχέση με τον τρόπο που θα εργάζονταν κατά τη βελτίωση του μοντέλου τους και μετά υλοποίησαν

^{xxv} Η ομάδα 5 επιλέγηκε τυχαία ως η ομάδα που θα αξιολογούσε τα μοντέλα δύο ομάδων, εφόσον οι ομάδες του μαθήματος ήταν εφτά.

τις ιδέες τους. Για την υλοποίηση της βελτίωσης υιοθέτησαν την ιδέα ενός μέλους της ομάδας και εργάστηκαν είτε στην ομάδα τους είτε υπό την καθοδήγηση της εκπαιδευτικού για τη δημιουργία νέων κανόνων. Τέλος, παρακολούθησαν το ολοκληρωμένο μοντέλο τους, το ενίσχυσαν με επεξηγήσεις και έκαναν μερικές τελικές αλλαγές. Η διαδικασία της βελτιωτικής ρύθμισης του πρώτου μοντέλου της ομάδας 4 ήταν επιτυχημένη αφού μόνο δύο εκ των 12 αυτοκαθοριζόμενων μερών της δεν προώθησαν υψηλής ποιότητας συνεργασία.

Πίνακας 86

Συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ: Δραστηριότητα 20

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ;
Ομάδα 4						
20.1. Οικοδόμηση μοντέλου στο πρόγραμμα SC [®] για εξήγηση του πρώτου μοτίβου	-Αποτυχημένη προσπάθεια δημιουργίας κανόνα	3	2,6	όχι	όχι	OXI
	-Αναζήτηση βοήθειας μέσω του οδηγού του προγράμματος SC [®]	3	2,1	όχι	όχι	OXI
	-Αποτυχημένη προσπάθεια δημιουργίας κανόνα	3	2,3	όχι	όχι	OXI
	-Αναζήτηση βοήθειας από άλλη ομάδα (ομάδα 3)	4	7,0	όχι	όχι	OXI
	-Αναζήτηση βοήθειας από την εκπαιδευτικό	4	24,7	ναι	ναι	NAI
	-Επιτυχημένη προσπάθεια δημιουργίας κανόνα (κανόνας 1)	3	1,5	όχι	ναι	OXI
	-Επιτυχημένη προσπάθεια δημιουργίας κανόνα (κανόνας 2)	3	4,0	ναι	ναι	NAI
	-Επιτυχημένη προσπάθεια δημιουργίας κανόνα (κανόνας 3)	3	2,3	ναι	ναι	NAI
	-Επιτυχημένη προσπάθεια δημιουργίας κανόνα (κανόνας 4)	3	0,0	ναι	ναι	NAI
	-Επιτυχημένη προσπάθεια δημιουργίας κανόνα (κανόνας 5)	3	14,7	ναι	ναι	NAI
	-Αξιολόγηση της ευχρηστίας του μοντέλου	3	1,0	όχι	ναι	OXI
	-Πρώτη βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου	4	4,1	ναι	ναι	NAI
	-Δεύτερη βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου	3	2,0	ναι	ναι	NAI
20.2. Αξιολόγηση του μοντέλου 1 της ομάδας 3	-Παρακολούθηση και προφορική αξιολόγηση του μοντέλου της ομάδας 3	2	1,4	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση με την ομάδα 3 της αξιολόγησης που έκανε η ομάδα 3 για το μοντέλο τους	3	1,7	ναι	ναι	NAI
	-Καταγραφή της αξιολόγησης για το μοντέλο της ομάδας 3 (μέρος α)	2	0,0	ναι	ναι	NAI
	-Καταγραφή της αξιολόγησης για το μοντέλο της ομάδας 3 (μέρος β)	2	0,0	ναι	ναι	NAI
20.3. Βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου 1 σύμφωνα με την αξιολόγηση της ομάδας 3 (ανάπτυξη μοντέλου 2)	-Ανάγνωση της αξιολόγησης της ομάδας 3 για το μοντέλο	2	0,7	όχι	ναι	OXI
	-Συνεργασία με ένα μέλος της ομάδας 3 για κατανόηση των σχολίων της αξιολόγησης	3	2,3	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση για τον τρόπο που θα εργαστούν κατά τη βελτίωση του μοντέλου	2	0,0	ναι	ναι	NAI
	-Εργασία στο μοντέλο για εφαρμογή των αλλαγών	2	2,1	ναι	ναι	NAI
	-Έκφραση νέας ιδέας από ένα μέλος της ομάδας για τη βελτίωση του μοντέλου	2	1,4	ναι	ναι	NAI
	-Εργασία στο μοντέλο (επεξεργασία εικόνων και εισαγωγή στο μοντέλο)	2	0,7	όχι	ναι	OXI
	-Εργασία στο μοντέλο υπό την καθοδήγηση	3	12,9	όχι	ναι	NAI

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
	της εκπαιδευτικού					
	-Δημιουργία νέων κανόνων σύμφωνα με την καθοδήγηση της εκπαιδευτικού	2	2,1	όχι	ναι	NAI
	-Δημιουργία νέων κανόνων	2	1,4	ναι	ναι	NAI
	-Παρακολούθηση του ολοκληρωμένου μοντέλου	2	0,0	ναι	ναι	NAI
	-Ενίσχυση του μοντέλου με επεξηγήσεις	2	0,7	ναι	ναι	NAI
	-Εργασία στο μοντέλο για τελικές αλλαγές	2	0,7	ναι	ναι	NAI
Ομάδα 5						
20.1. Οικοδόμηση μοντέλου στο πρόγραμμα SC [®] για εξήγηση του πρώτου μοτίβου	-Συμπλήρωση του Έντυπου Κωδικοποίησης Μοντέλου	3	7,8	ναι	ναι	NAI
	-Εισαγωγή νέων αντικειμένων στο μοντέλο	3	1,7	ναι	ναι	NAI
	-Προσπάθεια βελτίωσης του μοντέλου, ώστε να εξηγεί και όχι μόνο να περιγράφει το φαινόμενο (νέα ιδέα)	3	9,0	ναι	ναι	NAI
	-Εξήγηση προς μέλος της ομάδας σε σχέση με τον τρόπο λειτουργίας του μοντέλου για μία συγκεκριμένη φάση του φεγγαριού	3	2,9	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση σε σχέση με τη νέα ιδέα για το πώς το μοντέλο να εξηγεί και όχι να περιγράφει το φαινόμενο	3	-	ναι	όχι	OXI
	-Προσπάθεια αλλαγής του μοντέλου, ώστε να ανταποκρίνεται σε μία νέα ιδέα (τελική)	3	29,7	ναι	ναι	OXI
	-Ενίσχυση του μοντέλου με επεξηγήσεις	3				
	-Σύντομη εξήγηση για το μηχανισμό του μοντέλου	3	4,5	ναι	ναι	NAI
	-Εξήγηση του τρόπου λειτουργίας του μοντέλου και προσπάθεια ωριοποίησης του	3	16,8	ναι	όχι	OXI
20.2. Αξιολόγηση του μοντέλου 1 της ομάδας 7	-Πρώτη επαφή με το μοντέλο 1 της ομάδας 7 (σύγκριση του και με μοντέλα άλλων ομάδων)	2	0,7	όχι	ναι	OXI
	-Συμπλήρωση του Έντυπου Αξιολόγησης Μοντέλου (Ομάδα 7)					
	Ασυνέπειες μοντέλου	2	0,0	ναι	ναι	NAI
	Περιορισμοί μοντέλου	2	0,0	όχι	ναι	OXI
	Πώς μπορεί να βελτιωθεί το μοντέλο;	2	0,0	όχι	ναι	OXI
	-Συμπλήρωση του Έντυπου Αξιολόγησης Μοντέλου (Ομάδα 6)					
	Ασυνέπειες μοντέλου	2	0,7	ναι	ναι	NAI
	Περιορισμοί μοντέλου	2	0,0	όχι	ναι	OXI
	Πώς μπορεί να βελτιωθεί το μοντέλο;	2	0,0	όχι	ναι	OXI
	Είναι ο μηχανισμός του μοντέλου σωστός;	2	0,7	όχι	ναι	OXI
	Εξηγεί το μοντέλο όλες τις φάσεις του φεγγαριού;	2	0,0	ναι	ναι	NAI
20.3. Βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου 1 σύμφωνα με την αξιολόγηση των άλλων ομάδων (ανάπτυξη μοντέλου 2)	-Ανάγνωση και κριτική της αξιολόγησης που έλαβαν από την ομάδα 7. Προσπάθεια υποστήριξης του μοντέλου τους.	3	6,6	όχι	ναι	OXI
	-Βελτιωτική ρύθμιση του μοντέλου τους σύμφωνα με την δουλειά των άλλων ομάδων					
	Συζήτηση για το πώς να δείξουν την ιδέα ενός μέλους στο μοντέλο	3	6,5	ναι	ναι	NAI
	Συζήτηση για το πώς (τεχνικά) να εφαρμόσουν την ιδέα στο πρόγραμμα	3	6,7	ναι	ναι	NAI
	Συζήτηση για τη θέση του παρατηρητή στο μοντέλο τους	3	2,9	ναι	ναι	NAI
	Συζήτηση στην ομάδα για μία παρανόηση που έχει ένα μέλος	3	2,3	ναι	ναι	NAI

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
	Εργασία στο πρόγραμμα για ολοκλήρωση της βελτίωσης του μοντέλου	3	13,3	όχι	ναι	OXI
	Δημιουργία των κανόνων από την αρχή γιατί δε λειτούργησε το μοντέλο	3	21,7	ναι	ναι	OXI
	-Συζήτηση στην ομάδα για μία παρανόηση-ερώτηση που έχει ένα μέλος	3	4,9	ναι	ναι	NAI
	-Επίλυση τεχνικών προβλημάτων που προέκυψαν στο μοντέλο	4	5,1	όχι	ναι	OXI

Η ομάδα 5 βελτίωσε το μοντέλο της σύμφωνα με την αξιολόγηση που έλαβε από την ομάδα 7. Αρχικά, οι ΠΕ της ομάδας 5 διάβασαν τα σημεία της αξιολόγησης και άσκησαν μεταξύ τους κριτική σε αυτά προσπαθώντας να υποστηρίξουν το μοντέλο τους. Ακολούθως συζήτησαν και υιοθέτησαν και εφάρμοσαν την ιδέα ενός μέλους της ομάδας για βελτίωση του μοντέλου τους. Σε κάποιο σημείο χρειάστηκε να ξαναδημιουργήσουν όλους τους κανόνες του μοντέλου από την αρχή, γιατί αυτό δεν απέδιδε αυτό που ήθελαν να δείξουν. Πέντε εκ των εννιά αυτοκαθοριζόμενων μερών της δραστηριότητας εμπεριείχαν υψηλής ποιότητας συνεργασία, κάτι που υποδεικνύει ότι το τρίτο μέρος της δραστηριότητας 20 ήταν επιτυχημένο ως προς τη συνεργασία των μελών της ομάδας 5.

5.3.1.18. Δραστηριότητα 21: Αξιολόγηση μοντέλου

Πίνακας 87

Στοιχεία που περιγράφουν τη δραστηριότητα 21

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Αξιολόγηση του μοντέλου 2	-Πρόγραμμα SC [®] ως εργαλείο προσομοίωσης	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Στόχος της δραστηριότητας 21 είναι η αξιολόγηση του δεύτερου μοντέλου της ομάδας από την ίδια την ομάδα (Πίνακας 87). Η αξιολόγηση έλαβε χώρα εντός της ομάδας μόνο και πήρε τη μορφή καταγραφής των μειονεκτημάτων που παρουσιάζει το μοντέλο της, αλλά και αξιολόγησης του μοντέλου σε σχέση με τα κριτήρια αξιολόγησης μοντέλου που η ίδια η ομάδα ανέπτυξε στο πλαίσιο της δραστηριότητας 15. Η δραστηριότητα είναι επιτυχημένη για τα μέλη της ομάδας 4, εφόσον μόνο στα δύο εκ των πέντε μερών της δεν παρατηρήθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία.

Η ομάδα 5, από την άλλη, κατά την αξιολόγηση του δεύτερου μοντέλου που οικοδόμησε, ασχολήθηκε πρώτα με την περιγραφή του μηχανισμού του μοντέλου και ακολούθως κατέγραψε τόσο τα μειονεκτήματα όσο και τα πλεονεκτήματά του. Σε αυτή την περίπτωση επιτεύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία σε ένα εκ των δύο αυτοκαθοριζόμενων μερών της δραστηριότητας 21 (Πίνακας 88).

Πίνακας 88

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ: Δραστηριότητα 21

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ;
Ομάδα 4						
Αξιολόγηση του μοντέλου 2	-Καταγραφή των μειονεκτημάτων που παρουσιάζει το μοντέλο της ομάδας					
	Μειονέκτημα 1	2	0,7	ναι	ναι	NAI
	Μειονέκτημα 2	2	0,0	ναι	ναι	NAI
	Μειονέκτημα 3	2	0,0	ναι	ναι	NAI
	Μειονέκτημα 4	2	0,7	ναι	όχι	OXI
	-Αξιολόγηση του μοντέλου σύμφωνα με τα κριτήρια που όρισαν στην άσκηση 15.	2	0,0	όχι	όχι	OXI
Ομάδα 5						
Αξιολόγηση του μοντέλου 2	-Περιγραφή του μηχανισμού του μοντέλου	2	0,7	όχι	ναι	OXI
	-Καταγραφή των μειονεκτημάτων και των πλεονεκτημάτων του μοντέλου.	3	4,0	ναι	ναι	NAI

5.3.1.19. Δραστηριότητα 22: Βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου για τις Φάσεις της Σελήνης στο πρόγραμμα SC®: μοτίβο 2

Πίνακας 89

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 22

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
22.1. Σύγκριση του δεύτερου μοντέλου με τα δεδομένα του φεγγαριού (ΔΣΦΠ)	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
22.2. Βελτιωτική ρύθμιση του δεύτερου μοντέλου για να περιλάβει το δεύτερο μοτίβο (οικοδόμηση μοντέλου 3)	-Πρόγραμμα SC® ως εργαλείο μοντελοποίησης -Εργαλείο ανταλλαγής συνεισφορών	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες
22.3. Αξιολόγηση του μοντέλου μιας άλλης ομάδας	-Πρόγραμμα SC® ως εργαλείο προσομοίωσης -Εργαλείο ανταλλαγής συνεισφορών	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες
22.4. Βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου 3 σύμφωνα με την αξιολόγηση της άλλης ομάδας (ανάπτυξη μοντέλου 4)	-Πρόγραμμα SC® ως εργαλείο μοντελοποίησης -Εργαλείο ανταλλαγής συνεισφορών	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες

Η δραστηριότητα 22 αποτελεί τη συνέχεια της δραστηριότητας 20, αφού αφορά στη βελτιωτική ρύθμιση του μοντέλου 2 της κάθε ομάδας και στην παραγωγή των διαδοχικών μοντέλων 3 και 4 (Πίνακας 89).

Η ομάδα 4 συζήτησε αρχικά τον τρόπο που το μοντέλο 2, που οικοδόμησε στο πλαίσιο της δραστηριότητας 20, παρέχει εξηγήσεις για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης. Ακολούθως, η συζήτηση περιστράφηκε γύρω από το αν το μοντέλο αυτό εξηγεί το δεύτερο μοτίβο που εντόπισαν από τα δεδομένα τους *Η ανατολή και η δύση του φεγγαριού διαφέρουν καθημερινά*. Η συζήτηση μετατοπίστηκε, στη συνέχεια, στον τρόπο αναπαράστασης του δεύτερου μοτίβου στο υφιστάμενο μοντέλο. Εδώ, η ομάδα 4 συζητά λανθασμένα για το μοτίβο *Το γωνιακό υψόμετρο του φεγγαριού αλλάζει κατά τη διάρκεια*

της μέρας παρά για το προαναφερόμενο μοτίβο. Έπειτα, γίνεται συζήτηση με την εκπαιδευτικό και επιλύεται η διαφορά. Οι ΠΕ προσπάθησαν να δώσουν εξήγηση για την εμφάνιση του δεύτερου μοτίβου και τέλος συζήτησαν με την εκπαιδευτικό για τη δική της αξιολόγηση σε σχέση με το μοντέλο 2. Σε τρία εκ των έξι αυτοκαθοριζόμενων μερών του πρώτου μέρους της δραστηριότητας 22 παρατηρήθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ και στους ΠΕ και την εκπαιδευτικό. Έτσι, αυτό το μέρος της δραστηριότητας δε θεωρείται επιτυχημένο. Επιτυχημένο θεωρείται, όμως, αυτό το μέρος για την ομάδα 5. Η ομάδα 5 εργάστηκε με παρόμοιο τρόπο και κατέγραψε επίσης αρχικά τον τρόπο που το μοντέλο της παρέχει εξηγήσεις για τις Φάσεις της Σελήνης και ακολούθως συζήτησε αν αυτό εξηγεί το δεύτερο μοτίβο. Ο συνυπολογισμός των αποτελεσμάτων των δύο ομάδων καθιστά αυτό το μέρος της δραστηριότητας επιτυχημένο.

Για το δεύτερο στόχο της δραστηριότητας 22 η ομάδα 4 ξεκίνησε με μία διαδικαστική συζήτηση για το πώς θα χειριζόταν τις αλλαγές στο μοντέλο μέσω του προγράμματος SC[®]. Ακολούθως, οι ΠΕ συζήτησαν για τον τρόπο αναπαράστασης του δεύτερου μοτίβου μέσω του μοντέλου χρησιμοποιώντας σχεδιαγράμματα για να εξηγήσουν τι εννοούν. Ακόλουθη συζήτηση αφορά στον τρόπο που θα δημιουργούσαν το χαρακτήρα «γη» στο βελτιωμένο μοντέλο και στην κίνηση της γης και της σελήνης (αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη). Σε επόμενη φάση εργάστηκαν στο μοντέλο για να δημιουργήσουν ένα σημείο στη γη (οκτώ διαφορετικές εικόνες) και ένα σημείο στη σελήνη. Μετά τη δημιουργία των εικόνων προχώρησαν στη δημιουργία κανόνων που να περιλαμβάνουν την περιστροφή της γης και την περιφορά του φεγγαριού. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 90 τα επτά εκ των εννιά αυτοκαθοριζόμενων μερών περιλαμβάνουν συνεργασία υψηλής ποιότητας και συνεπώς αυτό το μέρος της άσκησης θεωρείται επιτυχημένο για την ομάδα 4.

Η ομάδα 5 ξεκίνησε αυτό το μέρος της δραστηριότητας 22 με συζήτηση σε σχέση με τον βέλτιστο τρόπο αναπαράστασης του δεύτερου μοτίβου στο μοντέλο τους. Ακολούθως εφάρμοσε τη βελτίωση στο πρόγραμμα SC[®] και οικοδόμησε έτσι το μοντέλο 3. Τέλος οι ΠΕ σχολίασαν τον τρόπο λειτουργίας του μοντέλου, κατέγραψαν τα στοιχεία του μοντέλου και περιέγραψαν τον υποκείμενο μηχανισμό. Παρατηρήθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία σε έξι από οκτώ αυτοκαθοριζόμενα μέρη, γεγονός που υπαινίσσεται ότι η δραστηριότητα 22β ήταν επιτυχημένη ως προς τη συνεργασία ανάμεσα στα μέλη της ομάδας 5 (Πίνακας 90).

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Ομάδα 4						
22.1. Σύγκριση του μοντέλου 2 με τα δεδομένα για το φεγγαριού (ΔΣΦΠ)	-Συζήτηση για το πώς το μοντέλο παρέχει εξηγήσεις για τις Φάσεις της Σελήνης	2	0,7	ναι	ναι	NAI
	- Συζήτηση για το αν το μοντέλο εξηγεί το μοτίβο 2 (Μοτίβο 2: Η αλλαγή στην ώρα ανατολής και δύσης του φεγγαριού κάθε μέρα)	2	1,4	όχι	ναι	OXI
	- Συζήτηση για τον τρόπο αναπαράστασης του δεύτερου μοτίβου στο μοντέλο (θεωρούν λανθασμένα ότι το μοτίβο 2 είναι η αλλαγή στο γωνιακό υψόμετρο του φεγγαριού κατά τη διάρκεια μιας μέρας)	2	0,7	ναι	όχι	OXI
	- Συζήτηση με την εκπαιδευτικό για τα μοτίβα 2 και 3	3	2,9	όχι	ναι	OXI
	-Προσπάθεια εξήγησης του μοτίβου 2	2	1,4	ναι	ναι	NAI
	-Η εκπαιδευτικός αξιολογεί το μοντέλο και συζητά με την ομάδα για αυτό	3	4,2	ναι	ναι	NAI
22.2. Βελτιωτική ρύθμιση του μοντέλου 2 για να περιλάβει το μοτίβο 2 (οικοδόμηση μοντέλου 3)	-Διαδικαστική συζήτηση για το πώς θα προχωρήσουν στην άσκηση 22 (σε σχέση με το πρόγραμμα SC)	3	3,2	ναι	ναι	NAI
	- Συζήτηση για τον τρόπο αναπαράστασης των ιδεών τους στο μοντέλο (ετοιμάζουν σχεδιαγράμματα)	3	6,1	ναι	ναι	NAI
	- Συζήτηση για τον τρόπο δημιουργίας του χαρακτήρα «γη» στο βελτιωμένο μοντέλο (προτείνουν να δημιουργήσουν πάνω στο χαρακτήρα ένα σημείο για να δείχνει την περιστροφή)	3	5,0	ναι	ναι	NAI
	- Συζήτηση για την κίνηση της γης και της σελήνης (αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη)	3	2,1	ναι	όχι	OXI
	-Επεξεργασία του μοντέλου για δημιουργία ενός σημείου πάνω στη γη (8 διαφορετικές εικόνες)	3	5,3	ναι	ναι	NAI
	-Επεξεργασία του μοντέλου για δημιουργία ενός σημείου στη σελήνη.	3	1,5	όχι	ναι	OXI
	-Επεξήγηση σε μέλος της ομάδας για τη χρησιμότητα του σημείου πάνω στη γη	3	4,0	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση για τον τρόπο δημιουργίας ενός κανόνα που να περιλαμβάνει την περιστροφή της γης και την περιφορά της σελήνης	3	2,3	ναι	ναι	NAI
	-Διαφωνία ως προς τον τρόπο περιστροφής της γης και της σελήνης.	3	1,5	ναι	ναι	NAI
Ομάδα 5						
22.1. Σύγκριση του μοντέλου 2 με τα δεδομένα του φεγγαριού (ΔΣΦΠ)	-Καταγραφή του τρόπου που το μοντέλο τους παρέχει εξηγήσεις για τις Φάσεις της Σελήνης	2	0,0	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση για το αν το μοντέλο εξηγεί το δεύτερο μοτίβο	2	1,4	ναι	ναι	NAI
22.2. Βελτιωτική ρύθμιση του μοντέλου 2 για να περιλάβει το μοτίβο 2 (οικοδόμηση μοντέλου 3)	-Συζήτηση για τον τρόπο αναπαράστασης του μοτίβου 2 στο μοντέλο.	2	1,4	ναι	ναι	NAI
	-Βελτίωση του μοντέλου 2 για να περιλαμβάνει το μοτίβο 2 (οικοδόμηση μοντέλου 3)	2	3,5	ναι	ναι	NAI
	-Περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του μοντέλου 3	3	7,2	ναι	ναι	NAI

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
	-Εντοπισμός των αντικειμένων του μοντέλου	3	0,6	όχι	ναι	OXI
	-Εντοπισμός των μεταβλητών του μοντέλου	3	7,2	ναι	ναι	NAI
	-Εντοπισμός των διαδικασιών του μοντέλου	3	1,5	ναι	ναι	NAI
	-Εντοπισμός των σχέσεων ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου	3	9,6	ναι	ναι	NAI
	-Περιγραφή του υποκείμενου μηχανισμού που περιλήφθηκε στο μοντέλο 3	3	9,9	όχι	ναι	OXI
22.3. Αξιολόγηση του μοντέλου 3 της ομάδας 6	-Συζήτηση για τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα του μοντέλου 3 της ομάδας 6	3	13,6	ναι	ναι	NAI
	-Καταγραφή της αξιολόγησης του μοντέλου 3 στο «Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου»	3	2,1	ναι	ναι	NAI

Ο τρίτος στόχος της δραστηριότητας 22 αφορά στην αξιολόγηση του μοντέλου άλλης ομάδας. Υπάρχουν δεδομένα για την αξιολόγηση που έκανε η ομάδα 5 για το μοντέλο 3 της ομάδας 6 και όχι για το μοντέλο της ομάδας 7. Αφού οι ΠΕ συζήτησαν σε σχέση με τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα του μοντέλου 3 της ομάδας 6, συμπλήρωσαν το έντυπο αξιολόγησης και το ανέβασαν στο σύστημα. Τόσο κατά τη συζήτηση, όσο και κατά τη γραπτή κωδικοποίηση της απάντησής τους παρατηρήθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία ανάμεσα στα μέλη της ομάδας 5.

Δεν μπορούμε να αξιολογήσουμε την επιτυχία του τέταρτου στόχου της δραστηριότητας, αφού δεν υπάρχουν δεδομένα που να μπορούν να αναλυθούν για καμιά από τις δύο ομάδες μια και αυτό το μέρος έγινε ως εργασία στο σπίτι από όλες τις ομάδες της τάξης.

5.3.1.20. Δραστηριότητα 25: Κατασκευή μοντέλου για τις Φάσεις της Σελήνης με πραγματικά υλικά: μοτίβο 1, μοτίβο 2, μοτίβο 3

Πίνακας 91

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 25

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
25.1. Οικοδόμηση μοντέλου με πραγματικά αντικείμενα για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
25.2. Οικοδόμηση μοντέλου με πραγματικά αντικείμενα για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης. Εφαρμογή του μοντέλου για εξήγηση πολλαπλών φαινομένων σχετικά με τη σελήνη	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες

Η δραστηριότητα 25 λειτούργησε σε δύο επίπεδα συνεργασίας, εντός της ομάδας σε τοπικό επίπεδο και ανάμεσα σε δύο ομάδες και την εκπαιδευτικό, επίσης σε τοπικό επίπεδο (Πίνακας 91). Στο πρώτο επίπεδο η ομάδα 5 οικοδόμησε ένα μοντέλο για τις

Φάσεις της Σελήνης με πραγματικά αντικείμενα (ήλιος-λάμπα, σελήνη-μπάλα, γη-κεφάλι ΠΕ) και συζήτησε για θέματα όπως τον τρόπο περιφοράς της σελήνης γύρω από τη γη. Επιπλέον, οι ΠΕ προσπάθησαν να ταυτίσουν τη γωνία ήλιου-σελήνης με την κατάλληλη Φάση της Σελήνης. Και στα δύο μέρη της δραστηριότητας παρατηρήθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία. Επίσης, επιτυχημένο ως προς τη συνεργασία ήταν και το δεύτερο μέρος που έλαβε χώρα ως συνεργασία ανάμεσα σε δύο ομάδες (ομάδα 2 και 5) και την εκπαιδευτικό. Σε αυτό το μέρος, αρχικά, έγινε η σωστή τοποθέτηση του παρατηρητή στη γη στο σύστημα ήλιος (λάμπα) - Γη (φοιτητής) - σελήνη (μπάλα) και ακολούθως η τοποθέτηση έγινε πιο συγκεκριμένη (ο παρατηρητής τοποθετήθηκε στην Κύπρο). Έγινε συζήτηση για το αν ο παρατηρητής είναι σε κάθετη ή οριζόντια θέση πάνω στην Κύπρο και διευκρινίστηκε μία διαφωνία που υπήρξε ανάμεσα σε ένα ΠΕ και τους υπόλοιπους, σε σχέση με τον ορισμό της βόρειας κατεύθυνσης. Έπειτα, καθορίστηκαν και οι τέσσερις κατευθύνσεις του ορίζοντα στο σύστημα της τάξης και έγινε η μεταφορά στο σύστημα ήλιος-γη-σελήνη.

Πίνακας 92

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Δραστηριότητα 25

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκ τ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
25.1. Οικοδόμηση μοντέλου με πραγματικά αντικείμενα για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης	-Συζήτηση για τον τρόπο περιφοράς της σελήνης γύρω από τη γη (αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα)	3	3,8	ναι	ναι	NAI
	-Προσπάθεια ταύτισης της γωνίας ήλιου-γης-σελήνης με την κατάλληλη φάση	3	5,5	ναι	ναι	NAI
25.2. Οικοδόμηση μοντέλου με πραγματικά αντικείμενα για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης. Εφαρμογή του μοντέλου για εξήγηση πολλαπλών φαινομένων σχετικά με τη σελήνη	-Τοποθέτηση ενός παρατηρητή στη σωστή θέση στη γη στο σύστημα ήλιος (λάμπα)-Γη (φοιτητής)-σελήνη (μπάλα)	3	7,8	ναι	ναι	NAI
	-Τοποθέτηση του παρατηρητή στη γη και συγκεκριμένα στην Κύπρο	3	4,4	ναι	ναι	NAI
	-Τοποθέτηση του παρατηρητή σε όρθια ή οριζόντια θέση πάνω στην Κύπρο, στη γη	3	3,6	ναι	ναι	NAI
	-Διευκρίνιση μιας διαφωνίας σε σχέση με τον ορισμό της βόρειας κατεύθυνσης	3	7,1	ναι	ναι	NAI
	-Καθορισμός των τεσσάρων διευθύνσεων του ορίζοντα, του οριζόντιου και του κάθετου επιπέδου στην τάξη	3	4,1	ναι	ναι	NAI
	-Καθορισμός των τεσσάρων κατευθύνσεων του ορίζοντα, του οριζόντιου και του κάθετου επιπέδου στη γη στο σύστημά ήλιος-γη-σελήνη	3	6,0	ναι	ναι	NAI
	-Χρήση του μοντέλου για εξήγηση του κύκλου της μέρας-νύχτας	3	6,1	ναι	ναι	NAI
	-Χρήση του μοντέλου για εξήγηση των Φάσεων της Σελήνης και της ώρας ανατολής ή δύσης της καθημερινά	3	16,0	ναι	ναι	NAI

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο για εξήγηση του κύκλου της μέρας και της νύχτας και των Φάσεων της Σελήνης. Έγιναν διευκρινιστικές ερωτήσεις εμπέδωσης σε σχέση με τη θέση της σελήνης, την ώρα ανατολής και δύσης της και της κατεύθυνσής της καθημερινά. Και στα οκτώ αυτοκαθοριζόμενα μέρη παρατηρήθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία (Πίνακας 92).

5.3.1.21. Δραστηριότητα 26: Επεξεργασία δύο εννοιολογικών μοντέλων για το ίδιο φαινόμενο

Πίνακας 93

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 26

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Αξιολόγηση δύο διαφορετικών μοντέλων που εξηγούν το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης (γεωκεντρικό και σεληνοκεντρικό μοντέλο) σε σχέση με τους διαφορετικούς μηχανισμούς που χρησιμοποιούν	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Στο πλαίσιο της άσκησης 26 οι ΠΕ κλήθηκαν να αξιολογήσουν δύο διαφορετικά μοντέλα που εξηγούν τις Φάσεις της Σελήνης (γεωκεντρικό και σεληνοκεντρικό μοντέλο) σε σχέση με τους διαφορετικούς μηχανισμούς που χρησιμοποιούν. Αρχικά, οι ΠΕ της ομάδας 5 υποστήριξαν το γεωκεντρικό μοντέλο για την εξήγηση των Φάσεων της Σελήνης, αυτό, δηλαδή, που υποστηρίζει την περιφορά της σελήνης γύρω από τη γη και την περιστροφή της γης γύρω από τον εαυτό της και απέρριψαν το σεληνοκεντρικό μοντέλο, αυτό δηλαδή που υποστηρίζει την περιστροφή και περιφορά της σελήνης γύρω από τη γη, η οποία είναι σταθερή.

Πίνακας 94

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 5): Δραστηριότητα 26

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Αξιολόγηση δύο διαφορετικών μοντέλων που εξηγούν τις Φάσεις της Σελήνης σε σχέση με τους διαφορετικούς μηχανισμούς που χρησιμοποιούν	-Υποστήριξη του γεωκεντρικού μοντέλου και απόρριψη του σεληνοκεντρικού μοντέλου για την εξήγηση των Φάσεων της Σελήνης	3	3,8	όχι	όχι	OXI
	-Υποστήριξη και των δύο μοντέλων για την εξήγηση των Φάσεων της Σελήνης.	3	6,1	ναι	ναι	NAI
	-Υποστήριξη του γεωκεντρικού μοντέλου και ίσως απόρριψη του σεληνοκεντρικού μοντέλου για την εξήγηση των Φάσεων της Σελήνης. - Τελικά απορρίπτουν το σεληνοκεντρικό μοντέλο	3	8,1	ναι	ναι	NAI
	-Υποστήριξη και των δύο μοντέλων για την εξήγηση των Φάσεων της Σελήνης. Επισημάνση: και τα δύο μοντέλα έχουν ένα κοινό λάθος: η γη περιστρέφεται δεξιόστροφα.	3	13,6	ναι	ναι	NAI

Ακολούθως, έγινε συζήτηση στην οποία υποστηρίχθηκαν και τα δύο μοντέλα για την εξήγηση των Φάσεων της Σελήνης. Έπειτα, συζήτησαν για υποστήριξη του πρώτου και

απόρριψη του δεύτερου μοντέλου, αλλά τελικά υποστήριξαν την ορθότητα και των δύο μοντέλων σημειώνοντας παράλληλα και ένα κοινό λάθος, ότι έδειχναν και τα δύο μοντέλα τη γη να περιστρέφεται δεξιόστροφα. Στα τρία από τα τέσσερα αυτοκαθοριζόμενα μέρη της δραστηριότητας 26 παρατηρήθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ της ομάδας 5, κάτι που καθιστά τη δραστηριότητα επιτυχημένη (Πίνακας 94).

5.3.2. Δεύτερο πακέτο διδακτικού υλικού (ΔΥ2): Στρατηγικές διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης

5.3.2.1. Δραστηριότητα 29: Κείμενο για την ικανότητα της μοντελοποίησης

Πίνακας 95

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 29

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Ανάγνωση, συζήτηση και κατανόηση του ρόλου και της φύσης των μοντέλων, της ικανότητας της μοντελοποίησης και των συστατικών της στοιχείων	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Στο πλαίσιο της δραστηριότητας 29 οι ΠΕ διάβασαν στην ομάδα τους το κείμενο που είχαν μπροστά τους και το οποίο αφορούσε στο ρόλο και τη φύση των μοντέλων, της μοντελοποίησης και των συστατικών της στοιχείων. Τη συζήτηση στην ομάδα (δεν υπάρχει οπτικογραφημένο αυτό το μέρος της συζήτησης) ακολούθησε συζήτηση με την εκπαιδευτικό. Η εκπαιδευτικός επέλεξε να εστιάσει την προσοχή της ομάδας σε ένα από τα συνιστώντα συστατικά της μοντελοποίησης, την εγκυροποίηση του μοντέλου. Παρόλο που έγινε αρχικά συζήτηση με την εκπαιδευτικό, ακολούθως εντός της ομάδας ανάμεσα στους ΠΕ και πάλι με την εκπαιδευτικό σε σχέση με συγκεκριμένο παράδειγμα εγκυροποίησης του δικού τους μοντέλου (μοντέλο των Φάσεων της Σελήνης), οι ΠΕ επανήλθαν στην ίδια συζήτηση στο τέλος της δραστηριότητας. Και τα τέσσερα αυτοκαθοριζόμενα μέρη της συζήτησης που αφορούσαν σε αυτό το συνιστών στοιχείο της μοντελοποίησης εμπεριείχαν υψηλής ποιότητας συνεργασία (Πίνακας 96). Εντός της ομάδας τους οι ΠΕ προσπάθησαν ακόμα να εξηγήσουν διάφορα στοιχεία που παρουσιάζονταν στο κείμενο και αφορούν στα μοντέλα και στην ικανότητα της μοντελοποίησης. Επιπλέον, έγινε συζήτηση με την εκπαιδευτικό σε σχέση με πιθανούς τρόπους παρουσίασης των δεδομένων ενός φαινομένου προς μοντελοποίηση. Τα δύο αυτά αυτοκαθοριζόμενα μέρη δεν εμπεριείχαν υψηλής ποιότητας συνεργασία. Η όλη δραστηριότητα, όμως, μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένη.

Πίνακας 96

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 29

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Ανάγνωση, συζήτηση και κατανόηση του ρόλου και της φύσης των μοντέλων, της ικανότητας της μοντελοποίησης και των συστατικών της στοιχείων	-Συζήτηση με την εκπαιδευτικό σε σχέση με τη διαδικασία εγκυροποίησης ενός μοντέλου	4	5,7	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση στην ομάδα σε σχέση με τη διαδικασία εγκυροποίησης ενός μοντέλου	3	3,8	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση με την εκπαιδευτικό σε σχέση με συγκεκριμένο παράδειγμα εγκυροποίησης μοντέλου (οι Φάσεις της Σελήνης όπως γίνονται αντιληπτές από το νότιο ημισφαίριο)	4	3,9	ναι	ναι	NAI
	-Προσπάθεια παροχής εξηγήσεων σε σχέση με διάφορα στοιχεία που αφορούν στα μοντέλα και στη μοντελοποίηση	3	0,9	ναι	όχι	OXI
	-Συζήτηση με την εκπαιδευτικό σε σχέση με πιθανούς τρόπους παρουσίασης των δεδομένων ενός φαινομένου προς μοντελοποίηση	4	4,0	ναι	όχι	OXI
	-Συζήτηση στην ομάδα σε σχέση με συγκεκριμένο παράδειγμα εγκυροποίησης μοντέλου (οι Φάσεις της Σελήνης όπως γίνονται αντιληπτές από το νότιο ημισφαίριο)	3	2,1	ναι	ναι	NAI

5.3.2.2. Δραστηριότητα 30: Ο μαθησιακός κύκλος της μοντελοποίησης

Πίνακας 97

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 30

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Εκτίμηση της κυκλικότητας της διαδικασίας της μοντελοποίησης μέσα από ανάλυση του «μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης»	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Για την επίτευξη του στόχου της δραστηριότητας 30, οι ΠΕ μελέτησαν τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο *μαθησιακό κύκλο της μοντελοποίησης* (Διάγραμμα 9), και μετά από καθοδήγηση του διδακτικού υλικού συζήτησαν για την κυκλική φύση της μοντελοποίησης, όπως υποδεικνύεται από τα αμφίδρομα βέλη του διαγράμματος. Ακολούθως, εστίασαν στο δεύτερο μέρος του διαγράμματος, αυτό που αφορά στην αξιολόγηση του μοντέλου και στην ικανότητα του χρήστη του μοντέλου να διενεργεί προβλέψεις. Και τα δύο μέρη της συζήτησης εμπεριείχαν υψηλής ποιότητας συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ (Πίνακας 98).

Πίνακας 98

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 30

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.	Αποτελεσματική συν.	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.
Εκτίμηση της κυκλικότητας της διαδικασίας της μοντελοποίησης μέσα από ανάλυση του <i>Μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης</i>	-Συζήτηση για την κυκλική φύση της μοντελοποίησης (αμφίδρομα βέλη στο διάγραμμα) -Συζήτηση για το δεύτερο μισό του κύκλου της μοντελοποίησης που αφορά στην αξιολόγηση του μοντέλου και στην ικανότητα διενέργειας προβλέψεων με βάση αυτό	3	2,6	ναι	ναι	NAI
		3	4,6	ναι	ναι	NAI

5.3.2.3. Δραστηριότητα 31: Η επιστημολογική ανάλυση της μοντελοποίησης

Πίνακας 99

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 31

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Μελέτη της επιστημολογικής ανάλυσης της μοντελοποίησης με σκοπό τη συνειδητοποίηση των βημάτων που απαιτούνται για την ανάπτυξη της ικανότητας	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Η δραστηριότητα 31 αφορά στη μελέτη της *επιστημολογικής ανάλυσης της μοντελοποίησης*.

Οι ΠΕ μελέτησαν και συζήτησαν στην ομάδα τους σε σχέση με το διάγραμμα που παρουσίαζε την επιστημολογική ανάλυση της ικανότητας της μοντελοποίησης (Διάγραμμα 6) με σκοπό να συνειδητοποιήσουν τις δεξιότητες, τις ικανότητες και τις πτυχές της επιστημολογικής ενημερότητας που χρειάζεται να ληφθούν υπόψη και να τύχουν χειρισμού για την ανάπτυξή της ικανότητας. Επιπλέον, επέστρεψαν στο πρώτο πακέτο διδακτικού υλικού (το οποίο υλοποίησαν για να αναπτύξουν οι ίδιοι την ικανότητα της μοντελοποίησης) και προσπάθησαν να εντοπίσουν σε αυτό τα σημεία που περιγράφονται από την επιστημολογική ανάλυση που τους δόθηκε. Λόγω έλλειψης χρόνου οι ΠΕ αποφάσισαν να δουλέψουν ατομικά στο σπίτι τους και όχι ομαδικά όπως ζητούσε η δραστηριότητα. Παρόλο που έγινε αυτό, κατά τη διάρκεια του μαθήματος όταν χρειάστηκε να συζητήσουν για τα αποτελέσματα της εργασίας που έκαναν σε σχέση με τη δραστηριότητα 31 συνεργάστηκαν παραγωγικά επιτυγχάνοντας υψηλής ποιότητας συνεργασία.

Πίνακας 100

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 31

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.	Αποτελεσματική συν.	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.
Αναγνώριση της σύγκλισης της επιστημολογικής ανάλυσης της μοντελοποίησης και του πρώτου πακέτου του διδακτικού υλικού	Προσπάθεια εντοπισμού συγκλίσεων ανάμεσα στο διδακτικό υλικό που υλοποίησαν και στην επιστημολογική ανάλυση της ικανότητας της μοντελοποίησης	3	3,2	ναι	ναι	NAI

5.3.2.4. Δραστηριότητα 32: Αξιολόγηση μαθημάτων

Πίνακας 101

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 32

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Αξιολόγηση διδακτικών προσπαθειών που προωθούν την ικανότητα της μοντελοποίησης	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Η δραστηριότητα 32 αφορά στη μελέτη τριών ανεξάρτητων μαθημάτων που στοχεύουν στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης. Για αυτή την εργασία οι ΠΕ δε συνεργάστηκαν εντός της ομάδας τους, αφού μία εκ των τριών ΠΕ εργάστηκε ατομικά στο σπίτι και ολοκλήρωσε τη δραστηριότητα. Στην εντός της τάξης συζήτηση που έγινε στην ομάδα, η ΠΕ εξηγούσε τον τρόπο που εργάστηκε για να καταλήξει στο συγκεκριμένο αποτέλεσμα της αξιολόγησης, ώστε να πείσει τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας για την ορθότητα της απάντησής της. Η αξιολόγηση των μαθημάτων έγινε με βάση το μαθησιακό κύκλο της μοντελοποίησης (δραστηριότητα 30) και την επιστημολογική ανάλυση της ικανότητας (δραστηριότητα 31). Παρόλο που η ανάλυση της συζήτησης των ΠΕ έδειξε ότι η συνεργασία ήταν παραγωγική, το αποτέλεσμα της αξιολόγησης των μαθημάτων δεν ήταν το επιστημονικά ορθό κάτι που κρίνει τη συνεργασία ως μη αποτελεσματική και συνεπώς την όλη δραστηριότητα ως μη επιτυχημένη εφόσον δεν εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία (Πίνακας 102).

Πίνακας 102

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 32

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ;
Αξιολόγηση μαθημάτων που προωθούν την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης	Ένα μέλος της ομάδας εξηγεί πώς εργάστηκε για να αξιολογήσει τα τρία μαθήματα. Καταγραφή της ομαδικής απάντησης μετά από συζήτηση	2	0	ναι	όχι	OXI

5.3.2.5. Δραστηριότητα 33: Καταγραφή τρόπων συλλογής δεδομένων για τη ζωή των μυρμηγκιών

Πίνακας 103

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 33

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Εντοπισμός τρόπων συλλογής δεδομένων και πληροφοριών για τη ζωή των μυρμηγκιών	-	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας

Η δραστηριότητα 33 συνδέεται με τη δραστηριότητα 34 και αφορούν στην ανάπτυξη ενός σχεδίου μαθήματος που να στοχεύει στην προώθηση της ικανότητας της μοντελοποίησης με συγκεκριμένο τη ζωή των μυρμηγκιών σε μία μυρμηγκοφωλιά. Για τους σκοπούς της δραστηριότητας 33 οι ΠΕ κλήθηκαν να ονομάσουν τρόπους συλλογής δεδομένων για το φαινόμενο. Παρόλο που απαιτούνταν μόνο καταγραφή των τρόπων αυτών, στη ροή της

δραστηριότητας οι ΠΕ συνεργάστηκαν παραγωγικά και αποτελεσματικά σε μία σχετικά μεγάλης έκταση συζήτηση (συζήτηση 48 γραμμών). Υπήρξε αμφισβήτηση από κάποια μέλη της ομάδας προς τους τρόπους που πρότειναν άλλα μέλη με αποτέλεσμα να προτάσσονται επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα και να αναπτυχθεί υψηλής ποιότητας συνεργασία.

Πίνακας 104

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 33

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Προετοιμασία μαθήματος για ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης	Συζήτηση για τρόπους συλλογής δεδομένων για τη ζωή των μυρμηγκιών	3	5,2	ναι	ναι	NAI

5.3.2.6. Δραστηριότητα 35: Αξιολόγηση της κατανόησης του κατασκευαστή του μοντέλου (μαθητή) σε σχέση με το φαινόμενο

Πίνακας 105

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 35

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
Μελέτη του μηχανισμού ενός μοντέλου και αξιολόγηση της κατανόησης του κατασκευαστή για το φαινόμενο που μοντελοποίησε	-Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: α) Καταγραφή ιδεών σε ομαδικό επίπεδο β) Ανταλλαγή απόψεων σε διαομαδικό επίπεδο	Εξ αποστάσεως επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες

Για την υλοποίηση της δραστηριότητας 35, οι ΠΕ της ομάδας 4 προσπάθησαν, αρχικά, να κατανοήσουν τον τρόπο λειτουργίας του μοντέλου. Ακολούθως, έκαναν προβλέψεις για το τι μπορεί να καταλαβαίνει ο κατασκευαστής του για το φαινόμενο και κατέγραψαν την απάντησή τους στο σύστημα. Μετά, διάβασαν τις απαντήσεις των υπόλοιπων ομάδων στο σύστημα και σχολίασαν στην ομάδα τους τις απαντήσεις των ομάδων 3 και 5, με τις οποίες συμφώνησαν και της ομάδας 1, με την οποία διαφώνησαν. Αυτή η δραστηριότητα ήταν επιτυχημένη, εφόσον σε όλα τα αυτοκαθοριζόμενα μέρη της παρατηρήθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία με πολύ χαμηλές τιμές του δείκτη ομοιογένειας (Πίνακας 106).

Πίνακας 106

Συνεργασία Ανάμεσα στους ΠΕ (Ομάδα 4): Δραστηριότητα 35

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Μελέτη του μηχανισμού ενός μοντέλου και αξιολόγηση της	-Συζήτηση για το πώς λειτουργεί το μοντέλο και τι πιθανό να κατανοεί ο κατασκευαστής του	2	0,7	ναι	ναι	NAI
κατανόησης του κατασκευαστή για το φαινόμενο που μοντελοποίησε	-Καταγραφή της απάντησής τους στο περιβάλλον	2	0,0	ναι	ναι	NAI
	-Σχολιασμός των απαντήσεων των ομάδων 3 και 5 (συμφωνία)	2	2,1	ναι	ναι	NAI
	-Σχολιασμός της απάντησης της ομάδας 1 (διαφωνία)	2	2,1	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες 1 και 4 (διαφωνία)	2	0,0	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες 1,3,4 και 5 (συμφωνία)	2	0,0	ναι	ναι	NAI

5.3.2.7. Δραστηριότητα 37: Ανάπτυξη διαγνωστικών έργων για αξιολόγηση της ικανότητας της μοντελοποίησης και αξιολόγηση των έργων άλλης ομάδας

Πίνακας 107

Στοιχεία που Περιγράφουν τη Δραστηριότητα 37

Σκοπός δραστηριότητας	Εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε	Επίπεδο συνεργασίας
37.1. Ανάπτυξη διαγνωστικών έργων για την αξιολόγηση της ικανότητας της μοντελοποίησης	--	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία εντός της ομάδας
37.2. Αξιολόγηση του αν τα έργα που αναπτύχθηκαν από δύο ομάδες είναι συγκρίσιμα	--	Τοπικό επίπεδο, συνεργασία ανάμεσα σε δυο ομάδες

Για τους σκοπούς της δραστηριότητας 37 (Πίνακας 107) η ομάδα 4 συνεργάστηκε για την ανάπτυξη ενός διαγνωστικού έργου για την αξιολόγηση της ικανότητας της μοντελοποίησης. Αυτή η προσπάθεια ήταν αποτυχημένη, εφόσον οι ΠΕ δεν κατάφεραν να επιτύχουν το στόχο της δραστηριότητας και ετοίμασαν έργο που εξετάζει το περιεχόμενο του μαθήματος (ηλεκτρικά κυκλώματα μέσα από μοντέλα) και όχι την ικανότητα της μοντελοποίησης. Παρόλα αυτά, η συζήτηση που ακολούθησε σε συνεργασία με την ομάδα 2 διόρθωσε αυτό το λάθος της ομάδας 4 και επήλθε συναίνεση ως προς τι είδους έργα μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Παρόλο που μόνο κατά το ένα μέρος της δραστηριότητας παρατηρήθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία, αυτή μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένη, αφού το μέρος της δραστηριότητας που εμπεριέχει υψηλής ποιότητας συνεργασία ήταν αυτό για το οποίο σχεδιάστηκε η δραστηριότητα.

Σκοπός δραστηριότητας	Αυτοκαθοριζόμενο μέρος	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ;
37.1. Ανάπτυξη διαγνωστικών έργων για την αξιολόγηση της ικανότητας της μοντελοποίησης	Ετοιμασία του διαγνωστικού έργου για την αξιολόγηση της ικανότητας της μοντελοποίησης (ετοιμάζουν έργο που εξετάζει το περιεχόμενο και όχι την ικανότητα της μοντελοποίησης)	3	9,8	ναι	όχι	OXI
37.2. Αξιολόγηση του αν τα έργα που αναπτύχθηκαν από δύο ομάδες (3 και 4) είναι συγκρίσιμα	Συζήτηση για το γεγονός ότι η ομάδα 4 ετοίμασε έργο που αφορούσε στο συγκεκριμένο (ηλεκτρισμός) και όχι στην ικανότητα της μοντελοποίησης. Συναίνεση σε σχέση με τα έργα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν	2	2,8	ναι	ναι	NAI

5.3.3. Δραστηριότητες Σύγχρονης Επικοινωνίας

Πέραν του εργαλείου δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας που χρησιμοποιήθηκε σε διάφορες φάσεις όπου το διδακτικό υλικό το απαιτούσε, κατά τη διάρκεια του εξαμήνου γίνονταν σύγχρονες μονόωρες συζητήσεις προκαθορισμένου θέματος. Λόγω του μεγάλου αριθμού (N=21) των ΠΕ που συμμετείχαν στο μάθημα, δημιουργήθηκαν δύο ομάδες σύγχρονης συζήτησης. Η πρώτη ομάδα (ομάδα Α) αποτελούνταν από 10 φοιτητές και την εκπαιδευτικό και η δεύτερη ομάδα (ομάδα Β) από 11 φοιτητές και την εκπαιδευτικό. Παρόλα αυτά υπάρχει πιθανότητα σε κάποια από τις σύγχρονες συναντήσεις οι ομάδες να άλλαζαν σύσταση για σκοπούς εξυπηρέτησης των ΠΕ (βολικό ωράριο, έκτακτη υποχρέωση κτλ). Κατά τη διάρκεια του μαθήματος ο κάθε ΠΕ συμμετείχε σε επτά σύγχρονες ηλεκτρονικές συζητήσεις που αφορούσαν κυρίως στη μελέτη συγκεκριμένου υλικού (κυρίως επιστημονικών άρθρων) που επικεντρωνόταν σε συζήτηση εδραιωμένης γνώσης για τη διδασκαλία και την ανάπτυξη της ικανότητας μοντελοποίησης. Καταγράφηκαν από το σύστημα συνολικά 14 συζητήσεις^{xxvi}. Περιγραφή του θέματος και του υλικού που μελετούσαν οι ΠΕ σε κάθε συζήτηση γίνεται στο παράρτημα 23. Οι συζητήσεις αυτές αντιμετωπίστηκαν ως διακριτές δραστηριότητες και εντάσσονται στο είδος *συζήτηση για εδραιωμένη γνώση* (Πίνακας 122), εφόσον οι ΠΕ καλούνταν αρχικά να μελετήσουν εξειδικευμένες πηγές και ακολούθως, υπό την καθοδήγηση της εκπαιδευτικού, να τις επεξεργαστούν για να βοηθηθούν σε σχέση με τις στρατηγικές διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης. Οι συζητήσεις κάθε σύγχρονης ηλεκτρονικής συνάντησης που καταγράφονταν από το σύστημα (Blackboard Learning System) αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το σχήμα κωδικοποίησης που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας και εφαρμόστηκε για τις συζητήσεις που γίνονταν ανάμεσα στα μέλη μιας ομάδας, ή ανάμεσα σε ομάδες σε τοπικό επίπεδο ή ασύγχρονα ανάμεσα σε ομάδες (δες κεφάλαιο 4.9.2. για περιγραφή του σχήματος κωδικοποίησης).

Τα αποτελέσματα της ποιοτικής ανάλυσης των δεδομένων που προέκυψαν από την ανάλυση των έξι σύγχρονων συζητήσεων των ΠΕ της ομάδας Α παρουσιάζονται στους πίνακες 109, 111, 113, 115, 117, 119 και της ομάδας Β στους πίνακες 108, 110, 112, 114, 116, 120. Σε κάθε Πίνακα η πρώτη στήλη παρουσιάζει το θέμα της συζήτησης και η δεύτερη στήλη τη δομή της συζήτησης όπως προέκυψε από την ανάλυση της συνεργασίας

^{xxvi} Οι ηλεκτρονικές συζητήσεις ήταν επτά για κάθε ομάδα (σύνολο 14), αλλά η τελευταία αφορούσε στην αξιολόγηση του μαθήματος και δεν περιλαμβάνει συνεργασία οποιασδήποτε μορφής παρά μόνο παράθεση απόψεων. Έτσι δεν περιλήφθηκε σε αυτής της μορφής την ανάλυση.

ανάμεσα στους ΠΕ και στους ΠΕ και την εκπαιδευτικό^{xxvii}. Η σειρά με την οποία παρουσιάζονται ταυτίζεται με τη χρονική εξέλιξη των μερών. Η τρίτη στήλη του κάθε Πίνακα παρουσιάζει τον αριθμό των συμμετεχόντων σε κάθε συζήτηση και η τέταρτη παρουσιάζει το δείκτη ομοιογένειας της συζήτησης που αναπτύχθηκε σε κάθε ένα από τα αυτοκαθοριζόμενα μέρη. Οι επόμενες 2 στήλες αφορούν στο αν η συνεργασία που αναπτύχθηκε ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς σε κάθε αυτοκαθοριζόμενο μέρος ήταν παραγωγική (5^η στήλη) ή αποτελεσματική (6^η στήλη). Τέλος, η έβδομη στήλη συνοψίζει με βάση τις 3 προηγούμενες αν η συνεργασία που αναπτύχθηκε στο συγκεκριμένο μέρος της δραστηριότητας ήταν υψηλής ποιότητας (δες κεφάλαιο 4.9.2. για λεπτομερή περιγραφή των όρων). Αν ο δείκτης ομοιογένειας είναι χαμηλός (δες Πίνακα 10 για τα όρια του δείκτη ανάλογα με τον αριθμό των συμμετεχόντων) και η συνεργασία παραγωγική και αποτελεσματική, τότε θεωρούμε ότι η συνεργασία είναι υψηλής ποιότητας.

5.3.3.1. Πρώτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση

Το θέμα της πρώτης σύγχρονης ηλεκτρονικής συζήτησης αφορούσε στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μέσω διερώτησης. Οι ΠΕ έπρεπε να διαβάσουν από πριν το άρθρο *Preparing Teachers to Teach Physics and Physical Science by Inquiry. Physics Education*, και να συζητήσουν θέματα που είχαν να κάνουν είτε άμεσα είτε έμμεσα με αυτό.

Το τυπικό μέρος της πρώτης συζήτησης είχε διάρκεια 47 λεπτά για την ομάδα Α (Πίνακας 109) και 53 λεπτά για την ομάδα Β (Πίνακας 110). Αρχικά, και πριν ακόμα εισέλθει η εκπαιδευτικός στο σύστημα, οι ΠΕ της ομάδας Α συζητούσαν για διάφορα θέματα κοινωνικού περιεχομένου που δε σχετίζονταν με την προγραμματισμένη συζήτηση. Με την είσοδο της εκπαιδευτικού στο σύστημα έγινε ένας σύντομος χαιρετισμός, ακολούθησε η αρχική έκφραση των απόψεων των ΠΕ για το άρθρο και προσπάθεια, εκ μέρους τους για σύνδεσή του με προηγούμενες διδακτικές εμπειρίες που είχαν και αφορούσαν στην προσέγγιση Φυσική με Διερώτηση (μαθήματα στο Πανεπιστήμιο). Έπειτα, μετά από παραίνεση της εκπαιδευτικού, οι ΠΕ συζητήσαν σε σχέση με την ουσία της διδακτικής Προσέγγισης της Διερώτησης. Αρχικά, συζητήσαν για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μεθόδου και το γεγονός ότι μέσω αυτής περιορίζονται τα θέματα που διδάσκονται, αλλά γίνεται εις βάθος διδασκαλία τους. Ακολούθως, η συζήτηση κατευθύνθηκε προς τη σύνδεση της Διερώτησης με μεταγνωστικές δεξιότητες τονίζοντας

^{xxvii} Σε αντίθεση με τις συζητήσεις που γίνονταν εντός της ομάδας ή ανάμεσα στις ομάδες στο ασύγχρονο εργαλείο επικοινωνίας, στις σύγχρονες συζητήσεις η δομή καθοριζόταν σε γενικές γραμμές από την εκπαιδευτικό, η οποία έθετε κατά κύριο λόγο τα θέματα προς συζήτηση

την ανάγκη που προκύπτει σε τέτοιας μορφής μαθήματα για αναστοχασμό εκ μέρους των μαθητών που αφορά στο τι έγινε στην τάξη και με ποιο τρόπο. Το τελευταίο μέρος της συζήτησης σχετιζόταν με την προσπάθεια, που αφορμήθηκε από σχόλιο της εκπαιδευτικού, των ΠΕ να περιγράψουν ένα μάθημα με θέμα το Μαγνητισμό που να περιλαμβάνει τις αρχές της Διερώτησης. Οι ΠΕ κατέληξαν ότι στην αφόρμηση του μαθήματος θα ήταν καλό να γίνουν κάποια «μαγικά κόλπα» από τον εκπαιδευτικό με σκοπό την προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών και ακολούθως να εκφραστούν υποθέσεις των μαθητών για το θέμα, να γίνει πειραματισμός και ταξινόμηση των υλικών σε ομάδες ανάλογα με τη συμπεριφορά τους με το μαγνήτη κτλ.

Πίνακας 109

Ποιοτική Ανάλυση της Πρώτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.	Αποτελεσματική συν.	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.
Μελέτη του άρθρου και συζήτηση σε σχέση με τις βασικές αρχές της προσέγγισης της Διερώτησης όπως παρουσιάζεται σε αυτό και όπως το βίωσαν οι ΠΕ.	1. Κοινωνική κουβέντα μεταξύ των φοιτητών πριν την έναρξη της τυπικής συζήτησης	10	1,1	-	-	-
	2. Χαιρετισμός και εισαγωγικά σχόλια	10	0,5	-	-	-
	3. Έκφραση αρχικών απόψεων φοιτητών για το άρθρο	10	2,3	ναι	ναι	NAI
	4. Σύνδεση περιεχομένου άρθρου με προηγούμενες διδακτικές εμπειρίες των ΠΕ	10	0,9	όχι	ναι	OXI
	5. Διδακτική προσέγγιση Διερώτησης: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα	10	3,1	ναι	ναι	NAI
	6. Διδακτική προσέγγιση Διερώτησης: Διδασκαλία λίγων θεμάτων εις βάθος ή πολλών και όχι κατ' ανάγκην εις βάθος;	10	2,2	όχι	ναι	OXI
	7. Διδακτική προσέγγιση Διερώτησης: Οι μαθητές πρέπει να μάθουν να αναστοχάζονται και να αποκτήσουν μεταγνωστικές δεξιότητες.	10	1,9	όχι	ναι	OXI
	8. Σχεδιασμός μαθήματος με βάση τις αρχές της Διερώτησης. Μαγνητισμός: Γ' τάξη:	10	1,4	ναι	ναι	NAI
	α. Αφόρμηση –μαγικά με μαγνήτες για έλκυση ενδιαφέροντος	10	1,3	όχι	όχι	OXI
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	β. Υποθέσεις, πειραματισμός και ταξινόμηση υλικών	10	2,8	ναι	ναι	NAI
	γ. Κατασκευή νοητικού μοντέλου για τους μαγνήτες.	10	1,1	ναι	ναι	NAI
	δ. Γενική αρχή: οικοδόμηση της γνώσης από μαθητές	10	0,5	-	-	-
	ε. Έλεγχος προϋπάρχουσων γνώσεων	10				
9. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός		10				
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης		Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα	Ωρα έναρξης συζήτησης	Ωρα έναρξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης συζήτησης
		14:07	14:08	14:49	15:36	15:39
		Ωρα εξόδου τελευταίου συμμετέχοντα από το σύστημα				
		16:05				

Επιπλέον, αναφέρθηκε ότι θα ήταν καλό να κατασκευαστεί από τους μαθητές ένα νοητικό μοντέλο για το φαινόμενο. Στο πλαίσιο αυτό, οι ΠΕ αναφέρθηκαν σε μία γενική αρχή που πρέπει να διέπει το μάθημα και είναι η ενεργή οικοδόμηση της γνώσης από τους μαθητές,

καθώς επίσης και στην ανάγκη καταγραφής των προϋπάρχουσων γνώσεων των μαθητών για να τύχουν εκμετάλλευσης από τον εκπαιδευτικό της τάξης. Τέλος, έγινε ο «αποχαιρετισμός» και η συζήτηση έκλεισε. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι μόνο δύο από τα οκτώ μέρη της δραστηριότητας δεν εμπεριείχαν υψηλού επιπέδου συνεργασία^{xxviii} (Πίνακας 109). Συνεπώς, η συζήτηση κρίνεται επιτυχημένη ως προς την ποιότητα της συνεργασίας που αναπτύχθηκε. Η συζήτηση της ομάδας Β ήταν παρόμοιας δομής. Παρόλα αυτά η ποιότητα της συζήτησης διέφερε, αφού μόνο σε τρία από τα επτά μέρη της δραστηριότητας αναπτύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία, γεγονός που καθιστά αυτή τη συζήτηση μη επιτυχημένη (Πίνακας 110).

Πίνακας 110

Ποιοτική Ανάλυση της Πρώτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.	Αποτελεσματική συν.	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.
Μελέτη του άρθρου και συζήτηση σε σχέση με τις βασικές αρχές της προσέγγισης της Διερώτησης όπως παρουσιάζεται σε αυτό και όπως το βίωσαν οι ΠΕ.	1. Χαιρετισμός και εισαγωγικά σχόλια	11				
	2. Έκφραση αρχικών απόψεων φοιτητών για το άρθρο	11	1,1	-	-	-
	3. Διδακτική προσέγγιση Διερώτησης: θετικά και αρνητικά	11	5,3	ναι	ναι	ΝΑΙ
	4. Διδακτική προσέγγιση Διερώτησης: Διδασκαλία σε μικρές ηλικίες	11	1,1	ναι	ναι	ΝΑΙ
	5. Σχεδιασμός μαθήματος με βάση τις αρχές της Διερώτησης. Μαγνητισμός: Γ' τάξη:					
	α. Αφόρμηση: εξαγωγή αρχικών ιδεών και εμπειριών των μαθητών	11	0,7	ναι	όχι	ΟΧΙ
	β. Πειραματισμός με μαγνήτες	11	0,8	ναι	όχι	ΟΧΙ
	γ. Δραστηριότητες ταξινόμησης υλικών που έλκονται ή όχι από μαγνήτες	11	0,9	ναι	όχι	ΟΧΙ
	δ. Συζήτηση για το πώς αντιμετωπίζεται διδακτικά μία συγκεκριμένη παρανόηση των μαθητών σε σχέση με τους μαγνήτες (ο μαγνήτης έλκει τα σίδερα)	11	1,7	ναι	ναι	ΝΑΙ
	6. Συζήτηση για τη διερώτηση και τα μακροπρόθεσμα θετικά αποτελέσματα	11	2,2	ναι	όχι	ΟΧΙ
	7. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός	11	-	-	-	-
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα	Ωρα έναρξης συζήτησης	Ωρα έναρξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης συζήτησης	Ωρα εξόδου τελευταίου συμμετέχοντα από το σύστημα
	10:33	10:40	10:42	11:35	11:36	11:37

5.3.3.2. Δεύτερη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση

Το θέμα της δεύτερης σύγχρονης ηλεκτρονικής συζήτησης, το τυπικό μέρος της οποίας είχε διάρκεια 53 λεπτά για την ομάδα Α (Πίνακας 111) και 46 λεπτά για την ομάδα Β (Πίνακας 112), αφορούσε στις έννοιες προσομοιώσεις και μοντέλα. Οι ΠΕ έπρεπε να διαβάσουν από πριν δύο παρουσιάσεις για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση και το άρθρο

^{xxviii} Υπολογίζονται μόνο τα μέρη της συζήτησης κατά τα οποία αναπτύχθηκε κάποια μορφή συνεργασία.

Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε;

Πίνακας 111

Ποιοτική Ανάλυση της Δεύτερης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Προσομοιώσεις Vs Μοντέλα	1. Χαιρετισμός και εισαγωγικά σχόλια	11	0	-	-	-
	2. Εισαγωγική συζήτηση χωρίς την παρουσία της εκπαιδευτικού (δυσκολία κατανόησης της διαφοράς των όρων μοντέλο και προσομοίωση)	11	2,4	ναι	όχι	OXI
	3. Συζήτηση στην παρουσία της εκπαιδευτικού για τη διαφορά μοντέλου και προσομοίωσης					
	Συζήτηση για τη διαφορά προσομοίωσης-μοντέλου χωρίς την παρέμβαση της εκπαιδευτικού	11	4,1	ναι	όχι	OXI
	Συζήτηση για τη διαφορά προσομοίωσης-μοντέλου μετά από παρέμβαση της εκπαιδευτικού	11	2,6	ναι	ναι	NAI
	4. Πότε είναι καλό να χρησιμοποιούνται προσομοιώσεις και πότε να οικοδομούνται μοντέλα στη διδασκαλία;	11	2,1	ναι	ναι	NAI
	5. Συζήτηση για τη δομή της επιστημονικής γνώσης	11	2,0	ναι	ναι	NAI
	6. Συζήτηση για τη σχέση της διαδικασίας της ανάπτυξης μοντέλων και της δομής της επιστημονικής γνώσης	11	1,9	ναι	ναι	NAI
	7. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός	11	0	-	-	-

Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα	Ωρα έναρξης συζήτησης	Ωρα έναρξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης συζήτησης	Ωρα εξόδου τελευταίου συμμετέχοντα από το σύστημα
	14:28	14:30	15:04	15:57	15:58	15:58

Η συζήτηση ανάμεσα στους ΠΕ της ομάδας Α ξεκίνησε πριν ακόμα εισέλθει η εκπαιδευτικός στο σύστημα. Οι ΠΕ αντάλλαξαν απόψεις κυρίως για τη δυσκολία τους να κατανοήσουν τη διαφορά ανάμεσα στα μοντέλα και στις προσομοιώσεις και προσπαθούσαν να δώσουν ορισμό για τις δύο έννοιες. Παρόλο που η συνεργασία που αναπτύχθηκε ήταν παραγωγική, δεν ήταν αποτελεσματική, εφόσον δεν κατάφεραν να προσδιορίσουν ορθά τις δύο έννοιες. Αυτό έγινε στο επόμενο κομμάτι της συζήτησης, όπου η διαδικασία καθοδηγούνταν από την εκπαιδευτικό. Ακολούθως, έγινε συζήτηση για τη δομή της επιστημονικής γνώσης (μέρος 5) και τη σχέση της διαδικασίας ανάπτυξης επιστημονικών μοντέλων με τη δομή της επιστημονικής γνώσης (μέρος 6). Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η δεύτερη σύγχρονη ηλεκτρονική συζήτηση θεωρείται επιτυχημένη, αφού σε τέσσερα από τα έξι μέρη της ενυπήρχε υψηλής ποιότητας συνεργασία (Πίνακας 111).

Στην ομάδα Β έγινε από την αρχή συζήτηση παρουσία της εκπαιδευτικού και αφορούσε στη διαφορά που υπάρχει ανάμεσα σε ένα μοντέλο και μια προσομοίωση καταρχάς και ακολούθως στη δομή της επιστημονικής γνώσης και στη σχέση της με τη διαδικασία της μοντελοποίησης. Και για την ομάδα Β η συζήτηση ήταν επιτυχημένη, εφόσον σε όλα τα μέρη της αναπτύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία (Πίνακας 112).

Πίνακας 112

Ποιοτική Ανάλυση της Δεύτερης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Προσομοιώσεις Vs Μοντέλα	1. Χαιρετισμός και εισαγωγικά σχόλια. Επίλυση τεχνικών προβλημάτων	12	-	-	-	-
	2. Συζήτηση παρουσία της εκπαιδευτικού για τη διαφορά μοντέλου και προσομοίωσης	12	1,7	ναι	ναι	NAI
	3. Συζήτηση για τη χρήση συγκεκριμένων λογισμικών για δημιουργία μοντέλων ή για χειρισμό προσομοιώσεων	12	2,1	ναι	ναι	NAI
	4. Συζήτηση για το πότε χρησιμοποιούμε προσομοίωση και πότε μοντελοποίηση στη διδασκαλία	12	3,6	ναι	ναι	NAI
	5. Αρχικές απόψεις για τη σχέση της δομής της επιστημονικής γνώσης και της μοντελοποίησης	12	0,7	ναι	ναι	NAI
	6. Ελεύθερη συζήτηση (χωρίς την παρέμβαση της εκπαιδευτικού) σε σχέση με τη δομή της επιστημονικής γνώσης	12	1,3	ναι	ναι	NAI
	7. Συζήτηση για τη σχέση της δομής της επιστημονικής σκέψης και της διαδικασίας μοντελοποίησης μετά από παρέμβαση της εκπαιδευτικού	12	2,3	ναι	ναι	NAI
	8. Συζήτηση για τη σχέση θεωρίας-μοντέλου-νοητικού μοντέλου	12	1,8	ναι	ναι	NAI
	9. Διατύπωση σχέσης δομής επιστημονικής σκέψης και διαδικασίας μοντελοποίησης μετά από παρέμβαση της εκπαιδευτικού	12	4,9	ναι	ναι	NAI
	10. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός	12	-	-	-	-
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα	Ωρα έναρξης συζήτησης	Ωρα έναρξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης συζήτησης	Ωρα εξόδου τελευταίου συμμετέχοντα από το σύστημα
	10:44	10:54	11:08	11:54	11:55	12:00

5.3.3.3. Τρίτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση

Το θέμα της τρίτης σύγχρονης συζήτησης αφορούσε στην ικανότητα της μοντελοποίησης καθ' αυτή. Οι ΠΕ έπρεπε να διαβάσουν δύο κεφάλαια από το βιβλίο. Το πρώτο κεφάλαιο αφορούσε σε γενικά θέματα που άπτονται των επιστημονικών μοντέλων και το δεύτερο εξειδικευόταν σε σχέση με τις διαδικασίες της μοντελοποίησης.

Η συζήτηση της ομάδας Α, που έλαβε χώρα στο Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας, χωρίστηκε στα 11 μέρη που φαίνονται στον Πίνακα 113 και είχε διάρκεια 51 λεπτά (τυπικό μέρος). Αρχικά, και πριν ακόμα εισέλθει η εκπαιδευτικός στο σύστημα οι ΠΕ συζητούσαν για διάφορα θέματα κοινωνικού περιεχομένου που δε σχετίζονταν με την προγραμματισμένη συζήτηση. Ακολούθησαν εισαγωγικά σχόλια για τα κείμενα που διάβασαν. Η συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ άρχισε όταν ξεκίνησαν να συζητούν σε σχέση με τις λειτουργίες ενός μοντέλου (αναπαράσταση, κατανόηση, πρόβλεψη). Σε επόμενο στάδιο έγινε συζήτηση που υποκινήθηκε από την εκπαιδευτικό και αφορούσε στα συστατικά μέρη ενός μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις των μερών), και στη σχέση του μοντέλου με το φαινόμενο που μοντελοποιείται (το μοντέλο είναι πάντα μία αναπαράσταση και όχι το φαινόμενο αυτούσιο). Τέλος, οι ΠΕ αποχαιρετίστηκαν και εξήλθαν του συστήματος. Από τα οκτώ μέρη της δραστηριότητας που εμπεριείχαν συνεργασία, τα πέντε εμπεριείχαν ήταν υψηλής ποιότητας συνεργασία κάτι που καθιστά την όλη δραστηριότητα επιτυχημένη (Πίνακας 113).

Πίνακας 113

Ποιοτική Ανάλυση της Τρίτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Μοντέλα	1. Κοινωνική κουβέντα μεταξύ των φοιτητών πριν την έναρξη της τυπικής συζήτησης	11	3,6			
Φυσικών	2. Εισαγωγικά σχόλια για τα κείμενα που διάβασαν	11	1,2			
Επιστημών και Διαδικασίες	3. Οι Λειτουργίες του Μοντέλου: (1) Αναπαράσταση και (2) κατανόηση φαινομένου	11	0,7	όχι	ναι	OXI
Μάθησης	-Αναπαράσταση και κατανόηση του φαινομένου	11	0,9	ναι	ναι	NAI
	-Σε τι βοηθά η αναπαράσταση ενός φαινομένου μέσω του μοντέλου;	11	0,8	όχι	ναι	OXI
	4. Λειτουργία 3: πρόβλεψη της λειτουργίας του φαινομένου	11	2,2	ναι	ναι	NAI
	-Πρόβλεψη-ορισμός	11	2,2	ναι	ναι	NAI
	-Συζήτηση για την πρόβλεψη μέσω ενός μοντέλου	11	2,2	ναι	ναι	NAI
	5. Μέρη ενός μοντέλου	11	1,8	ναι	ναι	NAI
	-Μέρη ενός μοντέλου: το εμπειρικό πεδίο αποτελεί μέρος του μοντέλου;	11	4,1	ναι	ναι	NAI
	-Μέρη ενός μοντέλου: Αντικείμενα και μεταβλητές	11	2,9	όχι	ναι	OXI
	-Μέρη ενός μοντέλου: Διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις	11	2,2	ναι	ναι	NAI
	6. Συζήτηση για τη σχέση μοντέλου και φαινομένου	11	0	-	-	-
	7. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός	11	0	-	-	-
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα	Ωρα έναρξης συζήτησης	Ωρα έναρξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης συζήτησης	Ωρα εξόδου τελευταίου συμμετέχοντα από το σύστημα
	14:40	14:45	15:02	15:53	15:54	16:12

Η συζήτηση της ομάδας Β χωρίστηκε σε 12 μέρη και είχε διάρκεια 47 λεπτά (τυπικό μέρος). Σε γενικές γραμμές, η δομή της ήταν παρόμοια με αυτή της ομάδας Α. Το μόνο κομμάτι που υπήρχε στη δεύτερη συζήτηση και όχι στην πρώτη ήταν η συζήτηση για την κυκλικότητα της διαδικασίας οικοδόμησης μοντέλου που στηρίχθηκε σε ένα σχήμα του κειμένου που διάβασαν οι ΠΕ. Από τα εννιά μέρη της δραστηριότητας που εμπεριείχαν συνεργασία, τα επτά εμπεριείχαν ήταν υψηλής ποιότητας συνεργασία κάτι που καθιστά την όλη δραστηριότητα επιτυχημένη (Πίνακας 114).

Πίνακας 114

Ποιοτική Ανάλυση της Τρίτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ;
Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και Διαδικασίες Μάθησης	1. Χαιρετισμός και εισαγωγικά σχόλια	11	-	-	-	-
	2. Εισαγωγικά σχόλια για τα κείμενα που διάβασαν	11	-	-	-	-
	3. Οι Λειτουργίες του Μοντέλου					
	3.1. Λειτουργία 1: Αναπαράσταση του φαινομένου	11	2,2			
	3.1.1. Τι σημαίνει αναπαράσταση ενός φαινομένου μέσω του μοντέλου	11	2,1	ναι	ναι	NAI
	3.1.2. Σε τι βοηθά η αναπαράσταση ενός φαινομένου μέσω του μοντέλου;	11	0,4	ναι	ναι	NAI
	3.2. Λειτουργία 2: Πρόβλεψη της λειτουργίας του φαινομένου	11	2,2	ναι	ναι	NAI
	3.3. Λειτουργία 3: εξήγηση φαινομένου μέσω διατύπωσης υποθέσεων για τα στοιχεία του	11	2,5	ναι	ναι	NAI
	4. Μέρη ενός μοντέλου					
	Μέρη ενός μοντέλου: Μεταβλητές	11	1,6	ναι	όχι	OXI
	Μέρη ενός μοντέλου: Αντικείμενα	11	2,1	ναι	ναι	NAI
	Μέρη ενός μοντέλου: Διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις	11	2,7	ναι	όχι	OXI
	5. Συζήτηση για την κυκλικότητα της διαδικασίας οικοδόμησης μοντέλου (Στηριζόμενοι σε σχήμα του κειμένου που διάβασαν)	11	2,5	ναι	ναι	NAI
	6. Σχέση μοντέλου και φαινομένου. Μοντέλα και αναθεώρηση θεωριών	11	2,2	ναι	ναι	NAI
	6. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός	11	-	-	-	-
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα					Ωρα εξόδου τελευταίου συμμετέχοντα από το σύστημα
	10:44	10:49	11:08	11:55	11:56	11:56

5.3.3.4. Τέταρτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση

Το θέμα της τέταρτης σύγχρονης συζήτησης αφορούσε στη σύγκριση δύο διαφορετικών λογισμικών μοντελοποίησης, το SC[®] και το Microworlds Pro[®] (MW[®]). Για να μπορούν να συμμετέχουν σε αυτή τη συζήτηση, οι ΠΕ έπρεπε αρχικά να εγκαταστήσουν το λογισμικό MW[®], να το περιεργαστούν μέσω του οδηγού χρήσης του προγράμματος και να φτιάξουν

ένα μικρό πρόγραμμα-μοντέλο σε αυτό (π.χ. να κάνουν ένα άλογο να τρέξει ή ένα λουλούδι να μεγαλώσει). Ακολούθως έπρεπε να το συγκρίνουν με το λογισμικό SC[®], του οποίου τη λειτουργία γνώριζαν από πριν (για τους σκοπούς του μαθήματος). Τέλος, είχαν να διαβάσουν το άρθρο *Students' Collaborative Use of Computer-Based Programming Tools in Science: A Descriptive Study* το οποίο αναφερόταν στη χρήση των δύο προγραμμάτων από παιδιά δημοτικού σχολείου.

Πίνακας 115

Ποιοτική Ανάλυση της Τέταρτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Προγράμματα μοντελοποίησης: SC [®] και Microworlds Pro [®]	1. Χαιρετισμός και εισαγωγικά σχόλια.	11	-	-	-	-
	2. Αρχικές σκέψεις για τα δύο λογισμικά: SC [®] και MW [®]	11	1,0	όχι	ναι	NAI
	3. Συζήτηση για τα χαρακτηριστικά των δύο λογισμικών	11	2,7	ναι	ναι	NAI
	4. Τι κερδίζουν οι μαθητές χρησιμοποιώντας τα 2 λογισμικά;	11	2,4	ναι	ναι	NAI
	5. Ποιο από τα δύο λογισμικά θα χρησιμοποιούσαν οι ΠΕ για τη διδασκαλία στο Δημοτικό;	11	1,9	ναι	ναι	NAI
	6. Πώς θα χρησιμοποιούσαν τα δύο λογισμικά στη διδασκαλία;	11	1,7	ναι	ναι	NAI
	7. Και για τα δύο λογισμικά είναι καλό να προηγηθεί οικοδόμηση μοντέλου στο χαρτί ή με πραγματικά αντικείμενα	11	1,9	ναι	ναι	NAI
	8. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός	11	-	-	-	-
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα					
	Ωρα έναρξης συζήτησης					
	Ωρα έναρξης τυπικής συζήτησης					
	Ωρα λήξης τυπικής συζήτησης					
	Ωρα λήξης συζήτησης					
	Ωρα εξόδου τελευταίου συμμετέχοντα από το σύστημα					
	14:52	14:55	15:06	15:52	15:55	15:55

Η ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από την τέταρτη σύγχρονη συζήτηση ανάμεσα στους ΠΕ της ομάδας Α έδειξε οκτώ μέρη. Το τυπικό μέρος αυτής της συζήτησης είχε διάρκεια 46 λεπτά (Πίνακας 115) Μετά από το χαιρετισμό, οι ΠΕ εξέφρασαν τις αρχικές τους σκέψεις για τα δύο προγράμματα που μελέτησαν, το SC[®] και το MW[®]. Ακολούθησε συζήτηση για τα χαρακτηριστικά των δύο λογισμικών καθώς και τα μειονεκτήματα ή τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν. Σε επόμενο στάδιο η συζήτηση μεταφέρθηκε σε διδακτικό επίπεδο, αφού οι ΠΕ αναφέρθηκαν στο κέρδος που θα έχουν οι μαθητές χρησιμοποιώντας τα δύο λογισμικά προγράμματα, αλλά και ποιο από τα δύο προγράμματα και με ποιο τρόπο θα το χρησιμοποιούσαν για τη διδασκαλία μαθητών δημοτικού σχολείου. Σε σχέση με αυτό το θέμα, έγινε εκτενής συζήτηση σε σχέση με το τι πρέπει να προηγηθεί της χρήσης των δύο λογισμικών (οικοδόμηση μοντέλου στο χαρτί ή με πραγματικά αντικείμενα). Όλα τα μέρη της συζήτησης (έξι) εμπεριείχαν υψηλής ποιότητα συνεργασία γεγονός που καθιστά την όλη δραστηριότητα επιτυχημένη.

Η συζήτηση της ομάδας Β ήταν παρόμοιας δομής, διάρκειας (45 λεπτά) και ποιότητας (όλα τα μέρη εμπεριείχαν υψηλής ποιότητας συνεργασία) με αυτή της ομάδας Α .

Πίνακας 116

Ποιοτική Ανάλυση της Τέταρτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Προγράμματα μοντελοποίησης: SC [®] και Microworlds Pro [®]	1. Χαιρετισμός και εισαγωγικά σχόλια	10	-	-	-	-
	2. Αρχικές σκέψεις για τα δύο λογισμικά: SC [®] και MW [®]	10	1,8	ναι	ναι	NAI
	3. Συζήτηση για τα χαρακτηριστικά των δύο λογισμικών	10	1,5	ναι	ναι	NAI
	4. Συζήτηση σε σχέση με το πότε είναι καλά να χρησιμοποιείται το SC [®] και πότε το MW [®] στις Φυσικές Επιστήμες-Γενική συζήτηση	10	1,9	ναι	ναι	NAI
	5. Συζήτηση σε σχέση με το πότε είναι καλά να χρησιμοποιείται το SC [®] και πότε το MW [®] στις Φυσικές Επιστήμες-Συζήτηση με συγκεκριμένο θέμα	10	2,8	ναι	ναι	NAI
	6. Πότε χρησιμοποιώ τα δύο προγράμματα-2 διαφορετικοί τρόποι προγραμματισμού-προωθούν δύο διαφορετικούς τρόπους επικοινωνίας	10	2,9	ναι	ναι	NAI
	7. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός	10	-	-	-	-
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα	Ωρα έναρξης συζήτησης	Ωρα έναρξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης συζήτησης	Ωρα εξόδου τελευταίου συμμετέχοντα από το σύστημα
	14:34	14:51	15:01	15:46	15:48	15:48

5.3.3.5. Πέμπτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση

Το θέμα της πέμπτης σύγχρονης συζήτησης δε στηριζόταν σε προηγούμενη μελέτη οποιουδήποτε υλικού και αφορούσε στο «ποια φαινόμενα μπορούν να μοντελοποιηθούν».

Το τυπικό μέρος της συζήτησης της ομάδας Α είχε διάρκεια 46 λεπτά. Η ανάλυση της συζήτησης οδήγησε στον εντοπισμό δέκα διαφορετικών μερών, τα οποία φαίνονται στον Πίνακα 117. Μετά από την είσοδό τους στο σύστημα και τον πρώτο χαιρετισμό, οι ΠΕ συζήτησαν για τους λόγους που είναι καλό να μάθουν τα παιδιά να μοντελοποιούν. Ακολούθως, συζήτησαν για το ποια φαινόμενα μοντελοποιούνται και κατέληξαν να συμφωνούν ότι όλα τα φαινόμενα μπορούν να μοντελοποιηθούν. Συμφώνησαν, επίσης, στη διδακτική χρησιμότητα των αναντιστοιχιών ανάμεσα στο φαινόμενο και στο μοντέλο. Σε επόμενο στάδιο, η συζήτηση περιστράφηκε γύρω από τη χρήση του λογισμικού SC[®] στη διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων από μαθητές δημοτικού σχολείου και οι ΠΕ

εξέφρασαν τις ιδέες τους σε σχέση με άλλα μέσα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάπτυξη μοντέλων. Τέλος, έγινε το κλείσιμο της συζήτησης και ο αποχαιρετισμός. Μόνο δύο από τα εννιά μέρη της συζήτησης δεν εμπεριείχαν υψηλής ποιότητας συνεργασία κάτι που καθιστά και την πέμπτη σύγχρονη συζήτηση επιτυχημένη ως προς τη συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ.

Πίνακας 117

Ποιοτική Ανάλυση της Πέμπτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Ποια φαινόμενα μπορούν να μοντελοποιηθούν;	1. Χαιρετισμός και εισαγωγικά σχόλια	14	-	-	-	-
	2. Συζήτηση σε σχέση με τους λόγους που θέλουμε να μοντελοποιούν οι μαθητές φυσικά φαινόμενα	14	2,6	ναι	ναι	NAI
	Είσοδος νέων ατόμων στο σύστημα	14	1,3	-	-	-
	Περιγραφή της μέχρι τώρα συζήτησης.	14	1,1	ναι	όχι	OXI
	3. Ποια φαινόμενα μπορούν να μοντελοποιηθούν; Τα παρατηρήσιμα ή τα μη παρατηρήσιμα;	14	1,3	ναι	ναι	NAI
	4. Ποια φαινόμενα είναι καλό να μοντελοποιούνται; Τα απλά ή τα πολύπλοκα;	14	2,5	ναι	ναι	NAI
	5. Ορισμός παρατηρήσιμου και μη παρατηρήσιμου φαινομένου	14	3,1	ναι	ναι	NAI
	6. Μπορούν να μοντελοποιηθούν όλα τα φαινόμενα	14	1,9	ναι	ναι	NAI
	7. Διδακτική αξία της ύπαρξης αναντιστοιχιών ανάμεσα στο μοντέλο και στο φαινόμενο	14	1,3	ναι	ναι	NAI
	8. Γιατί βοηθά ή όχι το SC [®] την ανάπτυξη μοντέλων από τους μαθητές;	14	2,8	όχι	ναι	OXI
	9. Συζήτηση σε σχέση με άλλα μέσα μοντελοποίησης	14	2,5	ναι	ναι	NAI
	10. Μέσο μοντελοποίησης: Τα άτομα. Όταν τα άτομα αποτελούν μέρος του μοντέλου δεν μπορούν να αντιληφθούν στην ολότητά του φαινομένου	14	-	-	-	-
	11. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός	14	-	-	-	-
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα	Ωρα έναρξης συζήτησης	Ωρα έναρξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης συζήτησης	Ωρα εξόδου τελευταίου συμμετέχοντα από το σύστημα
	14:45	14:56	15:02	15:48	15:49	15:54

Παρόμοια, η συζήτηση που έλαβε χώρα ανάμεσα στους ΠΕ της ομάδας Β διήρκεσε 47 λεπτά. Τόσο η δομή όσο και η ποιότητα της συζήτησης της ομάδας Β ήταν παρόμοια με τη συζήτηση που έλαβε χώρα ανάμεσα στους ΠΕ της ομάδας Α. Η ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στις δύο συζητήσεις είναι ότι η ομάδα Α ήταν πιο αναλυτική σε σχέση με τα θέματα που καταπιείστηκε. Για παράδειγμα ενώ και οι δύο ομάδες κατηγοριοποίησαν, μετά από παρότρυνση της εκπαιδευτικού, φαινόμενα που μπορούν να μοντελοποιηθούν, οι ΠΕ της ομάδας Β ήταν πιο λιτοί και γενικοί στις αναφορές τους (συζήτηση 16 γραμμών), ενώ οι ΠΕ της ομάδας Α έκαναν εκτενή αναφορά (συζήτηση 50 γραμμών) σε σχέση με το

αν μοντελοποιούνται τα παρατηρήσιμα ή τα μη παρατηρήσιμα φαινόμενα (μέρος 3, Πίνακας 118) τα απλά ή τα πολύπλοκα φαινόμενα (μέρος 4, Πίνακας 118). Παρόμοια, η συζήτηση της ομάδας Β για τα άλλα μέσα μοντελοποίησης (πλην του SC) ήταν πολύ πιο σύντομη (συζήτηση 18 γραμμών) από αυτή της ομάδας Α, η οποία ήταν και μακροσκελέστερη (συζήτηση 67 γραμμών), αλλά και χωρισμένη σε δύο υποθεματικές (μέρος 9 και 10, Πίνακας 118). Μια άλλη διαφορά ήταν η εκτενής συζήτηση που έγινε στην ομάδα Β σε σχέση με το σημείο αναφοράς των μοντέλων. Οι ΠΕ διαφωνούσαν σε σχέση με το αν οι εξηγήσεις που δίνει ο κατασκευαστής του μοντέλου αφορούν στις άμεσες παρατηρήσεις του φαινομένου ή στα αποτελέσματα που προκαλεί το φαινόμενο (π.χ. φαινόμενο ηλεκτρισμός, άμεση παρατήρηση: τι συμβαίνει εντός των καλωδίων, αποτελέσματα φαινομένου: θέρμανση καλωδίων). Τέτοιου είδους συζήτηση δεν έγινε στην ομάδα Α. Επιπλέον, μόνο ένα από τα επτά μέρη της συζήτησης δεν εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία, κάτι που καθιστά τη δραστηριότητα για την ομάδα Β επιτυχημένη.

Πίνακας 118

Ποιοτική Ανάλυση της Πέμπτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.	Αποτελεσματική συν.	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.
Ποια φαινόμενα μπορούν να μοντελοποιηθούν;	1. Χαιρετισμός και εισαγωγικά σχόλια	8	-	-	-	-
	2. Συζήτηση σε σχέση με τους λόγους που θέλουμε να μοντελοποιούν οι μαθητές φυσικά φαινόμενα	8	0,8	ναι	όχι	OXI
	3. Ποια φαινόμενα μπορούν να μοντελοποιηθούν; Τα παρατηρήσιμα ή τα μη παρατηρήσιμα;	8	1,1	ναι	ναι	NAI
	4. Ορισμός παρατηρήσιμου και μη παρατηρήσιμου φαινομένου	8	1,0	ναι	ναι	NAI
	5. Συζήτηση σε σχέση με το τι περιλαμβάνουν στα μοντέλα μας (εξηγήσεις που αφορούν στις παρατηρήσεις ή αποτελέσματα που προκαλούν τα φαινόμενα;)	8	5,1	ναι	ναι	NAI
	6. Συζήτηση σε σχέση με τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα του προγράμματος SC®	8	2,8	ναι	ναι	NAI
	7. Συζήτηση σε σχέση με άλλα μέσα μοντελοποίησης	8	1,7	ναι	ναι	NAI
	8. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός	8	0,8	ναι	ναι	NAI
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα	Ωρα έναρξης συζήτησης	Ωρα έναρξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης συζήτησης	Ωρα εξόδου τελευταίου συμμετέχοντα από το σύστημα
	10:51	10:53	11:06	11:53	11:54	11:54

5.3.3.6. Έκτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση

Η έκτη σύγχρονη συζήτηση στηρίχθηκε στη μελέτη του άρθρου *Η βελτίωση της κατανόησης 11χρονων μαθητών σε έννοιες που αφορούν στα οικοσυστήματα μέσα από την προσέγγιση της μοντελοποίησης*. Η διάρκεια του τυπικού της μέρους της συζήτησης της

ομάδας Α ήταν 58 λεπτά και χωρίστηκε μετά από την ανάλυση στα δέκα μέρη που φαίνονται στον Πίνακα 119.

Πίνακας 119

Ποιοτική Ανάλυση της Έκτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Α)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Η βελτίωση της κατανόησης 11χρονων μαθητών σε έννοιες που αφορούν στα οικοσυστήματα μέσα από την προσέγγιση της μοντελοποίησης	1. Χαιρετισμός και εισαγωγικά σχόλια	10	-	-	-	-
	2. Συζήτηση για την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης από παιδιά δημοτικού	10	3,5	ναι	ναι	NAI
	3. Η βελτίωση των μαθητών στη μοντελοποίηση βοηθά στη βελτίωση τους και στο συγκεκριμένο της μοντελοποίησης	10	2,4	ναι	ναι	NAI
	4. Συζήτηση για τις καινοτομίες που υπάρχουν στην έρευνα που παρουσιάστηκε	10	1,8	ναι	ναι	NAI
	5. Αμφιβολία ως προς το αν οι ίδιοι μπορούν να διδάξουν μοντελοποίηση	10	1,1	όχι	ναι	OXI
	6. Αρχικές σκέψεις για τα συνιστώσα συστατικά της ικανότητας της μοντελοποίησης	10	2,7	όχι	ναι	OXI
	7. Συζήτηση για το πρώτο και το δεύτερο συνιστών συστατικό της μοντελοποίησης (κατασκευή μοντέλου, εξαγωγή πληροφοριών από δοσμένο μοντέλο).	10	1,7	ναι	ναι	NAI
	8. Συζήτηση για το τρίτο συνιστών συστατικό της ικανότητας της μοντελοποίησης (σύγκριση μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο και ιδέες για βελτίωση του μοντέλου).	10	3,3	ναι	ναι	NAI
	9. Συζήτηση για το τέταρτο συνιστών συστατικό της ικανότητας της μοντελοποίησης (σύγκριση του μοντέλου με άλλα μοντέλα του ίδιου φαινομένου)	10	2,6	ναι	ναι	NAI
	10. Συζήτηση για το πέμπτο και έκτο συνιστών συστατικό της ικανότητας της μοντελοποίησης (Αναγνώριση του μοντέλου ως αναπαράσταση ενός φαινομένου και εκτίμηση του ρόλου που μοντέλου, συνέπεια μοντέλου με όλα τα γνωστά φαινόμενα και ιδέες για βελτίωση)	10	2,4	όχι	όχι	OXI
	11. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός	10	-	-	-	-
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα	Ωρα έναρξης συζήτησης	Ωρα έναρξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης συζήτησης	Ωρα εξόδου τελευταίου συμμετέχοντα από το σύστημα
	14:34	14:43	14:56	15:54	15:57	15:58

Μετά την είσοδο όλων των συμμετεχόντων στο σύστημα, αναπτύχθηκε συζήτηση σε σχέση με την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης από παιδιά δημοτικού σχολείου. Συγκεκριμένα, οι ΠΙΕ συζήτησαν, στηριζόμενοι στα αποτελέσματα της έρευνας που περιγραφόταν στο άρθρο, σε σχέση με το ότι η δεξιότητα της μοντελοποίησης μπορεί να είναι μεταφέρσιμη σε άγνωστα συγκεκριμένα και ότι η βελτίωση στην ικανότητα των μαθητών να οικοδομούν και να βελτιώνουν μοντέλα επιφέρει βελτίωση και στο

συγκείμενο με το οποίο ασχολούνται (στην προκειμένη περίπτωση οικοσυστήματα). Ακολούθως έγινε συζήτηση για το αν η έρευνα που παρουσιάζεται στο άρθρο είναι καινοτομική. Στο πλαίσιο αυτού του μέρους οι ΠΕ εξέφρασαν τις αμφιβολίες τους ως προς το αν οι ίδιοι θα μπορούσαν να διδάξουν την ικανότητα της μοντελοποίησης σε παιδιά δημοτικού σχολείου. Τα επόμενα πέντε μέρη αφορούν σε συζήτηση που αναπτύχθηκε με την καθοδήγηση της εκπαιδευτικού, στηριζόταν στο άρθρο και αφορούσαν στα συνιστώσα συστατικά της ικανότητας της μοντελοποίησης (1. Κατασκευή μοντέλου, 2. Εξαγωγή πληροφοριών από δοσμένο μοντέλο, 3. Σύγκριση μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο και ιδέες για βελτίωση του μοντέλου, 4. Σύγκριση του μοντέλου με άλλα μοντέλα του ίδιου φαινομένου, 5. Αναγνώριση του μοντέλου ως αναπαράσταση ενός φαινομένου και εκτίμηση του ρόλου του μοντέλου, 6. Συνέπεια μοντέλου με όλα τα γνωστά φαινόμενα και ιδέες για βελτίωση). Τέλος έγινε το κλείσιμο της συζήτησης και ο αποχαιρετισμός. Η δραστηριότητα κρίνεται επιτυχημένη, εφόσον έξι στα εννιά μέρη της συζήτησης εμπεριείχαν υψηλής ποιότητας συνεργασία.

Πίνακας 120

Ποιοτική Ανάλυση της Έκτης Σύγχρονης Συζήτησης (Ομάδα Β)

Σκοπός δραστηριότητας	Δομή της συζήτησης	N	Δείκτ. ομ.	Παραγωγική συν.;	Αποτελεσματική συν.;	ΥΨ. ΠΟΙΟΤ. ΣΥΝ.;
Η βελτίωση της κατανόησης 11 χρόνων μαθητών σε έννοιες που αφορούν στα οικοσυστήματα μέσα από την προσέγγιση της μοντελοποίησης	1. Χαιρετισμός και εισαγωγικά σχόλια	12	-	-	-	-
	2. Αρχικές απόψεις για το άρθρο	12	3,2	ναι	ναι	NAI
	3. Συζήτηση για το αν απαντούνται επαρκώς τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας	12	3,7	ναι	ναι	NAI
	4. Συζήτηση για το αν τα οικοσυστήματα είναι καλό συγκείμενο για μοντελοποίηση (συγκείμενο έρευνας άρθρου)	12	2,4	ναι	ναι	NAI
	5. Συζήτηση για την καινοτομία του άρθρου	12	1,2	ναι	όχι	OXI
	6. Συζήτηση για τα συνιστώσα συστατικά της ικανότητας της μοντελοποίησης	12	2,5	-	-	-
	6.1. Ποια είναι τα συνιστώσα συστατικά της μοντελοποίησης	12	0,7	ναι	όχι	OXI
	6.2. Τι εννοούμε με τον όρο συνιστώσα συστατικά της ικανότητας της μοντελοποίησης	12	2,1	ναι	ναι	NAI
Τεχνικά χαρακτηριστικά συζήτησης	7. Ανάλυση όλων των συνιστώντων συστατικών της ικανότητας της μοντελοποίησης για κατανόησή τους	12	5,8	ναι	ναι	NAI
	8. Κλείσιμο-Αποχαιρετισμός	12	-	-	-	-
	Ωρα εισόδου πρώτου συμμετέχοντα στο σύστημα			Ωρα έναρξης συζήτησης	Ωρα λήξης τυπικής συζήτησης	Ωρα λήξης συζήτησης
	10:38	10:50	10:59	11:50	11:52	11:53

Η συζήτηση ανάμεσα στους ΠΕ της ομάδας Β διήρκεσε 51 λεπτά και είχε περίπου τη δομή της συζήτησης της ομάδας Α. Στο πρώτο μέρος, η συζήτηση αφορούσε σε χαρακτηριστικά

του άρθρου που διάβασαν (μέρη 2-5), ενώ το δεύτερο περιστράφηκε γύρω από την ανάλυση των συνιστώντων συστατικών της ικανότητας της μοντελοποίησης, τα οποία αναφέρονταν στο άρθρο (μέρη 6-7). Η συζήτηση της ομάδας Β ήταν παρόλα αυτά πιο γενική σε σχέση με αυτή της ομάδας Α, η οποία σχολίασε κάθε ένα από τα συνιστώντα συστατικά σε ξεχωριστά μέρη (μέρη 7-10, Πίνακας 120). Και για την ομάδα Β η δραστηριότητα κρίνεται επιτυχημένη, αφού πέντε από τα επτά μέρη της συζήτησης εμπεριείχαν υψηλής ποιότητας συνεργασία.

5.3.4. Συνεργασία ανάμεσα στους φοιτητές σε τοπικό και εξ' αποστάσεως επίπεδο: Συνοπτικά αποτελέσματα

Ο Πίνακας 121 παρουσιάζει όλες τις δραστηριότητες ή τις υποδραστηριότητες του μαθήματος ως προς την επιτυχία τους σε σχέση με την προώθηση υψηλής ποιότητας συνεργασία. Όπως φάνηκε από την ανάλυση που έγινε, για κάθε δραστηριότητα προέκυψε συγκεκριμένος αριθμός μερών. Ο αριθμός των επιτυχημένων μερών για κάθε δραστηριότητα φαίνεται υπό τη μορφή κλάσματος στις τελευταίες δύο στήλες του Πίνακα. Έτσι, για παράδειγμα, για τη δραστηριότητα 8.1. η ανάλυση των δεδομένων της ομάδας 4 έδειξε ένα επιτυχημένο μέρος, ενώ για την ομάδα 5 τα επιτυχημένα αυτοκαθοριζόμενα μέρη ήταν δύο εκ των τριών. Συνολικά για τη δραστηριότητα 8.1. τρία από τα τέσσερα αυτοκαθοριζόμενα μέρη ήταν επιτυχημένα, γεγονός που καθιστά όλη τη δραστηριότητα επιτυχημένη. Όταν πάνω από το 50% των μερών ήταν αποτυχημένα, τότε και η δραστηριότητα θεωρούνταν αποτυχημένη.

Πίνακας 121

Επιτυχία Δραστηριοτήτων ως προς τη Συνεργασία Εντός μιας Ομάδας

ΕΠΙΤΥΧΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ				
			ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 5
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1	1	≠ ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
	2.1.1.	ΑΤΟΜΙΚΗ ΔΡ.		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2	2.1.2.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	1/1	
	2.2.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	2/3	
	2.3.	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ	1/3	
	2.4.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	2/2	
ΜΕΤΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΣΧΟΛΙΟ 1		≠ ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3	3.1.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	3/3	
	3.2.	≠ ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4	4	ΑΤΟΜΙΚΗ ΔΡ.		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 5	5	ΑΤΟΜΙΚΗ ΔΡ.		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 6	6	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	2/2	
	7.1.	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ		0/1
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 7	7.2.	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ		0/8
	7.3.	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ		0/2
	7.4.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ		1/1
ΜΕΤΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΣΧΟΛΙΟ 2		ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ		0/1
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 8	8.1	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	1/1	2/3
	8.2.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	1/1	1/1
	8.3.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	0/1	5/7
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 9	9	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ		2/4

ΕΠΙΤΥΧΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ				
			ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 5
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 10	10.1.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	1/1	1/3
	10.2.	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ	1/4	
	10.3.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	1/1	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 11	11	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ	0/2	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 12	12.1.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	4/7	1/4
	12.2.	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ		1/4
	12.3.	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ		1/3
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 13	13	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ		1/4
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 14	14	ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
	15.1.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	2/3	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 15	15.2.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ		
ΜΕΤΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΣΧΟΛΙΟ 3		ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ		0/1
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 16	16	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	8/9	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 17	17	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ	0/3	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 18	18	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ	0/3	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 19	19	ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 20	20.1.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	7/13	5/8
	20.2.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	4/4	3/9
	20.3.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	10/12	5/9
ΜΕΤΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΣΧΟΛΙΟ 4		ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 21	21	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	3/5	1/2
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 22	22.1.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	3/6	2/2
	22.2.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	7/9	6/8
	22.3.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ		1/1
	22.4.	ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΜΕΤΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΣΧΟΛΙΟ 5		ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 23	23	ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 24	24.1.	ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
	24.2.	ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
	24.3.	ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 25	25.1.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ		2/2
	25.2.	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ		8/8
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 26	26	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ		3/4
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 27	27	ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 28	28	ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 29	29	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	4/6	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 30	30	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	2/2	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 31	31	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	1/1	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 32	32	ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ	0/1	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 33	33	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	1/1	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 34	34	ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 35	35	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	5/6	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 36	36	ΑΤΟΜΙΚΗ ΔΡ.		
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 37	37	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	1/2	
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 38	38	ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
			ΟΜΑΔΑ Α	ΟΜΑΔΑ Β
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ 1		ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	6/8	2/7
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ 2		ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	4/5	8/8
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ 3		ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	5/8	6/9
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ 4		ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	6/6	5/5
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ 5		ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	7/9	6/7
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ 6		ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ	6/9	5/7

Όπου αναγράφεται *ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ* ή *ΑΠΟΤΥΧΗΜΕΝΗ* υποδεικνύεται ότι η δραστηριότητα ήταν επιτυχημένη ή αποτυχημένη αντίστοιχα. Όπου αναγράφεται *ΔΕΔΟΜΕΝΑ* υποδεικνύεται ότι δεν υπάρχουν δεδομένα προς ανάλυση για τη

συγκεκριμένη δραστηριότητα, ενώ όπου αναγράφεται *ΑΤΟΜΙΚΗ ΔΡ.* υποδεικνύεται ότι η δραστηριότητα αφορούσε σε ατομικές ενέργειες κάτι που δεν επιτρέπει κωδικοποίηση των δεδομένων ως προς το επίπεδο συνεργασίας που αναπτύχθηκε.

Από τις συνολικά 66 δραστηριότητες ή υποδραστηριότητες που έλαβαν χώρα στο πλαίσιο των δύο πακέτων διδακτικού υλικού οι 32 κρίθηκαν επιτυχημένες, οι 14 ήταν αποτυχημένες, οι τέσσερις αφορούσαν ατομικές προσπάθειες και για τις 16 δεν κατέστη δυνατό να ληφθούν δεδομένα. Επιπλέον, οι έξι σύγχρονες συζητήσεις που είχαν οι ΠΕ κρίθηκαν επιτυχημένες.

Ο Πίνακας 122 συγκεντρώνει τις επιτυχημένες ή αποτυχημένες δραστηριότητες του διδακτικού υλικού σε σχέση με το είδος της κάθε δραστηριότητας, αλλά και το επίπεδο συνεργασίας στο οποίο πραγματοποιήθηκε. Το σύμβολο που ακολουθεί κάθε δραστηριότητα υποδεικνύει αν είναι επιτυχημένη ή όχι (βλέπε υπόμνημα στον Πίνακα 122).

Πίνακας 122

Συνοπτικός Πίνακας Δραστηριοτήτων ανάλογα με το Είδος της Δραστηριότητας και το Επίπεδο Συνεργασίας

Είδη δραστηριοτήτων	Επίπεδο συνεργασίας		Εξ αποστάσεως επίπεδο ανάμεσα σε ομάδες	Ατομική εργασία
	Τοπικό επίπεδο Εντός μιας ομάδας	Ανάμεσα σε ομάδες		
1. Επεξεργασία εννοιολογικού μοντέλου	(δρ.26) ✓ (δρ.27) #			
2. Μέτρηση				(δρ.5)
3. Λειτουργικός Ορισμός νέας έννοιας	(δρ.3.1.) ✓			(δρ.4)
4. Καταγραφή παρατηρήσεων	(δρ.11) ✓ (δρ. 2.1.2.) ✓			(δρ.2. 1.1.)
5. Δραστηριότητες μοντελοποίησης ή προσομοίωσης				
5.1. Οικοδόμηση μοντέλου	(δρ.1) # (δρ.6) ✓ (δρ.20.1) ✓ (δρ.25.1.) ✓	(δρ.25.2.) ✓		
5.2. Βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου	(δρ.22.4) #		(δρ.20.3.) ✓, (δρ.22.2.) ✓, (δρ.24.2.) #, (δρ.24.3.) #	
5.3. Αξιολόγηση ή αυτοαξιολόγηση μοντέλου	(δρ.15.1.) ✓, (δρ.17) X, (δρ.18) X, (δρ.21) ✓, (δρ.22.1.) ✓, (δρ.24.1.) #		(δρ.15.2.) ✓ (δρ.16) ✓	
6. Αξιολόγηση συμφορητών	(δρ.20.2.) ✓ (δρ.22.3.) ✓	(δρ.3.2.) #		
7. Επεξήγηση βάσει δεδομένων και ερμηνεία δεδομένων. Διατύπωση υποθέσεων				
7.1. Ταξινόμηση δηλώσεων ως συγκεκριμένες έννοιες	(δρ.2.3.) X (δρ.7.1.) X			
7.2. Εντοπισμός μοτίβων μέσα από δεδομένα	(δρ.8.1.) ✓, (δρ.10.1.) ✓, (δρ.12.1.) ✓			
7.3. Εντοπισμός έγκυρων εξηγήσεων			(δρ.10.3.) ✓ (δρ.12.3.) X	
7.4. Διατύπωση υποθέσεων	(δρ.8.3.) ✓, (δρ.10.2.) X (δρ.12.2.) X		(δρ.7.2.) X	
8. Επιστημονική Συζήτηση/συνδιάλεξη	(δρ.2.2.) ✓ (δρ.8.2.) ✓	(δρ.7.4.) ✓ (δρ.8.3.) ✓	(δρ.2.4.) ✓, (δρ.7.3.) X, (δρ.13) X	
9. Προγραμματισμός, έλεγχος και μεταγνώση	Μετα 1 #, Μετα 2 X, Μετα 3 X, Μετα 4 #, Μετα 5 #, (δρ.28) #			
10. Πρόσβαση σε ειδικούς ή συζήτηση για εδραιωμένη γνώση	(δρ.14) #, (δρ.19) #, (δρ.23) #, (δρ.29) ✓		Σύγχρονες συζητήσεις 1,2,3,4,5,6✓	
11. Σύνθεση και ανάπτυξη ενός επιχειρήματος	(δρ.9) ✓			
12. Προγραμματισμός για διδασκαλία	(δρ.30) ✓, (δρ.31) ✓, (δρ.32) X, (δρ.33) ✓, (δρ.34) #	(δρ.37) ✓	(δρ.35) ✓ (δρ.38) #	(δρ.3 6)

Υπόμνημα: ✓: επιτυχημένη δραστηριότητα, X: αποτυχημένη δραστηριότητα, #: Δεν υπάρχουν δεδομένα για αυτή τη δραστηριότητα. Δρ.= Δραστηριότητα

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο δίνονται απαντήσεις στα έξι ερωτήματα της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας και γίνεται προσπάθεια ερμηνείας των αποτελεσμάτων στο πλαίσιο του θεωρητικού πλαισίου της εργασίας.

Ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης και ανάπτυξη κατανόησης σε σχέση με το συγκείμενο της μοντελοποίησης (Φάσεις της Σελήνης): Ερευνητικά Ερωτήματα 1 και 2

6.1. Ερευνητικό ερώτημα 1: Μπορεί, και αν ναι με ποιο τρόπο, μια ειδικά σχεδιασμένη διδακτική παρέμβαση να λειτουργήσει ως μέσο ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης σε ΠΕ; Είναι μεταφέρσιμη η ικανότητα της μοντελοποίησης για τη μελέτη άγνωστων συγκειμένων;

Για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα 1 χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που προέκυψαν από τα διαγνωστικά δοκίμια για την ικανότητα της μοντελοποίησης που χορηγήθηκαν πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση. Ο Πίνακας 42 συνοψίζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης όλων των διαγνωστικών δοκιμίων για την ικανότητα της μοντελοποίησης. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι διαφορές στην κατηγοριοποίηση των ιδεών των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση στα διαγνωστικά δοκίμια είναι στατιστικά σημαντικές με εξαίρεση το διαγνωστικό δοκίμιο 8 και το πρώτο ερώτημα του διαγνωστικού δοκιμίου 6. Πιο συγκεκριμένα, οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές για όλες τις πτυχές της ικανότητας της μοντελοποίησης και για τα δύο διαγνωστικά δοκίμια που αναπτύχθηκαν για κάθε πτυχή, πλην του ενός διαγνωστικού δοκιμίου για τη δεξιότητα «Σύγκριση ενός Μοντέλου με το Πραγματικό Φαινόμενο Εισήγηση Τρόπων Βελτίωσής του: Η λειτουργία του ποδηλάτου» και της επιλογής του καταλληλότερου μοντέλου για τη δεξιότητα «Σύγκριση Εναλλακτικών Μοντέλων: Η Κίνηση του Αγκώνα».

Το γεγονός ότι εντοπίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά τη σύγκριση των κατηγοριών που προέκυψαν από τη ΦΑ των απαντήσεων των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση υποδεικνύει ότι η παρέμβαση είναι αυτό που λειτούργησε θετικά και οι ΠΕ βελτίωσαν την επίδοσή τους στα συγκεκριμένα δοκίμια. Περαιτέρω, δεδομένου ότι τα διαγνωστικά δοκίμια εξέταζαν τις πτυχές της μοντελοποίησης σε σχέση με άγνωστα προς

τους ΠΕ συγκείμενα, διαφορετικά από αυτά της παρέμβασης, μπορεί να λεχθεί ότι διδακτική παρέμβαση συμβάλλει όχι μόνο στην ανάπτυξη της δεξιότητας της μοντελοποίησης, αλλά και στη μεταφερσιμότητά της σε άγνωστα συγκείμενα. Τη ραχοκοκαλιά στην οποία στηρίχθηκε η ανάπτυξη του πρώτου πακέτου του διδακτικού υλικού (Παράρτημα 1) αποτέλεσαν η επιστημολογική ανάλυση της ικανότητας της μοντελοποίησης (κεφάλαιο 3.2.2.2.2.) και ο μαθησιακός κύκλος της μοντελοποίησης (κεφάλαιο 3.2.2.2.2.).

6.2. Ερευνητικό ερώτημα 2: Η εφαρμογή μιας ειδικά σχεδιασμένης διδακτικής παρέμβασης βοηθά στην ανάπτυξη εννοιολογικής κατανόησης των ΠΕ για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης;

Για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα 2 χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που προέκυψαν από το διαγνωστικό δοκίμιο 15 για την κατανόηση των φοιτητών για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης. Το δοκίμιο εξέταζε το εννοιολογικό μοντέλο για τις Φάσεις της Σελήνης που ανέπτυξαν οι ΠΕ κατά τη διάρκεια του μαθήματος μέσα από ερώτηση ανοικτού τύπου και την εφαρμογή του μέσα από ερωτήσεις κλειστού τύπου. Για την ερώτηση ανοικτού τύπου εφαρμόστηκε η ΦΑ και προέκυψαν οι Πίνακες 43 και 45. Η εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου Wilcoxon στις κατηγορίες των απαντήσεων των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση έδειξε ότι το 60% της βελτίωσης της επίδοσης των ΠΕ οφείλεται στη διδακτική παρέμβαση (Πίνακας 46). Για τις ερωτήσεις κλειστού τύπου εφαρμόστηκε, επίσης, το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon και έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην επίδοση των ΠΕ πριν και μετά από την παρέμβαση. Τα αποτελέσματα αυτά υποδεικνύουν ότι η διδακτική παρέμβαση είναι αυτό που βοήθησε στην ανάπτυξη της εννοιολογικής κατανόησης των ΠΕ για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης.

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι οι διδακτικές παρεμβάσεις που αφορούν σε μοντελοποίηση φυσικών φαινομένων είναι καλό να εστιάζουν σε φαινόμενα γνωστά στους μαθητές, ιδιαίτερα αν αυτοί είναι αρχάριοι σε σχέση με το θέμα της κατασκευής και βελτίωσης μοντέλων (Hogan & Thomas, 2001; Sins, Savelsbergh, & van Joolingen, 2005). Στην παρούσα ερευνητική προσπάθεια επιλέχθηκε μία διαφορετική προσέγγιση διδασκαλίας. Το διδακτικό υλικό που αναπτύχθηκε δεν εστίασε μόνο στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης ούτε μόνο στην ανάπτυξη κατανόησης σε σχέση με το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης. Στόχευε στην επίτευξη και των δύο διδακτικών επιδιώξεων μέσα από δραστηριότητες που συνδέονταν η μία με την άλλη με τρόπο που να

μην προσεγγίζονται τα δύο θέματα αποκομμένα. Θεωρούμε ότι δεν μπορεί να διδαχθεί η ικανότητα της μοντελοποίησης αποκομμένη από το συγκεκριμένο στο οποίο αφορά. Ο συγκερασμός των δύο επιδιώξεων σε ένα διδακτικό υλικό απελευθέρωσε τους ΠΕ από το βάρος του να αφιερώσουν γνωστικό φορτίο για την (α) αυτόνομη κατανόηση του φαινομένου και των μεταβλητών ή παραγόντων που σχετίζονται με αυτό ή (β) την κατάκτηση των δεξιοτήτων που συνιστούν την ικανότητα της μοντελοποίησης. Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα 1 και 2 υποστηρίζουν την ορθότητα αυτής της διδακτικής προσέγγισης. Η διδακτική παρέμβαση που συνδύασε την προώθηση εννοιολογικής αλλαγής μέσω της ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης ήταν επιτυχημένη τόσο ως προς την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης όσο και ως προς την ανάπτυξη κατανόησης του υπό μελέτη φαινομένου. Οι ΠΕ που αποτέλεσαν το δείγμα αυτής της έρευνας δεν είναι έμπειροι σε σχέση με την κατασκευή μοντέλων, ούτε έχουν βαθύ γνωσιολογικό υπόβαθρο για τα περισσότερα θέματα των Φυσικών Επιστημών, εφόσον προέρχονται από το χώρο της Παιδαγωγικής Επιστήμης και όχι των Θετικών Επιστημών. Συνεπώς, σε περιπτώσεις όπου ο χρόνος το επιτρέπει, προτείνουμε όπως, ακόμη και σε αρχάριους κατασκευαστές μοντέλων, η διδασκαλία εστιάζει όχι μόνο στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης μέσα από γνωστά σε αυτούς φαινόμενα, αλλά να στοχεύει στην ταυτόχρονη και ενιαία προώθηση στόχων που να εντάσσονται στον κύκλο της εννοιολογικής κατανόησης (κατανόηση για τις Φάσεις της Σελήνης) και στον κύκλο των δεξιοτήτων συλλογισμού (ικανότητα μοντελοποίησης) (Διάγραμμα 12).

Μαθησιακές και Παιδαγωγικές δυσκολίες που σχετίζονται με την ικανότητα της μοντελοποίησης: Ερευνητικά Ερωτήματα 3 και 4.

6.3. Ερευνητικό ερώτημα 3: Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι ΠΕ στην προσπάθειά τους να αναπτύξουν μοντέλα;

Η ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τα διαγνωστικά δοκίμια (προπειραματικά και μεταπειραματικά) και τις σύγχρονες συζητήσεις ανάμεσα στους ΠΕ έδειξαν την ύπαρξη πέντε συγκεκριμένων δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι ΠΕ κατά τη διαδικασία ανάπτυξης επιστημονικών μοντέλων (Πίνακας 123)

Οι Abd-El-Khalick και Lederman (2000) δίνουν έμφαση στο ότι η επιστημολογική ανάπτυξη του ατόμου πρέπει να αποτελέσει ξεκάθαρο εκπαιδευτικό στόχο για την ολόπλευρη ανάπτυξη του ατόμου (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002).

Οι δυσκολίες που εντοπίστηκαν στο πλαίσιο της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας (Πίνακας 123) τείνουν να δυσκολεύουν και να εμποδίζουν τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης. Αυτός είναι και ένας λόγος που πρέπει τέτοιες δυσκολίες να εντοπίζονται, και όπου κρίνεται απαραίτητο, να αντιμετωπίζονται στο μαθησιακό περιβάλλον, ώστε να επιτυγχάνεται εννοιολογική κατανόηση και απόκτηση δεξιοτήτων. Πολύ συχνά στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών, εννοιολογικές, επιστημολογικές ή άλλες δυσκολίες δεν εντοπίζονται και έτσι παραμένουν στην οικολογία των ΠΕ και επηρεάζουν ή ακόμα και καθορίζουν τόσο τη μαθησιακή διαδικασία όσο και την ακόλουθη εκπαιδευτική πρακτική.

Πίνακας 123

Δυσκολίες Μοντελοποίησης που Αντιμετωπίζουν οι ΠΕ

#	Όνομα δυσκολίας	%*
1	Οι ΠΕ πιστεύουν ότι κατά τη διαδικασία οικοδόμησης μοντέλου ο κατασκευαστής πρέπει να γνωρίζει εκ των προτέρων πώς ακριβώς λειτουργεί το φαινόμενο.	19
2	Κατά την οικοδόμηση μοντέλου οι ΠΕ τείνουν να δίνουν περισσότερη έμφαση στα αντικείμενα του μοντέλου παρά σε οποιοδήποτε άλλο στοιχείο του.	43
3	Κατά την κατασκευή ενός μοντέλου, οι ΠΕ τείνουν να εστιάζουν σε αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα παρά σε αλληλεπιδράσεις οποιουδήποτε άλλου είδους.	52
4	Οι ΠΕ τείνουν να χρησιμοποιούν επιφανειακά κριτήρια κατά τη σύγκριση διαφορετικών μοντέλων του ίδιου φαινομένου.	33
5	Οι ΠΕ δε θεωρούν τη σύγκριση ενός μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο ή τα δεδομένα που συνέλεξαν από αυτό ως ουσιαστικό μηχανισμό για βελτίωσή του.	19

*ποσοστό των ΠΕ που αντιμετωπίζουν αυτή τη δυσκολία

6.4. Ερευνητικό ερώτημα 4: Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι ΠΕ στην προσπάθεια τους να διδάξουν στρατηγικές μοντελοποίησης σε μαθητές δημοτικού σχολείου;

Η ποιοτική ανάλυση των τελικών εργασιών και του αναστοχασμού που κατέγραψαν οι ΠΕ για τη διδασκαλία που σχεδίασαν και υλοποίησαν, έδειξε την ύπαρξη πέντε δυσκολιών παιδαγωγικής φύσης, δυσκολίες δηλαδή που σχετίζονται με την έλλειψη ικανότητας για προώθηση και ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης σε μαθητές δημοτικού σχολείου (Πίνακας 124)

Πίνακας 124

Παιδαγωγικές Δυσκολίες που Αντιμετωπίζουν οι ΠΕ

#	Όνομα δυσκολίας	%*
6	Οι ΠΕ δεν κατανοούν ή θεωρούν δεδομένη τη διαδικασία της βελτιωτικής ρύθμισης του μοντέλου.	43
7	Οι ΠΕ τείνουν να υιοθετούν το ρόλο της αυθεντίας και θεωρούν προσωπική τους ευθύνη να μεταδώσουν στους μαθητές σωστές επιστημονικές πληροφορίες για το φαινόμενο που μοντελοποιείται.	14
8	Οι ΠΕ υπερθεματίζουν το ρόλο των αντικειμένων σε ένα μοντέλο κατά τη διδασκαλία τους.	38
9	Οι ΠΕ υπερθεματίζουν στη διδασκαλία τους το ρόλο των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα αντικείμενα του μοντέλου παρά οποιονδήποτε άλλων στοιχείων.	48
10	Οι ΠΕ τείνουν να ενθαρρύνουν τους μαθητές τους να προβαίνουν σε αισθητικές βελτιώσεις των μοντέλων τους.	33

*ποσοστό των ΠΕ που αντιμετωπίζουν αυτή τη δυσκολία

Λεπτομερέστερη ανάλυση των αποτελεσμάτων σε σχέση με την πιθανή συσχέτιση των επιστημολογικών δυσκολιών με τις παιδαγωγικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι ΠΕ

έδειξε στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις (Διάγραμμα 46). Η ποιοτική ερμηνεία των αποτελεσμάτων της στατιστικής ανάλυσης έδειξε την ύπαρξη τριών αξόνων θεωρητικών προσεγγίσεων για τη διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης: (α) γραμμικοί κατασκευαστές μοντέλων, (β) αντικειμενοστρεφείς κατασκευαστές μοντέλων, και (γ) αισθητικά προσανατολισμένοι κατασκευαστές μοντέλων.

Οι Justi και Gilbert (2003), που εντόπισαν επτά πτυχές της κατανόησης των εκπαιδευτικών σε σχέση με τα μοντέλα^{xxix}, ισχυρίζονται ότι αυτοί ήταν σε θέση να εντοπίζουν «προφίλ» κατανόησης που να διασταυρώνει και τις επτά πτυχές. Προτείνουν ότι αυτό συμβαίνει λόγω της ανεπάρκειας των εκπαιδευτικών να κατέχουν συνεπείς οντολογικές και επιστημολογικές απόψεις για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση. Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, είμαστε σε θέση να προτείνουμε τρεις διαφορετικούς άξονες θεωρητικής προσέγγισης της διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης: τους γραμμικούς κατασκευαστές μοντέλων, τους αντικειμενοστρεφείς κατασκευαστές μοντέλων και τους αισθητικά προσανατολισμένους κατασκευαστές μοντέλων. Οι δύο ερευνητικές προσπάθειες διαφέρουν ως προς τη μεθοδολογική προσέγγιση. Οι Justi και Gilbert στηρίχθηκαν στη γνώση των εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, αλλά εμείς, από την άλλη, στηριχθήκαμε στις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν σε σχέση με αυτά τα θέματα. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας υποδεικνύουν ότι οι εκπαιδευτικοί κατέχουν συνεπείς, αλλά πιθανό μη επιστημονικά ορθές οντολογικές και επιστημολογικές απόψεις για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση.

Οι εκπαιδευτικοί που ακολουθούν την πρώτη θεωρητική προσέγγιση διδασκαλίας της μοντελοποίησης, οι γραμμικοί κατασκευαστές μοντέλων, είναι αυτοί που παρουσιάζουν στους μαθητές τους τις σωστές απαντήσεις (Van Driel & Verloop, 2002) ή ακόμα επιδεικνύουν τα (επιστημονικά) μοντέλα ως στατική γνώση (Van Driel & Verloop, 1999), αντί να τους κεντρίζουν το ενδιαφέρον με σκοπό να οικοδομήσουν τα δικά τους σχήματα ή εξηγήσεις και να επεξεργαστούν τις δικές τους ιδέες. Αυτό μπορεί να συμβαίνει λόγω της πεποίθησης των εκπαιδευτικών ότι οι μαθητές τους αντιμετωπίζουν δυσκολίες και εκφράζουν παρανοήσεις σε σχέση με τα μοντέλα, και συνεπώς δεν είναι ικανοί να συμμετέχουν αποτελεσματικά στη διαδικασία ανάπτυξης επιστημονικών μοντέλων. Η

^{xxix} Οι επτά πτυχές της κατανόησης των εκπαιδευτικών σε σχέση με τα μοντέλα αφορούν στα ακόλουθα: 1. Φύση των μοντέλων, 2. Χρήση των μοντέλων, 3. Οι οντότητες από τις οποίες αποτελείται ένα μοντέλο, 4. Η σχετική μοναδικότητά του, 5. Η χρονική περίοδος για την οποία χρησιμοποιείται, 6. Η ικανότητά του για διενέργεια προβλέψεων και 7. Η βάση για την επικύρωση της ύπαρξής και της χρήσης του.

διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης μέσω ενός κυκλικού τρόπου δεν είναι εύκολο έργο. Είναι ευκολότερο για τους μαθητές να οικοδομήσουν ένα μοντέλο με τη χρήση των «ορθών» ή «επιστημονικών» ιδεών που παρέχει ο εκπαιδευτικός ή τα βιβλία. Η πολυπλοκότητα της διαδικασίας εκφράζεται και από τους Justi και Gilbert (2002a) που τονίζουν ότι η διδασκαλία οικοδόμησης μοντέλων εξ αρχής (*de novo*), πρέπει να είναι το τελευταίο βήμα από τρεις φάσεις ενός πλαισίου που αφορά στο πώς να μάθει κανείς να μοντελοποιεί φαινόμενα. Κατά τη διάρκεια αυτής της τελευταίας φάσης οι μαθητές πρέπει να εργαστούν ως επιστήμονες, χωρίς να ξέρουν το αποτέλεσμα εκ των προτέρων. Αυτό συμβαίνει με τους εκπαιδευτικούς που ακολουθούν το θεωρητικό άξονα που σχετίζεται με τη γραμμικότητα στη διαδικασία οικοδόμησης και βελτίωσης μοντέλου είναι ότι αγνοούν την τρίτη φάση του πλαισίου αυτού. Αντιμετωπίζουν δυσκολία όχι μόνο στο να καθοδηγήσουν τους μαθητές στη διαδικασία μοντελοποίησης μέσω ενός κυκλικού τρόπου, αλλά παρουσιάζουν σε αυτούς την «επιστημονική αλήθεια για το φαινόμενο» όταν προσπαθούν να το μοντελοποιήσουν.

Φιλοσοφικά, αυτή η θεωρητική προσέγγιση συνάδει με την ιδέα του λογικού θετικισμού (logical positivism) (Van Aalsvoort, 2004). Ο *λογικός θετικισμός* σχετίζεται με την «έτοιμη επιστήμη» και όχι με την «επιστήμη που δημιουργείται ή αναπτύσσεται». Ένας εκπαιδευτικός που η σκέψη του ευθυγραμμίζεται με το λογικό θετικισμό προσπαθεί να παρουσιάσει την ορθολογιστική άποψη των επιστημονικών αποτελεσμάτων. Δίνει έμφαση στα επιστημονικά αποτελέσματα και στην αλήθεια, και όχι στην επιστημονική εργασία και διαδικασία. Αυτή η φιλοσοφική διάσταση δίνει υπόσταση στην αναγκαιότητα επεξεργασίας ενός λογικού μοντέλου, το οποίο επιτρέπει την απόδοση νοήματος σε επιστημονικές έννοιες που αποκτούνται από την επιστημονική μεθοδολογία στο πλαίσιο ενός θεωρητικού συστήματος (Flores *et al.*, 2000). Σε αντίθεση, ο *οικοδομιστικός προσανατολισμός* των εκπαιδευτικών τοποθετείται στο άλλο άκρο του φάσματος. Οι εκπαιδευτικοί που έχουν οικοδομιστικό προσανατολισμό θεωρούν, για παράδειγμα, ότι είναι εφικτό να συνυπάρχουν διαφορετικά μοντέλα για τον ίδιο στόχο, ανάλογα με τα ενδιαφέροντα των ερευνητών ή τη θεωρητική τους θέση ή προωθούν τους μαθητές τους να στηρίζουν τα μοντέλα τους στα δεδομένα και τις παρατηρήσεις που συλλέγουν, στο ίδιο το φαινόμενο και όχι στις ορθές απαντήσεις (Van Driel & Verloop, 1999). Θεωρούν ένα φαινόμενο ως κάτι που χρήζει ερμηνείας και τη διαδικασία εγκυροποίησης των ερμηνειών δοσμένη από την επιστημονική κοινότητα. Σε σχέση με την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης, αυτό συνεπάγεται ότι η πρόκληση για τον εκπαιδευτικό έγκειται στο να καθοδηγήσουν τους μαθητές να περάσουν μέσα από τη διαδικασία της μοντελοποίησης

παρατηρώντας ένα φαινόμενο, συλλέγοντας δεδομένα, εντοπίζοντας σχέσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου, και βελτιώνοντας συνεχώς το μοντέλο, και όχι στο να παρουσιάζουν την επιστημονικά ορθή γνώση, όπως απαιτεί η φιλοσοφία του λογικού θετικισμού.

Σε μία προσπάθεια να παρέχει εξηγήσεις για την ύπαρξη μαθησιακών δυσκολιών, η Tiberghien (1994) συζητά για τη θεωρητική βάση των γνώσεων στη φυσική και δηλώνει ότι όταν οι επιστήμονες (φυσικοί) ερμηνεύουν και προβλέπουν πειραματικά δεδομένα, δεν εφαρμόζουν άμεσα μία θεωρία στην κατάσταση, αλλά χρησιμοποιώντας μία θεωρία, οικοδομούν ένα μοντέλο για την πειραματική αυτή κατάσταση. Από την προοπτική των μαθητών, η ερμηνεία ενός φαινομένου ή μιας υλικής κατάστασης, συμβαίνει με την οικοδόμηση ενός μοντέλου της κατάστασης από το ίδιο το άτομο. Όπως οι φυσικοί, ο μαθητής επιλέγει τα αντικείμενα και τα στοιχεία, που είναι σύμφωνα με τη δική του οπτική γωνία. Σχετική δουλειά της ερευνήτριας με μαθητές του πέμπτου επιπέδου για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία (Tiberghien, 1980, 1985) έδειξε ότι τα μοντέλα τους ήταν πολύ παρόμοια με τα αντικείμενα και τα γεγονότα που είναι παρατηρήσιμα και άμεσα αντιληπτά. Η διαφορά των μοντέλων των μαθητών και των επιστημονικών μοντέλων έγκειται στην περίληψη αντικειμένων και γεγονότων. Οι επιστήμονες δεν περιλαμβάνουν στα μοντέλα ή στις θεωρίες τους αντικείμενα και γεγονότα καθαυτά, αλλά φυσικές ποσότητες με μαθηματικούς φορμαλισμούς. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας ευθυγραμμίζονται με τα αποτελέσματα της Tiberghien (1994). Οι αντικειμενοστρεφείς κατασκευαστές μοντέλων αντιλαμβάνονται τη διαδικασία μοντελοποίησης ως μία διαδικασία αναπαράστασης του φαινομένου παρά ως επιστημολογική ανάλυση αυτού. Δεν αντιλαμβάνονται το σημαντικό ρόλο που κατέχουν οι φυσικές ποσότητες στη διαδικασία της ανάπτυξης και αναθεώρησης επιστημονικών μοντέλων και συνεπώς δεν ασχολούνται να τις περιλάβουν στα μοντέλα τους. Αντίθετα, τονίζουν την περίληψη των άμεσα αντιληπτών αντικειμένων ή γεγονότων του φαινομένου. Παρόμοια, οι Justi και Gilbert (2003) εντόπισαν ότι όταν οι εκπαιδευτικοί συζητούν για τις οντότητες ενός μοντέλου εντοπίζουν τα αντικείμενα (59% των εκπαιδευτικών) συχνότερα από τα γεγονότα (38% των εκπαιδευτικών), τις διαδικασίες (31% των εκπαιδευτικών) ή τις ιδέες (36% των εκπαιδευτικών) ως συστατικά των μοντέλων. Οι εκπαιδευτικοί που είναι αντικειμενοστρεφείς ως προς τη διαδικασία της μοντελοποίησης, όπως περιγράφονται από την παρούσα έρευνα, μεταβιβάζουν στους μαθητές τους, οι οποίοι οικοδομούν μοντέλα, την υπευθυνότητα για αναπαραγωγή των εμφανών μερών του φυσικού φαινομένου και για

αισθητική προσέγγιση στις βελτιωτικές ρυθμίσεις των μοντέλων και όχι για περίληψη φυσικών οντοτήτων σε αυτά.

Οι Clark, Richard, Ravit Golan, Luke, & William (2008), που διερεύννησαν την ικανότητα μαθητών 12-13 χρονών να παρέχουν επιστημονικές εξηγήσεις κατά τη μοντελοποίηση, εντόπισαν ότι οι τελευταίοι παρουσιάζουν προτίμηση προς τα επικοινωνιακά και τα αισθητικά κριτήρια όταν αξιολογούν επιστημονικά μοντέλα. Παρόμοια, ο diSessa (2002) παρουσίασε ένα σχήμα κωδικοποίησης σε σχέση με την ικανότητα των μαθητών να κρίνουν την ποιότητα των αναπαραστάσεων, στο οποίο περιέλαβε τα αισθητικά κριτήρια, όπως η ομορφιά, ως μη επιστημονικό τρόπο αξιολόγησης των μοντέλων. Στην ίδια γραμμή πλεύσης, οι Van Driel και Verloop (1999), οι οποίοι κατέγραψαν τις αντιλήψεις εκπαιδευτικών για τα μοντέλα, εντόπισαν ότι κάποιος από αυτούς δίνουν έμφαση στη φυσική εμφάνιση των μοντέλων (οι υπόλοιποι είτε συνδέουν τα μοντέλα με τους στόχους στους οποίους απευθύνονται είτε τονίζουν το κοινωνικό περιεχόμενο των μοντέλων). Οι εκπαιδευτικοί που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία εκτιμούν, για παράδειγμα, ότι «ένα μοντέλο έχει τη μορφή σχεδίου» ή ότι «η σημαντικότερη διαφορά ανάμεσα στο μοντέλο και στο φαινόμενο αφορά στην κλίμακα έκφρασης». Οι *αισθητικά προσανατολισμένοι κατασκευαστές μοντέλων*, όπως καταγράφηκαν στην παρούσα ερευνητική εργασία, συμπεριφέρονται παρόμοια με τους εκπαιδευτικούς της έρευνας των Van Driel και Verloop. Αυτοί οι εκπαιδευτικοί μεταβιβάζουν στους μαθητές τους την υπευθυνότητα να αναπαράγουν στα μοντέλα τους τα αισθητικά χαρακτηριστικά του φαινομένου και όχι τις φυσικές οντότητες που περιλαμβάνουν.

Η συζήτηση γύρω από τη χρήση αισθητικών κριτηρίων για την αξιολόγηση μοντέλων και κατ' επέκταση θεωριών έχει τις ρίζες της στη φιλοσοφία της επιστήμης. Πολλοί επιστήμονες σημειώνουν τη σημασία των αισθητικών παραγόντων στην ανάπτυξη θεωριών (Fleck, 1935; Goodman, 1981; Kuhn, 1962; McAllister, 1989, 1990; Wechsler, 1978; Welsch, 1997; Zee, 1986). Τονίζουν τη σημασία των αισθητικών κριτηρίων όπως η ομορφιά, η κομψότητα, η αρμονία, η ομοιομορφία, η απλότητα, η συμμετρία στην υποστήριξη ή απόρριψη μιας θεωρίας. Ο Dirac (στον McAllister, 1990) αναφέρει, για παράδειγμα, ότι είναι πιο σημαντικό να υπάρχει η ομορφιά σε μια εξίσωση παρά αυτή να εφαρμόζει στα αποτελέσματα του πειράματος. Επιπλέον, ο Einstein (στον McAllister, 1990) αναφέρεται σε μία δυαδική κατηγοριοποίηση των κριτηρίων αξιολόγησης των θεωριών, σύμφωνα με την οποία η επιλογή μιας θεωρίας πρέπει να γίνεται σε δύο επίπεδα: ένα εξωτερικό, που αφορά στη σχέση της θεωρίας με το πείραμα και ένα εσωτερικό, που

αφορά στην εσωτερική εννοιολογική δομή της. Στο εξωτερικό επίπεδο, η θεωρία δεν πρέπει να αντικρούει τα εμπειρικά αποτελέσματα, αλλά παρόλα αυτά η συναίνεση με το πείραμα δεν είναι επαρκής συνθήκη για αποδοχή της θεωρίας. Χρειάζεται η θεωρία, στο εσωτερικό επίπεδο, να είναι σύμφωνη με τους δείκτες της αλήθειας (απλότητα, συμμετρία, αναλογική ικανότητα ερμηνείας, και συνέπεια με μεταφυσικές προϋποθέσεις) (McAllister, 1989). Ο McAllister, που υποστήριξε το «μοντέλο της αισθητικής επαγωγής» (model of aesthetic induction) (MAE), θεωρεί ότι αυτά τα κριτήρια παίζουν σημαντικό ρόλο στην αποδοχή ή όχι μιας θεωρίας, σε βαθμό που μάλιστα, σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να παραμερίσουν εμπειρικά κριτήρια.

Κάποιοι επιστήμονες αρνούνται τη χρήση των αισθητικών κριτηρίων κατά την αξιολόγηση και επιλογή των θεωριών (Engler, 1990; Lakatos & Musgrave, 1978; Maxwell, 1998). Τονίζουν ότι το αν θεωρούμε κάτι όμορφο ή άσχημο, εξαρτάται, σε κάποιο βαθμό τουλάχιστον, στην προσωπική μας, υποκειμενική, συναισθηματική αντίδραση σε αυτό το πράγμα. Τα αισθητικά κριτήρια έχουν τις ρίζες τους στην ανθρώπινη συνείδηση και κουλτούρα. Αλλά η φυσική πραγματικότητα, την οποία στοχεύουν οι φυσικές επιστήμες να κατανοήσουν, δεν αφορά σε αυτή. Φαίνεται εντελώς αβάσιμο, ότι κάτι τόσο ανθρωπομορφικό και προσωπικό και τυπικά ανθρώπινο όπως οι ιδέες για την ομορφιά να έχουν να κάνουν με την ύστατη φύση του φυσικού σύμπαντος. Η ομορφιά μπορεί να θεωρηθεί ο τελευταίος συντελεστής που θα ληφθεί υπόψη κατά την αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων αντίπαλων θεωριών στις Φυσικές Επιστήμες (Maxwell, 1998). Η επιτυχία στην πρόβλεψη υφιστάμενων δεδομένων, η επιτυχία στην πρόβλεψη νέων φαινομένων, η συνέπεια με άλλες υψηλού επιπέδου θεωρίες, η επεξηγηματική ισχύς, και η εσωτερική συνέπεια αποτελούν σύμφωνα με τον Μαξουελ κριτήρια για αξιολόγηση των θεωριών (θεωρία του Στοχευμένου Εμπειρισμού-Aim oriented empiricism). Επιπρόσθετα, ακόμα και επιστήμονες που υποστηρίζουν τη χρήση αισθητικών κριτηρίων στην επιστήμη όπως ο Engler (1990), τονίζουν ότι δεν αποτελούν επαρκείς συνθήκες για την αποδοχή των επιστημονικών θεωριών. Πρέπει να τεκμηριώνονται από άλλα κριτήρια όπως η συνέπεια με άλλες θεωρίες, η ακρίβεια ή η προβλεπτική ισχύς.

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την παρούσα έρευνα μπορεί να στηριχθεί και στις δύο προοπτικές της φιλοσοφίας της επιστήμης. Θεωρούμε ότι οι αισθητικά προσανατολισμένοι κατασκευαστές μοντέλων δε σκέφτονται κατ' ανάγκη με μη επιστημονικό τρόπο. Μπορεί να αναπαριστούν για παράδειγμα τον υποκείμενο μηχανισμό των φαινομένων στα μοντέλα που οικοδομούν, αλλά να εστιάζουν επίσης και στην περίληψη αισθητικής χρείας σε αυτά, κάτι που δεν αποκλίνει από την επιστημονική

διαδικασία οικοδόμησης μοντέλων. Αν κατευθυνθούν τα άτομα να μην σκέφτονται με βάση αισθητικά κριτήρια, αυτό δε συνεπάγεται ότι θα σκέφτονται με βάση επιστημονικά κριτήρια και συνεπώς θα κρίνουν την εγκυρότητα των θεωριών και των μοντέλων με επιστημονικό τρόπο. Από την άλλη, αν οι εκπαιδευτικοί στηρίζονται αποκλειστικά στα αισθητικά κριτήρια για την αξιολόγηση θεωριών μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αποκλίνουν από την επιστημονική διαδικασία οικοδόμησης και αξιολόγησης μοντέλων και κατ' επέκταση θεωριών.

Η ιδέα που συζητείται εδώ αφορά στο γεγονός ότι οι δυσκολίες μοντελοποίησης (επιστημολογικές) πιθανό να σχετίζονται όχι μόνο με τη μαθησιακή διαδικασία των εκπαιδευτικών, αλλά και με τις διδακτικές τους προσπάθειες για διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης. Παρόμοια, οι συμμετέχοντες στην έρευνα των Windschitl και Thompson (2006), οι οποίοι αναγνώριζαν τα μοντέλα ως αντικείμενα κριτικής ήταν πιο πιθανό να περιλάβουν αυτό το ρόλο των μοντέλων στα σχέδιά τους για διδασκαλία των μοντέλων. Προτείνουν μάλιστα ότι οι εκπαιδευτικοί που πιστεύουν ότι ένα μοντέλο είναι μία μη προβληματική αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου, είναι λιγότερο πιθανό να εκτιμήσουν την ανάπτυξή του από τους μαθητές ή να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τη φύση και τη λειτουργία των μοντέλων.

Προκύπτει, συνεπώς, η ανάγκη για ανάπτυξη κατάλληλων εκπαιδευτικών προγραμμάτων που να στηρίζουν τους εκπαιδευτικούς στην προσπάθειά τους για διδακτικό μετασχηματισμό της γνώσης τους (Pinto, 2005; Pinto *et al.*, 2005). Αυτή η διαδικασία πρέπει να περιλαμβάνει διδακτικό χειρισμό των αξόνων θεωρητικής προσέγγισης της διδασκαλίας εκ μέρους των εκπαιδευτικών που παρουσιάστηκαν στην παρούσα έρευνα, ώστε ο μετασχηματισμός της γνώσης τους σε εκπαιδευτική πρακτική να μην εμποδίζεται από μαθησιακούς παράγοντες.

Παρόμοια, οι De Jong *et al.* (1998) αναφέρουν ότι είναι σημαντικό να αναπτυχθούν μαθήματα που να περιλαμβάνουν ισχυρές σχέσεις ανάμεσα στις δραστηριότητες του μαθήματος και στις διδακτικές δραστηριότητες, ώστε να γεφυρωθεί το χάσμα ανάμεσα στην παιδαγωγική θεωρία και στην εκπαιδευτική πρακτική. Συνεπώς, ο σχεδιασμός του αναλυτικού προγράμματος, και ιδιαίτερα των προγραμμάτων προετοιμασίας εκπαιδευτικών, πρέπει από τη μια να περιλαμβάνει στρατηγικές και δραστηριότητες που να ενθαρρύνουν τους εκπαιδευτικούς να εκφράζουν τις απόψεις τους και από την άλλη να προσφέρει καθοδήγηση για σχεδιασμό και εφαρμογή εκπαιδευτικών ενοτήτων. Αυτό θα

έχει ως αποτέλεσμα να εντοπίζονται και να τυγχάνουν χειρισμού οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί, αλλά και να εντάσσονται στους διάφορους θεωρητικούς άξονες διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης, με σκοπό να λαμβάνονται τα κατάλληλα εκπαιδευτικά (διορθωτικά) μέτρα.

Η σημασία της παρούσας έρευνας σε σχέση με τα δύο αυτά ερευνητικά ερωτήματα (3 και 4) έγκειται στο ότι τα δεδομένα συνδυάζουν τις μαθησιακές δυσκολίες και τις πραγματικές πρακτικές-διδασκτικές δυσκολίες των ΠΕ. Οι Van Driel και Verloop (2002) ερεύνησαν τις απόψεις έμπειρων εκπαιδευτικών για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση μέσω συνεντεύξεων και ερωτηματολογίου. Με τη χρήση αυτών των μέσων συλλογής δεδομένων, οι ερευνητές προσπάθησαν να καταγράψουν τις γνώσεις των εκπαιδευτικών για τα μοντέλα, καθώς επίσης και τις προθέσεις τους για διδασκαλία μέσω μοντελοποίησης. Ένας περιορισμός της έρευνάς τους αφορά στο γεγονός ότι στηρίχθηκαν στις εκτιμήσεις των εκπαιδευτικών για το ποιες δραστηριότητες θα χρησιμοποιούσαν οι τελευταίοι χωρίς να εγκυροποιήσουν τα δεδομένα με την πραγματική διδακτική πρακτική. Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια όχι μόνο παρέχει συνδυασμό δεδομένων (μοντελοποίηση και διδασκαλία της), αλλά παρουσιάζει και στατιστικά δεδομένα που τα συνδέουν.

Συνεργασία στη μάθηση: Ερευνητικά Ερωτήματα 5 και 6

Η συνεργασία δεν είναι ένας απλός χειρισμός ή μια εκπαιδευτική πρακτική που έχει θετικά αποτελέσματα στους συμμετέχοντες. Είναι μια κοινωνική δομή κατά την οποία δύο ή περισσότερα άτομα αλληλεπιδρούν και σε κάποιες περιπτώσεις, κάποιιοι τύποι αλληλεπίδρασης που συμβαίνουν έχουν θετικές επιδράσεις. Οι Dillenbourg *et al.* (1996) προτείνουν ότι πρέπει να σταματήσουμε να χρησιμοποιούμε τον όρο «συνεργασία» γενικά και να ξεκινήσουμε να αναφερόμαστε μόνο σε συγκεκριμένες κατηγορίες αλληλεπιδράσεων. Χρειάζεται να κατανοήσουμε τους μηχανισμούς των διαπραγματεύσεων, ώστε να κατανοήσουμε πώς η συνεργασία μπορεί να είναι επιτυχημένη. Αυτή την προοπτική πραγματεύονται τα ερευνητικά ερωτήματα 5 και 6 της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας, των οποίων η ανάλυση και οι απαντήσεις φαίνονται παρακάτω.

6.5. Ερευνητικό ερώτημα 5: Με ποιους τρόπους οι δυνατότητες επικοινωνίας, που παρέχουν τα ΕΠΜ, μπορούν να αξιοποιηθούν για καλλιέργεια της ικανότητας της μοντελοποίησης; Ποιες είναι οι σημαντικότερες παράμετροι αξιοποίησης των διάφορων τεχνολογικών δυνατοτήτων;

Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας έγινε χρήση τριών βασικών δυνατοτήτων επικοινωνίας που παρέχει το ΕΠΜ που χρησιμοποιήθηκε. Το ΕΠΜ (Blackboard Learning SystemTM) έδωσε τη δυνατότητα στους συμμετέχοντες να ανταλλάξουν ιδέες ασύγχρονα μέσα από το *Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας (discussion board)*. Επέτρεψε, επίσης, τη σύγχρονη ανταλλαγή ιδεών μέσα από το *Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας (chat room)*. Έδωσε, τέλος, την ευκαιρία στους ΠΕ να δημοσιοποιούν τις συνεισφορές τους (προς όλους ή συγκεκριμένους χρήστες), να κατεβάσουν αυτές που τους ενδιαφέρουν, πιθανόν για να ασκήσουν κριτική ή για να πάρουν ιδέες, και να παρέχουν ανατροφοδότηση σε σχέση με αυτές μέσα από το *εργαλείο ανταλλαγής συνεισφορών*.

Ακολουθεί παρουσίαση του κάθε εργαλείου ξεχωριστά σε σχέση με τις δυνατότητες επικοινωνίας που παρέχει, αλλά και τις σημαντικότερες παραμέτρους αξιοποίησης των δυνατοτήτων αυτών. Εισαγωγικά για κάθε εργαλείο παρατίθενται σχόλια των ΠΕ από την έβδομη σύγχρονη ηλεκτρονική συζήτηση κατά την οποία οι τελευταίοι αξιολόγησαν το μάθημα.

6.5.1. Εργαλείο σύγχρονης επικοινωνίας (chat)

Τα αξιολογητικά σχόλια των ΠΕ σε σχέση με το Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας ήταν κυρίως θετικά ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν.

11:10: ΠΕ 17: Το ότι όλοι ήμασταν κάπως «αναγκασμένοι» να εκφράσουμε απόψεις, που υπό άλλες συνθήκες δε θα το κάναμε, ήταν πολύ βοηθητικό στο τέλος της μέρας. Παρόλο που όταν το κάναμε δεν το καταλαβαίναμε.

11:09: ΠΕ 9: Σε πολλά μαθήματα που είμαστε σε ένα αμφιθέατρο, εδώ και τέσσερα χρόνια...μπορεί να μην άκουσα κάποιο συμφοιτητή ή συμφοιτήτριά μας να μιλήσει. Σε αυτό το μάθημα με αυτόν τον τρόπο (chat) άκουσα απόψεις όλων των ατόμων πολλές φορές.

11:19: ΠΕ 17: Με τη συζήτηση όλων αυτών των θεμάτων στο Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας μπορούσαμε να καταλάβουμε καλύτερα αυτά που είχαμε διαβάσει από πριν.

11:19: ΠΕ 9: Εγώ ένιωθα ότι με το να τα συζητούμε είναι σαν να τα διάβαζα 10 φορές.

11:19: ΠΕ 21: Εμένα με βοήθησε πολύ το εργαλείο αυτό, γιατί ξεκαθαρίζαμε αρκετά πράγματα στο μυαλό μας και ακούγονταν οι απόψεις όλων μας.

(Σύγχρονη συζήτηση, 05.05.07, Ομάδα Β^{xxx})

Τα αρνητικά σχόλια των ΠΕ σε σχέση με αυτό το εργαλείο επικοινωνίας αφορούσαν κυρίως στο μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων στις συζητήσεις

15:22: ΠΕ 3: Το μόνο αρνητικό που έχει η σύγχρονη συζήτηση είναι ότι είμαστε πολλά άτομα και δεν μπορούμε να βλέπουμε όσα λέγονται.

15:22: ΠΕ 20: Οι σύγχρονες συζητήσεις ήταν συχνά .. «κάπως» γιατί «πέφτει» μεγάλος όγκος πληροφοριών-απαντήσεων από όλους και δεν προλαβαίναμε συχνά να διαβάσουμε τι λεγόταν. Κατά τα άλλα νομίζω ήταν χρήσιμες οι σύγχρονες, αν μη τι άλλο ήταν ένας διαφορετικός τρόπος επικοινωνίας. Ίσως να μπορούσε να σπάσει η τάξη σε μικρότερες ομάδες.

(Σύγχρονη συζήτηση, 02.05.07, Ομάδα Α)

Η ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τις σύγχρονες συζητήσεις αναλύθηκε με βάση το σχήμα που αναπτύχθηκε για τις πρόσωπο με πρόσωπο συζητήσεις και για τις ασύγχρονες συζητήσεις. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η συνεργασία που αναπτύχθηκε ανάμεσα στους ΠΕ της κάθε ομάδας (Α και Β) και για τις έξι συζητήσεις

^{xxx} Ο τετραψήφιος αριθμός στην αρχή της κάθε γραμμής υποδεικνύει την ακριβή ώρα που έγινε η συγκεκριμένη δήλωση.

ήταν υψηλής ποιότητας (πίνακες 109 μέχρι 120)^{xxxι}. Συνεπώς, το Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη στήριξη συνεργατικών δραστηριοτήτων του είδους «συζήτηση μεταξύ φοιτητών για εδραιωμένη γνώση».

Η πρόσβαση σε εδραιωμένη τεχνογνωσία θεωρείται αναγκαία για τη διαδικασία ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης και κυρίως για τη διαδικασία ανάπτυξης στρατηγικών για τη διδασκαλία της μοντελοποίησης (Hill & Hannafin, 2001; Oliver, 2001). Είναι σημαντικό οι μαθητές να αντιλαμβάνονται τη χρησιμότητα και τη σημασία της διαδικασίας στην οποία εμπλέκονται. Έχοντας πρόσβαση σε πηγές που είναι δημοσιευμένες σε έγκυρα περιοδικά ή βιβλία μπορούν να κατανοήσουν ότι η διαδικασία στην οποία εμπλέκονται δεν αφορά μόνο στη δική τους τάξη ή κοινότητα, αλλά είναι αναγνωρισμένη διεθνώς. Από την άλλη, αποκτούν εμπειρίες σε σχέση με προσπάθειες άλλων μαθητών που προσπάθησαν για παράδειγμα να αναπτύξουν μοντέλα για τα ίδια ή διαφορετικά φαινόμενα. Δεν είναι όμως αρκετό να έχουν πρόσβαση σε αυτού του είδους τις πηγές. Θεωρείται σημαντικότερο να «αναγκαστούν» να τις διαβάσουν και να είναι σε θέση να ασκήσουν κριτική σε σχέση με αυτές ή να χρησιμοποιήσουν κομμάτια από αυτές ως επιχειρήματα ή αντεπιχειρήματα σε μια συζήτηση.

Είναι χαρακτηριστικά τα λόγια της ΠΕ 16 στην έβδομη σύγχρονη συζήτηση, κατά την οποία οι ΠΕ άσκησαν κριτική σε όλα τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στο μάθημα: «Εμένα με βοήθησαν πολύ τα chat. Αναλύσαμε την ουσία της μοντελοποίησης!» Επίσης χαρακτηριστικό είναι και το ακόλουθο απόσπασμα από την ίδια συζήτηση, στην οποία αναφέρεται η σημασία της πρόσβασης σε εξειδικευμένη γνώση, αλλά πολύ περισσότερο της συζήτησης που ακολουθούσε σε σχέση με τα αναγνώσματα.

41 11:07*: Εκπ.: Άρα θεωρείτε ότι μόνο σε θέματα επικοινωνίας βοήθησαν οι σύγχρονες συζητήσεις;

42 11:07: ΠΕ 5: Ίσως αν δεν ήταν πρωί Σαββάτου να ήταν πιο ευχάριστη:}

...

50 11:07: ΠΕ 16: Όχι, αφού όπως είπα και πριν, εδώ αναλύσαμε την ουσία της μοντελοποίησης.

...

52 11:08: ΠΕ 9: Είναι διαφορετικό ...σε άλλα μαθήματα δεν ακούγονται

^{xxxι} Μόνη εξαίρεση αποτελεί η ομάδα Β κατά την πρώτη σύγχρονη συζήτηση, η οποία δεν εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία.

τόσες απόψεις...

53 11:08: ΠΕ 5: Προσωπικά, τη διαφορά της προσομοίωσης με της προσομοίωσης από το μοντέλο την κατανόησα μέσα από την επικοινωνίας μας. Η ανάγνωση του άρθρου δεν ήταν αρκετή.

54 11:08: ΠΕ 18: Όχι δεν ήταν μόνο επικοινωνία, ήταν και ανταλλαγή απόψεων για να καταλήξουμε σε κάποια θέματα σε μια κοινή θεωρία κτλ.

(Σύγχρονη συζήτηση, 05.05.07, Ομάδα Β)

Το διαδίκτυο και συγκεκριμένα το ΕΠΜ προσφέρει τη δυνατότητα για σύγχρονη επικοινωνία κάτι που στηρίζει εκπαιδευτικούς που ενδιαφέρονται να δημιουργήσουν συνθήκες επικοινωνίας και συνεργασίας ανάμεσα στους μαθητές τους όταν μοντελοποιούν φυσικά φαινόμενα. Το Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας προσφέρεται για δραστηριότητες συζήτησης εξειδικευμένης ή εδραιωμένης γνώσης ανάμεσα σε μαθητές ή φοιτητές. Για να είναι, όμως, η επικοινωνία και η συνεργασία επιτυχημένη, είναι σημαντικό οι δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή να είναι καλά οργανωμένες. Οι βασικότερες παράμετροι που πρέπει οι εκπαιδευτικοί να λάβουν υπόψη τους στο σχεδιασμό τέτοιων δραστηριοτήτων είναι:

α) Το υποστηρικτικό υλικό το οποίο θα μελετήσουν οι φοιτητές με σκοπό να προετοιμαστούν για τη συζήτηση,

β) Ο ρόλος του εκπαιδευτικού πριν και κατά τη διάρκεια της συζήτησης.

6.5.1.1. Υλικό για μελέτη πριν από τις σύγχρονες συζητήσεις

Σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της συνεργασίας εντός κάθε ομάδας φαίνεται να έπαιξε το γεγονός ότι οι ΠΕ μελετούσαν πριν από κάθε σύγχρονη συζήτηση συγκεκριμένες πηγές που περιείχαν εξειδικευμένη γνώση για την ικανότητα της μοντελοποίησης. Σε πολλά μέρη της συζήτησης αναφέρονταν σε σημεία των κειμένων που είχαν διαβάσει ή σε εμπειρίες που είχαν αποκτήσει. Αυτό απέτρεψε καταστάσεις στις οποίες οι ΠΕ να μην έχουν κάτι να πουν ή να επαναλαμβάνουν τους εαυτούς τους για να περάσει η ώρα. Στο ακόλουθο απόσπασμα από τη δεύτερη σύγχρονη συζήτηση (Πίνακας 111) που είχαν οι ΠΕ της ομάδας Α φαίνεται ότι η ΠΕ 14 (γραμμή 58), ο ΠΕ 12 (γραμμή 70) και η ΠΕ 15 (γραμμή 73) αναφέρονται ρητώς σε κομμάτια του άρθρου καθώς εξελίσσεται η συζήτηση. Είναι πιθανόν και οι υπόλοιποι ΠΕ να στηρίζουν τις δηλώσεις τους σε κομμάτια που διάβασαν σε ένα από τα κείμενα που είχαν να μελετήσουν, αλλά δεν το αναφέρουν ρητώς. Στην πρώτη περίπτωση, η ΠΕ 14 κάνει αναφορά στο άρθρο για να στηρίξει τη θέση του ΠΕ 12 (γραμμή 56: *Η προσομοίωση απαιτεί ένα μοντέλο για να βασιστεί πάνω του*). Στη

δεύτερη περίπτωση, ο ΠΕ 12 κάνει αναφορά σε συγκεκριμένες γραμμές στο άρθρο, ώστε να κάνει την ίδια θέση πιο πειστική στους υπόλοιπους και να υποστηρίξει την άποψή του στη συζήτηση. Στην τρίτη περίπτωση η ΠΕ 15 παραθέτει μία φράση από το άρθρο με σκοπό να εκφράσει μία απορία που της δημιουργήθηκε και συνδέεται με τη συζήτηση που είχε προηγηθεί ή ακόμα και να αποτελέσει το έναυσμα για την έναρξη νέας συζήτησης.

50 15:04*: ΠΕ 3: Εγώ πιστεύω ότι η προσομοίωση είναι μοντελοποίηση.

Αφού μπορούν να υπάρξουν διάφορα είδη μοντελοποίησης.

51 15:04: Εκπ.: Αυτή θα ήταν η πρώτη μου ερώτηση.

52 15:04: Εκπ.: Πώς διαφοροποιούνται οι όροι προσομοίωση και μοντέλο;

53 15:05: ΠΕ 20: Ναι, συμφωνώ νομίζω με την ΠΕ 3

54 15:05: ΠΕ 14: Πιστεύω ότι έχουν διαφορές και ομοιότητες, όμως η προσομοίωση ίσως να είναι και μοντέλο.

55 15:05: ΠΕ 7: Συμφωνώ με την ΠΕ 3. Η μοντελοποίηση είναι προσομοίωση.

56 15:05: ΠΕ 12: Η προσομοίωση απαιτεί ένα μοντέλο για να βασιστεί πάνω του.

57 15:06: ΠΕ 10: Και εγώ θα συμφωνήσω, αλλά αν κατάλαβα καλά η μοντελοποίηση είναι πιο συγκεκριμένη.

58 15:06: ΠΕ 14: Αυτό όμως δεν είναι διπλά μοντέλο, όπως αναφέρει και το άρθρο;

59 15:06: ΠΕ 7: Πιστεύω πως η διαφορά βρίσκεται στα πράγματα που αναπαριστά ένα μοντέλο και μια προσομοίωση.

60 15:06: ΠΕ 20: Τι εννοείς ΠΕ 14;

61 15:06: Εκπ.: Δηλαδή ΠΕ 7;

62 15:07: ΠΕ 14: Ότι μπορούμε να κάνουμε προσομοίωση ένα μοντέλο. Π.χ. την εξίσωση της φωτοσύνθεσης, που είναι ήδη μοντέλο.

63 15:07: ΠΕ 20: Α, οκ.

64 15:07: ΠΕ 4: Εγώ νομίζω ότι μπορείς να κάνεις προσομοίωση κάποιου μοντέλου. Θα συμφωνήσω με την ΠΕ 14.

65 15:08: ΠΕ 14: Ευχαριστώ.

66 15:08: ΠΕ 3: Η προσομοίωση ίσως να περιέχει πιο πολλές λεπτομέρειες από ότι ένα απλό μοντέλο.

67 15:08: ΠΕ 7: Δεν ξέρω, συγχύστηκα.

- 68 15:08: ΠΕ 10: Μια προσομοίωση είναι μια αναπαράσταση κάποιου φαινομένου, αλλά περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά μόνο που μας ενδιαφέρουν για το συγκεκριμένο φαινόμενο.
- 69 15:08: ΠΕ 14: Εξαρτάται. Και ένα μοντέλο μπορούμε να το κάνουμε να έχει λεπτομέρειες πιστεύω.
- 70 15:08: ΠΕ 12: Διαβάστε τις δύο πρώτες γραμμές στην τελευταία παράγραφο του άρθρου (σελ. 5) [Κάθε προσομοίωση βασίζεται σε ένα σαφώς προσδιορισμένο μοντέλο της πραγματικότητας (συχνά πρόκειται για μαθηματικό μοντέλο, προκαθορισμένο εσωτερικά στο σύστημα)]
- 71 15:09: ΠΕ 4: Μα αφού για να κάνεις μια προσομοίωση χρειάζεται ένα μοντέλο, άρα δεν μπορεί η προσομοίωση να έχει πιο πολλές λεπτομέρειες από ένα μοντέλο.
- 72 15:09: ΠΕ 20: Τείνω να συμφωνήσω με την ΠΕ 10, πιστεύω πως κατά τη μοντελοποίηση ο μαθητής έχει να λάβει περισσότερους παράγοντες υπόψη του.
- 73 15:09: ΠΕ 15: Βασικά εγώ μπερδεύτηκα περισσότερο όταν διάβασα στο άρθρο πως «το Modellus είναι σύστημα μαθηματικής μοντελοποίησης που παράγει δυναμικές προσομοιώσεις...» Δηλαδή ένα μοντέλο παράγει προσομοιώσεις;
- 74 15:09: ΠΕ 7: Μα και το μοντέλο μπορεί να περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν. Πιστεύω πως η προσομοίωση περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά αυτού που αναπαριστά και ο χρήστης εστιάζει στις μεταβλητές που τον ενδιαφέρουν.
- 75 15:09: ΠΕ 3: Στην προσομοίωση ίσως να υπάρχει μεγαλύτερη αλληλεπίδραση μεταξύ εμάς και του μοντέλου.

(Σύγχρονη συζήτηση, 14.02.07, Ομάδα Α)

Εκτός από τα κείμενα (άρθρα, παρουσιάσεις κτλ) που μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως πηγή στήριξης της σύγχρονης συζήτησης, κάποιες φορές είναι χρήσιμο να ζητηθεί από τους συμμετέχοντες να εξασκηθούν πρακτικά μέσω συγκεκριμένων δραστηριοτήτων ώστε να είναι έτοιμοι ακολούθως να συνεισφέρουν στη συζήτηση. Η τέταρτη σύγχρονη συζήτηση (Πίνακες 115 και 116) των ΠΕ αφορούσε στη σύγκριση των λογισμικών μοντελοποίησης SC[®] και MW[®]. Για να μπορούν να συμμετέχουν στη συζήτηση, οι ΠΕ κλήθηκαν να εξασκηθούν στη χρήση του MW[®] με σκοπό να φτιάξουν μικρά και απλά μοντέλα-προγράμματα, ανατρέχοντας, όπου προέκυπτε ανάγκη στον οδηγό του προγράμματος. Επιπλέον, οι ΠΕ γνώριζαν τη χρήση του SC[®] αφού στα πρώτα μαθήματα είχαν εξασκηθεί

στη δημιουργία μικρών μοντέλων-προγραμμάτων ακολουθώντας τα βήματα του οδηγού του προγράμματος. Επιπλέον, για τους σκοπούς της τέταρτης συζήτησης, έπρεπε να διαβάσουν ένα άρθρο που αναφερόταν στη χρήση των δύο λογισμικών από παιδιά δημοτικού σχολείου. Από τη συζήτηση που έγινε στο εργαλείο σύγχρονης επικοινωνίας φάνηκε ότι η πρακτική εξάσκηση των ΠΕ αποτέλεσε στήριγμα για επιχειρήματα που έθεταν σε διάφορα σημεία.

Αρχικά εξέφρασαν τις σκέψεις τους για τα δύο προγράμματα:

50 15:08*: ΠΕ 2: Εμένα μου άρεσε (το MW[®])...γιατί ενώ δεν το ήξερα καθόλου όταν ήθελα να κάνω π.χ. ένα δρόμο, με βοήθησαν πολύ τα tutorials, είχε τίτλο και τον επέλεγε.

51 15:08: ΠΕ 7: Είναι πιο δύσκολο από το SC[®]. Εμένα προσωπικά το ότι έδινε γραπτούς κανόνες με δυσκόλεψε. Είναι προσωπική γνώμη.

....
54 15:08: ΠΕ 12: Εγώ νομίζω είναι πιο απλό από το SC[®]. Μου πήρε πιο λίγο χρόνο να κατανοήσω τη λογική του και μου ήταν πιο εύκολο να διορθώσω λάθη όπου υπήρχαν....αντίθετα με το SC[®].

...
56 15:09: ΠΕ 10: Ναι, συμφωνώ ΠΕ 12, ως πρόγραμμα που πρώτη φορά είδα, δε με δυσκόλεψε ιδιαίτερα. Εύκολα έδωσα κανόνες σε αντικείμενα για να κινηθούν ή να κάνουν άλλες συμπεριφορές.

(Σύγχρονη συζήτηση, 28.02.07, Ομάδα Α)

Είναι ξεκάθαρο ότι η άποψη του καθενός σε σχέση με την ευκολία χρήσης των δύο προγραμμάτων στηρίχθηκε στην πρακτική εξάσκηση που έκανε πριν από τη συζήτηση και όχι σε κάτι που διάβασε για τον τρόπο προγραμματισμού στο ένα ή στο άλλο πρόγραμμα.

Ακολουθώς, η εκπαιδευτικός προώθησε τη συζήτηση για τη διδακτική αξία των δύο προγραμμάτων:

125 15:21*: Εκπ.: Τι κερδίζουν οι μαθητές αν χρησιμοποιήσουν το ένα ή το άλλο πρόγραμμα;

126 15:22: ΠΕ 20: Πάντως ενώ προσπαθούσα να φτιάξω κάτι στο MW[®], είδα κάποια έτοιμα προγράμματα που είχε. Είδα και ένα με θηρευτές και θηράματα, όπως αυτό που είχαμε δει στο SC[®] στην τάξη για ένα διαγνωστικό δοκίμιο. Πρέπει να πω ότι βρήκα πιο καλή σαν αναπαράσταση το SC[®].

...

129 15:22: ΠΕ 4: Με το MW[®] οι μαθητές πάνε πίσω για να ανακαλύψουν κάποιο λάθος που έκαναν. Εγώ προσπαθώντας να κάνω ένα άλογο να τρέξει, είχα κάνει λάθος στον κώδικα, και αντί να τον σβήσω, κάτι που κάνω συχνά στο SC[®], πήγα πίσω στον κανόνα και άλλαξα κάτι που είχα κάνει λάθος εκεί.

...

132 15:23: ΠΕ 4: Ενώ με το SC[®] απλά δημιουργούν άλλους κανόνες για τους χαρακτήρες.

133 15:23: ΠΕ 15: Με το SC[®] αφιερώνουν περισσότερο χρόνο στον προγραμματισμό.

134 15:24: ΠΕ 6: Συμφωνώ μαζί σου ΠΕ 4. Και εγώ το ίδιο πάθαινα στο SC[®]. Ενώ με το MW[®] ήταν πιο εύκολο να διορθώσω τον κανόνα παρά να τον σβήσω. Οι μαθητές πρέπει να φτιάχνουν το μοντέλο από την αρχή στο SC[®] αν έχει λάθος, ενώ στο MW[®] επεμβαίνουν στις εντολές και το διορθώνουν.

135 15:24: ΠΕ 7: Επίσης μέσα από το MW[®] μπορούν να δώσουν περισσότερη έμφαση στη λειτουργία, δηλαδή στα στάδια που ακολουθούνται για να φτιαχτεί το μοντέλο.

136 15:24: ΠΕ 2: Στο MW[®], λόγω του ότι είναι πιο δύσκολη η γλώσσα προγραμματισμού, οι μαθητές ψάχνουν περισσότερη για να κατανοήσουν την πραγματική σχέση μεταξύ των οντοτήτων. Ασχολούνται δηλαδή με το γιατί του φαινομένου.

...

139 15:25: ΠΕ 10: Ναι συμφωνώ με την ΠΕ 2, η γλώσσα του MW[®] είναι πιο δύσκολη για τα παιδιά μικρών ηλικιών. Ακόμα και εμάς μας δυσκόλεψε περισσότερο.

...

144 15:25: ΠΕ 7: Συμφωνώ με την ΠΕ 2. Επιπλέον, με το SC[®] μπορούν πιο εύκολα να δουν ποιες μεταβλητές επηρεάζουν κάθε χαρακτήρα. Όταν εγώ κοίταζα κάτι έτοιμα μοντέλα στο MW[®], δυσκολεύτηκα να αναγνωρίσω από τον κώδικα ποιες μεταβλητές εμπλέκονταν. Πιστεύω ότι είναι πιο βοηθητικό για τα παιδιά να φτιάχνουν ή να μελετούν μοντέλα με βάση το SC[®] παρά με το MW[®].

(Σύγχρονη συζήτηση, 28.02.07, Ομάδα Α)

Στο παραπάνω απόσπασμα φαίνεται ότι οι ΠΕ χρησιμοποίησαν τις εμπειρίες που αποκόμισαν από την πρακτική εξάσκησή τους με το MW[®], αλλά και με το SC[®] σε προηγούμενη φάση του μαθήματος, για να αναπτύξουν επιχειρήματα υπέρ ή κατά τη χρήσης ενός εκ των δύο προγραμμάτων με μαθητές δημοτικού σχολείου (γραμμές 126, 129, 134, 139, 144). Έχουν εντοπίσει τουλάχιστον ένα αρνητικό στοιχείο του SC[®], το ότι αντί να διορθώνουν ένα κανόνα, το θεωρούσαν ευκολότερο να τον σβήσουν και ακολούθως να δημιουργήσουν καινούργιο, κάτι που δε συνάδει πολύ με τη λογική της διαδικασίας της μοντελοποίησης (γραμμή 134) και ένα αρνητικό στοιχείο του MW[®], το ότι δυσκολότερα αναγνωρίζουν τις μεταβλητές που εμπλέκονται στο μοντέλο κάτι που είναι ευκολότερα αναγνωρίσιμο στο άλλο πρόγραμμα (γραμμή 144).

6.5.1.2. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού πριν και κατά τη διάρκεια της συζήτησης (καθοδηγητής)

Η δεύτερη σημαντική παράμετρος στην επιτυχία διεκπεραίωσης σύγχρονων ηλεκτρονικών συζητήσεων είναι ο ρόλος της εκπαιδευτικού τόσο πριν, όσο και κατά τη διάρκεια της συζήτησης. Ο ρόλος της εκπαιδευτικού στην ποιότητα της συνεργασίας ανάμεσα στους ΠΕ που συμμετείχαν στις σύγχρονες συζητήσεις φάνηκε στην αρχή της δεύτερης σύγχρονης συζήτησης, όταν οι εκπαιδευτικοί ξεκίνησαν τη συζήτηση στην απουσία της εκπαιδευτικού. Σε αυτό το μέρος της συζήτησης η συνεργασία που αναπτύχθηκε ανάμεσα στους ΠΕ της ομάδας Α δεν ήταν υψηλής ποιότητας, ενώ στο επόμενο μέρος, όταν εισήλθε και η εκπαιδευτικός στο σύστημα και στη συζήτηση αναπτύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία (Πίνακας 111).

6.5.1.2.1. Οδηγίες πριν και κατά τη διάρκεια της συζήτησης

Πριν από τη συζήτηση είναι σημαντικό να δίνονται καλές οδηγίες τόσο σε σχέση με το υλικό που πρέπει να μελετηθεί από τους συμμετέχοντες όσο και η βασική δομή της συζήτησης που θα ακολουθήσει κατά τη διάρκεια της συζήτησης. Πρέπει να δίνονται σαφείς οδηγίες, ώστε να είναι ξεκάθαροι οι στόχοι και οι προσδοκίες που έχει η εκπαιδευτικός από τους συμμετέχοντες.

Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας, πριν από κάθε ηλεκτρονική συζήτηση η εκπαιδευτικός αναρτούσε στο ΕΠΜ ένα αρχείο που περιείχε πληροφορίες για το υλικό που έπρεπε να διαβάσουν οι ΠΕ πριν από τη συνάντηση, αλλά και τις κύριες ερωτήσεις γύρω από τις οποίες θα περιστρεφόταν η συζήτηση (Παράρτημα 21). Το γεγονός ότι ήξεραν από πριν τα κεντρικά θέματα που θα αναλύονταν σε κάθε συζήτηση φαίνεται να βοήθησε τους ΠΕ στο να εστιάσουν στα κατάλληλα σημεία κατά τη μελέτη του υλικού πριν από τη

συζήτηση, αλλά και στο να είναι πιο συγκεντρωμένοι κατά τη διάρκεια της συζήτησης. Κατά τη διάρκεια της δεύτερης σύγχρονης συζήτησης η ομάδα Α ξεκίνησε να συζητά πριν ακόμα εισέλθει η εκπαιδευτικός στο σύστημα, για περίπου έξι λεπτά. Φαίνεται ότι το γεγονός ότι ήξεραν από πριν τις ερωτήσεις γύρω από τις οποίες θα συζητούσαν, αλλά και το γεγονός ότι είχαν να διαβάσουν κάτι στο οποίο θα βασίζονταν για να εκφράσουν απόψεις και επιχειρήματα καθόλη τη διάρκεια της συζήτησης, τους βοήθησε να συζητήσουν σε ακαδημαϊκό επίπεδο στην απουσία της εκπαιδευτικού (Πίνακας 111).

Επιπλέον, δόθηκαν ξεκάθαρες οδηγίες στους φοιτητές και για θέματα που αφορούν στην κοινωνική δομή της συζήτησης. Αναρτήθηκε συγκεκριμένο αρχείο (Παράρτημα 22) στο ΕΠΜ και οι ΠΕ καλούνταν να το διαβάσουν πριν από κάθε συζήτηση, ώστε να ακολουθούν τους κανόνες-αρχές που περιγράφονται σε αυτό. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της συζήτησης, και όπου κρινόταν αναγκαίο, η εκπαιδευτικός παραινούσε έμμεσα ή άμεσα τους ΠΕ, να εφαρμόζουν τους κανόνες αυτούς. Ένας κανόνας που έπρεπε να ακολουθούν οι φοιτητές ήταν ο ακόλουθος: *«Προσπαθήστε να αποφεύγετε τις μονολεκτικές συνεισφορές και κάνετε μια προσπάθεια να στηρίζετε την άποψή σας με επιχειρήματα (είτε αυτά στηρίζονται στα κείμενα που διαβάσατε από πριν είτε όχι).»* Στο ακόλουθο απόσπασμα της τέταρτης συζήτησης (ομάδα Α) φαίνεται μία περίπτωση όπου η εκπαιδευτικός χρειάστηκε να παρέμβει, ώστε να εφαρμοστεί αυτός ο κανόνας. Οι ΠΕ εκφράζονταν μονολεκτικά από τη γραμμή 158 μέχρι τη γραμμή 162. Με την παραίνεση της εκπαιδευτικού (γραμμή 163) το είδος των συνεισφορών μετατράπηκαν από μονολεκτικές σε απόψεις που στηρίζονταν σε επιχειρήματα που προκύπτουν κυρίως από το άρθρο που διάβασαν.

157 15:27*: Εκπ: Τι λέει το άρθρο για τη χρήση των 2 λογισμικών; Συμφωνεί μαζί σας;

158 15:27: ΠΕ 20: ναι.

....

160 15:27: ΠΕ 15: Μάλλον εμείς συμφωνούμε μαζί του...

161 15:27: ΠΕ 7: Ναι.

162 15:27: ΠΕ 10: Ναι συμφωνούμε.

163 15:28: Εκπ.: Δηλαδή....μην σας διακατέχει η λιτότητα...στηρίζετε την άποψή σας...

164 15:28: ΠΕ 20: Λέει ότι το SC[®] είναι πιο κατάλληλο για μικρά παιδιά για την παρουσίαση των ιδεών τους και στην επικοινωνία μεταξύ τους.

....

169 15:29: ΠΕ 7: Ότι το SC[®] μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μικρές τάξεις,

αφού χρησιμοποιεί μία γλώσσα προγραμματισμού, η οποία επιτρέπει την προφορική επικοινωνία.

- 170 15:29: ΠΕ 10: Λέει ότι μέσω αυτών των προγραμμάτων τα παιδιά επικοινωνούν, εκφράζουν και παρουσιάζουν τις ιδέες τους και αναπτύσσουν μοντέλα με βάση αυτές.

...

- 172 15:30: ΠΕ 20: Όμως λέει το άρθρο, το SC[®] δε βοηθά στην ανάγνωση των κανόνων του. Άρα πιστεύω κάνει για να ξεκινήσουν τα παιδιά, να έχουν μια πρώτη επαφή με τον προγραμματισμό και μετά μπορούν να προχωρήσουν στο γράψιμο κώδικα.

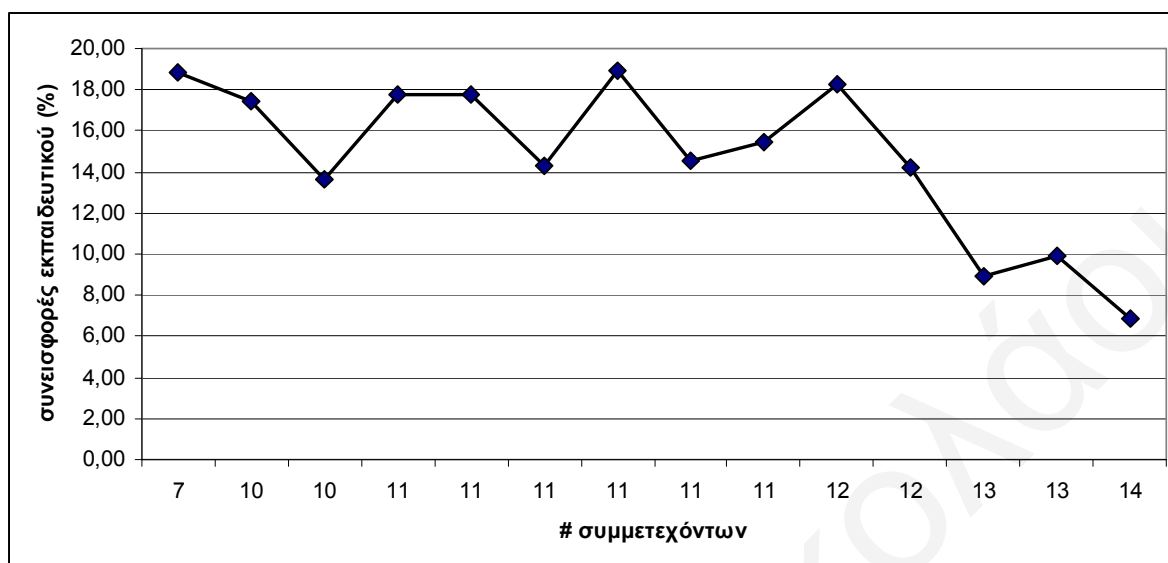
(Σύγχρονη συζήτηση, 28.02.07, Ομάδα Α)

6.5.1.2.2. Καθορισμός ομάδων

Σημαντικό ρόλο στην ομαλή διεξαγωγή των σύγχρονων συζητήσεων και στην προώθηση υψηλής ποιότητας συνεργασία κατά τη διάρκειά τους διαδραματίζει το μέγεθος της ομάδας. Σύμφωνα με τον Hiltz (1997) απαιτούνται περίπου 12 συμμετέχοντες για να διατηρείται το ενδιαφέρον σε μία διαδικτυακή συζήτηση. Αν ο αριθμός πέσει κάτω από οκτώ τότε η όλη συζήτηση κατευθύνεται και καθορίζεται από τον εκπαιδευτικό. Από την άλλη, αν ο αριθμός ξεπεράσει το 20 χάνεται η ποιότητα της συζήτησης. Σε τέτοια περίπτωση συστήνεται ο διαμοιρασμός της τάξης σε μικρότερες ομάδες. Αυτός ήταν και ο λόγος που στο μάθημα συστάθηκαν δύο ομάδες συζήτησης, μία των δέκα και μία των 11 ατόμων.

Ποσοτική ανάλυση των συζητήσεων της παρούσας έρευνας έδειξε ότι όταν ο αριθμός των συμμετεχόντων σε μία ομάδα συζήτησης μειωνόταν, αυξάνονταν αναλογικά οι συνεισφορές από την εκπαιδευτικό σε μία προσπάθεια διατήρησης της ροής και της ποιότητας της συζήτησης (Διάγραμμα 47). Από τη γραφική παράσταση φαίνεται ότι όταν το μέγεθος της ομάδας ξεπερνά το 12, οι ποσοστιαίες συνεισφορές της εκπαιδευτικού μειώνονται αισθητά κάτι που έρχεται σε αντίθεση με το όριο των οκτώ συμμετεχόντων που έθεσε ο Hiltz (1997). Επιπλέον, φαίνεται ότι η εκπαιδευτικός συνεισφέρει περίπου 16% των συνολικών συνεισφορών όταν οι ομάδες είναι επταμελείς έως και 12μελείς, ποσοστό που μειώνεται μέχρι και το 7% όσο αυξάνεται ο αριθμός των συμμετεχόντων στην ομάδα (14μελής). Αυτό υποδεικνύει ότι σε μεγαλύτερες ομάδες είναι πιθανότερο οι μανθάνοντες να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους παρά με τον εκπαιδευτικό, γεγονός που από

παιδαγωγικής σκοπιάς είναι πιθανότερο να δημιουργήσει συνθήκες γόνιμες για οικοδόμηση της γνώσης (Caspi, Gorsky, & Chajut, 2003).



Διάγραμμα 47. Γραφική Παράσταση των Συνεισφορών της Εκπαιδευτικού ως προς τον Αριθμό των Συμμετεχόντων σε κάθε Σύγχρονη Συζήτηση

6.5.1.2.3. Οι ερωτήσεις που θέτει η εκπαιδευτικός

Πέραν των ερωτήσεων που τίθενται πριν από τις συζητήσεις για να καθορίσουν το πλαίσιο στο οποίο θα κινηθούν, φαίνεται ότι το είδος των ερωτήσεων που τίθενται από την εκπαιδευτικό κατά τη διάρκεια της συζήτησης είναι επίσης σημαντικές. Αυτό είναι σύμφωνο με τα αποτελέσματα του Meyer (2004), ο οποίος αναφέρει ότι η ερώτηση που αποτελεί το έναυσμα για κάθε σύγχρονη διαδικτυακή συζήτηση επηρεάζει το επίπεδο των απαντήσεων των φοιτητών. Αξίζει να σημειωθεί ότι 17.2% των συνολικών συνεισφορών της εκπαιδευτικού αφορούσε σε ερωτήσεις διάφορων μορφών. Η εκπαιδευτικός έθετε κυρίως ερωτήσεις που αφορούσαν υψηλές λειτουργίες σκέψης, όπως ερωτήσεις ανάλυσης, σύνθεσης, αμφισβήτησης της κατανόησης των ΠΕ παρά ερωτήσεις γνώσεων. Συνεπώς, οι συνεισφορές των φοιτητών αντανακλούσαν υψηλού επιπέδου δεξιότητες σκέψης (εφαρμογή, ανάλυση, σύνθεση) (8.4%) παρά ανάκληση γνώσεων (1.8%).

6.5.1.2.4. Η ανατροφοδότηση που παρέχει η εκπαιδευτικός

Σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της συνεργασίας κατά τις σύγχρονες συζητήσεις φαίνεται επίσης να διαδραματίζει η ανατροφοδότηση που παρέχεται στους ΠΕ από την εκπαιδευτικό. Οι συμμετέχοντες χρειάζονται να ξέρουν αν κάλυψαν σε βάθος το θέμα ή αν χρειάζεται να συζητήσουν σε άλλη κατεύθυνση κτλ.

90 15:13: Εκπ.: Ένας χρήστης ενός λογισμικού (π.χ. SC) φτιάχνει ένα μοντέλο για τη φωτοσύνθεση για παράδειγμα. Ένας άλλος χρήστης

που θα βρει έτοιμο το μοντέλο, αυτός χρησιμοποιεί μία προσομοίωση

...

95 15:14: ΠΕ 6: Γεια σας. Ακριβώς! Πιστεύω ότι στην προσομοίωση δεν υπάρχει αλληλεπίδραση του προγράμματος με το χρήστη.

...

107 15:15: ΠΕ 6: Στην προσομοίωση αλληλεπιδρά ο κατασκευαστής αν θέλετε και όχι ο χρήστης

108 15:15: Εκπ.: όχι ΠΕ

109 15:15: ΠΕ 10: γιατί τότε είπαμε ότι τα δύο διαφέρουν;

110 15:16: ΠΕ 20: διαφέρουν ως προς την αλληλεπίδραση του χρήστη μ' αυτά

111 15:16: ΠΕ 2: Γιατί άλλο να αναπαριστάς τη σκέψη σου και άλλο να βρεις κάτι έτοιμο και να ελέγξεις τους παράγοντες

....

126 15:18: Εκπ.: Ωραία

....

128 15:19: Εκπ.: Πάμε τώρα παρακάτω...γιατί το εξαντλήσαμε το θέμα...Από τα όσα διαβάσατε, πότε θα χρησιμοποιούσατε τη μια προσέγγιση και πότε την άλλη;

(Σύγχρονη συζήτηση, 14.02.07, Ομάδα Α)

Το απόσπασμα που προέρχεται από τη δεύτερη ηλεκτρονική συζήτηση της ομάδας Α είναι ενδεικτικό σε σχέση με αυτό το σημείο. Μετά από εκτενή συζήτηση (γραμμή 51 μέχρι γραμμή 90) που είχαν οι ΠΕ για να διαφοροποιήσουν τους όρους προσομοίωση και μοντέλο έφτασαν σε αδιέξοδο (Πίνακας 111). Σε αυτό το σημείο (γραμμή 90) έγινε παρέμβαση από την εκπαιδευτικό με σκοπό να κατευθύνει τη συζήτηση προς τη διαφοροποίηση των δύο όρων. Ακολουθεί ξανά εκτενή συζήτηση (γραμμή 91 μέχρι γραμμή 127) κατά την οποία τώρα οι ΠΕ αναπτύσσουν υψηλής ποιότητας συνεργασία σε αντίθεση με το πρώτο μέρος της συζήτησης. Από κάποιο σημείο όμως και μετά η εκπαιδευτικός θεωρεί ότι η συζήτηση έχει εξαντληθεί και συνεπώς ζητά να προχωρήσουν σε επόμενο θέμα (γραμμή 128).

Σχεδόν οι μισές συνεισφορές (46.8%) της εκπαιδευτικού ανακλούσαν μία προσπάθεια διευκόλυνσης της συζήτησης. Μία από τις σημαντικότερες πτυχές της διευκόλυνσης αυτής είναι η αποτελεσματική διαχείριση του χρόνου (16,1%), πτυχή που περιλαμβάνει όχι μόνο

την υπόδειξη της αρχής και του τέλους της συζήτησης, αλλά επίσης και τη συνεχή αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας ως τρόπου ενημέρωσης σε σχέση με αποφάσεις που αφορούν στο αν το τρέχον θέμα θα επιτρεπόταν να αναπτυχθεί ή αν η εστία της συζήτησης θα έπρεπε να μετατοπιστεί. Ο σημαντικότερος ρόλος της εκπαιδευτικού σε σχέση με τη διαχείριση του χρόνου φάνηκε και κατά την έκτη σύγχρονη συζήτηση της ομάδας Α. Το τελευταίο κομμάτι της αφορούσε στην επεξεργασία και κατανόηση των συνιστώντων συστατικών της ικανότητας της μοντελοποίησης όπως παρουσιάζονταν σε σχετικό άρθρο (Παράρτημα 23). Αυτό το μέρος της συζήτησης χωρίστηκε σε τέσσερα διαφορετικά μέρη. Κατά το πρώτο μέρος συζητήθηκαν τα δύο πρώτα συνιστώσα συστατικά (κατασκευή μοντέλου, εξαγωγή πληροφοριών από δοσμένο μοντέλο), κατά το δεύτερο μέρος το τρίτο συνιστών συστατικό (σύγκριση μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο και ιδέες για βελτίωση του μοντέλου), κατά το τρίτο μέρος το τέταρτο συνιστών συστατικό (σύγκριση του μοντέλου με άλλα μοντέλα του ίδιου φαινομένου) και κατά το τελευταίο μέρος της συζήτησης αναπτύχθηκε η ουσία του πέμπτου και έκτου συνιστώντων συστατικών (αναγνώριση του μοντέλου ως αναπαράσταση ενός φαινομένου και εκτίμηση του ρόλου που μοντέλου, συνέπεια μοντέλου με όλα τα γνωστά φαινόμενα και ιδέες για βελτίωση). Ενώ τα πρώτα τρία μέρη αυτής της συζήτησης ήταν επιτυχημένα ως προς τη συνεργασία που αναπτύχθηκε ανάμεσα στους ΠΕ που συμμετείχαν, το τελευταίο μέρος της συζήτησης δεν περιλάμβανε υψηλής ποιότητας συνεργασία. Τα πρώτα τρία μέρη της συζήτησης αναπτύχθηκαν σε πέντε λεπτά, οκτώ λεπτά και πέντε λεπτά αντίστοιχα, ενώ το τελευταίο που αφορούσε και σε συζήτηση δύο συνιστώντων συστατικών, τα οποία είναι τα πιο δύσκολα, αναπτύχθηκε σε μόνο τρία λεπτά. Φαίνεται ότι η κατανομή του χρόνου στα τέσσερα διαφορετικά κομμάτια αυτής της συζήτησης δεν ήταν επιτυχημένη εκ μέρους της εκπαιδευτικού κάτι που «ανάγκασε» τους ΠΕ να μη συνεργαστούν σε σχέση με αυτό. Συνεπώς, ο καταλυτικός ρόλος της εκπαιδευτικού εντοπίστηκε όχι μόνο ως προς τις ορθές ενέργειες που εκτελούσε κατά τη διάρκεια της συζήτησης, αλλά και σε μεμονωμένες περιπτώσεις ως προς τις λανθασμένες.

Επιπλέον, η εκπαιδευτικός προωθούσε εσκεμμένα τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος, στο οποίο οι ΠΕ ήταν υπεύθυνοι για τη δική τους μάθηση και ανταποκρίνονταν στους υπόλοιπους χρησιμοποιώντας την προσέγγιση της διερώτησης (35.6%). Οι κύριες υπευθυνότητες της εκπαιδευτικού αφορούσαν στο σχολιασμό των ιδεών των ΠΕ (11%), στον εντοπισμό και στη διαλεύκανση πιθανής σύγχυσης (5.1%), στον εντοπισμό περιοχών συμφωνίας ή διαφωνίας (4.2%) και στην αναζήτηση συναίνεσης (1.9%).

Οι δύο παράμετροι που αφορούν στην ορθή χρήση του Εργαλείου Σύγχρονης Επικοινωνίας αναφέρονται στη δομημένη εφαρμογή, που συνδυάζει τη μελέτη εδραιωμένης γνώσης και καθοδηγητικές ερωτήσεις που τίθενται από πριν με σκοπό την προετοιμασία των ΠΕ και τις ορθές κατευθυντήριες δράσεις της εκπαιδευτικού. Αυτό στηρίζει το επιχείρημα των Romiszowski και Mason (2004) ότι «η χρήση των χώρων συζήτησης φέρνει τους φοιτητές σε άμεση επαφή με το περιεχόμενο του μαθήματος» (σελ.401). Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας τα σχόλια των ΠΕ και η κριτική τους για τις ιδέες άλλων ΠΕ αφορούσε περίπου το 65% των συνεισφορών τους. Οι ΠΕ είχαν ξεκάθαρο, εστιασμένο στο περιεχόμενο στόχο καθόλη τη διάρκεια της τυπικής σύγχρονης συζήτησης εφόσον προσπαθούσαν να συζητήσουν, να θέσουν επιχειρήματα, να αντιδράσουν στα κείμενα που είχαν να μελετήσουν και στις ιδέες των συμφοιτητών τους. Η δομή και ο τρόπος διεξαγωγής των σύγχρονων συζητήσεων απέτρεψε κάτι που εντόπισαν οι Bonk, et al. (1998) (στους Chara, Bonk, & Angeli, 2000) και αφορά στο ότι σε σύγχρονες συζητήσεις οι φοιτητές δεν ανταποκρίνονται εύκολα στις συνεισφορές του εκπαιδευτικού ή των συμφοιτητών τους.

6.5.2. Εργαλείο Δομημένης Ασύγχρονης Επικοινωνίας (Threaded Discussion Board)

Τα αξιολογητικά σχόλια των ΠΕ, κατά την έβδομη σύγχρονη ηλεκτρονική συζήτηση για το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας ήταν κυρίως θετικά ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν.

15:23: ΠΕ 13: Σε σχέση με τις ασύγχρονες συζητήσεις, το κομμάτι στο οποίο η κάθε ομάδα κατάθετε την άποψή της και οι άλλες ομάδες τη σχολίαζαν ήταν πολύ χρήσιμο, γιατί με αυτό έβλεπες τον τρόπο που αντιμετώπιζαν οι άλλες ομάδες το ίδιο πρόβλημα και ασκούσαμε κριτική σε αυτόν. Επίσης, έβλεπες πώς αξιολογούσαν οι άλλες ομάδες τις απόψεις της δικής σου ομάδας.

15:23: ΠΕ 10: (Μέσα από το discussion board) μπορούσαμε να δούμε πώς άλλαζαν οι ιδέες μας μέσα από τη διαδικασία μαθημάτων, αλλά και τη διαφορά απόψεων μεταξύ των ομάδων.

15:23: ΠΕ 1: ... πολλές ήταν οι φορές που αναθεωρήσαμε την άποψή μας από τις ιδέες των άλλων ομάδων (όταν χρησιμοποιούσαμε το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας)

15:23: ΠΕ 15: Οι ασύγχρονες συζητήσεις ήταν πολύ χρήσιμες. Εξοικονομούσαν χρόνο, και έβλεπες τον τρόπο σκέψης των άλλων ομάδων.

15:23: ΠΕ 14: Συμφωνώ με την ΠΕ 13 και συμπληρώνω ότι μπορούσαμε να δούμε κάτι που δεν το σκεφτήκαμε εμείς.

(Σύγχρονη συζήτηση, 02.05.07, Ομάδα Α)

Τα αρνητικά σχόλια των ΠΕ σε σχέση με αυτό το εργαλείο επικοινωνίας αφορούσαν κυρίως στο ότι οι συζητήσεις αποτελούσαν μία χρονοβόρα διαδικασία και στο ότι δε συμβάδιζαν χρονικά όλες οι ομάδες.

11:24: ΠΕ 5: (Οι συζητήσεις μας στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας) ήταν πολύ χρονοβόρες. Το να τελειώνεις μια εργασία και να περιμένεις να τελειώνουν και οι άλλοι για να προχωρήσεις σπαταλούσε πολύ χρόνο.

11:23: ΠΕ 17: Μερικές φορές το ότι οι ομάδες δε συμβάδιζαν (χρονικά) ήταν ένα εμπόδιο νομίζω.

15:24: ΠΕ 3: Στις ασύγχρονες συζητήσεις αν κάποιοι αργούσαν κάπως να φτάσουν στην άσκηση δεν έχαναν και πολύ χρόνο στην καλή ανάγνωση όσων έγραφαν οι υπόλοιπες ομάδες...απλά νιώθαμε ότι έπρεπε να πούμε κάτι. Οι σύγχρονες συζητήσεις είναι καλύτερες.

(Σύγχρονη συζήτηση, 05.05.07, Ομάδα Β)

Στη ροή των δύο πακέτων διδακτικού υλικού που αναπτύχθηκε για τους σκοπούς του μαθήματος, οι ΠΕ χρησιμοποίησαν το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας που παρέχει το *Blackboard Learning System* με τρεις διαφορετικούς τρόπους. Ως εργαλείο καταγραφής ιδεών. Αυτό έγινε είτε σε επίπεδο ατόμου (δραστηριότητες 2.1.1, 15.1.) είτε σε επίπεδο ομάδας (δραστηριότητες 2.2., 2.3., 3.1., 7.1., 7.2., 10.1., 10.2., 12.1., 12.2., 13, 15.2., 16, 35). Ως εργαλείο ανταλλαγής απόψεων και κριτικής σε ομαδικό επίπεδο (δραστηριότητες 2.1.2, 15.1) και σε δια-ομαδικό επίπεδο (δραστηριότητες 2.4, 7.2, 10.3., 12.3., 13, 15.2., 16, 35).

Το εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας στήριξε την εφαρμογή δραστηριοτήτων που σχετίζονταν άμεσα (δραστηριότητες 15, 16, 35) ή έμμεσα (δραστηριότητες 2, 3, 7, 10, 12, 13) με την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης. Οι πρώτες σχετίζονται κυρίως με αξιολόγηση έτοιμων μοντέλων είτε ως προς το μηχανισμό που χρησιμοποίησαν είτε γενικά ως προς τη χρησιμότητα και την ικανότητά τους να αποδίδουν τα βασικά χαρακτηριστικά των μοντέλων είτε ως προς τον τρόπο που χρησιμοποιούνται από μαθητές. Το δεύτερο είδος δραστηριοτήτων καταπιάνεται με έργα που σχετίζονται έμμεσα με την ικανότητα της μοντελοποίησης, αλλά αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξή της. Για παράδειγμα η δραστηριότητα 2 που πραγματεύεται τη δεξιότητα της παρατήρησης είναι σημαντική για να αντιληφθούν οι ΠΕ τη σημασία της και να μπορούν να εντοπίζουν

παρατηρήσεις, ώστε να προσεγγίζουν φαινόμενα που θα μοντελοποιήσουν ορθά. Με παρόμοιο τρόπο δρουν οι δραστηριότητες 7 και 13, οι οποίες πραγματεύονται έννοιες που είναι έμμεσα, αλλά ουσιαστικά, συνυφασμένες με τη μοντελοποίηση όπως η υπόθεση, η πρόβλεψη και η έγκυρη εξήγηση. Κατά την ανάπτυξη ενός μοντέλου είναι, για παράδειγμα, καίριας σημασίας να μπορεί ο κατασκευαστής να αναπτύσσει υποθέσεις και να παρέχει έγκυρες εξηγήσεις σε σχέση με το φαινόμενο, ώστε να περιλαμβάνει τα κατάλληλα στοιχεία και σχέσεις στο μοντέλο, για να αποδίδεται ο μηχανισμός λειτουργίας του. Τέλος οι δραστηριότητες 10 και 12 αφορούν στη μελέτη δεδομένων και παρατηρήσεων για το φεγγάρι, έργο που είναι η βάση της ικανότητας της μοντελοποίησης, αφού αποτελεί και το πρώτο σκαλί της επιστημολογικής ανάλυσης της μοντελοποίησης (Διάγραμμα 6).

6.5.2.1. Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: Καταγραφή ιδεών σε ατομικό επίπεδο και ανταλλαγή απόψεων και κριτική σε ομαδικό επίπεδο

Το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας υπήρξε υποστηρικτικό ως προς την ανταλλαγή ιδεών ανάμεσα στα μέλη μιας ομάδας, εφόσον προώθησε υψηλά επίπεδα συνεργασίας και στις δύο περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκε ως τέτοιο. Συγκεκριμένα στη δραστηριότητα 2 οι φοιτητές κλήθηκαν αρχικά να καταγράψουν ατομικά τις παρατηρήσεις που έκαναν, αφού παρακολούθησαν ένα βίντεο μέσω του Ασύγχρονου Εργαλείου Επικοινωνίας και ακολούθως ως ομάδα να καταλήξουν σε κοινή απάντηση σε σχέση με το τι παρατήρησαν (Πίνακας 54). Παρόμοια στη δραστηριότητα 15.1. κλήθηκαν αρχικά να καταγράψουν ατομικά την αξιολόγησή τους για το μοντέλο που παρακολούθησαν και ακολούθως να ασκήσουν κριτική ατομικά στις απαντήσεις των άλλων μελών, αλλά και ως ομάδα να καταλήξουν σε κοινή απάντηση (Πίνακας 76).

Το απόσπασμα που ακολουθεί αφορά στη συνεργασία που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της δραστηριότητας 2 και σχετίζεται με: α) τις αρχικές παρατηρήσεις που καταγράφηκαν εντός του εργαλείου ασύγχρονης δομημένης επικοινωνίας από τα μέλη της ομάδας 4 (γραμμές 1-3), αφού παρακολούθησαν το βίντεο, β) την κριτική των παρατηρήσεων των υπόλοιπων μελών της ομάδας (γραμμές 4-6) και τέλος γ) την ομαδική απάντηση που έδωσαν (γραμμή 7) για τους σκοπούς της δραστηριότητας 2.1.1. και 2.1.2. Η τελική απάντηση της ομάδας δείχνει ότι απέρριψαν τελικά απόψεις που περιλαμβάνουν συναίσθημα, που περιέλαβε η ΠΕ 2 στην παρατήρησή της (γραμμή 2) και κατέληξαν σε μία κοινή προσέγγιση για το τι αποδέχονται τελικά ως μέρος της παρατήρησης. Η ΠΕ 20

στην απάντησή της αναφέρει επίσης ελλείψεις τόσο στη δική της απάντηση όσο και σε απαντήσεις των υπόλοιπων μελών της ομάδας (γραμμή 4).

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΒΙΝΤΕΟ

- 1 ΠΕ 8: Στο δεδομένο βίντεο παρακολουθήσαμε την εξέλιξη ενός κοραλλιού, από τα πρώτα στάδια της ζωής του ως προνύμφη μέχρι τη δημιουργία ενός κοραλλιογενούς υφάλου. Αν και στην πραγματικότητα του πήρε 2 χρόνια να φτάσει στο δεδομένο στάδιο εξέλιξης, εμείς είδαμε τις συγκεκριμένες φάσεις μέσα σε λίγα λεπτά.
- 2 ΠΕ 2: Παρατηρήσαμε πώς δημιουργούνται οι κοραλλιογενείς ύφαλοι, αρχίζοντας από την προνύμφη, συνεχίζοντας στο σημείο όπου τυχαία πάει σε κατάλληλο σημείο για να μεγαλώσει και τέλος παρουσιάζεται η πορεία ανάπτυξης αυτού. Χρειάζονται 2 χρόνια για να αναπτυχθεί πλήρως και ότι μόνο από μια προνύμφη μπορεί να δημιουργεί ένας κοραλλιογενής λόφος. Όλα αυτά κάνουν την ανάπτυξη των κοραλλιών τόσο ενδιαφέρονσα.
- 3 ΠΕ 20: Στο φιλμάκι μπορέσαμε και είδαμε πώς μια προνύμφη και μόνο είναι αρκετή για να δημιουργηθεί (με τον καιρό) ένας μεγάλος κοραλλιογενής ύφαλος. Χρειάζεται όμως να επιβιώσει και να εγκατασταθεί σε κατάλληλο τόπο. Είναι αξιοπερίεργο το ότι αν και οι ύφαλοι φαίνονται νεκροί είναι στην πραγματικότητα ζωντανοί και μάλιστα μεγαλώνουν με αρκετά ταχείς ρυθμούς. Επίσης, αν και αναπτύσσουν σκληρό εξωτερικό περίβλημα μπορούν και μεγαλώνουν.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΚΑΝΑΝ

- 4 ΠΕ 20: Παρέλειψα να αναφέρω ότι είδαμε την ανάπτυξη του υφάλου εντός λίγων λεπτών, γεγονός που ανέφεραν και τα δύο άλλα μέλη της ομάδας μου. Οι κοπέλες όμως ίσως δε βρήκαν σημαντικό να αναφέρουν ότι οι ύφαλοι είναι ζωντανοί. Ακόμη ένα άλλο μέλος της ομάδας μου ανέφερε ότι χρειάζεται να πάει σε κατάλληλο τόπο η προνύμφη για να μπορέσει να εγκατασταθεί και να αναπτυχθεί.
- 5 ΠΕ 2: Μέσα από τη σύγκριση των περιγραφών κατάλαβα πως όσα ανέφερα ήταν πολύ γενικά. Θεωρώ πως επιτυχώς τα άλλα μέλη της ομάδας μου αναφέρθηκαν σε κάποιες ουσιώδεις λεπτομέρειες.
- 6 ΠΕ 8: Στο δεδομένο βίντεο παρακολουθήσαμε την εξέλιξη ενός κοραλλιού, από τα πρώτα στάδια της ζωής του ως προνύμφη μέχρι τη δημιουργία ενός κοραλλιογενούς υφάλου. Αν και στην πραγματικότητα του πήρε 2 χρόνια να φτάσει στο δεδομένο στάδιο εξέλιξης, εμείς είδαμε τις συγκεκριμένες φάσεις μέσα σε λίγα λεπτά.

ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΟΜΑΔΑΣ 4

7 Οι απαντήσεις μας ήταν περίπου οι ίδιες, αφού στηρίζονταν σε αυτά που παρατηρήσαμε. Ήταν παρατηρήσεις κι όχι μία προσπάθεια επεξήγησης των όσων παρακολουθήσαμε. Απλώς μία συνεργάτης μας κατέγραψε και κάποιες σκέψεις επέκτασης και εντυπώσεις που της δημιούργησε το βίντεο.

6.5.2.2. Εργαλείο δομημένης ασύγχρονης επικοινωνίας: Καταγραφή ιδεών σε ομαδικό επίπεδο και ανταλλαγή απόψεων σε δια-ομαδικό επίπεδο

Όταν ο ασύγχρονος χώρος επικοινωνίας χρησιμοποιήθηκε για ανταλλαγή απόψεων σε δια-ομαδικό επίπεδο (ανταλλαγή απόψεων ανάμεσα σε ομάδες) προωθήθηκε επίσης συνεργασία υψηλής ποιότητας σε πέντε από τις οκτώ δραστηριότητες (2.4, 10.3., 15.2., 16, 35) όπου οι ομάδες αντάλλαξαν απόψεις και κριτική για διάφορα θέματα που σχετίζονταν είτε έντονα είτε χαλαρά με την ικανότητα της μοντελοποίησης. Σε τρεις περιπτώσεις η συνεργασία δεν ήταν υψηλής ποιότητας (δραστηριότητες 7.2., 12.3. και 13).

Στην περίπτωση της δραστηριότητας 7 φαίνεται ότι υπήρξε παραγωγική συνεργασία στο πλαίσιο της συζήτησης στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας, αλλά όχι αποτελεσματική (Πίνακας 60). Στη συζήτηση που είχαν οι ΠΕ εντός της ομάδας τους, δυσκολεύτηκαν να καταλήξουν στον επιστημονικό ορισμό για τις έννοιες υπόθεση και πρόβλεψη και συνεπώς δεν κατάφεραν να δώσουν παραδείγματα υποθέσεων ή προβλέψεων που να είναι ορθά. Από την άλλη, η δραστηριότητα, λανθασμένα, καλούσε τις ομάδες να καταγράψουν τις απαντήσεις τους στο εργαλείο ασύγχρονης δομημένης επικοινωνίας και όχι να αλληλεπιδράσουν με τις υπόλοιπες ομάδες ως προς τις απαντήσεις τους. Επιπλέον, όταν παρατηρήθηκε αυτή η αδυναμία εντός της τάξης κατά την εφαρμογή της δραστηριότητας 7, η εκπαιδευτικός οργάνωσε συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες με συντονιστή την ίδια για να ξεπεραστούν τα προβλήματα. Αυτό το κομμάτι της δραστηριότητας (7.4.) ήταν επιτυχημένο ως προς τη συνεργασία που προώθησε. Άρα, ο ελλιπής σχεδιασμός της δραστηριότητας και η χαλαρή καθοδήγηση από την εκπαιδευτικό στα δύο πρώτα μέρη της δραστηριότητας φαίνεται να ήταν ο λόγος για την αποτυχία της εν λόγω δραστηριότητας.

Η δραστηριότητα 12.3. αφορούσε στη συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες σε σχέση με την εγκυρότητα των υποθέσεων που εντοπίστηκαν στα δεδομένα που είχαν μπροστά τους και η δραστηριότητα 13 αφορούσε στην οικοδόμηση ορισμού για τις έγκυρες εξηγήσεις. Και οι δύο δραστηριότητες εξελίχθηκαν στο εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας ανάμεσα στις ομάδες χωρίς να υπάρξει προηγούμενη στήριξη στο τοπικό επίπεδο συνεργασίας. Φαίνεται ότι η προεργασία που συμβαίνει εντός της ομάδας κατά τη συνεργασία σε τοπικό

επίπεδο είναι αναγκαία για την επιτυχία της δραστηριότητας στο εξ αποστάσεως επίπεδο. Δεν είναι αρκετό να κληθούν οι ΠΕ να συνεργαστούν με άλλες ομάδες. Χρειάζεται να καταλήξουν πρώτα σε ομοιογενή άποψη για το θέμα μετά από συζήτηση εντός της ομάδας τους.

Όσον αφορά στις δραστηριότητες που προώθησαν υψηλού επιπέδου συνεργασία αφού χρησιμοποίησαν το εργαλείο ασύγχρονης δομημένης επικοινωνίας (2.4, 10.3., 15.2.), στηρίχθηκαν με κάποιο τρόπο από το εργαλείο στο τοπικό επίπεδο συνεργασίας (2.2., 2.3., 10.1., 10.2., 15.1.) ή από ατομική εργασία των ΠΕ (15.1.). Οι δραστηριότητες που προηγήθηκαν μπορεί να μην ήταν επιτυχημένες πλήρως, αλλά φαίνεται ότι αποτέλεσαν στήριξη για την ανάπτυξη υψηλής ποιότητας συνεργασία στο εξ αποστάσεως επίπεδο. Επιπλέον, η ανάλυση των δραστηριοτήτων 16 και 35, που δε στηρίζονταν ρητώς από το διδακτικό υλικό από το τοπικό επίπεδο, έδειξε ότι οι ΠΕ έδωσαν έμφαση στη συνεργασία ανάμεσα στην ομάδα πριν προχωρήσουν στο εξ αποστάσεως επίπεδο παρόλο που δεν το ζητούσε το διδακτικό υλικό. Στη δραστηριότητα 16 (Πίνακας 80), για παράδειγμα, υπήρξε μεγάλης έκτασης συζήτηση (διάρκεια συζήτησης εντός της ομάδας: 17'41''). Διάρκεια διεξαγωγής δραστηριότητας: 27'59'') ανάμεσα στα μέλη της ομάδας 4 πριν καταλήξουν στην απάντησή τους την οποία καταχώρησαν στο σύστημα. Το ίδιο συνέβηκε και για τη δραστηριότητα 35 (διάρκεια συζήτησης εντός της ομάδας: 9'18''). Διάρκεια διεξαγωγής δραστηριότητας: 31'41'') (Πίνακας 105).

Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί ότι για τη δραστηριότητα 10 η συνεργασία ανάμεσα στα μέλη της ομάδας (μέρη 10.1. και 10.2., Πίνακας 68) δεν οδήγησε σε υψηλής ποιότητας συνεργασία είτε λόγω μη παραγωγικής είτε λόγω μη αποτελεσματικής συνεργασίας, γεγονός όμως που ανατράπηκε όταν η συνεργασία αφορούσε στο εξ αποστάσεως επίπεδο ανάμεσα στις ομάδες (10.3.). Φαίνεται ότι η διαδικασία μελέτης και επεξεργασίας των απόψεων των υπόλοιπων ομάδων για ένα θέμα που είχε ήδη συζητηθεί εντός της εργαζόμενης ομάδας βοήθησε την τελευταία να λειτουργήσει συνεργατικά σε ποιοτικά υψηλό επίπεδο και να διεκπεραιώσει τα παραδοτέα της δραστηριότητας.

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί το ακόλουθο σε σχέση με τη δραστηριότητα 3 του διδακτικού υλικού. Η δραστηριότητα ζητούσε από τους ΠΕ να συζητήσουν στην ομάδα τους, να καταλήξουν σε συγκεκριμένες στρατηγικές συλλογής παρατηρήσεων για το φεγγάρι και ακολούθως να συζητήσουν με τις υπόλοιπες ομάδες σε τοπικό επίπεδο για υιοθέτηση κοινών στρατηγικών παρατήρησης. Η ομάδα 4 συζήτησε σε σχέση με τις

στρατηγικές συλλογής δεδομένων και τις κατέγραψε στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας. Ακολούθως, και ενώ η δραστηριότητα δεν το απαιτούσε, διάβασε τις απαντήσεις των υπόλοιπων ομάδων στο εργαλείο ασύγχρονης συζήτησης με σκοπό να πάρει ιδέες, αλλά και να ασκήσει προφορική κριτική σε αυτές.

Η επιστημολογική ανάλυση, αλλά και ο μαθησιακός κύκλος της μοντελοποίησης υποδεικνύουν πολλαπλά επιστημολογικά βήματα και διεργασίες που πρέπει να συμβαίνουν για να προωθείται επιτυχώς η ανάπτυξη της ικανότητας αυτής. Χρειάζεται τα άτομα να προωθηθούν να σκέφτονται για τις μεταβλητές και τις σχέσεις που μπορεί να διαδραματίσουν ρόλο στην εξήγηση της συμπεριφοράς ενός δυναμικού φαινομένου, να ενεργοποιήσουν οποιεσδήποτε πηγές γνώσης ή δεξιότητες έχουν στη διάθεσή τους κτλ. Σύμφωνα με τους Rouwette *et al.* (2000) σε ιδανικές συνθήκες, αυτή η ενεργοποίηση γνώσεων και δεξιοτήτων συμβαίνει σε συνεργατικά πλαίσια, όπου τα άτομα μπορούν να συζητήσουν τα μοντέλα τους με άλλα άτομα ή ομάδες ατόμων. Η ομαδική οικοδόμηση μοντέλων έχει γίνει ένας αποδεκτός τρόπος επίτευξης ενεργής συμμετοχής όλων των εμπλεκόμενων ατόμων (Huz, Andersen, Richardson, & Boothroyd, 1997; Vennix, Richardson, & Andersen, 1997). Για να μπορέσουν όμως να συμφωνήσουν όλα τα μέλη σε σχέση με τη διαδικασία οικοδόμησης του μοντέλου, χρειάζεται να κατανοούν και να συμφωνούν για το φαινόμενο που μοντελοποιείται, τη δομή του μοντέλου, τους περιορισμούς που έχει το μοντέλο κτλ. Σύμφωνα με τους Rouwette *et al.*, (2000) η συζήτηση σε σχέση με όλα αυτά συμβαίνει υπό τη μορφή καθοδηγούμενης πρόσωπο με πρόσωπο συζήτησης. Παρόμοια, οι Rouwette *et al.* (2002) σε μία ανάλυση 107 ερευνών που σχετίζονταν με ομαδική οικοδόμηση μοντέλων εντόπισαν ότι στο κέντρο αυτής της διαδικασίας βρίσκεται κυρίως η καθοδηγούμενη πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση. Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας η συζήτηση που λαμβάνει κεντρικό ρόλο στη διαδικασία ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης υποβοηθήθηκε από δύο διαδικτυακά εργαλεία, το εργαλείο σύγχρονης συζήτησης και το εργαλείο ασύγχρονης δομημένης συζήτησης. Η επιτυχία των δραστηριοτήτων που στηρίχθηκαν από τα δύο αυτά εργαλεία, ως προς τη συνεργασία που επιτεύχθηκε, αποτελεί στοιχείο που υποδεικνύει την ανάγκη συνύπαρξης της διαδικτυακής επικοινωνίας με την πρόσωπο με πρόσωπο επικοινωνία που αναφέρεται σε άλλες έρευνες ως συνιστών στοιχείο στη διαδικασία ανάπτυξης επιστημονικών μοντέλων.

Το διαδίκτυο και συγκεκριμένα το ΕΠΜ προσφέρει τη δυνατότητα για ασύγχρονη δομημένη επικοινωνία κάτι που στηρίζει εκπαιδευτικούς που ενδιαφέρονται να

δημιουργήσουν συνθήκες επικοινωνίας και συνεργασίας ανάμεσα στους μαθητές τους όταν μοντελοποιούν φυσικά φαινόμενα. Η ανάλυση των δραστηριοτήτων που χρησιμοποίησαν το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας έδειξε ενδιαφέροντα στοιχεία τόσο για αυτές που προώθησαν υψηλής ποιότητας συνεργασία, όσο και για αυτές που δεν ήταν επιτυχημένες ως προς αυτή την κατεύθυνση. Οι βασικότερες παράμετροι που πρέπει οι εκπαιδευτικοί να λάβουν υπόψη τους στο σχεδιασμό τέτοιων δραστηριοτήτων σχετίζονται με:

- α) Τον ορθό σχεδιασμό της δραστηριότητας
- β) την κατάλληλη καθοδήγηση εκ μέρους της εκπαιδευτικού

6.5.2.2.1. Ορθός σχεδιασμός των δραστηριοτήτων

Από την ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από την εφαρμογή των δραστηριοτήτων που χρησιμοποίησαν το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας φάνηκε ότι οι δραστηριότητες που συνδυάζουν συνεργασία στο τοπικό επίπεδο εντός της ομάδας με το εξ αποστάσεως επίπεδο ή το τοπικό ανάμεσα στις ομάδες προωθούν υψηλής ποιότητας συνεργασία. Συνεπώς, σε δραστηριότητες που περιλαμβάνουν συνεργασία μέσω του ασύγχρονου εργαλείου επικοινωνίας σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η συνεργασία που συμβαίνει πριν εντός της ομάδας ή ανάμεσα στην ομάδα και στην εκπαιδευτικό.

Επιπλέον, είναι σημαντικό να συμβαίνει και το αντίθετο. Η εργασία εντός της ομάδας να στηρίζεται είτε από συνεργασία στην ολομέλεια της τάξης ανάμεσα σε ομάδες σε τοπικό επίπεδο, ή ανάμεσα σε ομάδες σε εξ αποστάσεως επίπεδο μέσω του εργαλείου ασύγχρονης επικοινωνίας. Για παράδειγμα, στη δραστηριότητα 3 οι ΠΕ της ομάδας 4, από μόνοι τους, και χωρίς να καλούνται από τη δραστηριότητα, άσκησαν κριτική (σε συζήτηση εντός της ομάδας τους) σε απαντήσεις άλλων ομάδων (που είχαν καταχωρηθεί στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας). Το απόσπασμα που ακολουθεί αποτελεί το σχόλιο της ομάδας 4 ως προς την απάντηση της ομάδας 2 (που ήταν αναρτημένη ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας). Η δραστηριότητα 3 καλούσε τις ομάδες να καταλήξουν σε στρατηγικές παρατήρησης του φεγγαριού και να το καταγράψουν στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας. Ακολούθησε συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης εντός των ομάδων (τοπικό επίπεδο συνεργασίας).

- 311 ΠΕ 20: α, για αποφυγή σφαλμάτων... (Διαβάζει την απάντηση της ομάδας 2)^{xxxii}.
- 312 ΠΕ 2: όντως
- 313 ΠΕ 20: όντως ναι
- 314 ΠΕ 2: Τζιαι κάμερα, να κάθεται να θωρεί για 2 μήνες; Έννεν πολλά δύσκολο;
- 315 Παύση
- 316 ΠΕ 20: Και χρονοβόρο....πολύ χρονοβόρο. Διαφωνώ μαζί τους.
- 317 ΠΕ 2: Ναι είπαμε να χρησιμοποιήσουμε τεχνολογία, αλλά όι τζιαι έτσι!
- 318 Γελούν

(Πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση, 13.02.07, Ομάδα 4)

6.5.2.2.2. Κατάλληλη καθοδήγηση εκ μέρους της εκπαιδευτικού

Η συνεργασία μέσω του εργαλείου ασύγχρονης επικοινωνίας δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς την ουσιαστική παρουσία της εκπαιδευτικού. Τόσο κατά την προετοιμασία της ομάδας για καταχώρηση της απάντησής της σε συγκεκριμένες δραστηριότητες όσο και κατά την ανταλλαγή απόψεων μέσω του εργαλείου ασύγχρονης επικοινωνίας η παρουσία (φυσική ή ηλεκτρονική) της εκπαιδευτικού είναι σημαντική.

Η δραστηριότητα 10 (Πίνακας 68) ήταν αποτυχημένη σε τοπικό επίπεδο, αλλά επιτυχημένη στο εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας. Μια πιθανή εξήγηση για την υψηλή ποιότητα της συνεργασίας εντός του ασύγχρονου εργαλείου επικοινωνίας φαίνεται να είναι ο ρόλος που διαδραμάτισε η εκπαιδευτικός. Η εκπαιδευτικός, η οποία εντόπισε την αδυναμία στη συνεργασία εντός των ομάδων κατά τη διάρκεια του μαθήματος, εισήλθε στο εργαλείο ασύγχρονης δομημένης επικοινωνίας και σχολίασε τις υποθέσεις που έκανε η κάθε ομάδα για τα δεδομένα που είχε μπροστά της, με σκοπό να κατευθύνει τη συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες προς το να ασχοληθούν με την αξιολόγηση της εγκυρότητάς τους. Παρακάτω φαίνονται οι υποθέσεις της κάθε ομάδας και τα σχόλια της εκπαιδευτικού για αυτές.

^{xxxii} Απάντηση ομάδας 2: Για την παρατήρηση του φεγγαριού θα χρησιμοποιούσαμε τηλεσκόπιο, φωτογραφική μηχανή και ίσως και κάμερα. Έτσι, για δύο μήνες θα παρατηρούμε το φεγγάρι καθημερινά την ίδια ώρα, στον ίδιο χώρο με την ίδια γωνιά και κατεύθυνση της φωτογραφικής μηχανής και του τηλεσκοπίου φωτογραφίζοντας το φεγγάρι. Ακολούθως, θα μπορούμε να συγκρίνουμε τις φωτογραφίες που λαμβάνουμε. Ο λόγος για τον οποίο θα χρησιμοποιούμε την ίδια γωνιά και κατεύθυνση της φωτογραφικής μηχανής και του τηλεσκοπίου είναι η αποφυγή κάποιων σφαλμάτων.

- 1 Ομάδα 3: Το ποσοστό φωτεινότητας του φεγγαριού μεγαλώνει όσο περνούν οι μέρες, επειδή η σελήνη κινείται γύρω από τη γη αριστερόστροφα, έτσι μετά από τη φάση της νέας σελήνης απομακρύνεται από τον ήλιο με αποτέλεσμα να φωτίζεται όλο και περισσότερο η πλευρά της που είναι στραμμένη προς τη γη.
- 2 Εκπ: Αυτή η υπόθεση εξηγεί και τα δεδομένα που αφορούν στο ότι το ποσοστό της φωτεινότητας μικραίνει από κάποιο σημείο και μετά; Σκεφτείτε το λίγο.
- 3 Ομάδα 5: Η ποσότητα της φωτεινής επιφάνειας του φεγγαριού μεγαλώνει γιατί καθώς η γη μαζί με το φεγγάρι (δορυφόρος της γης) κινείται γύρω από τον ήλιο, επιτρέπει σε περισσότερες ακτίνες του ήλιου να ανακλαστούν πάνω στο φεγγάρι.
- 4 Εκπ: Άρα αυτό που λέτε είναι ότι σε διάφορα σημεία της περιφοράς της γης (και συνεπώς του φεγγαριού) γύρω από τον ήλιο κάποτε πέφτουν περισσότερες ακτίνες του ήλιου πάνω στο φεγγάρι και κάποτε λιγότερες; Γιατί συμβαίνει αυτό;
- 5 Ομάδα 4: Την εβδομάδα μετά τις 29/03 θα φωτίζεται μεγαλύτερο μέρος του φεγγαριού γιατί, ενώ από τις 23/03-25/03 δεν ήταν ορατό, στις 26/03 εμφανίζεται και μέχρι τις 29/03 το ορατό μέρος του μεγαλώνει ελαφρώς.
- 6 Εκπ: Αυτό που γράψατε είναι πρόβλεψη και όχι υπόθεση. Δεν εξηγήσατε, δηλαδή, γιατί θα αυξάνεται το φωτισμένο μέρος του φεγγαριού. Προσπαθήστε να το κάνετε αυτό.
- 7 Ομάδα 2: Συμφωνούμε με την ομάδα 3. Βλέπουμε όλο και πιο μεγάλο μέρος της φωτιζόμενης σελήνης όσο περνούν οι μέρες γιατί η σελήνη γυρίζει αριστερόστροφα γύρω από τη γη.
- 8 Εκπ: Τότε ισχύει και για σας (ομάδα 2) το ίδιο σχόλιο με την ομάδα 3. «Αυτή η υπόθεση εξηγεί και τα δεδομένα που αφορούν στο ότι το ποσοστό της φωτεινότητας μικραίνει από κάποιο σημείο και μετά;....Σκεφτείτε το λίγο»
- 9 Ομάδα 1: Υποθέσεις: 1. Η σελήνη ανατέλλει από τα ΝΔΔ, επειδή κινείται δεξιόστροφα γύρω από τη γη. 2. Πρώτα αρχίζει να φωτίζεται το δεξί κάτω μέρος της σελήνης, λόγω της δεξιόστροφης περιφοράς της σελήνης γύρω από τη γη.
- 10 Εκπ: Ομάδα 1... Κατανοώ τι λέτε στην πρώτη υπόθεσή σας...και είναι έγκυρη, αλλά δεν είμαι σίγουρη τι εννοείτε με τη δεύτερη υπόθεσή σας.

Μπορείτε να το διευκρινίσετε περισσότερο;

- 11 Ομάδα 6: Το φεγγάρι παρουσιάζει φάσεις ανάλογα με τη θέση του στο σύστημα Ήλιος-Γη-Σελήνη. Κατά την κίνηση της γης και της σελήνης στο σύστημα αυτό, αλλάζει το φωτιζόμενο τμήμα του φεγγαριού (αυξάνεται μέχρι να φωτίζεται ολόκληρος ο δίσκος του φεγγαριού και μετά μειώνεται).
- 12 Εκπ: Το θέμα είναι όμως γιατί συμβαίνει αυτό....Δε δώσατε εξήγηση.
- 13 Ομάδα 7: Το φωτεινό μέρος της σελήνης αυξάνεται, αφού η σελήνη κινείται γύρω από τη γη με αποτέλεσμα να πέφτουν περισσότερες ακτίνες πάνω στη σελήνη.
- 14 Εκπ: Αυτή η υπόθεση εξηγεί και τα δεδομένα που αφορούν στο ότι το φωτεινό μέρος της σελήνης μειώνεται από κάποιο σημείο και μετά;....Σκεφτείτε το λίγο

(Ασύγχρονη συζήτηση, δραστηριότητα 10, 27.02.07 μέχρι 02.03.07)

Η κάθε ομάδα διάβασε τόσο τα σχόλια της εκπαιδευτικού όσο και τις υποθέσεις των υπόλοιπων ομάδων και ακολούθως άσκησε κριτική στις απόψεις δύο ομάδων. Αυτό το κομμάτι της δραστηριότητας εμπεριείχε τελικά υψηλής ποιότητας συνεργασία και οι ομάδες κατάφεραν να κρίνουν την εγκυρότητα των υποθέσεων των υπόλοιπων ομάδων. Φαίνεται ότι τα σχόλια της εκπαιδευτικού αποτέλεσαν το έναυσμα για να εστιάσουν οι ομάδες στα σωστά σημεία και να αξιολογήσουν τα μοτίβα και τις υποθέσεις που παρουσιάστηκαν.

6.5.3. Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών για Αξιολόγηση (Exchange of Contributions for Peer Reviewing)

Τα αξιολογητικά σχόλια των ΠΕ, κατά την εβδομη ηλεκτρονική συζήτηση που είχαν οι φοιτητές, σε σχέση με το εργαλείο ανταλλαγής συνεισφορών ήταν κυρίως θετικά.

15:25: ΠΕ 7: Μέσω του Εργαλείου Ανταλλαγής Συνεισφορών μπορούσαμε να έχουμε πρόσβαση ανά πάσα στιγμή και σε εργασίες των συμφοιτητών μας αλλά και στο διδακτικό υλικό του μαθήματος. Έτσι όποιος αντιμετώπιζε ένα πρόβλημα ή είχε μια απορία, μπορούσε να ανατρέξει εκεί από μόνος του και να βοηθηθεί.

15:25: ΠΕ 20: Ήταν μεγάλη ευκολία το ότι μπορούσαμε ανά πάσα στιγμή να έχουμε πρόσβαση στο διδακτικό υλικό. Όσο δε αφορά την ανταλλαγή μοντέλων (μέσω του Εργαλείου Ανταλλαγής Συνεισφορών), ήταν άκρως

χρήσιμο εργαλείο. Μπορούσαμε σε πολύ λίγο χρόνο να δημοσιεύσουμε το μοντέλο μας και να πάρουμε άλλο για να το δούμε ή για να το αξιολογήσουμε.

15:26: ΠΕ 10: Το να μπορούμε να δούμε τα μοντέλα άλλων ομάδων ήταν σημαντικό γιατί βλέπαμε αν κινούμασταν περίπου όπως οι άλλες ομάδες

15:27: ΠΕ 1: Συμφωνώ με την ΠΕ 10. Καθώς αφεθήκαμε αρκετά ελεύθεροι να φτιάχνουμε κάποια μοντέλα, το γεγονός ότι είχαμε πρόσβαση σε άλλα μοντέλα ήταν πολύ βοηθητικό.

15:28: ΠΕ 3: Εγώ πάντως τα έβλεπα όλα τα μοντέλα....από περιέργεια....μου άρεσε η διαδικασία να παρατηρώ πώς προσέγγισαν οι άλλες ομάδες το ίδιο θέμα).

(Σύγχρονη συζήτηση, 05.05.07, Ομάδα Β)

Τα αρνητικά σχόλια για αυτό το εργαλείο ήταν περιορισμένα και αφορούσαν κυρίως σε τεχνικά προβλήματα που προέκυπταν κατά τη διαδικασία.

15:26: ΠΕ 12: Αν και δεν ξέρω τι γινόταν στις άλλες ομάδες, εμείς περιοριστήκαμε στο να βλέπουμε τα μοντέλα της ομάδας που μας αξιολογούσε και αξιολογούσαμε. Ίσως αν είχαμε περισσότερο χρόνο να βλέπαμε και τα υπόλοιπα μοντέλα.

(Σύγχρονη συζήτηση, 05.05.07, Ομάδα Β)

11:35: ΠΕ 21: Η διαδικασία παράδοσης των εργασιών ήταν μια χαρά. Λίγο μας χαλούσε η ανταλλαγή μοντέλων, αφού υπήρχαν μερικές φορές που το μοντέλο της ομάδας που θα αξιολογούσαμε δεν ήταν προσβάσιμο ή δε δούλευε.

(Σύγχρονη συζήτηση, 02.05.07, Ομάδα Α)

Για τους στόχους των δραστηριοτήτων 20, 22 και 24 (δες κεφάλαιο 4.5. για αναλυτική περιγραφή των δραστηριοτήτων) χρειάστηκε οι ΠΕ να ανταλλάξουν μοντέλα (δύο ομάδες μεταξύ τους) με σκοπό να τα αξιολογήσουν και να παραδώσουν την αξιολόγηση στην ομάδα που κατασκεύασε το αρχικό μοντέλο. Εκτός από το μοντέλο της κάθε φορά η κάθε ομάδα έπρεπε να συμπληρώνει και ένα Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου (Παράρτημα 19) κατά την οικοδόμηση ή βελτιωτική ρύθμιση ενός μοντέλου ή Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου (Παράρτημα 20) κατά την αξιολόγηση ενός μοντέλου. Το Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών έδωσε τη δυνατότητα στους ΠΕ να ολοκληρώσουν το μαθησιακό κύκλο της μοντελοποίησης.

Μία από τις δυνατότητες που προσφέρει αυτό το εργαλείο σχετίζεται με την ευκολία που παρέχει στους ΠΕ που το χρησιμοποιούν. Η ανταλλαγή των μοντέλων θα μπορούσε να

γίνει και με άλλο τρόπο (π.χ. ανταλλαγή μέσω εξωτερικών δίσκων), ο οποίος όμως θα ήταν πρακτικά δυσκολότερος αφού οι ΠΕ θα χρειαζόνταν περισσότερο χρόνο και πολύ συντονισμό για να έχουν πρόσβαση στα μοντέλα των άλλων ομάδων.

Επιπλέον, το Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα αντίληψης της συνολικής εικόνας της διαδικασίας οικοδόμησης, αξιολόγησης και βελτίωσης των μοντέλων (trace history of the modeling process). Έτσι, μια ομάδα ή ένας ΠΕ μπορούσε να έχει ολοκληρωμένη εικόνα της διαδικασίας για όλες τις ομάδες, ξεκινώντας από τη δημιουργία του πρώτου μοντέλου, τις διαδοχικές βελτιώσεις του, τις αξιολογήσεις και την τελική του εκδοχή. Το Διάγραμμα 48 παρουσιάζει τη συνολική εικόνα που είχαν οι ΠΕ μέχρι τη φάση της πρώτης βελτίωσης του μοντέλου τους (δραστηριότητα 20). Κάθε κουτί στο διάγραμμα αποτελεί μία διαφορετική σελίδα στην οποία είχαν πρόσβαση όλοι οι ΠΕ του μαθήματος. Σε επόμενο στάδιο, η κάθε σελίδα ενισχυόταν και έτσι στο τέλος της διαδικασίας (δραστηριότητα 24) οι πληροφορίες αφορούσαν μέχρι και το μοντέλο 6 της κάθε ομάδας. Το υπογραμμισμένο κείμενο σε κάθε σελίδα υποδεικνύει σύνδεσμο είτε με κάποιο μοντέλο είτε με κάποιο έντυπο που το συνοδεύει.

Ομάδα 1 Members: Christina Papaioannou, Georgia Christodoulou, Christos Loizi Exercise 20a: Model Construction Model 1 of group 1 : Name: Seli Phenomenon: H emphasini tis selinis oso afora to sxima tis, se ena seliniako mina Accompanying Document describing model 1 of group 1 Exercise 20b: Model Assessment Model 1 of group 2 Name: Allagi sximatos feggariou Phenomenon: Allagi sximatos feggariou Accompanying Document assessing the model Exercise 20c: Model Deployment Model 2 of group 1 Name: Seli Phenomenon: H emphasini tis selinis oso afora to sxima tis, se ena seliniako mina Accompanying Document describing model 2 of group 1	Ομάδα 2 Μέλη: Πάσιουρου Κωνσταντίνη, Τζιαλλή Δώρα <u>Άσκηση 20.α:</u> Κατασκευή μοντέλου Μοντέλο 1 ομάδας 2 Τίτλος μοντέλου: Αλλαγή σχήματος φεγγαριού Φαινόμενο: Αλλαγή σχήματος φεγγαριού Συνοδευτικό Έντυπο Δημιουργίας Μοντέλου 1 ομάδας 2 <u>Άσκηση 20.β:</u> Αξιολόγηση μοντέλου Μοντέλο 1 της ομάδας 1 Τίτλος μοντέλου: Σέλη Φαινόμενο: Η εμφάνιση της σεληνής σχετικά με το σχήμα της, σε ένα σεληνιακό μήνα Συνοδευτικό Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου 1 ομάδας 1 <u>Άσκηση 20.γ:</u> Βελτίωση μοντέλου Μοντέλο 2 ομάδας 2 Τίτλος μοντέλου: Αλλαγή σχήματος φεγγαριού Φαινόμενο: Αλλαγή σχήματος φεγγαριού Συνοδευτικό Έντυπο Δημιουργίας Μοντέλου 2 ομάδας 2	Group 3 Members: Marlen, Terry, Hope, Dora Exercise 20a: Model Construction Model 1 Name: Moon Appearance Phenomenon: Moon Phases Accompanying Document describing model 1 (of group 3) Exercise 20b: Model Assessment Model 1 of group 4 Name: Φάσεις της Σεληνής Phenomenon: Φάσεις της Σεληνής Accompanying Document assessing model 1 of group 4 Exercise 20c: Model 2 (of group 3): Reviewed Model	Group 4 Members: Ioannou Christalla, Charalambous Elena, Toubma Eleni Exercise 20a: Model Construction Model 1 of group 4 Name: Faseis tis selinis Phenomenon: Faseis tis selinis Accompanying Document describing model 1 of group 4 Exercise 20b: Model Assessment Model 1 of group 3 Name: Faseis tis selinis Accompanying Document assessing model 1 of group 3 Exercise 20c: Model Deployment Model 2 of group 4 Name: Faseis tis selinis Accompanying Document describing model 2 of group 4	Ομάδα 5 Μέλη: Ανδρέας Λοϊζίδης, Μιχάλης Θεοδώρου, Χριστιάνα Χατζηπέτρον Άσκηση 20α: Κατασκευή μοντέλου σεληνής Μοντέλο 1 ομάδας 5 Όνομα: Μοντέλο σεληνής Φαινόμενο: Οι Φάσεις της Σεληνής Έντυπο κατασκευής μοντέλου 1 ομάδας 5 Άσκηση 20β: Αξιολόγηση μοντέλου ομάδας 5 Μοντέλο 1 ομάδας 7 Όνομα: The Journey of the moon Phenomenon: Φάσεις Σεληνής Έντυπο αξιολόγησης μοντέλου 1 ομάδας 7 Μοντέλο 1 ομάδας 6 Όνομα: Φάσεις Σεληνής Φαινόμενο: Φάσεις Σεληνής Έντυπο αξιολόγησης μοντέλου 1 ομάδας 6 Άσκηση 20γ: Βελτίωση μοντέλου Μοντέλο 2 ομάδας 5 Όνομα: Μοντέλο σεληνής Φαινόμενο: Οι φάσεις της σεληνής	Ομάδα 6 Μέλη: Δέσπο Έλληνα, Θεοδώρα Παπαβλασοπούλου, Ιωάννα Χαλαλάμπους Άσκηση 20α: Κατασκευή μοντέλου Construction Μοντέλο 1 ομάδας 6 Όνομα: Φάσεις Σεληνής Φαινόμενο: Φάσεις Σεληνής Συνοδευτικό έντυπο κατασκευής μοντέλου 1 ομάδας 6 Άσκηση 20β: Αξιολόγηση μοντέλου ομάδας 5 Μοντέλο 1 ομάδας 5 Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου 1 Ομάδας 5 Άσκηση 20γ: Βελτίωση Μοντέλου Μοντέλο 2 ομάδας 6 Όνομα: Φάσεις Σεληνής Φαινόμενο: Φάσεις Σεληνής Συνοδευτικό Έντυπο Κατασκευής Μοντέλου 1 ομάδας 6	Ομάδα 7 Members: Anna Koumpoutsi, Fotini Petridou, Eleni Phter Exercise 20a: Model Construction Model 1 of group 7 : Name: The Journey of the moon Phenomenon: Φάσεις σεληνής Accompanying Document describing model 1 of group 7 Exercise 20b: Model Assessment Μοντέλο 1 ομάδας 5 Name: μοντέλο σεληνής Phenomenon: Φάσεις της Σεληνής Accompanying Document assessing model 1 of group 5 Exercise 20c: Model Deployment Name: The Journey of the moon Phenomenon: Φάσεις Σεληνής Μοντέλο 2 ομάδας 7
---	---	---	---	---	---	--

Διάγραμμα 48. Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών

Έτσι, η κάθε ομάδα μπορούσε να έχει πρόσβαση σε όλα τα μοντέλα για (α) να τα αξιολογήσει, όταν αυτό αναμενόταν από το διδακτικό υλικό, (β) να τα παρακολουθήσει ή (γ) να πάρει ιδέες, είτε για την αξιολόγηση που θα έκανε είτε για σκοπούς βελτίωσης του δικού της μοντέλου. Για παράδειγμα, η ομάδα 5 έπρεπε να αξιολογήσει το μοντέλο της ομάδας 7 στο πλαίσιο της δραστηριότητας 20 (Δραστηριότητα 20.2.). Πέραν του ότι τα μέλη της ομάδας 5 έτρεξαν και παρακολούθησαν το μοντέλο της ομάδας 7, κατέβασαν και παρακολούθησαν και μοντέλα άλλων ομάδων με σκοπό να τα συγκρίνουν με το μοντέλο της ομάδας 7 και να έχουν βάση για σύγκριση και αξιολόγηση του μοντέλου. Ακολουθεί η συζήτηση που έκαναν στο πλαίσιο αυτής της δραστηριότητας:

- 8 ΠΕ 19: Πάεννε ομάδα...
- 9 ΠΕ 12: 7
- 10 ΠΕ 19: Open;
- 11 ΠΕ 12: Ναι. Ε, ε...εν τζείνον το πράμαν; Ατς...παρانونη..ανάποδα!
- 12 ΠΕ 19: Τι;
- 13 ΠΕ 12: Όι φίλε μου..πάει ανάποδα (γελά) (η σελήνη στο μοντέλο της ομάδας 7 περιστρέφεται δεξιόστροφα γύρω από τη γη)
- 14 ΠΕ 19: Άμπα τζιαι εν εμείς που εκάμαμεν λάθος;
- 15 ΠΕ 12: Όι ρε... *
- 16 ΠΕ 19: *
- 17 ΠΕ 12: Ναι ρε, όι, αφού έτσι ένι.
- 18 ΠΕ 19: Να ρωτήσουμε την εκπαιδευτικό ρε, άμπα τζιαι κάμνουμεν το λάθος εμείς; Α; Να ρωτήσουμε την εκπαιδευτικό;
- 19 ΠΕ 12: Ένα λεπτό να δούμε το φωτισμό. Πρέπει να εν σωστός ένεν;
- 20 ΠΕ 19: Πρέπει να εν που πόζω ρε Αντρέα.
- 21 ΠΕ 12: Α, εν που πόζω ο φωτισμός;
- 22 ΠΕ 19: Ρε, άμπα τζιαι οι κοπελλούες εκάμαν το να γυρίζει (δείχνει με το δάκτυλο αριστερόστροφα).
- 23 ΠΕ 12: Ίνταλως να γυρίζει; Εν έτσι που γυρίζει (δείχνει δεξιόστροφα-όπως είναι και στο μοντέλο της ομάδας 7). Ο φωτισμός δαμέ εν πόζω που έρκεται ένεν;
- 24 ΠΕ 19: Ναι
- 25 ΠΕ 12: Άρα εν λάθος τζιαι ο προσανατολισμός τζιαι η κατεύθυνση, Ένεν;
- 26 ΠΕ 19: ...κατέβασε άλλον, κατέβασε άλλον...βάλτην ΠΕ 7 (εννοεί κατέβασε άλλο μοντέλο, άλλης ομάδας)

- 27 ΠΕ 12: Ομάδα 3... Το λοιπόν
- 28 Παρακολουθούν το μοντέλο της ομάδας 3
- 29 ΠΕ 19: Γιατί εν πουμεσα όμως το φωτιζόμενο; Είδες το που εν πουμεσα, το φωτιζόμενο;
- 30 ΠΕ 12: Α, εν πιο σωστό τούτους. Θωρείς; Λέει σου ότι τζείνον που φωτίζει εν πίσω που την κόκκινη γραμμή.
- 31 ΠΕ 19: Εντάζει εν μας κόφτει τούτο, εν πειράζει, εμείς θωρούμε το δικό μας. Σωστός;
- 32 ΠΕ 12: Ναι, ναι, ναι.
- 33 ΠΕ 19: Ουπς, σόρρυ (έκλεισε το μοντέλο της ομάδας 3).
- 34 ΠΕ 12: Εννεν τίποτε πάμε να δούμε το μοντέλο τους (ομάδα 7) να τελειώσουμε.

(Πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση, 20.03.07, Ομάδα 5)

*=δεν ακούγεται καθαρά τι λέει

Το παραπάνω απόσπασμα υποδεικνύει τη χρησιμότητα του χώρου ανταλλαγής συνεισφορών για τη διαδικασία αξιολόγησης και βελτιωτικής ρύθμισης των μοντέλων των άλλων ομάδων ή των δικών τους μοντέλων. Από τη γραμμή 8-25 οι ΠΕ της ομάδας 5 έχουν εντοπίσει μία βασική διαφοροποίηση που υπάρχει στο μοντέλο της ομάδας 7, το οποίο πρέπει να αξιολογήσουν, και του δικού τους μοντέλου, που έχουν κατασκευάσει σε προηγούμενο μάθημα για το ίδιο μοτίβο του φαινομένου των Φάσεων της Σελήνης (αλλαγή στο φωτιζόμενο μέρος της σελήνης κατά τη διάρκεια μιας συνοδικής περιόδου). Ο ΠΕ 12 εντοπίζει την ασυμφωνία στη γραμμή 13, ενώ ο ΠΕ 19 διερωτάται για την ορθότητα του δικού τους μοντέλου στην αμέσως επόμενη γραμμή (γραμμή 14). Και ενώ ο ΠΕ 12 είναι σίγουρος για το λάθος που υπάρχει στο μοντέλο της ομάδας 7, ο ΠΕ 19 προτείνει αρχικά να το συζητήσουν με την εκπαιδευτικό (γραμμή 18) και ακολούθως να παρακολουθήσουν τι συμβαίνει και στο μοντέλο άλλης ομάδας (γραμμή 26). Μετά που κατεβάζουν και παρακολουθούν το μοντέλο της ομάδας 3, πείθονται για την ορθότητα του δικού τους, το οποίο συνάδει με το μοντέλο της ομάδας 3 και επανέρχονται στο μοντέλο της ομάδας 7 για να συνεχίσουν την αξιολόγησή τους (γραμμή 34).

Το διαδίκτυο και συγκεκριμένα το ΕΠΜ προσφέρει τη δυνατότητα για επικοινωνία των κατασκευασμάτων-μοντέλων της κάθε ομάδας στις υπόλοιπες ομάδες, κάτι που μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς που ενδιαφέρονται να δημιουργήσουν συνθήκες επικοινωνίας και συνεργασίας ανάμεσα στους μαθητές τους όταν μοντελοποιούν φυσικά φαινόμενα. Οι βασικότεροι παράμετροι που πρέπει οι εκπαιδευτικοί να λάβουν υπόψη

τους στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων που να στηρίζονται σε αυτή τη δυνατότητα του ΕΠΜ σχετίζονται με:

- α) Τα μεταδεδομένα που χρειάζεται να παρουσιάζονται μαζί με τα μοντέλα.
- β) Το ρόλο του εκπαιδευτικού σε αυτή τη διαδικασία.

6.5.3.1. Μεταδεδομένα που χρειάζεται να παρουσιάζονται μαζί με τα μοντέλα

Οι Rouwette et al. (2000) μελέτησαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης ενός δωματίου αποφάσεων κατά την ομαδική οικοδόμηση μοντέλων (πρόσωπο με πρόσωπο vs διαδικτυακά). Αναφέρονται στην ανάγκη περαιτέρω μελέτης της ηλεκτρονικής στήριξης της διαδικασίας καθώς εντόπισαν κάποια αδύνατα σημεία. Στην έρευνά τους παρουσιάστηκε μη ικανοποίηση των φοιτητών σε σχέση με τη διαδικασία ανταλλαγής πληροφοριών ανάμεσα στις υποομάδες που ανέπτυξαν διαφορετικά μοντέλα. Οι ερευνητές προτείνουν ότι αυτή η ανταλλαγή μπορεί να βελτιωθεί μέσω πιο ξεκάθαρων βημάτων για τις αναφορές που συνόδευαν τα υπο-μοντέλα που έφτιαχναν οι φοιτητές και μέσω καλύτερης και εντονότερης καθοδήγησης της διαδικασίας από πλευράς του εκπαιδευτικού.

Στην παρούσα έρευνα αυτό το πρόβλημα δεν παρουσιάστηκε κατά την ανταλλαγή μοντέλων για αξιολόγηση και βελτίωση. Ίσως το εργαλείο ανταλλαγής συνεισφορών να διαδραμάτισε καταλυτικό ρόλο στο να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, εφόσον εκεί οι ΠΕ ανέβαζαν όχι μόνο τα μοντέλα που οικοδομούσαν, αλλά και τα έντυπα κωδικοποίησης ή αξιολόγησης των μοντέλων (Παραρτήματα 19 και 20). Ενδεικτικό είναι το σχόλιο της ΠΕ 1 κατά την έβδομη σύγχρονη συζήτηση:

15:27: ΠΕ 1: Συμφωνώ με την ΠΕ 10. Αφεθήκαμε αρκετά ελεύθεροι να φτιάξουμε κάποια μοντέλα και το γεγονός ότι είχαμε εύκολη και γρήγορη πρόσβαση στα μοντέλα άλλων ομάδων ήταν πολύ βοηθητικό. Επίσης το ότι τα μοντέλα συνοδεύονταν από τα έντυπα κωδικοποίησης ήταν κάτι που τα έκανε κατανοητά από όλους.

(Σύγχρονη συζήτηση, 05.05.07, Ομάδα Β)

Το σχόλιο της ΠΕ 1 σε σχέση με τα συνοδευτικά έντυπα φαίνεται να είναι σημαντικό σε σχέση με την αποτελεσματική επικοινωνία των κατασκευασμάτων των διάφορων ομάδων. Τα δυο έντυπα περιείχαν μεταδεδομένα για τα μοντέλα ή για τις αξιολογήσεις των μοντέλων. Συγκεκριμένα, το Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου περιείχε μεταδεδομένα για τα εξωτερικά χαρακτηριστικά του μοντέλου (τίτλος, φαινόμενο που αναπαριστά), τα

συστατικά στοιχεία του μοντέλου (αντικείμενα, διαδικασίες, μεταβλητές, αλληλεπιδράσεις) και το μηχανισμό λειτουργίας του μοντέλου. Από την άλλη, το συνοδευτικό Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου περιείχε μεταδεδομένα για ασυνέπειες, προβλήματα ή περιορισμούς του μοντέλου και προτεινόμενους τρόπους υπερπήδησης των προβλημάτων.

6.5.3.2. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού στη διαδικασία ανταλλαγής και αξιολόγησης μοντέλων

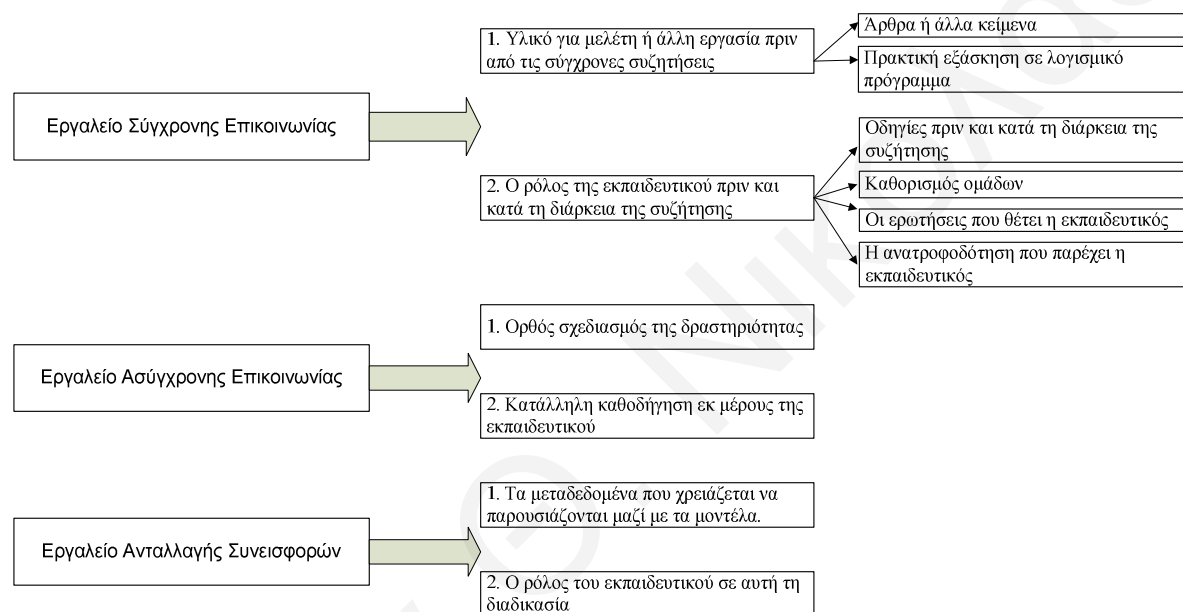
Μία άλλη σημαντική παράμετρος για την επιτυχημένη χρήση του χώρου ανταλλαγής κατασκευασμάτων αφορά στο ρόλο του εκπαιδευτικού. Πέρα από το ότι χρειάζεται να παρακολουθεί τη διαδικασία καταχώρησης κατασκευασμάτων ή εντύπων σε περίπτωση που παρουσιάζονται τεχνικά ή άλλα προβλήματα, είναι καλό σε κάποια χρονικά σημεία να συμμετέχει στη διαδικασία ως αξιολογητής. Στην παρούσα έρευνα αυτό συνέβηκε στο πλαίσιο της δραστηριότητας 24, κατά την οποία οι ΠΕ οικοδόμησαν το πέμπτο μοντέλο που αφορούσε στο τρίτο μοτίβο που εντόπισαν στα δεδομένα (*Κατά τη διάρκεια μιας μέρας το φεγγάρι έχει φαινομενικό μονοπάτι παρόμοιο με του ήλιου*). Η αξιολόγηση αυτού του μοντέλου έγινε από την εκπαιδευτικό και όχι από τις υπόλοιπες ομάδες των ΠΕ. Με βάση αυτή την αξιολόγηση οι ΠΕ προχώρησαν στη βελτίωση του πέμπτου μοντέλου και στη δημιουργία της τελικής εκδοχής (μοντέλο 6).

6.5.4. Παράμετροι χρήσης των εργαλείων επικοινωνίας και δυνατότητες που παρέχουν για καλλιέργεια της ικανότητας της μοντελοποίησης: Σύνοψη

Το Διάγραμμα 49 συνοψίζει τις σημαντικότερες παραμέτρους αξιοποίησης των τεχνολογικών δυνατοτήτων που παρέχουν τα εργαλεία επικοινωνίας που παρέχει το ΕΠΜ που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι μία εκ των δύο παραμέτρων και για τα τρία εργαλεία επικοινωνίας είναι η εκπαιδευτικός. Αυτό αναδεικνύει το σημαντικότερο ρόλο που διαδραματίζει η εκπαιδευτικός ακόμα και σε περιβάλλοντα που δε θεωρούνται παραδοσιακά και που συνήθως υπαινίσσονται τη μετατόπιση του ελέγχου της διαδικασίας της μάθησης από την εκπαιδευτικό στους μαθητές. Η ροή του μαθήματος όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 4.5. και εκτυλίχθηκε κατά την υλοποίηση του ήταν μαθητοκεντρική, αφού το βάρος της μάθησης έφεραν οι ΠΕ καθώς συνεργάζονταν είτε στην ομάδα τους είτε με άλλες ομάδες. Παρόλο που το μαθητοκεντρικό στυλ μάθησης

μεταθέτει τον έλεγχο της μάθησης από την εκπαιδευτικό στους μαθητές, αυτό δε σημαίνει ότι η εκπαιδευτικός αναιρείται ή ότι η σημασία του ρόλου της μειώνεται. Αντίθετα, μία επιτυχημένη μαθητοκεντρική διδασκαλία προϋποθέτει την εκ των προτέρων έντονη ανάμιξη και εμπλοκή του εκπαιδευτικού. Στόχος είναι η κατάλληλη οργάνωση του υλικού και των εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν, αλλά και η κατά τη διάρκεια του μαθήματος παρακολούθηση της εξέλιξης της μάθησης, ώστε να μπορεί η εκπαιδευτικός να επεμβαίνει όπου χρειάζεται για να λύνει προβλήματα ή να βοηθά στην ομαλή διεξαγωγή των δραστηριοτήτων.



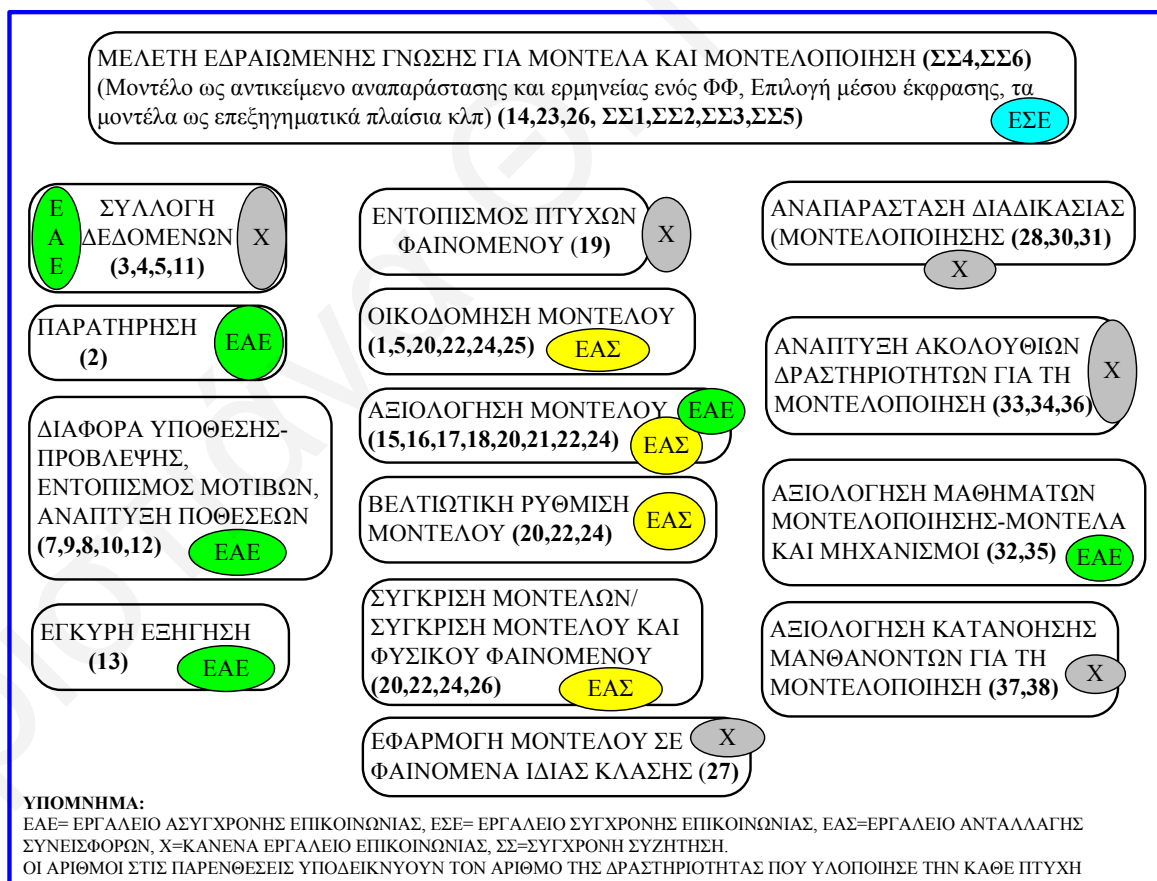
Διάγραμμα 49. Οι Σημαντικότερες Παράμετροι Αξιοποίησης των Δυνατοτήτων των Εργαλείων Επικοινωνίας του ΕΠΜ

Το Διάγραμμα 50 παρουσιάζει ένα μοντέλο χρήσης των εργαλείων επικοινωνίας που προσφέρει ένα ΕΠΜ και που μπορούν να στηρίζουν την καλλιέργεια της ικανότητας της μοντελοποίησης. Στο διάγραμμα φαίνονται οι δραστηριότητες που είχαν να επιτελέσουν οι ΠΕ κατά τη διάρκεια του μαθήματος και που αφορούσαν σε κάποια πτυχή της ικανότητας της μοντελοποίησης. Οι δραστηριότητες που παρουσιάζονται στο διάγραμμα (κόκκινα κουτιά) αποτελούν τη διδακτική υλοποίηση της επιστημολογικής ανάλυσης και του μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης. Για κάθε ομάδα δραστηριοτήτων παρουσιάζεται το εργαλείο επικοινωνίας που προτείνεται ως καταλληλότερο για την ομαλή διεξαγωγή του μαθήματος.

Από το διάγραμμα φαίνεται ότι το *Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών* προσφέρεται για δραστηριότητες που αφορούν στη διαδικασία οικοδόμησης, αξιολόγησης και βελτιωτικής ρύθμισης των μοντέλων. Επιπλέον, κρίνεται αναγκαίο να χρησιμοποιείται σε

δραστηριότητες που αφορούν σε σύγκριση μοντέλων που αναπαριστούν το ίδιο φαινόμενο ή σύγκριση του μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο (δεδομένα που συλλέχθηκαν).

Επιπλέον, το *Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας* προσφέρεται για δραστηριότητες που στηρίζουν έμμεσα την ανάπτυξη της μοντελοποίησης. Αφορούν κυρίως έργα που προϋποθέτουν επιστημονική συζήτηση ανάμεσα στους ΠΕ με σκοπό την οικοδόμηση εννοιών ή διεργασιών που έμμεσα στηρίζουν την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης. Αυτές μπορεί να είναι η δεξιότητα της παρατήρησης, η έγκυρη εξήγηση, η υπόθεση και η πρόβλεψη. Αφορούν, επίσης, σε έργα που απαιτούν από τους ΠΕ να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες ή διεργασίες που οικοδόμησαν, να εντοπίσουν, για παράδειγμα, μοτίβα ανάμεσα σε δεδομένα, να οικοδομήσουν έγκυρες εξηγήσεις και να εντοπίσουν υποθέσεις σε δεδομένα. Τέλος, αυτό το εργαλείο είναι καλό να χρησιμοποιείται και κατά την ανάπτυξη στρατηγικών για διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης και πιο συγκεκριμένα, όταν οι ΠΕ αξιολογούν υφιστάμενες διδακτικές πρακτικές που προωθούν την ανάπτυξη της ικανότητας αυτής.



Διάγραμμα 50. Μοντέλο Χρήσης των Εργαλείων Επικοινωνίας ενός ΕΠΜ για την Καλλιέργεια της Ικανότητας της Μοντελοποίησης και Ανάπτυξη Στρατηγικών για τη Διδασκαλία της

Τέλος, το *Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας* προσφέρεται κυρίως για στήριξη της ανάπτυξης της διαδικασίας ανάπτυξης στρατηγικών για διδασκαλία της ικανότητας της

μοντελοποίησης, αφού είναι καλό να αφορά στη μελέτη με σκοπό την επιστημονική συζήτηση σε σχέση με εδραιωμένη γνώση για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση. Πιο συγκεκριμένα, μέσα από έργα που χρησιμοποιούν αυτό το εργαλείο επικοινωνίας οι ΠΕ μελετούν και συνδιαλέγονται σε σχέση με τη φύση και την ουσία των μοντέλων και της διαδικασίας της μοντελοποίησης, σε σχέση με συγκεκριμένους τρόπους προσέγγισης της διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης, καθώς και σε σχέση με τρόπους επιλογής του κατάλληλου μέσου έκφρασης των μοντέλων συγκεκριμένων φυσικών φαινομένων.

6.6. Ερευνητικό ερώτημα 6: Ποιες είναι οι σημαντικότερες παράμετροι δημιουργίας συνθηκών αποτελεσματικής συνεργασίας ανάμεσα σε ΠΕ στις ΦΕ σε ένα μάθημα που εφαρμόζει μικτή διαδικτυακή προσέγγιση; Με ποιους τρόπους μπορούν να αξιοποιηθούν τα διαθέσιμα διαδικτυακά εργαλεία και σε ποια επίπεδα προσφέρεται η συνεργασία για την προώθηση διάφορων μαθησιακών επιδιώξεων;

Για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα 6 έγινε ανάλυση των δεδομένων των συζητήσεων των ΠΕ με σκοπό να εντοπιστεί το *ποιες ομάδες δραστηριοτήτων^{xxxiii} οδηγούν σε σύγκλιση προθέσεων και υψηλής ποιότητας συνεργασία*, με άλλα λόγια να εντοπιστούν οι επιτυχημένες ή όχι ομάδες δραστηριοτήτων των δύο πακέτων του διδακτικού υλικού ως προς τη συνεργασία που αναπτύχθηκε. Έπειτα, έγινε μεταανάλυση του είδους των δραστηριοτήτων που εντάσσονται σε κάθε ομάδα για εντοπισμό των παραμέτρων που φαίνεται να απαιτούνται, ώστε να δημιουργούνται συνθήκες αποτελεσματικής συνεργασίας ανάμεσα σε ΠΕ στις ΦΕ. Ακολουθεί (α) περιγραφή των παραμέτρων όπως προέκυψαν από τη μεταανάλυση της κάθε δραστηριότητας (κεφάλαιο 6.6.1.) και (β) περιγραφή των τρόπων, με τους οποίους μπορούν να αξιοποιηθούν τα διάφορα διαδικτυακά εργαλεία για προώθηση των μαθησιακών επιδιώξεων που τέθηκαν για το συγκεκριμένο μάθημα για τα διαφορετικά επίπεδα συνεργασίας (κεφάλαιο 6.6.2.).

6.6.1. Παράμετροι που προωθούν συνθήκες αποτελεσματικής συνεργασίας

6.6.1.1. Επεξεργασία εννοιολογικού μοντέλου

Μέσα από τη δραστηριότητα 26 οι ΠΕ επεξεργάστηκαν δύο εννοιολογικά μοντέλα για τις Φάσεις της Σελήνης με σκοπό να αποφανθούν ως προς την ορθότητα τους. Οι ΠΕ της

^{xxxiii} Ο Πίνακας 122 παρουσιάζει την κατηγοριοποίηση των δραστηριοτήτων που συνιστούν τα δύο πακέτα διδακτικού υλικού που εφαρμόστηκαν στο παρόν μάθημα.

ομάδας 5 κατέληξαν να υποστηρίζουν την ορθότητα και των δύο μοντέλων μετά από παράθεση επιχειρημάτων ή αντεπιχειρημάτων υπέρ του πρώτου, του δεύτερου ή και των δύο μοντέλων. Η όλη προσπάθειά των ΠΕ εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία.

Παράμετροι

1.1. Είναι καλό για δραστηριότητες επεξεργασίας εννοιολογικού μοντέλου, τα μοντέλα που δίνονται να είναι «αλληλοσυγκρουόμενα» (π.χ. γεωκεντρικό-σεληνοκεντρικό, σωματιδιακό και ακτινικό μοντέλο διάδοσης του φωτός κτλ), αλλά ταυτόχρονα να μπορούν και τα δύο να υποστηρίζουν τα δεδομένα που έχουν υπόψη τους, ώστε να δημιουργείται εκτεταμένη συζήτηση.

1.2. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και ο τρόπος παρουσίασης των μοντέλων. Το λογισμικό SC[®], στο οποίο ήταν κατασκευασμένα τα δύο μοντέλα αποτελεί εύκολα προσβάσιμο και κατανοητό εργαλείο, το οποίο αποτέλεσε την πλατφόρμα παρουσίασης και επεξεργασίας των δύο μοντέλων από τους ΠΕ της ομάδας. Το γεγονός ότι οι ΠΕ μπορούσαν να τρέξουν τα μοντέλα στο SC[®] για να τα επεξεργαστούν ήταν πολύ βοηθητικό.

6.6.1.2. Λειτουργικός Ορισμός νέας έννοιας

Μέσα από τη δραστηριότητα 3.1. δόθηκε η ευκαιρία στους ΠΕ να οικοδομήσουν λειτουργικό ορισμό για μία διαδικασία (καταγραφή παρατηρήσεων φεγγαριού). Οι ΠΕ είναι συνηθισμένοι με συμβατικούς τρόπους μέτρησης και συλλογής δεδομένων όπως για παράδειγμα η ανάπτυξη ενός φυτού (μέτρηση ύψους με μέτρο), το ζέσταμα ενός υγρού (μέτρηση θερμοκρασίας με θερμόμετρο) κ.ο.κ. Δεν είχαν χρησιμοποιήσει ξανά καμιά μέθοδο για συλλογή τέτοιας μορφής δεδομένων. Χρειάστηκε να συνεργαστούν εντός της ομάδας τους για να σκεφτούν όργανα και τρόπους καταγραφής των παρατηρήσεων του φεγγαριού, αλλά και να διαβάσουν τις απαντήσεις των άλλων ομάδων στο σύστημα.

Παράμετροι

2.1. Το γεγονός ότι η διαδικασία απαιτούσε την καταγραφή της ομαδικής απάντησης στο χώρο ασύγχρονης επικοινωνίας, παρόλο που δε χρειαζόταν να συνεργαστούν με τις υπόλοιπες ομάδες σε σχέση με αυτό το ερώτημα ασύγχρονα, έδωσε την ευκαιρία στους ΠΕ της κάθε ομάδας να πάρουν ιδέες ή ακόμα και να ασκήσουν κριτική εντός της ομάδας τους στις απαντήσεις των άλλων ομάδων και να ενισχύσουν ή να τροποποιήσουν τη δική τους απάντηση.

6.6.1.3. Καταγραφή Παρατηρήσεων

Στο πλαίσιο της δραστηριότητας 2.1.2 ζητήθηκε από τους ΠΕ αρχικά να καταγράψουν στο σύστημα τις παρατηρήσεις τους για ένα βίντεο για τη ζωή στο βυθό, και ακολούθως να

επεξεργαστούν τις απαντήσεις των υπόλοιπων μελών της ομάδας, ώστε να καταλήξουν σε ομαδική απάντηση για το τι παρατήρησαν. Η διαδικασία αυτή επέφερε υψηλής ποιότητας συνεργασία.

Η ΠΕ 20 αναφέρει στο αναστοχαστικό της ημερολόγιο μετά από την ολοκλήρωση αυτής της δραστηριότητας:

Όσον αφορά τη δεύτερη άσκηση, κατά την οποία έπρεπε να παρακολουθήσουμε ένα φιλμάκι, μου άρεσε που αρχικά καταγράψαμε ατομικά τις απαντήσεις μας και μετά τις συγκρίναμε, αλλά γραπτώς. Πιστεύω κάτι ανάλογο πρέπει να γίνεται και στην τάξη. Αν και δεν έχουμε ολοκληρώσει την άσκηση, νιώθω ότι κάτι τέτοιο βοηθά πολύ στον αναστοχασμό και την αυτοαξιολόγηση. (Ημερολόγιο αναστοχασμού, 12.02.07., ΠΕ 20^{xxxiv})

Παράμετροι

3.1. Της ομαδικής απάντησης προηγήθηκαν οι ατομικές απαντήσεις στο Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας. Έτσι, ο κάθε ΠΕ χρειάστηκε να παρακολουθήσει προσεκτικά το βίντεο και να καταγράψει τις παρατηρήσεις του, οι οποίες ήξερε από πριν ότι θα τύχουν κριτικής από τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας. Αυτό βοήθησε στην απρόσκοπτη ολοκλήρωση αυτού του μέρους της δραστηριότητας.

3.2. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε και το γεγονός ότι οι ΠΕ είχαν την ευκαιρία να παρακολουθήσουν το φαινόμενο οπτικογραφημένο (βίντεο), ένας τρόπος που μοιάζει πολύ με την άμεση παρακολούθηση του φαινομένου.

Η δραστηριότητα 11, η οποία απαιτούσε επίσης την καταγραφή των παρατηρήσεων του φεγγαριού σε ένα Διάγραμμα Σύνοψης Παρατηρήσεων του Φεγγαριού (ΔΣΠΦ) δεν ήταν επιτυχημένη.

Παράμετροι

4.1. Το γεγονός ότι οι ΠΕ δεν είχαν να παρατηρήσουν το φαινόμενο άμεσα, αλλά έπρεπε να συνοψίσουν τις ήδη καταγεγραμμένες από άλλους φοιτητές παρατηρήσεις του φεγγαριού πιθανό να αποτελεί ένα λόγο για την αποτυχία της δραστηριότητας.

4.2. Επιπλέον, το διδακτικό υλικό δε ζητούσε από τους ΠΕ να σχολιάσουν κάτι σε σχέση με το ΔΣΠΦ ούτε χρειάστηκε να εργαστεί ο κάθε ένας ατομικά και ακολούθως να συνεργαστούν ως προς την τελική τους απάντηση. Από την άλλη, μπορεί η μορφή της δραστηριότητας αυτής να μην προσφέρεται για συνεργασία. Οι Dillenbourg et al. (1996)

^{xxxiv} Το απόσπασμα αυτό είναι από το ημερολόγιο αναστοχασμού που κατέγραψε η ΠΕ 20 στις 12.02.07.

υποστηρίζουν ότι η φύση της δραστηριότητας επηρεάζει τα αποτελέσματα. Δεν μπορεί για παράδειγμα να παρατηρηθεί εννοιολογική αλλαγή σε μία δραστηριότητα που είναι κυρίως διαδικαστικής φύσεως και δεν περιλαμβάνει κατανόηση.

6.6.1.4. Δραστηριότητες μοντελοποίησης ή προσομοίωσης

6.6.1.4.1. Οικοδόμηση μοντέλου

Παρόλο που οι ΠΕ χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα SC[®] διεκπεραιώνοντας όλα τα μαθήματα που υπάρχουν στον οδηγό του προγράμματος, η πρώτη τους επαφή με το πρόγραμμα για οικοδόμηση μοντέλου έγινε με τη δραστηριότητα 6, όπου χρειάστηκε να οπτικοποιήσουν ένα νοητικό τους μοντέλο για τη σελήνη (όλης της ομάδας). Η συγκεκριμένη δραστηριότητα πυροδότησε συζήτηση και συνεργασία υψηλού επιπέδου τόσο στο στάδιο της έκφρασης των ιδεών των ΠΕ σε σχέση με το φαινόμενο που αποφάσισαν να αναπαραστήσουν (έκλειψη σελήνης) όσο και στο στάδιο της πρακτικής οικοδόμησής του στο πρόγραμμα.

Παράμετροι

5.1. Το γεγονός ότι οι ΠΕ αφέθηκαν ελεύθεροι να εκφραστούν ως προς το ποιο φαινόμενο θα μοντελοποιούσαν, αλλά και ως προς τον τρόπο που θα το έκαναν στο πρόγραμμα, αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία της δραστηριότητας. Φαίνεται ότι αυτή η ελευθερία στις κινήσεις και στη συζήτηση είναι βοηθητική σε εισαγωγικές δραστηριότητες μοντελοποίησης για αρχάριους κατασκευαστές μοντέλων.

5.2. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο έπαιξε και το μέσο στο οποίο οικοδόμησαν το μοντέλο. Το λογισμικό SC[®] αποτέλεσε την πλατφόρμα κοινής γλώσσας και εργασίας για τους ΠΕ της ομάδας.

Η δεύτερη προσπάθεια των ΠΕ για οικοδόμηση μοντέλου (δραστηριότητα 20.1.) ακολούθησε τα επιστημονικά βήματα της επιστημολογικής ανάλυσης της μοντελοποίησης (Διάγραμμα 6). Οι ΠΕ κλήθηκαν να οικοδομήσουν μοντέλο που να εξηγεί το πρώτο από τα τρία μοτίβα που εντόπισαν στις παρατηρήσεις του φεγγαριού που τους δόθηκαν [Μοτίβο 1: Κατά τη διάρκεια μιας συνοδικής περιόδου (28 ημέρες) το ορατό από τη γη σχήμα του φεγγαριού αλλάζει με συγκεκριμένο τρόπο^{xxxv}]. Παρόλο που αντιμετώπισαν αρκετές δυσκολίες και είχαν δύο αποτυχημένες προσπάθειες δημιουργίας κανόνων που να εκφράζουν τις κινήσεις της γης ή της σελήνης στο μοντέλο τους, οι ΠΕ της ομάδας 4 κατάφεραν να δημιουργήσουν ένα μοντέλο που να εξηγεί το πρώτο μοτίβο μετά που αποτάθηκαν για βοήθεια σε διπλανή ομάδα και στην εκπαιδευτικό.

^{xxxv} Νέα σελήνη, αναπτυσσόμενος μηνίσκος, πρώτο τέταρτο, αναπτυσσόμενο φεγγάρι, πανσέληνος, συρρικνούμενο φεγγάρι, τρίτο τέταρτο, συρρικνούμενος μηνίσκος.

Παράμετροι

- 5.3. Ο εντοπισμός των μοτίβων μέσα από πραγματικά δεδομένα για το φεγγάρι, και
- 5.4. η καταγραφή και ιεράρχηση των μοτίβων που εντοπίστηκαν με σκοπό την ενασχόληση με τα τρία κυριότερα, φαίνεται να ήταν δύο παράμετροι που βοήθησαν τους ΠΕ να εστιάσουν στο στόχο τους και να ασχοληθούν με την ουσία του ζητήματος, την οικοδόμηση κανόνων που να προσδιορίζουν τη συμπεριφορά των αντικειμένων του μοντέλου τους.
- 5.5. Επιπλέον, φαίνεται να βοήθησε το γεγονός ότι οι ΠΕ ήταν ελεύθεροι να ζητήσουν βοήθεια από άλλες ομάδες στην τάξη ή από την εκπαιδευτικό.
- 5.6. Τέλος, σημαντικό ρόλο έπαιξε και το λογισμικό SC[®], στο οποίο οικοδομήθηκε το μοντέλο. Αποτέλεσε την πλατφόρμα κοινής γλώσσας και εργασίας για τους ΠΕ της ομάδας.

Οι ΠΕ της ομάδας 5 χρησιμοποίησαν ένα διαφορετικό τρόπο προσέγγισης αυτής της δραστηριότητας. Συνδύασαν τη διαδικασία οικοδόμησης του μοντέλου τους με τη συμπλήρωση του *Έντυπου Κωδικοποίησης Μοντέλου* (Παράρτημα 19). Έτσι μελέτησαν αρχικά την εισαγωγή των βασικών στοιχείων του μοντέλου, όπως καθοδηγεί το έντυπο, και ακολούθως προσπάθησαν να οικοδομήσουν το μοντέλο τους, ώστε να εξηγήει και όχι μόνο να περιγράφει το φαινόμενο. Παρουσίασαν διάφορες ιδέες, για τις οποίες αντάλλαξαν απόψεις και κατέληξαν σε μία, την οποία και υλοποίησαν.

Η ΠΕ 4 αναφέρει στο ημερολόγιο αναστοχασμού που έγραψε μετά από το συγκεκριμένο μάθημα ότι η συμπλήρωση του εντύπου αυτού ήταν βοηθητική στην όλη διαδικασία οικοδόμησης μοντέλου, εφόσον βοήθησε την ομάδα να εστιάσει στα σωστά σημεία:

Στην αρχή του μαθήματος συμπληρώσαμε το Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου με βάση το συμπληρωμένο έντυπο που υπήρχε για την ανάπτυξη του φυτού (δραστηριότητα 17) και με βάση τα στοιχεία που αποφασίσαμε ότι θα περιλαμβάνει το μοντέλο μας στη συζήτηση που έγινε το προηγούμενο μάθημα. Μπορώ να πω ότι ήταν πολύ βοηθητικό που είχαμε το έντυπο γιατί ξέραμε σε ποια σημεία έπρεπε να δώσουμε σημασία κατά την κατασκευή του μοντέλου μας (μηχανισμός του μοντέλου κτλ). (Ημερολόγιο Αναστοχασμού, 13.03.07, ΠΕ 4)

Ο ΠΕ 12 σχολιάζει ότι χρειάστηκε να βελτιώσουν το μοντέλο τους γιατί υστερούσε σε σχέση με τις διαδικασίες και τις αλληλεπιδράσεις, κάτι που αντιλήφθηκαν μέσω του εντύπου αυτού:

Για το συγκεκριμένο μάθημα έπρεπε να κατασκευάσουμε ένα μοντέλο και να συντάξουμε ένα έντυπο δημιουργίας του μοντέλου, σχετικά με το φαινόμενο της αλλαγής της μορφής της σελήνης. ...Το μοντέλο μας είχε αντικείμενα (ήλιος, γη, σελήνη), μεταβλητές (θέση σελήνης σε σχέση με τη γη και τον ήλιο), διαδικασίες (περιφορά σελήνης γύρω από τη γη και αλλαγή της μορφής της) και αλληλεπιδράσεις (αν η σελήνη βρίσκεται σε ορισμένη θέση σε σχέση με τη γη και τον ήλιο τότε αλλάζει μορφή). Μέσα από συζήτηση στην ομάδα μας, και αφού το ζητούσε το Έντυπο Κωδικοποίησης, αποφασίσαμε ότι οι διαδικασίες και οι αλληλεπιδράσεις δε φαίνονταν καθαρά μέσα από το μοντέλο και το βελτιώσαμε. (Ημερολόγιο Αναστοχασμού, 13.03.07, ΠΕ 12).

Παράμετροι

5.7. Σε αυτή την περίπτωση καταλυτικός φαίνεται να ήταν ο ρόλος του Έντυπου Κωδικοποίησης Μοντέλων που έπρεπε να συνοδεύει τα μοντέλα που ετοίμασε η κάθε ομάδα. Αυτό στήριξε τη διαδικασία οικοδόμησης μοντέλου βοηθώντας τους ΠΕ να μένουν προσηλωμένοι στο στόχο τους.

Η τρίτη δραστηριότητα (#25) που αφορούσε σε οικοδόμηση μοντέλου λειτούργησε ως δραστηριότητα εμπέδωσης και επέκτασης, αφού χρονικά έλαβε χώρα μετά από την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων 20, 22, και 24 που περιλάμβαναν οικοδόμηση και βελτιωτική ρύθμιση των μοντέλων που εξηγούσαν τα τρία μοτίβα που εντόπισαν στα δεδομένα για το φεγγάρι. Οι ΠΕ είχαν την ευκαιρία να οικοδομήσουν αρχικά στην ομάδα τους (ομάδα 5) ένα μοντέλο με πραγματικά αντικείμενα (λάμπα για ήλιο, μπάλα για σελήνη, κεφάλι ατόμου για γη) που να εξηγεί τις Φάσεις της Σελήνης (όλα τα μοτίβα) (δραστηριότητα 25.1.). Σε επόμενο στάδιο, συνεργάστηκαν με την ομάδα 2 και την εκπαιδευτικό με σκοπό να υποστηρίξουν το μοντέλο που οικοδόμησαν (δραστηριότητα 25.2.). Όταν κατάφεραν να οικοδομήσουν ένα κοινό μοντέλο, στο οποίο να συμφωνούν και οι δύο ομάδες, το χρησιμοποίησαν για να εξηγήσουν τον κύκλο της μέρας-νύχτας και τις Φάσεις της Σελήνης.

Παράμετροι

Σε σχέση με αυτή τη δραστηριότητα τρεις φαίνεται να είναι οι βασικές παράμετροι επιτυχίας:

5.8. Η δραστηριότητα έλαβε χώρα μετά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων οικοδόμησης μοντέλου στο πρόγραμμα SC[®] και αφορούσε σε οικοδόμηση μοντέλου με πραγματικά τρισδιάστατα αντικείμενα.

5.9. Ο συνδυασμός των δύο επιπέδων συνεργασίας (της συζήτησης ανάμεσα στις δύο ομάδες προηγήθηκε συζήτηση και οικοδόμηση του μοντέλου εντός της κάθε ομάδας ξεχωριστά).

5.10. Οι συντονιστικές κινήσεις της εκπαιδευτικού στο δεύτερο επίπεδο της δραστηριότητας (συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες σε τοπικό επίπεδο).

Ακολουθούν αποσπάσματα από τις σκέψεις των ΠΕ όπως τις παράθεσαν στα ημερολόγια αναστοχασμού που κράτησαν μετά από το μάθημα κατά το οποίο ολοκλήρωσαν τη δραστηριότητα 25. Αυτές οι σκέψεις υποδεικνύουν τη σημασία των παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω για την αποτελεσματική έκβαση της δραστηριότητας.

Η ΠΕ 1 εντόπισε τη σημασία που έχει η καθοδήγηση του εκπαιδευτικού σε σημεία που αφορούν στην ολοκλήρωση του μαθήματος:

Πιστεύω ήταν ένα από τα πιο βοηθητικά και ξεκάθαρα μαθήματα που κάναμε, αφού δουλεύαμε συνεχώς με την καθοδήγηση κάποιου-της εκπαιδευτικού-και όχι μόνοι μας. Αυτό χρειάζεται να γίνεται, ιδιαίτερα όταν απαιτείται σύνοψη ή ανακεφαλαίωση του μαθήματος. Καλή η ομαδική εργασία, αλλά όχι αποκλειστικά! Χρειάζεται να γίνει συνδυασμός...(Ημερολόγιο Αναστοχασμού, 17.04.07, ΠΕ 1).

Επιπρόσθετα, η ΠΕ 14 εκτιμώντας το ρόλο της εκπαιδευτικού κατά το δεύτερο μέρος της δραστηριότητας 25 ανέφερε τα ακόλουθα:

Γενικά πιστεύω ότι το μάθημα ήταν ενδιαφέρον με εποικοδομητική συζήτηση τόσο με την ομάδα μου όσο και με τις άλλες ομάδες και με την εκπαιδευτικό. Φυσικά, νομίζω, αν απουσίαζε η εκπαιδευτικός, η συζήτηση που κάναμε θα ήταν πολύ διαφορετική μια και κατάφερε να μας συντονίζει πολύ καλά. Ούτε ξεφεύγαμε από το θέμα μας, ούτε δημιουργήθηκαν παρανοήσεις. Φρόντισε ώστε να γίνει μια ουσιαστική συζήτηση και να παρουσιαστούν οι απόψεις όλων των ομάδων και ατόμων. (Ημερολόγιο Αναστοχασμού, 17.04.07, ΠΕ 14).

Οι ΠΕ 4 και ΠΕ 12, από την άλλη, εντόπισαν τα θετικά της τρισδιάστατης αναπαράστασης που παρείχε το μοντέλο που έφτιαξαν με πραγματικά υλικά:

Παρόλο που ξέραμε τι συμβαίνει με τις Φάσεις της Σελήνης, εγώ προσωπικά βρήκα το τρισδιάστατο μοντέλο πιο κοντά στον πραγματικό κόσμο και πιο απλό από το μοντέλο στο SC[®]. Μπορώ να πω ότι ολοκλήρωσε το μοντέλο που είχα για τις Φάσεις της Σελήνης. Έκανε πιο κατανοητό και ξεκάθαρο το

μοντέλο στο μυαλό μου και πιστεύω ότι θα θυμάμαι πιο εύκολα το τρισδιάστατο μοντέλο (Ημερολόγιο Αναστοχασμού, 17.04.07, ΠΕ 4).

Αυτή η δραστηριότητα ήταν αρκετά χρήσιμη για διάφορους λόγους. Κατ' αρχάς μέσα από την πρακτική αναπαράσταση του φαινομένου στο πραγματικό περιβάλλον, είχαμε τη δυνατότητα να δούμε πιο ρεαλιστικά το φαινόμενο σε τρισδιάστατο επίπεδο. Έτσι μπορέσαμε πιο εύκολα να παρατηρήσουμε αυτά που θέλαμε να δείξουμε με τα μοντέλα μας στο ψηφιακό χώρο των δυο διαστάσεων και να δώσουμε εξηγήσεις για διάφορες παρατηρήσεις (π.χ. γιατί βλέπουμε τις Φάσεις της Σελήνης με το συγκεκριμένο τρόπο, ή γιατί ανατέλλει και δύει από τις συγκεκριμένες κατευθύνσεις η σελήνη) (Ημερολόγιο Αναστοχασμού, 17.04.07, ΠΕ 12).

Τέλος, ο ΠΕ 19 εντοπίζει και την τρίτη παράμετρο που σχετίζεται με την επιτυχία αυτής της δραστηριότητας, το συνδυασμό των δύο επιπέδων συνεργασίας στο τοπικό επίπεδο (συνεργασία εντός της ομάδας και συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες):

Καταρχήν να πω ότι το συγκεκριμένο μάθημα ήταν για μένα πολύ χρήσιμο. Ουσιαστικά μέσα απ' ότι έγινε στο συγκεκριμένο μάθημα και ειδικά η συζήτηση με την εκπαιδευτικό με οδήγησε στο να αποκτήσω μια συνεκτική εικόνα για το γνωστικό στόχο του μαθήματος. Το ότι αρχικά ασχοληθήκαμε από μόνοι μας στην ομάδα και προσπαθήσαμε να χρησιμοποιήσουμε τα υλικά που μας δόθηκαν για να οικοδομήσουμε το τρισδιάστατο μοντέλο, βοήθησε στη μετέπειτα συζήτηση που είχαμε με την άλλη ομάδα. Ήμασταν καλύτερα προετοιμασμένοι για να απευθυνθούμε σε αυτούς, αλλά και στην εκπαιδευτικό. (Ημερολόγιο Αναστοχασμού, 17.04.07, ΠΕ 19).

6.6.1.4.2. Βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου

Σύμφωνα με το μαθησιακό κύκλο της μοντελοποίησης (Διάγραμμα 9), μετά την οικοδόμηση μοντέλου είναι δυνατό να δημιουργηθεί ανισορροπία ανάμεσα στα δεδομένα ή στο φαινόμενο και στο μοντέλο, γεγονός που απαιτεί τη βελτιωτική ρύθμιση του μοντέλου με σκοπό την επίτευξη ισορροπίας. Αυτός ακριβώς ήταν και ο στόχος της δραστηριότητας 20.3. που αφορούσε στη βελτιωτική ρύθμιση του πρώτου μοντέλου της κάθε ομάδας σύμφωνα με την αξιολόγηση που έγινε από άλλη ομάδα της τάξης. Για να γίνει εφικτή η βελτιωτική ρύθμιση του μοντέλου των ομάδων (4 και 5), τρεις άλλες ομάδες αξιολόγησαν τα μοντέλα τους (η ομάδα 3 αξιολόγησε το μοντέλο της ομάδας 4 και οι ομάδες 6 και 7 αξιολόγησαν το μοντέλο της ομάδας 5). Οι ομάδες 4 και 5 χρησιμοποίησαν τα σχόλια που έλαβαν από τις ομάδες-αξιολογητές και τροποποίησαν τα μοντέλα τους,

ώστε να ανταποκρίνονται στις κριτικές που έλαβαν. Παρόλο που οι αξιολογήσεις δόθηκαν γραπτώς σε ειδικά σχεδιασμένο έντυπο, η ομάδα 4 ζήτησε επιπλέον διευκρινήσεις, εντός της τάξης, σε σχέση με τα σημεία της αξιολόγησης της ομάδας 3, ώστε να κατανοήσει πλήρως τα θέματα που περιλάμβανε.

Κρίσιμης σημασίας στη διαδικασία της βελτιωτικής ρύθμισης των μοντέλων των ομάδων ήταν το γεγονός ότι η αξιολόγηση του αρχικού μοντέλου έγινε από άλλη ομάδα και όχι από την ομάδα που οικοδόμησε το μοντέλο. Η όλη δραστηριότητα έλαβε χώρα σε εξ αποστάσεως επίπεδο, αφού οι ομάδες-κατασκευαστές φόρτωσαν τα μοντέλα τους στο χώρο ανταλλαγής συνεισφορών, από όπου τα κατέβασαν οι ομάδες-αξιολογητές για να τα αξιολογήσουν (βλέπε κεφάλαιο 4.7. για περιγραφή της διαδικασίας).

Παράμετροι

Οι ουσιαστικότερες παράμετροι σε σχέση με την επιτυχία αυτής της δραστηριότητας φαίνεται να είναι οι ακόλουθοι:

- 5.11. Η αξιολόγηση έγινε από άλλη ομάδα, η οποία γνώριζε το θέμα καλά
- 5.12. Το Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών, το οποίο αποτέλεσε το χώρο όπου συγκεντρώθηκε τελικά όλο το υλικό που αφορά τα μοντέλα όλων των ομάδων για τις Φάσεις της Σελήνης^{xxxvi}.
- 5.13. Το λογισμικό SC[®], στο οποίο έγιναν οι βελτιωτικές ρυθμίσεις του μοντέλου, και το οποίο αποτέλεσε πλατφόρμα κοινής γλώσσας και εργασίας για τους ΠΕ της ομάδας.

Η δραστηριότητα 22.2. αφορούσε στη διαδικασία της βελτιωτικής ρύθμισης του μοντέλου που προέκυψε από τη δραστηριότητα 20, με σκοπό να περιλαμβάνει και το δεύτερο μοτίβο που εντόπισαν οι ΠΕ στα δεδομένα για το φεγγάρι (Η ανατολή και η δύση του φεγγαριού διαφέρουν καθημερινά). Η δραστηριότητα αυτή διαφέρει από την 20.3., αφού οι αλλαγές που χρειαζόνταν να γίνουν δε στηρίζονταν σε αξιολογητικά σημεία που λήφθηκαν από άλλη ομάδα, αλλά στην ανάγκη περίληψης νέου μοτίβου στο μοντέλο. Και για τις δύο ομάδες (4 και 5) η διαδικασία βελτίωσης του μοντέλου ήταν επιτυχημένη και εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ομάδα 5 ακολούθησε και πάλι τα βήματα που υποδεικνύονταν από το Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου, το οποίο έπρεπε να συμπληρώσουν, κάτι που μάλλον τους βοήθησε για να ολοκληρώσουν τη βελτίωση του μοντέλου τους.

^{xxxvi} Στο κεφάλαιο 6.5.3. υπάρχει εκτενής ανάλυση σε σχέση με το Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών.

Παράμετροι

5.14. Το γεγονός ότι είχε προηγηθεί δραστηριότητα εντοπισμού μοτίβων μέσα από πραγματικά δεδομένα για το φεγγάρι βοήθησε τους ΠΕ να εστιάσουν στο στόχο τους και να ασχοληθούν με την ουσία του ζητήματος, την οικοδόμηση, δηλαδή, κανόνων που να προσδιορίζουν τη συμπεριφορά των αντικειμένων του μοντέλου τους.

5.15. Η δραστηριότητα ιεράρχησης των μοτίβων που εντοπίστηκαν με σκοπό να ασχοληθούν με τα τρία κυριότερα βοήθησε τους ΠΕ να εστιάσουν στο στόχο τους και να ασχοληθούν με την ουσία του ζητήματος, την οικοδόμηση κανόνων που να προσδιορίζουν τη συμπεριφορά των αντικειμένων του μοντέλου τους.

5.16. Η συμπλήρωση του συνοδευτικού Έντυπου Κωδικοποίησης Μοντέλου βοήθησε την ομάδα 5 να εστιάσει την προσοχή της στα στοιχεία του μοντέλου και όχι σε εξωτερικά χαρακτηριστικά.

5.17. Το λογισμικό SC[®], στο οποίο έγιναν οι βελτιωτικές ρυθμίσεις του μοντέλου αποτέλεσε την πλατφόρμα κοινής γλώσσας και εργασίας για τους ΠΕ των δύο ομάδων.

6.6.1.4.3. Αξιολόγηση ή αυτοαξιολόγηση μοντέλου

Στο πλαίσιο της δραστηριότητας 15.1. οι ΠΕ αξιολόγησαν ατομικά ένα μοντέλο, που αναπαριστούσε τη λειτουργία του μόντεμ σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, και κατέγραψαν την απάντησή τους στο σύστημα. Ακολούθησε κριτική στις απαντήσεις των υπόλοιπων μελών της ομάδας, διαδικασία που προκάλεσε υψηλής ποιότητας συνεργασία. Ακολουθεί μέρος της συζήτησης που είχαν στο σύστημα τα μέλη της ομάδας 4:

***ΠΕ 20:** Στο μοντέλο γίνεται αναπαράσταση της μηχανής modem ενός Η.Υ. ... Ο τρόπος που συμβολίζεται το κάθε μέρος του μοντέλου είναι πρωτόγνωρος και πρωτότυπος. Δεν ξέρω όμως κατά πόσο είναι χρήσιμο ένα μοντέλο όταν πρέπει να εξηγήσεις τι συμβολίζει το κάθε μέρος του...*

***ΠΕ 8 προς ΠΕ 20:** ...Διαφωνώ ΠΕ 20. Γιατί δεν είναι καλό ένα μοντέλο που περιλαμβάνει εξηγήσεις; Θεωρώ ότι πρέπει να περιλαμβάνει εξηγήσεις μια και πάντα ο κατασκευαστής δίνει δικό του νόημα σε κάθε μέρος του μοντέλου και αν δε δοθούν δε θα κατανοήσουμε τι γίνεται στο μοντέλο.*

***ΠΕ 20 προς ΠΕ 8:** Συμφωνώ με την ΠΕ 8, αφού τα σημεία που παρατηρήσαμε και σχολιάσαμε σε σχέση με το μοντέλο έχουν πολλά κοινά. Κάτι που ανέφερε και με βρίσκει σύμφωνη, παρόλο που εγώ δεν το ανέφερα, είναι το γεγονός ότι με το μοντέλο αυτό δεν μπορούμε να κάνουμε προβλέψεις. Έχει δίκαιο σε σχέση με το ότι είναι καλό να παρέχονται εξηγήσεις για όλα τα μέρη του μοντέλου. Δεν το είχα σκεφτεί έτσι, ευχαριστώ για την επισήμανση.*

(Ασύγχρονη συζήτηση, δραστηριότητα 15.1., 04.03.07 μέχρι 05.03.07)

Παράμετροι

5.18. Το γεγονός ότι οι ΠΕ κλήθηκαν αρχικά να καταγράψουν τις απόψεις τους (ατομικά) στο σύστημα και όχι απλώς να τις εκφράσουν προφορικά, ίσως να αποτέλεσε την κρίσιμη παράμετρο που οδήγησε στην επιτυχία αυτής της δραστηριότητας. Με αυτό τον τρόπο «αναγκάστηκαν» να σκεφτούν ολοκληρωμένα την απάντησή τους πριν την καταγράψουν, γεγονός που πιθανό να τους ανάγκασε να οικοδομήσουν καλύτερα τα επιχειρήματά τους.

Η δραστηριότητα 17 αφορούσε στη μελέτη ενός συμπληρωμένου *Έντυπου Κωδικοποίησης Μοντέλου* και ενός συμπληρωμένου *Έντυπου Αξιολόγησης Μοντέλου* για ένα μοντέλο που αναπαριστά τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών. Οι ΠΕ μελέτησαν τα δύο έντυπα και προσπάθησαν ακολούθως να κατανοήσουν τον τρόπο λειτουργίας του μοντέλου. Η συνεργασία που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της συγκεκριμένης δραστηριότητας ανάμεσα στα μέλη της ομάδας 4 δεν ήταν υψηλής ποιότητας.

Στην ίδια γραμμή πλευσης, η δραστηριότητα 18 αφορούσε στη συμπλήρωση ενός *Έντυπου Αξιολόγησης Μοντέλου* για ένα μοντέλο που αφορούσε στη δράση των ιών εντός του ανθρώπινου σώματος. Η συνεργασία που αναπτύχθηκε ανάμεσα στους ΠΕ της ομάδας 4 δεν ήταν υψηλής ποιότητας.

Παράμετροι

5.19. Τα μοντέλα που έχουν να επεξεργαστούν οι ΠΕ δεν πρέπει να είναι άγνωστου συγκείμενου (π.χ. Μετάδοση ιών).

5.20. Πρέπει να γίνεται η απαιτούμενη συζήτηση με την εκπαιδευτικό σε σχέση με την ουσία των Έντυπων Κωδικοποίησης και Αξιολόγησης Μοντέλου

5.21. Η διαδικασία αξιολόγησης μοντέλου πρέπει να περιλαμβάνει συζήτηση μέσω του συστήματος (Εργαλείο ασύγχρονης ή σύγχρονης επικοινωνίας), κάτι που συνέβηκε στη δραστηριότητα 15.1. που πραγματεύεται επίσης ένα άγνωστο συγκείμενο, και ανάγκασε τους ΠΕ να καταγράψουν τις απαντήσεις τους, και συνεπώς να τις σκεφτούν καλύτερα, οδήγησε σε υψηλής ποιότητας συνεργασία.

Μέσα από τη δραστηριότητα 21 οι ΠΕ της κάθε ομάδας έπρεπε να αξιολογήσουν τη δεύτερη εκδοχή του μοντέλου τους, το οποίο αφορούσε στην αναπαράσταση του πρώτου μοτίβου που εντόπισαν στα δεδομένα τους. Η αξιολόγηση έλαβε χώρα εντός της ομάδας και πήρε τη μορφή καταγραφής των μειονεκτημάτων που παρουσιάζει το μοντέλο τους,

αλλά και αξιολόγησης του μοντέλου σε σχέση με τα κριτήρια αξιολόγησης που αναπτύχθηκαν σε προηγούμενη δραστηριότητα.

Η δραστηριότητα 22.1, αποτελεί τη συνέχεια της δραστηριότητας 20, αφού αφορά στη βελτιωτική ρύθμιση του μοντέλου που προέκυψε από αυτή τη δραστηριότητα και στην παραγωγή των επόμενων δύο εκδοχών του μοντέλου. Πιο συγκεκριμένα, καλεί τους ΠΕ να αξιολογήσουν το μοντέλο τους για δεύτερη φορά (η πρώτη έγινε στο πλαίσιο της δραστηριότητας 21) συγκρίνοντάς το με τις παρατηρήσεις του φεγγαριού. Επιπλέον, χρειάζεται να αξιολογήσουν αν εξηγεί το δεύτερο μοτίβο που εντόπισαν στα δεδομένα (Η ανατολή και η δύση του φεγγαριού διαφέρουν καθημερινά).

Παράμετροι

5.22. Στις δύο δραστηριότητες αξιολόγησης μοντέλου, όπου αναπτύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς μιας ομάδας (21 και 22.1), τα μοντέλα που έπρεπε να αξιολογηθούν ήταν παρόμοια με αυτά που έφτιαξε η ίδια η ομάδα, γεγονός που τα κάνει πιο οικεία στους ΠΕ.

5.23. Επιπλέον, το περιεχόμενο της αξιολόγησης ήταν από πριν καθορισμένο (κριτήρια αξιολόγησης, εφαρμογή του μοτίβου 2, σύγκριση με δεδομένα κτλ).

5.24. Για τις δύο δραστηριότητες σημαντικό ρόλο έπαιξε το λογισμικό SC[®], στο οποίο έτρεξαν οι ΠΕ το μοντέλο. Αποτέλεσε την πλατφόρμα παρακολούθησης και επεξεργασίας του μοντέλου από τους ΠΕ.

Δραστηριότητες αξιολόγησης μοντέλων υπήρχαν και στο εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας ανάμεσα σε ομάδες. Για τους σκοπούς της δραστηριότητας 15.2, οι ΠΕ προσπάθησαν να διαπραγματευτούν σε σχέση με την οικοδόμηση κριτηρίων αξιολόγησης ενός μοντέλου. Αυτό έγινε αφού αξιολόγησαν εντός της ομάδας αρχικά ένα μοντέλο. Η συνεργασία που αναπτύχθηκε στον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας ήταν παραγωγική (περιλάμβανε δηλώσεις, αμφισβητήσεις, αποδοχές απόψεων κτλ), αποτελεσματική (καταρτίστηκαν τα κατάλληλα κριτήρια αξιολόγησης μοντέλου) και υψηλής ομοιογένειας (μεταξύ 1 και 2,5) κάτι που καθιστά τη δραστηριότητα επιτυχημένη.

Παράμετροι

5.25. Η επιτυχία της δραστηριότητας φαίνεται να στηρίζεται στο γεγονός ότι η διαπραγμάτευση ανάμεσα στις ομάδες δεν ήταν απομονωμένη από τις άλλες μορφές συνεργασίας, εφόσον προηγήθηκε (στο πλαίσιο της δραστηριότητας 15.1.) ατομική εργασία και συνεργασία εντός της ομάδας μέσα από τον ασύγχρονο χώρο επικοινωνίας. Αυτό φαίνεται να βοήθησε τους ΠΕ να καταλήξουν σε κοινή θέση σε σχέση με τα

κριτήρια αξιολόγησης των μοντέλων, αφού βίωσαν οι ίδιοι αυτή τη διαδικασία προηγουμένως.

Η δραστηριότητα 16 αφορούσε στην αξιολόγηση του υποκείμενου μηχανισμού ενός μοντέλου (στο πρόγραμμα SC[®]) σε σχέση με την πυκνότητα των αντικειμένων και το φαινόμενο της βύθισης και της πλεύσης. Οι ΠΕ της ομάδας 4 συνεργάστηκαν εντός της ομάδας σε τοπικό επίπεδο με σκοπό να κατανοήσουν τον τρόπο λειτουργίας του μοντέλου και να αξιολογήσουν αν ο μηχανισμός απόδοσης της υπόθεσης, όπως εκφράζεται από το μοντέλο, είναι πετυχημένος. Η δραστηριότητα ήταν επιτυχημένη τόσο σε τοπικό επίπεδο ανάμεσα στα μέλη της ομάδας όσο και στο εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας ανάμεσα στις ομάδες (Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας).

Παράμετροι

5.26. Παρόλο που σε αυτή τη δραστηριότητα το συγκεκριμένο ήταν άγνωστο προς τους ΠΕ, η δραστηριότητα ήταν επιτυχημένη. Αυτό πιθανό να οφείλεται στο ότι η δραστηριότητα αφορούσε σε συνδυασμό του τοπικού και του εξ αποστάσεως επιπέδου συνεργασίας και όχι μόνο σε συνεργασία εντός της ομάδας όπως οι δραστηριότητες 17 και 18.

5.27. Το γεγονός ότι ο στόχος της δραστηριότητας ήταν πολύ συγκεκριμένος, αφορούσε στην αξιολόγηση του υποκείμενου μηχανισμού υλοποίησης μίας υπόθεσης στο συγκεκριμένο μοντέλο και όχι γενική αξιολόγηση του μοντέλου, πιθανό να είναι η παράμετρος που διαφοροποίησε την αποτελεσματικότητα της δραστηριότητας.

5.28. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο φαίνεται να έπαιξε και το λογισμικό SC[®], στο οποίο έτρεξαν οι ΠΕ το μοντέλο που είχαν να αξιολογήσουν. Αποτέλεσε την πλατφόρμα παρακολούθησης και επεξεργασίας του μοντέλου αυτού.

6.6.1.5. Αξιολόγηση συμφοιτητών

Όταν οι ΠΕ οικοδόμησαν σε συνεργασία με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας τους το πρώτο τους μοντέλο για τις Φάσεις της Σελήνης (δραστηριότητα 20.1.), αξιολόγησαν το μοντέλο μιας άλλης ομάδας συμφοιτητών τους, στο οποίο είχαν πρόσβαση από το Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών (δραστηριότητα 20.2.). Η αξιολόγηση του μοντέλου της άλλης ομάδας εκφράστηκε μέσα από το *Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου*. Για την ομάδα 4 η διαδικασία ήταν επιτυχημένη. Οι ΠΕ παρακολούθησαν και αξιολόγησαν προφορικά το μοντέλο της ομάδας 3 και κατέγραψαν την αξιολόγησή τους για το μοντέλο στο συνοδευτικό Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλων. Από την άλλη, για την ομάδα 5 αυτό το μέρος της δραστηριότητας δεν ήταν επιτυχημένο. Η ομάδα 5 είχε να αξιολογήσει τα μοντέλα δύο ομάδων. Αρχικά αξιολόγησε το μοντέλο της ομάδας 7. Το συνέκριναν με μοντέλα των υπόλοιπων ομάδων της τάξης και ακολούθως ξεκίνησαν να συμπληρώνουν

το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου, συμπλήρωσαν δηλαδή τις ασυνέπειες και τους περιορισμούς που παρουσιάζει το μοντέλο, εισηγήθηκαν τρόπους βελτίωσής του και αποφάνθηκαν αν ο μηχανισμός που το υποστηρίζει είναι ο σωστός. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε για το μοντέλο της ομάδας 6.

Παράμετροι

6.1. Το Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών βοήθησε πρακτικά τη διαδικασία, αφού επέτρεψε σε όλες τις ομάδες να έχουν πρόσβαση στα μοντέλα και τα έντυπα όλων των ομάδων.

6.2. Η κάθε ομάδα που οικοδομούσε ή βελτίωνε ένα μοντέλο συμπλήρωνε το Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου. Αυτό βοήθησε στη διαδικασία αξιολόγησης, εφόσον στήριξε την ομάδα στο να παραμείνει συγκεντρωμένη στο στόχο της και απέτρεψε επιφανειακής μορφής αξιολόγηση.

6.3. Η ομάδα-αξιολογητής ήταν γνώστης του θέματος, αφού η ίδια είχε αναπτύξει παρόμοιο μοντέλο για το ίδιο φαινόμενο, γεγονός που τους βοήθησε στην εις βάθος μελέτη των κανόνων του μοντέλου που αξιολογούσαν.

6.4. Φαίνεται ότι η ομάδα 5 δεν έδωσε την πρέπουσα σημασία στη διαδικασία αξιολόγησης των μοντέλων των δύο ομάδων, ίσως γιατί αναγκάστηκε να κάνει διπλή αξιολόγηση. Η συζήτηση της ομάδας 4 για την αξιολόγηση του μοντέλου της ομάδας 3 είχε έκταση περίπου 200 γραμμών (διάρκεια περίπου 23 λεπτών), ενώ η συζήτηση της ομάδας 5 για το μοντέλο της ομάδας 7 είχε έκταση 109 γραμμών (διάρκεια περίπου 12 λεπτών) και για το μοντέλο της ομάδας 6 είχε έκταση 100 γραμμών (διάρκεια περίπου 9 λεπτών). Είναι ξεκάθαρο ότι οι ΠΕ της ομάδας 5 προσπάθησαν να ολοκληρώσουν το έργο συνοψίζοντας το χρόνο των δύο αξιολογήσεων σε ένα. Χρειάζεται συνεπώς η εκπαιδευτικός να επεμβαίνει όπου η ποιότητα της εργασίας της ομάδας δεν είναι η αναμενόμενη.

Για τη δραστηριότητα 22.3. υπάρχουν δεδομένα μόνο για την αξιολόγηση του μοντέλου της ομάδας 6 από την ομάδα 5. Σε αντίθεση με τη δραστηριότητα 20.2., σε αυτή τη δραστηριότητα η ομάδα 5 αξιολόγησε το μοντέλο της ομάδας 6 διαθέτοντας περισσότερο χρόνο κάτι που είχε αντίκτυπο στην ποιότητα της εργασίας τους. Η αξιολόγηση που έλαβε χώρα είχε έκταση 150 γραμμών και διάρκεια περίπου 20 λεπτών, χρόνος σαφώς μεγαλύτερος από το χρόνο αξιολόγησης του μοντέλου της ομάδας 6 στο πλαίσιο της δραστηριότητας 20.2.

Παράμετροι

6.5. Η ενασχόληση της ομάδας για μεγαλύτερο και συνεπώς επαρκές χρονικό διάστημα φαίνεται ότι αυτός ήταν και ο λόγος που η δραστηριότητα ήταν επιτυχημένη και περιείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ.

6.6. Επιπλέον, και για τις δύο δραστηριότητες (20.2. και 22.3.) σημαντικό ρόλο έπαιξε και το λογισμικό SC[®], στο οποίο έτρεξαν οι ΠΕ το μοντέλο της άλλης ομάδας. Αποτέλεσε την πλατφόρμα παρακολούθησης και επεξεργασίας του μοντέλου από τους ΠΕ της ομάδας.

6.6.1.6. Επεξήγηση βάσει δεδομένων και ερμηνεία δεδομένων. Διατύπωση υποθέσεων

6.6.1.6.1. Ταξινόμηση δηλώσεων ως συγκεκριμένες έννοιες

Στο πλαίσιο της δραστηριότητας 2.3. οι ΠΕ ταξινόμησαν τις οκτώ δηλώσεις που παρουσιάστηκαν από το διδακτικό υλικό σε παρατηρήσεις ή όχι. Για τις έξι δηλώσεις η διαδικασία ταξινόμησης ήταν απλή. Ιδιαίτερη συζήτηση με έντονη επιχειρηματολογία αναπτύχθηκε για τις ακόλουθες δύο δηλώσεις: «*Η γη γυρίζει γύρω από τον άξονά της*» και «*Όταν καταπιώ δηλητήριο θα πεθάνω*». Παρόλα αυτά η δραστηριότητα δε θεωρήθηκε επιτυχημένη, εφόσον κατά το 50% των μερών της δεν αναπτύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία.

Παράμετροι

7.1. Φαίνεται ότι η απουσία της εκπαιδευτικού που θα καθοδηγούσε τη συζήτηση προς την επιστημονική κατεύθυνση έπαιξε σημαντικό ρόλο. Στο ένα μέρος της δραστηριότητας, κατά το οποίο οι ΠΕ συζητούσαν σε σχέση με τη δήλωση «*Η γη γυρίζει γύρω από τον άξονά της*» η συνεργασία ήταν παραγωγική αλλά όχι αποτελεσματική, κάτι που υποδεικνύει ότι οι ΠΕ εξέφρασαν τις απόψεις τους, διαφώνησαν ή συμφώνησαν ο ένας με την άποψη του άλλου, αλλά δεν κατάφεραν να φτάσουν στην ορθή απάντηση (μη αποτελεσματική συνεργασία), κάτι που θα μπορούσε να γίνει με την καθοδήγηση της εκπαιδευτικού.

Για τους σκοπούς της δραστηριότητας 7.1. οι ΠΕ ταξινόμησαν οκτώ διαφορετικές δηλώσεις σε υποθέσεις ή προβλέψεις. Λόγω του ότι δεν κατάφεραν να οικοδομήσουν επιστημονικά ορθό ορισμό για τις δύο έννοιες κατέληξαν να ταξινομήσουν λανθασμένα τις οκτώ δηλώσεις και συνεπώς δεν αναπτύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία ανάμεσά τους.

Παράμετροι

7.2. Σε τέτοιες περιπτώσεις όπου η ομάδα δεν καταφέρνει να προσεγγίσει την επιστημονική άποψη χρειάζεται η παρέμβαση της εκπαιδευτικού ή

7.3. του εκπαιδευτικού υλικού, ώστε να καθοδηγήσει προς την επιστημονικά ορθή οδό και να βοηθήσει τους ΠΕ να συνεργαστούν επιτυχημένα.

7.4. Επιπλέον, το γεγονός ότι και οι δύο δραστηριότητες (2.3. και 7.1.) ήταν αποτυχημένες μπορεί να υποδεικνύει ότι χρειάζονται στήριξη από τα άλλα δύο επίπεδα συνεργασίας. Μπορεί δηλαδή η συνεργασία εντός της ομάδας να μην είναι αρκετή για θέματα που άπτονται επιστημονικών ορισμών, όπως αυτά που πραγματεύονται οι δύο δραστηριότητες.

6.6.1.6.2. Εντοπισμός μοτίβων

Η δραστηριότητα 8.1. αφορά στη μελέτη παρατηρήσεων του φεγγαριού που εκτείνονται σε διάστημα μιας μέρας με απώτερο σκοπό τον εντοπισμό μοτίβων σε αυτά. Εντοπίστηκαν μοτίβα όπως *Μείωση του υψόμετρου και αλλαγή στη θέση του φεγγαριού, Το φωτιζόμενο μέρος του φεγγαριού είναι σταθερό* κτλ.

Παράμετροι

7.5. Το γεγονός ότι οι ΠΕ κάθε ομάδας είχαν πρόσβαση σε πραγματικά δεδομένα του φεγγαριού βοήθησε στο να εμπλακούν ενεργά στη διαδικασία εντοπισμού μοτίβων μέσα από αυτά.

7.6. Επιπλέον, σε τέτοιου είδους δραστηριότητες φαίνεται να βοηθά η συνεργασία ανάμεσα σε μικρό αριθμό ατόμων [π.χ. τρία άτομα], ώστε να δίνεται ευκαιρία έκφρασης πολλαπλών απόψεων από όλα τα μέλη.

Η δραστηριότητα 10.1. αποτελεί ουσιαστικά την προέκταση της δραστηριότητας 8.1., αφού αφορά στον εντοπισμό μοτίβων μέσα από δεδομένα του φεγγαριού για μία βδομάδα αντί για μία ημέρα. Η προσπάθεια της ομάδας 4, η οποία εντόπισε το μοτίβο της αλλαγής του σχήματος του φεγγαριού, συνοδεύτηκε από υψηλής ποιότητας συνεργασία. Η ομάδα 5 παρόλα αυτά δεν κατάφερε να συνεργαστεί με επιτυχία, αφού έφτασε μεν στο ποθητό αποτέλεσμα εντοπίζοντας μοτίβα μέσα από τα δεδομένα, αλλά δε συνεργάστηκε παραγωγικά. Αντίθετα, ένα από τα μέλη ανακοίνωνε την απάντηση και τα υπόλοιπα απλώς συμφωνούσαν.

Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε και για τη δραστηριότητα 12.1. αλλά για δεδομένα ενός μήνα. Η ομάδα 4 κατάφερε να εντοπίσει τέσσερα μοτίβα: Η πανσέληνος διαρκεί δύο μέρες, (2) Η σελήνη κινείται δεξιόστροφα σε μια μέρα, (3) Το γωνιακό υψόμετρο αυξάνεται και μετά μειώνεται, και (4) Το σχήμα της σελήνης αλλάζει κατά τη διάρκεια ενός μήνα. Η ομάδα 5 από την άλλη, απέτυχε να υποστηρίξει με δεδομένα τα δύο από τα τέσσερα μοτίβα που υποψιάστηκε ότι προκύπτουν από τα δεδομένα.

Παράμετροι

7.7. Από τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων 10.1. και 12.1. φαίνεται ότι υπήρξε πρόβλημα ως προς την κατανόηση της ομάδας 5. Και στις δύο δραστηριότητες, οι ΠΕ της ομάδας 5 δεν κατάφεραν να εντοπίσουν μοτίβα μέσα από τα δεδομένα που είχαν μπροστά τους. Σε αυτό το σημείο η εκπαιδευτικός του μαθήματος έπρεπε να ήταν σε θέση να εντοπίσει αυτό το κενό και να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες, ώστε να υπερβούν οι ΠΕ το εμπόδιο που παρουσιάστηκε σε σχέση με τον εντοπισμό και την καταγραφή των μοτίβων.

6.6.1.6.3. Εντοπισμός έγκυρων εξηγήσεων

Η δραστηριότητα 10.3. αφορούσε στην ικανότητα των ΠΕ να κρίνουν την εγκυρότητα των υποθέσεων που παρουσίασαν οι υπόλοιπες ομάδες για τα δεδομένα του φεγγαριού στο εργαλείο Ασύγχρονης Δομημένης Επικοινωνίας. Η δραστηριότητα δε ζητούσε εντός της ομάδας συνεργασία. Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας έγινε παρέμβαση της εκπαιδευτικού στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας. Η κριτική της εκπαιδευτικού αφορούσε στις υποθέσεις κάθε ομάδας παραθέτοντας κυρίως διευκρινιστικές ερωτήσεις που αφορούσαν την εγκυρότητά τους.

Παράμετροι

7.8. Η παρέμβαση της εκπαιδευτικού στο Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας για κριτική των απαντήσεων της ομάδας.

7.9. Το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας, το οποίο αποτέλεσε την πλατφόρμα ανταλλαγής απόψεων ανάμεσα στις ομάδες και ανάμεσα στις ομάδες και την εκπαιδευτικό του μαθήματος, φαίνεται να αποτελεί από μόνο του σημαντικό παράγοντα για την επιτυχία της δραστηριότητας^{xxxvii}.

Ακολουθεί η συζήτηση ανάμεσα στην εκπαιδευτικό και στην ομάδα 3:

Ομάδα 3: Το ποσοστό φωτεινότητας του φεγγαριού μεγαλώνει όσο περνούν οι μέρες, επειδή η σελήνη κινείται γύρω από τη γη αριστερόστροφα. Έτσι μετά από τη φάση της νέας σελήνης απομακρύνεται από τον ήλιο με αποτέλεσμα να φωτίζεται όλο και περισσότερο η πλευρά της που είναι στραμμένη προς τη γη.

Εκπ.: Είστε σίγουρες ότι αυτή η εξήγηση ισχύει για όλη την περιστροφή της σελήνης γύρω από τη γη; Σκεφτείτε το λίγο.

^{xxxvii} Στο κεφάλαιο 6.5.2. υπάρχει εκτενής ανάλυση σε σχέση με το Εργαλείο Ασύγχρονης Δομημένης Επικοινωνίας.

***Ομάδα 3:** Έχεις δίκαιο (απευθύνεται στην εκπαιδευτικό)...θα θέλαμε επίσης να πούμε ότι η σελήνη τελικά κινείται δεξιόστροφα σύμφωνα με τα δεδομένα του ΔΣΠΦ. Σχετικά με την εξήγηση της άλλης πορείας, συμβαίνει το αντίθετο. Καθώς το φεγγάρι βρίσκεται εντελώς απέναντι από τον ήλιο (στα δεξιά της γης) και κινείται δεξιόστροφα (πλησιάζει προς τον ήλιο) εκτελεί και στροφή γύρω από τον εαυτό της, άρα απομακρύνει κάπως την πλευρά της που είναι ορατή από τη γη, έτσι φτάνουν λιγότερες ακτίνες του ήλιου προς αυτή. Συνεπώς η στραμμένη προς τη γη πλευρά, καθώς κινείται η σελήνη γύρω από αυτή, φωτίζεται όλο και λιγότερο μέχρι να φτάσει η σελήνη στα αριστερά της γης και να φωτίζεται μόνο το πίσω μέρος της.*

Παρόλο που η απάντηση που δίνει η ομάδα 3 στην εκπαιδευτικό δεν είναι επιστημονικά ορθή, είναι πιο τεκμηριωμένη από την προηγούμενη. Εξάλλου οι ΠΕ είναι ακόμα στη φάση της προετοιμασίας της οικοδόμησης του μοντέλου τους που εξηγεί τη δημιουργία των Φάσεων της Σελήνης. Συγκεκριμένα, δεν το έχουν ακόμα καν αρχίσει.

Αντίθετα με τη δραστηριότητα 10.3., η δραστηριότητα 12.3. δεν περιείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία παρόλο που αφορούσε σε παρόμοιο στόχο (προσδιορισμός της εγκυρότητας των εξηγήσεων που δόθηκαν από άλλες ομάδες).

Παράμετροι

7.10. Η απουσία παρέμβασης της εκπαιδευτικού στην εξ αποστάσεως επικοινωνία για θέματα που έχουν υψηλές απαιτήσεις σε σχέση με το περιεχόμενο οδήγησε στην έλλειψη παραγωγικής συνεργασίας.

7.11. Η ύπαρξη και μόνο του Εργαλείου Ασύγχρονης Επικοινωνίας δεν μπορεί να αποτελέσει παράμετρο για επιτυχημένη συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες. Χρειάζεται να στηρίζεται από την εκπαιδευτικό και το εκπαιδευτικό υλικό.

6.6.1.6.4. Διατύπωση υποθέσεων

Το πρώτο μέρος της δραστηριότητας 8.3. (8.3.1.) αφορά στην εντός της ομάδας συνεργασία για εντοπισμό υποθέσεων που να υποστηρίζουν τα δεδομένα που είχαν μπροστά τους οι ΠΕ. Αυτό το κομμάτι ήταν επιτυχημένο για την ομάδα 5, αλλά όχι για την ομάδα 4. Σε σχέση με το δεύτερο μέρος της δραστηριότητας (8.3.2.) οι ομάδες των ΠΕ συνεργάστηκαν σε τοπικό επίπεδο έχοντας την εκπαιδευτικό ως συντονιστή στη συζήτηση για να υποστηρίξουν τις υποθέσεις τους σε σχέση με τα δεδομένα που μελέτησαν. Αυτό το μέρος της δραστηριότητας 8 εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία. Ακολουθεί απόσπασμα από τη συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες και στην εκπαιδευτικό για το δεύτερο μέρος της δραστηριότητας:

- 481 Ομάδα 4: το φεγγάρι κινείται από την ανατολή στη δύση...γιατί, ξέρω
εγώ, ξέρουμεν ότι κινείται όπως τον ήλιο...
- 482 Εκπ.: Ξέρουμε; Πώς το ξέρουμε;
- 483 Ομάδα 4: Υποθέτουμε. Κινείται από τα ανατολικά προς τα δυτικά.
- 484 Ομάδα 3: ναι αλλά γιατί, αυτό είναι που θέλουμε να μας πείτε.
- 485 Ομάδα 4: α!
- 486 Εκπ.: Υπόθεση σημαίνει εντοπίζω αυτό το μοτίβο και εξηγώ το λόγο που
νομίζω ότι συμβαίνει.
- 487 Ομάδα 7: Αυτό θα το δούμε από τα δεδομένα;
- 488 Εκπ.: Το γιατί; Όχι. Από τα δεδομένα βγήκε το ότι η σελήνη κινείται από
την Ανατολή προς στη Δύση.
- 489 Ομάδα 5: Άρα ψάχνουμε να δικαιολογήσουμε γιατί...
- ...
- 491 Ομάδα 5: Α! επειδή έτσι γυρίζει γύρω από τη γη.
- 492 Ομάδα 6: Ποιος γυρίζει και με ποιον τρόπο; Εμείς στην ομάδα μου
είπαμε ότι γυρίζει η γη.
- 493 Ομάδα 5: Υποθέτουμε. Μπορεί να γυρίζει τζιαι η γη. Εν ένα σύστημα.
- 494 Εκπ.: Χρειάζεται να εξηγήσετε γιατί, χωρίς να δώσετε κατ' ανάγκη και
την επιστημονικά ορθή απάντηση. Χρειαζόμαστε μια εξήγηση που να
συνάδει με τα δεδομένα μας.
- 495 Ομάδα 5: Λόγω της κίνησης του συστήματος γη-σελήνη έχουμε τούτην
την...
- 496 Εκπ.: Ποια εν η κίνηση του συστήματος γη-σελήνη;
- 497 Ομάδα 5: Δεξιόστροφα, να βλέπουμε το φεγγάρι να κινείται
δεξιόστροφα σε σχέση με τη γη. Κινείται που τα δυτικά προς τα
ανατολικά
- 498 Ομάδα 7: Δεν είμαι σίγουρη αν καταλαβαίνουμε τι λέτε (προς ομάδα 5).
- 499 Ομάδα 5: Να το κάμουμε σε κάτι πιο μεταβλητό. Πες ας πούμεν εν η
γη...τζιαι εν το φεγγάρι. Ο Βορράς όπως βλέπουμε πάνω
- 500 Εκπ.: Περίμενε περίμενε...ο βορράς πάνω στη γη είναι εδώ (δείχνει ένα
σημείο πάνω στην κεφαλή της ΠΕ που παριστάνει τη γη)
- 501 Ομάδα 5: Ανατολικά εν το δεξιά μας σωστά;□

- 502 Εκπ.: Για να το πούμε πιο συγκεκριμένα. Όταν στέκεται κάποιος πάνω στη γη εδώ, στην Κύπρο, και κοιτάζει στο ΒΠ, στον Πενταδάκτυλο, τότε στο δεξί χέρι είναι η Ανατολή, και στο αριστερό του η Δύση (χρησιμοποιεί ένα αυτοσχέδιο ανθρωπάκι και το βάζει στο κεφάλι της ΠΕ στο σημείο που είναι η Κύπρος να βλέπει προς το ΒΠ).
- 503 Ομάδα 5: Όπως κινείται η σελήνη γύρω από τη γη, τζιαι περιστρέφεται η γη γύρω από τον εαυτό της, το αποτέλεσμα είναι τζείνος που στέκεται πάνω στη γη να βλέπει το φεγγάρι να παρουσιάζεται που τα δυτικά, αριστερά μας τζιαι να κινείται προς τα δυτικά, δηλαδή, δεξιά μας.
- 504 Ομάδα 2: Άρα γυρίζουν τζιαι τα δκυτό (2);
- 505 Εκπ.: Είναι πιο απλό να θεωρήσουμε αρχικά ότι κινείται μόνο το ένα σώμα.
- 506 Ομάδα 5: Ας πούμε ότι κινείται μόνο η γη και η σελήνη είναι σταθερή. Αν είμαι εδώ στην Κύπρο, και η σελήνη ανατέλλει, σημαίνει πρέπει να είναι εδώ (την τοποθετεί στην ανατολή του ατόμου που βρίσκεται πάνω στην Κύπρο-κεφάλι).
- 507 Ομάδα 1: Δεξιά του, σωστά;
- 508 Εκπ.: Ωραία, και ακολούθως πού θα πάει η σελήνη;
- 509 Ομάδα 1: Εν να γυρίσει...η γη τζιαι εν να πάει πίσω του..πάνω του...Α, τωρά εκατάλαβα...τζιαι εβασανιστήκαμεν τόσο μες την ομάδα τζιαι πάλε εν το εκαταλαβαίναμεν!
- 510 Εκπ.: Και μετά πού πάει η σελήνη;
- 511 Όλοι: Αριστερά του...δυτικά

(Πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες, 23.02.07)

Στο παραπάνω απόσπασμα της συζήτησης που έλαβε χώρα σε τοπικό επίπεδο ανάμεσα σε όλες τις ομάδες της τάξης μπορεί να εντοπιστεί ο καθοδηγητικός ρόλος της εκπαιδευτικού είτε γιατί θέτει διευκρινιστικές ερωτήσεις (γραμμή 482) είτε γιατί υπενθυμίζει το στόχο της συζήτησης (γραμμή 486) είτε γιατί στρέφει τη συζήτηση προς την επιστημονικά ορθή κατεύθυνση (γραμμή 500). Από την άλλη, φαίνεται ότι η συνεργασία που πραγματοποιήθηκε εντός της ομάδας βοήθησε τις ομάδες τόσο στο να παρουσιάσουν με εμπειριστατωμένο τρόπο την εξήγηση που έδωσαν για το συγκεκριμένο μοτίβο (ομάδα 5) είτε για να αμφισβητήσουν τα λεγόμενα μιας άλλης ομάδας (ομάδα 6, γραμμή 492) είτε για να κατανοήσουν κάτι που δεν κατάφεραν να κατακτήσουν στην εντός της ομάδας συζήτηση (ομάδα 1, γραμμή 509).

Παράμετροι

7.12. Ο ρόλος της εκπαιδευτικού ως συντονιστή στη συζήτηση που αναπτύχθηκε ήταν καίριας σημασίας για την αποτελεσματική έκβαση της δραστηριότητας, αφού με τις κατάλληλες ερωτήσεις έδωσε την ευκαιρία σε όλες τις ομάδες να εκφραστούν για τις υποθέσεις άλλων ομάδων ως προς την εγκυρότητά τους.

7.13. Το γεγονός ότι προηγήθηκε επεξεργασία των δεδομένων και προσπάθεια ανάπτυξης υποθέσεων εντός της ομάδας, παρόλο που ως διαδικασία για κάποιες ομάδες δεν εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία, βοήθησε στο να εκφραστούν ολοκληρωμένες απόψεις στην ολομέλεια και να υποστηριχθούν ή να απορριφθούν με εμπεριστατωμένο τρόπο συγκεκριμένες υποθέσεις.

Η δραστηριότητα 10.2. καλούσε τους ΠΕ να συνεργαστούν εντός της ομάδας τους και να αναπτύξουν υποθέσεις για τα μοτίβα που εντόπισαν στα δεδομένα του φεγγαριού που εκτείνονταν σε μία βδομάδα και ένα μήνα αντίστοιχα. Η ομάδα 4 απέτυχε να παρέχει εξηγήσεις για το μοτίβο που εντόπισε και κατέληξε να καταγράφει μία απάντηση στο ηλεκτρονικό σύστημα, η οποία ήταν περιγραφική και όχι επεξηγηματική ως προς τα δεδομένα.

Για τη δραστηριότητα 12.2. οι ΠΕ της ομάδας 5 κατάφεραν να δώσουν εξήγηση για το δεύτερο μοτίβο που εντόπισαν *Το φεγγάρι κινείται από την ανατολή στη δύση μέσω του νότου σε μία μέρα, αλλά όχι για το πρώτο Το φωτισμένο μέρος του φεγγαριού μειώνεται προς το νέο φεγγάρι και αυξάνεται ξανά προς την πανσέληνο.* Επιπλέον, δεν κατάφεραν να λύσουν μία διαφωνία που είχαν ως προς τον τρόπο κίνησης του φεγγαριού (αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη), κάτι που επιτεύχθηκε με τη συζήτηση που είχαν με την εκπαιδευτικό.

Παράμετροι

7.14. Η αποτυχία των ΠΕ να επιτύχουν υψηλής ποιότητας συνεργασία στις δραστηριότητες 10.2. και 12.2. πιθανό να υπαινίσσεται την ανάγκη παρέμβασης της εκπαιδευτικού με σκοπό να κατευθύνει τις ενέργειές τους προς την εννοιολογικά ορθή κατεύθυνση, εφόσον το κύριο πρόβλημα που εντοπίστηκε και στις δύο περιπτώσεις ήταν η έλλειψη αποτελεσματικής συνεργασίας.

7.15. Φαίνεται, επίσης, ότι η ανάπτυξη υποθέσεων είναι πολύπλοκη διαδικασία και πιθανό να πρέπει να προσεγγιστεί διαφορετικά από το διδακτικό υλικό (π.χ. ενίσχυση δραστηριοτήτων με παραδείγματα, κλιμακωτής δυσκολίας δραστηριότητες κλπ).

Η δραστηριότητα 7.2. απαιτούσε από τους ΠΕ να καταγράψουν τρεις υποθέσεις και τρεις προβλέψεις και να αλληλεπιδράσουν με τις υπόλοιπες ομάδες της τάξης στο Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας σε σχέση με την ορθότητά τους. Τόσο η συνεργασία εντός της ομάδας όσο και η συνεργασία εντός του χώρου ασύγχρονων συζητήσεων ανάμεσα στις ομάδες, κατά την οποία οι ομάδες άσκησαν κριτική για τις δηλώσεις που παρουσίασε η κάθε ομάδα, δεν ήταν υψηλής ποιότητας.

Παράμετροι

7.16. Παρόμοια με τις δραστηριότητες 10.2. και 12.2. που υλοποιήθηκαν στο τοπικό επίπεδο συνεργασίας, η δραστηριότητα 7.2. που έλαβε χώρα στο εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας ήταν παραγωγική αλλά όχι αποτελεσματική γεγονός που υπαινίσσεται την ανάγκη ενίσχυσης της δραστηριότητας από το διδακτικό υλικό ή

7.17. την ουσιαστικότερη παρέμβαση εκ μέρους της εκπαιδευτικού.

6.6.1.7. Επιστημονική Συζήτηση

Η δραστηριότητα 2.2. αφορούσε σε συζήτηση εντός της ομάδας για τη φύση των παρατηρήσεων. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι το μόνο μέρος της συζήτησης που δεν εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία αφορούσε στις αισθήσεις που χρησιμοποιούνται κατά την παρατήρηση. Αυτό ήταν και το μόνο κομμάτι της συζήτησης που δε στηριζόταν άμεσα στο βίντεο που παρακολούθησαν οι ΠΕ στο πλαίσιο της δραστηριότητας 2.

Παράμετροι

8.1. Οι επιστημονικές συζητήσεις είναι καλό να στηρίζονται σε άμεση ή έμμεση παρατήρηση του φαινομένου, ώστε οι συνομιλητές να έχουν σημεία αναφοράς στα οποία να στηρίζουν τα επιχειρήματα και τις απόψεις τους,

Στο πλαίσιο της δραστηριότητας 8.2., και αφού είχαν εντοπίσει μοτίβα μέσα από δεδομένα του φεγγαριού για μία μέρα, οι ΠΕ κλήθηκαν να οικοδομήσουν ένα ορισμό για την έννοια μοτίβο στις Φυσικές Επιστήμες. Έγινε συζήτηση εντός της ομάδας σε τοπικό επίπεδο και αναπτύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία και για τις δύο ομάδες (4 και 5).

Παράμετροι

8.2. Φαίνεται ότι το γεγονός ότι προηγήθηκε ο εντοπισμός των μοτίβων μέσα από πραγματικά δεδομένα βοήθησε τη συζήτηση που αναπτύχθηκε σε σχέση με τον ορισμό που οικοδομήθηκε.

Το απόσπασμα από τη συζήτηση ανάμεσα στα μέλη της ομάδας 4 είναι ενδεικτικό αυτού του γεγονότος. Στην πορεία της συζήτησης στις γραμμές 46 και 53 οι ΠΕ αναφέρονται

ρητώς στα δεδομένα που τους δόθηκαν. Αυτό τους βοηθά να εξηγήσουν η μία στην άλλη με ποιο τρόπο ορίζουν το μοτίβο (γραμμή 46) ή να εφαρμόσουν τον ορισμό στον οποίο κατέληξαν δίνοντας ένα παράδειγμα από τα δεδομένα (γραμμή 53).

- 44 ΠΕ 2: Επαναλαμβανόμενη συμπεριφορά τελοσπάντων (προσπαθούν να συντάξουν την απάντησή τους) μπορεί να μεν εν ακριβώς κίνηση...
- 45 ΠΕ 8: Εν μία επαναλαμβανόμενη συμπεριφορά; [απευθύνεται σε εκείνο που έγραψαν στον υπολογιστή] Ας πούμεν;...
- 46 ΠΕ 20: Προσπαθήσαμε να εντοπίσουμε ένα μοτίβο με δύο μετρήσεις (ψάχνει τα δεδομένα του φεγγαριού και τα φέρνει μπροστά της). Ουσιαστικά, να τη μέτρηση. Την τάδε ώρα πώς ήταν το φεγγάρι; Να τη μέτρηση. Σε κάποια άλλη ώρα πώς ήταν το φεγγάρι; Κάπου δαμέ έχει το μοτίβο. Για να μπορούσαμε να δούμε αν επαληθεύεται τούτο το μοτίβο έπρεπε να βρούμε ακόμα μια μέτρηση για να δούμε αν ξαναεμφανίζεται. Ναι;
- 47 ΠΕ 8: Ναι.
- 48 ΠΕ 2: Μπορούμε να συμπληρώσουμε ότι βασίζεται σε κοινές αρχές, αξίες; Ας πούμε το 2, 4, 6, βασίζεται στο $2\chi+1$ ας πούμε, κάτι έτσι. Επαναλαμβανόμενη κίνηση υποτίθεται προσθέτουμε συνέχεια 2 βασίζεται πάνω στον τύπο ή όι;
- 49 ΠΕ 20: (καθώς γράφει) ε..που βασίζεται σε ένα
- 50 ΠΕ 2: θεμελιώδες (χα χα).
- 51 ΠΕ 20: Είδος τύπου.
- 52 ΠΕ 2: Είδος τύπου, μπράβο!
- 53 ΠΕ 20: Ας πούμεν ο τύπος για τούντην φάσην είναι δυτικότερα στον ουρανό τζιαι...να πηένει (δείχνει με τα χέρια αλλαγή στον προσανατολισμό του φεγγαριού), όπως φαίνεται δαμέ (δείχνει στο φύλλο παρατηρήσεων)
- 54 ΠΕ 2: τύπου...σε παρένθεση νόμο. Κάτι, τύπο, νόμο...κάτι

(Πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση, 20.02.07, Ομάδα 4)

Αν και η δραστηριότητα 7 ήταν σχεδιασμένη να εκτελεστεί σε τρία μέρη, στην πορεία του μαθήματος προέκυψε η ανάγκη δημιουργίας ενός τέταρτου (δραστηριότητα 7.4.), μίας συζήτησης ανάμεσα στις ομάδες στην ολομέλεια της τάξης με συντονιστή την εκπαιδευτικό. Αυτό έγινε όταν η τελευταία αντιλήφθηκε το κενό που δημιουργήθηκε τόσο στην εντός ομάδα όσο και στη μεταξύ των ομάδων συνεργασία και αφορούσε στο ότι οι ΠΕ δεν κατάφεραν να οικοδομήσουν ορθούς ορισμούς για τις διεργασίες υπόθεση και

πρόβλεψη. Στη συζήτηση που έγινε στην ολομέλεια διευκρινίστηκαν οι δύο ορισμοί και δόθηκαν παραδείγματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτό ήταν το μόνο κομμάτι της δραστηριότητας 7 που εμπειρείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία.

Παράμετροι

8.3. Φαίνεται ότι η παρέμβαση της εκπαιδευτικού είναι επιβεβλημένη για την ομαλή εξέλιξη της δραστηριότητας, όταν το περιεχόμενο είναι σχετικά δύσκολο ή πολύπλοκο.

Η δραστηριότητα 8.3.1. αφορούσε στην έκφραση υποθέσεων σε σχέση με τα μοτίβα που εντόπισαν οι ΠΕ στα δεδομένα για το φεγγάρι. Σε τοπικό επίπεδο συνεργασίας, η ομάδα 4 δεν κατάφερε να εκφράσει υποθέσεις με βάση τα δεδομένα, ίσως λόγω του ότι δεν μπορούσε να δώσει ή να σκεφτεί εξηγήσεις για τα μοτίβα που εντόπισε ή πιθανότερα γιατί δεν κατανόησε τον ορισμό της υπόθεσης.

Ακολουθεί ένα απόσπασμα από τη συζήτηση της ομάδας 4 σε σχέση με την καταγραφή των υποθέσεων της:

58 ΠΕ 20: *Η φοιτήτρια διαβάζει την εκφώνηση της δραστηριότητας^{xxxviii}*

Τούτη εν υπόθεση, επειδή η σελήνη σε 40 λεπτά μετακινήθηκε δυτικότερα τζαι...

59 ΠΕ 2: *Τζαι υποθέτουμε ότι η επόμενη της θέση θα είναι νοτιότερα.*

60 ΠΕ 8: **** (δεν ακούγεται τι λέει)*

61 ΠΕ 2: *Ή μπορούμε να βρούμε τη διαφορά του γωνιακού ύψους τζαι να...*

62 ΠΕ 20: *Ναι, να μετακινηθεί νοτιοδυτικά...*

63 ΠΕ 2: *Με γωνιακό υψόμετρο τόσο ας πούμε.*

64 ΠΕ 8: *Άρα, Υπόθεση: «Η σελήνη μετακινείται από την Ανατολή στο Νότο και μετά στη Δύση. Αρχικά είναι χαμηλά-μικρό γωνιακό υψόμετρο- μετά ψηλά και τέλος χαμηλώνει.» Συμφωνείτε;*

(Πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση, 20.02.07, Ομάδα 4)

Από το απόσπασμα φαίνεται ότι η ΠΕ 20 προτείνει ένα μοτίβο θεωρώντας το ότι είναι υπόθεση σε σχέση με τα δεδομένα που έχουν μπροστά τους και η ΠΕ 2 το ενισχύει, παρόλο που σε προηγούμενη δραστηριότητα (δραστηριότητα 7) είχαν καταλήξει σε ορισμό της υπόθεσης, σύμφωνα με τον οποίο αυτή διαφοροποιείται από την πρόβλεψη σε

^{xxxviii} «Με βάση τις παρατηρήσεις του φεγγαριού που έχετε στη διάθεση σας, να κάνετε υποθέσεις που να προκύπτουν από τα δεδομένα σας.»

σχέση με το ότι παρέχει εξήγηση του γιατί να συμβαίνει κάτι. Παρόλα αυτά, οι ΠΕ της ομάδας 4 δεν υιοθέτησαν αυτό τον ορισμό.

Η ομάδα 5, από την άλλη, εντόπισε τρεις υποθέσεις και προσπάθησε να υιοθετήσει ένα μοντέλο που να τις εξηγεί όλες. Η συζήτηση στην ομάδα ήταν παραγωγική και αποτελεσματική έτσι αναπτύχθηκε υψηλής ποιότητας συνεργασία. Φαίνεται ότι η ομάδα 5 είχε κατανοήσει ορθά τον ορισμό των δύο διεργασιών (γραμμές 171 και 172) και συνεπώς κατάφερε να φτάσει στην ορθή απάντηση:

160 ΠΕ 19: Η σελήνη...ίνταμπου εννοείς ότι δεν αλλάζει μορφή ...

...

171 ΠΕ 19: Ναι...γιατί...χρειάζεται να πούμε και γιατί αν θα γράψουμε υπόθεση

172 ΠΕ 12: α, ναι, έτσι είπαμεν στην 7 (δραστηριότητα) Ε, γιατί εν αλλάζει μορφή;

173 ΠΕ 19: ναι, λόγω του μικρού χρονικού διαστήματος εεε που...

174 ΠΕ 4: σε σχέση με την περιστροφή.

175 ΠΕ 12: Η σελήνη πότε αλλάζει μορφή;

176 ΠΕ 4: άμαν περιστρέφεται

177 ΠΕ 12: που περιστρέφεται. Άρα η θέση της εν αλλάζει...

178 ΠΕ 19: λόγω του μικρού χρονικού διαστήματος, λόγω του ότι...το χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί σε μια μέρα είναι πολύ μικρό ως προς το χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί στην περιστροφή (της σελήνης)

...

200 ΠΕ 12: Άρα, «Η σελήνη δεν αλλάζει μορφή κατά τη διάρκεια μιας μέρας λόγω του ότι το χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί σε μια μέρα είναι σχετικά μικρό σε σχέση με το χρόνο που χρειάζεται η σελήνη για να αλλάξει μορφή εξ αιτίας της περιστροφής της.» Συμφωνείτε;

(Πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση, 23.02.07, Ομάδα 5)

Παράμετροι

8.4. Η εκπαιδευτικός πρέπει να διασφαλίζει (προφορικά ή γραπτά) ότι η κάθε ομάδα που συμμετείχε σε μία συζήτηση (σε τοπικό ή εξ αποστάσεως επίπεδο) κατανόησε το περιεχόμενο της συζήτησης με επιστημονικό τρόπο.

Η δραστηριότητα 2.4. αφορούσε στην οικοδόμηση ενός ορισμού για την παρατήρηση μέσα από αλληλεπίδραση με τις υπόλοιπες ομάδες της τάξης στο Εργαλείο Ασύγχρονων Συζητήσεων. Αυτή η αλληλεπίδραση εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία. Της δραστηριότητας 2.4. προηγήθηκαν τρεις άλλες δραστηριότητες (2.1., 2.2., 2.3.) που αφορούσαν επίσης στη δεξιότητα της παρατήρησης, ξεκινώντας από παρατήρηση ενός βίντεο για τη θαλάσσια ζωή, καταγραφή των παρατηρήσεων, συζήτηση για τη φύση των παρατηρήσεων και ταξινόμηση δηλώσεων σε παρατηρήσεις ή όχι.

Παράμετροι

8.5. Φαίνεται ότι το γεγονός ότι η δραστηριότητα 2.4. στηρίχθηκε στις προηγούμενες τρεις (2.1., 2.2., 2.3.),

8.6. και το γεγονός ότι η βάση της δραστηριότητας ήταν δεδομένα (βίντεο) βοήθησε τους ΠΕ να οικοδομήσουν σταδιακά κατανόηση για το θέμα και να συνδιαλεχτούν εποικοδομητικά σε σχέση με αυτό.

8.7. Επιπλέον, τα διαφορετικά μέρη της δραστηριότητας 2 έλαβαν χώρα σε διαφορετικό επίπεδο συνεργασίας (εντός ομάδας σε τοπικό επίπεδο, εντός ομάδας εξ αποστάσεως, ανάμεσα σε ομάδες εξ αποστάσεως) κάτι που επίσης φαίνεται να βοήθησε στην επιτυχημένη έκβαση της δραστηριότητας, λόγω του ότι έκανε ευκολότερη τη διαδικασία κατανόησης όλων των μελών της ομάδας, αφού είχαν πολλαπλές ευκαιρίες επίλυσης των αποριών τους (εντός της ομάδας, με άλλες ομάδες, με την εκπαιδευτικό).

Η δραστηριότητα 7.3. αφορούσε στην οικοδόμηση λειτουργικού ορισμού των διεργασιών υπόθεση και πρόβλεψη στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας. Σε σχέση με τη συνεργασία εντός της ομάδας, που προηγήθηκε της καταγραφής στο Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας, παρόλο που ήταν παραγωγική δεν ήταν αποτελεσματική, γιατί οι ΠΕ δεν κατάφεραν να φτάσουν σε επιστημονικά ορθούς ορισμούς για τις δύο διεργασίες. Από σχεδιαστικό λάθος της δραστηριότητας δε ζητήθηκε από τους ΠΕ να αλληλεπιδράσουν με τις υπόλοιπες ομάδες με αυτό το μέρος της δραστηριότητας. Συνεπώς, δε θα μπορούσε να αναπτυχθεί συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες. Οι απαντήσεις της κάθε ομάδας στο σύστημα φαίνονται παρακάτω.

Η κάθε ομάδα παράθεσε την άποψή της και παρόλο που δε ζητήθηκε, οι ομάδες 2 και 3 σχολιάζουν τις απαντήσεις άλλων ομάδων (ομάδα 3-ομάδα 1 και ομάδα 2-ομάδα 3). Η ομάδα 3 απαντά μάλιστα στην πρόκληση της ομάδας 2. Παρόλα αυτά, η συζήτηση δε συνεχίζεται, πιθανόν γιατί διαπιστώθηκε ότι δεν απαιτείται από τη δραστηριότητα.

Ομάδα 1: Η πρόβλεψη είναι μια πρόταση, η οποία βασίζεται σε δεδομένα. Η υπόθεση είναι μια πρόταση, η οποία δε βασίζεται σε δεδομένα και το περιεχόμενό της έχει λιγότερες πιθανότητες να υλοποιηθεί, από ότι η πρόβλεψη.

Ομάδα 3: Μια πρόβλεψη αφορά συγκεκριμένα θέματα και στηρίζεται σε κάποια δεδομένα, ενώ, αντίθετα, η υπόθεση είναι μια δήλωση για γενικά θέματα. Μια πρόβλεψη σε σύγκριση με μια υπόθεση έχει πολύ περισσότερες πιθανότητες να επαληθευτεί. Συμφωνούμε απόλυτα με τον τρόπο που διαχωρίζει αυτές τις έννοιες η ομάδα 1. Για να ενισχύσουμε τα συμπεράσματά μας θα παραθέσουμε μια υπόθεση της ομάδας μας και μια πρόβλεψη της ομάδας 1, οι οποίες στρέφονται γύρω από το ίδιο θέμα: Υπόθεση: Όλη τη βδομάδα έβρεχε. Θα βρέξει και αύριο. Πρόβλεψη: Η μετεωρολογική υπηρεσία ανέφερε ότι με βάση τα στοιχεία που έχει αύριο θα βρέξει. Αυτό που διαχωρίζει τις δύο πιο πάνω δηλώσεις είναι το ότι η πρόβλεψη στηρίζεται σε δεδομένα της μετεωρολογικής υπηρεσίας και είναι πιθανότερο να συμβεί παρά η υπόθεση, η οποία είναι πιο γενική.

Ομάδα 2: Εμείς θεωρούμε ως πρόβλεψη την εκ των προτέρων εκτίμηση για κάτι που πρόκειται να συμβεί ή που υπολογίζουμε ότι θα συμβεί. Η υπόθεση είναι μία μέθοδος που εφαρμόζεται από αυτόν που υποθέτει ή φαντάζεται ως πιθανή για την εξήγηση ενός φαινομένου και η οποία πρέπει να επαληθευτεί με την παρατήρηση και το πείραμα. Με λίγα λόγια, η πρόβλεψη είναι μία απλή εκτίμηση, ενώ η υπόθεση είναι μία μέθοδος την οποία κάποιος εκλαμβάνει ως δεδομένο, έτσι ώστε να καταλήξει σε κάποια συμπεράσματα. Η πρόβλεψη είναι μία πρόταση η οποία βασίζεται σε δεδομένα που μερικές φορές δεν είναι και τόσο αξιόπιστα, ενώ η υπόθεση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δεδομένο το οποίο χρειάζεται επαλήθευση. Θα θέλαμε να ρωτήσουμε την ομάδα 3 γιατί διαχωρίζει την πρόταση «Όλη τη βδομάδα έβρεχε. Θα βρέξει και αύριο.» από την πρόταση «Η μετεωρολογική υπηρεσία ανέφερε ότι με βάση τα στοιχεία που έχει αύριο θα βρέξει.»; Γιατί η πρώτη να είναι υπόθεση και η δεύτερη πρόβλεψη; Δεν είναι και οι δύο προτάσεις προβλέψεις οι οποίες θα επαληθευτούν όχι με πείραμα, αλλά μόνο εάν πραγματοποιηθούν, δηλαδή αν βρέξει αύριο;

Ομάδα 3: Θα θέλαμε να απαντήσουμε στην ερώτηση που μας έθεσε η ομάδα 2. «Όλη τη βδομάδα έβρεχε. Θα βρέξει και αύριο» αυτή είναι μια δήλωση η οποία δε στηρίζεται σε κάποια αξιόπιστα δεδομένα. Δε σημαίνει ότι επειδή

έβρεχε όλη την βδομάδα θα βρέξει και αύριο. Μπορεί να βρέξει μπορεί και όχι. «Η μετεωρολογική υπηρεσία ανέφερε ότι με βάση τα στοιχεία που έχει αύριο θα βρέξει.» Αυτή είναι πρόβλεψη γιατί έχουμε στα χέρια μας βάσιμα και επιστημονικά δεδομένα που αποτελούν πιο βέβαιη πιθανότητα να βρέξει.

Ομάδα 5: Υποθέσεις: 1) Δε μας προδιαθέτει ότι ακολουθεί αμέσως ο πειραματισμός. Απλώς γίνεται για να προχωρήσει η διαδικασία πειραματισμού. Οι υποθέσεις προηγούνται πάντοτε των προβλέψεων και μέσα από τις υποθέσεις δημιουργούνται οι προβλέψεις. 2) Θεωρεί κάτι σαν δεδομένο χωρίς να γνωρίζει ότι είναι σίγουρα. Μοιάζει περισσότερο με μια προσωπική γνώμη για ένα φαινόμενο. 3) Δε χρησιμοποιούμε μελλοντικό χρόνο αλλά ενεστώτα. 4) Αναφέρονται ως επί το πλείστον σε καταστάσεις οι οποίες είναι πιο γενικές παρά συγκεκριμένες. Προβλέψεις: 1) Μας προδιαθέτει ότι θα ακολουθήσει στο αμέσως επόμενο στάδιο ο πειραματισμός. 2) Είναι πάντοτε διατυπωμένη σε μελλοντικό χρόνο. 3) Είναι δηλώσεις οι οποίες δε γνωρίζουμε αν ισχύουν, αλλά αναμένουμε να συμβούν. Πιο συγκεκριμένα οι δηλώσεις αυτές αφορούν ως επί το πλείστον συγκεκριμένες καταστάσεις.

Ομάδα 6: Οι υποθέσεις αναφέρονται σε γενικευμένα φαινόμενα, ενώ οι προβλέψεις σε συγκεκριμένα γεγονότα. Π.χ. «Όλα τα μεταλλικά αντικείμενα έλκονται από το μαγνήτη.» (υπόθεση) «Αν βάλω μια καρφίτσα κοντά σ' ένα μαγνήτη, ο μαγνήτης θα την ελκύει.» (πρόβλεψη)

Ομάδα 4: Για να γίνει μια πρόβλεψη λαμβάνονται υπόψη διάφορα δεδομένα-μετρήσεις που αφορούν το αντικείμενο μελέτης, γι' αυτό είναι πιθανότερο να επαληθευθεί μια πρόβλεψη παρά μια υπόθεση. Η υπόθεση, από την άλλη, μπορεί να στηρίζεται μόνο στις πεποιθήσεις του ατόμου που την διατυπώνει και όχι σε στάδια της επιστημονικής μεθόδου. Για παράδειγμα, υποθέτουμε πως τρώγοντας γλυκά θα παχύνουμε. Ενώ ένας διαιτολόγος μπορεί να προβλέψει κατά πόσο θα βάλουμε βάρος, λαμβάνοντας υπόψη το βάρος, μεταβολισμό, ηλικία, φύλο, διατροφικές συνήθειες και συνήθειες άσκησης.^{xxxix}

(Ασύγχρονη συζήτηση, δραστηριότητα 7.3., 17.02.07 μέχρι 20.02.07)

Παράμετροι

8.1. Συνεπώς, ο ελλιπής σχεδιασμός της δραστηριότητας ήταν ο λόγος για την αποτυχία της εν λόγω δραστηριότητας, αφού η συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες δε συνεχίστηκε.

^{xxxix} Η ομάδα 7 δε συμμετείχε σε αυτή τη δραστηριότητα.

Στο πλαίσιο της δραστηριότητας 13 οι ΠΕ κλήθηκαν να αναπτύξουν ορισμό για την *έγκυρη εξήγηση*. Τόσο η προεργασία εντός της ομάδας, η οποία ήταν σύντομη (20 γραμμές) όσο και η ολοκληρωμένη συζήτηση που έγινε στο εργαστήριο ασύγχρονων συζητήσεων ανάμεσα σε όλες τις ομάδες δεν εμπεριείχε υψηλής ποιότητας συνεργασία. Έτσι, η δραστηριότητα 13 δεν μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένη ως προς τη συνεργασία στο εξ αποστάσεως επίπεδο.

Παράμετροι

8.2. Ένας πιθανός λόγος για την αποτυχία αυτής της δραστηριότητας είναι το γεγονός ότι το εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας δε στηρίχθηκε επαρκώς από το τοπικό επίπεδο συνεργασίας, γιατί η δραστηριότητα δεν το ζητούσε ρητώς. Η εκφώνηση της δραστηριότητας καλούσε τις ομάδες να συζητήσουν με τις υπόλοιπες σε σχέση με το τι θεωρείται ως έγκυρη εξήγηση, και όχι να εργαστούν αρχικά εντός της ομάδας τους έχοντας συγκεκριμένο έργο και ακολούθως να διαπραγματευτούν με άλλες ομάδες.

6.6.1.8. Προγραμματισμός, έλεγχος και μεταγνώση

Μεταγνωστικά σχόλια

Σε αυτή την κατηγορία δραστηριοτήτων ανήκουν τα πέντε μεταγνωστικά σχόλια που είχαν να διεκπεραιώσουν στην ομάδα τους οι ΠΕ. Μόνο για τα δύο μεταγνωστικά σχόλια υπάρχουν οπτικογραφημένα δεδομένα (Μεταγνωστικά σχόλια 2 και 3). Τα άλλα τρία είτε δεν έγιναν από τις ομάδες είτε δεν καταγράφηκαν σε βίντεο (λόγω τεχνικού προβλήματος). Τα μεταγνωστικά σχόλια καλούσαν τους ΠΕ να εργαστούν ομαδικά και να σκεφτούν κυρίως σε σχέση με τη συνεργατική φύση της διαδικασίας της μάθησής τους. Αυτό φαίνεται να δυσκόλεψε τους ΠΕ, εφόσον είτε δεν έκαναν (Μεταγνωστικά σχόλια 1, 4, 5) αυτές τις δραστηριότητες είτε τις έκαναν με επιφανειακό τρόπο.

Το δεύτερο μεταγνωστικό σχόλιο καλούσε τους ΠΕ της κάθε ομάδα να συνεργαστούν και να εντοπίσουν την πορεία εργασίας που ακολούθησαν στις προηγούμενες δραστηριότητες. Οι ΠΕ συνεργάστηκαν αποτελεσματικά, αλλά όχι παραγωγικά στην προσπάθειά τους (α) να εντοπίσουν πώς κατέληξαν σε κοινά κριτήρια, πώς ξεπέρασαν πιθανά προβλήματα που προέκυψαν, και (β) να συζητήσουν πότε είναι αποδεκτό στην επιστήμη δύο άτομα να διαφωνούν και πότε είναι λογικό να αναμένουν ότι πρέπει να συμφωνούν. Η ανομοιογένεια των συνεισφορών τους ήταν πολύ μεγάλη γεγονός που καθιστά τη δραστηριότητα μη επιτυχημένη. Η τιμή του δείκτη ομοιογένειας (14,6) υποδεικνύει ότι ένα άτομο από την ομάδα ανακοίνωνε τις ορθές απαντήσεις και τα υπόλοιπα είτε συμφωνούσαν απλώς είτε δε συμμετείχαν στη διαδικασία.

Το τρίτο μεταγνωστικό σχόλιο αφορούσε στην καταγραφή των μαθησιακών επιδιώξεων των δραστηριοτήτων που ολοκλήρωσαν μέχρι εκείνο το σημείο οι ΠΕ, όπως τις αντιλαμβάνονταν ως ομάδα. Οι ΠΕ κατάφεραν να συνεργαστούν αποτελεσματικά, αλλά όχι παραγωγικά στην προσπάθειά τους να καταγράψουν το στόχο της κάθε δραστηριότητας. Επιπλέον, η ανομοιογένεια των συνεισφορών τους ήταν πολύ μεγάλη και έτσι η δραστηριότητα δε θεωρείται πετυχημένη.

Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι και στα δύο μεταγνωστικά σχόλια το πρόβλημα που παρατηρήθηκε αφορούσε στη μεγάλη ανομοιογένεια της συζήτησης και όχι στην αποτελεσματικότητα της δραστηριότητας. Οι συνεισφορές των συμμετεχόντων δεν ήταν ισότιμες, γεγονός που οδήγησε στη μεγάλη ανομοιογένεια. Επιπλέον, η συνεργασία δεν ήταν παραγωγική στις δύο δραστηριότητες, γεγονός που υποδεικνύει την απλή αποδοχή των απόψεων των υπόλοιπων μελών της ομάδας ή ακόμα και τη μη ενασχόληση κάποιων με τη δραστηριότητα. Η μεγάλη ανομοιογένεια σε συνδυασμό με τη μη παραγωγική συνεργασία που εντοπίστηκε οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα μεταγνωστικά σχόλια δεν αντιμετωπίζονταν ως ομαδική προσπάθεια, αλλά ως ατομικό έργο που αναλάμβανε ένα μέλος της ομάδας και τα άλλα δύο απλώς παρακολουθούσαν ή δε συμμετείχαν. Η μεταγνώση είναι μία ικανότητα που αφορά στον εαυτό του κάθε ατόμου και στην ικανότητά του να αναστοχάζεται, να ελέγχει και να κατανοεί τη γνώση και τη μάθησή του (Israel, Bauserman. K. L., Kinnucan-Welsch, & Block, 2005; Schraw & Dennison, 1994; Statt, 1998). Υπάρχει συμφωνία ανάμεσα στους ερευνητές ότι οι μεταγνωστικές δεξιότητες μπορεί να διδαχθούν (Brenna, 1995; Mayer & Wittrock, 1996; Palincsar & Brown, 1984; Roberts & Erdos, 1993; Slavin, 2005; F. Smith, 1994). Αυτό σε συνδυασμό με το ότι η μεταγνώση αποτελεί ατομική ικανότητα φαίνεται να οδηγεί στο ότι για να γίνει η μετάθεση από το ατομικό στο ομαδικό επίπεδο και να μπορέσει μια ομάδα να αναστοχαστεί σε ομαδικό επίπεδο χρειάζεται εκπαίδευση.

Παράμετροι

9.1. Πιθανό να χρειάζεται εξάσκηση (είτε μέσω καθοδήγησης εκ μέρους του διδακτικού υλικού είτε της εκπαιδευτικού) σε σχέση με την ομαδικότητα στον τρόπο έκφρασης των μεταγνωστικών σκέψεων, αφού η ομαδική μεταγνωστική δραστηριότητα είναι δυσκολότερη από την ατομική και χρειάζεται εκπαίδευση για να εφαρμοστεί (Wood Daudelin, 1996)

6.6.1.9. Πρόσβαση σε ειδικούς ή συζήτηση για εδραιωμένη γνώση

Σε διάφορα σημεία του διδακτικού υλικού, οι ΠΕ καλούνταν να μελετήσουν συγκεκριμένα κείμενα που πραγματεύονταν θέματα σχετικά με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση ή άλλες επιστημονικές έννοιες ή διεργασίες. Στο πλαίσιο της δραστηριότητας 29 οι ΠΕ διάβασαν στην ομάδα τους ένα κείμενο που αφορούσε στο ρόλο και στη φύση των μοντέλων, της μοντελοποίησης και των συστατικών της στοιχείων και συζήτησαν στην ομάδα τους σε σχέση με αυτά. Ακολούθησε συζήτηση με την εκπαιδευτικό, η οποία επέλεξε να εστιάσει την προσοχή της ομάδας σε ένα από τα συνιστώσα συστατικά της μοντελοποίησης, την εγκυροποίηση του μοντέλου.

Παράμετροι

10.1. Η παρέμβαση της εκπαιδευτικού, η οποία με τις κατάλληλες ερωτήσεις βοήθησε στο να διευκρινιστούν ζητήματα, τα οποία πιθανό να οδηγούσαν σε μη παραγωγική συνεργασία, φαίνεται να ήταν η κύρια παράμετρος που οδήγησε στην επιτυχημένη έκβαση αυτής της δραστηριότητας.

Σύγχρονες συζητήσεις 1-6

Από τις 12 σύγχρονες συζητήσεις που έγιναν καθόλη τη διάρκεια του μαθήματος, έξι για την ομάδα Α και έξι για την ομάδα Β, οι 11 ήταν επιτυχημένες. Εκτενής ανάλυση των παραμέτρων που βοήθησαν ή όχι στην ομαλή εξέλιξη των σύγχρονων συζητήσεων γίνεται στο κεφάλαιο 6.5.1. στο πλαίσιο του πέμπτου ερευνητικού ερωτήματος.

6.6.1.10. Σύνθεση και ανάπτυξη ενός επιχειρήματος

Βασικός σκοπός της δραστηριότητας 9 είναι η σύγκριση διαφορετικών προβλέψεων που εκφράστηκαν από διαφορετικά άτομα για συγκεκριμένα δεδομένα. Οι ΠΕ της ομάδας 5 μελέτησαν τα δεδομένα και προσπάθησαν να κατανοήσουν τη θεωρία που υποστήριζε το κάθε άτομο για τα δεδομένα. Διαφώνησαν και με τις δύο προσεγγίσεις, πιθανόν γιατί δεν ήταν σε θέση να εκτιμήσουν την εγκυρότητα των προβλέψεων που δόθηκαν από τα δύο άτομα για τα δεδομένα.

Παράμετροι

11.1. Φαίνεται ότι η χρονική στιγμή που δόθηκε η δραστηριότητα στους ΠΕ δεν ήταν η κατάλληλη, αφού δραστηριότητες που αφορούσαν στην εγκυρότητα των εξηγήσεων και των υποθέσεων ακολούθησαν (δραστηριότητες 10, 12 και 13) αντί να προηγηθούν.

11.2. Επιπλέον, δόθηκε μόλις μετά την πρώτη δραστηριότητα που περιείχε δεδομένα. Αν η θέση της ήταν μετά και από τις τρεις δραστηριότητες που αφορούσαν σε δεδομένα του φεγγαριού (δραστηριότητες 8, 10 και 11) ίσως οι ΠΕ να ήταν πιο έτοιμοι να επεξεργαστούν τα δεδομένα που δόθηκαν στη δραστηριότητα 9.

6.6.1.11. Προγραμματισμός για διδασκαλία

Το διδακτικό υλικό περιλαμβάνει εννιά δραστηριότητες που στοχεύουν στην ανάπτυξη στρατηγικών διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης από τους ΠΕ. Από τις εννιά η μία απαιτούσε ατομική εργασία (# 36), για τις δύο δεν υπάρχουν οπτικογραφημένα δεδομένα (# 34 και 38), η μία θεωρήθηκε μη επιτυχημένη (# 32) και οι υπόλοιπες πέντε επιτυχημένες (# 30, 31, 33, 35, 37) ως προς τη συνεργασία που αναπτύχθηκε κατά την υλοποίησή τους. Ακολουθεί περιγραφή αυτών των δραστηριοτήτων καθώς επίσης και περιγραφή των παραμέτρων που χρειάζεται να ισχύουν για να προωθηθεί αποτελεσματική συνεργασία.

Η δραστηριότητα 30 αφορά στη μελέτη του *μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης* και στην εκτίμηση της κυκλικότητας της διαδικασίας της μοντελοποίησης μέσα από την ανάλυσή του. Η δραστηριότητα 31 αφορά στη μελέτη της *επιστημολογικής ανάλυσης της μοντελοποίησης* και στην προσπάθεια εντοπισμού των βημάτων της που εφαρμόστηκαν στο πρώτο πακέτο διδακτικού υλικού, το οποίο υλοποιήθηκε για να αναπτύξουν οι ΠΕ την ικανότητα της μοντελοποίησης.

Από το απόσπασμα που ακολουθεί φαίνεται ότι το γεγονός ότι οι ΠΕ πέρασαν από τη διαδικασία ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης, βοήθησε να αντιληφθούν ευκολότερα το μαθησιακό κύκλο της μοντελοποίησης. Στη γραμμή 83 η ΠΕ 2 εξηγεί στην ΠΕ 20 πώς αντιλαμβάνεται το δεύτερο μισό του διαγράμματος του *μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης* (Διάγραμμα 9) ανατρέχοντας στο πρώτο πακέτο διδακτικού υλικού κατά το οποίο οι ίδιοι οι ΠΕ υλοποίησαν αυτό το κομμάτι του μαθησιακού κύκλου. Η συζήτηση ενισχύεται στη γραμμή 84 από την ΠΕ 8, η οποία επίσης συνδέει τη συζήτηση με την προηγούμενή τους μαθησιακή εμπειρία. Τέλος και η τρίτη ΠΕ στη γραμμή 87 κάνει αυτή τη σύνδεση.

- 78 ΠΕ 20: *εεε «Περιγράψτε τι αντιλαμβάνεστε ότι συμβαίνει στο δεύτερο μισό του διαγράμματος.»*
- 79 ΠΕ 8: *Το δεύτερο μισό;*
- 80 ΠΕ 20: *Αν μπορεί κάποιος να διατυπώσει προβλέψεις βλέποντας το μοντέλο, εμ...βάσει των περιορισμών και των προϋποθέσεων του μοντέλου εμ, βάσει των συστατικών του...*
- 81 ΠΕ 2: *Αναφέρεται στο μέρος μετά την αξιολόγηση έννεεν;*
- 82 ΠΕ 20: *όι, το 2ο μέρος εν τούτο, η βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου. Έννεεν;*

- 83 ΠΕ 2: ναι, ρε όπως εκάμαμεν εμείς μετά που εφτιάξαμεν το μοντέλο μας. Ας πούμεν μετά που το πρώτο και που μας αξιολόγησαν οι άλλες, βελτιώσαμε το μοντέλο μας... Έννεν;
- 84 ΠΕ 8: Βασικά κάμνουμεν το μοντέλο τζιαι μετά ερχόμαστε τζιαι ελέγχουμεν το για να δούμε αν...μας ικανοποιεί...έννεν έτσι; Αλλά εμάς ελέγξαμεν το εμείς, τζιαι η ομάδα 3 που αξιολόγησε το μοντέλο μας.
- 85 ΠΕ 20: Αν κάμνει προβλέψεις, αν μπορείς να κάνεις προβλέψεις βάσει των περιορισμών που θέτει, των περιορισμών τζιαι των προϋποθέσεων που θέτει το μοντέλο, βάσει των συστατικών στοιχείων του τζιαι των διαδικασιών, τότε αξιολογείς το μοντέλο. Αν σου θέτει πολλούς περιορισμούς, έννεν ιδιαίτερα καλό. Εννοώ περιορισμούς βάσει του φαινομένου ας πούμεν...
- 86 ΠΕ 8: Εμάς εμπορούσες να κοιτάξεις αν για παράδειγμα σε τρεις μέρες το φεγγάρι θα είχε το τάδε το σχήμα, έννεν;
- 87 ΠΕ 20: ναι ακριβώς, και επειδή, ας πούμεν δεν μπορούσες να κάνεις προβλέψεις σε σχέση με την ανατολή και τη δύση του φεγγαριού, το βελτιώσαμε και βάλαμε και το δεύτερο μοτίβο μέσα.

(Πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση, 24.04.07, Ομάδα 4),

Παράμετροι

12.1. Οι δύο δραστηριότητες πραγματεύονται τα δύο ουσιαστικότερα στοιχεία της διδακτικής της μοντελοποίησης, και το γεγονός ότι έγινε η σύνδεσή τους με τη διαδικασία από την οποία οι ίδιοι οι ΠΕ πέρασαν για να οικοδομήσουν την έννοια φαίνεται να βοήθησε στην επιτυχία τους.

Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί διδάσκουν με τον ίδιο ή πολύ παρόμοιο τρόπο με αυτόν που διδάχτηκαν (Hewson *et al.*, 1999b; Huibregtse *et al.*, 1994; McDermott *et al.*, 2000) και τείνουν συνήθως να διαιωνίζουν το στείο τρόπο διδασκαλίας όπως αυτός εφαρμόστηκε στο εκπαιδευτικό σύστημα από το οποίο προέρχονται. Το διδακτικό υλικό που αναπτύχθηκε για τους σκοπούς της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας υποστηρίζει αυτό τον ισχυρισμό, αλλά με θετικό τρόπο. Προώθησε τους ΠΕ να εργαστούν στις ομάδες τους αναπτύσσοντας την ικανότητα της μοντελοποίησης και ακολούθως τους έδωσε τα εφόδια για να την εφαρμόσουν στην τάξη ως εκπαιδευτικοί. Η εκτίμηση της αξίας του να διδάσκονται με τον ίδιο τρόπο που αναμένονται να διδάξουν έγινε και από τους ίδιους τους ΠΕ στο ημερολόγιο αναστοχασμού τους:

...Καθώς φτάσαμε στο τέλος του διδακτικού υλικού και ειδικότερα με την επιστημολογική ανάλυση της ικανότητας της μοντελοποίησης, είχα συνειδητοποιήσει ότι η όλη πορεία που ακολουθήθηκε στο μάθημα δεν ήταν τυχαία, αλλά όλα έγιναν με μια σειρά με στόχο εμείς οι ίδιοι να αποκτήσουμε την ικανότητα αυτή και σε μετέπειτα στάδιο να μπορέσουμε να διδάξουμε και σε κάποιο μαθητή....(Ημερολόγιο Αναστοχασμού, 03.05.07, ΠΕ 18).

Τώρα θα ήθελα να πω και δύο πράγματα γενικά για το μάθημα. Το πρώτο είναι ότι είναι ένα ευχάριστο μάθημα και πολύ ενδιαφέρον. ...στο μάθημα αυτό η διδακτική διδάσκεται μέσα από εφαρμογή. Αυτό που θέλω να πω είναι ότι δε μαθαίνουμε απλά παπαγαλία διαφορές διδακτικές προσεγγίσεις, αλλά, όπως βιώνουμε εμείς το μάθημα από τη πλευρά του φοιτητή, καλούμαστε να το εφαρμόσουμε και από την πλευρά του δασκάλου. (Ημερολόγιο Αναστοχασμού, 03.05.07, ΠΕ 16)

Όσον αφορά στη μη επιτυχημένη δραστηριότητα (# 32), αυτή αφορούσε στη μελέτη τριών ανεξάρτητων μαθημάτων που στοχεύουν στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης. Παρόλο που οι ΠΕ συνεργάστηκαν παραγωγικά, δεν κατάφεραν να αξιολογήσουν με το σωστό τρόπο τα μαθήματα.

Παράμετροι

12.2. Φαίνεται ότι οι προηγούμενες δύο δραστηριότητες δεν έδωσαν στους ΠΕ τα εφόδια για την ανάπτυξη των κατάλληλων κριτηρίων που να εφαρμόζουν στην αξιολόγηση μαθημάτων που απευθύνονται στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης. Υπάρχει, συνεπώς, ανάγκη να προηγηθεί μία ή περισσότερες δραστηριότητες που να απευθύνονται σε αυτό το κενό.

Η δραστηριότητα 33 αφορά στον προσδιορισμό τρόπων συλλογής δεδομένων για τη ζωή των μυρμηγκιών, φαινόμενο για το οποίο οι ΠΕ καλούνται να περιγράψουν ένα σχέδιο μαθήματος που να στοχεύει στην προώθηση της ικανότητας της μοντελοποίησης στο πλαίσιο της δραστηριότητας 34 (για την οποία δεν υπάρχουν οπτικογραφημένα δεδομένα). Παρόλο που απαιτούνταν μόνο καταγραφή των τρόπων αυτών στη ροή της δραστηριότητας, οι ΠΕ συνεργάστηκαν παραγωγικά και αποτελεσματικά.

Το απόσπασμα που ακολουθεί αφορά στη συζήτηση που είχαν στην προσπάθειά τους να προσδιορίσουν τρόπους συλλογής δεδομένων για τη ζωή των μυρμηγκιών οι ΠΕ της ομάδας 4. Η συζήτηση ξεκινά με παράθεση τρόπων εντοπισμού πληροφοριών και όχι

συλλογής δεδομένων (γραμμές 247-256) και οι ΠΕ αποδέχονται, χωρίς συζήτηση, την άποψη των υπόλοιπων μελών της ομάδας. Η ουσιαστική συζήτηση ξεκινά όταν η ΠΕ 20 διερωτάται αν υπάρχει ταινία που να μπορεί να δείχνει την πραγματική ζωή των μυρμηγκιών (γραμμή 254). Από εκείνο το σημείο και μετά η συζήτηση περιστρέφεται γύρω από τους τρόπους παρατήρησης του φαινομένου και όχι άντλησης πληροφοριών. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η ΠΕ 20 συνδέει τη συζήτησή τους με τις δραστηριότητες του πρώτου πακέτου διδακτικού υλικού κατά το οποίο είχαν οικοδομήσει πολλαπλά διαδοχικά μοντέλα για τις Φάσεις της Σελήνης (γραμμή 261). Επιπλέον, η ΠΕ 2 συνδέει τη συζήτησή που λαμβάνει χώρα εντός της ομάδας με την πέμπτη σύγχρονη συζήτηση που έκαναν και αφορούσε στο ποια φαινόμενα μοντελοποιούνται (γραμμή 258). Παρόλο που το σχόλιό της δεν ήταν εννοιολογικά σχετικό με τη συζήτηση που διαδραματιζόταν, υποδεικνύει τη σημασία που έχουν τα υποστηρικτικά μαθησιακά εργαλεία στην όλη διαδικασία.

236 ΠΕ 20: την 32 (δραστηριότητα) εκάμαμεν την. Πάμε στην 33
(δραστηριότητα)^{xl}.

...

247 ΠΕ 2: Από **διαδίκτυο**...

248 ΠΕ 20: Διαδίκτυο, **βιβλία, άρθρα**.

249 ΠΕ 2: Παιδικά βιβλία.

250 ΠΕ 20: εεεε μπορούμε...

251 ΠΕ 2: Από **εντομολόγους**

252 ΠΕ 8: Α, που **ταινίες**

253 ΠΕ 2: Εξαναείδες ταινία που να...

254 ΠΕ 20: Που να δείχνει την **πραγματικότητα**;

255 ΠΕ 2: Χε χε...έσσειε κάτι θρίλερ, ξέρω γω, που **μαλινίσκουν** οι
λύμπουροι...

256 ΠΕ 8: Έσσειε **ντοκιμαντέρ**

...

258 ΠΕ 2: Σε εκείνη τη συζήτηση (σύγχρονη) που λέγαμε για τα
παρατηρήσιμα φαινόμενα που μοντελοποιούνται...είπαμε ότι
μοντελοποιούνται όλα τα φαινόμενα, έστω και αν δεν είναι
παρατηρήσιμα.

^{xl} Εκφώνηση δραστηριότητας: «Υποθέστε ότι πρέπει να οικοδομήσετε ένα μοντέλο για τη ζωή των μυρμηγκιών σε μία μυρμηγκοφωλιά. Σκεφτείτε τρόπους για να συλλέξετε πληροφορίες για το φαινόμενο ώστε να τις μελετήσετε και να σας βοηθήσουν στην κατασκευή του μοντέλου.»

- 259 ΠΕ 8: *Ναι, αλλά αυτό δεν έχει να κάνει με τα μυρμήγκια...αφού αυτό μπορούμε να το παρατηρήσουμε.*
- 260 ΠΕ 2: *Ναι... μπορούμε να παρατηρήσουμε μέρος της ζωής του μυρμηγκιού, πηγαίνοντας σε μια...οπουδήποτε κρύβονται μες το σπίτι, ξέρω γω, να δούμε τη διαδρομή που κάμνουν. Αλλά εν ναν μέρος της μυρμηγκοφωλιάς, εν θαν... οι παρατηρήσεις τούτες εν θα μας βοηθήσουν εντελώς ...*
- 261 ΠΕ 20: *ναι...όπως τες παρατηρήσεις που είχαμε για το φεγγάρι, ήταν πραγματικές παρατηρήσεις!*
-
- 264 ΠΕ 2: *ναι αλλά σκέφτου είσαι στην Κύπρο που εν να βρεις μυρμηγκοφωλιά;*
- 265 ΠΕ 20: *καλό εν εβρίσκεις! Η μάνα μου κάθε καλοκαίρι ψεκάζει την αποθήκη γιατί κάμνουν εισβολή... «Η εισβολή των λυμπούρων!»*
- 266 ΠΕ 2: *Ναι μες το σπίτι, κάμνουν τρύπες, αλλά πού να δεις να χτίσουν με άμμο τη μυρμηγκοφωλιά τους, εν τούτο που εννοώ.*
- 267 ΠΕ 8: *Μες την αυλή.*
- 268 ΠΕ 2: *Είσες στην αυλή σου καμιά φορά;*
- 269 ΠΕ 8: *Ναι.*
- 270 ΠΕ 2: *Α, που κάμνουν την πυραμίδα ναι...*
- 271 ΠΕ 8: *Αν κάμνουν πυραμίδα, κάμνουν έτσι σαν το ηφαίστειο.*
- 272 ΠΕ 2: *Ε, όπως το ηφαίστειο ναι. Αλλά πάλε εν μπορείς να δεις μέσα..πάλε εν να δεις τη διαδρομή τους. Πότε φκαίνουν πότε μπαίνουν.*

(Πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση, 27.04.07, Ομάδα 4)

Παράμετροι

12.3. Φαίνεται ότι η διαδικασία ανάπτυξης στρατηγικών για διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης πρέπει να υποστηρίζεται καταρχάς από τη διαδικασία ανάπτυξης της ικανότητας από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς,

12.4. αλλά και από δραστηριότητες που εμπεριέχουν συζήτηση σε σχέση με το θέμα που διαπραγματεύονται στη ροή του διδακτικού υλικού και η οποία να συσχετίζει τα όσα μαθαίνουν με τις τρέχουσες ερευνητικές εξελίξεις στον εκπαιδευτικό χώρο.

Η δραστηριότητα 35 εντάσσεται στις δραστηριότητες που αφορούν στον προγραμματισμό για τη διδασκαλία της ικανότητας της μοντελοποίησης, αλλά ταυτόχρονα και στην ικανότητα αξιολόγησης μοντέλων από τους εκπαιδευτικούς. Πιο συγκεκριμένα αφορά

στην ανάπτυξη κριτηρίων για αξιολόγηση δοσμένων μοντέλων μέσω του προσδιορισμού των υποκείμενων μηχανισμών από την εφαρμογή τους στα μοντέλα που οικοδομήθηκαν από άλλους. Η δραστηριότητα ήταν επιτυχημένη τόσο στο τοπικό όσο και στο εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας (Πίνακας 106).

- 17 ΠΕ 20: Μπορούμε να καταλάβουμε ότι ο μαθητής έχει λανθασμένη ιδέα της εξάτμισης.
- 18 ΠΕ 8: δαμέ...(δείχνει στο μοντέλο του μαθητή στον ΗΥ)
- 19 ΠΕ 2: Μια μια σειρά ναι...τζιαι καταλαβαίνει ότι εννεν μόνο που ούλλην την επιφάνεια αλλά...
- 20 ΠΕ 8: κάποιο μέρος;
- 21 ΠΕ 20: Κάποιο μέρος, οποιοδήποτε μέρος, που βρίσκεται προς τα πάνω, οι απαραίτητα το μέρος της επιφάνειας.
- 22 ΠΕ 8: Μα εν πάντα άμαν... (δείχνει στο μοντέλο του μαθητή στον ΗΥ)
- 23 ΠΕ 2: Ναι. Εν λαμβάνει υπόψη τους άλλους παράγοντες;
- 24 ΠΕ 8: Μεγάλη...
- 25 ΠΕ 2: το...ρεύματα αέρος..
- 26 ΠΕ 8: ηλιοφάνεια...
- 27 ΠΕ 2: Ηλιοφάνεια, επιφάνεια νερού, ναι. Πάμε να το σχολιάσουμε.
- 28 ΠΕ 8: Απλώς κρατά σταθερή τη..
- 29 ΠΕ 20: Το ρυθμό...
- 30 ΠΕ 8: Τάχα μου δαμέ κρατά σταθερή την επιφάνεια και έχει σταθερή την ηλιοφάνεια.
- 31 ΠΕ 20: Α, ναι
- 32 ΠΕ 8: αλλά..
- 33 ΠΕ 2: Αλλά δεν έχει ολοκληρωμένη εικόνα για το φαινόμενο.
- 34 ΠΕ 8: Ναι. Έσσειε φορές που κόφκει 3 τζιαι έσσειε φορές που κόφκει τούτα δαμέ τζιαι δαμέ . Μα έτσι σκέφτονται οι μαθητές; ...Ούφφου!
- 35 ΠΕ 2: Θεωρούμε δηλαδή ότι είναι στο αρχικό στάδιο της μελέτης του φαινομένου της εξάτμισης. Εν καλά που μας διά πραγματικά μοντέλα μαθητών γιατί έτσι μπορούμε να καταλάβουμε πολλά για το πώς σκέφτονται.
- 36 ΠΕ 8: Θέλει βελτίωση σίγουρα το νοητικό της και το πρακτικό της (μαθήτριας) μοντέλο.
- 37 ΠΕ 20: Η Αριάδνη βρίσκεται στα αρχικά στάδια κατανόησης του φαινομένου της εξάτμισης, αφού δε λαμβάνει υπόψη τους άλλους

παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό εξάτμισης.

- 38 ΠΕ 2: *Ναι, έχει λανθασμένη αντίληψη του φαινομένου της εξάτμισης, αφού κάθε φορά εξατμίζοταν διαφορετικός αριθμός μορίων (από 3 μέχρι 6), από ένα μέρος της επιφάνειας (και όχι από όλη).*

(Πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση, 03.05.07, Ομάδα 4)

Το παραπάνω απόσπασμα τονίζει την ανάγκη παροχής αυθεντικών δεδομένων στους ΠΕ, κάτι που πυροδοτεί εύκολα συζήτηση και βοηθά στην αποτελεσματικότερη συνεργασία και ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων. Φαίνεται ότι από μόνοι τους οι ΠΕ εκτίμησαν το γεγονός ότι το μοντέλο που μελετούσαν ήταν πραγματικό μοντέλο μαθητή (γραμμές 34, 35) και προσπάθησαν να εντοπίσουν προβλήματα κατανόησης αυτού του μαθητή σε σχέση με το φαινόμενο της εξάτμισης.

Παράμετροι

12.5. Το γεγονός ότι το εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας ανάμεσα στις ομάδες του μαθήματος στηρίχθηκε από την εντός της ομάδας συνεργασία έπαιξε σημαντικό ρόλο στην επιτυχία της δραστηριότητας, αφού οι ΠΕ της ομάδας 4 ήταν καλά προετοιμασμένοι για το θέμα μετά από τη συζήτηση που είχαν εντός της ομάδας τους.

12.6. Επιπλέον, το γεγονός ότι είχαν μπροστά τους ένα μοντέλο που είχε φτιαχτεί από μαθητή, με τα λάθη που πολύ πιθανό να περιείχε, έδωσε την ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς να εργαστούν σε περιβάλλον παρόμοιο με εκείνο της τάξης, ή εκείνο που θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν εντός μιας τάξης. Αυτό βοήθησε στο να είναι οι συζητήσεις πιο αυθεντικές και να προσομοιάζουν με συζητήσεις ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς που συνεργάζονται σε ένα σχολείο.

12.7. Σημαντικό ρόλο έπαιξε και το λογισμικό SC[®], στο οποίο παρακολούθησαν οι ΠΕ το μοντέλο. Αποτέλεσε την πλατφόρμα παρακολούθησης και επεξεργασίας του μοντέλου από τους ΠΕ.

Η δραστηριότητα 37 εντάσσεται στις δραστηριότητες που αφορούν στον προγραμματισμό για τη διδασκαλία τη ικανότητας της μοντελοποίησης, αλλά ταυτόχρονα και στις μεταγνωστικές ικανότητες των εκπαιδευτικών, στην ικανότητά τους να διαπραγματεύονται για τα έργα αξιολόγησης της μάθησης και στη συγκεκριμένη περίπτωση της ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης. Η δραστηριότητα έλαβε χώρα σε δύο επίπεδα. Στο τοπικό επίπεδο συνεργασίας, η ομάδα 4 δεν κατάφερε να πετύχει το στόχο της δραστηριότητας, αφού ετοίμασε ένα διαγνωστικό έργο που εξέταζε το περιεχόμενο του μαθήματος (ηλεκτρικά κυκλώματα μέσα από μοντέλα) και όχι την ικανότητα της μοντελοποίησης. Στο επόμενο επίπεδο, όταν η ομάδα 4 συνεργάστηκε με την ομάδα 3

έγινε συζήτηση σε σχέση με αυτό το λάθος της ομάδας 4 και επήλθε συναίνεση ως προς τι είδους έργα μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Παράμετροι

12.8. Φαίνεται ότι η δραστηριότητα αυτή ήταν επιτυχημένη λόγω του ότι συνδύαζε τα δύο επίπεδα συνεργασίας [εντός της ομάδας και ανάμεσα σε δύο ομάδες] τα οποία αλληλοϋποστηρίζονται, αλλά και γιατί

12.9. αυτή η μεταγλωσσική δραστηριότητα ήταν πρακτικής φύσης σε αντίθεση με τα μεταγνωστικά σχόλια (κεφάλαιο 6.6.1.8.), τα οποία ήταν θεωρητικής φύσης και δεν περιλάμβαναν συνεργασία με άλλες ομάδες.

Ακολουθεί σύνοψη των παραμέτρων που εντοπίστηκαν από την ανάλυση των δραστηριοτήτων του διδακτικού υλικού και που σχετίζονται με τη δημιουργία συνθηκών αποτελεσματικής συνεργασίας ανάμεσα σε ΠΕ στις ΦΕΓΓΑΡΙΟΥ σε ένα μάθημα που εφαρμόζει μικτή διαδικτυακή προσέγγιση. Εντοπίστηκαν πέντε κατηγορίες παραμέτρων (Πίνακας 125).

Πίνακας 125

Παράμετροι που Βοηθούν στην Ανάπτυξη Αποτελεσματικής Συνεργασίας

1. Παράμετροι που σχετίζονται με τα διαδικτυακά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στο μάθημα
2. Παράμετροι που σχετίζονται με την εκπαιδευτικό του μαθήματος
3. Παράμετροι που αφορούν στις ευκαιρίες για συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ
4. Παράμετροι που σχετίζονται με το διδακτικό υλικό που υλοποιήθηκε στο μάθημα
5. Παράμετροι που σχετίζονται με το υλικό που δίνεται στους ΠΕ
6. Παράμετροι που σχετίζονται με τη διευκόλυνση της διαδικασίας της μοντελοποίησης
7. Άλλοι παράμετροι

Ένας εκπαιδευτικός, που σκοπεύει να διδάξει ένα μάθημα μικτής διαδικτυακής προσέγγισης, μπορεί να μελετήσει τις παραμέτρους αυτές με σκοπό να τις ακολουθήσει για να επιτύχει την αποτελεσματικότερη εφαρμογή της συνεργασίας ανάμεσα στους μαθητές του.

Η πρώτη κατηγορία παραμέτρων σχετίζεται με τα διαδικτυακά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στο μάθημα. Αυτές οι παράμετροι αναλύονται με λεπτομέρεια στο επόμενο υποκεφάλαιο (κεφάλαιο 6.6.2.).

Μία δεύτερη κατηγορία παραμέτρων αφορά στις ενέργειες της εκπαιδευτικού, οι οποίες χρειάζεται να συνυπολογιστούν για το σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός αποτελεσματικού ως προς τη συνεργασία μαθήματος. Αυτές αφορούν:

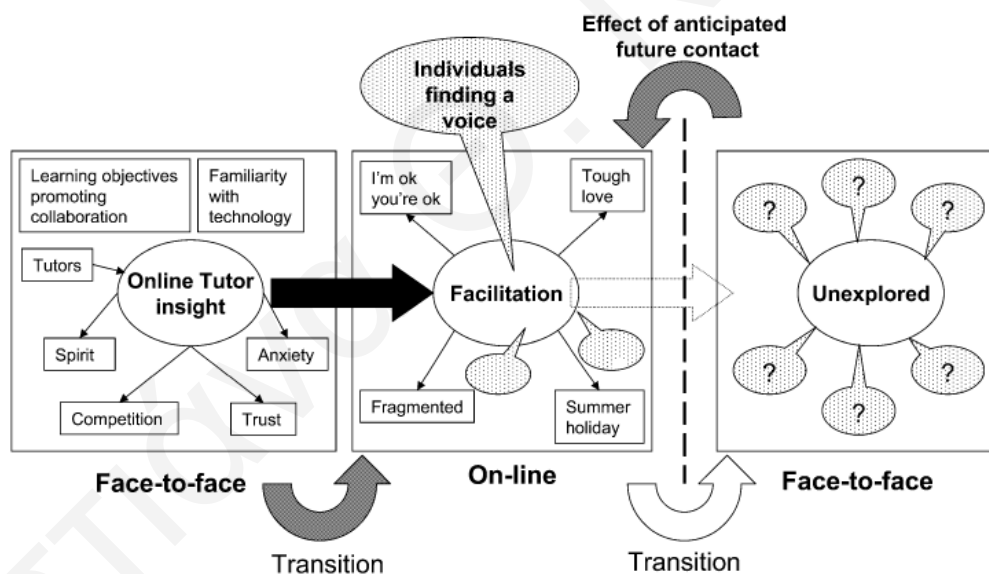
(α) στο συντονιστικό ρόλο της εκπαιδευτικού σε περιπτώσεις συνεργασίας ανάμεσα στις ομάδες είτε σε τοπικό είτε σε εξ αποστάσεως επίπεδο. Για παράδειγμα, η δραστηριότητα

25, που αφορούσε στην οικοδόμηση ενός μοντέλου με πραγματικά υλικά που να εξηγεί και τα τρία μοτίβα που εντόπισαν, καλούσε τις ομάδες να συνεργαστούν σε τοπικό επίπεδο. Κατά την υλοποίηση της δραστηριότητας φάνηκε ότι ο συντονιστικός ρόλος της εκπαιδευτικού σε αυτό το επίπεδο έπαιξε καθοριστικό ρόλο για την επιτυχία της δραστηριότητας. Η εκπαιδευτικός έθετε διευκρινιστικές ερωτήσεις ως προς το περιεχόμενο, αλλά και συντόνιζε τη συζήτηση με σκοπό την επιτυχημένη ολοκλήρωση της δραστηριότητας.

(β) στην ανάγκη φυσικής ή εικονικής παρουσίας της εκπαιδευτικού κατά την εκτέλεση των εργασιών από τις ομάδες με σκοπό τη διασφάλιση του γεγονότος ότι η ομάδα ή οι ομάδες αναπτύσσει/ουν κατανόηση σε σχέση με το περιεχόμενο της δραστηριότητας με την οποία καταπιάνεται/ονται. Αυτό πρέπει να συμβαίνει για να αποφεύγονται καταστάσεις κατά τις οποίες τα συνεργαζόμενα μέλη αναλώνονται σε μακροσκελείς διαλόγους χωρίς να κατευθύνονται προς την επιστημονική άποψη ή χωρίς να χρησιμοποιούν επιχειρήματα για να υποστηρίξουν την άποψή τους ή για να απορρίψουν άλλες απόψεις. Κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας 7.2., για παράδειγμα, οι ΠΕ της ομάδας 4 είχαν έντονη συζήτηση που στόχευε στο να καταγράψουν τρεις υποθέσεις και τρεις προβλέψεις με απώτερο σκοπό να αλληλεπιδράσουν με τις υπόλοιπες ομάδες στο Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας σε σχέση με την ορθότητά τους. Η δραστηριότητα δεν ήταν επιτυχημένη γιατί οι ΠΕ δεν είχαν καταλήξει σε ορθό ορισμό για τις διεργασίες *πρόβλεψη* και *υπόθεση*. Το πρόβλημα αυτό δε θα υπήρχε αν η εκπαιδευτικός αλληλεπιδρούσε με την ομάδα τη σωστή χρονική στιγμή, ώστε να κατευθύνει τη συζήτηση προς τους επιστημονικούς ορισμούς. Αν, λοιπόν, η εκπαιδευτικός διασφάλιζε ότι η κατανόηση της ομάδας 4 ήταν η επιστημονική σε σχέση με το περιεχόμενο της δραστηριότητας 7.2. είναι πιθανόν η συνεργασία που θα αναπτυσσόταν να ήταν υψηλής ποιότητας, εφόσον η αλληλεπίδραση τους ήταν παραγωγική αλλά όχι αποτελεσματική (Πίνακας 60).

Οι Collazos, Guerrero, Pino, Ochoa, και Stahl (Collazos, Guerrero, Pino, Ochoa, & Stahl, 2007) εντόπισαν, επίσης, τη σημασία του ρόλου του εκπαιδευτικού κατά τη συνεργατική μάθηση και τόνισαν το ρόλο του ως *γνωστικό μεσολαβητή* για τη δημιουργία συνθηκών που να προωθούν παραγωγικές αλληλεπιδράσεις. Ο ρόλος του μεσολαβητή αφορά στο να διασφαλίζει ότι συμμετέχουν όλα τα μέλη μιας ομάδας ή όλες οι ομάδες στη συζήτηση, και στο να διατηρεί την εστία της συζήτησης προς την επιστημονικά ορθή κατεύθυνση οδηγώντας τους μαθητές προς τη διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης.

Ο καταλυτικός ρόλος του εκπαιδευτικού τόσο σε μικτά διαδικτυακά περιβάλλοντα εντοπίστηκε και από τους Clouder *et al.* (2006), οι οποίοι μελέτησαν τον τρόπο που αλλάζει η δυναμική της ομάδας όταν μετακινείται από την πρόσωπο με πρόσωπο στη διαδικτυακή μορφή συνεργασίας και συνδιάλεξης με σκοπό την επίτευξη των στόχων της. Τα αποτελέσματα της έρευνας υποστηρίζουν τη σημασία ενός καλού διευκολυντή (εκπαιδευτικού) κάτι που φαίνεται και από το μοντέλο που παρουσίασαν σε σχέση με τη μικτή διαδικτυακή μάθηση (Διάγραμμα 51). Στο διάγραμμα οι ερευνητές προτείνουν τη χρήση ενός εκπαιδευτή-διευκολυντή τόσο στις πρόσωπο με πρόσωπο αλληλεπιδράσεις της ομάδας (online tutor insight), όσο και στις διαομαδικές αλληλεπιδράσεις σε διαδικτυακό επίπεδο (facilitation). Παρόμοια, ο Alpay (2005) προτείνει τη χρήση διευκολυντή (όπως για παράδειγμα ένα ηλεκτρονικό εκπαιδευτή) για έλεγχο και υποστήριξη της δυναμικής της ομάδας ως προς την επικοινωνία, τη διατήρηση των ρόλων κλπ, αλλά και για τη διεξαγωγή διαομαδικών συγκρίσεων με σκοπό την παροχή στοιχείων στην ομάδα για αυτοαξιολόγηση και για προώθηση πιο υψηλών επιπέδων κατανόησης και γνώσης (Salmon, 2000).



Διάγραμμα 51. Το Μοντέλο των Clouder *et al.* (2006) σε σχέση με τους Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Δυναμική της Ομάδας σε Μικτό Διαδικτυακό Μαθησιακό Περιβάλλον

Άλλες παράμετροι που εντοπίστηκαν αφορούν στις ευκαιρίες που δίνονται στους ΠΕ για συνεργασία εντός της τάξης ή διαδικτυακά. Η ανάλυση των δεδομένων από τις συζητήσεις των ΠΕ σε τοπικό επίπεδο (συνεργασία εντός της ομάδας ή ανάμεσα στις ομάδες στην τάξη) ή σε εξ αποστάσεως επίπεδο (συνεργασία μεταξύ των ΠΕ ή ανάμεσα στις ομάδες μέσω του Εργαλείου Ασύγχρονης Επικοινωνίας) έδειξε ότι ένας παράγοντας που βοηθά στην προώθηση συνθηκών αποτελεσματικής συνεργασίας αφορά στο συνδυασμό των επιπέδων συνεργασίας. Για παράδειγμα, η ανάλυση των δεδομένων από τις οπτικογραφημένες συζητήσεις των ΠΕ υπέδειξε δραστηριότητες που ήταν επιτυχημένες

λόγω του ότι εμπεριείχαν (α) συνεργασία εντός της ομάδας στο τοπικό επίπεδο αλλά και ανάμεσα στις ομάδες σε τοπικό επίπεδο (δραστηριότητα 37), (β) συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ μίας ομάδας στο εξ αποστάσεως επίπεδο (δραστηριότητα 2.1.) σε συνδυασμό με συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ σε τοπικό επίπεδο (δραστηριότητα 2.2.), (γ) συνεργασία ανάμεσα στους ΠΕ μίας ομάδας στο εξ αποστάσεως επίπεδο (δραστηριότητα 2.1.) σε συνδυασμό με συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες στο εξ αποστάσεως επίπεδο (δραστηριότητα 2.4.). Φάνηκε ότι το ένα εκ των δύο επιπέδων συνεργασίας δρα υποστηρικτικά ως προς το άλλο και συνεπώς προωθείται υψηλής ποιότητας συνεργασία. Η ανάγκη για συνδυασμό δύο ή περισσότερων επιπέδων συνεργασίας εντοπίστηκε και σε περιπτώσεις όπου συγκεκριμένες δραστηριότητες δεν ήταν επιτυχημένες. Για παράδειγμα, η δραστηριότητα 13 καλούσε τους ΠΕ να συνεργαστούν στο εξ αποστάσεως επίπεδο μέσω του ΕΠΜ. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η συνεργασία ανάμεσα στις ομάδες στο ΕΠΜ ήταν ελλιπής και χαμηλής ποιότητας λόγω του ότι δεν υπήρξε σωστή προεργασία εντός της ομάδας, ώστε να καταλήξει σε μία συναινετική λύση που να ικανοποιεί όλα τα μέλη. Η εκφώνηση της δραστηριότητας καλούσε τις ομάδες να συζητήσουν με τις υπόλοιπες σε σχέση με το τι μετρά ως έγκυρη εξήγηση, και όχι να εργαστούν αρχικά εντός της ομάδας τους έχοντας συγκεκριμένο έργο και ακολούθως να διαπραγματευτούν με άλλες ομάδες.

Επιπλέον, είναι καλό να αναπτυχθούν εντός της τάξης ή εντός του ΕΠΜ συνθήκες κατά τις οποίες οι ΠΕ να νιώθουν ελεύθεροι να συνεργαστούν είτε καλούνται να το κάνουν μέσω του διδακτικού υλικού είτε γιατί προκύπτει ανάγκη από τους ίδιους. Είναι καλό η εκπαιδευτικός να επιτρέπει στους ΠΕ να ζητούν βοήθεια από τις υπόλοιπες ομάδες ή από την ίδια ανά πάσα στιγμή στη ροή του μαθήματος, ή να δίνεται η ευκαιρία αξιολόγησης της εργασίας άλλων ομάδων από άλλη ομάδα στην τάξη χωρίς αυτό να περιλαμβάνεται κατ' ανάγκη στις απαιτήσεις των δραστηριοτήτων.

Μία άλλη ομάδα παραγόντων που χρειάζεται να λάβει υπόψη του οποιοσδήποτε θέλει να αναπτύξει ένα μάθημα μικτής διαδικτυακής προσέγγισης είναι *η δομή και το περιεχόμενο του διδακτικού υλικού* που θα υλοποιηθεί. Στην παρούσα έρευνα, οι ΠΕ καθοδηγούνταν από δύο πακέτα διδακτικού υλικού (βλέπε κεφάλαια 4.5.1. και 4.5.2. για εκτενή περιγραφή των δύο πακέτων). Συνολικά και τα δύο πακέτα διδακτικού υλικού κρίθηκαν επιτυχημένα ως προς την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης (βλέπε κεφάλαιο 5.1.) αλλά και υποστηρικτικά ως προς την ανάπτυξη συνεργασίας σε διαφορετικά επίπεδα. Παρόλα αυτά εντοπίστηκαν συγκεκριμένα σημεία στη ροή του μαθήματος, όπου το διδακτικό υλικό

αποτελέσσε αρνητική παράμετρο λόγω ελλιπούς σχεδιασμού συγκεκριμένων δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα, συγκεκριμένη δραστηριότητα (7.3.) αφορούσε στην οικοδόμηση λειτουργικού ορισμού των διεργασιών υπόθεση και πρόβλεψη στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας. Από σχεδιαστικό λάθος της δραστηριότητας δε ζητήθηκε από τους ΠΕ να αλληλεπιδράσουν με τις υπόλοιπες ομάδες σε αυτό το μέρος της δραστηριότητας. Συνεπώς, οι ΠΕ απλώς κατέγραψαν τις απόψεις τους χωρίς να αλληλεπιδράσουν, γεγονός που οδήγησε σε αποτυχία της δραστηριότητας. Επιπλέον, φάνηκε ότι υπάρχει ένα κενό στο διδακτικό υλικό σε σχέση με την αντιμετώπιση των μεταγνωστικών σχολίων από την κάθε ομάδα. Η έρευνα υποστηρίζει ότι η συνεργατική μάθηση, κατά την οποία εξωτερικεύονται οι διαδικασίες της σκέψης υπό τη μορφή κοινής συζήτησης παρέχει στο άτομο πρόσβαση στις διαδικασίες σκέψης των άλλων συμμετεχόντων και συνεπώς υποστηρίζει την ανάπτυξη των μεταγνωστικών ικανοτήτων του ατόμου (Lehtinen *et al.*, 1998). Αυτό, όμως, δεν υπαινίσσεται ότι θα υπάρξει ανάπτυξη και στις μεταγνωστικές ικανότητες της ομάδας ως σύνολο, κάτι που μάλλον απαιτεί εκπαίδευση μέσω συγκεκριμένων δραστηριοτήτων.

Άλλη μια ομάδα παραμέτρων, που χρειάζεται να ληφθεί υπόψη, αφορά στα υλικά που δίνονται στα άτομα κατά τη ροή των δραστηριοτήτων, όπως μοντέλα προς επεξεργασία, δεδομένα προς μελέτη, πραγματικά υλικά για κατασκευή μοντέλων, έντυπα που συνοδεύουν τα μοντέλα κλπ. Για την επιτυχία δραστηριοτήτων που αφορούν σε επεξεργασία εννοιολογικών μοντέλων κρίνεται απαραίτητο να παρέχονται αλληλοσυγκρουόμενα μοντέλα προς συζήτηση, ώστε να πυροδοτείται εύκολα συζήτηση, εφόσον κάποια άτομα θα υποστηρίζουν το ένα μοντέλο και κάποια το άλλο. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η ανταλλαγή επιχειρημάτων με σκοπό την αποδοχή από την ομάδα του ενός ή του άλλου μοντέλου (δραστηριότητα 26). Επιπλέον, η χρήση πολλαπλών τρόπων κατασκευής μοντέλων θεωρείται σημαντική παράμετρος για την επιτυχία δραστηριοτήτων μοντελοποίησης. Συγκεκριμένα, πέραν του υπολογιστικού μοντέλου που ανέπτυξε κάθε ομάδα στο πρόγραμμα SC[®], οι ΠΕ κλήθηκαν να κατασκευάσουν το μοντέλο τους και με πραγματικά υλικά, κάτι που τους βοήθησε να συνοψίσουν τα όσα έμαθαν μέχρι εκείνη τη δραστηριότητα με διαφορετικό τρόπο, γεγονός που ενήργησε ευεργετικά για αυτούς (δραστηριότητα 25). Τέλος, σημαντικός φαίνεται να είναι ο ρόλος που διαδραμάτισαν τα Έντυπα Κωδικοποίησης Μοντέλου που έπρεπε να συμπληρώνουν οι ΠΕ κατά την κατασκευή του μοντέλου και τα Έντυπα Αξιολόγησης Μοντέλου που έπρεπε να συμπληρώνουν κατά την αξιολόγηση ενός μοντέλου. Αναλυτική περιγραφή των

εντύπων αυτών ως παράμετρο που βοηθά στην ανάπτυξη αποτελεσματικής συνεργασίας γίνεται στο κεφάλαιο 6.5.3.

Πέραν των παραμέτρων που αφορούν στο φαινόμενο προς μοντελοποίηση, εντοπίστηκαν και κάποιες παράμετροι που αφορούν στη διευκόλυνση της διαδικασίας της μοντελοποίησης. Για παράδειγμα, είναι πολύ βοηθητικό οι κατασκευαστές των μοντέλων να εντοπίζουν μοτίβα μέσα από αυθεντικά δεδομένα και αργότερα να τα ιεραρχούν με σκοπό να ασχολούνται με κάποια από αυτά, για να μπορέσουν να εμβαθύνουν και να μην χάνουν το στόχο τους. Μία άλλη σημαντική παράμετρος που χρειάζεται να λαμβάνεται υπόψη κατά την αξιολόγηση των μοντέλων είναι το να δίνονται μοντέλα που να ασχολούνται με οικεία θέματα προς τους αξιολογητές. Επιπλέον, είναι σημαντικό να καθορίζεται από πριν το συγκείμενο της αξιολόγησης (κριτήρια αξιολόγησης κλπ). Για παράδειγμα, η δραστηριότητα 16 αφορούσε συγκεκριμένα στην αξιολόγηση του υποκείμενου μηχανισμού υλοποίησης μίας υπόθεσης στο συγκεκριμένο μοντέλο και όχι γενική αξιολόγηση του μοντέλου, όπως οι δραστηριότητες 17 και 18, πιθανό να είναι η παράμετρος που διαφοροποίησε την αποτελεσματικότητα της δραστηριότητας.

Τέλος, κάποιες παράμετροι ήταν γενικότεροι και αφορούσαν στο να διασφαλιστεί ότι:

1. δίνεται η απαραίτητη σημασία από την ομάδα κατά την αξιολόγηση ενός μοντέλου
2. δίνεται ο απαραίτητος χρόνος από την ομάδα κατά την αξιολόγηση ενός μοντέλου
3. γίνεται σύνδεση με προηγούμενη διδασκαλία ή άλλους στόχους του μαθήματος
4. παρουσιάζονται αυθεντικά δεδομένα (εργασίες μαθητών) ως κέντρο της συζήτησης

6.6.2. Αξιοποίηση των διάφορων τεχνολογικών εργαλείων για προώθηση των μαθησιακών επιδιώξεων στα διάφορα επίπεδα συνεργασίας.

Για την προώθηση των μαθησιακών επιδιώξεων του μαθήματος που μελετάται στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν τρία διαδικτυακά εργαλεία, το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας, το Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών και το Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας^{xli}. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν το λογισμικό SC[®] και το βίντεο. Ακολουθεί συζήτηση σε σχέση με το πώς το κάθε ένα από αυτά τα εργαλεία συμβάλλει στην προώθηση των μαθησιακών επιδιώξεων στα διαφορετικά επίπεδα συνεργασίας (τοπικό επίπεδο ή εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας).

^{xli} Το Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας (ΕΣΕ) χρησιμοποιήθηκε για δραστηριότητες ανεξάρτητες από το διδακτικό υλικό που εφαρμόστηκε από τους ΠΕ και σε χρόνο πέραν του καθορισμένου για το μάθημα. Οι παράμετροι που σχετίζονται με αυτό το εργαλείο παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 6.5.1. και δεν παρουσιάζονται ξανά σε αυτό το κεφάλαιο.

Το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο καταγραφής των παρατηρήσεων που γίνονται σε ατομικό επίπεδο ή ως εργαλείο καταγραφής των παρατηρήσεων σε επίπεδο ομάδας. Επιπλέον, και ως επέκταση του προηγούμενου, αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο στήριξης της μελέτης των απόψεων ενός ή περισσότερων μελών της ομάδας ή άλλων ομάδων. Τέλος, είναι χρήσιμο αν χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο που να στηρίζει τη συνεργασία σε εξ αποστάσεως επίπεδο. Μπορεί να γίνει δηλαδή η πλατφόρμα μέσω της οποίας οι ομάδες των ΠΕ συνεργάζονται όχι σε τοπικό επίπεδο, αλλά από απόσταση, μέσω του ΕΠΜ. Ως τέτοιο, μπορεί να στηρίζει ή να συνδυαστεί με άλλα επίπεδα συνεργασίας (συνεργασία εντός της ομάδας ή συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες σε τοπικό επίπεδο, εντός της τάξης).

Σε δραστηριότητες που αφορούν *καταγραφή παρατηρήσεων* ή *οικοδόμηση λειτουργικού ορισμού νέας έννοιας*, το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας είναι καλό να χρησιμοποιείται ως εργαλείο καταγραφής των παρατηρήσεων του ατόμου ή της ομάδας αντίστοιχα, κάτι που βοηθά στη δέσμευση του ατόμου ή της ομάδας ως προς την άποψή του/της. Η καταγραφή των απόψεων φέρνει στην επιφάνεια ιδέες για τις οποίες το κάθε άτομο ή η κάθε ομάδα που τις εκφράζει δεσμεύεται (Tamir, 1990; Wood Daudelin, 1996). Αυτό συνεπάγεται ότι σε περίπτωση που αυτές οι ιδέες αλλάξουν, γίνεται κατανοητό ότι επήλθε αλλαγή και συνεπώς μάθηση. Σε περιπτώσεις όπου τα άτομα ή οι ομάδες δε δεσμεύονται με την καταγραφή των απόψεών τους και συνεπώς εκφράζονται μόνο προφορικά δεν υπάρχει συνείδηση της μάθησης που επιτελείται. Η καταγραφή των ιδεών της ομάδας στο σύστημα διασφαλίζει, επίσης, ότι οι ομάδες συνεισφέρουν άμεσα στο μαθησιακό περιβάλλον της τάξης, το οποίο προσφέρει με τη σειρά του κίνητρο για συμμετοχή και πρακτική εξάσκηση. Επιπλέον, αυτή η διαδικασία κάνει τις ιδέες όλων προσβάσιμες προς όλους. Σε μία έρευνα των Richard, Ruth, Davis, Natalie, Craig, και Valentin (2007) 18 από τους 19 φοιτητές που συμμετείχαν δήλωσαν ότι η καταγραφή των απόψεών τους στις δραστηριότητες είχε θετική επίδραση στη μάθησή τους. Αυτό είναι πιθανό να συμβαίνει γιατί μπορούν τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας ή οι υπόλοιπες ομάδες της τάξης να έχουν πρόσβαση στις ιδέες των άλλων και συνεπώς να τις μελετήσουν με σκοπό είτε να ασκήσουν κριτική είτε να εμπλουτίσουν τις δικές τους απαντήσεις. Οι συμμετέχοντες εκτιμούν ιδιαίτερα την ελευθερία που δίνεται από το σύστημα για πρόσβαση στις απόψεις των υπολοίπων και θεωρούν τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης αυτής της μορφής που προσφέρει το σύστημα ιδιαίτερα αποτελεσματική για τη δική τους μάθηση.

Πέρα από αυτές τις δύο κατηγορίες δραστηριοτήτων, το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως χώρος καταγραφής απόψεων στο πλαίσιο *δραστηριοτήτων αξιολόγησης μοντέλου*. Και σε αυτή την περίπτωση κρίνεται αναγκαίο οι φοιτητές να έχουν καταγεγραμμένη την άποψή τους, ώστε να μπορούν να στηριχθούν σε αυτή ή να την υπερασπιστούν κατά την περαιτέρω συζήτηση που θα εξελιχθεί κατά τη συνεργασία ανάμεσα στην ομάδα ή ανάμεσα στις ομάδες. Το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας βοηθά στο να υπάρχει η άποψη της κάθε ομάδας ή του κάθε ατόμου καταγεγραμμένη και στη διάθεση των υπολοίπων προς κριτική. Όταν ένα άτομο ή μια ομάδα γράφει και αναθεωρεί ένα κείμενο ή ένα μοντέλο σε συνεργασία με ένα άλλο άτομο ή μια άλλη ομάδα, παρατηρείται βελτίωση στις ικανότητες και των δύο, γιατί το κάθε συνεργαζόμενο μέλος μπορεί να αναλάβει, σε διαφορετικές στιγμές της διαδικασίας, το ρόλο του κατασκευαστή ή του αξιολογητή και αντίστροφα (Lehtinen et al., 1998; Zammuner, 1995). Συνεπώς, ως τέτοιο, το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας μπορεί να βοηθήσει τους μαθηστές να κινηθούν στα ανώτατα σημεία της *Ζώνης Δυνατής Ανάπτυξης* (Vygotsky, 1978), καθώς επίσης και να βοηθήσει την εφαρμογή της έννοιας της *υποστήριξης (scaffolding)* των μαθηστών από άλλους συμμαθητές τους (Bruner, 1978).

Εδώ αξίζει να σημειώσουμε δύο σημαντικά σχεδιαστικά πλεονεκτήματα του μαθήματος σε σχέση με τις δραστηριότητες που αφορούν αξιολόγηση των κατασκευασμάτων που οικοδομήθηκαν από τους ΠΕ στην πορεία του μαθήματος:

(α) η οικοδόμηση του μοντέλου δε γινόταν σε ατομικό επίπεδο, αλλά σε ομαδικό. Αυτό ενισχύεται από την υπόθεση ότι *δύο κεφάλια σκέφτονται καλύτερα από ένα* και υποστηρίζεται από τη Zammuner (1995), η οποία συνέκρινε τον ατομικό και το συνεργατικό τρόπο ανάπτυξης και αξιολόγησης γραπτών κειμένων. Σύμφωνα με αυτή την ερευνητρια, τα κείμενα που αναπτύχθηκαν συνεργατικά περιλαμβάνουν υψηλότερη ποιότητα ως προς το ότι έχουν μεγαλύτερη έκταση, έχουν λιγότερα λάθη και έχουν καλύτερη δομή, γλωσσικό στυλ και αποδοτικότερη περιγραφή των χαρακτήρων.

(β) η αξιολόγηση των μοντέλων που οικοδομούσε η κάθε ομάδα δε γινόταν μόνο από την ίδια την ομάδα, αλλά κυρίως από τις υπόλοιπες ομάδες του μαθήματος. Αυτός φαίνεται να ήταν και ο λόγος για την επιτυχία των δραστηριοτήτων αξιολόγησης μοντέλων, η διαφορετική προοπτική ως προς το οικοδόμημα. Όταν η βελτίωση γίνεται από τον ίδιο τον κατασκευαστή του οικοδομήματος (ή την κατασκευάστρια ομάδα), είναι λιγότερες οι πιθανότητες να συμβεί αλλαγή στην προοπτική, λόγω του ότι αυτός (ή αυτή η ομάδα)

μπορεί να συνδεθεί με το οικοδόμημά του συναισθηματικά και γνωστικά. Η άλλη ομάδα μπορεί να δει καθαρότερα τι χρειάζεται να αλλάξει στο οικοδόμημα (Zammuner, 1995).

Επιπλέον, η ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τις συζητήσεις που έλαβαν χώρα εντός της τάξης και εντός του ΕΠΜ, έδειξε ότι οι δραστηριότητες είναι επιτυχημένες όταν το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας χρησιμοποιείται για ανταλλαγή απόψεων ανάμεσα στις ομάδες (εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας ανάμεσα σε ομάδες) και συνδυάζεται ταυτόχρονα και με συνεργασία σε άλλο επίπεδο (π.χ. τοπικό επίπεδο συνεργασίας ανάμεσα στα μέλη μιας ομάδας). Πιο συγκεκριμένα, το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας είναι καλό να χρησιμοποιείται ως πλατφόρμα ανταλλαγής απόψεων και συνεργασίας ανάμεσα σε ομάδες φοιτητών. Ως τέτοιο είναι καλό να χρησιμοποιείται σε δραστηριότητες ερμηνείας δεδομένων και επεξήγησης βάσει δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, δραστηριότητες που αφορούν σε διατύπωση υποθέσεων, ταξινόμηση δηλώσεων ως συγκεκριμένες έννοιες ή εντοπισμό έγκυρων εξηγήσεων είναι καλό να περιλαμβάνουν το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας ως πλατφόρμα ανταλλαγής απόψεων, αλλά όχι μόνο του ή καλύτερα, όχι αποκομμένο από άλλα επίπεδα συνεργασίας. Οι δραστηριότητες του διδακτικού υλικού που εντάσσονται στα είδη δραστηριοτήτων που προαναφέρθηκαν αφορούσαν κυρίως συνεργασία σε τοπικό επίπεδο εντός της ομάδας (δραστηριότητα 7.1.) και σε εξ αποστάσεως επίπεδο (δραστηριότητα 10.3. και 12.3.) ανάμεσα στις ομάδες. Στην πρώτη περίπτωση, η δραστηριότητα χρειαζόταν ενίσχυση από το Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας στο εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η δραστηριότητα χρειαζόταν ενίσχυση από το τοπικό επίπεδο συνεργασίας (συνεργασία εντός της ομάδας). Δραστηριότητες που αφορούν συζήτηση γύρω από επιστημονικές έννοιες ή διεργασίες είναι σημαντικό να διεκπεραιώνονται σε πολλαπλά επίπεδα συνεργασίας, ώστε να επιτρέπουν στους συμμετέχοντες να εκφράζουν τις απόψεις τους σε όποιο από τα επίπεδα συνεργασίας νιώθουν πιο ελεύθεροι ή πιο έτοιμοι να το κάνουν. Οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στο τοπικό επίπεδο συνεργασίας (*κατηγορία: διατύπωση υποθέσεων*) χρειάζεται να ενισχύονται από το εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας. Χρειάζεται δηλαδή να εντάσσεται δραστηριότητα που να περιλαμβάνει διαπραγμάτευση των απόψεων της ομάδας με αυτές άλλων ομάδων στο εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας

Εκτός από τις δραστηριότητες που σχετίζονται με ερμηνεία δεδομένων και επεξήγηση με τη χρήση δεδομένων, το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας ενισχύει την αποτελεσματικότητα δραστηριοτήτων που εμπεριέχουν *επιστημονική συζήτηση*. Και σε

αυτή την περίπτωση φαίνεται ότι το εργαλείο αυτό δεν μπορεί από μόνο του να αποτελέσει παράμετρο που βοηθά στην επιτυχημένη έκβαση των δραστηριοτήτων. Αυτό που φαίνεται να είναι σημαντικό σε τέτοιας μορφής δραστηριότητες είναι ο συνδυασμός των διαφορετικών επιπέδων συνεργασίας εντός μίας δραστηριότητας, γεγονός που κάνει ευκολότερη τη διαδικασία κατανόησης των μελών της ομάδας. Αυτό μπορεί να συμβαίνει γιατί το κάθε άτομο έχει πολλαπλές ευκαιρίες επίλυσης αποριών ή οικοδόμησης νοήματος. Είναι πιθανό να κατανοήσει κάτι είτε σε αλληλεπίδραση με άλλα μέλη της ομάδας του (εντός της ομάδας), με άλλες ομάδες ή με την εκπαιδευτικό. Η ανάγκη συνδυασμού των διάφορων επιπέδων συνεργασίας φάνηκε σε περιπτώσεις όπου οι δραστηριότητες που ζητούσαν συνεργασία σε ένα μόνο επίπεδο. Στις περισσότερες από αυτές τις περιπτώσεις (π.χ. δραστηριότητα 13) η αλληλεπίδραση των ομάδων μέσω του εργαλείου ανταλλαγής συνεισφορών δεν μπόρεσε να υποστηρίξει υψηλής ποιότητας συνεργασία, αφού χρειάζεται στήριξη από αλληλεπίδραση που θα προηγηθεί και θα λάβει χώρα εντός της ομάδας, με σκοπό να υπάρξει επεξεργασία των ιδεών των μελών της ομάδας και πιθανή συμφωνία ανάμεσα στα μέλη της ομάδας σε τοπικό επίπεδο συνεργασίας.

Η ανάγκη συνδυασμού των διαφορετικών επιπέδων συνεργασίας εντοπίστηκε και από τους Puntambekar, Nagel, Hübscher, Guzdial, και Kolodner (1997), οι οποίοι μελέτησαν τη σύγχρονη ενδοομαδική (Intra-group) υποστηριζόμενη (scaffolded) συνεργασία σε τοπικό επίπεδο (χωρίς ηλεκτρονικούς υπολογιστές) και τη διαομαδική (Inter-group) ασύγχρονη συνεργασία με λιγότερη υποστήριξη μέσω ενός υπολογιστικού εργαλείου. Οι ερευνητές εντόπισαν ότι οι δύο τύποι συνεργατικών περιβαλλόντων οδήγησαν σε διαφορετικά επίπεδα γνώσης. Το τοπικό επίπεδο συνεργασίας οδήγησε σε βαθύτερο επίπεδο γνώσης περιεχομένου. Από την άλλη το εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας οδήγησε σε βαθύτερη κατανόηση σε σχέση με διαδικαστικά και σχεδιαστικά θέματα. Κανένα από τα σετ των δραστηριοτήτων (εντός της ομάδας και ανάμεσα στις ομάδες) δεν ήταν επαρκές για να προωθήσει ολοκληρωμένη ανάπτυξη του θέματος που απασχολούσε τους μαθητές και συνεπώς προτείνουν την ταυτόχρονη χρήση τους με σκοπό το ένα να συμπληρώνει το άλλο. Για να μπορεί να είναι επιτυχημένος αυτός ο συνδυασμός επιπέδων συνεργασίας, είναι αναγκαίο το μάθημα στο οποίο λαμβάνει χώρα να εφαρμόζει μικτή διαδικτυακή διδασκαλία και μάθηση, κάτι που συχνά περιλαμβάνει σύγχρονες και ασύγχρονες συζητήσεις (Harasim, 2000). Ο συνδυασμός των πρόσωπο με πρόσωπο και των διαδικτυακών συζητήσεων σε ένα πανεπιστημιακό μάθημα παρέχουν ένα ανώτερο μαθησιακό περιβάλλον σε σύγκριση με την παραδοσιακή αλληλεπίδραση στην τάξη (Althaus, 1997).

Για δραστηριότητες οικοδόμησης, αξιολόγησης και βελτιωτικής ρύθμισης μοντέλου και αξιολόγησης συμφοιτητών (αξιολόγηση των κατασκευασμάτων που οικοδόμησαν συμφοιτητές) είναι αναγκαία η χρήση του κατάλληλου λογισμικού, το οποίο να αποτελεί πλατφόρμα παρακολούθησης, επεξεργασίας, οικοδόμησης και βελτιωτικής ρύθμισης μοντέλου. Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε το **λογισμικό Stagecast Creator®**. Η χρήση του προαναφερόμενου λογισμικού έγινε είτε κατά τη συνεργασία των μελών μιας ομάδας σε τοπικό επίπεδο (δραστηριότητες οικοδόμησης μοντέλου ή αυτοαξιολόγησης μοντέλου) είτε κατά τη συνεργασία ομάδων σε τοπικό επίπεδο (οικοδόμηση και επεξεργασία μοντέλου), είτε κατά τη συνεργασία ομάδων σε εξ αποστάσεως επίπεδο (βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου).

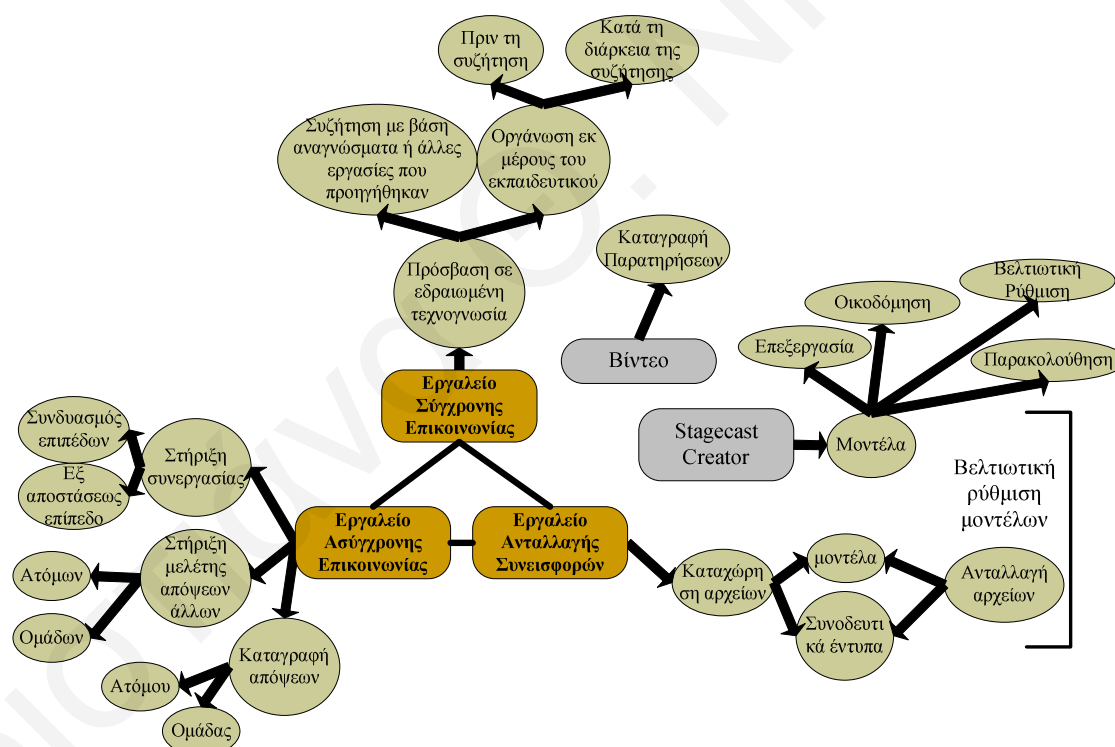
Επιπλέον, το λογισμικό SC® είναι καλό να χρησιμοποιείται και σε δραστηριότητες που αφορούν επεξεργασία εννοιολογικού μοντέλου. Τα εννοιολογικά μοντέλα μπορούν να εκφραστούν με διάφορους τρόπους όπως πραγματικά αντικείμενα, λόγια, σχέδιο, κλπ. Σε περιπτώσεις όπου ένα άτομο ή μια ομάδα χρειάζεται να παρακολουθήσει και να επεξεργαστεί ένα εννοιολογικό μοντέλο είτε τοπικά είτε εξ αποστάσεως είναι πιο λειτουργικό το μοντέλο να είναι υπολογιστικό, γεγονός που βοηθά στη γρηγορότερη και ευκολότερη επεξεργασία του. Είναι ευκολότερο για παράδειγμα να τρέξει πολλαπλές φορές ένα υπολογιστικό μοντέλο, παρά οποιασδήποτε άλλης μορφής μοντέλο. Παρακολούθηση και επεξεργασία μοντέλου με σκοπό την αξιολόγησή του είναι δυνατό να απαιτείται και από ένα εκπαιδευτικό. Σε τέτοιας μορφής δραστηριότητες (δραστηριότητες προγραμματισμού της διδασκαλίας) οι εκπαιδευτικοί υποβοηθούνται αν το μοντέλο που έχουν να αξιολογήσουν, και που οικοδομήθηκε από μαθητές, είναι υπολογιστικό, διότι μπορούν ευκολότερα να κατανοήσουν τη λογική με την οποία κατασκευάστηκε το μοντέλο και συνεπώς να προσδιορίσουν το μηχανισμό που εφάρμοσαν για να εξηγήσουν οι μαθητές το φαινόμενο.

Πέρα από το λογισμικό, **το Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών** (βλέπε κεφάλαιο 6.5.3. για εκτενή αναφορά στις παραμέτρους που συντείνουν στην αποτελεσματική χρήση αυτού του εργαλείου) αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την ολοκλήρωση του μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης. Συγκεκριμένα για δραστηριότητες που αφορούν στη βελτιωτική ρύθμιση μοντέλων, ομάδα δραστηριοτήτων που απαιτεί ανταλλαγή μοντέλων ανάμεσα στους φοιτητές με σκοπό την αξιολόγηση, ώστε να προταθούν σημεία των μοντέλων που χρήζουν βελτίωσης, το Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών μπορεί να αποτελέσει την

πλατφόρμα στην οποία οι φοιτητές θα μπορέσουν να ανεβάσουν τα μοντέλα τους και τα συνοδευτικά έντυπα, να κατεβάσουν τα μοντέλα που οικοδομήθηκαν από άλλες ομάδες για να τα αξιολογήσουν και να μελετήσουν ίσως τεχνικές και κανόνες που χρησιμοποίησαν άλλες ομάδες για να οικοδομήσουν παρόμοια μοντέλα με τα δικά τους.

Για δραστηριότητες που αφορούν σε *καταγραφή παρατηρήσεων* μία σημαντική παράμετρος θεωρείται ο τρόπος πρόσβασης των ατόμων στο φαινόμενο προς παρακολούθηση. Σε περιπτώσεις όπου είναι δύσκολη η άμεση πρόσβαση στο φαινόμενο (π.χ. θαλάσσια ζωή) είναι καλό τα άτομα να έχουν πρόσβαση στο φαινόμενο μέσω **βίντεο**, κάτι που τους δίνει αμεσότητα και αποτελεί ουσιαστικά το πλησιέστερο μέσο προς την πραγματικότητα.

Το Διάγραμμα 52 συνοψίζει τους τρόπους που τα προαναφερόμενα τεχνολογικά εργαλεία του μαθήματος χρησιμοποιήθηκαν για την προώθηση των μαθησιακών επιδιώξεων.



Διάγραμμα 52. Τεχνολογικά εργαλεία για προώθηση των μαθησιακών επιδιώξεων στα διάφορα επίπεδα συνεργασίας.

Ο Πίνακας 126 παρουσιάζει τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε είδος δραστηριότητας στα διαφορετικά επίπεδα συνεργασίας. Στο τοπικό επίπεδο συνεργασίας φαίνεται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας ως εργαλείο καταγραφής της απάντησης της ομαδικής συναινετικής άποψης. Επιπλέον, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί το εργαλείο SC[®] ως πλατφόρμα παρακολούθησης ή οικοδόμησης, αξιολόγησης και βελτιωτικής ρύθμισης ενός μοντέλου. Είναι σημαντικό να

σημειωθεί ότι στο τοπικό επίπεδο συνεργασίας και συγκεκριμένα κατά τη συνεργασία ανάμεσα σε ομάδες δεν υπάρχει ανάγκη χρήσης συγκεκριμένων διαδικτυακών εργαλείων για να επιτευχθεί αποτελεσματική διδασκαλία. Τέλος, στο εξ αποστάσεως επίπεδο συνεργασίας ανάμεσα στις ομάδες μπορεί να χρησιμοποιηθεί το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας ως μέσο ανταλλαγής απόψεων ανάμεσα σε ομάδες, αλλά μόνο όταν η συνεργασία συνδυαστεί ορθά με τα προηγούμενα επίπεδα συνεργασίας. Μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί το Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών και το Λογισμικό SC[®] για δραστηριότητες μοντελοποίησης και το Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας ως πλατφόρμα ανταλλαγής απόψεων ανάμεσα στους συμμετέχοντες.

Πίνακας 126

Εργαλεία που Χρησιμοποιήθηκαν στα Διαφορετικά Επίπεδα Συνεργασίας

Είδη δραστηριοτήτων	Επίπεδο συνεργασίας		Εξ αποστάσεως επίπεδο ανάμεσα σε ομάδες ή άτομα
	Τοπικό επίπεδο Εντός μιας ομάδας	Ανάμεσα σε ομάδες	
1. Επεξεργασία εννοιολογικού μοντέλου	SC		
2. Μέτρηση			
3. Λειτουργικός Ορισμός νέας έννοιας	EAE-καταγραφή		
4. Καταγραφή παρατηρήσεων	EAE-καταγραφή Βίντεο		
5. Δραστηριότητες μοντελοποίησης ή προσομοίωσης			
5.1. Οικοδόμηση μοντέλου	SC		
5.2. Βελτιωτική ρύθμιση μοντέλου	SC		EAS SC
5.3. Αξιολόγηση ή αυτοαξιολόγηση μοντέλου	EAE-καταγραφή SC		EAE SC
6. Αξιολόγηση συμφοιτητών	SC		EAS
7. Επεξήγηση βάσει δεδομένων και ερμηνεία δεδομένων. Διατύπωση υποθέσεων			
7.1. Ταξινόμηση δηλώσεων ως συγκεκριμένες έννοιες			
7.2. Εντοπισμός μοτίβων μέσα από δεδομένα			
7.3. Εντοπισμός έγκυρων εξηγήσεων			EAE-ανταλλαγή απόψεων
7.4. Διατύπωση υποθέσεων			
8. Επιστημονική Συζήτηση/συνδιάλεξη			EAE
9. Προγραμματισμός, έλεγχος και μεταγνώση			
10. Πρόσβαση σε ειδικούς ή συζήτηση για εδραιωμένη γνώση			ESE
11. Σύνθεση και ανάπτυξη ενός επιχειρήματος			
12. Προγραμματισμός για διδασκαλία			EAE SC

Συμπεράσματα

Η ανάγκη για ένταξη της διδασκαλίας της ικανότητας της μοντελοποίησης στα Αναλυτικά Προγράμματα όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης προβάλλει μέσα από αναφορές για τις προτεραιότητες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τις μεταρρυθμιστικές τάσεις που επικρατούν στην εκπαίδευση (Duschl *et al.*, 2007; NRC, 1996). Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης από μαθητές Δημοτικής Εκπαίδευσης (Louca, Druin, Hammer, & Dreher, 2003; Penner *et al.*, 1997), Μέσης Εκπαίδευσης (Schwarz & White, 2005), Ανώτατης Εκπαίδευσης (Schwarz & Gwekwerere, 2007) ή εκπαιδευτικούς (Henze, Van Driel, & Verloop, 2007; Justi & van Driel, 2005). Διαφαίνεται, επίσης, έντονη η ανάγκη για προώθηση της συνεργατικής μάθησης στη διδακτική πρακτική (Dillenbourg, 1999; Dillenbourg *et al.*, 1996; Duschl *et al.*, 2007). Τόσο η μοντελοποίηση Φυσικών Φαινομένων, όσο και η συνεργασία αποτελούν δύο διαδικασίες ή πρακτικές που προσομοιάζουν στις καθημερινές πρακτικές των επιστημόνων (Bozeman & Corley, 2004; Dunbar, 2001; Dunbar & Fugelsang, 2004; Halloun, 2004, 2007; Hestenes, 1987, 1997; Latour, 1998). Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας παρουσιάζει τη συνεργατική μάθηση ως αναπόσπαστο στοιχείο στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης, χωρίς όμως αυτή η σχέση να στηρίζεται ερευνητικά. Θεωρείται αυτονόητο ότι οι μαθητές κατά τη διάρκεια της υλοποίησης δραστηριοτήτων που στοχεύουν στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης θα συνεργάζονται (Rouwette *et al.*, 2000; Rouwette *et al.*, 2002; Sins, 2006; Sins *et al.*, 2005; Sins *et al.*, 2009) και συνεπώς δε δίνονται στοιχεία για τον τρόπο υλοποίησης της συνεργασίας σε περιπτώσεις διδασκαλίας που εστιάζει στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης. Αυτό το πρόβλημα εντοπίζεται και από τους Dillenbourg *et al.* (1996), οι οποίοι αναφερόμενοι στη συνεργατική μάθηση προβάλλουν την ανάγκη για αναφορά σε συγκεκριμένες κατηγορίες αλληλεπιδράσεων που μπορούν να προωθήσουν αποτελεσματική συνεργασία και όχι στα οφέλη της συνεργασίας γενικότερα.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι η ικανότητα της μοντελοποίησης μπορεί να καλλιεργηθεί μέσω της υλοποίησης μιας ειδικά σχεδιασμένης παρέμβασης που εφαρμόζει συνεργασία στη μάθηση (Ερευνητικό Ερώτημα 1). Παράλληλα, η ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης επιφέρει και ανάπτυξη της κατανόησης σε σχέση με το συγκείμενο της διδασκαλίας, το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης (Ερευνητικό Ερώτημα 2).

Παρόλο που η παρέμβαση κρίθηκε επιτυχημένη ως προς την προώθηση των επιδιώξεων που τέθηκαν, η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε συγκεκριμένες επιστημολογικές και παιδαγωγικές δυσκολίες που δυσχεραίνουν την προσπάθεια των ΠΕ να αναπτύξουν την ικανότητα της μοντελοποίησης (Ερευνητικό Ερώτημα 4), αλλά και να αναπτύξουν στρατηγικές για διδασκαλία της σε μαθητές δημοτικού σχολείου (Ερευνητικό Ερώτημα 5). Η συσχέτιση των δύο ειδών δυσκολιών έδειξε την ύπαρξη τριών διαφορετικών αξόνων θεωρητικών προσεγγίσεων για τη διδασκαλία της μοντελοποίησης (γραμμικοί κατασκευαστές μοντέλων, αντικειμενοστρεφείς κατασκευαστές μοντέλων και αισθητικά προσανατολισμένοι κατασκευαστές μοντέλων), οι οποίοι καθοδηγούν τόσο την προσπάθειά τους για ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης όσο και την προσπάθειά τους για διδασκαλία της.

Τέλος, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν συγκεκριμένες παραμέτρους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να εφαρμοστούν κατά την ανάπτυξη διδακτικών παρεμβάσεων που εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες επικοινωνίας που προσφέρουν συγκεκριμένα διαδικτυακά εργαλεία όπως το Εργαλείο Ασύγχρονης Επικοινωνίας, το Εργαλείο Σύγχρονης Επικοινωνίας και το Εργαλείο Ανταλλαγής Συνεισφορών και στοχεύουν στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης (Ερευνητικό Ερώτημα 5). Εντοπίστηκαν, επίσης, παράμετροι που προωθούν τη δημιουργία συνθηκών αποτελεσματικής συνεργασίας γενικότερα (Ερευνητικό Ερώτημα 6). Τα ερευνητικά ερωτήματα 5 και 6 δίνουν απάντηση στον προβληματισμό που τέθηκε νωρίτερα σε σχέση με το ότι τα μαθησιακά περιβάλλοντα θεωρούν ότι οι μαθητές που αναπτύσσουν μοντέλα πρέπει να εργάζονται συνεργατικά, παρόλο που αυτό δεν προωθείται συστηματικά ή με συντονισμένο τρόπο.

Περιορισμοί της έρευνας

Η εργασία θεωρεί δεδομένο ότι οι διεργασίες επιστημονικής μοντελοποίησης μπορούν να απλοποιηθούν, ώστε να κωδικοποιούνται ως ένα ενιαίο επιστημονικό πλαίσιο. Με άλλα λόγια, η διατριβή δεν αναφέρεται στην ενδεχόμενη διαφοροποίηση των επιστημονικών διεργασιών μοντελοποίησης σε διαφορετικά γνωστικά πεδία. Η θεώρηση αιτιολογείται στο πλαίσιο μιας δικαιολογημένης απλοποίησης για σκοπούς διδακτικού μετασχηματισμού για τη σχολική εκπαίδευση.

Η εργασία εστιάζει σε επαγωγικά μοντέλα και δεν αναφέρεται στην οικοδόμηση υποθετικο-παραγωγικών μοντέλων. Και αυτή η επιλογή δικαιολογείται στο πλαίσιο των διδακτικών μετασχηματισμών με στόχο την επίδραση στη δημοτική εκπαίδευση.

Η ερευνήτρια ήταν και η εκπαιδευτικός του μαθήματος. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιήθηκαν επιπρόσθετα και άλλοι ερευνητές και υπολογίστηκε η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων σε σχέση με τον τρόπο ανάλυσης των δεδομένων που προέκυψαν από τα διαγνωστικά δοκίμια και τις συζητήσεις των φοιτητών. Επιπλέον, έγινε η τριγωνοποίηση των αποτελεσμάτων μέσω πολλαπλών πηγών δεδομένων.

Η διδακτική παρέμβαση χρησιμοποίησε το συγκείμενο των Φάσεων της Σελήνης και το λογισμικό εργαλείο Stagecast Creator για καλλιέργεια της ικανότητας της μοντελοποίησης. Η δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων μετριάζεται από αυτά τα πλαίσια.

Η γενίκευση, επίσης, των αποτελεσμάτων επηρεάζεται και από το μικρό αριθμό του δείγματος ($N=21$). Οποιασδήποτε μορφής γενίκευση σε παρόμοια περιεχόμενα (πέραν της ικανότητας της μοντελοποίησης και των Φάσεων της Σελήνης) πρέπει να γίνεται με προσοχή, έχοντας υπόψη ότι τα αποτελέσματα μπορεί να επηρεάζονται από πολιτισμικούς παράγοντες και να είναι εφαρμόσιμα μόνο σε Ελληνοκύπριους Προϋπηρεσιακούς Εκπαιδευτικούς.

Ένας ακόμα περιορισμός της έρευνας αφορά στον τρόπο ανάλυσης των συζητήσεων των ΠΕ. Για να εντοπιστεί η επιτυχία των δραστηριοτήτων και συνεπώς η δημιουργία συνθηκών αποτελεσματικής συνεργασίας ανάμεσα στους ΠΕ χρησιμοποιήθηκε ένας τρόπος ανάλυσης που περιλάμβανε κάποιες υποκειμενικές μετρήσεις, όπως για παράδειγμα αυτή του δείκτη ομοιογένειας. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη ομοιογένειας, τόσο μεγαλύτερη είναι η ανομοιογένεια εντός της ομάδας. Όσο μικρότερη είναι η τιμή τόσο περισσότερο ομοιογενής είναι η συμμετοχή των μελών της ομάδας. Αυτός ο τρόπος υπολογισμού της ομοιογένειας είναι προβληματικός σε σχέση με ακραίες τιμές. Για παράδειγμα, μανθάνοντας με πολύ λίγες συνεισφορές σε μια ομάδα μπορεί να φανεί ότι συμμετέχουν με μεγάλη ομοιογένεια. Επιπλέον, αν δε συνεισφέρει κανένα μέλος, η συνεισφορά είναι τέλεια ομοιογενής! Έτσι, η σχέση της ομοιογένειας των συνεισφορών μπορεί να είναι μόνο ενδεικτική σε ένα μέτριο επίπεδο, αλλά μπορεί να δημιουργήσει στατιστικά ατοπήματα σε υψηλές ή χαμηλές τιμές. Για να αποφευχθεί η πιθανότητα παρουσίας στρεβλωμένων τιμών ομοιογένειας, η κάθε περίπτωση κατά την οποία υπολογιζόταν ο δείκτης μελετήθηκε ξεχωριστά και όπου παρατηρήθηκαν τιμές στα άκρα (πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές) σημειωνόταν στην ανάλυση.

Τέλος, ένας άλλος περιορισμός της έρευνας αφορά στο γεγονός ότι τα διαγνωστικά δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν πριν από την παρέμβαση ήταν τα ίδια με αυτά που

χρησιμοποιήθηκαν μετά από την παρέμβαση. Σε περιπτώσεις όπου η χορήγηση πριν από και η χορήγηση μετά από την παρέμβαση δεν απέχουν χρονικά αυτό μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα, γιατί είναι πιθανό οι συμμετέχοντες να θυμούνται το περιεχόμενο των δοκιμών και τις απαντήσεις που έδωσαν αρχικά και συνεπώς να τις επαναλάβουν χωρίς περαιτέρω επεξεργασία. Στην παρούσα έρευνα, παρόλα αυτά, τα διαγνωστικά δοκίμια χορηγήθηκαν με διάστημα τεσσάρων μηνών, τα προπειραματικά στην αρχή του εξαμήνου (Ιανουάριος) και τα μεταπειραματικά δοκίμια στο τέλος του εξαμήνου (Μάιος).

Μελλοντική έρευνα

Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας παρέχουν τη βάση για μελλοντική έρευνα. Έδειξαν ότι υπάρχουν συγκεκριμένες παράμετροι που μπορούν να εφαρμοστούν κατά τη μικτή διαδικτυακή μάθηση σε διαφορετικά επίπεδα συνεργασίας, οι οποίοι βοηθούν στη διατήρηση ενός γόνιμου περιβάλλοντος για ανάπτυξη αποτελεσματικής και επιτυχημένης συνεργασίας, και στην ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης. Η παρούσα έρευνα ήταν διερευνητική ως προς αυτές τις παραμέτρους. Προκύπτει ανάγκη έρευνας που να εξετάζει αυτούς τους παράγοντες και να τους επιβεβαιώνει, να τους απορρίπτει ή να τους ενισχύει. Παράλληλα είναι καλό να γίνει εφαρμογή σε νέα συγκείμενα (πέραν της ικανότητας της μοντελοποίησης και του φαινομένου των Φάσεων της Σελήνης).

Περαιτέρω ανάλυση και διερεύνηση χρειάζεται, επίσης, να γίνει και για τους τρεις άξονες θεωρητικής προσέγγισης της ικανότητας της μοντελοποίησης, όπως παρουσιάστηκαν στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας μέσα από τη μελέτη των δυσκολιών που καταγράφηκαν. Είναι καλό να οπτικογραφηθούν οι διδακτικές προσπάθειες των εκπαιδευτικών που ακολουθούν αυτούς τους άξονες και να μελετηθούν σε μεγαλύτερο βάθος, ώστε να παρέχουν πληροφόρηση για τον τρόπο που οι δυσκολίες παρεμβαίνουν στο διδακτικό έργο.

Τέλος, σε σχέση με τα διαγνωστικά δοκίμια για την ικανότητα της μοντελοποίησης, θεωρείται σημαντικό να ακολουθήσει μεγαλύτερης εμβέλειας έρευνα που να βοηθά στην ανάπτυξη αξιοπιστίας και εγκυρότητας των δοκιμών με σκοπό τη δημιουργία μιας κλίμακας μέτρησης της ικανότητας της μοντελοποίησης των ατόμων, αλλά και την ανάπτυξη ενός εργαλείου ή μιας προσέγγισης που ανα αξιολογεί συνολικά την ικανότητας της μοντελοποίησης.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, G. N. (2000). Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: A Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Abraham, M. R. (1998). The Learning Cycle Approach as a Strategy for Instruction in Science. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 513-524). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Adams, D., & Hamm, M. (1998). *Collaborative Inquiry in Science, Math, and Technology*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Aiken, R. M., Bessagnet, M.-N., & Israel, J. (2005). Interaction and Collaboration Using an Intelligent Collaborative Learning Environment. *Education and Information Technologies*, 10(1/2), 65-80.
- Ainsworth, S., Bibby, A., & Wood, D. (1998). Analysing the costs and benefits of multi-representational learning environments. In M. Van Someren, P. Reimann, H. Boshuizen & T. De Jong (Eds.), *Advances in Learning and Instruction Series: Learning with Multiple Representations* (pp. 120-134). Oxford: Elsevier Science.
- Akkerman, S., Van den Bossche, P., Admiraal, W., Gijsselaers, W., Segersb, M., Simons, R.-S., et al. (2007). Reconsidering Group Cognition: From Conceptual Confusion to a Boundary Area Between Cognitive and Socio-cultural Perspectives? *Educational Research Review*, 2(1), 39-63.
- Alavi, M., & Dufner, D. (2005). Technology-Mediated Collaborative Learning: A Research Perspective. In S. Hiltz & R. Goldman (Eds.), *Learning Together online: Research on Asynchronous Learning Networks* (pp. 191-212). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Alberts, B. (2005). A Wakeup Call for Science Faculty. *Cell*, 123(5), 739.
- Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M., Jacobson, M., Fiksdahl-King, I., & Angel, S. (1977). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. New York: Oxford University Press.
- Alexander, P. A. (2007). Bridging Cognition and Socioculturalism Within Conceptual Change Research: Unnecessary Foray or Unachievable Feat? *Educational Psychologist*, 42(1), 67 - 73.
- Alpay, E. (2005). Group dynamic processes in email groups. *Active Learning in Higher Education*, 6(1), 7-16.
- Althaus, S. (1997). Computer-mediated communication in the university classroom: An experiment with online discussions. *Communication Education*(46), 158-174.
- Ambrose, B. S., Shaffer, P. S., Steinberg, R., & McDermott, L. C. (1999). An Investigation of Student Understanding of Single-slit Diffraction and Double-slit Interference. *American Journal of Physics*, 67(2), 146-155.
- Amigues, R. (1988). Peer Interaction in Solving Physics Problems: Socio- cognitive Confrontation and Metacognitive aspects. *Journal of Experimental Child Psychology*, 45(1), 141-158.
- Anderson, T., Howe, C., & Tolmie, A. (1996). Interaction and Mental Models of Physics Phenomena: Evidence form Dialogues Between Learners. In J. Oakhill & A. Garnham (Eds.), *Mental Models in Cognitive Science* (pp. 247-273). UK: Psychology Press.
- Angus, J. W. (1981). Children's Conceptions of the Living World. *Australian Science Teacher's Journal*, 27(3), 65-68.
- Appleton, K. (1985). Children's Ideas about Temperature. *Research in Science Education*, 15, 122-126.
- Aronson, E. (1978). *The Jigsaw Classroom*. Beverly Hills, CA: Sage.

- Atwood, K. R., & Atwood, A. V. (1997). Effects of Instruction on Preservice Elementary Teachers' Conceptions of the Causes of Night and Day and the Seasons. *Journal of Science Teacher Education*, 8(1), 1-13.
- Avgeriou, P., Papasalouros, A., Retalis, S., & Skordalakis, M. (2003). Towards a Pattern Language for Learning Management Systems. *IEEE Educational Technology and Society*, 6(2).
- Azmitia, M. (1988). Peer Interaction and Problem Solving: When are Two Heads Better than One? *Child Development*, 59, 87-96.
- Barab, S. A., Hay, K. E., Barnett, M., & Keating, T. (2000). Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 719-756.
- Barnard, A., McCosker, H., & Gerber, R. (1999). Phenomenography: A Qualitative Research Approach for Exploring Understanding in Health Care. *Qualitative Health Research*, 9(2), 212-226.
- Barron, B. (2000). Achieving Coordination in Collaborative Problem-solving Groups. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(4), 403-436.
- Barron, B., Schwartz, D. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., et al. (1998). Doing With Understanding: Lessons from Research on Problem- and Project-Based Learning. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), 271-311.
- Bates, T. (2001). *National Strategies for E-learning in Post-Secondary Education and Training, Fundamentals in Education Planning No. 70*: International Institute for Education Planning, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO). Paris: UNESCO.
- Baxter, J. (1989). Children's Understanding of Familiar Astronomical Events. *International Journal of Science Education*, 11, 302-313.
- Bell, R., Blair, L., Crawford, B., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? The Impact of a Science Apprenticeship Program on High School Students' Understandings of the Nature of Science and Scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487-509.
- Bennett, N., & Cass, A. (1989). The Effects of Group Composition on Group Interactive Processes and Pupil Understanding. *British Educational Research Journal*, 15(1), 19-32.
- Bergin, J., Eckstein, J., Manns, M., Sharp, H., & Voelter, M. (2000). The Pedagogical Patterns Project. Retrieved 27/03/2009, from <http://www.pedagogicalpatterns.org>
- Boone, W. J., & Anderson, H. O. (1995). Training Science Teachers with Full-interactive, Distance Education Technology. *Journal of Science Education and Technology*, 6(3), 146-152.
- Boudreaux, A., Shaffer, P. S., Heron, P. R. L., & McDermott, L. C. (2008). Student Understanding of Control of Variables: Deciding Whether or not a Variable Influences the Behavior of a System. *American Journal of Physics*, 76(2), 163-170.
- Bowden, J., Dall'Alba, G., Martin, E., Laurillard, D., Marton, F., Masters, G., et al. (1992). Displacement, Velocity and Frames of Reference: Phenomenographic Studies of Students' Understanding and Some Implications for Teaching. *American Journal of Physics*, 60, 262-269.
- Bozeman, B., & Corley, E. (2004). Scientists' Collaboration Strategies: Implications for Scientific and Technical Human Capital. *Research Policy*, 33(599-616).
- Bradford, P., Porciello, M., Balkon, N., & Backus, D. (2007). The Blackboard Learning System: The Be All and End All in Educational Instruction? *Journal of Educational Technology Systems*, 35(3), 301-314.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (1999). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, USA: National Academy Press.

- Brenna, B. A. (1995). The Metacognitive Reading Strategies of Five Early Readers. *Journal of Research in Reading*, 18(1), 53-62.
- Brousseau, G. (2002). Epistemological Obstacles, Problems, and Didactical Engineering. In N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland & V. Warfield (Eds.), *Theory of Didactical Situations in Mathematics: Didactique Des Mathematiques, 1970-1990* (pp. 79-117). Netherlands: Springer.
- Brown, S., & McIntyre, D. (1978). Factors Influencing Teachers' Responses to Curricular Innovations. *Research Intelligence*, 4(1), 19 – 23.
- Bruer, J. T. (1993). *Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bruner, J. (1978). The Role of Dialogue in Language Acquisition. In A. Sinclair, R. J. Jarvella & W. J. M. Levelt (Eds.), *The Child's Conception of Language*. New York: Springer.
- Buty, C., & Mortimer, E. F. (2008). Dialogic/Authoritative Discourse and Modelling in a High School Teaching Sequence on Optics. *International Journal of Science Education*, 30(12), 1635 - 1660.
- Bybee, R., Buchwald, C., Crissman, S., Heil, D., Kuebis, P., Matsumoto, C., et al. (1989). *Science and Technology Education for the Elementary Years: Frameworks for Curriculum and Instruction*. Washington, DC: National Center for Improving Science Education.
- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (1986). Cognitive Science and Science Education. *American Psychologist*, 41, 1123- 1130.
- Carey, S. (2000). Science Education as Conceptual Change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1).
- Carr-Chellman, A., & Duchastel, P. (2000). The Ideal Online Course. *British Journal of Educational Technology*, 31(3), 229-241.
- Caspi, A., Gorsky, P., & Chajut, E. (2003). The Influence of Group Size on Nonmandatory Asynchronous Instructional Discussion Groups. *The Internet and Higher Education*, 6(3), 227-240.
- Chapman, O. L. (2000). Learning Science Involves Language, Experience and Modeling. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 97-108.
- Chara, N., Bonk, C. J., & Angeli, C. (2000). Content Analysis of Online Discussion in an Applied Education Psychology Course. *Instructional Science*, 28(2), 115-152.
- Chi, M. T. H., & Slotta, J. D. (1993). The Ontological Coherence of Intuitive Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2), 249 - 260.
- Chi, M. T. H., & Van Lehn, K. A. (1991). The Content of Physics Self-explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 1, 69-105.
- Clark, C. A., Richard, D. A., Ravit Golan, D., Luke, B., & William, P. J. (2008). A Microgenetic Classroom Study of Learning to Reason Scientifically through Modeling and Argumentation, *Proceedings of the 8th International Conference for the Learning Sciences - Volume 3*. Utrecht, The Netherlands: International Society of the Learning Sciences.
- Clark, C. R., & Mayer, E. R. (2003). *e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. San Fransisco: Jossey-Bass/Pfeiffer.
- Clement, J. (1989). Learning via Model Construction and Criticism: Protocol Evidence on Sources of Creativity in Science. In J. A. Glover, R. R. Ronning & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of Creativity: Assessment, Theory and Research* (pp. 341-381). New York: Plenum Press.
- Clouder, L., Dalley, J., Hargreaves, J., Parkes, S., Sellars, J., & Toms, J. (2006). Electronic [re]Constitution of Groups: Group Dynamics from Face-to-face to an Online

- Setting. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 1(4), 467.
- Coffey, A., & Atkinson, P. (1996). *Making Sense of Qualitative Data. Complementary Research Strategies*. London: Sage Publications.
- Cohen, E. (1994). Restructuring the Classroom: Conditions for Productive Small Groups. *Review of Educational Research*, 64(1), 1-35.
- Coleman, E. B. (1998). Using Explanatory Knowledge during Collaborative Problem Solving in Science. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), 387-427.
- Colin, P., Chauvet, F., & Viennot, L. (2002). Reading Images in Optics: Students' Difficulties and Teachers' Views. *International Journal of Science Education*, 24(3), 313-332.
- Collazos, C. A., Guerrero, L. A., Pino, J. A., Ochoa, S. F., & Stahl, G. (2007). Designing Collaborative Learning Environments Using Digital Games. *Journal of Universal Computer Science*, 13(7), 1022-1032.
- Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing, and Mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, Learning, and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser* (pp. 453 - 494). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Constantinide, K. C., Kalyfommatou, N. G., & Constantinou, C. P. (2001). The Development of Modeling Skills through Computer Based Simulation of an Ant Colony. In G. M. Chapman (Ed.), *Computer Based learning in Science, Conference Proceedings 2001* (pp. Ad2). Czech Republic: Pedagogical Faculty of University of Ostrava.
- Constantinou, C. P. (1999). The Cocoa Microworld as an Environment for Developing Modeling Skills in Physical Science. *International Journal of Continuing Education and Life-Long Learning*, 9(2), 201-213.
- Crawford, B., & Cullin, M. (2004). Supporting Prospective Teachers' Conceptions of Modelling in Science. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1379-1401.
- Crook, C. (1998). Children as Computer Users: the Case of Collaborative Learning. *Computers and Education*, 30, 237-247.
- Dahlgren, L. O. (1979). *Children's Conception of Price as a Function of Questions Asked. Reports from the Institute of Education*: University of Göteborg.
- Dahlgren, L. O., & Fallsberg, M. (1991). Phenomenography as a Qualitative Approach in Social Pharmacy Research. *Journal of Social and Administrative Pharmacy*, 8(4), 150-156.
- Daniels, H. (1996). Introduction: Psychology in a Social World. In H. Daniels (Ed.), *An Introduction to Vygotsky* (pp. 1-27). London: Routledge.
- Danusso, L., Testa, I., & Vicentini, M. (2010). Improving Prospective Teachers' Knowledge about Scientific Models and Modelling: Design and Evaluation of a Teacher Education Intervention. *International Journal of Science Education*, 32(7), 871 - 905.
- Darling-Hammond, L., & McLaughlin, M. W. (1995). Policies that Support Professional Development in an Era of Reform. *Phi Delta Kappan*, 76(8), 597-604.
- Davis, E. A., & Linn, M. C. (2000). Scaffolding Students' Knowledge Integration: Prompts for Reflection in KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 819-837.
- Day, C. (1999). *Developing Teachers: The Challenges of Lifelong Learning*. London: Falmer Press.
- De Jong, O., Korthagen, F., & Wubbels, T. (1998). Research on Science Teacher Education in Europe: Teacher Thinking and Conceptual Change. In B. Frazer & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 745-758). Dordrecht/Boston: Kluwer Academic Publishers.

- De Wever, B., Schellens, T., Valcke, M., & Van Keer, H. (2006). Content Analysis Schemes to Analyze Transcripts of Online Asynchronous Discussion Groups: A Review. *Computers & Education*, 46, 6–28.
- Derntl, M. (2005). The Person-Centered e-Learning Pattern Repository. Retrieved 29 September, 2008, from <http://elearn.pri.univie.ac.at/patterns>
- Derntl, M., & Motschnig, R. (2005). The Role of Structure, Patterns, and People in Blended Learning. *The Internet and Higher Education*, 8(2), 111-130.
- Dewey, J. (1932). *Democracy and Education*. New York: The Macmillian Co.
- Dillenbourg, P. (1999). What do you Mean by Collaborative Learning? In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative-Learning: Cognitive and Computational Approaches*. (pp. 1-19). Oxford: Elsevier.
- Dillenbourg, P. (2002). Over-Scripting CSCL: The Risks of Blending Collaborative Learning with Instructional Design. In P. A. Kirschner (Ed.), *Three Worlds of CSCL: Can we Support CSCL?* (pp. 61–91). The Netherlands: Open Universiteit Nederland, Heerlen.
- Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A., & O'Malley, C. J. (1996). The Evolution of Research on Collaborative Learning. In E. Spada & P. Reiman (Eds.), *Learning in Humans and Machine: Towards an Interdisciplinary Learning Science* (pp. 189-211). Oxford: Elsevier.
- Dilworth, M. E., & Imig, D. G. (1995). Professional Teacher Development. *The ERIC Review*, 3(3), 5-11.
- diSessa, A. A. (2002). Students' Criteria for Representational Adequacy. In K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. van Oers & L. Verschaffel (Eds.), *Symbolizing, Modeling and Tool Use in Mathematics Education*. Dordrecht: Kluwer.
- diSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus Fragmentation in the Development of the Concept of Force. *Cognitive Science*, 28, 843–900.
- Driscoll, M. (2002). Blended Learning: Let's get Beyond the Hype, *E-learning* (Vol. March 1).
- Driver, R. (1989). Students' Conception and the Learning of Science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481–490.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994a). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes, England: Open University Press.
- Driver, R., & Russell, T. (1982). *An Investigation of the Ideas of Heat and Temperature and Change of State of Children Aged between 8 and 14 Years*. Leeds: University of Leeds.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994b). *Making Sense of Secondary Science: Research into Children's Ideas*. London, UK: Routledge.
- Dunbar, K. (2001). How Scientists Think in the Real World: Implications for Science Education. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 49–58.
- Dunbar, K., & Fugelsang, J. (2004). Scientific Thinking and Reasoning. In K. J. Holyoak & R. Morrison (Eds.), *Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. Cambridge: MA: Cambridge University Press.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington D.C.: National Academy Press.
- Dykstra, D. I., Boyle, F., & Monarch, R. A. (1992). Studying Conceptual Change in Learning Physics. *Science Education*, 76(6), 615-652.
- E-LEN. (n.d.). E-LEN Project. Retrieved 1 March, 2009, from <http://www2.tisip.no/E-LEN/outcomes.php>

- Eakin, J., & Karplus, R. (1976). *SCIS Final Report*. Berkeley, Cal.: University of California.
- Ebenezer, J. V., & Fraser, D. M. (2001). First Year Chemical Engineering Students' Conceptions of Energy in Solution Processes: Phenomenographic Categories for Common Knowledge Construction. *Science Education*, 85, 509-535.
- Edelson, D. C. (2001). Learning-for-Use: A Framework for the Design of Technology-Supported Inquiry Activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 355-385.
- Edelson, D. C., & O'Neill, D. K. (1994). The covis collaboratory notebook: Computer support for scientific inquiry, *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. New Orleans, LA.
- Edelson, D. C., Pea, R. D., & Gomez, L. (1995). Constructivism in the collaboratory.
- Einstein, A., & Leopold, I. (1978). *Η Εξέλιξη των Ιδεών στη Φυσική* (E. Μπιτσάκη, Trans.). Αθήνα: Δωδώνη.
- Engler, G. (1990). Aesthetics in Science and in Art. *The British Journal of Aesthetics*, 30, 24-31.
- Entwistle, N. (1997). Introduction: Phenomenography in Higher Education. *Higher Education Research & Development*, 16(2), 127-134.
- Eraut, M. (1994, April 4-8). *Groupwork with Computers in British Primary Schools*. Paper presented at the American Educational Research Association, New Orleans, LA.
- Field, A. (2005). *Discovering Statistics using SPSS for Windows* (2nd ed.). London: Sage.
- Fischer, G. (2000). Lifelong Learning – More Than Training. *Journal of Interactive Learning Research*, 11(3/4), 265–294.
- Fishman, B., & Krajcik, J. (2003). What Does it Mean to Create Sustainable Science Curriculum Innovations? A Commentary. *Science Education*, 87(4), 564-573.
- Fleck, L. (1935). *Genesis and Development of a Scientific Fact* (F. Bradley & T. J. Trenn, Trans.). Chicago: University of Chicago Press.
- Flores, F., Lopez, A., Gallegos, L., & Barojas, J. (2000). Transforming Science and Learning Concepts of Physics Teachers. *International Journal of Science Education*, 22(2), 197-208.
- Forman, E., & Cazden, C. (1985). Exploring Vygotskian Perspectives in Education: the Cognitive Value of Peer Interaction. In J. Wertsch (Ed.), *Culture, Communication and Cognition: Vygotskian Perspectives*, (pp. 323-347). New York: Cambridge University Press.
- Frank, M., Kurtz, G., & Levin, N. (2002). Implications of Presenting Pre-University Courses Using the Blended e-Learning Approach. *IEEE Educational Technology and Society*, 5(4), ISSN 1436-4522.
- Frederiksen, J. R., White, B. Y., & Gutwill, J. (1999). Dynamic Mental Models in Learning Science: The Importance of Constructing Derivational Linkages among Models. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 806-836.
- Fullan, M., & Miles, M. B. (1992). Getting Reform Right: What Works and What Doesn't. *Phi Delta Kappan*, 73(10), 745-752.
- Gagatsis, A., & Kyriakides, L. E. (2000). Teachers' Attitudes towards their Pupils' Mathematical Errors. *Educational Research and Evaluation*, 6(1), 24-58.
- Gago, M. J., Ziman, J., Caro, P., Constantinou, C. P., Davies, G., Parchmann, I., et al. (2004). *Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe. Report of the High Level Group on Human Resources for Science and Technology in Europe* (No. 92-894-8458-6): European Commission.
- Gallagher, J. J. (1991). Prospective and Practicing Secondary School Science Teachers' Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science. *Science Education*, 75(1), 121-133.

- Galton, M., Simon, B., & Croll, P. (1980). *Inside the Primary Classroom*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Garrison, R., & Anderson, T. (2003). *E-Learning in the 21st Century. A Framework for Research and Practice*. London: Routledge/Falmer.
- Garrison, R., & Kanuka, H. (2004). Blended Learning: Uncovering its Transformative Potential in Higher Education. *The Internet and Higher Education*, 7(2), 95-105.
- Gentner, D., & Stevens, A. L. (1983). *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- George, S. (2002). SPLACH: A Computer Environment Supporting Distance Project-Based Learning. In P. Barker & R. S. (Eds.), *Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications ED-MEDIA 2002* (pp. 588-593). Denver, Colorado.
- Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes towards science. *Science Education*, 86, 693 - 705.
- Giere, R. N. (2002). Scientific Cognition as Distributed Cognition. In P. Carruthers, S. Stich & M. Siegal (Eds.), *The Cognitive Basis of Science*. (pp. 285-299). London: Cambridge University Press.
- Giere, R. N. (2004). How Models are Used to Represent Physical Reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742-752.
- Gilbert, J. (1993). *The Role of Models and Modeling in Science Education*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Atlanta, GA, April.
- Gilbert, J. (1995). *The Role of Models and Modeling in Some Narratives in Science Learning*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA, April 18-22.
- Gilbert, J., & Boulter, C. (1998). *Learning Science through Models and Modelling*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998a). Models in Explanations, Part 1: Horses for Courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.
- Gilbert, J., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998b). Models in Explanations, Part 2: Whose Voice, Whose Ears? *International Journal of Science Education*, 20(2), 187-203.
- Gilbert, S. (1991). Model Building and a Definition of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 73-79.
- Ginns, P., & Ellis, R. (2007). Quality in Blended Learning: Exploring the Relationships between Online and Face-to-Face Teaching and Learning. *Internet and Higher Education*, 10(1), 53-64.
- Glenn, A. D. (2004, March 1-6). *Today and Tomorrow' Challenges some Thoughts about Technology, Teacher Education, and SITE*. Paper presented at the SITE 2004: Society for Information Technology and Teacher Education, Atlanta, Georgia.
- Gobert, D. J., & Buckley, C. B. (2000). Introduction to Model-based Teaching and Learning in Science Education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Goodman, N. (1981). Ways of Worldmaking. *Leonardo*, 14(4), 351-351.
- Goodyear, P. (2005). Educational Design and Networked Learning: Patterns, Pattern Languages and Design Practice. *Australasian Journal of Educational Technology*, 21(1), 82-101.
- Goodyear, P., Avgeriou, P., Baggetun, R., Bartoluzzi, S., Retalis, S., Ronteltap, F., et al. (2004a). Towards a Pattern Language for Networked Learning. In S. Banks, P. Goodyear, V. Hodgson, C. Jones, V. Lally, D. McConnell & C. Steeples (Eds.), *Networked Learning Conference, NL2004* (pp. 449-455). Lancaster, UK: Lancaster University.

- Goodyear, P., Banks, S., Hodgson, V., & McConnell, D. (2004b). Research on Networked Learning: An Overview. In P. Goodyear, S. Banks, V. Hodgson & D. McConnell (Eds.), *Advances in Research on Networked Learning* (pp. 1-9). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gott, R., & Duggan, S. (1995). *Investigative Work in the Science Curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- Gott, R., & Duggan, S. (1996). Practical Work: its Role in the Understanding of Evidence in Science. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 791-806.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental Models, Conceptual Models, and Modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2001). Mental, Physical, and Mathematical Models in the Teaching and Learning of Physics. *Science Education*, 86(1), 106-121.
- Greeno, J. G., & van de Sande, C. (2007). Perspectival Understanding of Conceptions and Conceptual Growth in Interaction. *Educational Psychologist*, 42(1), 9 - 23.
- Grosslight, L., Unger, C., & Jay, E. (1991). Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Gunawardena, C. N., Lowe, C. A., & Anderson, T. (1997). Analysis of a Global Online Debate and the Development of an Interaction Analysis Model for Examining Social Construction of Knowledge in Computer Conferencing. *Journal of Educational Computing Research*, 17, 397-431.
- Guskey, T. R. (1994). Results-Oriented Professional Development: In Search of an Optimal Mix of Effective Practices. *Journal of Staff Development*, 15(4), 42-49.
- Häkkinen, P., Järvelä, S., & Byman, A. (2001). Sharing and Making Perspectives in Web-based Conferencing. In P. Dillenbourg & K. Hakkarainen (Eds.), *Proceedings of the 1st European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning* (pp. 285-292). Maastricht, the Netherlands: University of Maastricht.
- Hallden, O., Haglund, L., & Stromdahl, H. (2007). Conceptions and Contexts: On the Interpretation of Interview and Observational Data. *Educational Psychologist*, 42(1), 25 - 40.
- Halloun, I. (1998). Schematic Concepts for Schematic Models of the Real World: The Newtonian Concept of Force. *Science Education*, 82(2), 239-263.
- Halloun, I. (2004). *Modeling Theory in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Halloun, I. (2007). Mediated Modeling in Science Education. *Science and Education*, 16, 653-697.
- Halloun, I., & Hestenes, D. (1987). Modeling Instruction in Mechanics. *American Journal of Physics*, 55, 455-462.
- Hamid, A. A. (2002). e-Learning. Is it the “e” or the Learning that Matters? *Internet and Higher Education*, 4, 311-316.
- Hammer, D. (1996). More than Misconceptions: Multiple Perspectives on Student Knowledge and Reasoning, and an Appropriate Role for Education Research. *American Journal of Physics*, 64(10), 1316-1325.
- Hansen, J. A., Barnett, M., MaKinster, J. G., & Keating, T. (2004). The Impact of Three-Dimensional Computational Modeling on Student Understanding of Astronomy Concepts: a Qualitative Analysis. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1365-1378.
- Hanze, M., & Berger, R. (2007). Cooperative Learning, Motivational Effects, and Student Characteristics: An Experimental Study Comparing Cooperative Learning and Direct Instruction in 12th Grade Physics Classes. *Learning and Instruction*, 17(1), 29.

- Harasim, L. (2000). Shift Happens: Online Education as a New Paradigm in Learning. *Internet and Higher Education*, 3, 41-61.
- Harrison, A. G. (2001, 25–28 March). *Models and PCK: Their Relevance for Practicing and Pre-service Teachers*. Paper presented at the National Association of Research in Science Teaching, St. Louis, MO.
- Harskamp, E., & Ding, N. (2006). Structured Collaboration versus Individual Learning in Solving Physics Problems. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1669–1688.
- Hench, T. L. (2003). A Model for Combining Computer-based Distance Learning with In-class Instruction. In C. P. Constantinou & Z. C. Zacharia (Eds.), *New Technologies and their Applications in Education. The Proceedings of the Computer Based Learning in Science* (Vol. 1, pp. 103-110). Nicosia: Department of Educational Sciences, University of Cyprus.
- Henze, I., Van Driel, J., & Verloop, N. (2007). The Change of Science Teachers' Personal Knowledge about Teaching Models and Modelling in the Context of Science Education Reform. *International Journal of Science Education*, 29(15), 1819–1846.
- Hestenes, D. (1987). Towards a Modelling Theory of Physics Instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440-454.
- Hestenes, D. (1992). Modelling Games in the Newtonian World. *American Journal of Physics*, 60(8), 732-748.
- Hestenes, D. (1997). Modeling Methodology for Physics Teachers. In E. F. Redish & J. S. Rigden (Eds.), *Changing Role of Physics Departments in Modern Universities: Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education* (pp. 935-957). College Park: The American Institute of Physics.
- Hewson, P. W., Tabachnick, B. R., Zeichner, K. M., Blomker, K. B., Meyer, H., Lemberger, J., et al. (1999a). Educating Prospective Teachers of Biology: Introduction and Research Methods. *Science Education*, 83, 247–273.
- Hewson, P. W., Tabachnick, B. R., Zeichner, K. M., & Lemberger, J. (1999b). Educating Prospective Teachers of Biology: Findings, Limitations, and Recommendations. *Science education*, 83, 373-384.
- Hill, J., & Hannafin, M. (2001). Teaching and Learning in Digital Environments: The Resurgence of Resource-Based Learning. *Educational Technology Research and Development*, 49(3), 37.
- Hiltz, S. R. (1997). Impacts of College-Level Courses via Asynchronous Learning Networks: Some Preliminary Results. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 2, 1 Retrieved 10 April, 2008, from <http://www.aln.org/alnweb/journal/issue2/hiltz.html>
- Hiltz, S. R., & Goldman, R. (2005). *Learning Together Online: Research on Asynchronous Learning Networks*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards a More Critical Approach to Practical Work in School Science. *Studies in Science Education*, 22(1), 85 - 142.
- Hogan, K. (1998). Relating Students' Personal Frameworks for Science Learning to their Cognition in Collaborative Contexts. *Science Education*, 83, 1-32.
- Hogan, K. (1999a). Sociocognitive Roles in Science Group Discourse. *International Journal of Science Education*, 21(8), 855-882.
- Hogan, K. (1999b). Thinking Aloud Together: A Test of an Intervention to Foster Students' Collaborative Scientific Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1085-1109.
- Hogan, K., & Thomas, D. (2001). Cognitive Comparisons of Students' Systems Modeling in Ecology. *Journal of Science and Education and Technology*, 10(4), 319-345.

- Hoyles, C., Healy, L., & Pozzi, S. (1992). Interdependence and Autonomy: Aspects of Groupwork with Computers. *Learning and Instruction, European Research in International Context*, 2(1), 239-257.
- Hoyles, C., Healy, L., & Pozzi, S. (1994). Learning Mathematics in Groups with Computers: Reflections on a Research Study. *British Educational Research Journal*, 20(4), 165-183.
- Hubscher, R., & Frizell, S. (2002). Aligning Theory and Web-based Instructional Design Practice with Design Patterns. In M. Driscoll & T. Reeves (Eds.), *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2002* (pp. 298-304). Chesapeake, VA: AACE.
- Huibregtse, I., Korthagen, F. A. J., & Wubbels, T. (1994). Physics Teachers' Conceptions of Learning, Teaching and Professional Development. *International Journal of Science Education*, 16(5), 539-561.
- Huz, S., Andersen, D. F., Richardson, G. P., & Boothroyd, R. (1997). A Framework for Evaluating Systems Thinking Interventions: An Experimental Approach to Mental Health System Change. *System Dynamics Review*, 13(2), 149-170.
- Im, Y., & Lee, O. (2004). Pedagogical Implications of Online Discussion for Preservice Teacher Training. *Journal of Research on Technology in Education*, 36(2), 155-170.
- Israel, S. E., Bauserman, K. L., Kinnucan-Welsch, K., & Block, K. C. (2005). *Metacognition in Literacy Learning: Theory, Assessment, Instruction, and Professional Development*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Jaeger, M. (1995). Science teacher education at a distance. *The American Journal of Distance Education*, 9(2), 71-75.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1990). Cooperative Learning and Achievement. In S. Sharan (Ed.), *Cooperative Learning: Theory and Research* (pp. 173-202). New York: Praeger.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning* (5th ed.). Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.
- Jonassen, D. H. (1991). Objectivism versus Constructivism: Do we Need a new Philosophical Paradigm? *Educational Technology Research & Development*, 39, 5-14.
- Jones, B., Lynch, P., & Reesink, C. (1987). Children's Conceptions of the Earth, Sun and Moon. *International Journal of Science Education*, 9(1), 43-53.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2002a). Modelling, Teachers' Views on the Nature of Modelling, and Implications for the Education of Modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2002b). Science Teachers' Knowledge about and Attitudes towards the Use of Models and Modelling in Learning Science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273-1292.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2003). Teachers' Views on the Nature of Models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369 - 1386.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2005). Investigating Teachers' Ideas about Models and Modeling- Some Issues of Authenticity. In K. Boersma, M. J. Goedhart, O. De Jong & H. Eijkelhof (Eds.), *Research and the Quality of Science Education* (pp. 325-335). The Netherlands: Springer.
- Justi, R., & van Driel, J. H. (2005). The Development of Science Teachers' Knowledge on Models and Modelling: Promoting, Characterizing, and Understanding the Process. *International Journal of Science Education*, 27(5), 549-573.
- Karplus, R. (1977). Science Teaching and the Development of Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(2), 169-175.

- Karplus, R. (1980). Teaching for the Development of Reasoning. *Research in Science Education*, 10, 1-10.
- Karplus, R., & Thier, H. D. (1967). *A New Look at Elementary School Science*. Chicago: Rand McNally.
- Kikas, E. (1998). The Impact of Teaching on Students' Definitions and Explanations of Astronomical Phenomena. *Learning and Instruction*, 8(5), 439-454.
- Klein, C. (1982). Children's Concepts of the Earth and the Sun: A Cross-Cultural Study. *Science Education*, 65, 95-107.
- Kolas, L., & Staupe, A. (2004). Implementing Delivery Methods by Using Pedagogical Design Patterns. In *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2004* (pp. 5304-5309).
- Krajcik, J., Blumenfeld, P., Marx, R. W., & Soloway, E. (1994). A Collaborative Model for Helping Middle Grade Science Teachers Learn Project-Based Instruction. *The Elementary School Journal*, 94(5), 483-497.
- Kruger, A. C. (1993). Peer Collaboration: Conflict, Co-operation or both? *Social Development*, 2(3), 65-182.
- Kubasko, D., Jones, G., Tretter, T., & Andre, T. (2008). Is it Live or is it Memorex? Students' Synchronous and Asynchronous Communication with Scientists. *International Journal of Science Education*, 30(4), 495-514.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kynigos, C., & Argyris, M. (2004). Teacher Beliefs and Practices Formed during an Innovation with Computer-Based Exploratory Mathematics in the Classroom. *Teachers and Teaching*, 10(3), 247 - 273.
- Kyza, E., & Constantinou, C. P. (2007). *STOCHASMOS: A Web-Based Platform for Reflective, Inquiry-Based Teaching and Learning*. Cyprus: Learning in Science Group.
- Kyza, E., Michael, G., & Constantinou, C. P. (2007). The Rationale, Design, and Implementation of a Web-Based Inquiry Learning Environment. In C. P. Constantinou, Z. Zacharia & M. Papaevripidou (Eds.), *Contemporary Perspectives on New Technologies in Science and Education, Proceedings of the Eighth International Conference on Computer Based Learning in Science* (pp. 531-539). Crete, Greece: Edmedia.
- Lakatos, I., & Musgrave, A. (1978). *Criticism and the Growth of Knowledge: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science, London, 1965*: Cambridge University Press.
- Lam, B.-H., & Kember, D. (2006). The Relationship between Conceptions of Teaching and Approaches to Teaching. *Teachers and Teaching*, 12(6), 693 - 713.
- Latour, B. (1998). From the World of Science to the World of Research. *Science*, 280, 208-208.
- Lawson, A. E. (1995). *Science Teaching and the Development of Thinking*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2000). Developing Model-Based Reasoning in Mathematics and Science. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 22(1), 39-48.
- Lehtinen, E., Hakkarainen, K., Lipponen, L., Rahikainen, M., & Muukkonen, H. (1998). *Computer Supported Collaborative Learning: A Review of Research and Development. CL-Net Project (The J.H.G.I. Giesbers Report on Education No10)*: The Netherlands: University on Nijmegen, Department of Educational Sciences.

- Lemberger, J., Hewson, P. W., & Park, H.-J. (1999). Relationships between Prospective Secondary Teachers' Classroom Practice and their Conceptions of Biology and of Teaching Science. *Science Education*, 83, 347–371.
- Lightman, A., & Sadler, P. (1998). The Earth is Round? Who are you Kidding? *Science and Children*, 25, 25-26.
- Linder, C. J., & Erickson, G. L. (1989). A Study of Tertiary Physics Students' Conceptualization of Sound. *International Journal of Science Education*, 11, 491–501.
- Linn, M. C., Clark, D., & Slotta, J. D. (2003). WISE Design for Knowledge Integration. *Science Education*, 87(4), 517-538.
- Linn, M. C., & Eylon, B.-S. (2006). Science Education: Integrating Views of Learning and Instruction. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 511-544). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Loh, B., Radinsky, J., Reiser, B. J., Gomez, L. M., Edelson, D. C., & Russell, E. (1997). The Progress Portfolio: Promoting Reflective Inquiry in Complex Investigation Environments. In R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Eds.), *Computer Supported Collaborative Learning '97* (pp. 169-178). Toronto, Ontario, Canada.
- Longino, H. (1990). *Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Louca, L. (2004). *Case Studies of Fifth-Grade Student Modeling in Science through Programming: Comparison of Modeling Practices and Conversations*. College Park, University of Maryland, Maryland.
- Louca, L., & Constantinou, C. (1999). The Use of Stagecast Creator in Constructing Modeling Skills in Physical Science: The Case of the Single Lens Camera. In G. M. Chapman (Ed.), *Fourth International Conference on Computer-Based Learning in Science* (pp. 1-10). Enschede, The Netherlands: University of Twente.
- Louca, L., Druin, A., Hammer, D., & Dreher, D. (2003). Students' Collaborative Use of Computer-Based Programming Tools in Science: A Descriptive Study. In B. Wasson, S. Ludvigsen & U. Hoppe (Eds.), *Designing for Change in Networked Learning Environments. Proceedings of the International Conference on Computer Support for Collaborative Learning 2003* (Vol. 2, pp. 109-118). Norway, Bergen: Kluwer Academic Publishers.
- Louca, L., Zacharia, Z., & Constantinou, P. C. (submitted). Unpacking the process of modeling physical phenomena: A discourse-based analysis of elementary student modeling conversations. *Science Education*.
- Loughland, T., Reid, A., & Petocz, P. (2002). Young People's Conceptions of Environment: A Phenomenographic Analysis. *Environmental Education Research*, 8(2), 187-197.
- Lumpe, A. T., & Staver, J. R. (1995). Peer Collaboration and Concept Development: Learning about Photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 71–98.
- MacDonald, B., & Rudduck, J. (1971). Curriculum Research and Development Projects: Barriers to Success. *British Journal of Educational Psychology*, 41(2), 148 – 154.
- Maloney, J., & Simon, S. (2006). Mapping Children's Discussions of Evidence in Science to Assess Collaboration and Argumentation. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1817-1841.
- Marion, R., Hewson, P. W., Tabachnick, B. R., & Blomker, K. B. (1999). Teaching for Conceptual Change in Elementary and Secondary Science Methods Courses. *Science Education*, 83, 275–307.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., & Chrostowski, S. J. (2004). *Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and*

- Eighth Grades*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Marton, F. (1981). Phenomenography-Describing Conceptions of the World Around us. *Instructional Science*, 10, 177-200.
- Marton, F. (1986). Phenomenography-A Research Approach to Investigating Different Understandings of Reality. *Journal of Thought*, 21, 29-49.
- Mason, L. (2007). Introduction: Bridging the Cognitive and Sociocultural Approaches in Research on Conceptual Change: Is it Feasible? *Educational Psychologist*, 42(1), 1 - 7.
- Matthews, M. R. (2007). Models in Science and in Science Education: An Introduction. *Science and Education*, 16, 647-652.
- Maxwell, N. (1998). *The Comprehensibility of the Universe: a New Conception of Science*: Oxford University Press, USA.
- Mayer, R. E., & Wittrock, M. C. (1996). Problem-Solving Transfer. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 47-62). New York: McMillan.
- McAllister, J. W. (1989). Truth and Beauty in Scientific Reason. *Synthese*, 78(1), 25.
- McAllister, J. W. (1990). Dirac and the Aesthetic Evaluation of Theories. *Methodology and Science*(23), 87-102.
- McCloskey, M. (1983). Naive Theories of Motion. In D. Gentner, Stevens, A. L. (Ed.), *Mental Models* (pp. 299-324). Hillsdale and London: Lawrence Erlbaum.
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & van Zee, E. H. (1987). Student Difficulties in Connecting Graphs and Physics: Examples from Kinematics. *American Journal of Physics*, 55(6), 503-513.
- McDermott, L. C., & Shaffer, P. S. (1992). Research as a Guide for Curriculum Development: An Example from Introductory Electricity. Part I: Investigation of Student Understanding. *American Journal of Physics*, 60(11), 994-1003.
- McDermott, L. C., Shaffer, S. P., & Constantinou, C. P. (2000). Preparing Teachers to Teach Physics and Physical Science by Inquiry. *Physics Education*, 35(6), 411-416.
- McDermott, L. C., & The Physics Education Group. (1996). *Physics by Inquiry*. New York: J. Wiley.
- McInnerney, J. M., & Roberts, T. S. (2004). Collaborative or Cooperative Learning? In T. S. Roberts (Ed.), *Online Collaborative Learning: Theory and Practice* (pp. 203-214). Hershey, PA: Information Science Publishing.
- McIntyre, D., & Brown, S. (1979). Science Teachers' Implementation of Two Intended Innovations. *Scottish Educational Review*, 11(1), 42 - 57.
- Mead, G. (1934). *Mind, Self and Society from the Standpoint of a Social Behaviorist*. Chicago: University of Chicago Press.
- Means, B., & Olson, K. (1994). The Link between Technology and Authentic Learning. *Educational Leadership*, 51(7), 15-18.
- Meltzer, D. E. (2004). Investigation of Students' Reasoning Regarding Heat, Work, and the First Law of Thermodynamics in an Introductory Calculus-Based General Physics Course. *American Journal of Physics*, 72(11), 1432-1446.
- Mercer, N. (2007). Commentary on the Reconciliation of Cognitive and Sociocultural Accounts of Conceptual Change. *Educational Psychologist*, 42(1), 75 - 78.
- Meyer, H., Tabachnick, R. B., Hewson, P. W., Lemberger, J., & Park, H.-J. (1999). Relationships between Prospective Elementary Teachers' Classroom Practice and their Conceptions of Biology and of Teaching Science. *Science Education*, 83, 323-346.
- Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future* (The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation). London: King's College London, School of Education.

- Minick, N. (1996). The Development of Vygotsky's Thought: An Introduction to Thinking and Speech. In H. Daniels (Ed.), *An Introduction to Vygotsky* (pp. 28-52). London: Routledge.
- Modestou, M., & Gagatsis, A. (2007). Students' Improper Proportional Reasoning: A Result of the Epistemological Obstacle of "Linearity". *Educational Psychology*, 27(1), 75-92.
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: A Model for the Development of Pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424.
- Mouzakis, C. (2008). Teachers' Perceptions of the Effectiveness of a Blended Learning Approach for ICT Teacher Training. *Journal of Technology and Teacher Education*, 16(4), 461-482.
- Murphy, P. K. (2007). The Eye of the Beholder: The Interplay of Social and Cognitive Components in Change. *Educational Psychologist*, 42(1), 41 - 53.
- Nakakoji, K., Ohira, M., Takashima, A., & Yamamoto, Y. (2007). A Computational Tool for Lifelong Learning: Experiencing Breakdowns and Understanding Situations. In H. Hoppe, H. Ogata & A. Soller (Eds.), *The Role of Technology in CSCL* (pp. 47-61). US: Springer.
- Nersessian, N. J. (2005). Interpreting Scientific and Engineering Practices: Integrating the Cognitive, Social, and Cultural Dimensions. In M. Gorman, R. D. Tweney, D. Gooding & A. Kincannon (Eds.), *Scientific and Technological Thinking* (pp. 17-56). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Neuman, D. (1987). *The Origin of Arithmetic Skills. A Phenomenographic Approach*. Göteborg, Sweden: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2002). Obstacles to the Development of Conceptual Understanding in Observational Astronomy: The Case of Spatial Reasoning Difficulties Encountered by Pre-service Teachers. In M. Michelini & M. Cobal (Eds.), *Developing Formal Thinking in Physics. Selected Contributions to the First International GIREP Seminar* (pp. 413-422). Udine, Italy: University of Udine.
- Nicolaou, C. T., Nicolaidou, I. A., & Constantinou, C. P. (2009). Scientific Model Construction by Pre-service Teachers using Stagecast Creator. In P. Blumstein, W. Hung, D. Jonassen & J. Strobel (Eds.), *Model-Based Approaches to Learning: Using Systems Models and Simulations to Improve Understanding and Problem Solving in Complex Domains* (pp. 215-236). Rotterdam: Sense Publishers.
- Norman, D. A. (1983). Some Observations on Mental Models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Noss, R., Hoyles, C., Gurtner, J., L., Adamson, R., & Lowe, S. (2002). Face-to-Face and Online Collaboration: Appreciating Rules and Adding Complexity. *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, 12(5/6), 521-540.
- NRC. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy.
- Nussbaum, J. (1979). Children's Concepts of the Earth as a Cosmic Body: A Cross-age Study. *Science Education*, 63, 83-93.
- Nussbaum, J., & Novak, J. (1976). An Assessment of Children's Concepts of the Earth Utilizing Structural Interviews. *Science Education*, 60, 535-550.
- OECD. (2004). *Learning for Tomorrow's World - First Results from PISA 2003*. Paris: Organization for Economic Co-operation and development.
- Oliver, R. (2001). Seeking Best Practice in Online Learning: Flexible Learning Toolboxes in the Australian VET sector. *Australian Journal of Educational Technology*, 17(2), 204-222.

- Olorundare, S. (1990). Discrepancies between Official Science Curriculum and Actual Classroom Practice: The Nigerian Experience. *Journal of Education Policy*, 5(1), 1-19.
- Or-bach, R., & Van Joolingen, W. R. (2004). Designing Adaptive Interventions for Online Collaborative Modeling. *Education and Information Technologies*, 9(4), 355–375.
- Oxford, R. L. (1997). Cooperative Learning, Collaborative Learning, and Interaction: Three Communicative Strands in the Language Classroom. *The Modern Language Journal*, 81(4), 443-456.
- Oxford, R. L., & Nyikos, M. (1997). Interaction, Collaboration, and Cooperation: Learning Languages and Preparing Language Teachers: Introduction to the Special Issue. *The Modern Language Journal*, 81(4), 440-442.
- Palincsar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal Teaching of Comprehension-Fostering and Comprehension-Monitoring Activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117–175.
- Panitz, T. (1997). Collaborative versus Cooperative Learning-A Comparison of the Two Concepts Which Will Help Us Understand the Underlying Nature of Interactive Learning. Retrieved 6 March, 2009, from <http://home.capecod.net/~tpanitz/tedsarticles/coopdefinition.htm>
- Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2001). Systematic Analysis of the Potential Contribution of Communication and Information Tools to the Design and Development of Research-Based Curriculum in Science. In G. M. Chapman (Ed.), *Computer Based learning in Science, Conference Proceedings 2001* (pp. A6). Czech Republic: Pedagogical Faculty of University of Ostrava.
- Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2009). A Methodology for Integrating Computer-Based Learning Tools in Science Curricula. *Journal of Curriculum Studies*, 41(4), 521 - 538.
- Papaevripidou, M., Constantinou, C. P., & Zacharia, Z. (submitted). Enacting a Framework for Developing and Assessing the Modeling Ability in the Elementary Science Classroom. *Journal of the Learning Sciences*.
- Papaevripidou, M., Hadjiagapiou, M., & Constantinou, C. P. (2005). Combined Development of Middle School Children's Conceptual Understanding in Momentum Conservation, Procedural Skills and Epistemological Awareness in a Constructionist Learning Environment. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, 15(1-2), 95 - 107.
- Paulus, T. M. (2005). Collaborative and Cooperative Approaches to Online Group Work: The Impact of Task Type. *Distance Education*, 26(1), 111–125.
- Pawlowski, J. M. (2007). The Quality Adaptation Model: Adaptation and Adoption of the Quality Standard ISO/IEC 19796-1 for Learning, Education, and Training. *Educational Technology & Society*, 10(2), 3-16.
- Penner, D. E., Giles, N. D., Lehrer, R., & Schauble, L. (1997). Building Functional Models: Designing an Elbow. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 125-143.
- Phelps, E., & Damon, W. (1989). Problem Solving with Equals: Peer Collaboration as a Context for Learning Mathematics and Spatial Concepts. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 639-646.
- Piaget, J. (1932). *The Moral Judgment of the Child*. New York: Free Press.
- Pinto, R. (2002). Introduction to the Science Teacher Training in an Information Society (STTIS) project. *International Journal of Science Education*, 24(3), 227–234.
- Pinto, R. (2005). Introducing Curriculum Innovations in Science: Identifying Teachers' Transformations and the Design of Related Teacher Education. *Science Education*, 89(1), 1-12.

- Pinto, R., Couso, D., & Gutierrez, R. (2005). Using Research on Teachers' Transformations of Innovations to Inform Teacher Education. The Case of Energy Degradation. *Science Education*, 89(1), 38-55.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Pozzi, S., healy, L., & Hoyles, C. (1993). Learning and Interaction in Groups with Computers: When do Ability and Gender Matter? *Social Development*, 2(3), 222-242.
- PPP. (n.d.). Pedagogical Patterns Project. Retrieved 21/03/08, from <http://www.pedagogicalpatterns.org/>
- Prosser, M. (1994). A Phenomenographic Study of Students' Intuitive and Understanding of Certain Electric Phenomena. *Instructional Science*, 22, 189-205.
- Psillos, D., & Kariotoglou, P. (2004). An epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching-learning sequences: the case of fluids. *International Journal of Science Education*, 26(5), 555-578.
- Puntambekar, S., Nagel, K., Hübscher, R., Guzdial, M., & Kolodner, J. L. (1997). Intra-group and Intergroup: An Exploration of Learning with Complementary Collaboration Tools. In R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Eds.), *Computer Support for Collaborative Learning Conference* (pp. 207-214). Toronto, Canada: University of Toronto.
- Raghavan, K., & Glaser, R. (1995). Model-Based Analysis and Reasoning in Science: The MARS Curriculum. *Science Education*, 79(1), 37-61.
- Rahikainen, M., Lallimo, J., & Hakkarainen, K. (2001). Progressive Inquiry in CSILE Environment: Teacher Guidance and Students' Engagement. In P. Dillenbourg, A. Eurelings. & K. Hakkarainen (Eds.), *The First European Conference on CSCL* (pp. 520-528). Maastricht, the Netherlands: Maastricht McLuhan Institute.
- Reid, N., & Skryabina, E. A. (2002). Attitudes Towards Physics. *Research in Science and Technological Education*, 20, 67-81.
- Renner, J. W., & Stafford, D. G. (1972). *Teaching Science in the Secondary School*. New York: Harper & Row.
- Richard, A., Ruth, A., Davis, K. M., Natalie, L., Craig, P., & Valentin, R. (2007). Supporting Active Learning and Example-Based Instruction with Classroom Technology. *ACM SIGCSE Bulletin*, 39(1), 69-73.
- Riemeier, T., & Gropengiesser, H. (2008). On the Roots of Difficulties in Learning about Cell Division: Process-Based Analysis of Students' Conceptual Development in Teaching Experiments. *International Journal of Science Education*, 30(7), 923-939.
- Roberts, M., & Erdos, G. (1993). Strategy Selection and Metacognition. *Educational Psychology*, 13, 259-266.
- Rojas-Drummond, S., & Mercer, N. (2003). Scaffolding the Development of Effective Collaboration and Learning. *International Journal of Educational Research*, 39(1-2), 99-111.
- Romiszowski, A., & Mason, R. (2004). Computer-Mediated Communication. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (Second ed., pp. 397-431). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ronteltap, F., Goodyear, P., & Bartoluzzi, S. (2004). A Pattern Language as an Instrument in Designing for Productive Learning Conversations. In *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications* (pp. 4271-4276). Chesapeake, VA: AACE.
- Roschelle, J. (1992). Learning by Collaborating: Convergent Conceptual Change. *Journal of the Learning Sciences*, 2(3), 235-276.

- Roschelle, J., & Teasley, S. D. (1995). Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving. In C. O'Malley (Ed.), *Computer Supported Collaborative Learning* (pp. 69-197). Berlin: Springer-Verlag.
- Rourke, L., Anderson, T., Garrison, R., & Archer, W. (2001). Methodological Issues in the Content Analysis of Computer Conference Transcripts. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 8–22.
- Rouwette, E. A. J. A., Vennix, J. A. M., & Thijssen, C. M. (2000). Group Model Building: A Decision Room Approach. *Simulation Gaming*, 31(3), 359-379.
- Rouwette, E. A. J. A., Vennix, J. A. M., & van Mullekom, T. (2002). Group Model Building Effectiveness: A Review of Assessment Studies. *System Dynamics Review*, 18(1), 5–45.
- Rust, F. (2006). Changing Schools: Still Trying after all These Years. *Teachers and Teaching*, 12(6), 619 - 621.
- Saab, N., van Joolingen, W. R., & van Hout-Wolters, B. H. A. M. (2005). Communication in Collaborative Discovery Learning. *British Journal of Educational Psychology*, 75, 603–621.
- Salmon, G. (2000). *e-Moderating: The Key to Teaching and Learning Online*. London, UK: Kogan Page.
- Salomon, G., & Globerson, T. (1989). When Teams do not Function the Way they ought to. *International Journal of Educational Research*, 13, 89-99.
- Sassi, E., Monroy, G., & Testa, I. (2005). Teacher Training about Real-Time Approaches: Research-Based Guidelines and Training Materials. *Science Education*, 89(1), 28-37.
- Scardamalia, M., Bereiter, C., & Lamon, M. (1994). The CSILE Project: Trying to Bring the Classroom into World 3. In K. McGilly (Ed.), *Classroom Lessons*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R., Schulze, S., & John, J. (1995). Students' Understanding of the Objectives and Procedures of Experimentation in the Science Classroom. *Journal of the Learning Sciences*, 4(2), 131 - 166.
- Schoenfeld, A. H. (1989). Ideas in the Air: Speculations on Small Group Learning, Environmental and Cultural Influences on Cognition and Epistemology. *International Journal of Educational Research*, 13(1), 71-88.
- Schoon, K. J. (1995). The Origin and Extent of Alternative Conceptions in the Earth and Space Sciences: A Survey of Preservice Elementary Teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 7(2), 27-46.
- Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). Assessing Metacognitive Awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 460–475.
- Schwarz, C., & Gwekwerere, Y. (2007). Using a Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8 Science Teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.
- Schwarz, C., Meyer, J., & Sharma, A. (2007). Technology, Pedagogy, and Epistemology: Opportunities and Challenges of Using Computer Modeling and Simulation Tools in Elementary Science Methods. *Journal of Science Teacher Education*, 18(2), 243-269.
- Schwarz, C., & White, B. (1998, 13–17 April). *Fostering Middle School Students' Understanding of Scientific Modeling*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.
- Schwarz, C., & White, B. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165–205.
- Schweizer, K., Paechter, M., & Weidenmann, B. (2003). Blended Learning as a Strategy to Improve Collaborative Task Performance. *Journal of Educational Media*, 28(2-3), 211-224.

- Shachar, H., & Sharan, S. (1994). Talking, Relating, and Achieving: Effects of Cooperative Learning and Whole-Class Instruction. *Cognition and Instruction*, 12(4), 313-353.
- Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (1992). Research as a Guide for Curriculum Development: An Example from Introductory Electricity. Part II: Design of Instructional Strategies. *American Journal of Physics*, 60(11), 1003-1013.
- Sharp, J. (1995). Children's Astronomy: Implications for Curriculum Developments at Key Stage 1 and the Future of Infant Science in England and Wales. *International Journal of Early Years Education*, 3(3), 17 - 49.
- Sharp, J. (1996). Children's Astronomical Beliefs: A Preliminary Study of Year 6 Children in South-West England. *International Journal of Science Education*, 18, 685-712.
- Sharp, J., Bowker, R., & Merrick, J. (1997). Primary Astronomy: Conceptual Change and Learning in Three 10-11 Year Olds. *Research in Education*, 57(May), 67-83.
- Sharp, J., & Kuerbis, P. (2006). Children's ideas about the solar system and the chaos in learning science. *Science Education*, 90(1), 124-147.
- Sins, P. H. M. (2006). *Students' Reasoning during Computer-Based Scientific Modeling*. Unpublished Dissertation, University of Amsterdam, Amsterdam.
- Sins, P. H. M., Savelsbergh, E. R., & van Joolingen, W. R. (2005). The Difficult Process of Scientific Modelling: An Analysis of Novices' Reasoning during Computer-Based Modelling. *International Journal of Science Education*, 27(14), 1695-1721.
- Sins, P. H. M., Savelsbergh, E. R., van Joolingen, W. R., & van Hout-Wolters, B. H. A. M. (2009). The Relation between Students' Epistemological Understanding of Computer Models and their Cognitive Processing on a Modelling Task. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1205 - 1229.
- Skam, K. (1994). Determining Misconceptions about Astronomy. *Australian Science Teachers Journal*, 40, 63-67.
- Slavin, R. E. (1983). *Cooperative Learning*. New York: Longman.
- Slavin, R. E. (2005). *Educational Psychology: Theory and Practice* (8th ed.). New York: Allyn & Bacon.
- Smit, J. J., & Finegold, M. (1995). Models in Physics: Perceptions held by Final-Year Prospective Physical Science Teachers Studying at South African Universities. *International Journal of Science Education*, 19(5), 621-634.
- Smith, D. C., Cypher, A., & Spohrer, J. (1994). KidSim: Programming Agents without a Programming Language. *Communications of the ACM*, 37(7), 55-67.
- Smith, F. (1994). *Understanding Reading* (5th ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Smith, J. P., diSessa, A., & Roschelle, J. (1993). Misconceptions Reconceived: A Constructivist Analysis of Knowledge in Transition. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(2), pp 115-163.
- Sneider, C., & Ohadi, M. (1998). Unravelling Students' Misconceptions About the Earth's Shape and Gravity. *Science Education*, 82(2), 265-284.
- Sneider, C., & Pulos, S. (1983). Children's Cosmographies: Understanding the Earth Shape and Gravity. *Science Education*, 67(2), 205-221.
- Solomon, J. (1987). Social Influences on the Construction of Pupils' Understanding of Science. *Studies in Science Education*, 14(1), 63-82.
- Sparks, D. (1994). A Paradigm Shift in Staff Development. *Journal of Staff Development*, 15(4), 26-29.
- Sparks, D., & Loucks-Horsley, S. (1989). Five Models of Staff Development for Teachers. *Journal of Staff Development*, 10(4), 40-57.
- Springer, L., Stanne, M. E., & Donovan, S. S. (1999). Effects of Small-Group Learning on Undergraduates in Science, Mathematics, Engineering, and Technology: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 69(1), 21-51.

- Stahly, L., Krockover, H. G., & Shepardson, P. D. (1999). Third Grade Student's Ideas about the Lunar Phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 159-177.
- Statt, D. A. (1998). *The Concise Dictionary of Psychology* (3rd ed.). New York: Routledge.
- Steward, J., & Hafner, R. (1991). Extending the Conception of Problem in Problem Solving Research. *Science Education*, 75(1), 105-120.
- Stewart, J., & Rudolph, J. (2001). Considering the Nature of Scientific Problems when Designing Science Curricula. *Science Education*, 85(3), 207-222.
- Stratford, S. J., Krajcik, J., & Soloway, E. (1998). Secondary Students' Dynamic Modeling Processes: Analyzing, Reasoning about, Synthesizing, and Testing Models of Stream Ecosystems. *Journal of Science Education and Technology*, 7(3), 215 - 234.
- Strauss, A. (1987). *Qualitative Analysis for Social Scientists*. NY: Cambridge University Press.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of Qualitative Research. Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. Thousand Oaks CA: SAGE Publications.
- Strijbos, J. W., Martens, R. L., Jochems, W., & Broers, N. J. (2004). The Effect of Functional Roles on Group Efficiency: Using Multilevel Modeling and Content Analysis to Investigate Computer-Supported Collaboration in Small Groups. *Small Group Research*, 35(2), 195 - 229.
- Strijbos, J. W., Martens, R. L., Prins, F. J., & Jochems, W. M. G. (2006). Content Analysis: What are they Talking About? *Computers & Education*, 46(1), 29.
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A Revisionist Theory of Conceptual Change. In I. R. D. R. Hamilton (Ed.), *Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational theory and Practise* (pp. 147-176). Albany, NY: SUNY press.
- Stylianidou, F., Boohan, R., & Ogborn, J. (2005). Science Teachers' Transformations of the Use of Computer Modeling in the Classroom: Using Research to Inform Training. *Science education*, 89(1), 56-70.
- Summers, M., & Mant, J. (1995). A Survey of British Primary School Teachers' Understanding of the Earth's Place in the Universe. *Educational Research*, 37(1), 3-19.
- Svensson, L. (1997). Theoretical Foundations of Phenomenography. *Higher Education Research & Development*, 16(2), 159-171.
- Tabachnick, B. R., & Zeichner, K. M. (1999). Idea and Action: Action Research and the Development of Conceptual Change Teaching of Science. *Science Education*, 83, 309-322.
- Tamir, P. (1990). Considering the Role of Invitations to Inquiry in Science Teaching and in Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 1(3), 41.
- Tao, P.-K. (2004). Developing Understanding of Image Formation by Lenses through Collaborative Learning Mediated by Multimedia Computer-Assisted Learning Programs. *International Journal of Science Education*, 26(10), 1171-1197.
- Tao, P.-K., & Gunstone, R. F. (1999). Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at the Computer. *International Journal of Science Education*, 21(1), 39-57.
- TELL. (n.d.). TELL PROJECT. Towards Effective network supported coLLaborative learning activities. Retrieved 2007, from <http://cosy.ted.unipi.gr/tell/>
- Tella, S. (1998). The Concept of Media Education Revisited: From a Classificatory Analysis to a Rhizomatic Overview. In S. Tella (Ed.), *Aspects of Media Education: Strategic Imperatives in the Information Age* (pp. 85-150). Media Education Centre. Department of Teacher Education. University of Helsinki: Media Education Publications 8.

- Thomson, P. (2000). The Sorcery of Apprenticeships and New/Old Brooms: Thinking about Theory, Practice, "the Practicum" and Change. *Teaching Education*, 11(1), 67-74.
- Tiberghien, A. (1980). Modes and Conditions of Learning. An Example: The Learning of some Aspects of the Concept of Heat. In W. F. Archenhold, R. Driver, A. Orton & C. Wood-Robinson (Eds.), *Cognitive Development Research in Science and Mathematics, Proceedings of an International Seminar* (pp. 288-309). Leeds: University of Leeds.
- Tiberghien, A. (1985). Heat and Temperature, the Development of Ideas with Teaching. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes, England: Open University Press.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a Basis for Analyzing Teaching-Learning Situations. *Learning and Instruction*, 4(1), 71-87.
- Tiene, D. (2000). Online Discussions: A Survey of Advantages and Disadvantages Compared to Face-to-Face Discussions. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 9(4), 1-9.
- Trend, R. D. (2001). Deep Time Framework: A Preliminary Study of U.K. Primary Teachers' Conceptions of Geological Time and Perceptions of Geoscience. *Journal of Research in Science Education*, 38(2), 191-221.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2002). Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Moon Phases before and after Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 633-658.
- Van Aalsvoort, J. (2004). Logical Positivism as a Tool to Analyse the Problem of Chemistry's Lack of Relevance in Secondary School Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 26(9), 1151-1168.
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' Knowledge of Models and Modelling in Science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2002). Experienced Teachers' Knowledge of Teaching and Learning of Models and Modelling in Science Education. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1255-1272.
- Van Eijl, P. J., Pilot, A., & De Voogd, P. (2005). Effects of Collaborative and Individual Learning in a Blended Learning Environment. *Education and Information Technologies*, 10(1/2), 49-63.
- Vaughan, J. C. (1995). OERI Launches Professional Development Initiatives. *The ERIC Review*, 3(3), 18-19.
- Vennix, J. A. M., Richardson, G. P., & Andersen, D. F. (1997). Foreword: Group Model Building, Art, and Science. *System Dynamics Review*, 13(2), 103-106.
- Viennot, L., Chauvet, F., Colin, P., & Rebmann, G. (2005). Designing Strategies and Tools for Teacher Training: The Role of Critical Details, Examples in Optics. *Science Education*, 89(1), 13-27.
- Vlissides, J. (1998). *Pattern Hatching: Design Patterns Applied*. Essex, UK: Addison-Wesley Longman, Ltd.
- Vosniadou, S. (1991). Designing Curricula for Conceptual Restructuring: Lessons from the Study of Knowledge Acquisition in Astronomy. *Journal of Curriculum Studies*, 23(3), 219-237.
- Vosniadou, S. (1992). Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535-585.
- Vosniadou, S. (1994a). Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.
- Vosniadou, S. (1994b). *Universal and Culture-Specific Properties of Children's Mental Models of the Earth*. Cambridge: University Press, Cambridge.

- Vosniadou, S. (2007). The Cognitive-Situative Divide and the Problem of Conceptual Change. *Educational Psychologist*, 42(1), 55 - 66.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental Models of the Day/Night Cycle. *Cognitive Science*, 18(1), 123-183.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing Learning Environments to Promote Conceptual Change in Science. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 381-419.
- Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard Press.
- Wallis, A. C. (1989). *Science Teachers' Conceptions of Energy*. London: Institute of Education, University of London, Department of Science Education.
- Walsh, E., Dall'Alba, G., Bowden, J., Martin, E., Marton, F., Masters, G., et al. (1993). Physics Students' Understanding of Relative Speed: A Phenomenographic Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1133-1148.
- Warschauer, M. (1997). Computer-Mediated Collaborative Learning: Theory and Practice. *The Modern Language Journal*, 81(4), 470-481.
- Webb, N. M. (1991). Task Related Verbal Interaction and Mathematics Learning in Small Groups. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22(5), 366-389.
- Webb, N. M., Troper, J. D., & Fall, R. (1995). Constructive Activity and Learning in Collaborative Small Groups. *Journal of Educational Psychology*, 87(3), 406-423.
- Weblabs. (n.d.). Weblabs: New Representational Infrastructures for e-Learning. D8.2.1/8.3.1: *General Evaluation of Learning*, Retrieved July, 2008, from www.weblabs.eu.com
- Wechsler, J. (1978). *On Aesthetics in Science*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Weinberger, A., & Fischer, F. (2006). A Framework to Analyze Argumentative Knowledge Construction in Computer-Supported Collaborative Learning. *Computers & Education*, 46(1), 71.
- Wellington, J. (1994). *Secondary Science*. London: Routledge.
- Welsch, W. (1997). *Undoing Aesthetics*: Sage Publications Ltd.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. New York: The Falmer Press.
- Whitlock, D., & Jelfs, A. (2003). Editorial: Journal of Educational Media Special Issue on Blended Learning. *Journal of Educational Media*, 28(2-3), 99-100.
- Wilson, M. (2004). *Constructing Measures: An Item Response Modeling Approach*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Windschitl, M., & Thompson, J. (2006). Transcending Simple Forms of School Science Investigation: The Impact of Preservice Instruction on Teachers' Understandings of Model-Based Inquiry. *American Educational Research Journal*, 43(4), 783-835.
- Wittgenstein, L. (1953). *Philosophical Investigations* (G. Anscomb, Trans.). Oxford: Blackwell and Mott.
- Wood Daudelin, M. (1996). Learning from Experience through Reflection. *Organizational Dynamics*, 24(3), 36-48.
- Wu, H. K., Krajcik, J., & Soloway, E. (2001). Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.
- Zamuner, V. L. (1995). Individual and Cooperative Computer-Writing and Revising: Who Gets the Best Results? *Learning and Instruction*, 5(2), 101.
- Zee, A. (1986). *Fearful Symmetry: The Search for Beauty in Modern Physics*. New York: Macmillan.
- Zemel, A., Xhafa, F., & Cakir, M. (2007). What's in the Mix? Combining Coding and Conversation Analysis to Investigate Chat-Based Problem Solving. *Learning and Instruction*, 17(4), 405-415.

- Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων (2003). *Η Γη μας: Γεωγραφία Έκτης Τάξης*. Αθήνα: Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Ευαγόρου, Μ. (2000). *Εννοιολογικές και Συλλογιστικές Δυσκολίες Δεκάχρονων Παιδιών στην Αστρονομία*. Unpublished Ερευνητική Εργασία, Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λευκωσία.
- Λυμπουρίδου, Χ., & Σεβαστίδου, Α. (2007). Διαδικτυακές Πλατφόρμες Μάθησης. In Χ. Λυμπουρίδου & Α. Σεβαστίδου (Eds.), *Πληροφορική Υποστήριξη Για τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο*. Λευκωσία: Κύπρος: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου.
- Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων (1995). *Γνωρίζω τον Κόσμο: Αφρική, Αμερική, Ασία, Ωκεανία. Στ' Δημοτικού*. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού.
- Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων (1996). *Αναλυτικά Προγράμματα Δημοτικής Εκπαίδευσης (στα Πλαίσια της Εννιάχρονης Εκπαίδευσης)*. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου.
- Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων (1997a). *Πρώτα Βήματα στην Επιστήμη: Γ' Δημοτικού: Βιβλίο για το Δάσκαλο*. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού: Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων (1997b). *Πρώτα Βήματα στην Επιστήμη: Ε' Δημοτικού: Βιβλίο για το Δάσκαλο*. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού: Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων (1999). *Πρώτα Βήματα στην Επιστήμη: Β' Δημοτικού: Βιβλίο για το Δάσκαλο*. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού: Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων (2001a). *Πρώτα Βήματα στην Επιστήμη: Α' Δημοτικού: Βιβλίο για το Δάσκαλο*. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού: Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων (2001b). *Πρώτα Βήματα στην Επιστήμη: Δ' Δημοτικού: Βιβλίο για το Δάσκαλο*. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού: Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων (2001c). *Πρώτα Βήματα στην Επιστήμη: Στ' Δημοτικού: Βιβλίο για το Δάσκαλο*. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού: Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης.

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

8.1. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

Το διδακτικό υλικό σχεδιάστηκε με το σκεπτικό ότι θα εργάζεστε σε ομάδες (3-4 ατόμων). Επιπλέον, το διδακτικό υλικό εφαρμόζει ένα πλαίσιο συνεργατικής μάθησης σε τρία επίπεδα: Σε διάφορα σημεία του μαθήματος θα χρειαστεί να συνεργαστείτε (α) με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας σας, (β) με τις υπόλοιπες ομάδες της τάξης εντός τάξης και (γ) με τις υπόλοιπες ομάδες της τάξης στο πλαίσιο του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος. Έτσι, σε διάφορα μέρη του διδακτικού υλικού ίσως χρειαστεί να έχετε συναντήσεις με την ομάδα σας σε χρόνο εκτός του προβλεπόμενου, καθώς επίσης θα πρέπει να συνεργαστείτε τόσο πρόσωπο με πρόσωπο όσο και από απόσταση στο διαδικτυακό χώρο του μαθήματος (<http://websun.cc.ucy.ac.cy/>).

Στο χρονοδιάγραμμα των δραστηριοτήτων του μαθήματος φαίνονται τα παραδοτέα που πρέπει να υποβάλετε και οι αντίστοιχες ημερομηνίες. Θα σας φανεί ιδιαίτερα χρήσιμο να απευθύνεστε στο χρονοδιάγραμμα σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να οργανώνετε τη δουλειά σας τόσο εντός όσο και εκτός της τάξης.

ΜΕΤΑΓΝΩΣΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Επιπλέον, είναι σημαντικό να λαμβάνετε υπόψη και να δίνετε ιδιαίτερη σημασία στα «μεταγνωστικά σχόλια» που βρίσκονται στο τέλος κάποιων δραστηριοτήτων. Αυτά θα σας βοηθήσουν τόσο στη «λύση» των δραστηριοτήτων, όσο και στην κατανόηση του τρόπου που μαθαίνετε, καθώς και του τρόπου με τον οποίο η μάθηση εδραιώνεται. Θα σας δώσουν επίσης τροφή και ιδέες για τη συμπλήρωση του αναστοχαστικού ημερολογίου, το οποίο θα πρέπει να παραδίνετε μετά από κάθε μάθημα.

Πρόβλημα

Υποθέστε ότι βρίσκεστε στο 2300, όταν τα ταξίδια στο φεγγάρι έχουν γίνει πλέον μια απλή βόλτα. Αποφασίσατε με την ομάδα σας να ταξιδέψετε στο φεγγάρι. Όταν φτάσατε στο φεγγάρι καθίσατε σε μια καφετερία για να ξεκουραστείτε.

Ξαφνικά ο Σταύρος έμεινε με το στόμα ανοικτό:

Σ: Κοιτάζτε εκεί, στον ουρανό, βλέπω το φεγγάρι! Γιάννα το βλέπεις κι εσύ;

Γ: Ναι! Μα πώς είναι δυνατό; Αφού είμαστε στο φεγγάρι. Ντίνο τι νομίζεις;

Ν: Πρέπει να είναι η Γη.

Σ: Τι λες ρε Ντίνο! Χα, χα, χα . . .

Χ: Όχι ρε παιδιά, είναι ο Άρης.

....μπλα....μπλα...μπλα....

Τι ήταν αυτό που παρατήρησε ο Σταύρος; Τι είναι αυτό που φαίνεται στον ουρανό και ποια είναι η συμπεριφορά του αν το παρατηρήσετε για μεγάλο χρονικό διάστημα; Για να απαντήσετε σε αυτές τις ερωτήσεις θα πρέπει να περάσετε από το διδακτικό υλικό που ακολουθεί και να συνεργαστείτε με όσο το δυνατό καλύτερο τρόπο, τόσο με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας σας όσο και με τις υπόλοιπες ομάδες της τάξης, τόσο εντός τάξης όσο και στο πλαίσιο του Εικονικού Περιβάλλοντος Μάθησης.

ΘΑ ΜΕΛΕΤΗΣΕΤΕ ΑΡΧΙΚΑ ΤΗ ΣΕΛΗΝΗ ΟΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ ΑΝΤΙΛΗΠΤΗ ΑΠΟ ΤΗ ΓΗ

Δραστηριότητα 1.....



Σκεφτείτε ένα φαινόμενο που σχετίζεται με τη σελήνη. Προσπαθήστε να το αναπαραστήσετε στην ομάδα σας με όποιο τρόπο θέλετε.

✓ Παραδώστε τα αποτελέσματά της προσπάθειάς σας σε ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού.

Δραστηριότητα 2.....

Το μέρος Α και Β αυτής της Δραστηριότητας θα γίνει στο σπίτι

A) Κατεβάστε το αρχείο Final_Exc2_Blue_Planet.wmv¹ και παρατηρήστε το προσεκτικά. Καταγράψτε ατομικά τις παρατηρήσεις σας στο χώρο «Discussions/Δραστηριότητα 2/Δραστηριότητα 2α»

B) Συγκρίνετε τις παρατηρήσεις σας με αυτές των υπολοίπων μελών της ομάδας σας. Είναι οι ίδιες; Αν όχι, πώς διαφέρουν; Καταγράψτε την απάντησή σας στο χώρο «Discussions/Δραστηριότητα 2/Δραστηριότητα 2β»

Γ) Συζητήστε στην ομάδα σας τις ακόλουθες ερωτήσεις:

-Είναι δυνατό κάποιος από την ομάδα σας να παρατήρησε κάτι χωρίς αυτό πραγματικά να συνέβηκε;

-Είναι χρήσιμο δύο άτομα τα οποία παρατηρούν το ίδιο φαινόμενο να διαφωνούν μεταξύ τους; Εξηγήστε το συλλογισμό σας.

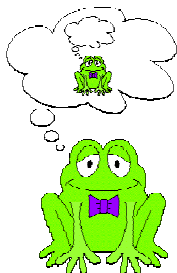
-Ποιες από τις αισθήσεις σας χρησιμοποιήσατε για να κάνετε τις παρατηρήσεις που αναφέρατε πιο πάνω;

Δ) Ποιες από τις ακόλουθες δηλώσεις θα μπορούσαν να θεωρηθούν παρατηρήσεις;

1. Ο σπόρος βγάζει πρώτα ρίζα, μετά βλαστό, φύλλα άνθος, καρπό.
2. Η αστραπή ακολουθείται από βροντή.
3. Η γη γυρίζει γύρω από τον ήλιο.
4. Η σκιά μας πέφτει το πρωί με περίπου δυτική κατεύθυνση.
5. Αφαιρώντας τη φλούδα ενός πορτοκαλιού αναμένεται ότι θα βρεις μοίρες, χυμό, κουκούτσια.
6. Οι καλοί μαθητές κάνουν ότι πει ο δάσκαλός τους.
7. Όλα τα υγρά ρέουν.
8. Αν καταπιώ δηλητήριο θα πεθάνω.

¹ Στο χώρο Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ

Ε) Μπείτε στο χώρο «Discussions/Δραστηριότητα 2/Δραστηριότητα 2ε» και διαπραγματευθείτε με τις υπόλοιπες ομάδες σε σχέση με το ποια κριτήρια χρησιμοποιήσατε για να αποφασίσετε για τις προτάσεις που επιλέξατε; Σχολιάστε την απάντηση τουλάχιστον δύο ομάδων.



Μεταγνωστικό σχόλιο 1: Σε αυτό το στάδιο είναι σημαντικό να αντιλαμβάνεστε με σαφήνεια τι είναι αυτό που σας ζητά η Δραστηριότητα. Συζητήστε με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας σας, αλλά και με τις άλλες ομάδες σε σχέση με το τι ακριβώς έπρεπε να κάνετε στο πλαίσιο της Δραστηριότητας 2. Αν αντιλαμβάνεστε τα ίδια πράγματα, προχωρήστε στην Δραστηριότητα 3, αν όχι, συζητήστε περισσότερο. Μπορείτε να ζητήσετε βοήθεια από ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού. Μπορείτε επίσης να επιστρέψετε πίσω και να αλλάξετε κάποια από τις απαντήσεις σας.

Δραστηριότητα 3.....

Θεωρήστε ότι πρέπει να παρατηρήσετε το φεγγάρι για μία περίοδο δύο μηνών. Συζητήστε αρχικά στην ομάδα σας τον τρόπο με τον οποίο μπορείτε να το κάνετε αυτό; Θα χρειαστείτε όργανα; Αν ναι ποια; Αν όχι, πώς θα πάρετε μετρήσεις;

Περιγράψτε την προσέγγισή σας στο χώρο «Discussions/Δραστηριότητα 3». Ακολουθώντας, διαβάστε τους τρόπους παρατήρησης των υπολοίπων ομάδων.

Διαπραγματευθείτε (στην τάξη) με τις υπόλοιπες ομάδες και υιοθετήστε κοινές στρατηγικές για διακρίβωση των προτεινόμενων τρόπων παρατήρησης και των δεδομένων που θα καταγραφούν. Για παράδειγμα, πώς θα ξέρετε ότι δεν υπάρχουν συστηματικά σφάλματα στις καταγραφές γωνίας και κατεύθυνσης; Πώς θα μειώσετε τα τυχαία σφάλματα στις καταγραφές του σχήματος του φεγγαριού και στις υπόλοιπες μετρήσεις σας; Αξιολογήστε τους τρόπους συλλογής δεδομένων για το φεγγάρι που προτάθηκαν με βάση τις στρατηγικές που υιοθετήσατε.

Σημείωση

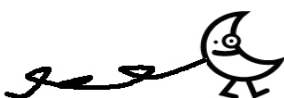
Ορίστε ένα άτομο ως εκπρόσωπο της ομάδας σας ώστε να μιλά εκ μέρους της. Αυτό δεν υπονοεί ότι τα άλλα μέλη της ομάδας δεν μπορούν να μιλούν

Στρατηγικές:

Αξιολόγηση τρόπων συλλογής δεδομένων κάθε ομάδας:

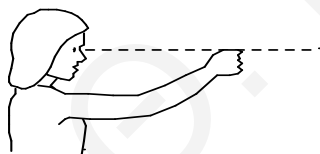
✓ Συζητήστε τις απαντήσεις σας με ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού.

Δραστηριότητα 4.....



Σε αυτή την Δραστηριότητα θα αναπτύξετε μια τεχνική για να υπολογίζετε τη θέση αστρονομικών αντικειμένων.

Α. Κρατήστε το ένα σας χέρι ευθεία μπροστά σας και κάντε μια γροθιά με αυτό το χέρι.



Σχήμα 1: οριζόντια γραμμή

Κοιτάξτε κατά μήκος του πάνω μέρους της γροθιάς σας και κινήστε το χέρι σας, μέχρι η γραμμή όρασής σας να είναι οριζόντια (Σχήμα 1). Ζητήστε από κάποιο συμφοιτητή σας να ελέγξει αν η γραμμή όρασής σας είναι οριζόντια.

Γράψτε ένα λειτουργικό ορισμό² για το οριζόντιο.

Υποθέστε ότι στέκεστε στην πλαγιά ενός λόφου. Ο ορισμός σας για το οριζόντιο θα ήταν διαφορετικός σε αυτή την περίπτωση;

Αν ναι, αναθεωρήστε το λειτουργικό ορισμό σας, ώστε να εφαρμόζει και σε αυτή την περίπτωση.

² Συζητήστε με ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού για το τι σημαίνει λειτουργικός ορισμός.

Β) Μετακινείτε το χέρι σας προς τα πάνω μέχρι η γραμμή όρασής σας να δείχνει κατακόρυφα πάνω. Ζητήστε από κάποιο συμφοιτητή σας να επιβεβαιώσει ότι η γραμμή όρασής σας είναι κατακόρυφη.

Γράψτε ένα λειτουργικό ορισμό για την έννοια το κατακόρυφο.

Γ) Κάντε μια γροθιά και κρατήστε το χέρι σας ευθεία, ώστε η γραμμή όρασής σας στο πάνω μέρος της γροθιάς σας να είναι οριζόντια. Τοποθετήστε την άλλη σας γροθιά στο πάνω μέρος της πρώτης γροθιάς. Κρατήστε την πάνω γροθιά σταθερά στη θέση της και μετακινήστε την κάτω γροθιά, ώστε να πάει στην κορυφή. Συνεχίστε αυτή τη διαδικασία, της γροθιάς πάνω σε γροθιά, μετρώντας τις γροθιές, μέχρι που η γραμμή της όρασής σας να γίνει κατακόρυφη. Ένας συμφοιτητής σας μπορεί να διαβεβαιώνει ότι οι γροθιές σας παραμένουν σταθερές.

Μέσα από ποια ολική γωνία έχουν μετακινηθεί οι γροθιές σας;

Πόσες γροθιές αντιστοιχούν στην ολική γωνία; (Σκεφτείτε κατά πόσο θα περιλάβετε την αρχική γροθιά που κρατήσατε οριζόντια.)

Πόσες μοίρες αντιστοιχούν σε κάθε μια από τις γροθιές σας που βρίσκονται στο μήκος ενός χεριού; Εξηγήστε το συλλογισμό σας.

Δ) Κάθε ένα από τα μέλη της ομάδας σας θα πρέπει να υπολογίσει τη γωνία που αντιστοιχεί σε μία γροθιά που βρίσκεται σε μήκος ενός χεριού.

Κάθε μέτρηση σας δίνει περίπου την ίδια τιμή;

Ε) Βρείτε τη γωνία που αντιστοιχεί σε ένα από τα δάχτυλά σας όταν αυτό βρίσκεται σε μήκος ενός χεριού. Περιγράψτε πώς υπολογίσατε την τιμή της γωνίας.

Βγείτε έξω από την τάξη και ζητήστε από ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού να σας υποδείξει συγκεκριμένα αντικείμενα, για τα οποία θα πρέπει να μετρήσετε το γωνιακό υψόμετρο. Καταγράψτε τις απαντήσεις σας στον παρακάτω πίνακα:

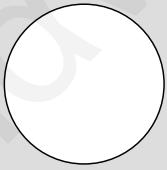
Αντικείμενο	Γωνιακό υψόμετρο

✓ Συζητήστε την τεχνική σας με ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού.

Δραστηριότητα 5.....

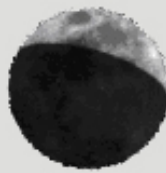
Να κάνετε παρατηρήσεις του φεγγαριού για τρεις μέρες³. Για κάθε παρατήρηση πρέπει να συμπληρώνετε το Έντυπο Παρατήρησης του Φεγγαριού (σχήμα 2α.). Ένα συμπληρωμένο έντυπο φαίνεται παρακάτω (σχήμα 2β)

Ημερομηνία: _____
Ωρα: _____
Θέση παρατηρητή: _____
Κατεύθυνση σελήνης: _____
Γωνία σελήνης-ορίζοντα: _____
Γωνία ήλιου σελήνης: _____



Σχήμα 2α. Έντυπο Παρατήρησης του Φεγγαριού

Ημερομηνία : 02/09/03
Ωρα: 12:30
Θέση παρατηρητή: Λακατάμια
Κατεύθυνση σελήνης: ΝΑΑ
Γωνία σελήνης-ορίζοντα: 9°
Γωνία ήλιου σελήνης: -



Σχήμα 2β. Συμπληρωμένο Έντυπο Παρατήρησης Φεγγαριού

³ Στο χώρο *Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ*, που περιλαμβάνει κενά έντυπα παρατήρησης του φεγγαριού (dsrf).

Δραστηριότητα 6.....

Σκεφτείτε ένα φαινόμενο που σχετίζεται με τη σελήνη. Προσπαθήστε να το αναπαραστήσετε στην ομάδα σας χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα Stagecast Creator®. Ανεβάστε το πρόγραμμά σας στο Εικονικό Περιβάλλον Μάθησης (Assignments/Δραστηριότητα 6).

✓ Παραδώστε τα αποτελέσματά σας σε ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού.

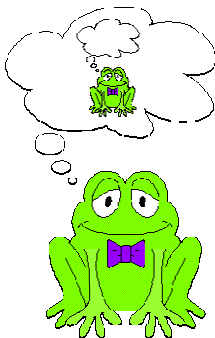
Δραστηριότητα 7.....

Πριν προχωρήσετε στην Δραστηριότητα 8 θα πρέπει να διασφαλίσετε ότι κατανοείτε και διαφοροποιείτε τους όρους «πρόβλεψη» και «υπόθεση». Αρχικά, προσπαθήστε να εντοπίσετε, ως ομάδα, ποιες από τις ακόλουθες δηλώσεις είναι υποθέσεις και ποιες προβλέψεις.

- 1.1. Όλη τη βδομάδα έβρεχε. Θα βρέξει και αύριο.
- 1.2. Όλα τα μεγάλα αντικείμενα όταν μπουν στο νερό βυθίζονται.
- 1.3. Τα ξύλινα αντικείμενα επιπλέουν στο νερό.
- 1.4. Όταν ρίξω δείκτη φαινολοφθαλείνης (άχρωμο) σε ένα βασικό διάλυμα, ο δείκτης θα πάρει κοκκινωπό χρώμα.
- 1.5. Ο μαγνήτης έλκει όλα τα μεταλλικά αντικείμενα.
- 1.6. Αν ρίξω την μπάλα πάνω στον τοίχο θα επιστρέψει σε μένα.
- 1.7. Αυτό το αυτοκίνητο αναπτύσσει ταχύτητα πέραν των 200km/h, γιατί η μηχανή του καίει ευκολότερα τη βενζίνη.
- 1.8. Βλέπουμε πάντα την ίδια πλευρά του φεγγαριού, λόγω της θέσης του ήλιου της γης και της σελήνης.

Καταγράψτε στο χώρο «Discussions/Δραστηριότητα 7α» τρεις υποθέσεις και τρεις προβλέψεις. Συζητήστε τις απαντήσεις σας με τις υπόλοιπες ομάδες. Σχολιάστε τις απαντήσεις τουλάχιστον δύο άλλων ομάδων. Απαντήστε, αν χρειαστεί, σε όσες ομάδες θέσουν ερωτήματα που αφορούν στις δηλώσεις σας. Ακολουθώντας να υιοθετήστε, με βάση τις απαντήσεις στη Δραστηριότητα 7α, κριτήρια σε σχέση με το πώς διαφοροποιείται η πρόβλεψη από την υπόθεση και καταγράψτε τα στο χώρο «Discussions/Δραστηριότητα 7β». Όταν το

κάνετε αυτό, πρέπει να μπορείτε να διαχωρίζετε πότε μία πρόταση είναι υπόθεση, πότε είναι πρόβλεψη και πώς χρησιμοποιούμε την υπόθεση ή την πρόβλεψη.



Μεταγνωστικό σχόλιο 2: Ποια ήταν η πορεία εργασίας που ακολουθήσατε στις δραστηριότητες 4-7; Πώς καταλήξατε σε κοινά κριτήρια; Πώς ξεπεράστηκαν πιθανά προβλήματα που προέκυψαν; Στην επιστήμη πότε είναι αποδεκτό να διαφωνούμε μεταξύ μας και πότε είναι λογικό να αναμένουμε ότι πρέπει να συμφωνούμε;

✓ Συζητήστε τις απαντήσεις σας με ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού.

Δραστηριότητα 8.....

Το αρχείο «*astro_data*⁴» περιέχει παρατηρήσεις του φεγγαριού που έγιναν από τις 9 Μαρτίου 2001 μέχρι και τις 9 Απριλίου 2001. Απομονώστε τα δεδομένα που αφορούν μία μέρα μόνο, και συγκεκριμένα την 18^η Μαρτίου. Μελετήστε τις παρατηρήσεις προσεκτικά.

Α) Κατά τη διάρκεια της πορείας μιας μέρας:

- ο Διαφοροποιείται η εμφάνιση του φεγγαριού; Αν ναι, πώς; Υποστηρίξτε τις απαντήσεις σας δίνοντας συγκεκριμένα παραδείγματα από τα δεδομένα σας.

- ο Διαφοροποιείται η γωνία ήλιου-σελήνης;

Αν ναι, πώς; Υποστηρίξτε τις απαντήσεις σας δίνοντας συγκεκριμένα παραδείγματα από τα δεδομένα σας.

Β) Προσπαθήστε να εντοπίσετε ένα μοτίβο στα δεδομένα που έχετε μπροστά σας. Περιγράψτε το (Μπορείτε να αναπαραστήσετε το μοτίβο που εντοπίσατε με όποιο άλλο τρόπο θεωρείτε εσείς καλό).

⁴ Στο χώρο *Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ*

Τι σημαίνει *μοτίβο* στις Φυσικές Επιστήμες;

Με βάση τις παρατηρήσεις του φεγγαριού που έχετε στη διάθεση σας, να κάνετε υποθέσεις που να προκύπτουν από τα δεδομένα σας. Προσπαθήστε να υιοθετήσετε μια κοινή θεωρία με βάση την οποία να δώσετε την απάντησή σας.

Συζητήστε στην τάξη με τις υπόλοιπες ομάδες (αποφασίστε ποιος θα εκφράζει τις απόψεις σας), ώστε να καταλήξετε στο ποιες από τις υποθέσεις που εντοπίστηκαν από τις ομάδες μπορεί να στηρίζονται σε θεωρίες που συνάδουν με τα δεδομένα που έχετε ενώπιόν σας.

Δραστηριότητα 9.....



Παρακάτω φαίνεται η συζήτηση δύο φοιτητών σε σχέση με δεδομένα του φεγγαριού για τις ημερομηνίες 7/8/03-11/8/03. Διαβάστε προσεκτικά τη συζήτηση και αξιολογήστε τις προβλέψεις που παραθέτουν οι δύο φοιτητές.

<p>Ημερομηνία: 07/08/03 Ώρα: 21:02 Θέση παρατηρητή: Λακατάμια Κατεύθυνση σελήνης: Νότια Γωνία σελήνης-ορίζοντα: 28°</p> 	<p>Ημερομηνία: 08/08/03 Ώρα: 11:00 Θέση παρατηρητή: Λακατάμια Κατεύθυνση σελήνης: --- Γωνία σελήνης-ορίζοντα: ---</p> 	<p>Ημερομηνία: 09/08/03 Ώρα: 20:15 Θέση παρατηρητή: Πάφος Κατεύθυνση σελήνης: ΝΝΑ Γωνία σελήνης-ορίζοντα: 13,5°</p> 
<p>Ημερομηνία: 09/08/03 Ώρα: 22:10 Θέση παρατηρητή: Πάφος Κατεύθυνση σελήνης: Ν Γωνία σελήνης-ορίζοντα: 30°</p> 	<p>Ημερομηνία: 10/08/03 Ώρα: 19:30 Θέση παρατηρητή: Πάφος Κατεύθυνση σελήνης: ΝΑ Γωνία σελήνης-ορίζοντα: 9°</p> 	<p>Ημερομηνία: 11/08/03 Ώρα: 21:00 Θέση παρατηρητή: Λευκωσία Κατεύθυνση σελήνης: ΝΑ Γωνία σελήνης-ορίζοντα: 11°</p> 

Φοιτητής 1: 7/8, η ώρα 9 βλέπουμε μεγάλο κομμάτι του φεγγαριού.

Φοιτητής 2: Ναι, και ξαφνικά στις 8/8, εξαφανίζεται.

Φοιτητής 1: Και στις 9/9 γίνεται έτσι.... Άρα εξαρτάται από την ώρα σωστά;

Φοιτητής 2: Δηλαδή θα δεις μία ώρα το φεγγάρι ξαφνικά να είναι γεμάτο και μια άλλη ώρα να μην είναι; Δεν ξέρω.

Φοιτητής 1: Εγώ νομίζω ότι αυτό συμβαίνει, το λένε άλλωστε και τα δεδομένα μου.

Φοιτητής 2: Εγώ από την άλλη υποθέτω ότι δεν εξαρτάται από την ώρα. Ότι ώρα και να δεις το φεγγάρι σε μια μέρα θα είναι το ίδιο σχήμα. Πρέπει να είναι λάθος της μέτρησης.

Συμφωνείτε με τον φοιτητή 1, τον φοιτητή 2, με κανένα από τους δύο ή και με τους δύο φοιτητές; Εξηγήστε το συλλογισμό σας.

Δραστηριότητα 10.....



Το αρχείο «astro_data»⁵ περιέχει παρατηρήσεις του φεγγαριού που έγιναν από τις 9 Μαρτίου 2001 μέχρι και τις 9 Απριλίου 2001. Απομονώστε τα δεδομένα που αφορούν μία εβδομάδα μόνο, και συγκεκριμένα την εβδομάδα από την 23^η Μαρτίου 2001 μέχρι την 29^η Μαρτίου 2001. Μελετήστε τις παρατηρήσεις προσεκτικά.

Μελετήστε προσεκτικά τις παρατηρήσεις.

A) Κατά τη διάρκεια της πορείας μιας βδομάδας:

- ο Διαφοροποιείται η εμφάνιση του φεγγαριού; Αν ναι, πώς; Υποστηρίξτε τις απαντήσεις σας δίνοντας συγκεκριμένα παραδείγματα από τα δεδομένα σας.
- ο Διαφοροποιείται η γωνία ήλιου-σελήνης; Αν ναι, πώς; Υποστηρίξτε τις απαντήσεις σας δίνοντας συγκεκριμένα παραδείγματα από τα δεδομένα σας.

B) Προσπαθήστε να εντοπίσετε ένα μοτίβο που να υπάρχει στα δεδομένα που έχετε μπροστά σας. Περιγράψτε το. (Μπορείτε να αναπαραστήσετε το μοτίβο που εντοπίσατε με όποιο άλλο τρόπο θεωρείτε εσείς καλό.)

Στο χώρο «Discussions/Δραστηριότητα 10α» του ΕΠΜ, να γράψετε σε συνεχή λόγο τα αποτελέσματα της Δραστηριότητας 10, ως αναφορά της ομάδας σας στα σημεία A και B.

Ακολουθώντας διαβάστε προσεκτικά τις αναφορές των άλλων ομάδων και ασκήστε κριτική σε μία αναφορά ως προς την εγκυρότητα των συμπερασμάτων που περιέχει. Να κρίνετε, δηλαδή,

⁵ Στο χώρο Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ

κατά πόσο τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η ομάδα προκύπτουν πράγματι από τα δεδομένα που έχετε μπροστά σας.

Με βάση τις παρατηρήσεις του φεγγαριού που έχετε στη διάθεσή σας να κάνετε υποθέσεις οι οποίες να συνάδουν με τα δεδομένα σας. Προσπαθήστε να υιοθετήσετε μια κοινή θεωρία με βάση την οποία να δώσετε την απάντησή σας.

Γράψτε την απάντησή σας στο χώρο «Discussions/Δραστηριότητα 10β».

Δραστηριότητα 11.....



Το αρχείο «astro_data»⁶ περιέχει παρατηρήσεις του φεγγαριού, που εκτείνονται σε χρονικό διάστημα ενός μήνα.

Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές να φτιάξετε ένα *Διάγραμμα Σύνοψης των Παρατηρήσεων του Φεγγαριού* (ΔΣΠΦ)⁷. Ζητήστε από ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού να σας δώσει ένα ΔΣΠΦ και κωδικοποιήστε τις παρατηρήσεις που έχετε. Όλες οι παρατηρήσεις για μια μέρα θα πρέπει να ομαδοποιούνται⁸.

Δραστηριότητα 12.....



Μελετήστε το ΔΣΠΦ που συμπληρώσατε και προσπαθήστε να εντοπίστε μοτίβα που επαναλαμβάνονται κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου των παρατηρήσεων. Είναι σημαντικό να προσπαθήσετε να δώσετε εξηγήσεις για τα μοτίβα που εντοπίσατε. Να εξηγήσετε, δηλαδή, γιατί νομίζετε ότι παρουσιάζεται το συγκεκριμένο μοτίβο. Καταγράψτε την απάντησή σας στο χώρο «Discussions/Δραστηριότητα 12»

Ακολουθώντας, διαβάστε προσεκτικά τις αναφορές των άλλων ομάδων και τεκμηριώστε τόσο τη δική σας εξήγηση, όσο και μία εξήγηση άλλης ομάδας με βάση τα δεδομένα που έχετε μπροστά σας. Θα κρίνετε, δηλαδή, κατά πόσο η εξήγηση στην οποία κατέληξε η ομάδα συνάδει πράγματι με τα δεδομένα που έχετε μπροστά σας.

⁶ Στο χώρο *Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ*

⁷ Το *Διάγραμμα Σύνοψης των Παρατηρήσεων του Φεγγαριού* (ΔΣΠΦ) είναι ένας πίνακας στον οποίο καταγράφονται ανά μέρα, στοιχεία, που προκύπτουν από συστηματική παρατήρηση της σελήνης.

⁸ Στο χώρο *Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ* υπάρχει ένα συμπληρωμένο ΔΣΠΦ.

Για την ολοκλήρωση της Δραστηριότητας 12, προσπαθήστε να απαντήσετε τις ακόλουθες ερωτήσεις:

A) Κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου των παρατηρήσεων:

- ο Διαφοροποιείται η εμφάνιση του φεγγαριού;

Αν ναι, πώς; Υποστηρίξτε τις απαντήσεις σας με συγκεκριμένα παραδείγματα από τα δεδομένα σας.

- ο Διαφοροποιείται η γωνία ήλιου-σελήνης;

Αν ναι, πώς; Υποστηρίξτε τις απαντήσεις σας με συγκεκριμένα παραδείγματα από τα δεδομένα σας.

B) Προσπαθήστε να εντοπίσετε ένα μοτίβο μέσα από τα δεδομένα που έχετε μπροστά σας. Περιγράψτε το (Μπορείτε να αναπαραστήσετε το μοτίβο που εντοπίσατε με όποιο άλλο τρόπο θεωρείτε εσείς καλό).

Επιπρόσθετη Δραστηριότητα

Φαίνεται να υπάρχει κάποιο μοτίβο στην αλλαγή του σχήματος του φεγγαριού. Να κάνετε ένα διάγραμμα, το οποίο να δείχνει τη σειρά των σχημάτων. Να δώσετε ένα δικό σας όνομα για το κάθε σχήμα (Για την επιστημονική ονομασία των σχημάτων μπορείτε να συμβουλευτείτε ένα από τα μέλη του διδακτικού προσωπικού)

Δραστηριότητα 13.....



Στις προηγούμενες δραστηριότητες προσπαθήσατε να εξηγήσετε διάφορα μοτίβα ή παρουσιάσατε συγκεκριμένες υποθέσεις (οι υποθέσεις περιλαμβάνουν εξήγηση) που προκύπτουν από τα δεδομένα του φεγγαριού. Στο χώρο «Discussions/Δραστηριότητα 13»

συζητήστε με τις υπόλοιπες ομάδες σε σχέση με το τι μετρά ως έγκυρη εξήγηση. Πρέπει να γράψετε τη δική σας απάντηση και να σχολιάσετε την απάντηση τουλάχιστον δύο άλλων ομάδων.

Δραστηριότητα 14.....

Διαβάστε προσεκτικά το ακόλουθο κείμενο

«Η φύση των μοντέλων και ο ρόλος τους στις Φυσικές Επιστήμες»

Τι είναι επιστημονικό μοντέλο

Στις προηγούμενες δραστηριότητες μελετήσατε προσεκτικά κάποιες παρατηρήσεις του φεγγαριού και προσπαθήσατε να εντοπίσετε συγκεκριμένα μοτίβα που παρουσιάζονταν σε αυτές. Προσπαθήσατε, επίσης, να εξηγήσετε αυτές τις παρατηρήσεις. Αυτή η διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει την καταγραφή παρατηρήσεων, τον εντοπισμό μοτίβων από δεδομένα, την ανάπτυξη και τον έλεγχο εξηγήσεων για αυτά τα μοτίβα, είναι παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες καθώς αναπτύσσουν εξηγήσεις για τα φυσικά φαινόμενα. Αυτές οι εξηγήσεις συχνά κωδικοποιούνται σε *επιστημονικά μοντέλα*.

Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν διαγράμματα, γραφικές παραστάσεις, εξισώσεις, τρισδιάστατες δομές, λόγια ή προγράμματα στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή, για να αναπαραστήσουν και να επικοινωνήσουν τα μοντέλα τους.

Πιθανό να ακούσατε μέχρι τώρα για διάφορα μοντέλα στην ιστορία των Φυσικών Επιστημών. Για παράδειγμα, ο Γαλιλαίος ανέπτυξε ένα μοντέλο για να εξηγήσει τα μοτίβα που παρατηρούσε στην κίνηση των ουράνιων σωμάτων, περιλαμβανομένων της ανατολής και της δύσης του ήλιου και του φεγγαριού. Σήμερα, οι επιστήμονες προσπαθούν να φτιάξουν μοντέλα για να εξηγήσουν την ανάπτυξη του ανθρώπινου νου (νευρωνικά δίκτυα). Υπάρχουν αμέτρητα άλλα σημαντικά μοντέλα, ήδη αποδεκτά από τους επιστήμονες, και άλλα τόσα που αναπτύσσονται τώρα. Κατά τη διάρκεια των επόμενων μαθημάτων θα αναπτύξετε ένα μοντέλο που θα μπορεί να εξηγήσει μία σειρά ουράνιων φαινομένων, που σχετίζονται με τη σελήνη.

Πότε ένα μοντέλο είναι «ορθό»;

Μία κοινότητα επιστημόνων πιθανό να χρησιμοποιεί διάφορα μοντέλα που να εξηγούν ένα φαινόμενο.

Η καταλληλότητα των μοντέλων κρίνεται σύμφωνα με τους ακόλουθους παράγοντες:

- i) Αναπαριστά το μοντέλο όλα τα μέρη του φαινομένου;
- ii) Μπορεί το μοντέλο να εξηγεί όλες τις παρατηρήσεις ή μόνο μέρος τους;
- iii) Μπορεί το μοντέλο να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του συστήματος; Για παράδειγμα, σε ποιο γωνιακό υψόμετρο θα βρίσκεται το φεγγάρι όταν είναι πανσέληνος στις 10 το βράδυ; (Η δυνατότητα των μοντέλων για προβλέψεις που επαληθεύονται είναι ένα ισχυρό εργαλείο).

Συνεπώς, ένα καλό μοντέλο πρέπει να ικανοποιεί τρία κριτήρια:

1. Αναπαριστά το φαινόμενο

2. Περιγράφει το μηχανισμό που ενδεχομένως στηρίζει τη λειτουργία του φαινομένου.

3. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διατύπωση προβλέψεων.

Τα μοντέλα δεν υπάρχουν στη φύση. Είναι **ανθρώπινα κατασκευάσματα**. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ορθότητα ενός μοντέλου δεν σχετίζεται άμεσα με τη λειτουργία του φυσικού κόσμου. Η ορθότητα του μοντέλου ορίζεται από τη δυνατότητά του να πληροί τις τρεις προϋποθέσεις: **αναπαράσταση, εξήγηση και πρόβλεψη**. Είναι επίσης πιθανό περισσότερα από ένα μοντέλα να είναι ορθά για την εξήγηση του ίδιου φαινομένου (π.χ. κυματικό και σωματιδιακό μοντέλο του φωτός). Ταυτόχρονα, κάποια μοντέλα κατασκευάζονται σε σχέση μόνο με συγκεκριμένες πτυχές ενός φαινομένου και θεωρούνται αποδεκτά μόνο για αυτές.

Είναι σημαντικό να έχετε κατά νου ότι ένα μοντέλο **δεν είναι πιστή αναπαράσταση ενός φαινομένου**. Μπορείτε να σκεφτείτε ένα μοντέλο που παρόλο που δε μοιάζει εξωτερικά καθόλου με το φαινόμενο που αναπαριστά, το αναπαριστά καλά; Ταυτόχρονα, μια αναπαράσταση ενός φαινομένου δεν είναι κατ' ανάγκη μοντέλο αν δεν ικανοποιεί τα αντίστοιχα κριτήρια.

Η διαδικασία της μοντελοποίησης πρέπει να σχετίζεται με τη συλλογή πληροφοριών για **αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις** (αντικείμενα-αντικείμενα, μεταβλητές-αντικείμενα κλπ) (Επαγωγική Διεργασία: Inductive perspective). Επιπλέον, ένα

μοντέλο μπορεί να αναπτύσσεται ως το αποτέλεσμα της εφαρμογής ενός θεωρητικού πλαισίου (μιας θεωρίας) στην ανάλυση ενός συγκεκριμένου φαινομένου (Παραγωγική Διεργασία: Deductive perspective)

Αλλάζουν ποτέ τα μοντέλα;

Οπωσδήποτε! Ένα μοντέλο μπορεί να αλλάξει από τη μια μέρα στην άλλη. Για παράδειγμα, αν προσπαθήσετε να φτιάξετε ένα μοντέλο που θα εξηγεί τα μοτίβα που παρατηρήσατε για τη σελήνη, είναι πιθανό αυτό να αλλάζει κάθε φορά που το συζητάτε με την ομάδα σας ή κάθε φορά που το συγκρίνετε με τα δεδομένα σας. Καθώς οι ομάδες μοιράζονται ιδέες και λαμβάνουν νέες παρατηρήσεις, τα μοντέλα που θα αναπτύξετε θα αντικαθιστούνται ή θα τροποποιούνται. Τα τροποποιημένα μοντέλα είναι περισσότερο αποδεκτά μια και μπορούν να ερμηνεύουν περισσότερα δεδομένα.

✓ Συζητήστε το κείμενο της Δραστηριότητας 14 στην ολομέλεια της τάξης με ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού.

Επιπρόσθετη Δραστηριότητα

Σκεφτείτε στο σπίτι τις ακόλουθες ερωτήσεις:

Ερώτηση 1

Οι ακόλουθες δηλώσεις αποτελούν ορισμούς για το τι είναι μοντέλο. Από πλευράς κατασκευής μιας επιστημονικής θεωρίας, ποιος είναι ο καλύτερος ορισμός για το τι είναι μοντέλο;

- α) ένα μικρό αντίγραφο ενός αντικειμένου.
- β) ένα σύνολο από κανόνες που σου επιτρέπουν να προβλέπεις και να επεξηγείς.
- γ) μια απλουστευμένη εικόνα κάποιου αντικειμένου.
- δ) ένα σύνολο από πλάνα (plans) για την κατασκευή ενός κτιρίου ή μιας γέφυρας.
- ε) ένα μανεκέν ή κάποιος που διαφημίζει ρούχα.
- στ) πραγματικά δεν γνωρίζω!

Ερώτηση 2

Τα επιστημονικά μοντέλα είναι:

- α) Αληθινά και χρήσιμα (τα μοντέλα αναπαριστούν την ακριβή πραγματικότητα)
- β) Όχι κατ' ανάγκη αληθινά και χρήσιμα (τα μοντέλα δεν αναπαριστούν κατ' ανάγκη την ακριβή πραγματικότητα)
- γ) Ούτε αληθινά ούτε χρήσιμα (τα μοντέλα δεν αναπαριστούν την ακριβή πραγματικότητα)

Ερώτηση 3

Από επιστημονικής άποψης, ποια είναι η καλύτερη χρήση ενός μοντέλου;

- α) για να είναι ένα παιχνίδι
- β) για να αντιγράφει ένα αντικείμενο ή μια διαδικασία

γ) για να βοηθήσει κάποιον να κατασκευάσει ένα αντικείμενο

δ) για να αναπτυχθούν και να εξεταστούν κάποιες ιδέες

Δραστηριότητα 15.....

Παρακολουθήστε προσεκτικά το video (samir_patel.mpeg) και διαβάστε το κείμενο (αρχείο samir_patel_computer modem.doc) που το συνοδεύει⁹.

Ακολουθώ:

-Αξιολογήστε το μοντέλο (ατομικά).

-Ανεβάστε την αξιολόγησή σας στο χώρο Discussions/Δραστηριότητα 15/ατομικά.

-(Στο σπίτι) σχολιάστε την αξιολόγηση ενός από τα μέλη της ομάδας σας.

-Για την αξιολόγηση μπορείτε να βασιστείτε τόσο στο κείμενο που προηγήθηκε όσο και στις ακόλουθες ερωτήσεις:

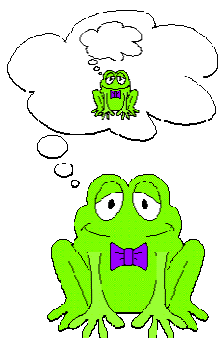
- Ποιο σύστημα αναπαριστά το μοντέλο;
- Ποιος θα μπορούσε να είναι ο τίτλος του μοντέλου;
- Θα μπορούσατε να καταλάβετε ποιο σύστημα αναπαριστά το μοντέλο, αυτό αν δεν δινόταν εξήγηση από τον κατασκευαστή του;
- Νομίζετε ότι το μοντέλο αναπαριστά με καλό τρόπο το σύστημα;

Προσπαθήστε να καταλήξετε σε ομαδική αξιολόγηση, την οποία να συμμερίζονται όλα τα μέλη της ομάδας σας.

Εντοπίστε παραδείγματα μοντέλων από διάφορους τομείς των Φυσικών Επιστημών. Σε κάθε περίπτωση να εξηγήσετε πώς ικανοποιείται το κάθε κριτήριο που αναφέρθηκε στο κείμενο της Δραστηριότητας 14

Διαπραγματευθείτε με τις υπόλοιπες ομάδες, στο χώρο Discussions/Δραστηριότητα 15/ομαδικά, σε σχέση με την ανάπτυξη ενός πλαισίου αξιολόγησης ενός μοντέλου (κριτήρια αξιολόγησης μοντέλου). Σχολιάστε τις απαντήσεις τουλάχιστον δύο άλλων ομάδων. Απαντήστε, αν χρειαστεί, σε όσες ομάδες θέσουν ερωτήματα που αφορούν τις δηλώσεις σας.

⁹ Τα αρχεία υπάρχουν στο χώρο Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ



Μεταγνωστικό σχόλιο 3: Κοιτάζτε για μια δεύτερη φορά τις δραστηριότητες 1-15. Για κάθε δραστηριότητα να συνοψίσετε με μια φράση ή μια πρόταση την κύρια μαθησιακή επιδίωξη.

Δραστηριότητα 16.....



Ένα μοντέλο αποτελεί ένα τρόπο έκφρασης διαφόρων υποθέσεων σε σχέση με ένα φαινόμενο. Για παράδειγμα, το μοντέλο riknotita.sim¹⁰ είναι προφανές ότι στηρίζεται στην υπόθεση «Τα σιδερένια αντικείμενα βυθίζονται στο νερό». Για να υλοποιηθεί αυτή η υπόθεση ο κατασκευαστής του μοντέλου χρησιμοποίησε ένα μηχανισμό. Ποιος είναι αυτός; Πότε ένας μηχανισμός είναι καλός; Συζητήστε στην ομάδα σας και ακολούθως συζητήστε με τις υπόλοιπες ομάδες της τάξης στο Discussions/Δραστηριότητα 16/ομαδικά σε σχέση με το πότε ένας μηχανισμός είναι καλός. Πρέπει οπωσδήποτε να σχολιάσετε τουλάχιστον δύο από τις απαντήσεις άλλων ομάδων και να απαντήσετε σε τουλάχιστον δύο ομάδες που σχολίασαν την απάντησή σας.

Δραστηριότητα 17.....



Παρακολουθήστε προσεκτικά το μοντέλο για την ανάπτυξη ενός φυτού (anaptiksi_fitou.sim). Διαβάστε προσεκτικά το συμπληρωμένο Συνοδευτικό Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου (simplirwmeno_entipo_kataskevis) και το συμπληρωμένο Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου (simplirwmeno_entipo_aksiologisis). Ακολούθως, συζητήστε τη χρήση τους, αλλά και τον τρόπο συμπλήρωσής τους στην ομάδα σας.¹¹

✓ Συζητήστε με ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού σε σχέση με τα βασικά μέρη των δύο εντύπων.

¹⁰ Στο χώρο *Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ*

¹¹ Κατεβάστε τα αρχεία από το χώρο *Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ*

Δραστηριότητα 18.....



Μελετήστε το μοντέλο VirusReplication.sim και καταγράψτε τα στοιχεία του (αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες, αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία).

Επιπλέον, αξιολογείστε το μοντέλο σύμφωνα με τα κριτήρια που αναπτύξατε στην Δραστηριότητα 15

Δραστηριότητα 19.....



Να γράψετε συνοπτικά τρία μοτίβα που εντοπίσατε στις παρατηρήσεις της σελήνης. Ιεραρχήστε τα τρία μοτίβα από το πιο σημαντικό στο λιγότερο σημαντικό.

✓ Συζητήστε την ιεράρχησή σας με ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού σε σχέση με τα βασικά μέρη των δύο εντύπων.

Δραστηριότητα 20.....



Φτιάξτε ομαδικά ένα μοντέλο, το οποίο θα αποτελεί εξήγηση για το πρώτο από τα μοτίβα που εντοπίσατε.


Όταν καταλήξετε τι ακριβώς θέλετε να μοντελοποιήσετε σε σχέση με το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης, αποφασίστε, αρχικά (ατομικά), ποια θα είναι τα αντικείμενα, οι μεταβλητές, οι αλληλεπιδράσεις και διαδικασίες που θα εντάξετε στο μοντέλο σας.

Ατομικά

Συζητήστε με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας σας, ώστε να καταλήξετε σε συναίνεση για το ποια στοιχεία θα περιλαμβάνονται στο μοντέλο της ομάδας σας. Καταγράψτε το αποτέλεσμα της διαπραγμάτευσης σας παρακάτω:

Έπειτα θα πρέπει να κάνετε τα ακόλουθα:

1. Φτιάξτε το μοντέλο σας και συμπληρώστε το Συνοδευτικό Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου

2. Δημιουργήστε μία ιστοσελίδα με το όνομα της ομάδας σας (δες τη δομή του Disneyteam1.html¹²). Διασυνδέστε (link) το html αρχείο σας με το μοντέλο σας και με το Συνοδευτικό Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου (entipo_kataskevis). Συμπίεστε (zip) όλα τα αρχεία που φτιάξατε (html αρχείο, το μοντέλο σας και το Συνοδευτικό Έντυπο Δημιουργίας Μοντέλου).
3. Ανεβάστε το συμπίεσμένο αρχείο στο assignment «Δραστηριότητα 20α»
4. Επιλέξτε ως start page το html αρχείο και πατήστε submit. Αν θέλετε μπορείτε να καταγράψετε και σχόλια που πιθανό να έχετε. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία, το assignments σας έχει μεταφερθεί στο χώρο submitted. Πατήστε εκεί για να δείτε το assignment σας. Πατήστε στο  και επιλέξτε το publish controls. Με αυτό τον τρόπο το assignment σας μπορεί να είναι προσβάσιμο από όλη την τάξη.
5. Μέχρι το επόμενο μάθημα θα πρέπει να μπειτε στο χώρο assignments/Δραστηριότητα 20 και να μελετήσετε το υλικό που φόρτωσαν οι άλλες ομάδες (Ομάδα 1-Ομάδα 2, Ομάδα 3-Ομάδα 4; Ομάδα 5-Ομάδα 6, Ομάδα 5-Ομάδα 7).
6. Συμπληρώστε το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου (entipo_aksiologisis). Ενισχύστε την ιστοσελίδα της ομάδας σας (δες τη δομή του Disneyteam2.html¹³)
7. Διασυνδέστε (link) το html αρχείο σας με το μοντέλο σας και με το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου¹⁴. Συμπίεστε (zip) όλα τα αρχεία που φτιάξατε (html αρχείο, το μοντέλο σας και το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου)
8. Ανεβάστε το συμπίεσμένο αρχείο στο assignment «Δραστηριότητα 20β». Επιλέξτε publish controls στο assignment που ανεβάσατε.
9. Διαβάστε τα σχόλια που έγιναν από την ομάδα που αξιολόγησε το μοντέλο σας.
10. Τροποποιήστε το μοντέλο σας σύμφωνα με την ανατροφοδότηση που σας έδωσε η ομάδα που αξιολόγησε το μοντέλο σας.
11. Κάντε την ίδια διαδικασία για τη νέα εκδοχή του μοντέλου σας και ανεβάστε το νέο zipped αρχείο στο assignment «Δραστηριότητα 20γ» (δες τη δομή του Disneyteam3.html¹⁵).

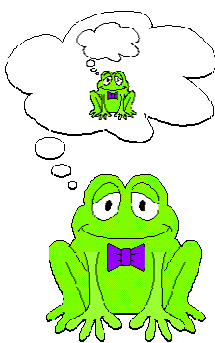
*******ΜΗΝ ΟΝΟΜΑΖΕΤΕ ΤΑ ΑΡΧΕΙΑ ΣΑΣ ΜΕ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ*******

¹² Στο χώρο Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ

¹³ Στο χώρο Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ.

¹⁴ Εφαρμόστε τα κριτήρια αξιολόγησης μοντέλου στα οποία καταλήξατε στην δραστηριότητα 15

¹⁵ Στο χώρο Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ.



Μεταγνωστικό σχόλιο 4: Είναι σημαντικό να μπορείτε να περιγράφετε την όλη πορεία που ακολουθήσατε και να κατανοείτε τη χρησιμότητα του κάθε μέρους (1-11) αλλά και της κριτικής που δώσατε ή δεχτήκατε στη διαδικασία οικοδόμησης νοήματος και ανάπτυξης και αξιολόγησης του μοντέλου σας.

Στο επόμενο αναστοχαστικό ημερολόγιο προσπαθήστε να απευθυνθείτε στα ακόλουθα:

1. Περιγράψτε αναλυτικά τι έχετε κάνει μέχρι τώρα στο μοντέλο σας στο Stagecast Creator.
2. Ποιες πτυχές του πραγματικού φαινομένου έχετε περιλάβει στο μοντέλο σας;
3. Ποιες πτυχές του πραγματικού φαινομένου απουσιάζουν από το μοντέλο σας και θέλετε να τις περιλάβετε στην εκδοχή του μοντέλου που θα συνεχίσετε να επεξεργάζεστε στο επόμενο μάθημα;
4. Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίσατε στην προσπάθεια δημιουργίας του μοντέλου σας; Πώς καταφέρατε να τις ξεπεράσετε; Υπάρχουν δυσκολίες που δεν μπορείτε να υπερβείτε στην ομάδα σας και χρειάζεστε βοήθεια; Αν ναι, ποιες είναι αυτές και τι είδους βοήθεια χρειάζεστε;
5. Έχετε ακολουθήσει ένα συγκεκριμένο πλάνο εργασίας για την κατασκευή του μοντέλου σας; Αν ναι, ποιο είναι αυτό;
6. Σε ποια σημεία διαφέρει το μοντέλο που αρχίσατε να κατασκευάζετε στο Stagecast Creator από τα προηγούμενα μοντέλα που δημιουργήσατε στο χαρτί; Εξηγήστε.
7. Εντοπίσατε αδυναμίες του λογισμικού που αποτελούν μειονεκτήματα χρήσης του ως λογισμικού μοντελοποίησης; Εξηγήστε.

Δραστηριότητα 21.....



Συζητήστε με τους συμμαθητές σας (εντός της ομάδας σας) τον τρόπο που το μοντέλο σας εξηγεί τη συμπεριφορά του φεγγαριού (μοτίβο 1). Καταγράψτε τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει το μοντέλο σας. Εφαρμόστε τα κριτήρια αξιολόγησης μοντέλου που αναπτύξατε στο πλαίσιο της Δραστηριότητας 15.

Δραστηριότητα 22.....



Κατά τη διαδικασία ανάπτυξης ενός μοντέλου είναι πολύ σημαντικό να θυμάστε ότι *πρέπει να στηρίζετε σε δεδομένα*. Συγκρίνετε το μοντέλο σας με τα δεδομένα που έχετε στο ΔΣΠΦ (δραστηριότητα 11). Περιγράψετε πώς η εμφάνιση των διαφόρων Φάσεων της Σελήνης εξηγείται από το μοντέλο σας.

Το δεύτερο στη σειρά των μοτίβων που εντοπίσατε, εξηγείται από το μοντέλο σας; Αν ναι, εξηγήστε πώς. Αν όχι πώς μπορείτε να βελτιώσετε το μοντέλο σας για να περιλάβει και το δεύτερο μοτίβο που εντοπίσατε στις παρατηρήσεις σας;

Βελτιώστε ομαδικά το μοντέλο σας, ώστε να αποτελεί εξήγηση για το δεύτερο από τα μοτίβα που εντοπίσατε.

Όταν καταλήξετε στο τι ακριβώς θέλετε να μοντελοποιήσετε σε σχέση με το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης, αποφασίστε, αρχικά (ατομικά), ποια θα είναι τα αντικείμενα, οι μεταβλητές, οι αλληλεπιδράσεις και διαδικασίες που θα εντάξετε στο βελτιωμένο μοντέλο σας.

Ατομικά

Συζητήσετε με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας σας, ώστε να καταλήξετε σε συναίνεση για το ποια στοιχεία θα περιλαμβάνονται στο μοντέλο της ομάδας σας. Καταγράψετε το αποτέλεσμα της διαπραγμάτευσης σας παρακάτω:

Ακολούθως θα πρέπει να κάνετε τα παρακάτω:

1. Φτιάξτε το μοντέλο σας και συμπληρώστε το Συνοδευτικό Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου
2. Δημιουργείστε μία ιστοσελίδα με το όνομα της ομάδας σας (δες τη δομή του Disneyteam1.html¹⁶). Διασυνδέστε (link) το html αρχείο σας με το μοντέλο σας και με το Συνοδευτικό Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου (entipo_kataskevis). Συμπιέστε (zip) όλα τα αρχεία που φτιάξατε (html αρχείο, το μοντέλο σας και το Συνοδευτικό Έντυπο Δημιουργίας Μοντέλου).

¹⁶ Στο χώρο *Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ*

3. Ανεβάστε το συμπιεσμένο αρχείο στο assignment «Δραστηριότητα 22α»
4. Επιλέξτε ως start page το html αρχείο και πατήστε submit. Αν θέλετε μπορείτε να καταγράψετε και σχόλια που πιθανό να έχετε. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία, το assignments σας έχει μεταφερθεί στο χώρο submitted. Πατήστε εκεί για να δείτε το assignment σας. Πατήστε στο ≡ και επιλέξτε το publish controls. Με αυτό τον τρόπο το assignment σας μπορεί να είναι προσβάσιμο από όλη την τάξη.
5. Μέχρι το επόμενο μάθημα θα πρέπει να μπειτε στο χώρο assignments/Δραστηριότητα 22 και να μελετήσετε το υλικό που φόρτωσαν οι άλλες ομάδες (Ομάδα 1-Ομάδα 2; Ομάδα 3-Ομάδα 4; Ομάδα 5-Ομάδα 6, Ομάδα 5-Ομάδα 7).
6. Συμπληρώστε το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου. Ενισχύστε την ιστοσελίδα της ομάδας σας (δες τη δομή του Disneyteam2.html¹⁷)
7. Διασυνδέστε (link) το html αρχείο σας με το μοντέλο σας και με το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου¹⁸. Συμπιέστε (zip) όλα τα αρχεία που φτιάξατε (html αρχείο, το μοντέλο σας και το Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου)
8. Ανεβάστε το συμπιεσμένο αρχείο στο assignment «Δραστηριότητα 22β». Πατήστε publish controls στο assignment που ανεβάσατε.
9. Διαβάστε τα σχόλια που έγιναν από την ομάδα που αξιολόγησε το μοντέλο σας.
10. Τροποποιήστε το μοντέλο σας σύμφωνα με την ανατροφοδότηση που σας έδωσε η ομάδα που αξιολόγησε το μοντέλο σας.
12. Κάντε την ίδια διαδικασία για τη νέα εκδοχή του μοντέλου σας και ανεβάστε το νέο zipped αρχείο στο assignment «Δραστηριότητα 22γ» (δες τη δομή του Disneyteam3.html¹⁹).

Δραστηριότητα 23.....

Ξανασκεφτείτε το μοντέλο σας και απαντήστε τις ακόλουθες ερωτήσεις:

- Ποια ουράνια σώματα περιλαμβάνει το μοντέλο σας;
- Έχουν το ίδιο μέγεθος;

¹⁷ Στο χώρο *Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ*.

¹⁸ Εφαρμόστε τα κριτήρια αξιολόγησης μοντέλου στα οποία καταλήξατε στην δραστηριότητα 15

¹⁹ Στο χώρο *Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ*.

- Ποιες είναι οι σχετικές τους αποστάσεις;
- Βρίσκονται όλα στο ίδιο επίπεδο;

✓ Συζητήστε τις απαντήσεις σας με ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού²⁰.

Δραστηριότητα 24.....

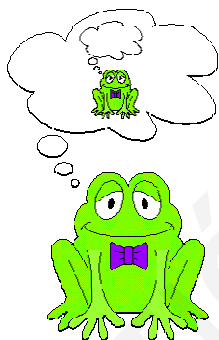


Το τρίτο στη σειρά των μοτίβων που εντοπίσατε, εξηγείται από το μοντέλο σας; Αν ναι, εξηγήστε πώς. Αν όχι πώς μπορείτε να βελτιώσετε το μοντέλο σας για να περιλάβει και το τρίτο μοτίβο που εντοπίσατε στις παρατηρήσεις σας;

Βελτιώστε το μοντέλο σας.

Πώς διαφέρει αυτό το μοντέλο από το προηγούμενο;

Διαβάστε την αξιολόγηση της εκπαιδευτικού για το μοντέλο σας και κάντε τις απαραίτητες βελτιώσεις, ώστε να απευθυνθείτε στα σχόλιά της.



Μεταγνωστικό σχόλιο 5: Είναι σημαντικό να μπορείτε τόσο να περιγράφετε την όλη πορεία που ακολουθήσατε όσο και να κατανοείτε τη χρησιμότητα του κάθε μέρους (1-11 της Δραστηριότητας 20), αλλά και της κριτικής που δώσατε ή δεχτήκατε στη διαδικασία οικοδόμησης νοήματος και ανάπτυξης και αξιολόγησης του μοντέλου σας.

Δραστηριότητα 25.....



Συσκοτίστε το δωμάτιο και τοποθετήστε ένα φωτεινό λαμπτήρα περίπου στο επίπεδο των ματιών. Κρατήστε μια μπάλα μπροστά σας. Ο λαμπτήρας αντιπροσωπεύει τον ήλιο, η μπάλα αντιπροσωπεύει το φεγγάρι και το κεφάλι σας τη γη.

²⁰ Το αρχείο sun_earth_moon που βρίσκεται στο *Course content/Μοντελοποίηση/Φάσεις της Σελήνης/Συνοδευτικό υλικό-ΦτΣ* περιέχει λεπτομέρειες σε σχέση με τα ερωτήματα της δραστηριότητας 23

Α) Μετακινήστε τη μπάλα γύρω από το κεφάλι σας και παρατηρήστε πώς αλλάζει η εμφάνιση του φωτεινού μέρους της μπάλας.

Πόσο μέρος της μπάλας είναι πραγματικά φωτεινό οποιαδήποτε στιγμή; Είναι σύμφωνη η απάντησή σας σε αυτή την ερώτηση με την παρατήρησή σας ότι η “φάση” της μπάλας αλλάζει, καθώς την κινείτε γύρω από το κεφάλι σας;

Θεωρήστε ότι πάνω στη γη υπάρχει ένας παρατηρητής (χρησιμοποιήστε ένα ανθρωπάκι φτιαγμένο από πλαστελίνη). Μπορείτε να αναπαραστήσετε όλες τις φάσεις του φεγγαριού με τη σωστή σειρά χρησιμοποιώντας τη μπάλα και το λαμπτήρα, ώστε ο παρατηρητής να βλέπει το φεγγάρι να ανατέλλει και να δύει για κάθε φάση του φεγγαριού;

Αν ναι, θα πρέπει να κινήσετε τη μπάλα κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού ή αντίθετα γύρω από το κεφάλι σας;

Β) Με τη βοήθεια των παρατηρήσεών σας στο μέρος Α, μπορείτε να δώσετε μια αποδεκτή ερμηνεία για τις φάσεις του φεγγαριού; Συζητήστε την απάντησή σας με τα μέλη της ομάδας σας.

Η απάντηση που δώσατε είναι ο μόνος τρόπος, για να εξηγήσετε τις φάσεις του φεγγαριού; Προσπαθήστε να εισηγηθείτε ακόμα μια εξήγηση που να μπορεί, επίσης, να ερμηνεύσει τις παρατηρηθείσες φάσεις του φεγγαριού.

Μετακινήστε την μπάλα γύρω σας, ώστε να αναπαραχθούν όλες οι φάσεις του φεγγαριού. Για καθεμιά από τις φάσεις που αναγράφονται πιο κάτω υπολογίστε τη γωνία μεταξύ της γραμμής όρασής σας προς τη μπάλα και της γραμμής όρασής σας προς το λαμπτήρα. Καταγράψτε τις μετρήσεις σας στον πιο κάτω πίνακα:

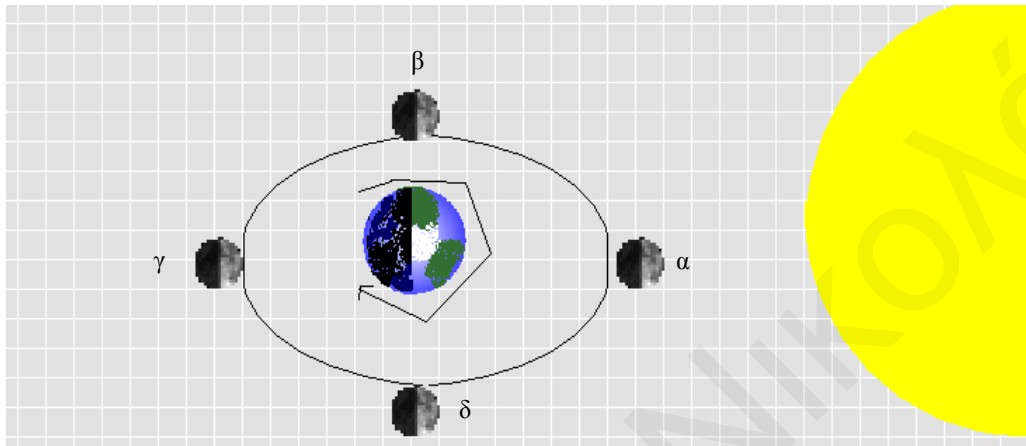
Φάση	Γωνία
Νέα σελήνη	
Αναπτυσσόμενος μηνίσκος	
Πρώτο τέταρτο	
Αναπτυσσόμενο φεγγάρι	
Πανσέληνος	
Συρρικνούμενο φεγγάρι	
Τρίτο τέταρτο	
Συρρικνούμενος μηνίσκος	

Μια πιθανή εξήγηση για τις παρατηρούμενες φάσεις του φεγγαριού είναι, συνεπώς, η ακόλουθη: Οι φάσεις του φεγγαριού είναι το αποτέλεσμα του φωτός του ήλιου, το οποίο ανακλάται από την επιφάνεια του φεγγαριού. Δεν υποστηρίζουμε ότι έχουμε “αποδείξει” πως αυτό είναι που συμβαίνει πραγματικά, αλλά ότι αυτό είναι ένα μοντέλο το οποίο μπορεί να εξηγήσει μερικές από τις παρατηρήσεις μας για τις φάσεις του φεγγαριού. Για να είναι χρήσιμο αυτό το μοντέλο, θα πρέπει να εξηγεί και τις άλλες παρατηρήσεις που έχουμε κάνει και να μας επιτρέπει να προβλέπουμε μελλοντικά γεγονότα.

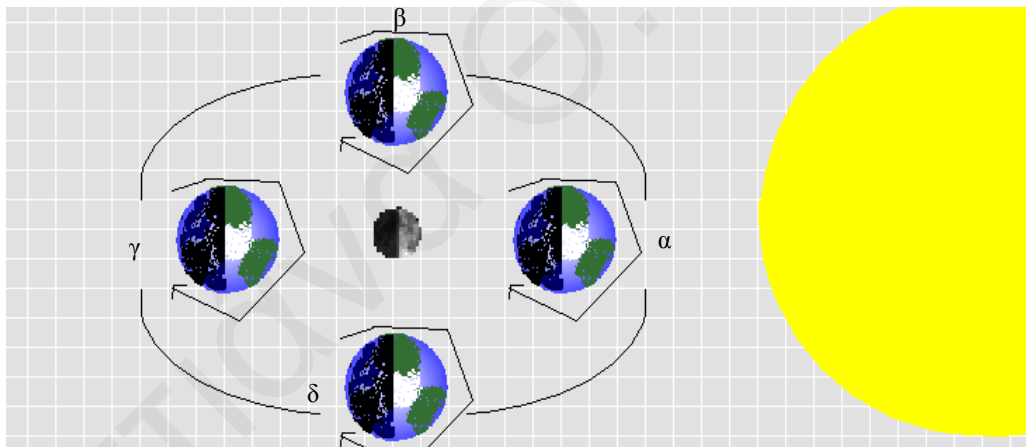
✓ Συζητήστε τις απαντήσεις σας με ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού.

Δραστηριότητα 26.....

Δύο φοιτητές προσπάθησαν να εξηγήσουν γιατί παρατηρούμε διαφορετικές Φάσεις της Σελήνης κάθε μέρα. Η εξήγηση του πρώτου φοιτητή φαίνεται μέσα από το σχήμα 3 και του δεύτερου φοιτητή μέσα από το σχήμα 4.



Σχήμα 3



Σχήμα 4

Φοιτητής 1

Νομίζω ότι η σελήνη περιστρέφεται γύρω από τη γη σε 28 περίπου μέρες. Έτσι, το γεγονός ότι κάθε μέρα η γωνία γης-ήλιου-σελήνης αλλάζει προκαλεί το ότι ένας παρατηρητής στη γη βλέπει διαφορετικό σχήμα της σελήνης κάθε μέρα. Ταυτόχρονα, η γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της σε 24 ώρες, γι' αυτό και βλέπουμε τη σελήνη μόνο 12 ώρες κάθε μέρα, τις ώρες που είναι στο οπτικό μας πεδίο. Όταν η σελήνη βρίσκεται στη θέση α έχουμε νέα σελήνη, όταν βρίσκεται στη θέση β, πρώτο τέταρτο, στη θέση γ πανσέληνο και στη θέση δ τρίτο τέταρτο.

Φοιτητής 2

Εγώ νομίζω ότι η γη είναι που περιστρέφεται γύρω από τη σελήνη σε 28 μέρες. Έτσι το γεγονός ότι κάθε μέρα η γωνία γης-ήλιου-σελήνης αλλάζει, προκαλεί το γεγονός ότι ένας παρατηρητής στη γη βλέπει διαφορετικό σχήμα της σελήνης κάθε μέρα. Ταυτόχρονα, η γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της σε 24 ώρες, γι' αυτό και βλέπουμε τη σελήνη μόνο 12 ώρες κάθε μέρα, τις ώρες που είναι στο οπτικό μας πεδίο. Όταν η γη βρίσκεται στη θέση α έχουμε πανσέληνο, όταν βρίσκεται στη θέση β, τρίτο τέταρτο, στη θέση γ νέα σελήνη και στη θέση δ πρώτο τέταρτο.

Συζητήστε στην ομάδα σας τα ακόλουθα:

- α) Με ποιο φαινόμενο σχετίζονται τα δύο μοντέλα των φοιτητών;
- β) Αξιολογείστε τους διαφορετικούς τύπους εξήγησης που προκύπτουν από τα δύο μοντέλα.
- γ) Είναι κάποιος από τους δύο μηχανισμούς λανθασμένος; Αν ναι, γιατί; Αν όχι, είναι πιθανό να ισχύουν δύο διαφορετικοί μηχανισμοί εξήγησης για το ίδιο ακριβώς φαινόμενο;

Δραστηριότητα 27.....



Να απαντήσετε στο ερώτημα που τέθηκε στην αρχή του διδακτικού υλικού χρησιμοποιώντας το μοντέλο σας.

Είναι δυνατό κάποιος που στέκεται στο φεγγάρι και κοιτάζει στον ουρανό να δει τη γη ή οποιοδήποτε άλλο αστρονομικό αντικείμενο να συμπεριφέρεται όπως το φεγγάρι όταν το βλέπεις από τη γη; Είναι δηλαδή δυνατό να παρακολουθήσει κανείς τις «φάσεις της γης» αν την παρακολουθήσει από το φεγγάρι; Αν ναι, θα μοιάζουν καθόλου με αυτές του φεγγαριού όταν το παρακολουθούμε από τη γη;

Δραστηριότητα 28.....



Φτιάξτε ένα εννοιολογικό χάρτη²¹ για το τι μάθατε σε αυτή την ενότητα.

Εστιάστε περισσότερο στη διαδικασία της μάθησης και στον τρόπο που εργαστήκατε παρά στο περιεχόμενο.

Συγκρίνετε τον χάρτη της ομάδας σας με αυτούς των άλλων ομάδων και απαντήστε τις ακόλουθες ερωτήσεις:

-Καθόλη τη διάρκεια του διδακτικού υλικού για τις Φάσεις της Σελήνης συνεργαστήκατε με τους συμφοιτητές σας με διάφορους τρόπους. Ποιοι ήταν αυτοί; Αν αυτοί οι τρόποι δεν φαίνονται στον εννοιολογικό χάρτη, περιλάβετε τους.

-Καθόλη την πορεία της εργασίας σας, πώς διέφεραν οι διαδικασίες που εφαρμόζατε στα διάφορα επίπεδα συνεργασίας που εντοπίσατε; Για παράδειγμα, κατά την ανάπτυξη του μοντέλου σας, πώς συνεργαστήκατε στα διάφορα επίπεδα;

✓ Συζητήστε τις απαντήσεις σας με ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού.

²¹ Μπορείτε να φτιάξετε τον εννοιολογικό χάρτη είτε στο χαρτί είτε χρησιμοποιώντας κάποιο πρόγραμμα χαρτογράφησης εννοιών (π.χ. kidspiration)

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Δραστηριότητα 29.....

Διαβάστε προσεκτικά το ακόλουθο κείμενο.

Ικανότητα Μοντελοποίησης

Η κατασκευή μοντέλων αποτελεί ένα μηχανισμό για την οικοδόμηση εννοιολογικής κατανόησης στις Φυσικές Επιστήμες. Συστατικά στοιχεία ενός μοντέλου αποτελούν τα αντικείμενα, οι έννοιες, οι μεταβλητές, οι σχέσεις και οι διαδικασίες. Σε μερικές περιπτώσεις τα μοντέλα παρουσιάζουν ομοιότητες με το φαινόμενο που αναπαριστούν, αλλά **δεν μπορούν να ταυτιστούν απόλυτα με αυτό**, είτε γιατί απουσιάζουν από αυτά βασικές πτυχές του συστήματος, είτε γιατί το μέσο που χρησιμοποιήθηκε για την αναπαράσταση του μοντέλου θέτει περιορισμούς ως προς τις πτυχές που θα ήταν δυνατό να αναπαρασταθούν. Μέσα από την παρατήρηση και την αλληλεπίδραση με ένα μοντέλο, ο μαθητής είναι σε θέση να εντοπίσει σχέσεις, όπως η αλληλεξάρτηση μεταξύ των συστατικών μερών του συστήματος, οι οποίες δεν είναι εύκολα προσβάσιμες κατά τη μελέτη του φυσικού συστήματος.

Η μοντελοποίηση δυναμικών συστημάτων είναι μία δεξιότητα συλλογισμού, που ορίζεται ως η ανάπτυξη της ικανότητας **παραγωγής και βελτίωσης** μοντέλων. Η μοντελοποίηση πρέπει να επιδιώκεται όταν προκύπτει η ανάγκη **αναπαράστασης** ενός φαινομένου, **εξήγησης** του φαινομένου, αναπαράστασης δηλαδή του μηχανισμού του φαινομένου, ή εξέτασης της **εγκυρότητας μιας θεωρίας**, οικοδόμηση δηλαδή, προβλέψεων για τις αλλαγές και τις τάσεις στις παρατηρήσιμες πτυχές του φαινομένου.

Οι Φυσικές Επιστήμες μπορούν να χαρακτηριστούν ως ένα πολύπλοκο δίκτυο μοντέλων που αλληλοεξαρτώνται. Ο ορισμός αυτός ενοποιεί τις διεργασίες και τα προϊόντα της επιστήμης και ανάγει τη μοντελοποίηση ως μια ανώτερη δεξιότητα. Η αποδοχή του λειτουργικού ορισμού της επιστήμης ως διαδικασίας μοντελοποίησης βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν ότι η **γνώση είναι ανθρώπινο προϊόν**.

Η ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης επέρχεται μέσα από την εφαρμογή μίας κυκλικής διαδικασίας, η οποία εμπλέκει τον μαθητή στη διαδικασία της κατασκευής και

της βελτιωτικής ρύθμισης του υπό κατασκευή μοντέλου. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται Μαθησιακός Κύκλος της Μοντελοποίησης.

Επιπλέον, η ικανότητα της μοντελοποίησης αναλύεται σε τρεις (3) συνιστώσες:

1) Δεξιότητες ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου:

(α) Κατασκευή μοντέλου:

Οι μαθητές πρέπει να μπορούν να αναλύσουν το φαινόμενο ή το σύστημα και συνεπώς να καθορίσουν τα στοιχεία του μοντέλου (αντικείμενα, μεταβλητές, διαδικασίες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα στοιχεία του μοντέλου).

(β) Εξαγωγή πληροφοριών από δοσμένο μοντέλο:

Οι μαθητές πρέπει να μπορούν να συγκρίνουν και να αντιπαραβάλουν μοντέλα του ίδιου φαινομένου και να καθορίσουν μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα του κάθε ενός.

(γ) Σύγκριση ενός μοντέλου με το πραγματικό φαινόμενο εισήγηση τρόπων βελτίωσής του.

(δ) Σύγκριση ενός μοντέλου με άλλα μοντέλα του ίδιου φαινομένου.

(ε) Εγκυροποίηση μοντέλου μέσα από σύγκρισή του με φαινόμενα της ίδιας κλάσης.

Σύγκριση μοντέλου με νέα φαινόμενα, που ανήκουν όμως στην ίδια κλάση με το υπό μελέτη φαινόμενο. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας της μοντελοποίησης και αφού οι μαθητές έχουν συγκρίνει πολλές φορές το μοντέλο τους με το φαινόμενο το οποίο αναπαριστά χρειάζεται να κάνουν το ίδιο και για νέα φαινόμενα (π.χ. φαινόμενο 1: τροφικές σχέσεις οργανισμών, φαινόμενο 2: πληθυσμιακές σχέσεις οργανισμών).

2) Μεταγνωστικές διεργασίες σε σχέση με τη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης μοντέλου

Οι μαθητές πρέπει να έχουν την ικανότητα να περιγράφουν ξεκάθαρα και να αναστοχάζονται σε σχέση με τα βασικά στάδια του μαθησιακού κύκλου της μοντελοποίησης (παρατήρηση φαινομένου, συλλογή πληροφοριών, οικοδόμηση πρώτου μοντέλου, σύγκριση του μοντέλου με το φαινόμενο κλπ).

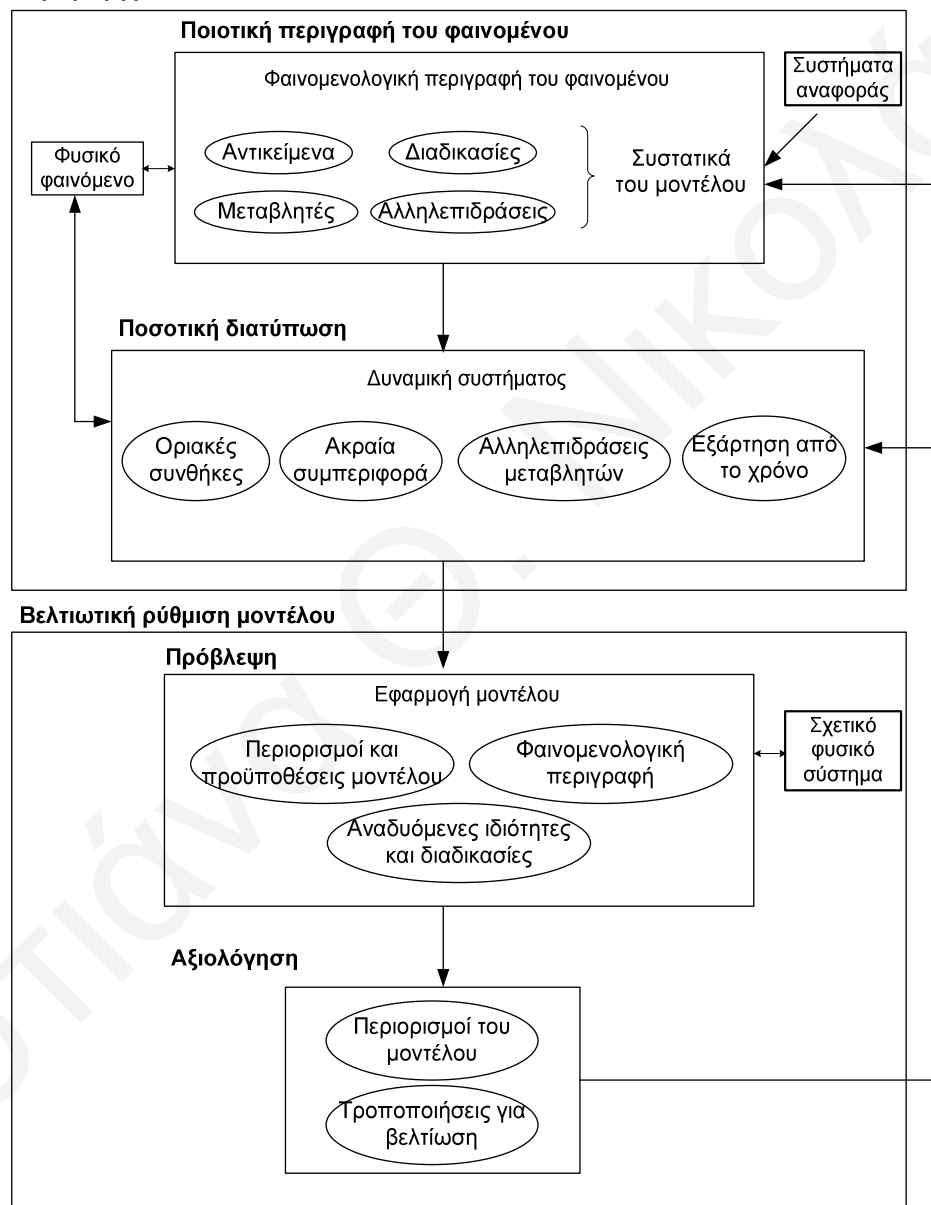
3) Επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση

Η ικανότητα των μαθητών να εκτιμούν το σκοπό και τη χρησιμότητα των επιστημονικών μοντέλων. Αναλυτικότερα, αυτή η πτυχή της ικανότητας της μοντελοποίησης συνίσταται στην ικανότητα των μαθητών να κατανοούν: (i) τη φύση των μοντέλων (ii) τη φύση ή τη διαδικασία της μοντελοποίησης, (iii) την αξιολόγηση των μοντέλων, και (iv) τη χρησιμότητα των μοντέλων.

Δραστηριότητα 30.....

Το σχήμα 5 αναπαριστά το μαθησιακό κύκλο της μοντελοποίησης.

Παραγωγή μοντέλου



Σχήμα 5. Μαθησιακός Κύκλος της μοντελοποίησης

Μελετήστε το διάγραμμα και απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις σε συνεργασία με την ομάδα σας.

A) Ποια στοιχεία του διαγράμματος υποδεικνύουν την κυκλικότητά του. Περιγράψτε πώς φαίνεται να εφαρμόζει αυτή η κυκλικότητα στη διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων, την οποία ακολουθήσατε.

B) Τι υποδεικνύουν τα αμφίδρομα βέλη στο πρώτο μισό του διαγράμματος;

Γ) Περιγράψτε τι αντιλαμβάνεστε ότι συμβαίνει στο δεύτερο μισό του διαγράμματος.

✓ Συζητήστε τις απαντήσεις σας με ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού.

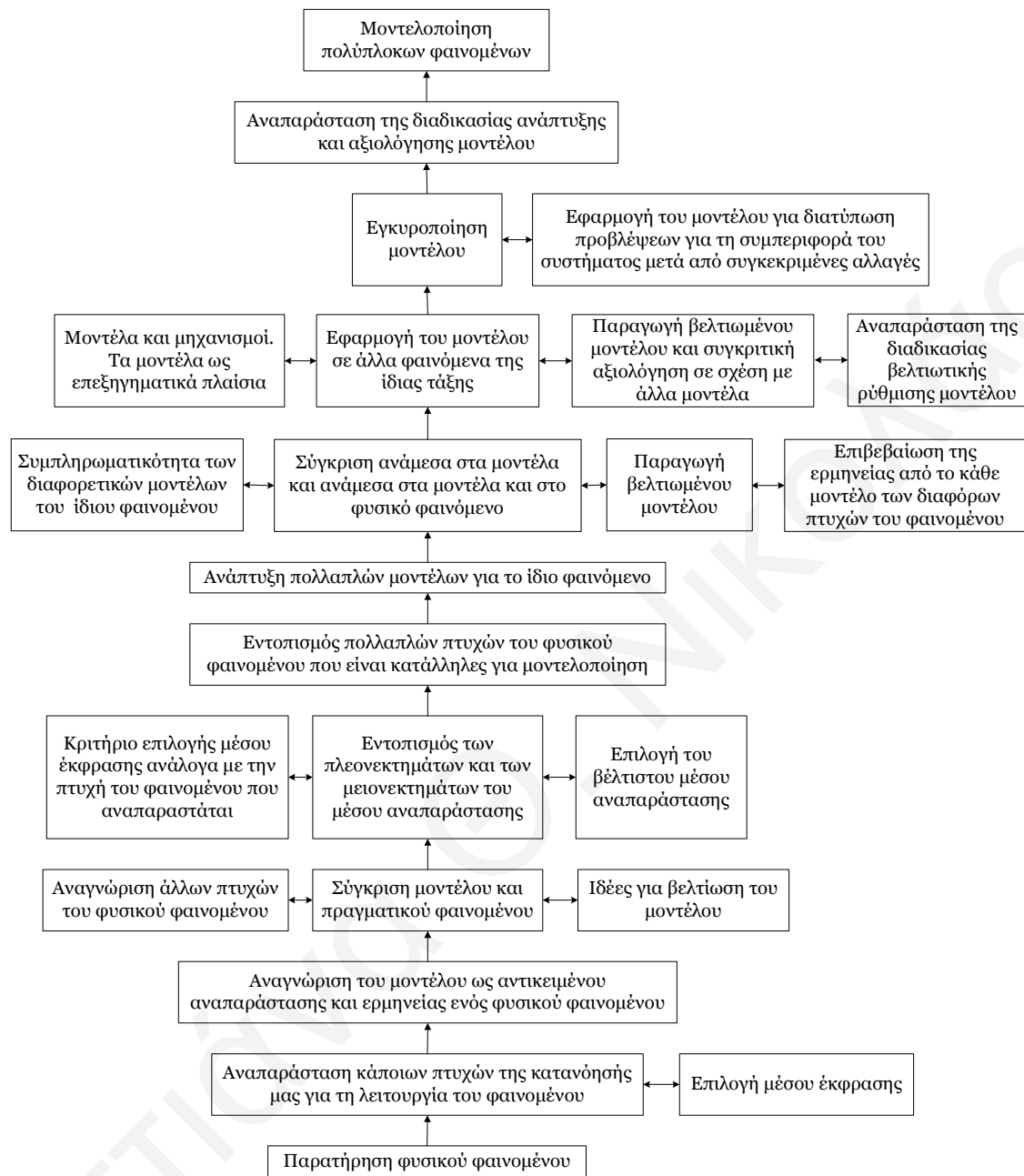
Δραστηριότητα 31.....



Επιστημολογική Ανάλυση

Αυτού του είδους η ανάλυση απευθύνεται με συστηματικό τρόπο στο ερώτημα «Ποιες έννοιες ή δεξιότητες χρειάζεται να έχει κανείς αναπτυγμένες, ώστε να είναι εφικτή η υλοποίηση της υπό ανάλυση επιδίωξης;». Η επιστημολογική ανάλυση παρουσιάζει μια σειρά από στάδια, που περιλαμβάνουν έννοιες και δεξιότητες, από τα οποία χρειάζεται να περάσει κανείς, ώστε να είναι δυνατό να οικοδομήσει την ικανότητα της μοντελοποίησης. Κατά την επιστημολογική ανάλυση δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη διασφάλιση του ότι η ακολουθία των δεξιοτήτων και εννοιών που διατυπώνονται ως προϋποθέσεις για την επίτευξη των μαθησιακών επιδιώξεων, είναι επιστημολογικά κατάλληλη, υπό την έννοια ότι είναι συνεπής με την επιστημολογική δομή του θέματος που θα διδαχθεί και με τη Φύση της Επιστήμης γενικότερα.

Το σχήμα 6 παρουσιάζει την επιστημολογική ανάλυση της μοντελοποίησης.



Σήμα 6. Επιστημολογική ανάλυση της ικανότητας της μοντελοποίησης

Το διδακτικό υλικό από το οποίο περάσατε για να οικοδομήσετε το μοντέλο σας για τις Φάσεις της Σελήνης (Δραστηριότητα 1-Δραστηριότητα 28) εφάρμοσε την επιστημολογική ανάλυση που φαίνεται στο Διάγραμμα .

Διαβάστε προσεκτικά το διδακτικό υλικό από την αρχή και αξιολογήστε τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόστηκε. Εμπίπτουν οι δραστηριότητες σε κάποιο ή κάποια από τα κουτιά της επιστημολογικής ανάλυσης;

Ακολουθήθηκε η πορεία όπως φαίνεται στο διάγραμμα;

Σημειώστε παρακάτω τις συγκλίσεις ή τις αποκλίσεις του διδακτικού υλικού από την επιστημολογική ανάλυση.

Δραστηριότητα 32.....



Στο αρχείο montelopoiiisi_examples²² παρουσιάζονται τρία (3) παραδείγματα μαθημάτων που προσπαθούν να διδάξουν την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης. Διαβάστε προσεκτικά τα παραδείγματα και αξιολογήστε τα σε σχέση με το αν είναι επιτυχημένα. Συζητήστε στην ομάδα σας και καταγράψτε πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε περίπτωσης. Είναι σημαντικό κατά την αξιολόγηση που θα κάνετε να έχετε κατά νου την επιστημολογική ανάλυση της μοντελοποίησης που παρουσιάστηκε στην Δραστηριότητα 31.

Δραστηριότητα 33.....



Υποθέστε ότι πρέπει να οικοδομήσετε ένα μοντέλο για τη ζωή των μυρμηγκιών σε μία μυρμηγκοφωλιά. Σκεφτείτε τρόπους για να συλλέξετε πληροφορίες για το φαινόμενο (μυρμηγκοφωλιά), ώστε να τις μελετήσετε και να σας βοηθήσουν στην κατασκευή του μοντέλου. Παρουσιάστε γραπτώς τις πληροφορίες που συλλέξατε.

Δραστηριότητα 34.....



Υποθέστε ότι πρέπει να διδάξετε σε μαθητές Γ' τάξης του δημοτικού σχολείου το κεφάλαιο η ζωή των μυρμηγκιών. Θέλετε να διδάξετε στα παιδιά πώς να οικοδομούν ένα μοντέλο της μυρμηγκοφωλιάς. Πώς θα το κάνετε αυτό; Ποια είναι η σειρά των δραστηριοτήτων που θα

²² Το αρχείο montelopoiiisi_examples βρίσκεται στο χώρο *Course content/Μοντελοποίηση/Η ικανότητα της Μοντελοποίησης/Συνοδευτικό υλικό-ΔΜ*

ακολουθήσετε; (Σε περίπτωση που το θεωρείτε χρήσιμο, στο χώρο *Course content/Μοντελοποίηση/Η ικανότητα της Μοντελοποίησης/Συνοδευτικό υλικό-ΔΜ* υπάρχει σε ηλεκτρονική μορφή (*mirmigia_g_demotikou.pdf*) το μάθημα της Γ' τάξης του Δημοτικού «Ένα κοινωνικό έντομο» του Βιβλίου «Πρώτα Βήματα στην Επιστήμη», και μπορείτε να το συμβουλευτείτε).

Δραστηριότητα 35.....



Στη διαδικασία ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η διαδικασία αξιολόγησης του υπό ανάπτυξη μοντέλου. Πιο έντονη σημασία αποκτά αυτή διαδικασία για σας ως εκπαιδευτικούς, μια και ο ρόλος σας ως αξιολογητές της εργασίας των παιδιών είναι πρωτεύουσας σημασίας. Φανταστείτε μία περίπτωση όπου οι μαθητές σας έχουν παρατηρήσει το φαινόμενο και οικοδομήσει ένα μοντέλο. Έχετε μπροστά σας το μοντέλο ενός μαθητή στο πρόγραμμα Stagecast Creator. Τι μπορείτε να καταλάβετε για την κατανόηση του μαθητή από το μοντέλο του; Πώς θα αξιολογούσατε τον τρόπο που οικοδόμησαν τα παιδιά το μοντέλο τους να λειτουργήσει; Πώς θα σας βοηθούσαν οι κανόνες που χρησιμοποίησαν; Έχετε στη διάθεσή σας το μοντέλο *eksatmisi.sim*²³ της Αριάδνης που φοιτά στη Δ' τάξη για το φαινόμενο της εξάτμισης. Τι καταλαβαίνετε, ως εκπαιδευτικός, σε σχέση με το πώς η Αριάδνη κατανοεί το φαινόμενο της εξάτμισης; Συζητήστε με τις άλλες ομάδες την απάντησή σας στο χώρο *Discussions/Δραστηριότητα 35*. Θα πρέπει να σχολιάσετε την απάντηση τουλάχιστον δύο άλλων ομάδων και να ανταποκριθείτε στα σχόλια των άλλων ομάδων στα λεγόμενα σας.

Δραστηριότητα 36.....



Στο πλαίσιο της ερευνητικής μελέτης θα αναλάβετε ατομικά τη διδασκαλία ενός μαθητή. Θα πρέπει να διδάξετε στο μαθητή με όποιο τρόπο θέλετε δεξιότητες χρήσης του προγράμματος Stagecast Creator και την ικανότητα της μοντελοποίησης με απώτερο σκοπό την ανάπτυξη ενός (τελικού) μοντέλου για ένα συγκεκριμένο φαινόμενο. Ακολουθεί κατάλογος με πιθανά θέματα για μοντελοποίηση.

1. Θαλάσσιος Κόσμος (σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς, αναπαραγωγή...).
2. Το δάσος (σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς, αναπαραγωγή, τροφή, καταφύγιο...).
3. Η ζωή στη λίμνη (σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς, αναπαραγωγή...).

²³ *Course content/Μοντελοποίηση/Η ικανότητα της Μοντελοποίησης/Συνοδευτικό υλικό-ΔΜ*

4. Η ζωή κάποιου ζώου (π.χ. ο γεωσκώληκας-οι βασικές λειτουργίες του...).
5. Η εναλλαγή της μέρας με τη νύχτα.
6. Η δημιουργία των εποχών.
7. Θέματα βιολογίας (π.χ. μόλυνση από ιό).
8. Ανθρώπινα συστήματα (κυκλοφορικό, αναπνευστικό, πεπτικό...).
9. Η αναπνοή των φυτών.
10. Η φωτοσύνθεση.
11. Περιβαλλοντικά θέματα (μόλυνση του περιβάλλοντος, όξινη βροχή, κλπ).
12. Αλυσίδες τροφής.
13. Διάδοση της θερμότητας (μηχανισμός).
14. Διαλύματα (μηχανισμός).
15. Συστολή-διαστολή (μηχανισμός).

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας θα πρέπει να αναπτύξετε διδακτικό υλικό που να συνάδει με την επιστημολογική ανάλυση της μοντελοποίησης, όπως αυτή παρουσιάστηκε στη Δραστηριότητα 31. Το διδακτικό υλικό πρέπει να συνοδεύεται με σχέδιο μαθήματος που θα περιγράφει τις ενέργειες του εκπαιδευτικού στην πορεία του διδακτικού υλικού και θα αναφέρεται στο στόχο κάθε δραστηριότητας

Η εργασία που θα παραδώσετε:

1. ΔΕΝ πρέπει να περιλαμβάνει βιβλιογραφική ανασκόπηση.
2. Πρέπει να περιλαμβάνει συζήτηση για τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της διδακτικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε (εξατομικευμένη διδασκαλία) και της μοντελοποίησης ως διδακτικής προσέγγισης.
3. Πρέπει να περιλαμβάνει φωτογραφίες του/της μαθητή/τριας την ώρα που εργάζεται.
4. Πρέπει να περιλαμβάνει τα φύλλα εργασίας όπως συμπληρώθηκαν από το/τη μαθητή/τρια.
5. Πρέπει να περιλαμβάνει σε ηλεκτρονική μορφή τα διαδοχικά μοντέλα που έφτιαξε ο/η μαθητής/τρια.
6. Πρέπει να περιγράφει τον τρόπο μετάβασης από το ένα μοντέλο στο διάδοχό του (πώς προέκυψε η ανάγκη βελτίωσής του;).
7. Πρέπει να περιλαμβάνει την αλληλουχία των δραστηριοτήτων και τα σχέδια μαθήματος που ακολουθήθηκαν.
8. Πρέπει να περιλαμβάνει αναστοχασμό εκ μέρους σας για όσες συναντήσεις κάνατε με το/τη μαθητή/τρια. Ο αναστοχασμός πρέπει να εστιάζει στη διαδικασία διδασκαλίας της μοντελοποίησης εκ μέρους σας και στους τρόπους που ο μαθητής αντιδρούσε στο διδακτικό υλικό.

Δραστηριότητα 37.....



Για την αξιολόγηση της ανάπτυξης της ικανότητας της μοντελοποίησης είναι αναγκαίο να δημιουργήσετε διαγνωστικά έργα, τα οποία να μετρούν την αλλαγή στην μάθηση των παιδιών που θα διδάξετε. Εργαστείτε στην ομάδα σας για να φτιάξετε διαγνωστικά έργα που να αξιολογούν την ικανότητα της μοντελοποίησης. Ακολούθως, συνεργαστείτε με μία από τις ομάδες²⁴ της τάξης για να ασκήσετε κριτική στα διαγνωστικά δοκίμια που κατασκευάστηκαν ως προς το αν είναι συγκρίσιμα, αν μετρούν δηλαδή το ίδιο πράγμα, και ως προς το αν θα μπορούσατε να φτιάξετε κοινά έργα.

Δραστηριότητα 38.....



Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας σας, ο/η μαθητής/τρια σας έφτιαξε διάφορα μοντέλα. Ένα μέλος της ομάδας σας να φέρει ένα από εκείνα τα μοντέλα για να συζητήσετε τι καταλαβαίνει ο μαθητής σας για το φαινόμενο από το μοντέλο του. Ακολούθως, ανεβάστε την απάντησή σας και το μοντέλο του μαθητή στο χώρο *Discussions/Δραστηριότητα 38*. Διαβάστε τα σχόλια των άλλων ομάδων και συγκρίνετε την εξήγηση που έδωσαν για το μοντέλο του μαθητή τους με αυτή που θα δίνετε εσείς για το ίδιο μοντέλο. Γράψτε τα σχόλιά σας ως απάντηση στην άλλη ομάδα.

²⁴ Ρωτήστε ένα μέλος του διδακτικού προσωπικού για να σας υποδείξει με ποια ομάδα να συνεργαστείτε.

8.2. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό δοκίμιο 1

Παρακολουθήστε προσεκτικά το video “test1_blue_planet ” που παρουσιάζει στιγμές από τη θαλάσσια ζωή. Ακολουθώς να κάνετε ένα σχέδιο που να παρουσιάζει τη ζωή στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Προσπαθήστε να περιλάβετε διάφορες πτυχές του οικοσυστήματος στο σχέδιό σας. Μπορείτε, αν το θεωρείτε αναγκαίο, να περιλάβετε και λόγια στο σχέδιό σας.



Να εντοπίσετε και να ονομάσετε τις βασικές πτυχές του θαλάσσιου οικοσυστήματος που φαίνονται στο σχέδιό σας. Για κάθε διαφορετική πτυχή να αναφέρετε τουλάχιστον δύο παραδείγματα από το σχέδιό σας.

8.3. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό Δοκίμιο 2

Όταν πατήσω το έμβολο σε ένα μπουκάλι με άρωμα τότε μπορείτε να το μυρίσετε. Όταν πατήσω το έμβολο δύο ή περισσότερες φορές τότε θα νιώσετε διαφορετικά. Προσπαθήστε να κάνετε ένα σχέδιο που να παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το φαινόμενο αυτό. Μπορείτε, αν το θεωρείτε αναγκαίο, να περιλάβετε και λόγια στο σχέδιό σας.



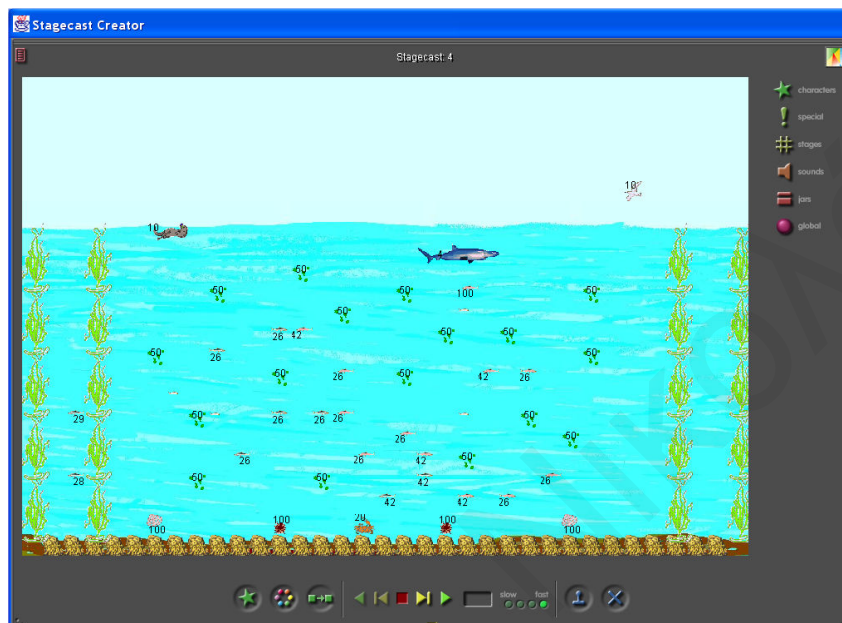
Να εντοπίσετε και να ονομάσετε τις βασικές πτυχές του φαινομένου της όσφρησης που φαίνονται στο σχέδιό σας. Για κάθε διαφορετική πτυχή να αναφέρετε τουλάχιστον δύο παραδείγματα από το σχέδιό σας.

8.4. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό δοκίμιο 3

Μόλις παρακολουθήσατε μία αναπαράσταση της ζωής σε ένα θαλάσσιο οικοσύστημα στο πρόγραμμα Stagecast Creator (test3_oikosistema.sim).



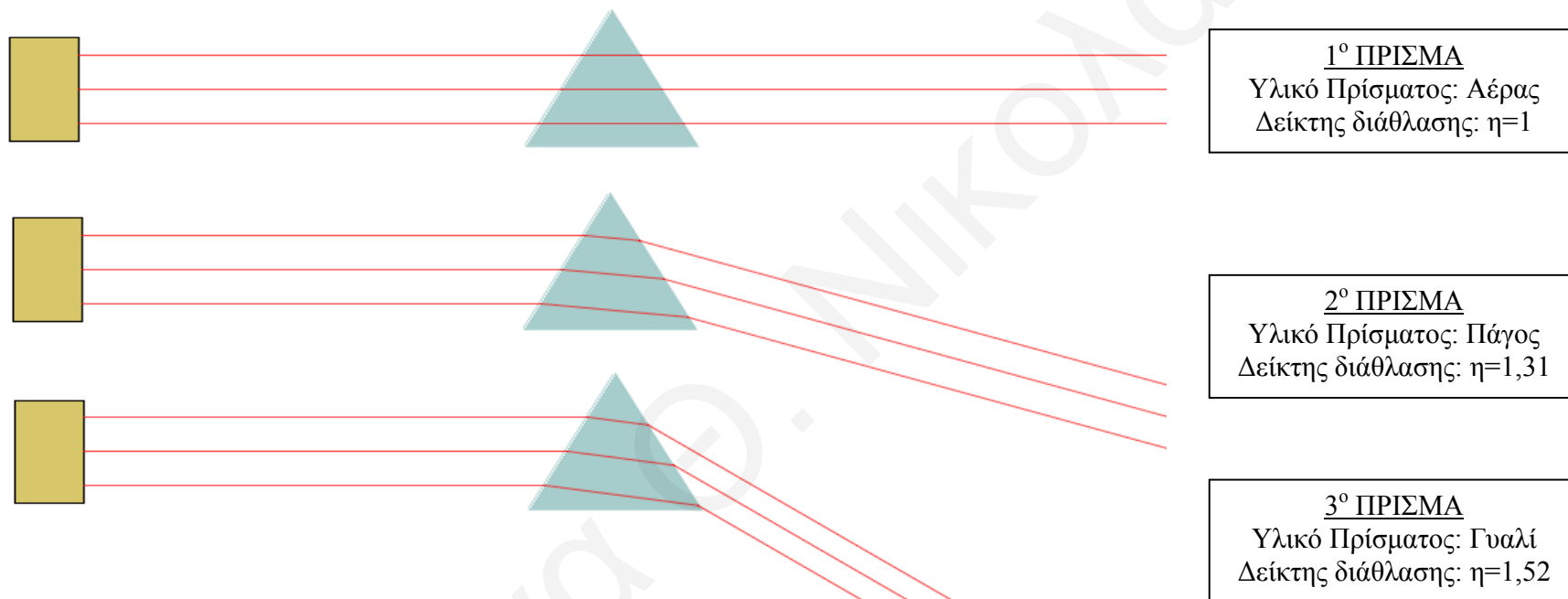
Να **ονομάσετε** τις βασικές πτυχές του προγράμματος αυτού σε σχέση με το φαινόμενο που αναπαριστά. Να δώσετε 2 παραδείγματα για κάθε πτυχή που εντοπίσατε.

8.5. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό δοκίμιο 4

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει έναν τρόπο εξήγησης του τι συμβαίνει όταν το φως από ένα φανάρι χτυπήσει πάνω σε τρία πρίσματα.



Να ονομάσετε τις βασικές πτυχές του φαινομένου της διάθλασης, όπως φαίνονται στο παραπάνω διάγραμμα. Να δώσετε 2 παραδείγματα για κάθε πτυχή που εντοπίσατε.

8.6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό δοκίμιο 5

Παρακολουθήστε προσεκτικά τους 4 τρόπους που δείχνουν **πώς λειτουργεί** μια μυρμηγκοφωλιά: (α) ένα σχέδιο (β) μία κατασκευή από πλαστελίνη (γ) ένα πρόγραμμα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή (δ) μια φωτογραφία.

Ποιος από τους 4 τρόπους δείχνει με τον πιο κατάλληλο τρόπο πώς λειτουργεί μια μυρμηγκοφωλιά; Να εξηγήσετε τον τρόπο που σκεφτήκατε την απάντησή σας.

Ποιος από τους 4 τρόπους δείχνει με τον λιγότερο κατάλληλο τρόπο πώς λειτουργεί μια μυρμηγκοφωλιά; Να εξηγήσετε τον τρόπο που σκεφτήκατε την απάντησή σας.

8.7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό δοκίμιο 6

Παρακολουθήστε προσεκτικά τους 4 τρόπους που δείχνουν **πώς λειτουργεί** ο αγκώνας του χεριού: (α) ένα σχέδιο (β) μία κατασκευή από γύψο και ξυλαράκια (γ) ένα καλαμάκι και (δ) μία κατασκευή με χαρτόνι και σχοινί.

Ποιος από τους 4 τρόπους δείχνει με τον πιο κατάλληλο τρόπο πώς λειτουργεί ο αγκώνας; Να εξηγήσετε τον τρόπο που σκεφτήκατε την απάντησή σας.

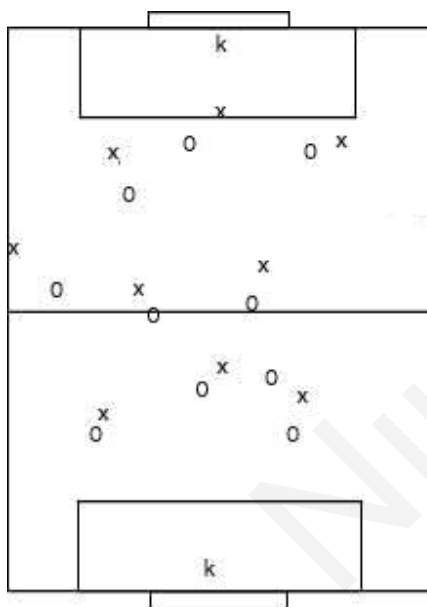
Ποιος από τους 4 τρόπους δείχνει με τον λιγότερο κατάλληλο τρόπο πώς λειτουργεί ο αγκώνας; Να εξηγήσετε τον τρόπο που σκεφτήκατε την απάντησή σας.

8.8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό δοκίμιο 7

Η Άννα παρακολούθησε ένα ποδοσφαιρικό αγώνα ανάμεσα σε δύο ομάδες της δεύτερης κατηγορίας. Όταν επέστρεψε στο σπίτι της θέλησε να φτιάξει ένα σχέδιο μέσα από το οποίο θα εξηγήσει πώς εξελίσσεται ένας ποδοσφαιρικός αγώνας (διάγραμμα).



Το σχέδιο της Άννας είναι ολοκληρωμένο; Αν ναι, να γράψετε γιατί το νομίζετε αυτό. Αν όχι, να γράψετε ποιες πληροφορίες ή ποιες πτυχές του φαινομένου λείπουν από αυτό.

Blank lined paper with a faint watermark reading "Plotiánva".

8.9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 9

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό δοκίμιο 8

Μόλις παρακολουθήσατε στο video (test8_podilato.mpg) κάποιους ανθρώπους που κινούνται με ποδήλατο. Η Νίκη παρακολούθησε το ίδιο video και μετά έφτιαξε την κατασκευή που έχετε μπροστά σας (και φαίνεται στη φωτογραφία)



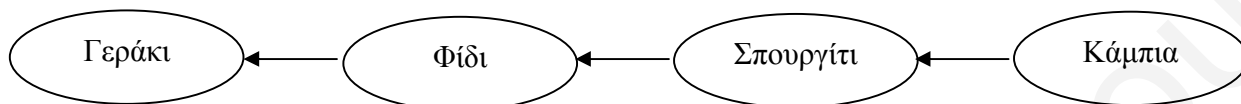
Νομίζετε ότι η κατασκευή της Νίκης είναι ολοκληρωμένη; Αν ναι, να γράψετε γιατί το νομίζετε αυτό. Αν όχι, να γράψετε ποιες πτυχές του φαινομένου απουσιάζουν.

8.10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 10

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό Δοκίμιο 9

Ο Νίκος μάζεψε πληροφορίες από κάποια περιοχή σε σχέση με τη **διατροφή** κάποιων οργανισμών και ήθελε στη συνέχεια να δείξει σε ένα σχέδιο αυτές τις πληροφορίες. Έφτιαξε την ακόλουθη τροφική αλυσίδα:



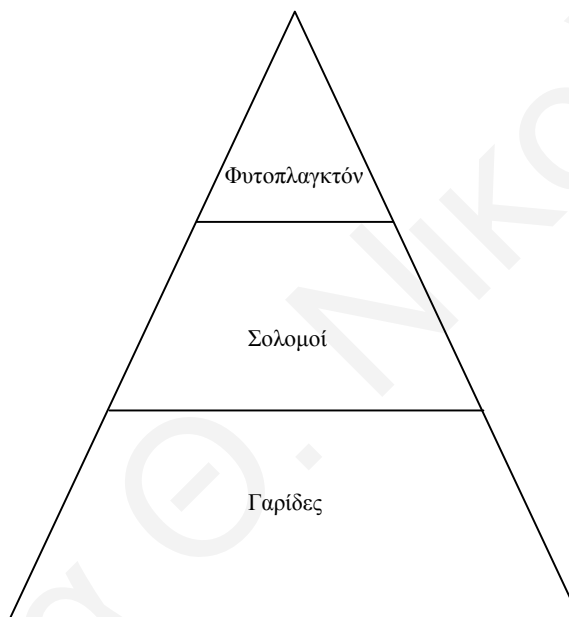
Το ζώο που βρίσκεται εκεί που καταλήγει το βέλος τρέφεται με το ζώο από το οποίο ξεκίνησε το βέλος, για παράδειγμα «*Το σπουργίτι τρέφεται με την κάμπια*» ή «*Το γεράκι τρέφεται με το φίδι*».

Τι χρειάζεται να κάνει ο Νίκος για να αποφασίσει αν το σχέδιο που έφτιαξε είναι έγκυρο;

Την επόμενη μέρα ο Νίκος παρατήρησε ένα βίντεο για το βυθό και μάζεψε πληροφορίες για τη διατροφή του κάθε ψαριού. Οι πληροφορίες που μάζεψε είναι οι εξής:

- Ο καρχαρίας τρέφεται με σολομούς
- Ο σολομός τρέφεται με γαρίδες
- Η γαρίδα τρέφεται με φυτοπλαγκτόν

Ο Νίκος ήθελε να απαντήσει στο εξής ερώτημα: **Ποιος από τους οργανισμούς που παρατήρησε στο βυθό έχει το μεγαλύτερο πληθυσμό και ποιος έχει το μικρότερο πληθυσμό;** Για να απαντήσει στο ερώτημά του έφτιαξε το παρακάτω σχέδιο.



Τι χρειάζεται να κάνει ο Νίκος για να αποφασίσει αν το σχέδιο που έφτιαξε είναι έγκυρο;

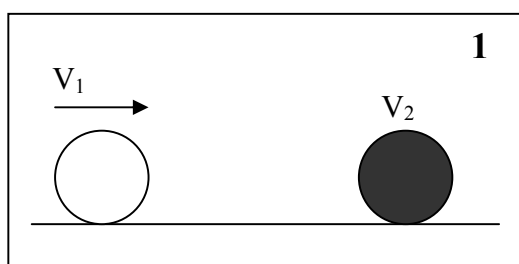
8.11. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 11

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό Δοκίμιο 10

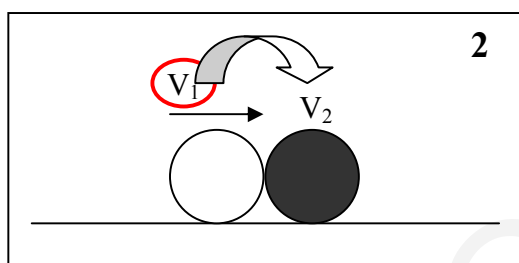
Παρακολουθήστε προσεκτικά το βίντεο Test17_video.avi.

Ο Νικόλας, αφού παρατήρησε αυτό το βίντεο, δημιούργησε το πιο κάτω σχέδιο για να εξηγήσει τι συνέβηκε στο βίντεο.



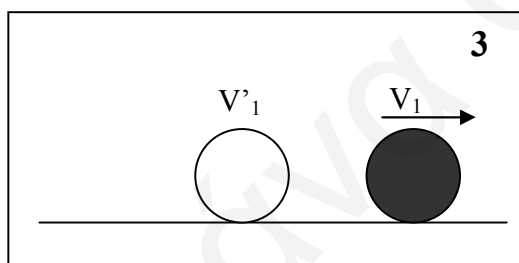
Πριν από την κρούση

Η μπάλα 1 κινείται προς την μπάλα 2. Η αρχική ταχύτητα της μπάλας 2 είναι 0



Κατά τη χρονική στιγμή της κρούσης

Η μπάλα 1 μεταφέρει την ταχύτητά της στην μπάλα 2



Μετά την κρούση

Η μπάλα 1 μένει ακίνητη (η V'_1 είναι ίση με 0) .
Η μπάλα 2 κινείται προς τα δεξιά με την ταχύτητα που είχε η μπάλα 1 πριν από την κρούση

Τι χρειάζεται να κάνει ο Νικόλας για να αποφασίσει αν το σχέδιο που έφτιαξε είναι έγκυρο;

8.12. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 12

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό δοκίμιο 11

Η Νεφέλη παρατήρησε ότι η γιαγιά της έσκαβε το χώμα στην αυλή της και έβαζε μέσα σπόρους. Την ρώτησε γιατί το έκανε αυτό και η γιαγιά της απάντησε ότι θα γίνονταν όμορφες μαργαρίτες. Η Νεφέλη δεν το πίστεψε, αλλά δεν είπε τίποτε στη γιαγιά της. Σε λίγο καιρό όταν επισκέφθηκε ξανά τη γιαγιά της παρατήρησε ότι πράγματι οι σπόροι είχαν γίνει φυτά.

Εντυπωσιάστηκε και αποφάσισε να αναπαραστήσει αυτό που είδε στον υπολογιστή της. Παρακολούθησε με προσοχή το πρόγραμμα που δημιούργησε (test9_anaptiksi_fitou.sim).

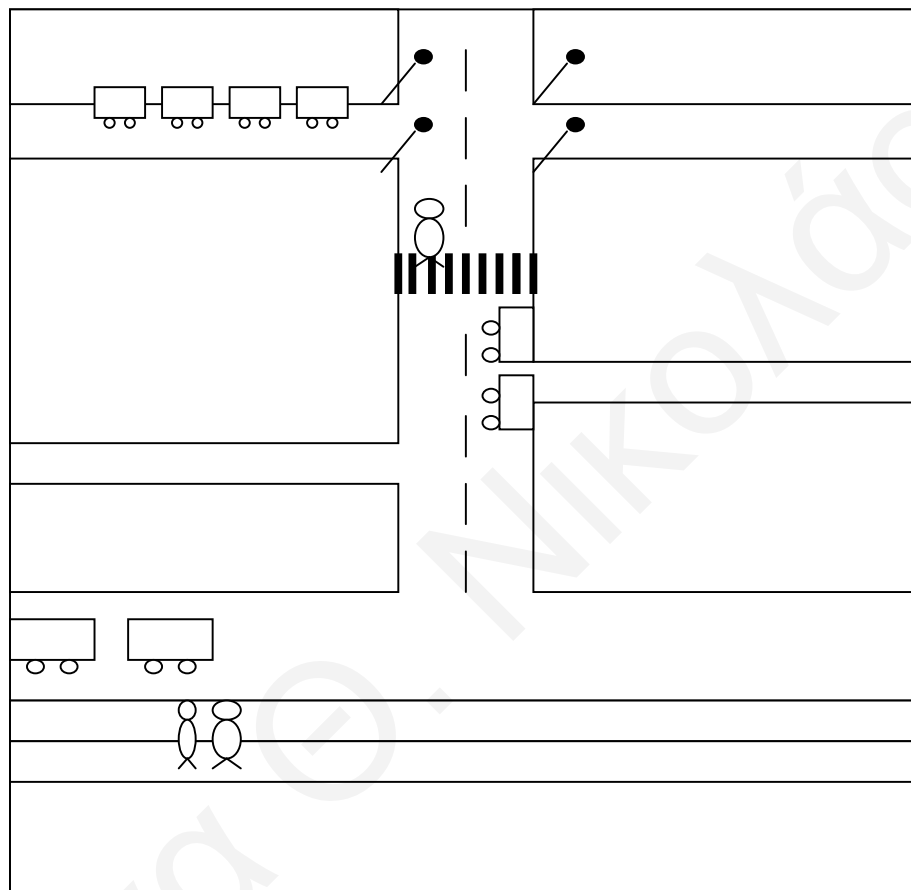
Το πρόγραμμα που έφτιαξε η Νεφέλη ΔΕΝ είναι ολοκληρωμένο. Η Νεφέλη όμως δεν ξέρει τι να κάνει για να το βελτιώσει. Ποια διαδικασία πρέπει να ακολουθήσει για να μπορέσει να το κάνει αυτό;

8.13. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 13

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό δοκίμιο 12

Ο Κώστας παρατήρησε για μερικά λεπτά την κίνηση των αυτοκινήτων στη γειτονιά του. Στη συνέχεια προσπάθησε να σχεδιάσει αυτό που είδε (σχεδιάγραμμα 1)



Ο Γιώργος, ένας φίλος του Κώστα, είδε το σχέδιο που δημιούργησε ο φίλος του και νομίζει ότι **ΔΕΝ** είναι ολοκληρωμένο. Ο Κώστας όμως δεν ξέρει τι να κάνει για να βελτιώσει το σχέδιό του. Ποια διαδικασία πρέπει να ακολουθήσει ο Κώστας για να μπορέσει να το κάνει αυτό;

8.14. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 14

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό Δοκίμιο 13

Μόλις έχετε δει μία κατασκευή που δείχνει πώς λειτουργεί το αναπνευστικό σύστημα ενός ανθρώπου.

Να αναφέρετε τρεις τουλάχιστον λόγους για τους οποίους θεωρείτε ότι είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε τέτοιες κατασκευές. Εξηγήστε το συλλογισμό σας.

8.15. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 15

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό Δοκίμιο 14

Μόλις έχετε δει μία κατασκευή που δείχνει πώς λειτουργεί το ηλιακό μας σύστημα

Να αναφέρετε τρεις τουλάχιστον λόγους για τους οποίους θεωρείτε ότι είναι χρήσιμο να φτιάχνουμε τέτοιες κατασκευές. Εξηγήστε το συλλογισμό σας.

8.16. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 16

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Διαγνωστικό Δοκίμιο 15

Άσκηση 1

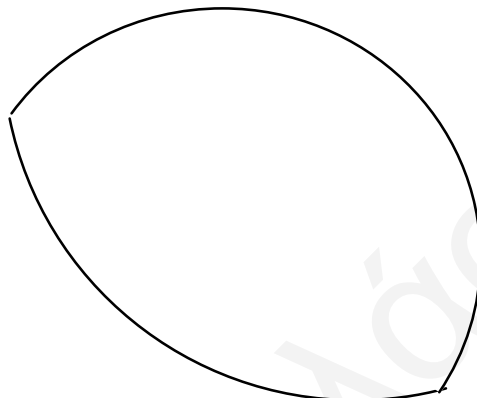
Συχνά ακούμε για τις *φάσεις της σελήνης*.

α. Ποια συμπεριφορά του φεγγαριού περιγράφεται από αυτό τον όρο; Πώς ερμηνεύεται, δηλαδή, αυτός ο όρος; Μπορείτε να σχεδιάσετε διάγραμμα αν σας είναι χρήσιμο.

β. Πώς δημιουργούνται οι φάσεις της σελήνης; Εξηγήστε το συλλογισμό σας. Μπορείτε να σχεδιάσετε διάγραμμα αν σας είναι χρήσιμο.

Άσκηση 2

Κάποιος παρατηρητής σχεδίασε το διάγραμμα στα δεξιά για να δείξει το σχήμα του φεγγαριού στη Λευκωσία σε μια δεδομένη στιγμή. Το διάγραμμα υποδεικνύει το σχήμα του **φωτεινού** μέρους της σελήνης που είναι ορατό. Δεν κατέγραψε καμιά άλλη πληροφορία σε σχέση με την παρατήρησή του. Ωστόσο, γνωρίζουμε ότι η διεύθυνση πάνω-κάτω στη σελίδα αντιστοιχεί με την κάθετο στη Λευκωσία και η διεύθυνση δεξιά-αριστερά στη σελίδα αντιστοιχεί με την οριζόντιο.



Να χρησιμοποιήσετε το διάγραμμα για να απαντήσετε στις ακόλουθες ερωτήσεις. Σε κάθε περίπτωση να εξηγείτε λεπτομερώς το συλλογισμό σας. Αν δεν έχετε αρκετές πληροφορίες για να απαντήσετε σε κάποια από τις ερωτήσεις, να δηλώσετε ποιες πρόσθετες πληροφορίες θα χρειαζόσασταν για να απαντήσετε.

α. Να υπολογίσετε κατά προσέγγιση τη γωνία ήλιου - σελήνης την ώρα της παρατήρησης.




β. Περίπου ποια ώρα ανέτειλε το φεγγάρι τη μέρα που ο παρατηρητής κατέγραψε την παρατήρησή του;

γ. Τη στιγμή της παρατήρησης, περίπου σε ποια κατεύθυνση έβλεπε η παρατηρήτρια (βόρεια, νότια, δυτικά, ανατολικά); Να εξηγήσετε το συλλογισμό σας.

δ. Ποια ώρα έγινε η παρατήρηση; Να εξηγήσετε το συλλογισμό σας.

Άσκηση 3

Για την κάθε δήλωση να βάλετε σε κύκλο μια από τις λέξεις Ορθό ή Λάθος ανάλογα με το τι πιστεύετε πραγματικά..

α	Το φεγγάρι έχει ένα καθημερινό φαινομενικό μονοπάτι στον ουρανό, το οποίο είναι παρόμοιο με εκείνο του ήλιου	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
β	Το φεγγάρι, όταν είναι ορατό, είναι πάντα στην ίδια θέση στον ουρανό	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
γ	Υπάρχει χρονική περίοδος περίπου ενός μήνα ανάμεσα σε μια πανσέληνο και στην επόμενη	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
δ	Αν το φεγγάρι έχει σχήμα "C" τότε σε μια βδομάδα θα είναι πανσέληνος	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
ε	Αν κοιτάξεις στον ουρανό και δεις ημισέληνο και κοιτάξεις ξανά στον ουρανό δύο βδομάδες αργότερα θα δεις ημισέληνο, αλλά αντεστραμμένη	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
στ	Το φεγγάρι ανατέλλει καθημερινά από περίπου ανατολική κατεύθυνση και δύει σε περίπου δυτική κατεύθυνση.	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
ζ	Το φεγγάρι ανατέλλει όταν ο ήλιος δύει, μόνο όταν έχουμε πανσέληνο.	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
η	Όταν το φεγγάρι έχει το σχήμα  είναι ορατό νότια στον ουρανό τα μεσάνυχτα.	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
θ	Όταν το φεγγάρι έχει το σχήμα  είναι ορατό δυτικά κοντά στον ήλιο αμέσως μετά τη δύση.	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
ι	Αν δούμε το φεγγάρι ψηλά νότια στον ουρανό κατά τη δύση τότε θα έχει το σχήμα 	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
κ	Όσο πιο πολύ μεγαλώνει το φεγγάρι τόσο πιο πολύ φαίνεται στον ουρανό να απομακρύνεται από τον ήλιο.	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
λ	Βλέπουμε το φεγγάρι γιατί ανακλά φως από τον ήλιο	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
μ	Το φεγγάρι αλλάζει φάσεις γιατί κινείται στην σκιά της γης	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
ν	Όταν το φεγγάρι βρίσκεται στην αντίθετη πλευρά της γης σε σχέση με τον ήλιο, δεν μπορούμε να το δούμε και έχουμε νέο φεγγάρι	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
ξ	Όταν το φεγγάρι βρίσκεται στην ίδια πλευρά της γης σε σχέση με τον ήλιο έχουμε ημισέληνο	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ
ο	Εκλείψεις συμβαίνουν μόνο όταν ο ήλιος, η γη και το φεγγάρι είναι σε ευθεία γραμμή	ΟΡΘΟ / ΛΑΘΟΣ

8.17. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 17

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΓΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΕΡΕΥΝΑ

Με την παρούσα δήλωση συμφωνώ να συμμετέχω στην έρευνα που διεξάγεται από την Χριστιάνα Νικολάου του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου.

Πληροφορίες:
Χριστιάνα Νικολάου,
Τμήμα Επιστημών της Αγωγής,
Πανεπιστήμιο Κύπρου
chr.nic@ucy.ac.cy

Α. ΣΚΟΠΟΣ

Ενημερώθηκα ότι ο σκοπός της έρευνας είναι να αξιολογήσει την ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης μέσα από συνεργασία φοιτητών προπτυχιακού επιπέδου.

Β. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η έρευνα περιλαμβάνει συλλογή δεδομένων μέσω προπειραματικών και μεταπειραματικών δοκιμών, καθώς επίσης και μέσω μαγνητοσκόπησης των συζητήσεων ανάμεσα στα μέλη μιας ομάδας. Τα δεδομένα θα προκύψουν κατά τη διάρκεια του μαθήματος *ΕΠΑ 477: Πληροφορική Υποστήριξη για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο*, που θα λάβει χώρα από τις 23/01/07 μέχρι τις 04/05/07. Η διάρκεια του κάθε μαθήματος θα είναι 90 λεπτά. Η συμμετοχή των φοιτητών στην έρευνα δεν θα επηρεάσει κατά οποιοδήποτε τρόπο τη βαθμολογία τους στο μάθημα.

Γ. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ

- Αντιλαμβάνομαι ότι μπορώ να αποσυρθώ από την έρευνα όποτε το επιθυμήσω χωρίς αρνητικές συνέπειες.
- Αντιλαμβάνομαι ότι η συμμετοχή μου στην έρευνα είναι εμπιστευτική.
- Αντιλαμβάνομαι ότι τα δεδομένα από αυτή την έρευνα μπορεί να δημοσιευθούν.

ΜΕΛΕΤΗΣΑ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΑΜΒΑΝΟΜΑΙ ΠΛΗΡΩΣ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥΣ. ΔΙΝΩ ΤΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗ ΜΟΥ ΓΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: _____

ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ: _____

ΥΠΟΓΡΑΦΗ: _____

8.18. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 18

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου











8.19. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 19

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Συνοδευτικό Έντυπο Κωδικοποίησης Μοντέλου

1. Τίτλος μοντέλου:	
2. Ομάδα ανάπτυξης μοντέλου:	
3. Ημερομηνία:	
4. Ποιο φαινόμενο αναπαριστά το μοντέλο;	
5. Πώς δουλεύει το μοντέλο; (Τι πρέπει να κάνει ο χρήστης για να μπορέσει να δει το μοντέλο να τρέχει;)	
6. Ποια είναι τα αντικείμενα του μοντέλου; Π.χ. στο μοντέλο του ηλεκτρικού κυκλώματος τα αντικείμενα του μοντέλου είναι η μπαταρία, τα καλώδια, ο λαμπτήρας κλπ	
7. Ποιες είναι οι μεταβλητές του μοντέλου; Π.χ. στο μοντέλο του ηλεκτρικού κυκλώματος μία μεταβλητή του μοντέλου αποτελεί ο διαφορετικός αριθμός των μπαταριών που πιθανό να υπάρχουν στο κύκλωμα.	
8. Ποιες είναι οι διαδικασίες που μπορούν να συμβούν στο μοντέλο; Π.χ. Στο μοντέλο του ηλεκτρικού κυκλώματος μία διαδικασία που συμβαίνει είναι η φωτοβολία του λαμπτήρα	
9. Ποιες είναι οι σχέσεις (αλληλεπιδράσεις) μεταξύ των μερών του μοντέλου; Π.χ. Στο μοντέλο του ηλεκτρικού κυκλώματος το γεγονός ότι ο αριθμός των μπαταριών στο κύκλωμα επηρεάζει τη φωτοβολία του λαμπτήρα αποτελεί αλληλεπίδραση ανάμεσα σε αντικείμενα (μπαταρίες) και διαδικασίες (φωτοβολία)	
10. Περιγράψτε το μηχανισμό του φαινομένου όπως περιγράφεται από το μοντέλο.	

8.20. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 20

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

Συνοδευτικό Έντυπο Αξιολόγησης Μοντέλου

1. Τίτλος μοντέλου:	
2. Ομάδα αξιολόγησης μοντέλου	
3. Ημερομηνία:	
4. Ποιο φαινόμενο παρουσιάζεται από το μοντέλο;	
5. Μπορώ να εξηγήσω με ποιο τρόπο εργάζεται αυτό το μοντέλο. Οι οδηγίες που δόθηκαν από την ομάδα που κατασκεύασε το μοντέλο είναι επαρκείς για να κατανοήσει κάποιος πώς λειτουργεί το μοντέλο;	
6. Μπορείτε να εντοπίσετε ασυνέπειες ή άλλους περιορισμούς του μοντέλου σε σύγκριση με το φαινόμενο;	
7. Μπορείτε να εντοπίσετε τεχνικούς περιορισμούς του μοντέλου;	
8. Πώς θα μπορούσε (αν θα μπορούσε) να βελτιωθεί αυτό το μοντέλο;	
9. Το μοντέλο αυτό περιγράφει επιτυχημένα το μηχανισμό λειτουργίας του φαινομένου που αναπαριστά;	
10. Το μοντέλο αναπαριστά επαρκώς το μοτίβο; Να εξηγήσετε πώς το κάνει αυτό.	

8.21. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 21

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το Σάββατο 03.02.07 για την πρώτη ομάδα και το Σάββατο 10.02.07 για τη δεύτερη ομάδα (11.00-12.00) θα γίνει η Πρώτη Ηλεκτρονική Συνάντηση του μαθήματος.

Η συζήτηση θα γίνεται στο χώρο room 1 της πλατφόρμας.

Για να μπορείτε να λάβετε μέρος στη συζήτηση πρέπει να έχετε διαβάσει το άρθρο *McDermott, L. C., Shaffer, S. P., & Constantinou, C. P. (2000). Preparing Teachers to Teach Physics and Physical Science by Inquiry. Physics Education, 35(6), 411-416*, το οποίο βρίσκεται στο Εικονικό Μαθησιακό Περιβάλλον, στο χώρο *Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συζήτηση 1*

Η συζήτηση θα περιστραφεί γύρω από το ακόλουθο ερώτημα:

Ποια στοιχεία του κειμένου μπορείτε να μεταφέρετε ή να εκμεταλλευτείτε στη δική σας διδασκαλία;

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Την Τετάρτη 14.02.07 για την πρώτη ομάδα και το Σάββατο 17.02.07 για τη δεύτερη ομάδα θα γίνει η δεύτερη ηλεκτρονική συνάντηση.

Για να μπορείτε να λάβετε μέρος στη συζήτηση πρέπει να έχετε διαβάσει τις παρουσιάσεις «Απόψεις των φοιτητών για τη Μοντελοποίηση» και «Ο ρόλος των μοντέλων και της μοντελοποίησης στη μάθηση» και το άρθρο Δημητράκοπούλου Α., (1999). *Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών Επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Εδικό Αφιέρωμα στην Πληροφορική και Εκπαίδευση, ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ, 3η Περίοδος, Vol. Η', No 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.* (χώρος Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συζήτηση 2 του Εικονικού Μαθησιακού Περιβάλλοντος)

Η συζήτηση θα γίνει πάλι στο χώρο room1.

Η συζήτηση θα περιστραφεί κυρίως γύρω από τα ακόλουθα ερωτήματα:

1. "Στο κείμενο και στις παρουσιάσεις γίνεται συζήτηση σε σχέση με τη μοντελοποίηση και τις προσομοιώσεις. Από τα όσα διαβάσατε, πότε θα χρησιμοποιούσατε τη μια προσέγγιση και πότε την άλλη;"
2. Σχολιάστε τις απόψεις των φοιτητών για τη Μοντελοποίηση.

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΡΙΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για την τρίτη ηλεκτρονική συνάντηση που θα γίνει την Τετάρτη 21.02.07 για την πρώτη ομάδα και το Σάββατο 24.02.07 έχετε να διαβάσετε τα αποσπάσματα του βιβλίου *Σταυρίδου, Ε. (1995). Μοντέλα φυσικών επιστημών και διαδικασίες μάθησης. Αθήνα: εκδόσεις Σαββάλας* που βρίσκονται στο χώρο Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συζήτηση 3 του Εικονικού Μαθησιακού Περιβάλλοντος.

Η συζήτηση θα γίνει πάλι στο χώρο room1.

Η συζήτηση θα περιστραφεί κυρίως γύρω από τα ακόλουθα ερωτήματα:

1. Στο βιβλίο γίνεται αναφορά στις λειτουργίες των μοντέλων. Πώς τις αντιλαμβάνεστε εσείς αυτές;
2. Ποια είναι τα μέρη ενός μοντέλου;
3. Πώς ερμηνεύετε το σχήμα 1 (σελ. 26); Πώς θα το αξιοποιούσατε διδακτικά;

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΕΤΑΡΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Την Τετάρτη 28.02.07 για την πρώτη ομάδα και το Σάββατο 03.03.07 για τη δεύτερη ομάδα θα πραγματοποιηθεί η τέταρτη σύγχρονη ηλεκτρονική συζήτηση.

Για να μπορείτε να λάβετε μέρος στη συζήτηση πρέπει να έχετε διαβάσει το άρθρο Louca, L., Druin, A., Hammer, D., & Dreher, D. (2003, June 14-18.). *Students' Collaborative Use of Computer-Based Programming Tools in Science: A Descriptive Study. Paper presented at the Designing for Change in Networked Learning Environments. Proceedings of the International Conference on Computer Support for Collaborative Learning 2003, Norway, Bergen,*

Το άρθρο κάνει αναφορά στο Stagecast Creator και στο Microworlds.

Το Stagecast το γνωρίζετε, το Microworlds είναι εγκατεστημένο στους υπολογιστές του εργαστηρίου A014. Στο αρχείο “Making an Animation in Microworlds Pro” μπορείτε να βρείτε οδηγίες χρήσης του προγράμματος αυτού. Τόσο το άρθρο όσο και ο οδηγός του προγράμματος βρίσκονται στο χώρο Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συζήτηση 4 του Εικονικού Μαθησιακού Περιβάλλοντος. Βρέστε λίγο χρόνο και δουλέψτε το πρόγραμμα. Είναι σημαντικό ΟΛΟΙ να φτιάξετε ένα απλό μοντέλο στο πρόγραμμα αυτό. Κάντε π.χ. ένα άλογο να τρέξει, ένα λουλούδι να μεγαλώσει κλπ

Η συζήτηση θα περιστραφεί κυρίως γύρω από τα ακόλουθα ερωτήματα:

- α) Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των δύο λογισμικών δημιουργίας μικρόκοσμων, Stagecast Creator και Microworlds Pro, με βάση τις δυνατότητες που παρέχουν στους μαθητές για μοντελοποίηση φυσικών φαινομένων στις Φυσικές Επιστήμες;
- β) Συγκρίνετε τα δύο λογισμικά δημιουργίας μικρόκοσμων και περιγράψτε κάτω από ποιες συνθήκες το κάθε λογισμικό είναι πιο κατάλληλο.

Η συζήτηση θα γίνει πάλι στο χώρο room 1

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΜΠΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η επόμενη συζήτηση (07.03.07 και 10.03.07) θα έχει σχέση με την εργασία σας. Δεν χρειάζεται να διαβάσετε κάτι από πριν.

Η συζήτηση θα επικεντρωθεί γύρω από τα ακόλουθα θέματα-ερωτήσεις:

1. Ποια φαινόμενα μπορούν να μοντελοποιηθούν;
2. Ποια κριτήρια πρέπει να χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί ώστε να καταλήξουν στο αν ένα φαινόμενο μπορεί να μοντελοποιηθεί;

Η συζήτηση θα γίνει πάλι στο χώρο room 1

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η έκτη ηλεκτρονική συζήτηση (21.3.07 και 24.03.07) θα έχει σχέση με το άρθρο

Παπαευριπίδου, Μ., Κωνσταντίνου, Κ. Π., & Ζαχαρία, Ζ. (2004, 26-28 Νοεμβρίου). Η βελτίωση της κατανόησης ΙΙχρονων μαθητών σε έννοιες που αφορούν στα οικοσυστήματα μέσα από την προσέγγιση της μοντελοποίησης. Το άρθρο παρουσιάστηκε στο 4ο Πανελληνίο Συνέδριο για την Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Αθήνα.

Το άρθρο πραγματεύεται την εφαρμογή μιας παρέμβασης στο συγκείμενο των οικοσυστημάτων για ανάπτυξη της ικανότητας της μοντελοποίησης και βρίσκεται στο χώρο *Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συζήτηση 6* του Εικονικού Περιβάλλοντος Μάθησης.

Η συζήτηση θα περιστραφεί γύρω από τα ακόλουθα ερωτήματα:

1. Θεωρείτε ότι προσεγγίζονται ικανοποιητικά τα ερευνητικά ερωτήματα του άρθρου;
2. Ποια είναι η καινοτομική προσέγγιση (αν υπάρχει) που εισάγει το άρθρο;
3. Στο κείμενο αναφέρονται 6 πτυχές που σύμφωνα με τους συγγραφείς συνιστούν την ικανότητα της μοντελοποίησης. Πώς τις κατανοείτε εσείς;

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΒΔΟΜΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η έβδομη ηλεκτρονική συνάντηση (21.3.07 και 24.03.07) θα έχει σχέση με το μάθημα και γενικότερα με ότι κάνατε μέχρι τώρα. Αυτό θα αποτελέσει ένα τρόπο αξιολόγησης και παροχής ανατροφοδότησης σε σχέση με τη δική μας δουλειά. Και πιο συγκεκριμένα, θα θέλαμε η συζήτηση να περιστραφεί γύρω από τα ακόλουθα ερωτήματα:

1. Θεωρείτε ότι ο τρόπος διεξαγωγής του μαθήματος (Εικονικό Μαθησιακό Περιβάλλον) ήταν χρήσιμος; Ποια από τα στοιχεία του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος θεωρείτε ότι ήταν βοηθητικά και ποια όχι; Δώστε παραδείγματα.
2. Τι δεν θα μπορούσατε και τι θα μπορούσατε να κάνετε (σε σχέση με το μάθημα) αν το μάθημα δεν «έτρεχε» σε ηλεκτρονικό περιβάλλον;
3. Ποια στοιχεία του μαθήματος (πέραν του ότι ήταν ηλεκτρονικά κατευθυνόμενο) και του υλικού που είχατε στη διάθεσή σας ήταν βοηθητικά;

Οποιοδήποτε άλλο θετικό ή αρνητικό σχόλιο σε σχέση με την όλη διδακτική διαδικασία είναι ευπρόσδεκτο.

8.22. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 22

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

**ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΛΗ ΕΞΕΛΙΞΗ
ΤΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΖΗΤΗΣΕΩΝ**

Κάθε βδομάδα θα συμμετέχετε σε μία σύγχρονη ηλεκτρονική συζήτηση. Έχουν δημιουργηθεί δύο ομάδες συζήτησης. Η ομάδα Α αποτελείται από 10 άτομα και η ομάδα Β από 11 άτομα. Και στις δύο ομάδες θα συμμετέχει και η εκπαιδευτικός. Η ομάδα Α θα συζητά κάθε Τετάρτη από τις 15:00 μέχρι τις 16:00 και η ομάδα Β κάθε Σάββατο από τις 11:00 μέχρι τις 12:00.

Οι ομάδες για τις ηλεκτρονικές συζητήσεις διαμορφώνονται ως ακολούθως:

	Ομάδα Α	Ομάδα Β
1	ΠΕ 1	ΠΕ 3
2	ΠΕ 2	ΠΕ 4
3	ΠΕ 5	ΠΕ 6
4	ΠΕ 7	ΠΕ 8
5	ΠΕ 9	ΠΕ 10
6	ΠΕ 11	ΠΕ 12
7	ΠΕ 13	ΠΕ 14
8	ΠΕ 15	ΠΕ 16
9	ΠΕ 17	ΠΕ 18
10	ΠΕ 19	ΠΕ 21
11	ΠΕ 20	

Η ομάδα Α θα συζητήσει κατά τις ακόλουθες ημερομηνίες

07/02/2007, 14/02/2007, 21/02/2007, 28/02/2007, 14/03/2007, 21/03/2007 και 02/05/2007

Η ομάδα Β θα συζητήσει κατά τις ακόλουθες ημερομηνίες

10/02/2007, 17/02/2007, 24/02/2007, 03/03/2007, 17/03/2007, 24/03/2007 και 05/05/2007

Για να μπορείτε να συμμετέχετε στις συζητήσεις ουσιαστικά, χρειάζεται (στις πλείστες των περιπτώσεων) να διαβάσετε συγκεκριμένα αναγνώσματα ή να εξασκηθείτε σε συγκεκριμένες πρακτικές δραστηριότητες από πριν. Αυτό θα σας βοηθήσει να παρακολουθείτε τη ροή της

συζήτησης, αλλά και να υποστηρίζετε την άποψή σας ή να απορρίπτετε την άποψη άλλων στηριζόμενοι σε συγκεκριμένα επιχειρήματα ή αντεπιχειρήματα αντίστοιχα.

Πέραν των αναγνωσμάτων που θα πρέπει να κάνετε από πριν, είναι σημαντικό να τηρούνται τα ακόλουθα ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή διεξαγωγή των συζητήσεων:

1. Είναι καλό να εισέρχεστε στο χώρο συζήτησης χωρίς καθυστέρηση, ώστε να τηρούνται τα χρονοδιαγράμματα
2. Λόγω του ότι δεν υπάρχει οπτική επαφή ανάμεσα στους συμμετέχοντες, είναι δυνατό πολλές συνεισφορές να παρουσιάζονται ταυτόχρονα στο παράθυρο της συζήτησης. Σε περίπτωση που το σχόλιό σας απευθύνεται ή σχετίζεται με προηγούμενο ή προηγούμενα σχόλια, είναι καλό να διευκρινίζεται σε ποιο σχόλιο ή σε ποιον συμμετέχοντα απευθύνεστε ώστε να μην υπάρχουν κενά στη ροή της συζήτησης.
3. Προσπαθήστε να αποφεύγετε τις μονολεκτικές συνεισφορές και κάντε μια προσπάθεια να στηρίζετε την άποψή σας με επιχειρήματα (είτε αυτά στηρίζονται στα κείμενα που διαβάσατε από πριν είτε όχι).
4. Μην ανησυχείτε αν διαφωνείτε με κάποιον ή κάποιους. Εκφράστε το. Να θυμάστε ότι οι γονιμότερες συζητήσεις συμβαίνουν όταν υπάρχουν διαφωνίες και γίνεται προσπάθεια υπερπήδησής τους.
5. Το γεγονός ότι στις συζητήσεις θα παρευρίσκεται και η εκπαιδευτικός δε σημαίνει ότι θα αξιολογεί τις συνεισφορές σας, ότι θα απορρίπτει δικές σας απόψεις ή ότι θα εκφράζει τις σωστές απαντήσεις. Ο ρόλος της θα είναι καθαρά καθοδηγητικός και είναι καλό να θεωρήσετε ότι βρίσκεται εκεί ως ισότιμος με σας συμμετέχοντας.
6. Σε περίπτωση που αντιμετωπίζετε οποιοδήποτε τεχνικό πρόβλημα, παρακαλώ δηλώστε το είτε στη συζήτηση είτε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στην εκπαιδευτικό για να μπορέσει να σας δώσει κατευθύνσεις για το τι θα κάνετε.
7. Σε περίπτωση που χρειάζεται για κάποιο λόγο να αλλάξετε ομάδα ειδοποιείτε την εκπαιδευτικό τρεις μέρες πριν για να κάνει τις κατάλληλες διευθετήσεις.
8. Η απουσία από τις ή η μη ενεργός συμμετοχή στις συζητήσεις θα έχει επιπτώσεις στο ποσοστό της βαθμολογίας που αντιστοιχεί στις ηλεκτρονικές σύγχρονες συζητήσεις.

8.23. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 23

Χρυστιάννα Θ. Νικολάου

ΠΗΓΕΣ ΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Πρώτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση (Τετάρτη 07/02/07 και Σάββατο 10/02/07)

Θέμα: Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μέσω διερώτησης.

Υλικό:

McDermott, L. C., Shaffer, S. P., & Constantinou, C. P. (2000). Preparing Teachers to Teach Physics and Physical Science by Inquiry. *Phys. Educ.*, 35(6), 411-416.

2. Δεύτερη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση (Τετάρτη 14/02/07 και Σάββατο 17/02/07)

Θέμα: Προσομοιώσεις Vs Μοντέλα.

Υλικό:

1. Παρουσίαση με θέμα «Ο ρόλος των μοντέλων και της μοντελοποίησης στη μάθηση»
 2. Δημητρακοπούλου Α., (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Ειδικό Αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση, ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ, 3η Περίοδος, Τόμος. Η', No 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.
 3. Παρουσίαση με θέμα “Απόψεις των Προϋπηρεσιακών Εκπαιδευτικών για τη Μοντελοποίηση”
-

3. Τρίτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση (Τετάρτη 21/02/07 και Σάββατο 24/02/07)

Θέμα: Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και Διαδικασίες Μάθησης.

Υλικό:

Σταυρίδου, Ε. (1995). *Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και Διαδικασίες Μάθησης*. Αθήνα:

Εκδόσεις Σαββάλας.

-Κεφάλαιο 1: Γενικά για τα Επιστημονικά Μοντέλα (σελ. 11-19)

-Κεφάλαιο 2: Μοντέλα και Διαδικασίες Μοντελοποίησης στη Διαδικασία των Φυσικών Επιστημών (σελ. 21-29)

4. Τέταρτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση (Τετάρτη 28/02/07 και Σάββατο 03/03/07)

Θέμα: Stagecast Creator και Microworlds Pro.

Υλικό:

1. Louca, L., Druin, A., Hammer, D., & Dreher, D. (2003, June 14-18.). Students' Collaborative Use of Computer-Based Programming Tools in Science: A Descriptive Study. Paper presented at the Designing for Change in Networked Learning Environments. Proceedings of the International Conference on Computer Support for Collaborative Learning 2003, Norway, Bergen.

2. Υπολογιστικό Πρόγραμμα Microworlds Pro

3. Οδηγός Προγράμματος Microworlds Pro «Making an Animation in Microworlds Pro»

4. Υπολογιστικό Πρόγραμμα Stagecast Creator

5. Οδηγός Προγράμματος Stagecast Creator

5. Πέμπτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση (Τετάρτη 14/03/07 και Σάββατο 17/03/07)

Θέμα: Ποια φαινόμενα μπορούν να μοντελοποιηθούν;

Υλικό: -

6. Έκτη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση (Τετάρτη 21/03/07 και Σάββατο 24/03/07)

Θέμα: Η βελτίωση της κατανόησης 11χρονων μαθητών σε έννοιες που αφορούν στα οικοσυστήματα μέσα από την προσέγγιση της μοντελοποίησης.

Υλικό:

Παπαευριπίδου, Μ., Κωνσταντίνου, Κ. Π., & Ζαχαρία, Ζ. (2004, 26-28 Νοεμβρίου). Η βελτίωση της κατανόησης 11χρονων μαθητών σε έννοιες που αφορούν στα οικοσυστήματα μέσα από την προσέγγιση της μοντελοποίησης. Το άρθρο παρουσιάστηκε στο 4ο Πανελληνίο Συνέδριο για την Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Αθήνα.

7. Έβδομη Σύγχρονη Ηλεκτρονική Συνάντηση (Τετάρτη 02/05/07 και Σάββατο 05/05/07)

Θέμα: Αξιολόγηση του Μαθήματος.

Υλικό: -
