



Πανεπιστήμιο
Κύπρου

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΣΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΑ
ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗΣ ΣΤΙΣ
ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ

2017



Πανεπιστήμιο
Κύπρου

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΣΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΑ
ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗΣ ΣΤΙΣ
ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ**

ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ

**Διατριβή η οποία υποβλήθηκε προς απόκτηση διδακτορικού
τίτλου σπουδών στο Πανεπιστήμιο Κύπρου**

Μάιος 2017

ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ

ΣΕΛΙΔΑ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ

Υποψήφια Διδάκτορας: Νικολέττα Ξενοφώντος

Τίτλος Διατριβής: Αξιολόγηση της Παρουσίας Υποστηρικτικών Εργαλείων σε Τεχνολογικά Υποστηριζόμενα Μαθησιακά Περιβάλλοντα Διερώτησης στις Φυσικές Επιστήμες

*Η παρούσα Διδακτορική Διατριβή εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών για απόκτηση Διδακτορικού διπλώματος στο **Τμήμα Επιστημών στις Αγωγές** και εγκρίθηκε στις 26 Απριλίου 2017 από τα μέλη της **Εξεταστικής Επιτροπής**.*

Εξεταστική Επιτροπή:

Ερευνητικός Σύμβουλος:
Δρ. Ζαχαρίας Ζαχαρία, Αναπληρωτής Καθηγητής

Μέλος Επιτροπής:
Δρ. Κωνσταντίνος Κορφιάτης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Μέλος Επιτροπής:
Δρ. Ελένη Λοΐζου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Μέλος Επιτροπής:
Δρ. Μαρία Ευαγόρου, Επίκουρη Καθηγήτρια

Μέλος Επιτροπής:
Δρ. Θεοδώρα Κυράτση, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΥΠΟΨΗΦΙΟΥ ΔΙΔΑΚΤΟΡΑ

Η παρούσα διατριβή υποβάλλεται προς συμπλήρωση των απαιτήσεων για απονομή Διδακτορικού Τίτλου του Πανεπιστημίου Κύπρου. Είναι προϊόν πρωτότυπης εργασίας αποκλειστικά δικής μου, εκτός των περιπτώσεων που ρητώς αναφέρονται μέσω βιβλιογραφικών αναφορών, σημειώσεων ή και άλλων δηλώσεων.

.....[Όνοματεπώνυμο]

.....[Υπογραφή]

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βασική επιδίωξη της διατριβής ήταν η αξιολόγηση της υποστήριξης που παρέχεται σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης στις Φυσικές Επιστήμες μέσω υποστηρικτικών εργαλείων. Για την επίτευξη του στόχου αυτού πραγματοποιήθηκαν τέσσερις εμπειρικές μελέτες και αξιοποιήθηκαν τρία υποστηρικτικά εργαλεία. Τα υποστηρικτικά εργαλεία σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν πρόσφατα προκειμένου να υποστηρίζουν τους μαθητές κατά τη διεκπεραίωση των απαιτητικών επιστημονικών πρακτικών της διερώτησης. Ειδικότερα, οι υποστηριζόμενες πρακτικές ήταν η διατύπωση υποθέσεων, ο σχεδιασμός έγκυρων πειραμάτων και η δημιουργία γραφικών παραστάσεων. Τα ερευνητικά ερωτήματα της κάθε μελέτης εστίασαν στον εντοπισμό διαφορών ως προς τα μαθησιακά οφέλη και τις ενέργειες των μαθητών καθώς ολοκληρώνουν μια σειρά δραστηριοτήτων σε ψηφιακό μαθησιακό περιβάλλον, όταν διαφοροποιείται ο βαθμός υποστήριξης που λαμβάνουν από τα υπό εξέταση υποστηρικτικά εργαλεία.

Οι συμμετέχοντες σε κάθε μελέτη ολοκλήρωσαν τις δραστηριότητες ενός ψηφιακού μαθησιακού περιβάλλοντος, στο οποίο περιλαμβανόταν ένα εικονικό εργαστήριο. Οι δραστηριότητες του κάθε μαθησιακού περιβάλλοντος οργανώθηκαν σύμφωνα με το πλαίσιο μάθησης του κύκλου διερώτησης. Κατά για τις τέσσερις ερευνητικές προσπάθειες πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων μέσα από ειδικά σχεδιασμένα δοκίμια αξιολόγησης γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης. Τα δοκίμια αυτά χορηγήθηκαν πριν και μετά την ολοκλήρωση της κάθε διδακτικής παρέμβασης. Ωστόσο, η κυριότερη πηγή δεδομένων ήταν τα βίντεο που προέκυψαν από την καταγραφή του τρόπου εργασίας του κάθε μαθητή στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η αξιοποίηση αυτών των δεδομένων επέτρεψε τη διερεύνηση των βασικών ενεργειών των μαθητών μέχρι να ολοκληρώσουν όλες τις δραστηριότητες του μαθησιακού περιβάλλοντος και την αξιολόγηση των μαθησιακών τους προϊόντων. Επιπλέον, σε όλες τις μελέτες, εκτός από την πρώτη, οι μαθητές ολοκλήρωσαν δραστηριότητες σε νέα μαθησιακά συγκείμενα, αξιοποιώντας τα ίδια εργαλεία με τα οποία εργάστηκαν κατά τις διδακτικές παρεμβάσεις. Το γεγονός αυτό επέτρεψε τη διερεύνηση της μεταφοράς των μαθησιακών επιτευγμάτων από ένα γνωστικό αντικείμενο σε ένα καινούριο.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την κάθε μελέτη ενισχύουν το επιχείρημα ότι η υποστηριζόμενη μάθηση μέσω διερώτησης είναι επωφελής για τους μαθητές σε επίπεδο

ανάπτυξης δεξιοτήτων επιστημονικής μεθόδου και απόκτησης γνώσεων περιεχομένου. Επιπλέον φάνηκε ότι, ο βαθμός δομής και προβληματισμού που διέπει ένα υποστηρικτικό εργαλείο είναι ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό, ανάπτυξη και αξιοποίηση υποστηρικτικών εργαλείων. Συγκεκριμένα, η αμοιβαία συνεισφορά της δομής που παρέχεται από ένα υποστηρικτικό εργαλείο και του προβληματισμού που προκαλείται στους μαθητές, ώστε να το χρησιμοποιήσουν για να ολοκληρώσουν τη διαδικασία που υποστηρίζεται, αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία των μαθητών και τη μεταφορά των επιτευγμάτων τους σε νέα μαθησιακά συγκείμενα. Τα αποτελέσματα και συμπεράσματα της διατριβής προσφέρουν σημαντική πληροφόρηση για τα ανοικτά ζητήματα που απασχολούν την εκπαιδευτική έρευνα για την τεχνολογικά υποστηριζόμενη μάθηση με διερώτηση. Επιπλέον, ενισχύουν την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση της αποτελεσματικότητας των υποστηρικτικών εργαλείων που ενσωματώνονται σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα.

ABSTRACT

The main goal of the thesis was to evaluate the support provided in computer-supported inquiry learning environments through software scaffolds. For this purpose, four empirical studies were carried out and three software scaffolds were used. The software scaffolds have been recently designed and developed to support students when addressing complex scientific practices of the inquiry process. Specifically, the scientific practices that were supported are hypotheses formulation, experiment design and graph creation. The research questions of each study focused on identifying differences in students' learning outcomes and actions during the completion of the learning activities, in a computer-supported learning environment, when the amount of the offered support from the software scaffolds under study was differed.

Participants in each study completed a learning activity sequence in a computer-supported learning environment, which included a virtual lab. The activities in each learning environment were organized according to the inquiry cycle framework. For each empirical study data were collected through knowledge and inquiry skills tests, which had been designed appropriately. The tests were completed by the students before and after the intervention. However, the main source of data was the videos produced for each student from the computer screen recording. These data allowed the elaborate investigation of the students' main actions, from the beginning until the end of the intervention and the evaluation of their learning products. In addition, in all studies besides the first, the students completed activities in a new learning context, using the same software scaffolds as in the intervention. This allowed the investigation of transfer effects between different contexts.

The results of each study confirm that the supported inquiry learning is beneficial for students at the level of the development of scientific practices and acquisition of content knowledge. Moreover, the mechanism of structuring and problematizing students' work is an important aspect to be considered when designing, developing and using software scaffolds. Specifically, the simultaneously contribution of the structure provided by a software scaffold and problematization caused for the completion of the task that is supported are crucial for students' success and transfer effects. The results and conclusions of the thesis provide valuable information for the research area of computer-supported inquiry learning. Moreover, they imply the need for further investigations of the

effectiveness of software scaffolds, that embedded in computer-supported learning environments.

ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον ερευνητικό μου σύμβουλο, κ. Ζαχαρία Ζαχαρία, με τον οποίο έχω την τιμή να συνεργάζομαι τα τελευταία εννέα χρόνια. Οι συμβουλές του σε επαγγελματικό και προσωπικό επίπεδο καθόρισαν την πορεία μου σαν άτομο και με βοήθησαν να καλλιεργήσω σημαντικές δεξιότητες που απαιτούνται στον χώρο της εκπαιδευτικής έρευνας. Παράλληλα, ευχαριστώ ιδιαίτερα τους συνεργάτες μου Τάσο Χοβαρδά και Κωνσταντίνο Μανόλη, οι οποίοι με τις γνώσεις και εμπειρίες τους με βοήθησαν να διαμορφώσω την εργασία μου. Ευχαριστώ επίσης, όλα τα μέλη και πρώην μέλη της ερευνητικής ομάδας ReSciTEG και ιδιαίτερα την Άννα Φιάκκου, που μου συμπαραστάθηκαν με κάθε δυνατό τρόπο μέχρι να ολοκληρώσω τη διατριβή μου.

Θα ήταν παράλειψη μου να μην ευχαριστήσω τους εκπαιδευτικούς και μαθητές που συμμετείχαν σε κάθε μελέτη της διατριβής μου, καθώς επίσης, τις διευθύνσεις των σχολείων τους, που με τη συγκατάθεσή τους πραγματοποιήθηκαν οι διαδικασίες της έρευνας. Φυσικά, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω σε όλους τους συνέταιρους του ερευνητικού προγράμματος Go-Lab, στο οποίο είχα την τιμή να συμμετέχω από την αρχή μέχρι την ολοκλήρωσή του (2012 – 2016). Το διδακτικό υλικό που εφαρμόστηκε σε κάθε μελέτη δημιουργήθηκε στην πλατφόρμα του Go-Lab και τα υποστηρικτικά εργαλεία που αξιοποιήθηκαν, σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος.

Τέλος, τις θερμές μου ευχαριστίες εκφράζω προς την οικογένεια μου, τις φίλες και τους φίλους μου, οι οποίοι στηρίζουν κάθε μου προσπάθεια και μου συμπαραστέκονται.

*Στον Αντρέα, την Κυριακούλα,
την Παναγιώτα και την Πετρούλα*

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Αναγκαιότητα και σπουδαιότητα της έρευνας	13
1.3 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας	17
1.3.1 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα μελέτης 1	18
1.3.2 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα μελέτης 2	19
1.3.3 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα μελέτης 3	20
1.3.4 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα μελέτης 4	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	23
2.1 Δεξιότητες διερώτησης και δυσκολίες μαθητών	23
2.1.1 Διατύπωση υποθέσεων	24
2.1.2 Σχεδιασμός πειράματος – διαχείριση μεταβλητών	26
2.1.3 Ερμηνεία δεδομένων και δημιουργία γραφικών παραστάσεων	28
2.2 Καθοδήγηση ανά φάση διερώτησης	30
2.2.1 Καθοδήγηση στη φάση του Προσανατολισμού	30
2.2.2 Καθοδήγηση στη φάση της Εννοιολόγησης	32
2.2.3 Καθοδήγηση στη φάση της Διερεύνησης	34
2.2.4 Καθοδήγηση στη φάση του Συμπεράσματος	36
2.2.5 Καθοδήγηση στη φάση της Συζήτησης	38
2.2.6 Καθοδήγηση σε περισσότερες από μία φάσεις του κύκλου διερώτησης	39
2.3 Υποστηρικτικά εργαλεία	43

2.3.1 Υποστηρικτικά εργαλεία για τη διατύπωση υποθέσεων	45
2.3.2 Υποστηρικτικά εργαλεία για τον σχεδιασμό δίκαιου πειράματος.....	46
2.3.3 Υποστηρικτικά εργαλεία για τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων.....	47
2.4 Συμπεράσματα	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	50
3.1 Μεθοδολογία μελέτης 1.....	50
3.1.1 Ερευνητικός σχεδιασμός.....	50
3.1.2 Συμμετέχοντες	52
3.1.3 Διδακτικό υλικό	52
3.1.4 Συλλογή δεδομένων	60
3.1.4.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου	61
3.1.4.2 Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης	62
3.1.4.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας.....	63
3.1.5 Ανάλυση δεδομένων.....	63
3.1.5.1 Διαγνωστικά δοκίμια γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης	64
3.1.5.2 Καταγραφή του τρόπου εργασίας.....	64
3.1.6 Διαδικασίες έρευνας	67
3.2 Μεθοδολογία μελέτης 2.....	68
3.2.1 Ερευνητικός σχεδιασμός.....	68
3.2.2 Συμμετέχοντες	69
3.2.3 Διδακτικό υλικό	71
3.2.4 Συλλογή δεδομένων	79

3.2.4.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου	80
3.2.4.2 Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης	82
3.2.4.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας.....	83
3.2.5 Ανάλυση δεδομένων	83
3.2.5.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσης	83
3.2.5.2 Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης	84
3.2.5.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας.....	84
3.2.6 Διαδικασίες έρευνας	86
3.3 Μεθοδολογία μελέτης 3.....	89
3.3.1 Ερευνητικός σχεδιασμός.....	89
3.3.2 Συμμετέχοντες	90
3.3.3 Διδακτικό υλικό	92
3.3.4 Συλλογή δεδομένων.....	100
3.3.4.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου	100
3.3.4.2 Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης	102
3.3.4.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας.....	103
3.3.5 Ανάλυση δεδομένων	103
3.3.5.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου	104
3.3.5.2 Δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης.....	104
3.3.5.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας.....	104
3.3.6 Διαδικασίες έρευνας	111
3.4 Μεθοδολογία μελέτης 4.....	113

3.4.1 Ερευνητικός σχεδιασμός.....	113
3.4.2 Συμμετέχοντες	114
3.4.3 Διδακτικό υλικό	115
3.4.4 Συλλογή δεδομένων	124
3.4.4.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου	124
3.4.4.2 Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης	126
3.4.4.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας.....	127
3.4.5 Ανάλυση δεδομένων	127
3.4.5.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου	128
3.4.5.2 Δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης.....	128
3.4.5.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας.....	129
3.4.6 Διαδικασίες έρευνας	131
3.5 Πλαίσιο διεξαγωγής των τεσσάρων μελετών	133
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	135
4.1 Αποτελέσματα Μελέτης 1	135
4.1.1 Σύγκριση επιδόσεων στα διαγνωστικά δοκίμια.....	136
4.1.2 Σύγκριση των ενεργειών των μαθητών πριν και κατά τη διάρκεια της χρήσης του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων.....	137
4.1.3 Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων των ενεργειών των μαθητών σε κάθε συνθήκη	140
4.1.4 Σύγκριση παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα.....	142
4.1.5 Προβλέψεις της επίδοσης των μαθητών στις γνώσεις περιεχομένου και στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων.....	144

4.2 Αποτελέσματα μελέτης 2.....	148
4.2.1 Επίδραση των υποστηρικτικών εργαλείων στις γνώσεις περιεχομένου.....	149
4.2.2 Επίδραση του κάθε εργαλείου ξεχωριστά σε παραμέτρους που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα.....	150
4.2.3 Συσσωρευτική επίδραση των δύο εργαλείων και μεταφορά δεξιοτήτων διερώτησης.....	153
4.2.4 Συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα.....	154
4.2.5 Πολλαπλή παραγοντική ανάλυση αντιστοιχιών.....	155
4.3 Αποτελέσματα μελέτης 3.....	157
4.3.1 Σύγκριση επιδόσεων στα διαγνωστικά δοκίμια.....	158
4.3.2 Σύγκριση των υποθέσεων σε κάθε συνθήκη.....	161
4.3.3 Συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών που αφορούν τον χρόνο διαχείρισης της κάθε δραστηριότητας.....	166
4.4 Αποτελέσματα μελέτης 4.....	169
4.4.1. Σύγκριση επιδόσεων στα διαγνωστικά δοκίμια.....	170
4.4.2 Σύγκριση μεταξύ παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα.....	174
4.4.3 Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα.....	177
4.4.4 Πολλαπλή παραγοντική ανάλυση αντιστοιχιών.....	181
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	184
5.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων μελέτης 1.....	184
5.2 Συζήτηση αποτελεσμάτων μελέτης 2.....	198
5.3 Συζήτηση αποτελεσμάτων μελέτης 3.....	206
5.4 Συζήτηση αποτελεσμάτων μελέτης 4.....	214

5.5 Γενική συζήτηση, περιορισμοί και εισηγήσεις.....	224
Συμπεράσματα.....	232
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	234
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	259
Μαθησιακός χώρος διερώτησης- Μελέτη 1.....	260
Μαθησιακός χώρος διερώτησης-Μελέτη 2.....	269
Μαθησιακός χώρος διερώτησης-Μελέτη 3.....	279
Μαθησιακός χώρος διερώτησης-Μελέτη 4.....	286
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	294
Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Α.....	295
Κλείδα αξιολόγησης διαγνωστικού δοκιμίου γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Α.....	297
Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Β.....	298
Κλείδα αξιολόγησης διαγνωστικού δοκιμίου γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Β.....	300
Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – Βύθιση/Πλεύση.....	301
Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης.....	304
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	315
Δραστηριότητες σε νέα μαθησιακά συγκείμενα – Μελέτη 2.....	316
Δραστηριότητα εξοικείωσης – Μελέτη 3.....	321
Δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο – Μελέτη 3.....	323
Δραστηριότητα εξοικείωσης – Μελέτη 4.....	325
Δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο – Μελέτη 4.....	327

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ.....	330
Επιστολή στις Διευθύνσεις Μέσης και Δημοτικής Εκπαίδευσης.....	331
Εγκύκλιος Μέσης Εκπαίδευσης	334
Συγκατάθεση Διεύθυνσης Δημοτικής Εκπαίδευσης.....	338
Δήλωση ενδιαφέροντος εκπαιδευτικών.....	339
Γράμμα προς γονείς και κηδεμόνες.....	340
Έντυπο συγκατάθεσης γονέων/κηδεμόνων	342

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Ο κύκλος της διερώτησης (φάσεις, επιμέρους φάσεις και οι σχέσεις τους) (Pedaste et al., 2015).....	11
Εικόνα 2. Εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών (Electrical Circuits Virtual Lab).....	53
Εικόνα 3. Εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων – μελέτη 1.....	55
Εικόνα 4. Εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – μελέτη 1.....	56
Εικόνα 5. Εργαλείο παρατηρήσεων – μελέτη 1.....	56
Εικόνα 6. Το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων στη συνθήκη 1 – μελέτη 1 .	57
Εικόνα 7. Καταγραφή μετρήσεων του ηλεκτρικού ρεύματος στο εικονικό εργαστήριο – μελέτη 1	58
Εικόνα 8. Το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων στη συνθήκη 2 – μελέτη 1 .	58
Εικόνα 9. Εργαλείο συμπερασμάτων – μελέτη 1	60
Εικόνα 10. Εργαλείο Διατύπωσης Υποθέσεων – μελέτη 2	73
Εικόνα 11. Δραστηριότητα διατύπωσης υποθέσεων χωρίς το εργαλείο – μελέτη 2.....	74
Εικόνα 12. Το Εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων – μελέτη 2	75
Εικόνα 13. Δραστηριότητα σχεδιασμού πειραμάτων χωρίς το εργαλείο – μελέτη 2.....	75
Εικόνα 14. Σχεδιασμός πειράματος στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – μελέτη 2.....	77
Εικόνα 15. Ανατροφοδότηση στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – μελέτη 2	78
Εικόνα 16. Διερεύνηση με καμένο λαμπτήρα – μελέτη 2	79
Εικόνα 17. Εικονικό εργαστήριο σχετικής πυκνότητας – μελέτη 3	93
Εικόνα 18. Το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στη συνθήκη 1 – μελέτη 3	96
Εικόνα 19. Το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στη συνθήκη 2 – μελέτη 3	97
Εικόνα 20. Το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στη συνθήκη 3 – μελέτη 3	98

Εικόνα 21. Εργαλείο συμπερασμάτων (παράδειγμα) – μελέτη 3.....	99
Εικόνα 22. Το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων στη συνθήκη 1 – μελέτη 4.....	119
Εικόνα 23. Εισαγωγή τιμών στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – μελέτη 4	120
Εικόνα 24. Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – μελέτη 4	121
Εικόνα 25. Το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων στη συνθήκη 2 – μελέτη 4.....	122
Εικόνα 26. Σχεδιασμός πειράματος χωρίς το εργαλείο στη συνθήκη 3 – μελέτη 4.....	123
Εικόνα 27. Δεντροδιάγραμμα με προβλεπτικούς παράγοντες της βελτίωσης της γνώσης (A) και της επίδοσης στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων (B) για τους μαθητές στην πρώτη συνθήκη. – μελέτη 1	145
Εικόνα 28. Δεντροδιάγραμμα με προβλεπτικούς παράγοντες της βελτίωσης της γνώσης (A) και της επίδοσης στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων (B) για τους μαθητές στη δεύτερη συνθήκη. – μελέτη 1	147
Εικόνα 29. Παραγοντικό διάγραμμα πολλαπλής παραγοντικής ανάλυσης αντιστοιχιών (Biplot). Η κάθε συνθήκη αναπαρίσταται με μαύρο τετράγωνο και η κάθε μεταβλητή με άσπρο κύκλο. Ο πρώτος άξονας αντιπροσωπεύει το 88% της συνολικής διακύμανσης και ο δεύτερος άξονας το 11%. – μελέτη 2.....	156
Εικόνα 30. Παραγοντικό διάγραμμα πολλαπλής παραγοντικής ανάλυσης αντιστοιχιών. Η κάθε συνθήκη αναπαρίσταται με μαύρο τετράγωνο και η κάθε μεταβλητή με άσπρο κύκλο. Ο πρώτος άξονας αντιπροσωπεύει το 80% της συνολικής διακύμανσης και ο δεύτερος άξονας το 20%. -μελέτη 4.....	182

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Ερευνητικός σχεδιασμός – μελέτη 1	51
Διάγραμμα 2. Ερευνητικός σχεδιασμός μελέτης 2.....	71
Διάγραμμα 3. Ερευνητικός σχεδιασμός – μελέτη 3	91
Διάγραμμα 4. Σχήμα κωδικοποίησης υποθέσεων – μελέτη 3	106
Διάγραμμα 5. Ερευνητικός σχεδιασμός – μελέτη 4	116

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Κωδικοποίηση μεταβλητών που σχετίζονται με τα μαθησιακά προϊόντα – μελέτη 1	65
Πίνακας 2 Κωδικοποίηση μεταβλητών που αφορούν τον τρόπο εργασίας πριν και κατά τη διάρκεια χρήσης του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων – μελέτη 1	66
Πίνακας 3 Μεταβλητές που αναφέρονται στην πορεία εργασίας και τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών – μελέτη 2	85
Πίνακας 4 Παραδείγματα υποθέσεων ανά κατηγορία και βαθμολογία υποθέσεων – μελέτη 3	107
Πίνακας 5 Παράμετροι που αφορούν τον τρόπο εργασίας των μαθητών στο μαθησιακό περιβάλλον – μελέτη 3.....	110
Πίνακας 6 Παράμετροι που αφορούν τον τρόπο εργασίας και τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών – μελέτη 4.....	130
Πίνακας 7 Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – μελέτη 1	136
Πίνακας 8 Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης – μελέτη 1	137
Πίνακας 9 Διαφορές του τρόπου εργασίας των μαθητών πριν και κατά τη διάρκεια χρήσης του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων – μελέτη 1.....	139
Πίνακας 10 Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων των ενεργειών των μαθητών στην πρώτη συνθήκη – μελέτη 1	141
Πίνακας 11 Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων των ενεργειών των μαθητών στη δεύτερη συνθήκη – μελέτη 1	141
Πίνακας 12 Σύγκριση παραμέτρων των μαθησιακών προϊόντων – μελέτη 1	143
Πίνακας 13 Επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – μελέτη 2	149
Πίνακας 14 Διαφορές στην επίδοση στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – μελέτη 2	150

Πίνακας 15 Μέσοι όροι των τιμών των μεταβλητών που διερευνήθηκαν ανά συνθήκη και συγκρίσεις μεταξύ των συνθηκών – μελέτη 2	151
Πίνακας 16 Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – μελέτη 3	159
Πίνακας 17 Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης – μελέτη 3	159
Πίνακας 18 Διαφορές στη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης – μελέτη 3	160
Πίνακας 19 Ταξινόμηση των υποθέσεων που διατυπώθηκαν κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης – μελέτη 3	162
Πίνακας 20 Κατανομή των υποθέσεων που διατυπώθηκαν κατά τη διάρκεια δραστηριότητας σε νέο συγκείμενο – μελέτη 3.....	164
Πίνακας 21 Σύγκριση βαθμολογίας υποθέσεων μεταξύ των τριών συνθηκών – μελέτη 3	165
Πίνακας 22 Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων του χρόνου εργασίας και της βελτίωσης των δεξιοτήτων διερώτησης – μελέτη 3	168
Πίνακας 23 Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – μελέτη 4	171
Πίνακας 24 Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης – μελέτη 4	171
Πίνακας 25 Σύγκριση επίδοσης στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης μεταξύ των τριών συνθηκών – μελέτη 4	172
Πίνακας 26 Διαφορές στη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης – μελέτη 4	173
Πίνακας 27 Βελτίωση δεξιοτήτων διερώτησης των μαθητών της συνθήκης 2 – μελέτη 4	173

Πίνακας 28 Μέσοι όροι των τιμών των μεταβλητών που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα και σύγκριση μεταξύ των τριών συνθηκών – μελέτη 4.....	175
Πίνακας 29 Σύγκριση των τριών συνθηκών ανά δύο στις μεταβλητές που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα – μελέτη 4.....	177
Πίνακας 30 Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα της διδακτικής παρέμβασης – μελέτη 4.....	178
Πίνακας 31 Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο – μελέτη 4.....	181

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ

1.1 Εισαγωγή

Τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες η μάθηση μέσω διερώτησης έχει κυριαρχήσει στο χώρο της διδασκαλίας και μάθησης των Φυσικών Επιστημών, κυρίως γιατί αποτελεί μια μέθοδο που προάγει την ενεργό και ανεξάρτητη μάθηση με νόημα (Lim, 2004). Τα δύο βασικά χαρακτηριστικά της μάθησης μέσω διερώτησης είναι ότι οι ίδιοι οι μαθητές θέτουν δικά τους ερωτήματα στην αρχή της διαδικασίας (Edelson, Gordin, & Pea, 1999) και έπειτα σχεδιάζουν και πραγματοποιούν επιστημονικές διερευνήσεις για τα απαντήσουν (Abd-El-Khalick, BouJaoude, Duschl, Lederman, Mamlok-Naaman, Hofstein et al., 2004; Gibson & Chase, 2002). Είναι ακόμη γνωστό ότι, από το 1996, οι καινοτόμες προσπάθειες στο χώρο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών αντικατοπτρίζονται στην ενσωμάτωση περισσότερων επιστημονικών πρακτικών διερώτησης στη σχολική τάξη (NRC, 1996). Από τότε μέχρι σήμερα, η παρουσία αυθεντικών δραστηριοτήτων διερώτησης στη σχολική τάξη θεωρείται ιδανική συνθήκη για την αποτελεσματική διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012). Συγκεκριμένα, οι μαθητές αναμένεται να προσδιορίζουν προβλήματα, να διατυπώνουν τα δικά τους ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις, να συλλέγουν στοιχεία ή να σχεδιάζουν και να πραγματοποιούν τις δικές τους διερευνήσεις, να αναλύουν τα στοιχεία ή τα δεδομένα που έχουν συλλέξει, να καταλήγουν σε συμπεράσματα και να αναστοχάζονται την πρόοδο τους και όλες τις διαδικασίες που ακολούθησαν μέχρι να ολοκληρώσουν τον κύκλο εργασίας τους (Edelson et al., 1999; de Jong, 2006a; Minner, Jurist Levy, & Century, 2010; van Joolingen & Zacharia, 2009). Κατ' αυτόν τον τρόπο λοιπόν, ενισχύεται η ιδέα ότι οι μαθητές κατανοούν καλύτερα την επιστημονική γνώση όταν οι ίδιοι οικοδομούν τις δικές τους εξηγήσεις για τα φαινόμενα που παρατηρούν. Κάτι τέτοιο, φυσικά, αντικατοπτρίζει τον τρόπο που οι επιστήμονες ανακαλύπτουν και οικοδομούν τη νέα γνώση. Συμπερασματικά, οι μαθητές δρώντας ως νεαροί επιστήμονες αναπτύσσουν συνεκτική επιστημονική γνώση, αποκτούν επιστημονικές δεξιότητες αλλά ταυτόχρονα κατανοούν και τον τρόπο που η ίδια η επιστημονική διαδικασία λαμβάνει χώρα (NRC, 2000).

Προκειμένου να γίνει καλύτερα κατανοητό το πλαίσιο διδασκαλίας και μάθησης μέσω διερώτησης, έχουν οριστεί οκτώ επιστημονικές πρακτικές που πρέπει να είναι υπό έμφαση στη σχολική τάξη, έτσι ώστε οι μαθητές να τις αποκτήσουν σταδιακά (NRC, 2012). Οι

πρακτικές αυτές αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές διαδικασίες που αξιοποιούν οι επιστήμονες κατά την εργασία τους. Με αυτό τον τρόπο λοιπόν, η μάθηση μέσω διερώτησης χαρακτηρίζεται από τη διατύπωση ερωτημάτων, την ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, τον σχεδιασμό και διεξαγωγή διερευνήσεων, την ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, τη χρήση μαθηματικών και υπολογιστικών δεξιοτήτων σκέψης, την οικοδόμηση επεξηγήσεων, την επιχειρηματολογία και την επικοινωνία πληροφοριών.

Η εφαρμογή του μοντέλου διδασκαλίας της διερώτησης έχει αποδειχθεί ότι βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες διερώτησης και παράλληλα να αποκτήσουν γνώσεις περιεχομένου (Crippen & Archambault, 2012; Edelson et al., 1999; Marx, Blumenfeld, Krajcik, Fishman, Soloway, Geier, & Tal, 2004; Schneider, Krajcik, Marx, & Soloway, 2002). Ακόμα, η αποτελεσματικότητα της διερώτησης έχει βρεθεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική σε μαθησιακούς πληθυσμούς που χαρακτηρίζονται από χαμηλότερες επιδόσεις (Marx et al., 2004). Επιπλέον, η μάθηση με διερώτηση έχει συνδεθεί με την προώθηση και διατήρηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για την επιστήμη (Gibson & Chase, 2002; Osborne & Dillon, 2008). Μάλιστα, όταν οι μαθητές εργάζονται στο πλαίσιο της διερώτησης στη σχολική τάξη, δεν χαρακτηρίζουν το μάθημα των Φυσικών Επιστημών ανιαρό, αντίληψη η οποία επικρατούσε έντονα για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Alake-Tuenter, Biemans, Tobi, Wals, Oosterheert, & Mulder, 2012).

Παράλληλα με την αναγνώριση της διερώτησης ως μιας αποτελεσματικής μεθόδου διδασκαλίας και μάθησης, τα υπολογιστικά περιβάλλοντα μάθησης (computer learning environments), έχουν πλέον αναγνωριστεί ως αποτελεσματικά μέσα για την επιτυχή ενσωμάτωση της μάθησης μέσω διερώτησης στη διδασκαλία, κυρίως λόγω της πληθώρας πλεονεκτημάτων που προσφέρουν έναντι άλλων μέσων διδασκαλίας. Αρκετοί ερευνητές έχουν καταλήξει σε ορισμένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που προσφέρουν τα υπολογιστικά περιβάλλοντα μάθησης και αυτά είναι οι πολλαπλές αναπαραστάσεις, η άμεση και εξατομικευμένη ανατροφοδότηση, η απουσία γραμμικότητας και διαδοχικότητας των πληροφοριών με τις οποίες αλληλεπιδρούν οι μαθητές, γεγονός που τους δίνει τη δυνατότητα να τις αναζητήσουν άμεσα, σύμφωνα με τις ανάγκες, τα ενδιαφέροντα και τους στόχους τους (Furtak, Seidel, Iverson, & Briggs, 2012; Gerjets, Scheiter, & Schuh, 2008).

Ο συγκερασμός των πλεονεκτημάτων της διερώτησης και των υπολογιστικών περιβαλλόντων μάθησης, οδήγησε στην έρευνα για την Τεχνολογικά Υποστηριζόμενη Μάθηση μέσω Διερώτησης (Computer Supported Inquiry Learning). Η έρευνα σε αυτό το

πεδίο έχει δείξει, μέχρι πρόσφατα, ότι τα υπολογιστικά περιβάλλοντα μάθησης, τα οποία είναι κατάλληλα και προσεκτικά σχεδιασμένα, μπορούν να ενισχύσουν τη μάθηση με διερώτηση, μέσω της πληθώρας επιλογών που προσφέρουν, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο τις δυνατότητες παρακολούθησης της πορείας και των διαδικασιών που ακολουθεί ένας μαθητής για να ολοκληρώσει το μάθημα (Alfieri, Brooks, Aldrich, & Tenenbaum, 2011; van Joolingen & Zacharia, 2009; Slavin, Lake, Hanley, & Thurston, 2014). Η σχεδιαστική καταλληλότητα των τεχνολογικά υποστηριζόμενων μαθησιακών περιβαλλόντων διερώτησης, χάρει μεγάλης σημασίας για την ενίσχυση της μάθησης. Η αναγκαιότητα του προσεγγμένου σχεδιασμού, έγκειται στο γεγονός ότι τα περιβάλλοντα αυτά δημιουργούν μεγάλες προκλήσεις στην πλειοψηφία των μαθητών, επειδή εμπεριέχουν ένα ψηλό επίπεδο γνωστικής και μεταγνωστικής περιπλοκότητας (Azevedo, 2005; Scheiter & Gerjets, 2007).

Οι προκλήσεις που δημιουργούνται σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης, υποστηρίζεται ότι προκύπτουν από τον *πλούτο* και τη *διαφάνεια* που τα χαρακτηρίζει (Swaak & de Jong, 1996; Zacharia & Olymπίου, 2011). Ο δε *πλούτος* αναφέρεται στην ποσότητα των πληροφοριών που περιλαμβάνει ένα τέτοιο περιβάλλον μάθησης, η δε *διαφάνεια* αναφέρεται στο πόσο εύκολα ο μαθητής μπορεί να αντιληφθεί το περιεχόμενο των πληροφοριών αυτών (Swaak, van Joolingen, & de Jong, 1998). Για παράδειγμα, ο *πλούτος* ενός τεχνολογικά υποστηριζόμενου μαθησιακού περιβάλλοντος εμπερικλείει την πρόκληση της αναζήτησης όλων των μεταβλητών που περιγράφουν ένα φυσικό φαινόμενο, ενώ η *διαφάνεια* εμπερικλείει την πρόκληση του προσδιορισμού των σχέσεων μεταξύ αυτών των μεταβλητών (Marshall & Young, 2006). Κατ' αυτόν τον τρόπο, ένα περιβάλλον που εμπεριέχει εικονικό πειραματισμό χαρακτηρίζεται από *πλούτο* και σχετικά *χαμηλή διαφάνεια* (Zacharia & Olymπίου, 2011). Συνεπώς, ο κατάλληλος σχεδιασμός ενός περιβάλλοντος που περιλαμβάνει ένα εικονικό εργαστήριο, θεωρείται σημαντικό να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη το γνωστικό και μεταγνωστικό φορτίο που προκαλείται στους μαθητές, και σχετίζεται άμεσα με τον *πλούτο* και τη *διαφάνεια* του περιβάλλοντος.

Τα εικονικά εργαστήρια αποτελούν πλέον μια εναλλακτική επιλογή για πειραματισμό, έναντι της αξιοποίησης του εξοπλισμού που υπάρχει σε ένα πραγματικό εργαστήριο (Waldrop, 2013). Αρκετές φορές, το εικονικό εργαστήριο ορίζεται και ως προσομοίωση, παρόλα αυτά υπάρχει μια διακριτή διαφορά ανάμεσα στα δύο. Οι προσομοιώσεις είναι λογισμικά τα οποία αναπαριστούν το μοντέλο ενός συστήματος (φυσικού ή τεχνητού) ή

μια διεργασία (de Jong & van Joolingen, 1998). Κατά την αξιοποίηση μιας προσομοίωσης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάξει κάποιες παραμέτρους στο μοντέλο που αναπαρίσταται και να παρατηρήσει τι συμβαίνει. Από την άλλη, το εικονικό εργαστήριο αποτελεί την αναπαράσταση ενός αληθινού εξοπλισμού που υπάρχει σε ένα πραγματικό εργαστήριο, με το οποίο μπορεί να διεξάγονται πειράματα (Babateen, 2011) και ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να διαχειριστεί τον εξοπλισμό αυτό μέσα από τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή (Zacharia, Manoli, Xenofontos, de Jong, Pedaste, van Riesen et al., 2015).

Η έρευνα γύρω από την αξιοποίηση των εικονικών εργαστηρίων στις Φυσικές Επιστήμες έχει αναδείξει αρκετά από τα πλεονεκτήματά τους, καθώς οι δυνατότητες που προσφέρουν είναι, ως επί το πλείστο, σημαντικότερες από ότι αυτές που προσφέρουν τα πραγματικά εργαστήρια. Συγκεκριμένα, ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα του εικονικού πειραματισμού είναι ότι επιτρέπει τη μελέτη μη παρατηρήσιμων φαινομένων (Olymriou & Zacharias, 2013), ή ακόμα την πραγματοποίηση πειραμάτων που θα ήταν αδύνατο να γίνουν στο πλαίσιο μιας σχολικής τάξης, όπως είναι για παράδειγμα η μελέτη του DNA (Toth, Morrow, & Ludvico, 2009). Ακόμα, η δυνατότητα διεξαγωγής πολλαπλών πειραματικών δοκιμών σε μικρό χρονικό διάστημα καθώς και η άμεση και προσαρμοσμένη καθοδήγηση (de Jong, Linn & Zacharia, 2013; Zervas, 2013), είναι χαρακτηριστικά που συναντώνται μόνο στον εικονικό πειραματισμό. Υπάρχουν επίσης και πιο προφανή πλεονεκτήματα των εικονικών εργαστηρίων έναντι των πραγματικών, όπως είναι η μείωση του κόστους και του χρόνου διεξαγωγής πειραμάτων (Balamuralithara & Woods, 2009; de Jong et al., 2013; Gomes & Bogosyan, 2009), ειδικότερα αυτών που απαιτούν μεγάλο και ακριβό εξοπλισμό, η μεγαλύτερη ασφάλεια, κυρίως στις περιπτώσεις όπου μερικά πειράματα μπορεί να οδηγήσουν σε ατυχήματα και η μείωση των απαιτήσεων σε χώρο, αφού για τη χρήση εικονικών εργαστηρίων χρειάζεται μόνο ηλεκτρονικός υπολογιστής.

Επιπρόσθετα, η έρευνα που συγκρίνει τα εικονικά με τα πραγματικά εργαστήρια, παρουσιάζει αρκετά στοιχεία που καταδεικνύουν τη μάθηση με τη χρήση εικονικών εργαστηρίων αποτελεσματικότερη από τη μάθηση με την αξιοποίηση του πραγματικού εργαστηρίου για πειραματισμό (de Jong et al., 2013). Είναι γενικά αποδεκτό ότι ο εικονικός πειραματισμός οδηγεί σε βαθύτερη και πιο ουσιαστική κατανόηση, κυρίως γιατί παρέχει την ευκαιρία στους μαθητές να επεξεργάζονται το επιστημονικό περιεχόμενο με έναν ενεργητικό, εποικοδομητικό και αυθεντικό τρόπο (Manlove, Lazonder, & de Jong,

2006). Επιπλέον, η συνεισφορά των εικονικών εργαστηρίων στη μάθηση με διερώτηση είναι πολύ μεγάλη, αφού επιτρέπουν τη χρήση σύνθετων πρακτικών διερώτησης για διαχωρισμό μεταβλητών, κάτι το οποίο θα ήταν δύσκολο να γίνει σε ένα πραγματικό εργαστήριο (Klahr, Triona & Williams, 2007; McElhanev & Linn, 2011). Παρόλα αυτά όμως, αν και τα εικονικά εργαστήρια φαίνεται να υπερέχουν των πραγματικών εργαστηρίων, εντούτοις η αξία του πραγματικού πειράματος δεν παύει να είναι ανεκτίμητη (de Jong et al., 2013). Για το λόγο αυτό, ο συνδυασμός των δύο τύπων πειραματισμού, του πραγματικού και του εικονικού, μπορεί να επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα στη μάθηση, κυρίως σε επίπεδο εννοιολογικής κατανόησης (π.χ., Jaakkola & Nurmi, 2008).

Επιστρέφοντας στη συζήτηση για τις προκλήσεις που δημιουργούν τα τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης, όταν σε αυτά ενσωματώνεται ο εικονικός πειραματισμός, τονίζεται σε αυτό το σημείο ότι η περιπλοκότητα τέτοιων περιβαλλόντων δεν έγκειται στην ίδια τους τη φύση, αλλά και στο γεγονός ότι οι μαθητές έχουν να αντιμετωπίσουν και γνωστικά εμπόδια, τα οποία σχετίζονται άμεσα με το φαινόμενο που μελετάται σε ένα τέτοιο περιβάλλον. Επιπρόσθετα, μεγάλη πρόκληση είναι και η διεκπεραίωση των διαδικασιών της διερώτησης. Όλα αυτά επομένως, συνθέτουν έναν περίπλοκο και δύσκολο στόχο, τον οποίο οι μαθητές καλούνται να ολοκληρώσουν. Για να μπορέσουν, συνεπώς, να αντεπεξέλθουν στις προκλήσεις που προαναφέρθηκαν, είναι δόκιμο να δέχονται κατάλληλη καθοδήγηση (Davis, 2000, Hmelo-Silver, Duncan, & Chinn, 2007). Στην περίπτωση λοιπόν των τεχνολογικά υποστηριζόμενων μαθησιακών περιβαλλόντων διερώτησης, η καθοδήγηση έχει αποδειχτεί υποσχόμενη μέθοδος για την αντιμετώπιση των δυσκολιών που συναντούν οι μαθητές και μάλιστα, θεωρείται πλέον προφανές ότι η παρουσία της σε αυτά τα περιβάλλοντα είναι ζωτικής σημασίας (D'Angelo, Rutstein, Harris, Haertel, Bernard, & Evgueni, 2014).

Σε αυτό το σημείο, κρίνεται σημαντικό να παρουσιαστεί μια σημαντική διάκριση μεταξύ των εννοιών της καθοδήγησης και της υποστήριξης, καθώς και οι δύο αυτοί όροι χρησιμοποιούνται στην παρούσα διατριβή. Το πρώτο χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί την υποστήριξη από την καθοδήγηση είναι το γεγονός ότι η υποστήριξη είναι προσωρινή και παρέχεται στους μαθητές μέχρι να αποκτήσουν ορισμένες δεξιότητες και να είναι ικανοί να τις εφαρμόζουν στο μέλλον χωρίς καμία υποστήριξη (Belland, 2014; Wood, Bruner, & Ross, 1976). Παράλληλα, η υποστήριξη παρέχεται κατά τη διάρκεια ενασχόλησης των μαθητών με έναν στόχο και όχι πριν, όπως συμβαίνει με άλλες μορφές καθοδήγησης που λαμβάνουν οι μαθητές προτού ασχοληθούν με έναν στόχο (Belland,

2017). Ακόμα, η υποστήριξη έχει έναν διπλό ρόλο: από την μία απλοποιεί έναν σύνθετο στόχο και από την άλλη προσανατολίζει την προσοχή των μαθητών στις σημαντικότερες και περίπλοκες πτυχές του στόχου (Reiser, 2004; Wood et al., 1976). Τέλος, κρίσιμο στοιχείο κατά την υποστήριξη ενός στόχου είναι ότι οι ίδιοι οι μαθητές πρέπει να αναγνωρίζουν πότε επιτυγχάνουν στις διάφορες πτυχές του στόχου που υποστηρίζεται (Mahardale & Lee, 2013; Wood et al., 1976).

Συνεχίζοντας τη συζήτηση για την υποστήριξη, είναι χρήσιμο να γίνει αναφορά στο πώς ορίζεται παραδοσιακά, ένας ορισμός ο οποίος άλλαξε τον τρόπο που αντιμετωπίζονται οι μαθητές καθώς εμπλέκονται σε σύνθετους μαθησιακούς στόχους. Η υποστήριξη στην αγγλική βιβλιογραφία συναντάται ως *scaffolding* και έχει ακριβώς την έννοια της παροχής κατάλληλων υποστηρικτικών δομών (σκαλωσιών), οι οποίες βοηθούν τους μαθητές μέχρι να είναι έτοιμοι από μόνοι τους να διεκπεραιώνουν αντίστοιχους μαθησιακούς στόχους. Ο ορισμός της υποστήριξης από τον Wood και τους συνεργάτες του, το 1976, κάνει αναφορά στην ενδεχόμενη στήριξη που προσφέρει ένα ικανό άτομο σε ένα αρχάριο άτομο, έτσι ώστε το αρχάριο άτομο να μπορέσει να επιλύσει περίπλοκους στόχους και να αποκτήσει πολύτιμες δεξιότητες κατά την ενασχόλησή του με τον εν λόγω στόχο (Wood et al., 1976). Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, η υποστήριξη περιλαμβάνει τρία βασικά χαρακτηριστικά, την αμεσότητα, την υποκειμενικότητα και τη μεταφορά ευθύνης. Η αμεσότητα έχει να κάνει με τον δυναμικό τρόπο που ένας εκπαιδευτικός αναγνωρίζει την ανάγκη για παροχή στήριξης στον κάθε μαθητή, ανάλογα με τις δυναμικά ισχύουσες ικανότητες του. Αυτό συμβαίνει μέσα από την άμεση παρατήρηση της εργασίας των μαθητών και η υποστήριξη που προσφέρεται περιλαμβάνει ακριβώς ότι χρειάζεται ο κάθε μαθητής ξεχωριστά. Συνεπώς, η αμεσότητα είναι χαρακτηριστικό της διαμορφωτικής αξιολόγησης που πραγματοποιεί ένας εκπαιδευτικός σε μια δυναμικά εξελισσόμενη πορεία εργασίας των μαθητών. Επομένως, η υποστήριξη που λαμβάνει ο κάθε μαθητής ξεχωριστά μπορεί να εναλλάσσεται, δηλαδή να αυξάνεται και να μειώνεται ο βαθμός υποστήριξης, ανάλογα με τις νέες παρατηρήσεις που έρχονται στην αντίληψη του εκπαιδευτικού και εξαφανίζεται εντελώς όταν πλέον ο κάθε μαθητής καθίσταται ικανός να ολοκληρώσει τον στόχο μόνος του. Η υποκειμενικότητα της υποστήριξης αναφέρεται στη διαδικασία αναγνώρισης μιας πετυχημένης λύσης ενός δύσκολου στόχου από τους ίδιους τους μαθητές. Αν αυτό το χαρακτηριστικό δεν επιδιώκεται κατά την υποστήριξη των μαθητών, τότε, ενδεχομένως, να μην είναι σε θέση να αναλάβουν οποιαδήποτε ευθύνη μέχρι να είναι τελικά ικανοί να ολοκληρώνουν έναν στόχο μόνοι τους, χωρίς καμία υποστήριξη. Τέλος, η μεταφορά ευθύνης σημαίνει ακριβώς αυτό που έχει μόλις αναφερθεί, ότι δηλαδή οι μαθητές μέσα

από τη διαδικασία της υποστήριξης που λαμβάνουν θα πρέπει να αναλάβουν την ευθύνη, σε επόμενο στάδιο, να ολοκληρώνουν έναν στόχο μόνοι τους.

Μερικές από τις στρατηγικές που εφαρμόζονται κατά την υποστήριξη των μαθητών από τον εκπαιδευτικό είναι η ανίχνευση των δυσκολιών, η διαχείριση της απογοήτευσης, η ενθάρρυνση, η αποδόμηση ενός σύνθετου στόχου, η παροχή ανατροφοδότησης και η επίδειξη μιας διαδικασίας (van de Pol, Volman, & Beishuizen, 2010; Wood et al., 1976). Ωστόσο, η εφαρμογή αυτών των στρατηγικών και η υποστήριξη μεγάλου αριθμού μαθητών σε μια σχολική τάξη, καθιστούν το έργο του εκπαιδευτικού ιδιαίτερα δύσκολο και απαιτητικό. Συνεπώς, η αξιοποίηση των δυνατοτήτων του ηλεκτρονικού υπολογιστή προς αυτή την κατεύθυνση, ήταν κάτι που ξεκίνησε να απασχολεί την ερευνητική και εκπαιδευτική κοινότητα από τα τέλη της δεκαετίας του 80 (Hawkins & Pea, 1987). Μάλιστα, υπάρχουν πλέον αρκετά στοιχεία που επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητα της χρήσης μεθόδων υποστήριξης με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή, κυρίως όσον αφορά τη θετική επίδραση που έχουν σε γνωστικό επίπεδο (Belland, Walker, Olsen, & Leary, 2016). Η σημαντική επένδυση στην έρευνα για την αποτελεσματικότητα της υποστήριξης σε γνωστικό επίπεδο, με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή, αντανακλάται στην πληθώρα ερευνών που έχουν διεξαχθεί τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια (π.χ., Alfieri et al., 2011; Belland et al., 2015; Dochy, Segers, Van den Bossche, & Gijbels, 2003; Gijbels, Dochy, Van den Bossche, & Segers, 2005; Hmelo-Silver et al., 2007; Kuhn, 2007; Schmidt, van der Molen, te Winkel, & Wijnen, 2009; Strobel & van Barneveld, 2009; Swanson & Lussier, 2001; Walker & Leary, 2009). Ωστόσο, μια σημαντική διαφορά που προκύπτει από τη σύγκριση του παραδοσιακού τρόπου υποστήριξης και του σύγχρονου τρόπου υποστήριξης μέσα από τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή, είναι ότι ο εκπαιδευτικός μπορεί να προβεί σε οποιονδήποτε συνδυασμό μορφών καθοδήγησης για τον κάθε μαθητή ή ομάδα μαθητών, σε οποιοδήποτε χρονικό διάστημα, ενώ η υποστήριξη από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή πρέπει να προγραμματιστεί πριν από μια διδακτική παρέμβαση και οι συνδυασμοί και ο τρόπος παρουσίασης στον κάθε μαθητή είναι προκαθορισμένος.

Γενικά μιλώντας, η σημασία της αξιοποίησης μεθόδων καθοδήγησης μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή στο πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση, έγκειται στο γεγονός ότι οι διαδικασίες που καλούνται να ολοκληρώσουν οι μαθητές είναι σύνθετες και περίπλοκες. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της ενσωμάτωσης κατάλληλης και εξατομικευμένης καθοδήγησης σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα

διερώτησης, είναι ότι καταστέλλουν το γνωστικό και μεταγνωστικό φορτίο που προκαλείται από ένα τέτοιο περιβάλλον για ένα συγκεκριμένο γνωστικό περιεχόμενο και για συγκεκριμένες στιγμές (de Jong, 2006b; Quintana, Reiser, Davis, Krajcik, Fretz, Duncan et al., 2004). Κατ' αυτόν τον τρόπο, η υποστήριξη που λαμβάνουν οι μαθητές ενισχύει την αυτορρύθμιση της μάθησης. Στο πλαίσιο της αυτορρυθμιζόμενης μάθησης, οι μαθητές αναλαμβάνουν την ευθύνη για τη μαθησιακή διαδικασία την οποία ακολουθούν και, κατ' αυτόν τον τρόπο, είναι υπεύθυνοι και για τη διαχείριση και αντιμετώπιση των δυσκολιών που προκύπτουν (Hadwin & Winne, 2001; Pintrich, 2000; Zimmerman, 1990; 2001). Η αυτορρυθμιζόμενη μάθηση χαρακτηρίζεται απαιτητική, λόγω αρκετών δυσκολιών που προκύπτουν κατά τη μαθησιακή διαδικασία (Azevedo, 2002) και τα τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης, τα οποία ενσωματώνουν κατάλληλη καθοδήγηση, παρουσιάζονται ως ένας από τους καλύτερους τρόπους για να μπορέσουν οι μαθητές να αντιμετωπίσουν αυτές τις δυσκολίες (Gerjets et al., 2008). Οποιαδήποτε διδακτική προσπάθεια που πραγματοποιείται στο πλαίσιο της διερώτησης, συμπεριλαμβανομένων και των τεχνολογικά υποστηριζόμενων μαθησιακών περιβαλλόντων, θα οδηγήσει σε αναποτελεσματική μάθηση, αν οι μαθητές δεν έχουν ανεπτυγμένες δεξιότητες αυτορρύθμισης (Azevedo, 2005; Quintana et al., 2004; Zhang, Chen, Sun, & Reid, 2004), όπως ο καθορισμός μαθησιακών στόχων, η παρακολούθηση, η ρύθμιση και ο έλεγχος των γνωστικών λειτουργιών, των κινήτρων και της συμπεριφοράς, σε μια προσπάθεια για την εκπλήρωση των μαθησιακών στόχων (Pintrich, 2000; Zimmerman, 1990; 2001). Συμπερασματικά, η καθοδήγηση που ενσωματώνεται στα τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης αυξάνει τα κίνητρα, την ενεργητικότητα και τις μεταγνωστικές δεξιότητες των μαθητών, καθώς αναλαμβάνουν τη ρύθμιση της μαθησιακής διαδικασίας που ακολουθούν (Shapiro, 2008).

Οι μορφές που μπορεί να έχει η καθοδήγηση σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης, διακρίνονται από τους de Jong και Lazonder, (2014), σε έξι διαφορετικές κατηγορίες, τον *περιορισμό διαδικασίας* (*process constraints*), τον *πίνακα ενεργειών* (*performance dashboard*), τις *προτροπές* (*prompts*), τις *ευρετικές μεθόδους* (*heuristics*), τα *υποστηρικτικά εργαλεία* (*scaffolds*) και την *άμεση παρουσίαση πληροφοριών* (*direct presentation of information*). Ειδικότερα, κατά την εφαρμογή ενός τεχνολογικά υποστηριζόμενου μαθησιακού περιβάλλοντος διερώτησης ενδέχεται να μειωθεί ο αριθμός των διαδικασιών που πρέπει να ακολουθήσουν οι μαθητές για να ολοκληρώσουν έναν στόχο (*περιορισμός διαδικασίας*), να προβάλλονται τα αποτελέσματα και οι διαδικασίες που πραγματοποιεί ένας μαθητής (*πίνακας ενεργειών*), να παρέχονται

στους μαθητές συγκεκριμένες οδηγίες για το τι πρέπει να κάνουν (*προτροπές*), να προτείνονται στους μαθητές ορισμένες στρατηγικές, τις οποίες μπορούν να ακολουθήσουν για να ολοκληρώσουν ορθά μια διαδικασία (*ερευνητικές μέθοδοι*), να παρέχεται η δομή και τα απαραίτητα στοιχεία για την ολοκλήρωση μιας διαδικασίας, κυρίως αν αυτή η διαδικασία δεν μπορεί να ολοκληρωθεί διότι οι μαθητές δεν έχουν την απαιτούμενη εμπειρία (*υποστηρικτικά εργαλεία*) και να παρέχονται πληροφορίες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση μιας διαδικασίας, είτε γιατί απουσιάζει η προϋπάρχουσα γνώση, είτε γιατί οι μαθητές δεν μπορούν από μόνοι τους να εντοπίσουν την πληροφόρηση αυτή (*άμεση παρουσίαση πληροφοριών*).

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, η καθοδήγηση, οποιασδήποτε μορφής, που ενσωματώνεται σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματικότητα της μάθησης. Συνεπώς, η δημιουργία τέτοιων περιβαλλόντων αποτελεί πρόκληση για την εκπαιδευτική έρευνα, για το λόγο ότι η δομή και η κατάλληλη παροχή καθοδήγησης πρέπει να γίνεται με προσεκτικό και συνεκτικό τρόπο. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, χρειάζεται να υπάρχει ένα καλά δομημένο θεωρητικό πλαίσιο που να παρουσιάζει τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη μάθηση με διερώτηση. Ένα πρόσφατο θεωρητικό πλαίσιο είναι ο κύκλος διερώτησης των Pedaste, Mäeots, Siiman, de Jong, van Riesen, Kamp et al. (2015), κατά τον οποίο οι φάσεις του *Προσανατολισμού (Orientation)*, της *Εννοιολόγησης (Conceptualization)*, της *Διερεύνησης (Investigation)*, του *Συμπεράσματος (Conclusion)* και της *Συζήτησης (Discussion)* αποτελούν τις πέντε βασικές φάσεις από τις οποίες διέρχονται οι μαθητές για να ολοκληρώσουν ένα μάθημα, στο οποίο ενσωματώνεται ο πειραματισμός με εικονικά εργαστήρια.

Σύμφωνα, λοιπόν, με το θεωρητικό πλαίσιο του κύκλου της διερώτησης, το οποίο παρουσιάζεται διαγραμματικά στην Εικόνα 1, οι μαθητές εισάγονται, αρχικά, στο πρόβλημα το οποίο θα κληθούν να διερευνήσουν στη συνέχεια, στη φάση του *Προσανατολισμού*. Συνεπώς, σε αυτή τη φάση οι μαθητές αντλούν πληροφορίες από διάφορες πηγές που υπάρχουν στο μαθησιακό περιβάλλον, είτε αναζητώντας τις από μόνοι τους, είτε τους παρέχονται από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό (Scanlon, Anastopoulou, Kerawalla, & Mulholland, 2011). Ουσιαστικά, ο σκοπός των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στην πρώτη φάση του κύκλου διερώτησης, είναι η εξοικείωση των μαθητών με τις βασικές έννοιες και μεταβλητές που περιγράφουν το υπό μελέτη

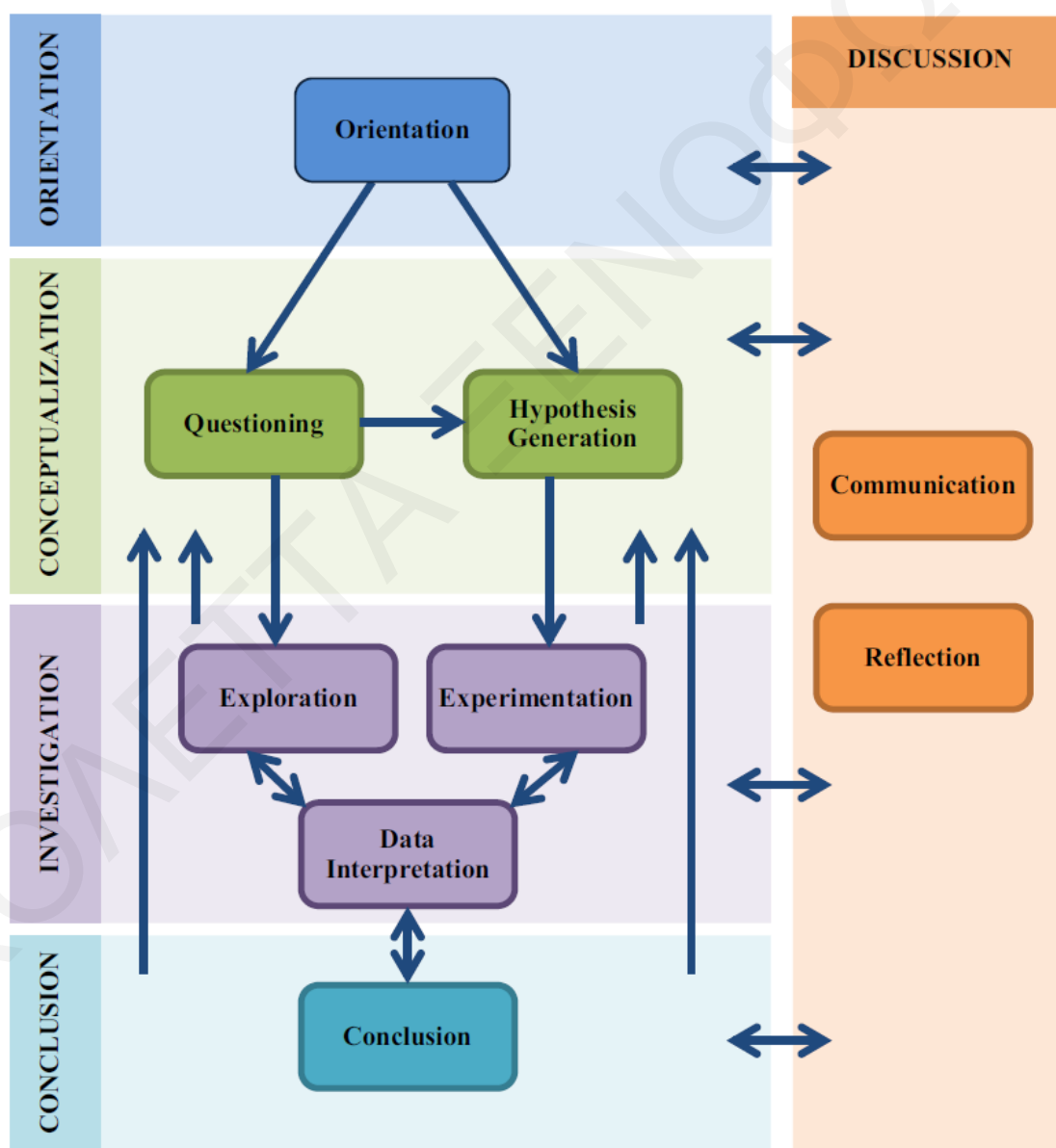
φαινόμενο, καθώς επίσης και η διατύπωση του ευρύτερου προβλήματος ή κατάστασης που σχετίζεται με το φαινόμενο αυτό.

Μετά από τη φάση του *Προσανατολισμού*, ακολουθεί η φάση της *Εννοιολόγησης*, όπου οι μαθητές αποκτούν ακόμα περισσότερη οικειότητα με τις μεταβλητές που σχετίζονται με το θέμα που μελετούν, καθώς και των σχέσεων που μπορεί αυτές οι μεταβλητές να έχουν μεταξύ τους. Η συγκεκριμένη φάση αποτελείται από δύο επιμέρους φάσεις, τη φάση της *Ερώτησης* (*Questioning*) και τη φάση της *Υπόθεσης* (*Hypothesis Generation*). Η διαφορά μεταξύ των δύο επιμέρους φάσεων επαφίεται στον στόχο της όλης διαδικασίας της διερώτησης, ο οποίος στόχος μπορεί να πάρει δύο ευδιάκριτες κατευθύνσεις, την αναζήτηση σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών που περιγράφουν και εξηγούν ένα φαινόμενο ή τον έλεγχο συγκεκριμένων υποθέσεων που περιγράφουν μία συγκεκριμένη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών, μιας ανεξάρτητης και μιας εξαρτημένης. Κατ' αυτόν τον τρόπο, στην επιμέρους φάση της *Ερώτησης* οι μαθητές διατυπώνουν ανοικτά ερευνητικά ερωτήματα που στοχεύουν στην αναζήτηση σχέσεων μεταξύ μεταβλητών, ενώ κατά την επιμέρους φάση της *Υπόθεσης*, οι μαθητές διατυπώνουν υποθέσεις, δηλώνοντας ποια πιστεύουν ότι είναι η σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών.

Στην επόμενη φάση του κύκλου διερώτησης, τη φάση της *Διερεύνησης* (*Investigation*), οι μαθητές είτε θα πραγματοποιήσουν μια *Εξερεύνηση* (*Exploration*), παρακινούμενοι από το ερώτημα ή τα ερωτήματα που διατύπωσαν στην προηγούμενη φάση, και συγκεκριμένα στην επιμέρους φάση της *Ερώτησης*, είτε θα πραγματοποιήσουν *Πειραματισμό* (*Experimentation*), παρακινούμενοι από την υπόθεση ή τις υποθέσεις που διατύπωσαν στην επιμέρους φάση της *Υπόθεσης*. Το επόμενο στάδιο, είτε πραγματοποιείται *Εξερεύνηση* είτε *Πειραματισμός*, είναι η *Ερμηνεία των Δεδομένων* (*Data Interpretation*) που έχουν συλλεχθεί. Συνεπώς, η φάση της *Διερεύνησης* αποτελείται από τρεις επιμέρους φάσεις, την *Εξερεύνηση*, τον *Πειραματισμό* και την *Ερμηνεία Δεδομένων*. Κατά τις φάσεις της *Εξερεύνησης* και του *Πειραματισμού*, οι μαθητές αρχικά σχεδιάζουν και έπειτα πραγματοποιούν πειράματα, ενώ στη φάση της *Ερμηνείας των Δεδομένων* προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα δεδομένα που έχουν συλλέξει, κατανοώντας με αυτό τον τρόπο τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών (Bruce & Casey, 2012; Justice, Warry, Cuneo, Inglis, Miller, Rice, & Sammon, 2002; Lim, 2004; White & Frederiksen, 1998; Wilhelm & Walters, 2006).

Τη φάση της *Διερεύνησης* ακολουθεί η φάση του *Συμπεράσματος* (*Conclusion*), στην οποία οι μαθητές πρέπει να προσδιορίσουν κατά πόσο το ερώτημα που διατύπωσαν στη φάση

της *Ερώτησης* απαντάται, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εξερεύνησής τους ή αν η υπόθεση που διατύπωσαν στη φάση της *Υπόθεσης*, επιβεβαιώνεται ή όχι από τα δεδομένα τους (Scanlon et al., 2011; White, Shimoda, & Frederiksen, 1999). Έτσι λοιπόν, αν ο ευρύτερος στόχος της διερώτησης είναι η απάντηση ενός ανοικτού επιστημονικού ερωτήματος μέσω *Εξερεύνησης*, τότε σε αυτή τη φάση οι μαθητές αναμένεται ότι θα εντοπίσουν σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών που περιγράφουν ένα φαινόμενο, οικοδομώντας με αυτό τον τρόπο ένα μοντέλο για την εξήγηση του υπό μελέτη φαινομένου. Ενώ, αν ο στόχος της διερώτησης είναι ο έλεγχος υποθέσεων μέσω *Πειραματισμού*, τότε στη φάση του *Συμπεράσματος* οι μαθητές αποδέχονται ή απορρίπτουν τις υποθέσεις τους.



Εικόνα 1. Ο κύκλος της διερώτησης (φάσεις, επιμέρους φάσεις και οι σχέσεις τους) (Pedaste et al., 2015)

Η τελευταία φάση του κύκλου διερώτησης, είναι η *Συζήτηση (Discussion)*, η οποία χωρίζεται στις επιμέρους φάσεις της *Επικοινωνίας (Communication)* και του *Αναστοχασμού (Reflection)*. Σε αυτό το σημείο, να αναφερθεί ότι το διάγραμμα του κύκλου διερώτησης αναπαριστά, εν μέρει, μια διαδοχική πορεία των τεσσάρων προηγούμενων φάσεων, αλλά στην ουσία η εναλλαγή των φάσεων μπορεί να πάρει μία από τις πορείες που αναπαρίστανται στην Εικόνα 1 με βέλη. Η φάση όμως της *Συζήτησης*, μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιοδήποτε σημείο του κύκλου διερώτησης, δηλαδή είτε στο τέλος ενός ολόκληρου κύκλου, ή ενδιάμεσα οποιονδήποτε φάσεων. Στην επιμέρους φάση της *Επικοινωνίας*, οι μαθητές μοιράζονται τα αποτελέσματά τους με τους συμμαθητές τους ή με τον εκπαιδευτικό, ανταλλάζοντας έτσι ιδέες, απόψεις και επιχειρήματα μεταξύ τους (Scanlon et al., 2011; Bruce & Casey, 2012), ενώ στην επιμέρους φάση του *Αναστοχασμού*, σκέπτονται κριτικά για τις διαδικασίες που ακολούθησαν και τα αποτελέσματα που βρήκαν. Αναλυτικότερα, στην επιμέρους φάση του *Αναστοχασμού* οι μαθητές, σκεπτόμενοι κριτικά, αξιολογούν την επιτυχία των δραστηριοτήτων που πραγματοποίησαν μέχρι να ολοκληρώσουν τον κύκλο της διερώτησης και εισηγούνται τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν να βελτιώσουν την εργασία τους (Lim, 2004; White & Frederiksen, 1998).

Ενσωματώνοντας τις φάσεις του κύκλου διερώτησης στη συζήτηση για την αναγκαιότητα της παρουσίας διαφόρων μορφών καθοδήγησης σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης, οι Zacharia et al., (2015), καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η έρευνα σε αυτό το πεδίο έχει αναδείξει έναν μεγάλο αριθμό μέσων καθοδήγησης τα οποία ενσωματώνονται σε τέτοια περιβάλλοντα, παρέχοντας σημαντική βοήθεια σε διάφορες φάσεις του κύκλου διερώτησης. Μάλιστα, αρκετά από αυτά τα μέσα καθοδήγησης έχουν αποδειχτεί ότι είναι αποτελεσματικά για τη μάθηση (π.χ., Chang, Chen, Lin, & Sung, 2008; Cho & Jonassen, 2012; Demetriadis, Papadopoulos, Stamelos, & Fischer, 2008; Eckhardt, Urhahne, Conrad, & Harms, 2013; Gijlers & de Jong, 2009; Graesser, Wiley, Goldman, O'Reilly, Jeon, & McDaniel, 2007; Kim & Pedersen, 2011; Lee, Lim, & Grabowski, 2010; van Joolingen & de Jong, 2003; Veermans, 2003; Wu, 2010). Παρόλα αυτά, όμως, οι ίδιοι συγγραφείς οδηγούνται στη διαπίστωση ότι αρκετά μέσα καθοδήγησης δεν παρουσιάζουν εμπειρικά δεδομένα (π.χ., de Jong, Weinberger, Girault, Kluge, Lazonder, Pedaste et al., 2012; Kyza, Michael, & Constantinou, 2007; Sao Pedro, Baker, Gobert, Montalvo, & Nakama, 2013; van Joolingen, Giemza, Bollen, Bodin, Manske, Engler, & Halik, 2011; Veermans, van Joolingen, & de Jong, 2006; Woolf, Reid, Stilling, Bruno, Murray, Reese et al., 2002), ενώ μερικά παρουσιάζουν αρνητικά

αποτελέσματα ως προς την επίδραση τους στη μάθηση (π.χ., Biesinger & Crippen, 2010; de Jong, Martin, Zamarro, Esquembre, Swaak, & van Joolingen, 1999; Luchini, Quintana, & Soloway, 2003; Molenaar, van Boxtel, & Sleegers, 2010; van Joolingen & de Jong, 1997) ή μεικτά αποτελέσματα (π.χ., Butler & Lumpe, 2008; Schunn & Anderson, 1999; Veermans et al., 2006). Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι μερικά μέσα καθοδήγησης, για τα οποία δεν υπάρχουν εμπειρικά δεδομένα, είναι υποσχόμενα για την επιτυχή μάθηση. Για το λόγο αυτό θα ήταν χρήσιμο να πραγματοποιηθούν περαιτέρω μελέτες που να εξετάζουν κατά πόσο είναι αποτελεσματικά στη μάθηση και κατά πόσο εξυπηρετούν το σκοπό για τον οποίο έχουν σχεδιαστεί.

1.2 Αναγκαιότητα και σπουδαιότητα της έρευνας

Είναι πλέον αποδεδειγμένο ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες καθώς εργάζονται σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης (de Jong, 2006a; Gijlers & de Jong, 2009; Manlove, Lazonder, & de Jong, 2006). Αν αυτές οι δυσκολίες δεν πλαισιωθούν με κατάλληλα μέσα καθοδήγησης, τότε είναι πολύ πιθανόν η διδακτική πρακτική να καταστεί αναποτελεσματική, όσον αφορά διάφορες πτυχές της μάθησης, αλλά κυρίως κατά την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων από τους μαθητές. Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές μπορούν να σχετίζονται με τη διεξαγωγή διάφορων επιστημονικών πρακτικών που εμπίπτουν στο πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση (π.χ., de Jong, 2006b; de Jong & van Joolingen, 1998; Gijlers & de Jong, 2009; Hofstein, Navon, Kipnis, & Mamlok-Naaman, 2005; Kremer, Specht, Urhahne, & Mayer, 2014; Lawson, 2002; Manlove et al., 2006; van Joolingen, de Jong, Lazonder, Savelsbergh & Manlove, 2005). Στην παρούσα διατριβή, δίνεται έμφαση σε δυσκολίες που συναντώνται σε κρίσιμες διαδικασίες του κύκλου διερώτησης (βλ. Petaste et al., 2015), εφόσον η αποτυχία σε αυτές επηρεάζει τη συνέχεια της εργασίας των μαθητών και συνεπώς καταλήγουν σε αποτυχία ολόκληρου του κύκλου διερώτησης. Κάτι τέτοιο, φυσικά, έχει ως αποτέλεσμα οι μαθητές να καταλήγουν σε λανθασμένα συμπεράσματα και συνεπώς, δεν είναι ικανοί να δώσουν τις αποδεκτές επιστημονικές εξηγήσεις για τα φαινόμενα που μελετούν. Ειδικότερα, οι υπό μελέτη επιστημονικές πρακτικές είναι η διατύπωση υποθέσεων, ο σχεδιασμός πειραμάτων και η επεξεργασία και ερμηνεία δεδομένων.

Η παρουσία καθοδήγησης σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης έχει λάβει, τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερο ενδιαφέρον και μάλιστα, ο ορισμός διάφορων μορφών καθοδήγησης έρχεται να διευκολύνει τη συζήτηση γύρω από το ζήτημα αυτό. Στην παρούσα διατριβή, αφού αναζητήθηκαν ορισμένες μορφές καθοδήγησης, όπως ορίζονται από τους de Jong και Lazonder (2014), για παροχή στήριξης σε διάφορα στάδια του κύκλου διερώτησης, έχει διαφανεί ότι η παρουσία καθοδήγησης έχει αυξηθεί και μάλιστα αρκετές μορφές καθοδήγησης, έχουν βρεθεί να είναι αποτελεσματικές για τη μάθηση. Μια σύνθετη μορφή καθοδήγησης είναι τα υποστηρικτικά εργαλεία, για το λόγο ότι, εκτός από την παροχή καθοδήγησης για την ολοκλήρωση μιας διαδικασίας, παρέχουν, ταυτόχρονα, και τη δομή που η διαδικασία αυτή έχει. Η αναζήτηση υποστηρικτικών εργαλείων για την παροχή καθοδήγησης στις απαιτητικές πρακτικές διερώτησης, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, είναι περιορισμένη (βλ. Zacharia et al., 2015) και μάλιστα, η αποτελεσματικότητά τους δεν είναι επιβεβαιωμένη με αρκετά εμπειρικά δεδομένα ή ακόμα και καθόλου.

Γενικά μιλώντας, υπάρχουν τρεις βασικές προκλήσεις κατά τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη υποστηρικτικών εργαλείων. Η πρώτη πρόκληση έχει να κάνει με την περιπλοκότητα του στόχου ή/και την περιπλοκότητα της χρήσης ενός εργαλείου, που ενδεχομένως να προκαλέσουν σημαντική αύξηση του γνωστικού φορτίου και, κατά συνέπεια, αυτό μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τη συμβολή του εργαλείου στη μάθηση (π.χ., van Joolingen & de Jong, 1997). Ως εκ τούτου, κατά τον σχεδιασμό και τη χρήση υποστηρικτικών εργαλείων είναι σημαντικό να απλοποιούνται οι ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιήσουν οι μαθητές, κάτι που σημαίνει ότι η δομή των εργαλείων πρέπει να διαμορφωθεί ανάλογα.

Ωστόσο, μια αυστηρή δομή μπορεί να αφαιρέσει σημαντικό βαθμό ελευθερίας από τους μαθητές, καθώς πραγματοποιούν την έρευνά τους (π.χ., Chang et al., 2008; van Berkum & de Jong, 1991). Έτσι, λοιπόν, σε αυτό το σημείο προκύπτει η δεύτερη πρόκληση που σχετίζεται με τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη των υποστηρικτικών εργαλείων στα τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης και αφορά την αντίστιξη της παροχής της δομής ενός στόχου και του προβληματισμού των μαθητών, καθώς πραγματοποιούν το στόχο αυτό, κάτι το οποίο υπογραμμίζει ο Reiser (2004), αναφερόμενος στις έννοιες “*structuring*” και “*problematizing*”. Η συζήτηση περί αυτού του θέματος έγκειται στο γεγονός ότι, από τη μία, το γνωστικό φορτίο που είναι περιττό για τη διεκπεραίωση ενός στόχου πρέπει να απομακρύνεται, ενώ, από την άλλη, πρέπει να

αυξάνεται το σχετικό και χρήσιμο γνωστικό φορτίο (Kalyuga, 2007), που έχει να κάνει περισσότερο με τον προβληματισμό των μαθητών, καθώς πραγματοποιούν μια διαδικασία. Μια λανθασμένη ισορροπία μεταξύ του βαθμού δόμησης ενός στόχου και του βαθμού προβληματισμού των μαθητών, είναι κάτι που μπορεί να ενσωματωθεί στη συζήτηση γύρω από τη βελτίωση των τεχνολογικά υποστηριζόμενων μαθησιακών περιβαλλόντων διερεύνησης, κυρίως όσον αφορά την αξιοποίηση κατάλληλης καθοδήγησης που θα εξυπηρετεί το σκοπό αυτό (π.χ., Arnold, Kremer, & Mayer, 2014; Koksai & Berberoglou, 2014).

Η τρίτη πρόκληση σχετικά με την ανάπτυξη και ενσωμάτωση των υποστηρικτικών εργαλείων σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερεύνησης, σχετίζεται με το κατά πόσο η υποστήριξη που παρέχεται μπορεί να αυξομειώνεται, έτσι ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται στις ανάγκες και δυσκολίες των μαθητών (de Jong, 2006b; Kalyuga, 2007). Αν ο σχεδιασμός των εργαλείων προβλέπει μια τέτοια συμπεριφορά, τότε η καθοδήγηση μπορεί να απευθύνεται σε όλους τους μαθητές, ανεξαρτήτου ηλικίας και μαθησιακού επιπέδου.

Συνοψίζοντας τα όσα έχουν αναφερθεί πιο πάνω και λαμβάνοντας υπόψη τις τρεις προκλήσεις κατά την ανάπτυξη και αξιολόγηση υποστηρικτικών εργαλείων, είναι ζωτικής σημασίας η διεξαγωγή περαιτέρω ερευνών, που να απαντούν ερωτήματα σχετικά με το τι είναι δόκιμο να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό υποστηρικτικών εργαλείων, ώστε να εξυπηρετούν τον σκοπό που έχουν σχεδιαστεί και, κατά συνέπεια, να είναι αποτελεσματικά στη μάθηση. Για παράδειγμα, σε ένα εργαλείο υποστήριξης της πρακτικής της διατύπωσης υποθέσεων, πόσες λέξεις δύναται να δοθούν στους μαθητές για να διατυπώσουν ορθές υποθέσεις; Θα μπορούσε η πολυπλοκότητα του εργαλείου να μειωθεί εάν δίνονται περισσότερες λέξεις, όμως αυτό πρέπει να διερευνηθεί κατά πόσο προκαλεί, τελικά, μείωση ή αύξηση του γνωστικού φορτίου. Για να μπορέσει να εξεταστεί κάτι τέτοιο, είναι χρήσιμο να παρατηρηθεί η συμπεριφορά των μαθητών όταν εργάζονται με ένα τέτοιο εργαλείο, καθώς επίσης, χρειάζεται να υπάρχουν και μετρήσεις που να σχετίζονται με πτυχές της μάθησης, όπως είναι οι γνώσεις περιεχομένου και οι δεξιότητες διερεύνησης.

Με τον ίδιο τρόπο, σε ένα εργαλείο που παρέχει καθοδήγηση κατά τη διάρκεια σχεδιασμού πειραμάτων, τότε οι μαθητές έχουν καλύτερη απόδοση και καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα; Όταν η καθοδήγηση τους αυξάνει τη δομή της δραστηριότητας, αλλά τους αφαιρεί βαθμό ελευθερίας, ή όταν έχουν σχετικά μεγαλύτερο βαθμό ελευθερίας

για να αποφασίσουν ποιες θα είναι οι μεταβλητές που θα διαχειριστούν στο πείραμά τους; Επιπρόσθετα, θα ήταν σημαντικό να μελετηθεί ο συνδυασμός εργαλείων που προσφέρονται σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης, έτσι ώστε να ενσωματωθεί στη συζήτηση για την ανάπτυξη και αξιοποίηση υποστηρικτικών εργαλείων και να οδηγήσει σε μια καλύτερη εικόνα για τις σχεδιαστικές προδιαγραφές που πρέπει να έχουν τέτοια μαθησιακά περιβάλλοντα, προκειμένου να είναι αποτελεσματικά.

Ένα άλλο θέμα που προκύπτει, αυτή τη φορά, όσον αφορά τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων από τους μαθητές σε ένα κατάλληλα σχεδιασμένο υποστηρικτικό εργαλείο, σχετίζεται με τον χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση του στόχου αυτού. Πιστεύεται ότι οι πιθανότητες δημιουργίας λανθασμένων γραφημάτων ελαχιστοποιούνται όταν πραγματοποιείται αυτόματη παραγωγή γραφικών παραστάσεων, κατά τη διάρκεια συλλογής των δεδομένων (van Joolingen et al., 2005). Ωστόσο, το να δημιουργούνται συνθήκες σε ένα περιβάλλον μάθησης, που απαιτούν τη συγκέντρωση των μαθητών, καθώς επίσης, ο χρόνος που τελικά αφιερώνουν οι μαθητές για τη διαδικασία δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, είναι δύο παράγοντες που ενδέχεται να έχουν σημαντική επίδραση στις γνώσεις περιεχομένου και στις δεξιότητες διερώτησης που αποκτούν τελικά οι μαθητές. Για παράδειγμα, ενδέχεται να υπάρχουν διαφορετικές επιπτώσεις στη μάθηση όταν οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν, από μία λίστα μεταβλητών, ποιες θα είναι οι δύο που θα χρησιμοποιήσουν τελικά για να δημιουργήσουν τη γραφική τους παράσταση και όταν χρειάζεται να δημιουργήσουν οι ίδιοι τις μεταβλητές και τα δεδομένα που θα αναπαραστήσουν. Η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο διαφορετικών προσεγγίσεων κατά τη διαδικασία της δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, μπορεί να εξεταστεί υπό την άποψη του κατά πόσο προσφέρονται έτοιμα δομικά στοιχεία για το στόχο αυτό ή κατά πόσο οι μαθητές αφήνονται να προβληματιστούν μέχρι να ολοκληρώσουν τη δραστηριότητα, δημιουργώντας οι ίδιοι τα στοιχεία που χρειάζονται. Κατά συνέπεια, ο βαθμός δομής και προβληματισμού (Reiser, 2004), είναι δύο στοιχεία που εξαρτώνται από τη φύση του εργαλείου που θα χρησιμοποιηθεί σε τέτοια περίπτωση.

Μέσα από τη συζήτηση που έχει προηγηθεί, προκύπτει σημαντική ανάγκη για διερεύνηση της επίδρασης υποστηρικτικών εργαλείων, κατάλληλα σχεδιασμένων για παροχή καθοδήγησης στις απαιτητικές πρακτικές διερώτησης, συγκεκριμένα κατά τη διατύπωση υποθέσεων, τον σχεδιασμό και διεξαγωγή πειραμάτων και τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων, η οποία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ικανότητα ερμηνείας των

δεδομένων. Η ανάγκη δεν περιορίζεται μόνο στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των εργαλείων, αλλά και στην εξέταση των προδιαγραφών τους, ως προς τον βαθμό δόμησης της δραστηριότητας που υποστηρίζουν και τον προβληματισμό που προκαλούν στους μαθητές. Υπό το φως τέτοιων δεδομένων, η έρευνα για την ανάπτυξη, αξιοποίηση και αξιολόγηση υποστηρικτικών εργαλείων σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης θα ενισχυθεί με σημαντική πληροφόρηση. Η πληροφόρηση αυτή θα είναι αξιοποιήσιμη από την ερευνητική και εκπαιδευτική κοινότητα, ούτως ώστε ο σχεδιασμός τέτοιων περιβαλλόντων μάθησης, αλλά και η ανάπτυξη υποστηρικτικών εργαλείων που θα ενσωματώνονται σε αυτά, να ανταποκρίνονται στις πραγματικές ανάγκες των μαθητών, συνεισφέροντας, με αυτό τον τρόπο, σημαντικά οφέλη για τη μάθηση.

1.3 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να προσφέρει σημαντική γνώση ως προς την αναγκαιότητα που αναφέρθηκε προηγουμένως, επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον στην εξέταση τριών υποστηρικτικών εργαλείων για την υποστήριξη των μαθητών καθώς πραγματοποιούν απαιτητικές επιστημονικές πρακτικές στο πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τρία υποστηρικτικά εργαλεία για παροχή στήριξης και καθοδήγησης κατά τη διατύπωση υποθέσεων, τον σχεδιασμό και διεξαγωγή πειραμάτων και τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων. Τα εργαλεία που ενσωματώθηκαν στη διδακτική παρέμβαση έχουν πρόσφατα αναπτυχθεί στα πλαίσια του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος Go-Lab (περισσότερα στο <http://go-lab-project.eu/>) και είναι το Hypothesis Scratchpad (<http://www.golabz.eu/app/hypothesis-tool>), το Experiment Design Tool (<http://www.golabz.eu/apps/experiment-design-tool>) και το Data Viewer (<http://www.golabz.eu/apps/data-viewer>). Περισσότερες λεπτομέρειες για τα εργαλεία αυτά, παρουσιάζονται στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας.

Για να επιτευχθεί ο σκοπός της παρούσας διατριβής, πραγματοποιήθηκαν τέσσερις διακριτές μελέτες, στις οποίες συμμετείχαν μαθητές Δημοτικού (μελέτη 2), Γυμνασίου (μελέτη 3 και 4) και Λυκείου (μελέτη 1). Η επιλογή της βαθμίδας εκπαίδευσης των συμμετεχόντων εξαρτήθηκε από διάφορους παράγοντες, όπως η προθυμία των σχολείων και των εκπαιδευτικών να συμμετέχουν στην έρευνα και η ενότητα την οποία αφορούσε η διδακτική παρέμβαση, η οποία αποτελούσε μέρος του προγραμματισμού του

εκπαιδευτικού. Επιπρόσθετα, η διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων εξαρτήθηκε από την συμφωνία των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα. Περισσότερες λεπτομέρειες για το σκοπό και τα ερευνητικά ερωτήματα των επιμέρους μελετών δίνονται στη συνέχεια.

1.3.1 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα μελέτης 1

Αντικείμενο διερεύνησης της πρώτης μελέτης ήταν η χρήση ενός υποστηρικτικού εργαλείου για τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Data Viewer, το οποίο είναι διαθέσιμο στην εκπαιδευτική πλατφόρμα του Go-Lab. Ειδικότερα, σκοπός της μελέτης 1 ήταν η διερεύνηση δύο διαφορετικών εκδοχών του εν λόγω εργαλείου, ως προς την επίδραση τους στη μάθηση και στις ενέργειες που πραγματοποιούν οι μαθητές, καθώς εργάζονται σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης. Οι δύο εκδοχές του εργαλείου διαφοροποιούνταν ως προς τον βαθμό δομής που παρείχαν και προβληματισμού που προκαλούσαν στους μαθητές, έτσι ώστε να καταφέρουν να δημιουργήσουν τις κατάλληλες γραφικές παραστάσεις για το θέμα που μελετούσαν. Συγκεκριμένα, η μελέτη 1 απαντά σε ερωτήματα που σχετίζονται με την πρόοδο των μαθητών και την εκδοχή του εργαλείου που χρησιμοποιήθηκε και κατά πόσο η ανάγκη για επιστροφή των μαθητών σε προηγούμενες φάσεις του κύκλου διερώτησης, προκειμένου να λάβουν πληροφόρηση που τους υπολείπεται ώστε να μπορέσουν να συνεχίσουν τη δραστηριότητα δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, σχετίζεται με τις γνώσεις και δεξιότητες που αποκτούν.

Αναλυτικότερα, στην πρώτη εκδοχή του εργαλείου οι μαθητές είχαν άμεση πρόσβαση στις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, όπως αυτές καταγράφηκαν στο εικονικό εργαστήριο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων τους. Συνεπώς, για να μπορέσουν να κατασκευάσουν τη γραφική τους παράσταση έπρεπε να σκεφτούν ποια ήταν η ανεξάρτητη μεταβλητή σε κάθε τους πείραμα και να τη δημιουργήσουν αξιοποιώντας τις δυνατότητες που τους πρόσφερε το ίδιο το εργαλείο. Κάτι τέτοιο φανερώνει ότι ο βαθμός προβληματισμού που προκαλείται στους μαθητές είναι μεγαλύτερος, σε σχέση με τη δεύτερη εκδοχή του ίδιου εργαλείου, όπου οι μαθητές είχαν πρόσβαση σε όλες τις μεταβλητές που διαχειρίστηκαν κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων τους. Σε αυτή λοιπόν την περίπτωση, οι μαθητές έπρεπε να επιλέξουν ποιες είναι οι δύο μεταβλητές (εξαρτημένη και ανεξάρτητη) και να τις τοποθετήσουν στους δύο άξονες, κατακόρυφο και οριζόντιο, για να δημιουργηθεί η γραφική τους παράσταση.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που απαντώνται από τη μελέτη 1 είναι τα ακόλουθα:

- 1) Διαφοροποιούνται οι γνώσεις και οι δεξιότητες διερώτησης που αποκτούν οι μαθητές, όταν διαφοροποιείται ο βαθμός υποστήριξης που δέχονται από ένα εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων;
- 2) Διαφοροποιούνται οι ενέργειες και τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών όταν διαφοροποιείται ο βαθμός υποστήριξης που δέχονται από ένα εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων;
- 3) Ποιες ενέργειες των μαθητών, κατά τη διάρκεια ολοκλήρωσης της διδακτικής παρέμβασης, προβλέπουν την βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου και την ικανότητα ερμηνείας δεδομένων των μαθητών;

1.3.2 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα μελέτης 2

Στη μελέτη 2 έγινε μια προσπάθεια διερεύνησης της επίδρασης που έχει ο συνδυασμός δύο υποστηρικτικών εργαλείων, που σχεδιάστηκαν για να παρέχουν υποστήριξη σε δύο απαιτητικές πρακτικές του κύκλου διερώτησης, της διατύπωσης υποθέσεων και του σχεδιασμού πειραμάτων. Για το σκοπό αυτό αξιοποιήθηκαν δύο υποστηρικτικά εργαλεία της πλατφόρμας του Go-Lab, το Hypothesis Scratchpad και το Experiment Design Tool. Αναλυτικότερα, εξετάστηκε κατά πόσο το κάθε εργαλείο ξεχωριστά έχει επίδραση στις δεξιότητες διερώτησης που αποκτούν οι μαθητές, όπως αυτές εξελίσσονταν κατά τη διαδικασία του μαθήματος και αντικατοπτρίζονταν στα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών. Επιπρόσθετα, μελετήθηκε η συσσωρευτική επίδραση των δύο εργαλείων στις δεξιότητες που αποκτούν οι μαθητές και κατά πόσο τα μαθησιακά οφέλη που αποκομίζουν μεταφέρονται σε νέα μαθησιακά συγκείμενα.

Τα ερευνητικά ερωτήματα στα οποία απαντά η μελέτη 2 παρουσιάζονται πιο κάτω:

- 1) Διαφοροποιούνται οι γνώσεις περιεχομένου που αποκτούν οι μαθητές, όταν δέχονται καθοδήγηση μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων υποστηρικτικών εργαλείων, κατά τη διατύπωση υποθέσεων και κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων, τόσο ξεχωριστά όσο και συνδυαστικά;
- 2) Υπάρχει μεταφορά των δεξιοτήτων που αποκτούν οι μαθητές σε νέα μαθησιακά συγκείμενα, όταν δέχονται καθοδήγηση από υποστηρικτικά εργαλεία κατά τη διατύπωση υποθέσεων και κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων, τόσο ξεχωριστά όσο και συνδυαστικά;

- 3) Υπάρχει συσχέτιση των μαθησιακών προϊόντων και των ενεργειών των μαθητών, τόσο κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, όσο και κατά τη διάρκεια ενασχόλησης με δραστηριότητες σε νέα μαθησιακά συγκείμενα;

1.3.3 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα μελέτης 3

Σκοπός της μελέτης 3 είναι να εξετάσει κατά πόσο ο βαθμός υποστήριξης που παρέχεται από ένα υποστηρικτικό εργαλείο για τη διατύπωση υποθέσεων, συγκεκριμένα το Hypothesis Scratchpad, επηρεάζει τις γνώσεις περιεχομένου και δεξιότητες διερώτησης των μαθητών. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν τρεις διαφορετικές διαμορφώσεις του εν λόγω εργαλείου, οι οποίες διαφοροποιούνται ως προς τον αριθμό των λέξεων που δόθηκαν στους μαθητές, με στόχο να τις αξιοποιήσουν για να συντάξουν τις υποθέσεις τους. Αναλυτικότερα, στην πρώτη διαμόρφωση του εργαλείου υπήρχαν στον εργαλείο όλες οι απαραίτητες λέξεις (μεταβλητές/έννοιες, λέξεις που υποδηλώνουν σχέση, λέξεις που προσδιορίζουν τη μορφή της υπόθεσης) που χρειαζόνταν οι μαθητές για να διατυπώσουν διερευνήσιμες υποθέσεις. Στη δεύτερη διαμόρφωση, δόθηκαν λιγότερες λέξεις, ενώ στην τρίτη δεν υπήρχαν καθόλου λέξεις στο εργαλείο και οι μαθητές διατύπωσαν τις υποθέσεις τους χωρίς καμία βοήθεια.

Τα ερευνητικά ερωτήματα στα οποία απαντά η μελέτη 3 είναι τα ακόλουθα:

- 1) Διαφοροποιούνται οι γνώσεις περιεχομένου και οι δεξιότητες διερώτησης που αποκτούν οι μαθητές, όταν διαφοροποιείται ο αριθμός των λέξεων που έχουν στη διάθεσή τους σε ένα εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων;
- 2) Τι είδους υποθέσεις διατυπώνουν οι μαθητές, όταν διαφοροποιείται ο αριθμός των λέξεων που έχουν στη διάθεσή τους σε ένα εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, τόσο κατά τη διδακτική παρέμβαση, όσο σε νέο μαθησιακό συγκείμενο; Διαφοροποιούνται οι υποθέσεις των μαθητών σε κάθε περίπτωση;
- 3) Υπάρχει συσχέτιση του χρόνου ενασχόλησης των μαθητών με τις βασικές δραστηριότητες της διδακτικής παρέμβασης, όταν διαφοροποιείται ο αριθμός των λέξεων που έχουν στη διάθεσή τους σε ένα εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων;

1.3.4 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα μελέτης 4

Στην τέταρτη μελέτη ο σκοπός ήταν να διερευνηθεί κατά πόσο ο βαθμός υποστήριξης που παρέχεται στους μαθητές από ένα υποστηρικτικό εργαλείο για τον σχεδιασμό πειραμάτων, και συγκεκριμένα από το Experiment Design Tool της πλατφόρμας του Go-Lab,

διαφοροποιεί τα οφέλη που αποκομίζουν οι μαθητές όσον αφορά τις γνώσεις περιεχομένου και τις δεξιότητες διερώτησης. Αναλυτικότερα, αξιοποιήθηκαν δύο διαφορετικές διαμορφώσεις του συγκεκριμένου εργαλείου, καθώς επίσης, υπήρχε και ομάδα μαθητών που εργάστηκαν χωρίς να έχουν το εργαλείο στη διάθεσή τους, αλλά, αντί αυτού, κλήθηκαν να περιγράψουν λεκτικά τα πειράματα που πραγματοποίησαν στη συνέχεια σε ένα εικονικό εργαστήριο. Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας αυτής τους ζητήθηκε να αναφέρουν όσες πληροφορίες θεωρούσαν οι ίδιοι απαραίτητες και παρακινήθηκαν να αναφερθούν στις τιμές όλων των εμπλεκόμενων μεταβλητών κατά τη διάρκεια των πειραμάτων τους. Η πρώτη διαμόρφωση του εργαλείου παρείχε στους μαθητές έτοιμο τον πειραματικό σχεδιασμό που έπρεπε να ακολουθήσουν για τη διερεύνησή τους και οι ενέργειες που χρειάστηκε να πραγματοποιήσουν αφορούσαν την προσθήκη πειραματικών δοκιμών και τον καθορισμό των τιμών των μεταβλητών. Ενώ, στη δεύτερη διαμόρφωση οι μαθητές, αρχικά, έπρεπε να διαχειριστούν τις μεταβλητές που ήταν διαθέσιμες στο εργαλείο και να προετοιμάσουν τον πειραματικό σχεδιασμό που θεωρούσαν ότι έπρεπε να ακολουθήσουν και, έπειτα, πραγματοποιούσαν τις υπόλοιπες ενέργειες που απαιτούνται για να ολοκληρώσουν τον σχεδιασμό τους, δηλαδή την προσθήκη πειραματικών δοκιμών και την εισαγωγή τιμών στις μεταβλητές κάθε πειραματικής δοκιμής. Πέρα από τη διερεύνηση της επίδρασης των τριών αυτών συνθηκών, στις γνώσεις και δεξιότητες διερώτησης των μαθητών, εξετάστηκε, επιπρόσθετα, το ενδεχόμενο επίδρασής τους στα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών.

Αναλυτικότερα, η μελέτη 4 απάντα στα πιο κάτω ερευνητικά ερωτήματα:

- 1) Διαφοροποιούνται οι γνώσεις περιεχομένου και οι δεξιότητες διερώτησης που αποκτούν οι μαθητές, όταν διαφοροποιείται ο βαθμός υποστήριξης που δέχονται από ένα εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων;
- 2) Διαφοροποιούνται τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών, που σχετίζονται με την διεξαγωγή πειραμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων, όταν διαφοροποιείται ο βαθμός υποστήριξης που δέχονται από ένα εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων;
- 3) Υπάρχει συσχέτιση των μαθησιακών προϊόντων των μαθητών, τόσο κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, όσο και κατά τη διάρκεια ενασχόλησης με δραστηριότητες σε νέα μαθησιακά συγκείμενα;

Στο επόμενο κεφάλαιο, παρουσιάζονται περισσότερα στοιχεία για τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές κατά την ενασχόληση τους με τις επιστημονικές πρακτικές της διατύπωσης υποθέσεων, του σχεδιασμού πειραμάτων και της επεξεργασίας και ερμηνείας

δεδομένων. Επιπρόσθετα, γίνεται αναφορά στις διάφορες μορφές καθοδήγησης που έχουν εντοπιστεί στην βιβλιογραφία, οι οποίες έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν κατάλληλη υποστήριξη στους μαθητές όταν εργάζονται σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερεύνησης, στα οποία αξιοποιείται ο εικονικός πειραματισμός.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Δεξιότητες διερώτησης και δυσκολίες μαθητών

Κατά τη μάθηση με διερώτηση, οι μαθητές εμπλέκονται με διάφορες δραστηριότητες που αντιστοιχούν σε ορισμένες δεξιότητες, οι οποίες στην ουσία αποτελούν και τη φύση της ίδιας της επιστημονικής διερώτησης. Ειδικότερα, όπως έχει παρουσιαστεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι μαθητές αναγνωρίζουν προβλήματα που σχετίζονται με ένα φαινόμενο, θέτουν ερωτήματα που η απάντηση τους στοχεύει στην επίλυση του προβλήματος, διατυπώνουν υποθέσεις που περιγράφουν τον τύπο της σχέσης μεταξύ μεταβλητών που περιγράφουν το υπό μελέτη φαινόμενο, σχεδιάζουν και εκτελούν πειράματα για να συλλέξουν δεδομένα, καταλήγουν σε συμπεράσματα που τους επιτρέπουν να αποδεχτούν ή να απορρίψουν τις υποθέσεις τους και αναστοχάζονται για τις διαδικασίες που ακολούθησαν (van Joolingen & Zacharia, 2009). Η εμπλοκή των μαθητών με τις πιο πάνω αυθεντικές επιστημονικές πρακτικές της διερώτησης, είναι το στοιχείο που καθιστά τη μάθηση αποτελεσματικότερη. Παρά το γεγονός ότι η σημαντικότητα της μάθησης μέσω διερώτησης είναι αναγνωρισμένη, έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες, κυρίως όσον αφορά τις δεξιότητες που απαιτούνται για να ολοκληρώσουν έναν κύκλο διερώτησης, αλλά και όσον αφορά την κατανόηση της επιστημονικής διερώτησης αυτής καθαυτή, με αποτέλεσμα η διαδικασία της μάθησης να μην οδηγεί πάντα σε θετικά μαθησιακά οφέλη (de Jong, 2006a; de Jong & van Joolingen, 1998; Gijlers & de Jong, 2009; Mayer, 2004).

Σύμφωνα με τους Quintana και Fishman (2006), το έργο των μαθητών κατά τη μάθηση με διερώτηση καθίσταται περίπλοκο για διάφορους λόγους. Αρχικά, οι μαθητές ενδέχεται να μην έχουν αρκετές εμπειρίες με την επιστημονική διερώτηση, γεγονός που τους εμποδίζει να κατανοήσουν τις απαιτήσεις και την εργασία που χρειάζεται να γίνει, προκειμένου να ολοκληρώσουν τις διάφορες δραστηριότητες που συμπεριλαμβάνονται στο πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση. Επιπρόσθετα, η ανάλυση και η κατανόηση επιστημονικού περιεχομένου προϋποθέτει ότι οι μαθητές αξιοποιούν ορισμένα κριτήρια και κανόνες, κάτι το οποίο, αρκετά συχνά, δεν συμβαίνει και έχει ως συνέπεια, τελικά, οι μαθητές να αδυνατούν να αφομοιώσουν την επιστημονική γνώση. Ακόμη, η πληθώρα δραστηριοτήτων που καλούνται να ολοκληρώσουν οι μαθητές κατά τη μάθηση με διερώτηση προκαλεί, πολλές φορές, το αίσθημα της πίεσης, το οποίο αποτελεί

κατασταλτικό παράγοντα για την αποτελεσματική ολοκλήρωση των μαθησιακών δραστηριοτήτων. Τέλος, ένα άλλο στοιχείο που περιπλέκει την εργασία των μαθητών, είναι το γεγονός ότι, κατά τη μάθηση με διερώτηση πρέπει, εκτός των άλλων, να επικοινωνούν και να συνεργάζονται με τους συμμαθητές τους και τον εκπαιδευτικό, αντλώντας από αυτούς τη βοήθεια που χρειάζονται για να ολοκληρώσουν με επιτυχία τις δραστηριότητές τους.

Τελικά, διαφαίνεται μέσα από διάφορες έρευνες ότι μαθητές, ανεξαρτήτου ηλικίας, ενδέχεται να αντιμετωπίσουν δυσκολίες κατά τη διάρκεια όλων των φάσεων της διερώτησης. Ειδικότερα, οι δυσκολίες αυτές μπορεί να αφορούν τη διατύπωση προβλέψεων και υποθέσεων, τον σχεδιασμό και εκτέλεση δίκαιων πειραμάτων, τη συλλογή, επεξεργασία και ερμηνεία δεδομένων, τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση της μαθησιακής διαδικασίας (de Jong, 2006a; Gijlers & de Jong, 2009; Manlove et al., 2006). Στη συνέχεια αυτού του υποκεφαλαίου, παρουσιάζονται περισσότερες πληροφορίες για τρεις δεξιότητες διερώτησης, τη διατύπωση υποθέσεων, τον σχεδιασμό δίκαιων πειραμάτων και τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων, που συνδέεται άμεσα με την ικανότητα των μαθητών να ερμηνεύουν τα δεδομένα της έρευνας τους. Οι συγκεκριμένες δεξιότητες είναι υπό έμφαση στις επιμέρους μελέτες της παρούσας διατριβής και γίνεται μια προσπάθεια να παρουσιαστούν μορφές καθοδήγησης, μία εκ των οποίων είναι και τα υποστηρικτικά εργαλεία, που έχουν ως στόχο να παρέχουν την κατάλληλη βοήθεια που χρειάζονται οι μαθητές, προκειμένου να ολοκληρώσουν με επιτυχία τις δραστηριότητες σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης και να αποκομίσουν θετικά μαθησιακά οφέλη.

2.1.1 Διατύπωση υποθέσεων

Μια υπόθεση, κατά την επιστημονική μέθοδο, αποτελεί την ιδέα που θέλει ένας επιστήμονας να εξετάσει μέσα από πειραματισμό και θεωρείται μια πιθανή απάντηση ή πιθανή λύση σε ένα επιστημονικό ερώτημα ή πρόβλημα (Wenham, 1993). Η σημασία των υποθέσεων στην επιστήμη έγκειται στο γεγονός ότι επιτρέπουν την αναπαράσταση πιθανών σχέσεων που έχουν διάφοροι παράγοντες που συναντώνται στον πραγματικό κόσμο και συντελούν στην ανάπτυξη νέων θεωριών (Lawson, 2000). Η υπόθεση ορίζεται, επίσης, ως μια εύλογη εικασία για επεξήγηση ενός προβλήματος σε ένα δοσμένο πλαίσιο (Misak, 2004). Το κυριότερο χαρακτηριστικό των υποθέσεων είναι ότι μπορούν να κατευθύνουν την ανθρώπινη έρευνα και είναι προϊόν μιας καθολικής και συνεχούς ανθρώπινης προσπάθειας (Wenham, 1993).

Η διατύπωση υποθέσεων είναι μια διαδικασία που αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της μάθησης μέσω διερώτησης, αφού μετά από τη διατύπωση υποθέσεων ακολουθεί ο σχεδιασμός και η εκτέλεση πειραμάτων, με στόχο την εξέταση των συγκεκριμένων υποθέσεων (de Jong, 2006b). Στον κύκλο διερώτησης των Pedaste et al. (2015), η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα στη φάση της Εννοιολόγησης και ειδικότερα στην επιμέρους φάση της Υπόθεσης. Καθίσταται επομένως φανερό ότι, προτού οι μαθητές προχωρήσουν σε περαιτέρω διερεύνηση του φαινομένου που μελετούν, θα πρέπει να έχουν ήδη στο μυαλό τους κάποια θεωρία για τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών που περιγράφουν το συγκεκριμένο φαινόμενο, η οποία προκύπτει, είτε από προηγούμενες γνώσεις, είτε από συγκρότηση πληροφοριών με τις οποίες οι μαθητές έχουν άμεση επαφή. Κατ' αυτόν τον τρόπο, μια υπόθεση βασίζεται σε μια θεωρητική προοπτική, δεδομένου ότι το υπό μελέτη θέμα βρίσκεται ακόμα σε θεωρητικό επίπεδο και ενσωματώνει ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές, δηλώνοντας ποια είναι η μεταξύ τους αλληλεπίδραση (Mäeots, Pedaste, & Sarapu, 2008). Ειδικότερα, αναφέρεται πως η υπόθεση είναι μια δοκιμαστική περιγραφή της σχέσης μεταξύ ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών και συνήθως διατυπώνεται υπό τη μορφή δηλώσεων «Αν...τότε...» (de Jong, 2006b).

Η ορθή διατύπωση υποθέσεων κατά τη μάθηση με διερώτηση αναγνωρίζεται ως μια κρίσιμη πτυχή, για το λόγο ότι οι υποθέσεις επηρεάζουν τις υπόλοιπες διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα μέχρι να ολοκληρωθεί ένας κύκλος διερώτησης. Ειδικότερα, οι υποθέσεις επηρεάζουν, σε μετέπειτα στάδια της διερώτησης, τον σχεδιασμό και την εκτέλεση πειραμάτων, καθώς επίσης και την εξαγωγή συμπερασμάτων (Kim & Pedersen, 2011). Αυτό συμβαίνει γιατί στη φάση του Πειραματισμού, οι μαθητές θα κληθούν να εκτελέσουν πειράματα για την εξέταση του κατά πόσο η αλλαγή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει αλλαγή σε μια εξαρτημένη μεταβλητή, καθορίζοντας με αυτό τον τρόπο αν υπάρχει σχέση μεταξύ τους (Zacharia et al., 2015). Επιπρόσθετα, στη φάση του Συμπεράσματος, οι μαθητές θα πρέπει να καθορίσουν αν οι υποθέσεις που διατύπωσαν στην αρχή, υποστηρίζονται από τα αποτελέσματα της έρευνάς τους (Scanlon et al., 2011). Αν απουσιάζει μια ορθά διατυπωμένη υπόθεση, τότε είναι πιθανόν οι μαθητές να μην καταφέρουν να εκτελέσουν τα αντίστοιχα πειράματα για να ελέγξουν την ορθότητά της και ως αποτέλεσμα, δεν θα καταφέρουν να καταλήξουν στα ορθά συμπεράσματα.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η διαδικασία διατύπωσης υποθέσεων αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία, αφού οι μαθητές φαίνεται να αντιμετωπίζουν δυσκολίες, τόσο στον εντοπισμό των μεταβλητών που εμπλέκονται στο υπό μελέτη θέμα, όσο και στη διατύπωση της

υπόθεσης αυτής καθαυτή, η οποία μπορεί να ελεγχθεί μέσα από πειραματισμό (de Jong, 2006b). Μάλιστα, αρκετοί ερευνητές αναφέρουν ότι η διατύπωση υποθέσεων συγκαταλέγεται ανάμεσα στους πιο απαιτητικούς στόχους κατά τη διάρκεια εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στις Φυσικές Επιστήμες (Hofstein et al., 2005; Kremer et al., 2014). Προκύπτει, συνεπώς, η ανάγκη για παροχή καθοδήγησης κατά τη διαδικασία αυτή, εφόσον καμιά πειραματική διαδικασία δεν είναι δυνατό να διεξαχθεί χωρίς μια υπόθεση (Zacharia et al. (2015) και για να είναι έγκυρες οι διαδικασίες που ακολουθούν, η υπόθεση πρέπει να είναι ορθά διατυπωμένη.

2.1.2 Σχεδιασμός πειράματος – διαχείριση μεταβλητών

Ο σχεδιασμός πειράματος είναι μια βασική διαδικασία που περιλαμβάνεται στο στάδιο του Πειραματισμού. Γενικότερα, κατά τον πειραματισμό οι μαθητές εμπλέκονται με έναν μεγάλο αριθμό πρακτικών, ανάμεσα στις οποίες είναι ο προσδιορισμός των δύο μεταβλητών που μελετώνται, δηλαδή της ανεξάρτητης και της εξαρτημένης μεταβλητής, ο προσδιορισμός της πειραματικής διαδικασίας, δηλαδή ο εξοπλισμός και τα υλικά που απαιτούνται για την εκτέλεση του πειράματος, η μεταβολή της ανεξάρτητης μεταβλητής και η μέτρηση/παρατήρηση της εξαρτημένης, ενώ οι υπόλοιπες μεταβλητές πρέπει να κρατούνται σταθερές, η εκτέλεση πολλαπλών πειραματικών δοκιμών, ούτως ώστε να προκύψουν αρκετές μετρήσεις για την εξαρτημένη μεταβλητή, η οργάνωση των δεδομένων που προέρχονται από τις πειραματικές δοκιμές και η δημιουργία αναπαραστάσεων των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί, όπως για παράδειγμα η δημιουργία γραφικών παραστάσεων. Δεδομένου του σχετικά μεγάλου αριθμού πρακτικών, καθώς επίσης και των απαιτήσεων που κάθε μία από αυτές τις πρακτικές εμπερικλείει, μπορεί εύλογα να ισχυριστεί κανείς ότι ο πειραματισμός, στην ολότητά του, είναι μια σύνθετη διαδικασία για τους μαθητές. Μάλιστα, ερευνητικά δεδομένα έχουν αναδείξει αρκετές περιπτώσεις όπου οι μαθητές αποτυγχάνουν κατά το στάδιο του πειραματισμού (Hofstein & Lunetta, 2004).

Από τις πιο πάνω πρακτικές, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση πειραμάτων θεωρείται μια σημαντική επιστημονική πρακτική, αφού αποδεικνύεται απαραίτητη για τη μετέπειτα πορεία της διερώτησης και συγκεκριμένα για τα στάδια της συλλογής και της ερμηνείας των δεδομένων (Arnold et al., 2014). Επιπλέον, ο ορθός σχεδιασμός και η εκτέλεση πειραμάτων θα παρέχει στους μαθητές τις κατάλληλες πληροφορίες για τη λήψη απόφασης σχετικά με την ορθότητα μιας υπόθεσης (de Jong & van Joolingen, 1998), κάτι που τελικά οδηγεί τους μαθητές στην εξαγωγή των συμπερασμάτων τους (Pedaste et al.,

2015). Η πρόκληση που έχουν να αντιμετωπίσουν οι μαθητές κατά τον σχεδιασμό και την εκτέλεση πειραμάτων, είναι η σωστή διαχείριση των μεταβλητών που εμπλέκονται στο πείραμα (Chinn & Malhotra, 2002; Temiz, Tasar, & Tan, 2006). Αν οι μεταβλητές τυχουν ορθής διαχείρισης, τότε το πείραμα τους θεωρείται ένα «δίκαιο πείραμα» (Watson, Goldsworthy & Wood-Robinson, 1999). Αναλυτικότερα, για να θεωρείται ένα πείραμα δίκαιο πρέπει να υπάρχει μια ανεξάρτητη μεταβλητή, η οποία θα αλλάζει, μια εξαρτημένη μεταβλητή της οποίας παρατηρείται ή μετριέται η αλλαγή που προκαλείται από την μεταβολή της ανεξάρτητης και σταθερές μεταβλητές, οι οποίες αν δεν τυχουν διαχείρισης ενδέχεται να επηρεάσουν την εξαρτημένη μεταβλητή (Arnold et al., 2014).

Εκτός από τη διαχείριση των μεταβλητών σε ένα πείραμα, είναι κρίσιμο οι μαθητές να αντιληφθούν τη σημασία των επαναληπτικών δοκιμών κατά την εκτέλεση των πειραμάτων τους (Wellnitz & Mayer, 2011), κάτι που θα προσδώσει, φυσικά, αξιοπιστία στην έρευνά τους, καθώς επίσης θα βοηθήσουν στην ανάδειξη μιας ενδεχόμενης σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών. Έπειτα, πρέπει να προσδιορίσουν τις τιμές που θα πάρει η ανεξάρτητη μεταβλητή σε κάθε πειραματική δοκιμή, καθώς και τις τιμές των σταθερών μεταβλητών που θα παραμένουν οι ίδιες μεταξύ των πειραματικών δοκιμών. Η αλλαγή της τιμής της ανεξάρτητης και η διατήρηση των τιμών των σταθερών μεταβλητών θα επιτρέψουν στους μαθητές, στη συνέχεια, να συγκρίνουν τα αποτελέσματα μεταξύ των πειραματικών τους δοκιμών, παρατηρώντας τις τιμές της εξαρτημένης τους μεταβλητής (Schunn & Anderson, 1999; Tschirgi, 1980).

Γενικότερα, ο σχεδιασμός του πειράματος λειτουργεί, ουσιαστικά, ως συνδετικός κρίκος μεταξύ της υπόθεσης και της ερμηνείας δεδομένων. Επομένως, εάν οι μαθητές είναι ικανοί να σχεδιάζουν ένα δίκαιο πείραμα, είναι πιθανότερο να ερμηνεύσουν τα δεδομένα της διερεύνησης τους με κριτική σκέψη και να καταλήξουν στα ορθά συμπεράσματα (Arnold et al., 2014), ενώ, ταυτόχρονα, θα έχουν στη διάθεσή τους επαρκή στοιχεία για να απαντήσουν τα ερευνητικά τους ερωτήματα ή να ελέγξουν την ορθότητα των υποθέσεών τους (de Jong & van Joolingen, 1998).

Η έρευνα, σε αυτό το πεδίο, έχει δείξει ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες όσον αφορά τη δεξιότητα σχεδιασμού πειραμάτων (de Jong, 2006b; de Jong & van Joolingen, 1998; Gijlers & de Jong, 2009; Lawson, 2002; Manlove et al., 2006). Μια προσεκτική εξέταση των ερευνών αυτών, αποκαλύπτει ότι τα προβλήματα και οι δυσκολίες σχετίζονται με τις πρακτικές που αναφέρθηκαν πιο πάνω και αφορούν τις διαδικασίες που συμβαίνουν κατά τον πειραματισμό (περισσότερες λεπτομέρειες στους Hofstein &

Lunetta, 2004). Ειδικότερα, οι μαθητές δυσκολεύονται να οργανώσουν καλά σχεδιασμένα πειράματα, ενώ συχνά, τα πειράματα που σχεδιάζουν δεν αντιστοιχούν στα ερευνητικά τους ερωτήματα (de Jong & van Joolingen, 1998; Lawson, 2002). Για παράδειγμα, έχουν την τάση να διαχειρίζονται μεταβλητές οι οποίες δεν έχουν να κάνουν με το αρχικό τους ερευνητικό ερώτημα (de Jong & van Joolingen, 1998; van Joolingen & de Jong, 1991), ή αδυνατούν να προσδιορίσουν τις ορθές ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές στο πλαίσιο των ερωτημάτων ή των υποθέσεών τους. Κατά συνέπεια, αν τα ερευνητικά ερωτήματα ή οι υποθέσεις των μαθητών δεν συμπεριλαμβάνουν μεταβλητές τις οποίες μπορούν, έπειτα, να διαχειριστούν σε ένα πείραμα, τότε μετατρέπουν, πολύ συχνά, αφηρημένες ή θεωρητικές μεταβλητές σε μετρήσιμες ή παρατηρήσιμες (Lawson, 2002), κάτι το οποίο δεν είναι θεμιτό.

Μια άλλη συχνή δυσκολία που συναντάται κατά τον σχεδιασμό και την εκτέλεση πειραμάτων, είναι η μεταβολή περισσότερων από μιας μεταβλητών, με αρνητικές επιπτώσεις κατά την εξαγωγή συμπερασμάτων. Συγκεκριμένα, αν μεταβάλλονται περισσότερες από μία μεταβλητές σε ένα πείραμα, δεν μπορεί να εξαχθεί ένα έγκυρο συμπέρασμα για το ποια μεταβλητή, τελικά, είναι υπεύθυνη για τις παρατηρήσεις που προκύπτουν, όσον αφορά την επίδρασή τους στην εξαρτημένη μεταβλητή (Glaser, Schauble, Raghavan, & Zeitz, 1992). Οι πιο πάνω δυσκολίες, που σχετίζονται με την οργάνωση χρήσιμων πειραμάτων, εμφανίζονται σε μαθητές ανεξαρτήτου ηλικίας, μαθησιακού επίπεδου και εμπειριών (de Jong & van Joolingen, 1998).

2.1.3 Ερμηνεία δεδομένων και δημιουργία γραφικών παραστάσεων

Η ερμηνεία δεδομένων θεωρείται κρίσιμο στοιχείο για την επιτυχία της μάθησης με διερώτηση στις Φυσικές Επιστήμες. Στο θεωρητικό πλαίσιο του κύκλου διερώτησης των Pedaste et al. (2015), η Ερμηνεία Δεδομένων αποτελεί μια επιμέρους φάση της Διερεύνησης, κατά την οποία οι μαθητές εμπλέκονται σε διαδικασίες επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων που έχουν συλλέξει κατά τη διάρκεια της εξερεύνησης ή του πειραματισμού. Η κρισιμότητα της ερμηνείας δεδομένων έγκειται στο γεγονός ότι, στη συνέχεια, οι μαθητές θα μπορέσουν να εξάγουν τα συμπεράσματά τους. Επιπρόσθετα, η ερμηνεία των δεδομένων επιτρέπει στους μαθητές να εξετάσουν τις υποθέσεις τους, καταλήγοντας κατά πόσο ισχύουν ή όχι και να αποφασίσουν, τελικά, πώς θα συνεχίσουν με τον κύκλο διερώτησης (Chang et al., 2008). Κατ' αυτόν τον τρόπο, η επιτυχής ολοκλήρωση της ερμηνείας δεδομένων οδηγεί τους μαθητές στην εξαγωγή συμπερασμάτων, ή ακόμα μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές προς τα πίσω, ώστε να

συλλέξουν περισσότερα δεδομένα μέσω της εξερεύνησης ή του πειραματισμού. Συνοψίζοντας, από τη στιγμή που η εξέταση μιας υπόθεσης απαιτεί την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων, καθώς και τον εντοπισμό οποιασδήποτε σχέσης μεταξύ των μεταβλητών που έτυχαν διαχείρισης κατά την εξερεύνηση και τον πειραματισμό (van Joolingen & Zacharia, 2009), θεωρείται απαραίτητο οι μαθητές να δέχονται κατάλληλη καθοδήγηση για να αντεπεξέλθουν σε αυτού του είδους περίπλοκες διαδικασίες (Zacharia et al., 2015).

Ένα συχνό εμπόδιο που παρουσιάζεται κατά την ερμηνεία δεδομένων, είναι ότι οι μαθητές έχουν την τάση να αγνοούν ή ακόμα και να παρερμηνεύουν τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών, έτσι ώστε να συνάδουν με τη δική τους θεωρία (Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, & Andersen, 1995). Καθίσταται, επομένως, φανερό ότι, κάτι τέτοιο δημιουργεί προβλήματα στην προσπάθεια των μαθητών να συνδέσουν τα πειραματικά δεδομένα με την υπόθεση που εξετάζεται. Αυτό με τη σειρά του έχει ως αποτέλεσμα οι μαθητές να μην είναι σε θέση να καταλήξουν σε έγκυρα συμπεράσματα (van Joolingen et al., 2005). Επιπρόσθετα, τόσο η διαδικασία συλλογής δεδομένων, όσο και η διαδικασία ανάλυσης και ερμηνείας τους δεν είναι άμεσα συνδεδεμένες με καθημερινές εμπειρίες των μαθητών και για το λόγο αυτό αποτελούν περίπλοκες για αυτούς διαδικασίες (de Jong & van Joolingen, 1998; Gijlers & de Jong, 2009; Lawson, 2002; Manlove et al., 2006).

Η ερμηνεία των δεδομένων μπορεί να καλλιεργηθεί όταν οι μαθητές αναπαριστούν τα δεδομένα τους σε γραφικές παραστάσεις (Veermans, 2003). Αυτού του είδους οπτικοποίηση της σχέσης μεταξύ της εξαρτημένης και της ανεξάρτητης μεταβλητής, βοηθά τους μαθητές να αναγνωρίσουν τον τύπο της σχέσης που περιγράφει τις δύο μεταβλητές και είναι ευκολότερο να αποτυπωθεί στο μυαλό τους ως αναπαράσταση, την οποία εύκολα μπορούν να ανακαλέσουν (Lohse, Biolsi, Walker, & Rueter, 1994). Αν και η δημιουργία γραφικών παραστάσεων διδάσκεται ως δεξιότητα, ο τρόπος παρουσίασής τους στηρίζεται σε εξιδανικευμένα δεδομένα και επομένως, καλλιεργείται η προσδοκία των μαθητών ότι όλα τα φαινόμενα περιγράφονται με μια τέλεια μαθηματική σχέση (Roth, 2001). Κάτι τέτοιο έχει ως επακόλουθο οι μαθητές να έχουν δυσκολίες στην ερμηνεία των δεδομένων τους και προσπαθούν να επινοήσουν τρόπους ώστε να οδηγηθούν στην τέλεια σχέση (Roth, 2013). Ως εκ τούτου, η διδασκαλία των γραφικών παραστάσεων δεν πρέπει να περιοριστεί μόνο στην αναγνώριση των διάφορων μορφών γραφικών παραστάσεων, αλλά είναι θεμιτό να περιλαμβάνει και την προέλευση των δεδομένων (Shah & Freedman 2011), ή ακόμα καλύτερα οι γραφικές παραστάσεις πρέπει να αποτελούν αναπόσπαστο

μέρος της όλης διαδικασίας της έρευνας, προϋποθέτοντας ότι με αυτό τον τρόπο θα καλλιεργηθεί και η δεξιότητα να τις ερμηνεύουν ορθά (Roth, 2013).

2.2 Καθοδήγηση ανά φάση διερώτησης

Οι προκλήσεις που δημιουργούνται κατά τη μάθηση με διερώτηση είναι, αρκετά συχνά, η αιτία που οδηγεί ορισμένους στο συμπέρασμα ότι δεν είναι πάντα αποτελεσματική για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Όμως, για να ξεπεραστούν τα εμπόδια και οι δυσκολίες των μαθητών, είναι δόκιμο να παρέχεται κατάλληλη καθοδήγηση (Davis, 2000). Η υποστηριζόμενη μάθηση με διερώτηση έχει βρεθεί ότι προωθεί την καλλιέργεια θετικών στάσεων για τη μάθηση (Hwang, Sung, & Chang, 2011), ενισχύει την κριτική σκέψη, οδηγεί στην ανάπτυξη υψηλού επιπέδου διαδικασιών (Carnesi & DiGiorgio, 2009) και παρακινεί τους μαθητές να αποκτήσουν, να ενσωματώσουν και να εφαρμόσουν τη νέα γνώση (Edelson et al., 1999). Στα τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης, η παροχή καθοδήγησης πραγματοποιείται με ευκολότερο τρόπο, είναι αρκετά πιο άμεση και μπορεί να παρασχεθεί υπό διάφορες μορφές (de Jong & Lazonder, 2014). Μάλιστα, υποστηρίζεται ότι η καθοδήγηση που ενσωματώνεται σε τέτοιου είδους μαθησιακά περιβάλλοντα, θεωρείται ένας καλός τρόπος για να μπορέσουν οι μαθητές να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες που συναντούν κατά τη μάθηση με διερώτηση (Gerjets et al., 2008), καθώς επίσης, αυξάνονται τα κίνητρα, η ενεργητικότητα και οι μεταγνωστικές τους δεξιότητες (Shapiro, 2008). Συνεπώς, θεωρείται πλέον προφανές ότι η παρουσία καθοδήγησης σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης έχει ζωτική σημασία (D'Angelo et al., 2014). Στη συνέχεια του υποκεφαλαίου παρουσιάζονται συνοπτικά μερικές μορφές καθοδήγησης που μπορούν να ενσωματωθούν στις διάφορες φάσεις του κύκλου διερώτησης των Pedaste et al. (2015).

2.2.1 Καθοδήγηση στη φάση του Προσανατολισμού

Η φάση του Προσανατολισμού αποτελεί την αρχή ενός κύκλου διερώτησης, όπου οι μαθητές έρχονται σε επαφή με το θέμα το οποίο θα μελετήσουν στη συνέχεια. Η καθοδήγηση για παροχή στήριξης των μαθητών στις δραστηριότητες που εμπλέκονται σε αυτή τη φάση, στα πλαίσια ενός τεχνολογικά υποστηριζόμενου μαθησιακού περιβάλλοντος διερώτησης, μπορεί να πάρει διάφορες μορφές, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των μορφών καθοδήγησης του de Jong και Lazonder (2014).

Συγκεκριμένα, στην κατηγορία του περιορισμού διαδικασίας, το SEEK tutor φαίνεται ότι προωθεί τις δεξιότητες κριτικής σκέψης και αναλογικού συλλογισμού (Graesser et al., 2007), καθώς οι μαθητές αναζητούν πληροφορίες για ένα θέμα από το διαδίκτυο. Η συγκεκριμένη μορφή καθοδήγησης αφορά τον περιορισμό των επιλογών που έχουν οι μαθητές κατά την ελεύθερη αναζήτηση πληροφοριών στο διαδίκτυο, όπου για κάθε μία ιστοσελίδα που επισκέπτονται, καλούνται να αξιολογήσουν την αξιοπιστία της. Η σημαντικότητα της υποστήριξης των μαθητών, ακόμα και κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης του κύκλου διερώτησης, έγκειται στο γεγονός ότι αν οι μαθητές παραμείνουν στο στόχο από την αρχή, είναι πιθανότερο να αντεπεξέλθουν, στη συνέχεια, στις απαιτήσεις των επόμενων φάσεων του κύκλου διερώτησης, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη περιπλοκότητα. Φυσικά, να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι, ο περιορισμός μιας σύνθετης διαδικασίας ώστε οι μαθητές να καταφέρουν να την ολοκληρώσουν, δεν είναι απαραίτητο να γίνεται συνεχώς. Αν οι μαθητές αποκτήσουν οικειότητα με μια διαδικασία, η παροχή καθοδήγησης μπορεί να ελαχιστοποιηθεί, μέχρι και να εξαφανιστεί εντελώς, εφόσον οι μαθητές αποκτήσουν τις απαιτούμενες ικανότητες για την εύκολη και ορθή διεκπεραίωσή της.

Ένα άλλο εργαλείο που μπορεί να αξιοποιηθεί στη φάση του Προσανατολισμού και σχετίζεται με την αναζήτηση πληροφοριών, είναι το Artemis (Butler & Lumpe, 2008), το οποίο κατηγοριοποιείται, σύμφωνα με τους Zacharia et al. (2015), ως υποστηρικτικό εργαλείο. Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελεί μια βιβλιοθήκη πηγών από το διαδίκτυο και η δομή που παρέχει, βοηθά τους μαθητές κατά την αναζήτηση και την ταξινόμηση των χρήσιμων πληροφοριών. Συγκεκριμένα, παρέχει δυνατότητες αναζήτησης, αποθήκευσης, προβολής, διατήρησης και οργάνωσης των πληροφοριών, καθώς επίσης, περιλαμβάνει λειτουργίες που υποστηρίζουν τη συνεργατική μάθηση. Αν και δεν είναι ξεκάθαρο αν υπάρχει θετική συσχέτιση της χρήσης του συγκεκριμένου εργαλείου και της απόδοσης των μαθητών, εντούτοις, όλα τα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνει το καθιστούν ένα υποσχόμενο εργαλείο που αξίζει περαιτέρω διερεύνησης.

Επιπρόσθετα, στη φάση του Προσανατολισμού, μια άλλη μορφή καθοδήγησης που θα μπορούσαν να λάβουν οι μαθητές είναι η άμεση παρουσίαση πληροφοριών που σχετίζονται με το περιεχόμενο της διερεύνησης (Veermans, 2003), κυρίως στην περίπτωση που οι μαθητές δεν έχουν προϋπάρχουσες γνώσεις για το υπό μελέτη θέμα, ή ακόμα, όταν είναι δύσκολο για αυτούς να εντοπίσουν τις σημαντικές πληροφορίες μέσα από άλλες πηγές (de Jong & Lazonder, 2014). Ειδικότερα, ο Veermans, προτείνει την άμεση

παρουσίαση των ορισμών των βασικών εννοιών που περιγράφουν ένα φαινόμενο που μελετάται. Η συγκεκριμένη μορφή καθοδήγησης κρίνεται σημαντική σε αυτή τη φάση του κύκλου διερώτησης, γιατί αυξάνει τη διαφάνεια του μαθησιακού περιβάλλοντος και υποστηρίζει τους μαθητές ώστε να αντιληφθούν ευκολότερα το περιεχόμενό του (Swaak et al., 1998).

Προχωρώντας ένα βήμα πέρα πέρα, οι πληροφορίες που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της φάσης του Προσανατολισμού, είναι καλό να οργανωθούν με κάποιο τρόπο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ένα εργαλείο χαρτογράφησης, το οποίο βοηθά τους μαθητές να συνθέσουν τις σημαντικότερες έννοιες και πληροφορίες, κάτι που έχει φανεί ότι επιφέρει ανώτερα επίπεδα μάθησης (MacGregor & Lou, 2004). Παράλληλα, ένα υποστηρικτικό εργαλείο με λειτουργίες όπως και του Articulation box που είναι ενσωματωμένο στο λογισμικό Model-It (Fretz, Wu, Zhang, Davis, Krajcik, & Soloway, 2002), ενδέχεται να ενθαρρύνει τους μαθητές ώστε να εκφράσουν τον συλλογισμό τους, καθώς συσχετίζουν τις έννοιες και πληροφορίες που έχουν συλλέξει.

Όλα όσα προαναφέρθηκαν, αποδεικνύουν ότι η φάση του Προσανατολισμού αποτελεί το θεμέλιο λίθο του κύκλου της διερώτησης και σαφώς η ύπαρξη καθοδήγησης είναι κρίσιμη για να μπορέσουν οι μαθητές να προχωρήσουν στις επόμενες φάσεις, έχοντας τις σημαντικές πληροφορίες που θα τους φανούν χρήσιμες για τις μετέπειτα διαδικασίες που θα κληθούν να πραγματοποιήσουν. Παρόλα αυτά, οι μορφές καθοδήγησης περιορίζονται σε μερικές μόνο κατηγορίες, όπως είναι τα υποστηρικτικά εργαλεία, ο περιορισμός διαδικασίας και η άμεση παρουσίαση πληροφοριών. Αυτό δεν σημαίνει κατά ανάγκη ότι οι άλλες μορφές καθοδήγησης, δηλαδή οι προτροπές, οι ευρετικές μέθοδοι και ο πίνακας ενεργειών δεν είναι σημαντικές για τη φάση αυτή. Αλλά, δεδομένου ότι η περιπλοκότητα των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στη φάση του Προσανατολισμού, είναι μικρότερη σε σχέση με άλλες φάσεις του κύκλου διερώτησης, η εκπροσώπηση των μορφών καθοδήγησης που παρουσιάστηκαν πιο πάνω θεωρείται ικανοποιητική.

2.2.2 Καθοδήγηση στη φάση της Εννοιολόγησης

Στη φάση της Εννοιολόγησης η πρόκληση που έχουν να αντιμετωπίσουν οι μαθητές είναι η διατύπωση ερωτημάτων για εξερεύνηση ή υποθέσεων για πειραματισμό. Οι μαθητές διατυπώνουν ανοικτά ερωτήματα όταν δεν γνωρίζουν από πριν ποιες μπορεί να είναι οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών που σχετίζονται με ένα φαινόμενο, ενώ η διατύπωση υποθέσεων συμβαίνει όταν ήδη οι μαθητές έχουν κάποιες αρχικές ιδέες για το φαινόμενο

που μελετούν. Συνεπώς, η διατύπωση υποθέσεων θεωρείται περισσότερο απαιτητική διαδικασία από τη διατύπωση ερωτημάτων. Σε αυτή λοιπόν τη φάση, ένα υποστηρικτικό εργαλείο που ενδείκνυται είναι το Hypothesis Scratchpad (de Jong, 2006b), το οποίο δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους συνθέτοντας ξεχωριστά στοιχεία, όπως οι μεταβλητές, οι σχέσεις και άλλες λέξεις κλειδιά που καθορίζουν τη μορφή μιας υπόθεσης, για παράδειγμα οι λέξεις αν και τότε. Παρά το γεγονός ότι ένα τέτοιο εργαλείο παρέχει όλα τα δομικά στοιχεία που χρειάζονται οι μαθητές για την ορθή διατύπωση μιας υπόθεσης, εντούτοις, έχει διαπιστωθεί ότι το εργαλείο αυτό είναι αρκετά περίπλοκο για τους μαθητές και δεν επιφέρει τα αναμενόμενα αποτελέσματα (van Joolingen and de Jong, 1997). Ωστόσο, η υποστήριξη που παρέχει θεωρείται μεγάλης σημασίας για τη διευκόλυνση της επιτυχημένης διεξαγωγής ενός κύκλου διερώτησης και συνεπώς, μια αναθεώρηση του σχεδιασμού αυτού του εργαλείου, ενδέχεται να επιφέρει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Μια άλλη εναλλακτική επιλογή για καθοδήγηση των μαθητών σε αυτή τη φάση, είναι η παροχή έτοιμων υποθέσεων προς εξέταση, όπως συμβαίνει στο Shared proposition table (Gijlers & de Jong, 2009), στο οποίο προβάλλεται στους μαθητές μια λίστα υποθέσεων σε μορφή πίνακα και κάθε φορά που εξετάζεται μια από αυτές, οι μαθητές επιστρέφουν στον πίνακα και συμπληρώνουν αν έχει εξεταστεί και αν τελικά επιβεβαιώνεται ή απορρίπτεται. Η χρήση του συγκεκριμένου εργαλείου οδήγησε, τελικά, σε σημαντικά αποτελέσματα ως προς τη βελτίωση της γνώσης των μαθητών για τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών καθώς επίσης οι μαθητές παρουσίασαν αυξημένο ενδιαφέρον ως προς τον σχολιασμό των σχέσεων αυτών. Επιπρόσθετα, ένας άλλος τρόπος που μπορεί να ενισχύσει την ικανότητα των μαθητών να καθορίζουν πιθανές σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών, είναι η χρήση ενός εργαλείου χαρτογράφησης (Wirth, Künsting, & Leutner, 2009), το οποίο μάλιστα, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, μπορεί να οδηγήσει στην απόκτηση ανώτερων γνωστικών επιπέδων από τους μαθητές (MacGregor & Lou, 2004).

Πέρα από τη χρήση των προαναφερθέντων υποστηρικτικών εργαλείων για την παροχή καθοδήγησης κατά τη διατύπωση υποθέσεων, οι προτροπές είναι μια άλλη μορφή καθοδήγησης που μπορεί να αξιοποιηθεί. Συγκεκριμένα, σε ένα περιβάλλον των Kim και Pedersen (2011), το Animal investigator, αξιοποιήθηκε ένα υποστηρικτικό εργαλείο που ορίζεται ως Metacognitive scaffolds. Σε αυτό το εργαλείο υπήρχαν προτροπές υπό τη μορφή αναστοχαστικών ερωτήσεων, ερωτήσεων αυτοαξιολόγησης, καθώς επίσης και μια λίστα ελέγχου. Έτσι λοιπόν, καθώς οι μαθητές ανέπτυσαν τις υποθέσεις τους, κλήθηκαν να απαντήσουν σε αυτές τις ερωτήσεις και να συμπληρώσουν τη λίστα ελέγχου. Τελικά,

όπως έχει διαφανεί, μέσα από την έρευνα των Kim και Pedersen, οι μαθητές που αξιοποίησαν αυτό το εργαλείο ανέπτυξαν με καλύτερο τρόπο τις υποθέσεις τους. Συμπερασματικά, λοιπόν, οι προτροπές φαίνεται να είναι σημαντικό στοιχείο για την καθοδήγηση των μαθητών στη φάση της Εννοιολόγησης και συνεπώς, η χρήση τους κατά την ανάπτυξη τεχνολογικά υποστηριζόμενων μαθησιακών περιβαλλόντων διερώτησης συνίσταται.

Εκτός από τα υποστηρικτικά εργαλεία και τις προτροπές, σε αυτή τη φάση εντοπίζεται και ένας μεγάλος αριθμός ευρετικών μεθόδων, οι οποίες μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα περιβάλλον και να παρέχουν κατάλληλη καθοδήγηση. Σύμφωνα με τους Zacharia et al. (2015), τέσσερις ευρετικές μέθοδοι πληρούν τα κριτήρια για παροχή καθοδήγησης σε αυτή τη φάση. Ειδικότερα, οι ευρετικές μέθοδοι Simplify problem, Identify hypothesis, Slightly modified hypothesis και Set expectations (Veermans et al., 2006), παρέχουν στρατηγικές στους μαθητές που αν ακολουθηθούν θα οδηγήσουν στην ορθή διατύπωση υποθέσεων. Ωστόσο, δεν υπάρχουν ακόμα εμπειρικά δεδομένα που να αποδεικνύουν ότι η χρήση των ευρετικών μεθόδων που αναφέρονται πιο πάνω είναι αποτελεσματική. Τέλος, μια άλλη μορφή καθοδήγησης που κατηγοριοποιείται ως άμεση παρουσίαση πληροφοριών, είναι η παροχή έτοιμων υποθέσεων που οι μαθητές πρέπει να εξετάσουν στη συνέχεια (de Jong, 2006b). Και σε αυτή την περίπτωση, δεν υπάρχουν ξεκάθαρα αποδεικτικά στοιχεία ότι κάτι τέτοιο είναι αποτελεσματικό.

Καταληκτικά, αν και η φάση της Εννοιολόγησης είναι λιγότερο χρονοβόρα από άλλες φάσεις του κύκλου διερώτησης, διαπιστώνεται μέσα από την εξέταση της βιβλιογραφίας, ότι έχουν αναπτυχθεί αρκετές μορφές καθοδήγησης για ενίσχυση της προσπάθειας των μαθητών να πετύχουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα κατά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων που εμπλέκονται σε αυτή τη φάση, με τη σημαντικότερη δραστηριότητα να είναι η διατύπωση υποθέσεων. Ωστόσο, δεν εντοπίζεται η μορφή καθοδήγησης του πίνακα ενεργειών και ενδεχομένως η ανάπτυξη και ενσωμάτωση μιας τέτοιας μορφής καθοδήγησης να αξίζει, τελικά, περαιτέρω διερεύνηση (Zacharia et al., 2015).

2.2.3 Καθοδήγηση στη φάση της Διερεύνησης

Στη φάση της Διερεύνησης οι μαθητές αλληλεπιδρούν με ένα εικονικό εργαστήριο για να εκτελέσουν πειράματα και να συλλέξουν δεδομένα, τα οποία στη συνέχεια θα επεξεργαστούν και θα ερμηνεύσουν. Για να μπορέσουν, όμως, να ανταποκριθούν στις πιο πάνω διαδικασίες, χρειάζεται να έχουν τις απαιτούμενες προϋπάρχουσες γνώσεις καθώς

επίσης κατάλληλη καθοδήγηση κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων και την επεξεργασία των δεδομένων. Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι μαθητές θα πραγματοποιήσουν ορθά όλες τις διαδικασίες που εμπλέκονται στη φάση της διερεύνησης, οι Chang et al. (2008), αξιοποίησαν ένα εργαλείο που ονομάζεται Experiment prompting, του οποίου ο ρόλος είναι η διασφάλιση ότι οι μαθητές προχωρούν εφόσον, και αν, έχουν τις κατάλληλες προηγούμενες γνώσεις. Ειδικότερα, το συγκεκριμένο εργαλείο παροτρύνει τους μαθητές να ελέγξουν τις γνώσεις τους προτού προχωρήσουν στην εκτέλεση του πειράματός τους. Ο έλεγχος των γνώσεων των μαθητών πραγματοποιείται με μια διαδικτυακή αξιολόγηση, όπου απαντούν σε 20 θέματα τα οποία βαθμολογούνται με 5 μονάδες το κάθε ένα. Αν η συνολική βαθμολογία των μαθητών είναι κάτω από 80, τότε δεν μπορούν να προχωρήσουν στη διεξαγωγή των πειραμάτων τους. Από τη στιγμή που οι μαθητές καταφέρουν να σκοράρουν μεγαλύτερη βαθμολογία από το όριο των 80 βαθμών, προχωρούν στο επόμενο βήμα. Το εργαλείο, σε αυτό το στάδιο, παρουσιάζει προτροπές στους μαθητές για τον τρόπο που θα πρέπει να εκτελέσουν το πείραμά τους, καθώς επίσης, ενθαρρύνονται να κρατάνε σημειώσεις για αυτά που παρατηρούν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Η αξιολόγηση του συγκεκριμένου εργαλείου έχει δείξει ότι οι μαθητές που το χρησιμοποίησαν τα πήγαν καλύτερα κατά τη μαθησιακή διαδικασία από τους μαθητές που έλαβαν εναλλακτική καθοδήγηση, υπό τη μορφή βημάτων που έπρεπε να ακολουθήσουν.

Ένα άλλο σημείο στο οποίο χρειάζονται καθοδήγηση οι μαθητές στη φάση της Διερεύνησης, είναι ο καθορισμός και η διαχείριση των μεταβλητών σε ένα πείραμα. Προκειμένου να μπορέσουν να πετύχουν αυτόν τον στόχο, ένα εργαλείο που ενσωματώνεται στο λογισμικό Model-It, συγκεκριμένα το Dynamic Testing, φάνηκε ότι οδήγησε σε αυξημένη αλληλεπίδραση των μαθητών με το μοντέλο του φαινομένου που μελετούσαν, βοηθώντας τους, περαιτέρω, στην ανίχνευση σφαλμάτων, καθώς επίσης είχαν τη δυνατότητα να τρέξουν το μοντέλο τους όσες φορές ήθελαν (Fretz et al., 2002). Επιπρόσθετα, ένας πίνακας ενεργειών, όπως είναι το Monitoring tool του περιβάλλοντος SIMQUEST (van Joolingen & de Jong, 2003), επιτρέπει στους μαθητές να επιβλέπουν τα πειράματα που πραγματοποιούν, έχοντας πρόσβαση σε έναν συγκεντρωτικό πίνακα που παρουσιάζει τις τιμές για όλες τις εμπλεκόμενες μεταβλητές.

Πέρα από τη σημαντικότητα της ορθής διεξαγωγής των πειραμάτων στη φάση της Διερεύνησης, είναι εξίσου σημαντικό οι μαθητές να καταφέρουν να επεξεργαστούν με αποτελεσματικό τρόπο τα δεδομένα που συλλέγουν. Ένα παράδειγμα εργαλείου που εντοπίζεται στη βιβλιογραφία και εξυπηρετεί το σκοπό αυτό, είναι το Data Interpretation

scaffold του BGuILE (Smith & Reiser, 1997), στο οποίο οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν συγκεκριμένες ερωτήσεις που στόχο έχουν την ερμηνεία των δεδομένων που προκύπτουν από τον πειραματισμό. Αν και δεν υπάρχουν εμπειρικά δεδομένα από τη χρήση αυτού του εργαλείου, οι Zacharia et al. (2015), αναγνωρίζουν ότι είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη διαδικασία ερμηνείας δεδομένων, εφόσον οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες όσον αφορά αυτό τον στόχο (π.χ., de Jong, 2006a).

Γενικά μιλώντας, η φάση της Διερεύνησης, κρίνεται ως η φάση του κύκλου διερώτησης που συγκεντρώνει περισσότερη καθοδήγηση, συγκριτικά με τις άλλες φάσεις (Zacharia et al., 2015). Συγκεκριμένα, σε αυτή τη φάση κατηγοριοποιούνται αρκετές προτροπές (π.χ., Lin & Lehman, 1999; Puntambekar & Kolodner, 2005; Woolf et al., 2002) και ευρετικές μέθοδοι (π.χ., Chang et al., 2008; Dunbar, 2000; Klahr, Fay, & Dunbar, 1993; Marschner, Thillmann, Wirth, & Leutner, 2012; Schunn & Anderson, 1999; Veermans et al., 2006), καθώς επίσης και μέσα καθοδήγησης που κατηγοριοποιούνται στην κατηγορία του περιορισμού διαδικασίας (π.χ., Fretz et al., 2002; Löhner, van Joolingen, & Savelsbergh, 2003; Quinn & Alessi, 1994; Wu, 2010).

Παρά το γεγονός ότι η φάση της Διερεύνησης υποστηρίζεται από διάφορες μορφές καθοδήγησης, εντούτοις, η περαιτέρω ανάπτυξη και η αξιολόγηση υποστηρικτικών εργαλείων συνίσταται, δεδομένου ότι στη φάση αυτή οι μαθητές εμπλέκονται με αρκετές και σύνθετες διαδικασίες. Εκτός από αυτό, οι μαθητές σε αυτή τη φάση φαίνεται να αντιμετωπίζουν τις περισσότερες δυσκολίες. Συγκεκριμένα, δυσκολεύονται να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν δίκαια πειράματα, να κάνουν προβλέψεις, να ερμηνεύσουν τα δεδομένα τους, να τα συνδέσουν με τις υποθέσεις τους και να συνδέσουν τα ευρήματα από τα πειράματά τους με έναν ευρύτερο και μακροπρόθεσμο ερευνητικό σχεδιασμό (de Jong, 2006a).

2.2.4 Καθοδήγηση στη φάση του Συμπεράσματος

Η καθοδήγηση στη φάση του Συμπεράσματος είναι, επίσης, σημαντική, για το λόγο ότι οι μαθητές σε αυτή τη φάση κάνουν μια προσπάθεια να αποδώσουν νόημα στα ευρήματα της διερεύνησής τους, αποδεικνύοντας με αυτόν τον τρόπο τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών για το φαινόμενο που μελετούν. Έτσι λοιπόν, η παρουσία μέσω καθοδήγησης επιβάλλεται, έτσι ώστε οι μαθητές να οδηγηθούν σε ορθά συμπεράσματα κατά την ολοκλήρωση της διερώτησης. Μια μορφή καθοδήγησης που εντοπίζεται για το σκοπό αυτό είναι οι προτροπές και συγκεκριμένα, οι McNeill, Lizotte, Krajcik και Marx

(2006) κάνουν λόγο για ένα είδος προτροπής που υποστηρίζει τους μαθητές κατά τη διατύπωση επιστημονικών επεξηγήσεων για ένα φαινόμενο. Ειδικότερα, οι μαθητές κλήθηκαν να διατυπώσουν τις επεξηγήσεις τους ακολουθώντας τη δομή ισχυρισμός-απόδειξη-συλλογισμός (claim-evidence-reasoning). Σημαντικό εύρημα από την εξέταση της επίδρασης αυτού του είδους καθοδήγησης, είναι ότι σταδιακά, καθώς ο βαθμός καθοδήγησης μειωνόταν, οι μαθητές απέκτησαν τη δεξιότητα διατύπωσης επιστημονικών επεξηγήσεων.

Μια άλλη μορφή καθοδήγησης για παροχή στήριξης κατά την εξαγωγή συμπερασμάτων, είναι το υποστηρικτικό εργαλείο ExplanationConstructor, που περιλαμβάνεται στο περιβάλλον BGuILE (Reiser, Tabak, Sandoval, Smith, Steinmuller, & Leone, 2001). Το εργαλείο αυτό απαιτεί από τους μαθητές να συνδέσουν τα δεδομένα τους με τις επεξηγήσεις τους, κάτι που σύμφωνα με τον de Jong (2006b), σημαίνει ότι συνδέουν τους ισχυρισμούς τους με αποδεικτικά στοιχεία που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της διερεύνησης. Το ExplanationConstructor χαρακτηρίζεται ως ένα αποτελεσματικό υποστηρικτικό εργαλείο, αφού μέσα από εμπειρική έρευνα διαπιστώθηκε ότι οδήγησε τους μαθητές σε μια επιτυχημένη μετατόπιση από τη διερεύνηση στην επεξήγηση ενός φαινομένου (Reiser et al., 2001). Οι δύο μορφές καθοδήγησης που έχουν αναφερθεί πιο πάνω, αν συνδυαστούν, πιστεύεται ότι θα οδηγήσουν σε καλύτερα αποτελέσματα για τη μάθηση με διερώτηση (Zacharia et al., 2015).

Επιπρόσθετα, ένας άλλος συνδυασμός μέσων καθοδήγησης, ο οποίος ενδεχομένως να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα των μαθητών κατά την εξαγωγή των συμπερασμάτων τους, είναι ένας πίνακας ενεργειών μαζί με ειδικά σχεδιασμένα υποστηρικτικά εργαλεία, όπως αυτό που χρησιμοποιείται στο περιβάλλον Tuolumne River Module (Woolf et al., 2002). Ειδικότερα, αφού οι μαθητές έχουν ολοκληρώσει την ανάλυση και την ερμηνεία των δεδομένων τους, θα ήταν χρήσιμο, κατά τη φάση του Συμπεράσματος, να έχουν πρόσβαση σε έναν συγκεντρωτικό πίνακα που να παρουσιάζει όλες τις πειραματικές δοκιμές που έχουν υλοποιηθεί. Επιπλέον, παρόμοια λειτουργία εξυπηρετεί και το εργαλείο Monitoring tool (van Joolingen & de Jong, 2003), που έχει εισηγηθεί και σε προηγούμενη φάση, συγκεκριμένα στη φάση της Διερεύνησης. Εντούτοις, κάτι τέτοιο δεν έχει εξεταστεί εμπειρικά και συνεπώς, ο σχεδιασμός και η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας ενός τέτοιου συνδυασμού θα μπορούσε να αποτελέσει ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον πεδίο έρευνας.

2.2.5 Καθοδήγηση στη φάση της Συζήτησης

Η φάση της Συζήτησης, παρόλο που μπορεί να θεωρηθεί ότι περιλαμβάνει συνοπτικές διαδικασίες για το κλείσιμο του κύκλου της διερώτησης, εντούτοις είναι μια ιδιαίτερα απαιτητική φάση. Επιπλέον, επισημαίνεται ότι η φάση αυτή μπορεί να λάβει χώρα στο τέλος ενός κύκλου διερώτησης, καθώς επίσης και κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται σε άλλες φάσεις. Ο αναστοχασμός και η επικοινωνία πληροφοριών, κατ' αυτόν τον τρόπο, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο κατά πόσο τελικά οι μαθητές θα ολοκληρώσουν με επιτυχία, από την αρχή μέχρι το τέλος, την έρευνά τους. Συνεπώς, η παρουσία καθοδήγησης και σε αυτή τη φάση είναι κάτι που πρέπει να τύχει ιδιαίτερης προσοχής, κυρίως όταν οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με τις δεξιότητες αναστοχασμού και επικοινωνίας.

Προκειμένου οι μαθητές να αναστοχαστούν για τη διαδικασία που ακολούθησαν και για τα ευρήματα στα οποία κατέληξαν, το Evidence Palette και Belief Meter (Lajoie, Guerrera, Munsie, & Lavigne, 2001) προωθεί συλλογιστικές στρατηγικές που καθιστούν τους μαθητές ικανούς να κρίνουν κατά πόσο ολοκλήρωσαν ορθά όλες τις απαιτούμενες ενέργειες, καθώς επίσης να σκεφτούν αν έχουν επαρκή δεδομένα για να στηρίξουν τα συμπεράσματά τους. Παράλληλα, ένας άλλος τρόπος για να αναστοχαστούν οι μαθητές είναι μέσω του Argumentation Palette (Lajoie et al., 2001), όπου σε αυτή την περίπτωση συγκρίνουν τα συμπεράσματά τους με επιστημονικά αποδεκτά, τα οποία προέρχονται, είτε κατευθείαν από τον εκπαιδευτικό, ή από άλλους εμπειρογνώμονες. Ειδικότερα, οι μαθητές ενδέχεται α) να οργανώσουν αποδεικτικά στοιχεία, ούτως ώστε να ενισχύσουν την αιτιολόγηση των συμπερασμάτων τους, β) να κατασκευάσουν επιχειρήματα τα οποία θα στηρίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία, γ) να συγκρίνουν τα επιχειρήματά τους με τα επιχειρήματα άλλων επιστημόνων και δ) να αναστοχαστούν για τα δικά τους επιχειρήματα σε σύγκριση με τα επιχειρήματα των ειδικών. Παρόλο που και τα δύο πιο πάνω παραδείγματα καθοδήγησης είναι αποτελεσματικά για το σκοπό που έχουν σχεδιαστεί, εντούτοις, ο συνδυασμός τους μπορεί να ενισχύσει περαιτέρω τη μάθηση και τις αναστοχαστικές δεξιότητες των μαθητών και θα ήταν καλό να αποτελέσει αντικείμενο περαιτέρω διερεύνησης.

Δύο άλλα μέσα καθοδήγησης που παρέχουν σημαντική στήριξη στη φάση της Συζήτησης, είναι οι προτροπές για αναστοχασμό που αξιοποιήθηκαν από τους Eckhardt et al. (2013) και το Science Writing Heuristics (SWH), που αναφέρει ο Hand, Wallace και Yang (2004). Οι προτροπές έχουν σαν στόχο να ενθαρρύνουν τους μαθητές να αξιολογήσουν τις

διαδικασίες που ακολούθησαν, επεξηγώντας παράλληλα τον συλλογισμό τους. Πραγματοποιώντας αυτού του είδους αυτοαξιολόγηση, οι μαθητές βελτιώνουν τις γνώσεις τους για το θέμα που διερευνούν (Eckhardt et al., 2013). Παρόμοια αποτελέσματα ως προς την ενίσχυση των γνώσεων περιεχομένου, παρουσιάζει και η χρήση του SWH, ενώ παράλληλα, σε αυτή την περίπτωση οι μαθητές παρουσιάζουν αυξημένο επίπεδο μεταγνωστικών δεξιοτήτων (Hand et al., 2004) και κατανοούν καλύτερα τη φύση της επιστήμης (Keys, 2000; Keys, Hand, Prain, & Collins, 1999). Ο τρόπος με τον οποίο αξιοποιείται το SWH, είναι η παρουσίαση σημείων τα οποία οι μαθητές καλούνται να αναπτύξουν σε γραπτό λόγο και καλύπτουν θέματα τα οποία έτυχαν χειρισμού κατά τη διάρκεια της έρευνας, όπως, ποια ήταν τα ερωτήματα, πώς απαντήθηκαν μέσα από πειραματισμό και ποιες παρατηρήσεις έγιναν, ενώ, επίσης, υπάρχουν ερωτήματα για αναστοχασμό (Hand et al., 2004; Keys, 2000; Keys et al., 1999). Το σύνολο των θεμάτων αυτών, αποτελεί στο τέλος ένα είδος αυτοαναφοράς.

Συνοψίζοντας, οι προτροπές και οι ευρετικές μέθοδοι φαίνεται να προτιμώνται σε αυτή τη φάση, αλλά σύμφωνα με τους Zacharia et al. (2015) και άλλες μορφές καθοδήγησης, όπως είναι ο πίνακας ενεργειών και περισσότερα υποστηρικτικά εργαλεία, μπορεί να διευκολύνουν ακόμα περισσότερο τις διαδικασίες που έχουν να πραγματοποιήσουν οι μαθητές σε αυτή τη φάση. Το σημαντικό για τη φάση της Συζήτησης είναι να διασφαλιστεί ότι οι μαθητές παραμένουν στον βασικό στόχο της διερεύνησής τους, συνεπώς οποιαδήποτε μορφή καθοδήγησης χρησιμοποιείται, πρέπει να υποστηρίζει τους μαθητές με τρόπο ώστε, να αντλούν μέσα από τη συζήτηση τις πληροφορίες που τους υπολείπονται, ή να αναστοχάζονται ανά πάσα στιγμή για την πορεία της εργασίας τους.

2.2.6 Καθοδήγηση σε περισσότερες από μία φάσεις του κύκλου διερώτησης

Οι μορφές καθοδήγησης που εντοπίζονται στη βιβλιογραφία δεν αντιστοιχούν απαραίτητα σε μια και μοναδική φάση του κύκλου διερώτησης, εφόσον περιλαμβάνουν στοιχεία που ανταποκρίνονται σε διαφορετικές διαδικασίες ταυτόχρονα. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων και είναι σημαντικό να γίνει μια αναφορά σε αυτά, για το λόγο ότι μερικά είναι, μάλιστα, αποτελεσματικά. Για παράδειγμα, το Belvedere inquiry diagram (de Jong, 2006b), αποτελεί ένα διάγραμμα, τύπου εννοιολογικού χάρτη, στο οποίο οι μαθητές πρέπει να συνδέσουν τα δεδομένα τους με τις προκαθορισμένες υποθέσεις, οι οποίες υπάρχουν ήδη στο διάγραμμα. Με αυτό τον τρόπο, οι μαθητές μπορούν στη συνέχεια να αιτιολογήσουν κατά πόσο μια υπόθεση γίνεται αποδεκτή ή απορρίπτεται. Για το λόγο ότι η συγκεκριμένη μορφή καθοδήγησης διασπά έναν σύνθετο

στόχο σε πιο μικρά και απλοποιημένα στάδια, κατηγοριοποιείται ως περιορισμός διαδικασίας (Zacharia et al., 2015). Οι μαθητές που εργάστηκαν με το Belvedere inquiry diagram, κατάφεραν να εξωτερικεύσουν πιο ολοκληρωμένους συλλογισμούς κατά την αιτιολόγηση των συμπερασμάτων τους (Toth, Suthers, & Lesgold, 2002). Ένα ακόμα παράδειγμα αποτελεσματικής καθοδήγησης υπό τη μορφή περιορισμού διαδικασίας είναι το Process Coordinator, το οποίο μοιάζει με ένα μοντέλο που περιλαμβάνει τους μαθησιακούς στόχους, μερικές προτροπές και άλλα στοιχεία/ενδείξεις, τα οποία στο σύνολο τους θα βοηθήσουν τους μαθητές να ολοκληρώσουν την έρευνά τους (Manlove et al., 2007). Το Process Coordinator παρουσιάζει, ωστόσο, μεικτά αποτελέσματα ως προς τη χρησιμότητά του στη μάθηση, αφού οδήγησε τους μαθητές σε καλύτερη προετοιμασία των τελικών τους εργαστηριακών αναφορών, αν και τα αποτελέσματα δεν ήταν το ίδιο καλά ως προς την κατασκευή των εννοιολογικών τους μοντέλων.

Οι προτροπές είναι μια άλλη μορφή καθοδήγησης που ενσωματώνεται πολύ συχνά σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα, κυρίως γιατί είναι μια απλή μορφή καθοδήγησης που παρέχεται μέσω κειμένου. Επιπρόσθετα, λόγω αυτού του πλεονεκτήματος, μια προτροπή ενδεχομένως να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περισσότερες φάσεις του κύκλου διερώτησης, όπως για παράδειγμα η καθοδήγηση των μαθητών να υπογραμμίζουν τις σημαντικές πληροφορίες ή στοιχεία που συναντούν σε ένα μαθησιακό περιβάλλον και να κρατάνε σημειώσεις για αυτά, με σκοπό να τα χρησιμοποιήσουν σε κάποιο άλλο σημείο του μαθήματος (Lee et al., 2010). Ακόμα, εντοπίζονται προτροπές που ζητούν από τους μαθητές να δώσουν εξηγήσεις κατά την εκτέλεση των πειραμάτων τους και προτροπές που βοηθούν στην οργάνωση της σκέψης κατά τη διαμόρφωση των επεξηγήσεων που δίνουν οι μαθητές, κατά τη διάρκεια και το κλείσιμο ενός κύκλου διερώτησης (Wichmann & Leutner, 2009). Τέλος, υπάρχουν και προτροπές που μοιάζουν περισσότερο με συμβουλές, όπως για παράδειγμα η προτροπή για ορθολογική αξιοποίηση του χρόνου για εκτέλεση μιας διαδικασίας, οι οποίες συμβουλές έχουν περισσότερο έναν μεταγνωστικό χαρακτήρα για τη μάθηση με διερώτηση (Stahl & Bromme, 2009). Παρά το γεγονός ότι τέτοιου είδους προτροπές φαίνεται να προωθούν σημαντικές μεταγνωστικές δεξιότητες, εντούτοις, δεν έχει εντοπιστεί θετική επίδραση από τη χρήση τους στην επίδοση και τις γνώσεις που αποκτούν οι μαθητές (Stahl & Bromme, 2009).

Εκτός από τις προτροπές, η παρουσία μερικών σημαντικών ευρετικών μεθόδων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα στάδια του κύκλου διερώτησης. Ένα αντιπροσωπευτικό

παράδειγμα, εντοπίζεται από τον de Jong (2006b) και αναφέρεται στην παροχή στρατηγικών για τη διεκπεραίωση κάθε σταδίου της διερώτησης από τους μαθητές, έτσι ώστε να είναι ικανοί να διέρχονται από τον έναν στόχο στον άλλο με ομαλό και δομημένο τρόπο. Ακόμα, η χρήση μορφών καθοδήγησης της άμεσης παρουσίασης πληροφοριών, όπως είναι το γλωσσάρι (Kyza et al., 2007) και οι πολυμεσικές επεξηγήσεις (Veermans, 2003), μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες φάσεις της διερώτησης, διασφαλίζοντας ότι οι μαθητές έχουν, ανά πάσα στιγμή, πρόσβαση σε βασικές πληροφορίες που χρειάζονται για την ολοκλήρωση του κύκλου διερώτησης.

Οι διάφορες φάσεις του κύκλου διερώτησης μπορεί να πλαισιώνονται από υποστηρικτικά εργαλεία, τα οποία παρέχουν τη δομή και κατάλληλη καθοδήγηση για στάδια και διαδικασίες που, τελικά, εμπίπτουν σε περισσότερες από μια φάσεις του κύκλου διερώτησης. Παραδείγματα τέτοιων εργαλείων έχουν εντοπιστεί από τους Zacharia et al. (2015) και είναι σημαντικό ότι αρκετά από αυτά είναι αποτελεσματικά και χρήσιμα για τη μάθηση με διερώτηση. Τα περισσότερα από αυτά τα εργαλεία εντοπίζονται σε ολοκληρωμένα μαθησιακά περιβάλλοντα ή εκπαιδευτικά λογισμικά, όπως το SimBioSee (Eckhardt et al., 2013), Microsoft Encarta (Azevedo, Cromley, & Seibert, 2004), Ontdeknet e-learning environment (Molenaar et al., 2010), Web knowledge forum (Oshima, Oshima, Murayama, Inagaki, Takenaka, Yamamoto et al., 2006), Co-Lab (de Jong, 2006b; Löhner et al., 2003) και Smithtown (Shute & Glaser, 1990).

Ειδικότερα, στο περιβάλλον SimBioSee αξιοποιήθηκε ένα εργαλείο που συνδύαζε την υποστήριξη κατά την ερμηνεία των δεδομένων και την αυτορρύθμιση της μάθησης. Για το σκοπό αυτό, για να διευκολυνθούν οι μαθητές κατά την ερμηνεία των δεδομένων τους, κλήθηκαν να δώσουν εξηγήσεις για τα δεδομένα, καθώς επίσης, λάμβαναν πληροφορίες για την ερμηνεία που έδιναν άλλοι εμπειρογνώμονες, ενώ για σκοπούς αυτορρύθμισης της μάθησης, απαντούσαν σε ένα ερωτηματολόγιο αυτοαξιολόγησης, δίνοντας εξηγήσεις για τις απαντήσεις τους. Ο συνδυασμός της καθοδήγησης για τις δύο αυτές διαδικασίες οδήγησε, τελικά, σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα, ωστόσο η παροχή καθοδήγησης σε μία από αυτές τις διαδικασίες ξεχωριστά, με τον τρόπο που περιγράφεται πιο πάνω, είναι προτιμότερη (Eckhardt et al., 2013).

Κατά τη χρήση ενός πολυμεσικού μαθησιακού περιβάλλοντος, οι μαθητές λάμβαναν υποστήριξη για την αυτορρύθμιση της μάθησης σε σχέση με τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση της μαθησιακής διαδικασίας. Τελικά, οι μαθητές παρουσίασαν βελτίωση ως προς την εννοιολογική κατανόηση και τη ρύθμιση της πορείας που ακολούθησαν

(Azevedo et al., 2004). Στο περιβάλλον Ontdeknet, οι μαθητές έλαβαν καθοδήγηση που, είτε τους παρείχε τη δομή που χρειάζονταν για να ολοκληρώσουν μεταγνωστικές δραστηριότητες, είτε τους παρείχε προβληματισμό για τον ίδιο σκοπό. Τελικά, η διαφοροποίηση της καθοδήγησης δεν επηρέασε την αποτελεσματικότητα των μαθητών ως προς τις δραστηριότητες που κλήθηκαν να εκτελέσουν (Molenaar et al., 2010), κάτι που συνεπάγεται, ενδεχομένως, ότι και οι δύο συνθήκες μπορεί να αξιοποιηθούν όταν οι μαθητές δεν έχουν ανεπτυγμένες μεταγνωστικές δεξιότητες.

Το λογισμικό Web knowledge forum, αποτελεί ένα χώρο στον οποίο οι μαθητές κρατούσαν σημειώσεις για τις ιδέες και τις σκέψεις τους, πρόσθεταν εικόνες και βίντεο συνδέοντας τα μεταξύ τους, ενώ παράλληλα, είχαν δυνατότητες επικοινωνίας με άλλους μαθητές. Η δημιουργία της βάσης δεδομένων από τις προσθήκες κάθε μαθητή, αξιοποιήθηκε τελικά από τους ίδιους τους μαθητές για αναζήτηση νέων ιδεών (Oshima et al., 2006). Παρόλα αυτά δεν υπάρχει κάποιο άλλο στοιχείο που να αποδεικνύει εμπειρικά τα μαθησιακά οφέλη από την ενασχόληση των μαθητών με το συγκεκριμένο περιβάλλον.

Στο περιβάλλον του Co-Lab αξιοποιήθηκε ένα εργαλείο γραφικής αναπαράστασης που επέτρεπε στους μαθητές να αναπαραστήσουν, σε πρώτο στάδιο, τις αρχικές τους ιδέες για το υπό μελέτη θέμα, έπειτα να εξάγουν υποθέσεις για εξέταση, είτε ως ένα μέρος του αρχικού τους μοντέλου ή ολόκληρου του μοντέλου και εν κατακλείδι, να αναπαραστήσουν το τελικό τους μοντέλο. Το συγκεκριμένο εργαλείο φαίνεται να εξυπηρετεί το σκοπό για τον οποίο έχει σχεδιαστεί και μάλιστα, υποστηρίζεται ότι η χρήση του είναι σημαντική για την υποστήριξη των μαθητών (de Jong, 2006b; Löhner et al., 2003).

Τέλος, το περιβάλλον Smithtown αποτελεί ένα σύστημα παροχής καθοδήγησης ανάλογα με τις ενέργειες κάθε χρήστη, στόχος του οποίου είναι η συστηματική και επιστημονική ανακάλυψη των νόμων που περιγράφουν ένα φαινόμενο. Ο τρόπος αυτός, για υποστήριξη των μαθητών, είχε σαν αποτέλεσμα οι μαθητές να αυξήσουν τις γνώσεις τους για το φαινόμενο που διδάχθηκαν (Shute & Glaser, 1990).

Ολοκληρώνοντας την παρουσίαση των σημαντικών μορφών καθοδήγησης που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία, όσον αφορά τις διάφορες επιλογές που μπορεί να ενσωματώνονται σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης, δίνεται στη συνέχεια έμφαση στα υποστηρικτικά εργαλεία και στις απαιτητικές πρακτικές της διερώτησης που είναι υπό έμφαση στην παρούσα διατριβή.

2.3 Υποστηρικτικά εργαλεία

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, οι μαθητές αντιμετωπίζουν αρκετές δυσκολίες κατά τη μάθηση με διερώτηση, η οποία, τελικά, χαρακτηρίζεται ως μια πολύπλοκη και σύνθετη διαδικασία. Για αυτό λοιπόν τον λόγο, οι μαθητές χρειάζονται διάφορες μορφές καθοδήγησης και υποστήριξης, που θα τους βοηθήσουν να κατανοήσουν τις σύνθετες διαδικασίες που εμπλέκονται στη μάθηση με διερώτηση, να διαχειριστούν τις διερευνήσεις τους και τις διαδικασίες επίλυσης προβλήματος, να εκφράσουν τις σκέψεις τους και να προβληματιστούν σχετικά με τη μαθησιακή πορεία που ακολουθούν (Alfieri et al., 2011; Quintana et al., 2004). Γενικά μιλώντας, η υποστήριξη στη βιβλιογραφία, εμφανίστηκε ως η διαδικασία κατά την οποία ο εκπαιδευτικός ή ένας έμπειρος συνομήλικος, με περισσότερες γνώσεις, παρέχει βοήθεια που καθιστά ικανό έναν μαθητή να διεκπεραιώσει έναν δύσκολο στόχο, ο οποίος διαφορετικά δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί (Wood et al., 1976). Κατ' αυτόν τον τρόπο, η καθοδήγηση μπορεί να παρέχεται ως ένα στρατηγικό σχέδιο που θα βοηθήσει τους μαθητές να καθορίσουν τους κατάλληλους στόχους που πρέπει να ολοκληρώσουν, ή ακόμα η καθοδήγηση μπορεί να αναφέρεται σε εκείνες ακριβώς τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν, ώστε να ολοκληρωθεί ένας στόχος (Quintana et al., 2004).

Ενώ παραδοσιακά η έννοια της υποστήριξης αναφέρεται στην καθοδήγηση που προέρχεται από ανθρώπινο παράγοντα, ωστόσο, λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας και της ενσωμάτωσής της στην εκπαιδευτική πρακτική, η έννοια της υποστήριξης έχει διευρυνθεί. Πλέον, για την αντιμετώπιση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές, καθώς εργάζονται σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα, όπως είναι τα περιβάλλοντα που ενσωματώνουν τον εικονικό πειραματισμό, η καθοδήγηση μπορεί να λάβει διάφορες μορφές (Gijlers & de Jong, 2013; Quintana & Fishman, 2006), μία από τις οποίες είναι τα υποστηρικτικά εργαλεία (de Jong & Lazonder, 2014). Έτσι λοιπόν, όπως συμβαίνει και με τον παραδοσιακό τρόπο υποστήριξης, η ιδέα είναι ότι το έργο που πρέπει να επιτελέσει ένας μαθητής τροποποιείται με τέτοιο τρόπο, ούτως ώστε να καταστεί δυνατόν να ελεγχθεί και να υλοποιηθεί από τους μαθητές (Quintana et al., 2004). Αναλυτικότερα, όπως έχει αναφερθεί και στην εισαγωγή της παρούσας διατριβής, τα υποστηρικτικά εργαλεία ορίζονται ως ειδικά σχεδιασμένες τεχνολογικές εφαρμογές που βοηθούν τους μαθητές να διεκπεραιώσουν μια διαδικασία μάθησης, με τη διάρθρωση και την υποστήριξη της διαδικασίας στις δραστηριότητες που εμπλέκονται σε αυτήν. Η χρήση τους συστήνεται,

κυρίως, όταν μια διαδικασία είναι ιδιαίτερα περίπλοκη για τους μαθητές ή ακόμα όταν οι μαθητές δεν έχουν τις κατάλληλες δεξιότητες για να ολοκληρώσουν μια διαδικασία από μόνοι τους.

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη των υποστηρικτικών εργαλείων πραγματοποιείται προτού οι μαθητές έρθουν σε επαφή με τον στόχο που υποστηρίζεται (Belland, 2014). Για αυτό το λόγο οι σχεδιαστές υποστηρικτικών εργαλείων πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους διάφορες πτυχές που σχετίζονται με τον στόχο που καλείται ένα υποστηρικτικό εργαλείο να πλαισιώσει, καθώς επίσης, πρέπει να γνωρίζουν τις ικανότητες και ανάγκες του μαθησιακού πληθυσμού που θα το χρησιμοποιήσει. Αναλυτικότερα, προτού αρχίσει η διαδικασία ανάπτυξης ενός εργαλείου πρέπει να προηγείται σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας που το εργαλείο θα προωθή (Murray, 1999; Quintana, Krajcik, & Soloway, 2003), έπειτα να προβλεφθούν οι δυσκολίες που ενδεχομένως οι μαθητές να παρουσιάσουν κατά τη χρήση του εργαλείου (Baker, Corbett, & Koedinger, 2007; Quintana et al., 2003) και να αναπτυχθούν στρατηγικές που θα βοηθήσουν τους μαθητές να ξεπεράσουν τις δυσκολίες αυτές και να επωφεληθούν από την εμπειρία που θα αποκτήσουν, καθώς ολοκληρώνουν την υποστηριζόμενη διαδικασία (Quintana et al., 2003). Επιπρόσθετα, είναι σημαντικό να καθορίζονται οι επιμέρους διαδικασίες του μαθησιακού στόχου που ένα εργαλείο υποστηρίζει (Koedinger & Alevan, 2007) και να λαμβάνονται υπόψη οι συνθήκες στις οποίες το εργαλείο θα αξιοποιηθεί (Akhras & Self, 2002; Belland & Drake, 2013).

Στα τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης τα υποστηρικτικά εργαλεία ενσωματώνονται με στόχο την παροχή καθοδήγησης σε διαφορετικές μαθησιακές διαδικασίες, οι οποίες εμπίπτουν σε διάφορα στάδια της διερώτησης, αλλά και για παροχή καθοδήγησης της διαδικασίας της επιστημονικής διερώτησης στο σύνολο της (Gijlers & de Jong, 2013). Ειδικότερα, κατάλληλα σχεδιασμένα υποστηρικτικά εργαλεία αξιοποιούνται, παραδείγματος χάρη, για παροχή βοήθειας κατά τη διατύπωση υποθέσεων (Gijlers & de Jong, 2009), κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων (de Jong et al., 2012), κατά την ερμηνεία δεδομένων (de Jong 2006b; Eckhardt et al, 2013; Veermans, 2003) και κατά τη δημιουργία και χρήση επιχειρημάτων (Zumbach, 2009).

Στην παρούσα διατριβή δίνεται έμφαση στην καθοδήγηση που παρέχεται μέσω υποστηρικτικών εργαλείων, για την αντιμετώπιση δυσκολιών που προκύπτουν κατά τη διατύπωση υποθέσεων (διαδικασία που εμπίπτει στη φάση της Εννοιολόγησης) και κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων και την επεξεργασία και ερμηνεία δεδομένων (διαδικασίες που

εμπίπτουν στη φάση της Διερεύνησης και ειδικότερα στις επιμέρους φάσεις του Πειραματισμού και της Ερμηνείας Δεδομένων, αντίστοιχα). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται συνοπτικά ορισμένα υποστηρικτικά εργαλεία που εντοπίστηκαν από τη βιβλιογραφία, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για παροχή βοήθειας στους μαθητές σε κάθε μία από τις επιστημονικές πρακτικές που αναφέρθηκαν πιο πάνω.

2.3.1 Υποστηρικτικά εργαλεία για τη διατύπωση υποθέσεων

Μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας εντοπίζονται τέσσερα σημαντικά υποστηρικτικά εργαλεία, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν την απαραίτητη δομή και καθοδήγηση στους μαθητές, ούτως ώστε να καταστούν ικανοί να διατυπώσουν επιστημονικά έγκυρες υποθέσεις. Από τα τέσσερα αυτά εργαλεία, υπάρχουν εμπειρικά δεδομένα για τα τρία. Ένα από αυτά τα εργαλεία είναι το Hypothesis Scratchpad (van Joolingen & de Jong, 1991). Στο συγκεκριμένο εργαλείο οι μαθητές κλήθηκαν να συμπληρώσουν δηλώσεις της μορφής Αν...τότε..., επιλέγοντας τις κατάλληλες μεταβλητές και σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών από τρεις διαφορετικούς πίνακες, μεταβλητών, συνθηκών και σχέσεων. Τελικά, η χρήση του Hypothesis Scratchpad δεν επέφερε τα αναμενόμενα θετικά αποτελέσματα για τη μάθηση και κρίθηκε ιδιαίτερα περίπλοκο για χρήση από τους μαθητές (van Joolingen & de Jong, 1991).

Γενικότερα όμως, εξετάζοντας προηγούμενες έρευνες, επικρατεί η άποψη ότι αν οι μαθητές λαμβάνουν ένα μενού το οποίο περιλαμβάνει τις απαραίτητες μεταβλητές για τη διεξαγωγή των πειραμάτων τους, τότε μπορεί να παρατηρηθεί βελτίωση της επίδοσης τους (Chang et al., 2008; de Jong, 2006a; Njoo & de Jong, 1993; van Joolingen & de Jong, 1991; 2003). Κάτι τέτοιο θα δώσει στους μαθητές, όχι μόνο τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για μια καλή υπόθεση, αλλά ταυτόχρονα τους παρέχει και τη δομή που πρέπει να έχει η υπόθεση. Προς αυτή την κατεύθυνση, οι Gijlers και de Jong (2009) αξιολόγησαν τα εργαλεία Shared Proposition Scratchpad και Shared Proposition Table. Το Shared Proposition Scratchpad αποτελείτο από πτυσσόμενα μενού που περιλάμβαναν μεταβλητές, σχέσεις και συνθήκες, οι οποίες μπορούσαν να επιλεγούν και να συνδυαστούν για να δημιουργηθούν οι υποθέσεις. Μια επιπρόσθετη λειτουργία του συγκεκριμένου εργαλείου, είναι ότι συνοδευόταν από έναν χώρο συνομιλίας για συζήτηση μεταξύ των μαθητών, όσον αφορά τις υποθέσεις που δημιουργούσαν. Από την άλλη, το Shared Proposition Table παρείχε στους μαθητές μια λίστα με προκαθορισμένες υποθέσεις, οι οποίες συνοδεύονταν από τρεις ερωτήσεις. Η πρώτη ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να αναφέρουν κατά πόσο ήταν εξοικειωμένοι με τη δήλωση, η δεύτερη ζητούσε από τους

μαθητές να δηλώσουν αν η υπόθεση είναι αληθής ή ψευδής και η τρίτη ερώτηση αν θα άξιζε να την ελέγξουν μέσω πειραματισμού. Ένα σημαντικό αποτέλεσμα που προέκυψε από τη σύγκριση των δύο αυτών εργαλείων είναι ότι, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το Shared Proposition Table παρουσίασαν γνωστικό πλεονέκτημα, αυξημένα κίνητρα όσον αφορά τον σχολιασμό και τις παρατηρήσεις που έκαναν και ξόδεψαν λιγότερο χρόνο συζητώντας τις διάφορες δηλώσεις που περιλαμβάνονταν στον πίνακα (Gijlers & de Jong, 2009).

Οι McGregor και Lou (2004), προκειμένου να ενισχύσουν την ικανότητα των μαθητών να εντοπίζουν και να οργανώνουν πληροφορίες που αφορούν ένα θέμα, αξιοποίησαν ένα εργαλείο χαρτογράφησης. Αυτό το είδος υποστηρικτικού εργαλείου μπορεί, κάλλιστα, να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό πιθανών σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών που περιγράφουν ένα φαινόμενο (Zacharia et al., 2015), παρέχοντας έτσι υποστήριξη κατά τη δημιουργία υποθέσεων. Για το σκοπό που αξιοποιήθηκε το εργαλείο χαρτογράφησης από τους MacGregor και Lou (2004), φάνηκε να είναι αποτελεσματικό, αφού βοήθησε τους μαθητές να οργανώσουν και να συνθέσουν τις πληροφορίες που εντόπισαν και συνεπώς οδηγήθηκαν σε ανώτερα επίπεδα μάθησης. Αντίστοιχα, ένα τέτοιο εργαλείο, ενδεχομένως να έχει εξίσου σημαντικά θετικά αποτελέσματα για τη δεξιότητα διατύπωσης υποθέσεων. Ωστόσο, δεν υπάρχουν ακόμα εμπειρικά δεδομένα που να εξετάζουν αυτό το ενδεχόμενο.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί μια προσπάθεια συνδυασμού δύο υποστηρικτικών εργαλείων για καθοδήγηση κατά τη διατύπωση υποθέσεων, για τα οποία όμως δεν υπάρχουν εμπειρικά δεδομένα για την αποτελεσματικότητά τους στη μάθηση. Τα εργαλεία αυτά περιλαμβάνονταν στο μαθησιακό περιβάλλον Tuolumne River και είναι τα Open Hypothesis Pad και Structured Hypothesis Tool (Woolf et al., 2002). Το πρώτο εργαλείο αποτελούσε ένα σημειωματάριο στο οποίο οι μαθητές καλούνταν να σημειώσουν τις αιτίες που προκαλούσαν το υπό μελέτη φαινόμενο και στη συνέχεια αξιοποιώντας αυτές τις σημειώσεις εργάστηκαν στο Structured Hypothesis Tool και διατύπωσαν τις υποθέσεις τους. Στο Structured Hypothesis Tool οι μαθητές προσδιόριζαν τις αιτίες και τις επιπτώσεις για τις υποθέσεις τους δημιουργώντας ένα διάγραμμα ροής με τη μετακίνηση κόμβων.

2.3.2 Υποστηρικτικά εργαλεία για τον σχεδιασμό δίκαιου πειράματος

Για την παροχή καθοδήγησης κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων υπάρχει μειωμένη αντιπροσώπευση της κατηγορίας των υποστηρικτικών εργαλείων (Zacharia et al., 2015).

Παρόλο που η πρακτική αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, για λόγους που επεξηγήθηκαν σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, εντούτοις, φαίνεται ότι δεν έχουν αναπτυχθεί εργαλεία που να στοχεύουν καθαρά στην παροχή της δομής και των στρατηγικών για τον σχεδιασμό δίκαιων πειραμάτων. Στη βιβλιογραφία εντοπίζεται μόνο ένα τέτοιο εργαλείο, το SCYED: Experimental Design Tool (van Joolingen et al., 2011; de Jong et al., 2012), το οποίο όμως δεν έχει διερευνηθεί εμπειρικά, ούτως ώστε να προκύψουν στοιχεία για την αποτελεσματικότητά του. Στο εργαλείο αυτό ο σχεδιασμός ενός πειράματος χωρίζεται σε διάφορα βήματα, για τα οποία οι μαθητές θα πρέπει να εισάγουν τις κατάλληλες πληροφορίες. Αρχικά, επιλέγουν τις μεταβλητές που θα διαχειριστούν στο πείραμα και για κάθε μεταβλητή αναφέρουν τις τιμές που θα πάρει κατά τη διάρκεια του πειράματος και έπειτα, περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο θα διεξάγουν το πείραμά τους, προσθέτοντας στην περιγραφή τους επιπρόσθετα στοιχεία, όπως τα μέσα και υλικά που θα χρειαστούν.

Ένα άλλο εργαλείο που θα μπορούσε να συνεισφέρει στην καθοδήγηση για τον σχεδιασμό πειραμάτων, είναι το Monitoring tool (Veermans, de Jong, & van Joolingen, 2000). Το εργαλείο αυτό είναι στην ουσία ένας χώρος υπό τη μορφή πίνακα, στον οποίο αποθηκεύονται τα πειράματα που έχουν εκτελέσει οι μαθητές και παρουσιάζονται, ουσιαστικά, οι μεταβλητές που εμπλέκονται στο πείραμα και οι τιμές τους. Οι μαθητές μπορούν να ταξινομήσουν τις μεταβλητές του πειράματος τους κατά φθίνουσα ή αύξουσα τιμή, έτσι ώστε να διευκολύνονται στη συνέχεια κάνουν τις παρατηρήσεις τους και επιπρόσθετα, μπορούν να επαναλάβουν ένα πείραμα εφόσον κάτι τέτοιο κριθεί αναγκαίο από τους ίδιους. Η λογική πίσω από τον σχεδιασμό του συγκεκριμένου εργαλείου συναντάται στο γεγονός ότι δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να επικεντρωθούν σε σημαντικές σχέσεις που είναι άμεσα συνδεδεμένες με το θέμα που μελετούν, αφού με την αυτόματη αποθήκευση των πειραματικών τους δοκιμών, μειώνεται το γνωστικό φορτίο κατά την εργασία τους στο στάδιο του πειραματισμού. Κατά συνέπεια, το Monitoring tool απαλείφει τη δυσκολία των μαθητών να θυμούνται όλες τις λεπτομέρειες για τα πειράματα που έκαναν, συμπεριλαμβανομένων των τιμών κάθε μεταβλητής, βοηθά στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων και ταυτόχρονα επιτρέπει στους μαθητές να κρίνουν κατά πόσο χρειάζεται να γίνουν περαιτέρω πειραματικές δοκιμές, που ενδεχομένως να είναι καταλληλότερες.

2.3.3 Υποστηρικτικά εργαλεία για τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων

Κατά την ερμηνεία των δεδομένων οι μαθητές μπορούν να δεχτούν υποστήριξη και καθοδήγηση μέσω οπτικοποιήσεων, όπως είναι για παράδειγμα οι γραφικές παραστάσεις.

Μάλιστα, η χρήση εργαλείων δημιουργίας γραφικών παραστάσεων προτείνεται ως μια αποτελεσματική μορφή καθοδήγησης των μαθητών στη φάση της Ερμηνείας Δεδομένων (Veermans, 2003). Στις πρώτες προσπάθειες για υποστήριξη αυτής της διαδικασίας σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα μάθησης, συγκαταλέγεται η προσπάθεια των Mokros και Tinker (1987), οι οποίοι αξιοποίησαν τον ηλεκτρονικό υπολογιστή για την παραγωγή διαγραμμάτων, που αποτελούν, ουσιαστικά, ένα είδος αναπαράστασης των αποτελεσμάτων μιας έρευνας. Στόχος της αξιοποίησης των διαγραμμάτων ήταν οι μαθητές να καταστούν ικανοί να ερμηνεύουν σύνθετα σετ δεδομένων, κάτι το οποίο τελικά επιτεύχθηκε. Ένας άλλος τρόπος παρουσίασης των αποτελεσμάτων που αποδείχτηκε χρήσιμος, είναι η οργάνωση τους σε έναν πίνακα (Zhang et al., 2004), όπου είναι ευκολότερο να παρατηρηθούν οι συγκρίσεις μεταξύ των μεταβλητών. Σε πιο πρόσφατες προσπάθειες για υποστήριξη των διαδικασιών δημιουργίας και ερμηνείας μιας γραφικής παράστασης, συνδυάστηκαν εργαλεία δημιουργίας γραφικών παραστάσεων με αυτόματη παροχή ανατροφοδότησης, κατά την οποία παρουσιαζόταν, ταυτόχρονα, το προβλεπόμενο και το ορθό διάγραμμα (Chang et al., 2008). Ο συνδυασμός αυτός αποδείχτηκε, τελικά, αποτελεσματικός, αφού οι μαθητές ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν τις διαφορές μεταξύ των δύο διαγραμμάτων και τελικά να αναθεωρήσουν το δικό τους.

Ωστόσο, η δημιουργία γραφικών παραστάσεων από τους ίδιους τους μαθητές, θεωρείται χρονοβόρα διαδικασία και είναι πολύ πιθανόν οι μαθητές να υποπέσουν σε λάθη. Για αντιμετώπιση αυτών των δύο περιορισμών, προτείνεται η αυτόματη παραγωγή γραφικών παραστάσεων από ένα εργαλείο, έτσι ώστε οι μαθητές να μην χρειάζεται να χειρίζονται τα πρωτογενή δεδομένα, ούτως ώστε να είναι σε θέση εξάγουν τα συμπεράσματά τους (van Joolingen et al., 2005). Ένα παράδειγμα τέτοιου εργαλείου είναι το Worldwatcher (Edelson et al., 1999), το οποίο αυτόματα παράγει γραφήματα από αληθινά δεδομένα που αφορούν τον καιρό και επιτρέπει στους μαθητές να κάνουν συγκρίσεις και να αντιλαμβάνονται την περιπλοκότητα των δεδομένων αυτών. Παρόλα αυτά, για το συγκεκριμένο εργαλείο δεν υπάρχουν εμπειρικά δεδομένα που να αποδεικνύουν κατά πόσο είχε θετική επίδραση στη μάθηση.

2.4 Συμπεράσματα

Σχολιάζοντας τα όσα παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας, είναι φανερό ότι τα τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης στις Φυσικές Επιστήμες συνοδεύονται από διάφορες μορφές καθοδήγησης για όλες τις φάσεις της διερώτησης, αρκετές από τις οποίες εξυπηρετούν αποτελεσματικά τον σκοπό τους. Ωστόσο, μια ιδιαίτερα υποσχόμενη μορφή καθοδήγησης είναι τα υποστηρικτικά εργαλεία, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν κατά την ενασχόληση των μαθητών με περίπλοκες και απαιτητικές διαδικασίες της διερώτησης. Δεδομένου ότι η διατύπωση υποθέσεων, ο σχεδιασμός πειραμάτων και η ερμηνεία δεδομένων είναι κρίσιμες επιστημονικές πρακτικές, αλλά και περίπλοκες για τους μαθητές, είναι χρήσιμο να αξιοποιούνται υποστηρικτικά εργαλεία που θα βοηθήσουν τους μαθητές να τις ολοκληρώσουν με επιτυχία και ταυτόχρονα να επωφελούνται σημαντικά σε διάφορες πτυχές της μάθησης. Η αναζήτηση υποστηρικτικών εργαλείων για αυτές τις επιστημονικές πρακτικές αποδεικνύει ότι υπάρχει ακόμα ελάχιστη γνώση για την αποτελεσματικότητά τους και χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση των χαρακτηριστικών που πρέπει να έχουν, ώστε να επιφέρουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα, τόσο σε επίπεδο γνώσεων όσο και σε επίπεδο δεξιοτήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

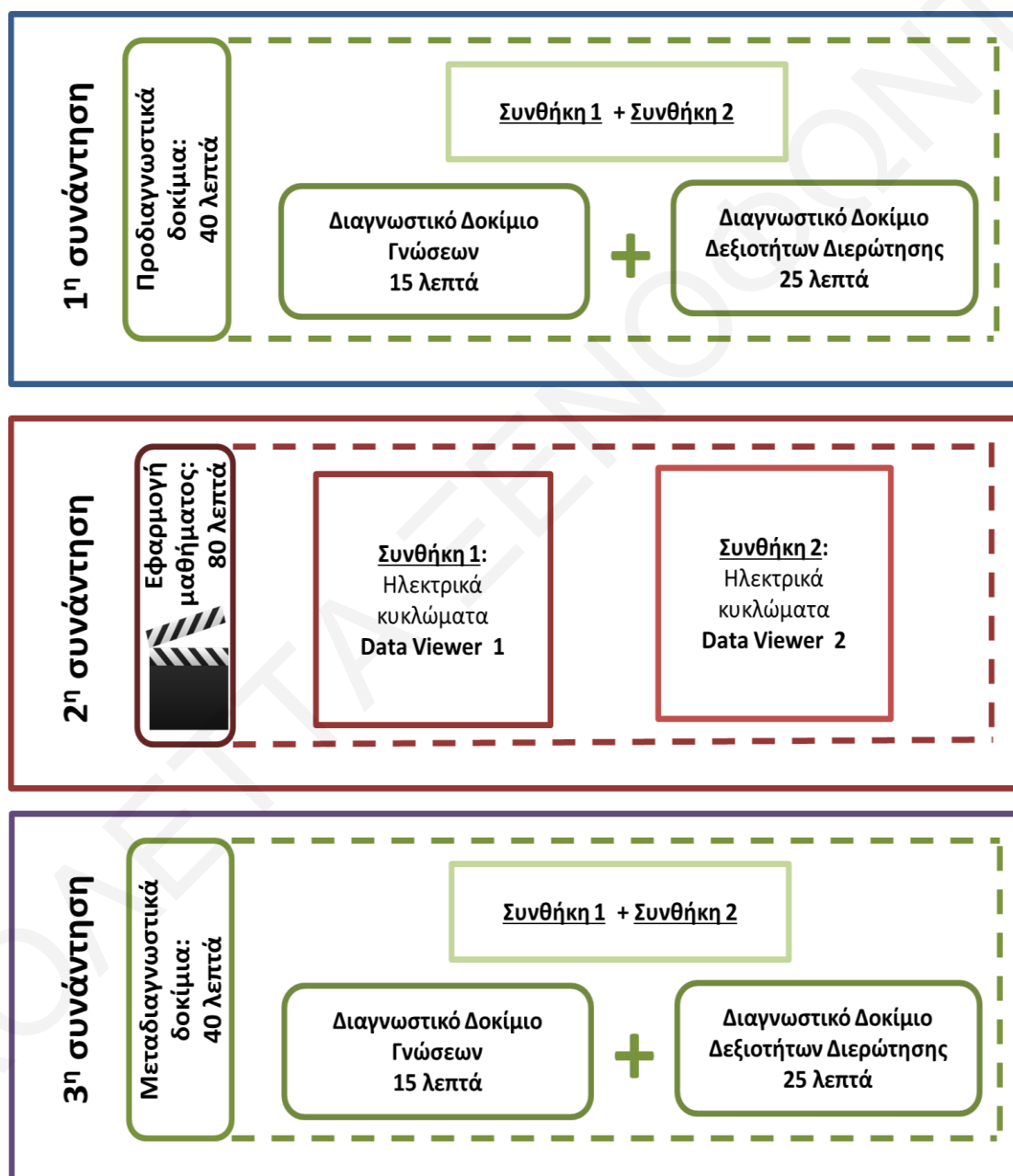
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ξεχωριστά υποκεφάλαια με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για κάθε μία από τις τέσσερις μελέτες της παρούσας διατριβής. Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι, για το σκοπό της κάθε μελέτης έχουν σχεδιαστεί Μαθησιακοί Χώροι Διερώτησης. Στα αγγλικά ο αντίστοιχος όρος είναι Inquiry Learning Spaces (ILSs). Ένα ILS είναι ένας συγκεκριμένος διαδικτυακός χώρος, του οποίου ο σχεδιασμός στηρίζεται στο θεωρητικό πλαίσιο του κύκλου της διερώτησης (Pedaste et al., 2015) και έχει σχεδιαστεί μέσω του εργαλείου συγγραφής του Go-Lab (de Jong, Sotiriou, & Gillet, 2014). Στο εργαλείο συγγραφής παρέχονται δυνατότητες προσθήκης εκπαιδευτικού υλικού και συγκεκριμένα κειμένου, βίντεο, ιστοσελίδων, υποστηρικτικών εργαλείων, εκπαιδευτικών εφαρμογών και εικονικών εργαστηρίων.

3.1 Μεθοδολογία μελέτης 1

3.1.1 Ερευνητικός σχεδιασμός

Στην πρώτη μελέτη συμμετείχαν 26 μαθητές Β΄ Λυκείου οι οποίοι παρακολούθησαν τρεις συναντήσεις, εκ των οποίων η πρώτη και η τρίτη είχαν διάρκεια περίπου 40 λεπτά και η δεύτερη περίπου 80 λεπτά. Οι μαθητές προέρχονταν από δύο διαφορετικά τμήματα και κάθε τμήμα υποβλήθηκε, με τυχαίο τρόπο, σε μία εκ των δύο συνθηκών της μελέτης. Η διαφοροποίηση των δύο συνθηκών αφορούσε την αξιοποίηση ενός υποστηρικτικού εργαλείου για παροχή καθοδήγησης κατά τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν δύο διαφορετικές εκδοχές του εν λόγω εργαλείου, η διαμόρφωση των οποίων διαφοροποιούσε τον βαθμό υποστήριξης που δέχονταν οι μαθητές και τον βαθμό προβληματισμού που προκαλείται από το ίδιο το εργαλείο, ώστε να ολοκληρωθεί η δραστηριότητα δημιουργίας γραφικών παραστάσεων. Ο βαθμός υποστήριξης στην πρώτη εκδοχή του εργαλείου ήταν μικρότερος σε σχέση με τη δεύτερη εκδοχή. Αυτό καθορίστηκε από τις μεταβλητές που εμφανίζονταν στο εργαλείο σε κάθε μία περίπτωση. Στην πρώτη εκδοχή το εργαλείο παρείχε αυτόματη πρόσβαση στις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, οι οποίες καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια τους πειράματος στο εικονικό εργαστήριο του μαθησιακού περιβάλλοντος, ενώ στη δεύτερη εκδοχή εμφανίζονταν όλες οι μεταβλητές που έτυχαν διαχείρισης κατά τον πειραματισμό και οι

μαθητές έπρεπε να επιλέξουν ποιες δύο θα συνδυάσουν για να κατασκευάσουν τη γραφική τους παράσταση. Στην πρώτη συνάντηση χορηγήθηκαν τα προδιαγνωστικά δοκίμια, γνώσης περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης, στη δεύτερη συνάντηση οι μαθητές ολοκλήρωσαν το παρεμβατικό μάθημα και στην τρίτη συνάντηση χορηγήθηκαν τα μεταδιαγνωστικά δοκίμια, που ήταν τα ίδια δοκίμια γνώσης περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης που δόθηκαν και στην πρώτη συνάντηση. Στο διάγραμμα πιο κάτω παρουσιάζεται σχηματικά ο ερευνητικός σχεδιασμός της μελέτης 1.



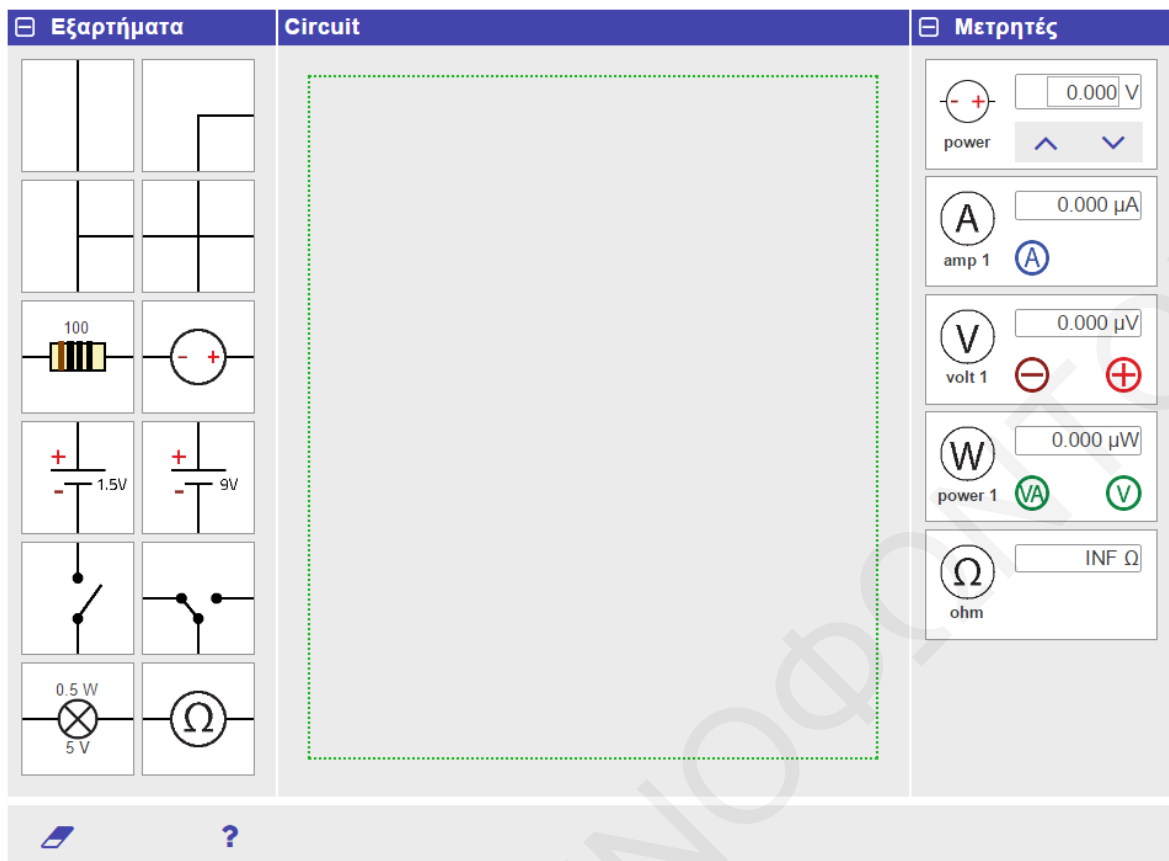
Διάγραμμα 1. Ερευνητικός σχεδιασμός – μελέτη 1

3.1.2 Συμμετέχοντες

Οι συμμετέχοντες της μελέτης 1 ($N=26$) προέρχονταν από δύο τμήματα Β΄ Λυκείου, δύο δημόσιων Λυκείων της επαρχίας Λάρνακας. Στο ένα τμήμα οι μαθητές ήταν 12 (11 αγόρια και 1 κορίτσι) και στο δεύτερο τμήμα ήταν 14 (1 αγόρι και 13 κορίτσια). Με τυχαίο τρόπο, το ένα τμήμα υποβλήθηκε στην πρώτη συνθήκη της έρευνας και το άλλο στη δεύτερη. Οι μαθητές σε κάθε τμήμα ήταν μικτής ικανότητας και είχαν παρόμοιο επίπεδο γνώσεων περιεχομένου για τα ηλεκτρικά κυκλώματα και δεξιοτήτων διερώτησης. Μάλιστα, η ομοιογένεια του δείγματος διαπιστώθηκε από τον έλεγχο Mann-Whitney U, όπου δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της κάθε συνθήκης στα δύο προδιαγνωστικά δοκίμια, γνώσεων περιεχομένου (Mann Whitney $Z = -0.52$, $p>0.05$) και δεξιοτήτων διερώτησης (Mann Whitney $Z = -1.54$, $p>0.05$). Σημειώνεται επίσης ότι όλοι οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα είχαν αναπτυγμένες δεξιότητες χειρισμού ηλεκτρονικών υπολογιστών και επεξεργασίας πληροφοριών από διάφορες πηγές.

3.1.3 Διδακτικό υλικό

Για το σκοπό της μελέτης 1 εφαρμόστηκε ένα ILS που αφορούσε τα ηλεκτρικά κυκλώματα και, ειδικότερα, τις δύο συνδεσμολογίες, σε σειρά και παράλληλα. Το μάθημα αποτελείται από τις πέντε βασικές φάσεις του κύκλου διερώτησης, εκ των οποίων η φάση της Διερεύνησης χωρίζεται σε δύο επιμέρους, τη φάση του Πειραματισμού και τη φάση της Ερμηνείας Δεδομένων. Σε κάθε φάση οι μαθητές έπρεπε να ολοκληρώσουν ορισμένες δραστηριότητες έχοντας τη δυνατότητα να επιστρέψουν σε προηγούμενες φάσεις για να επαναλάβουν μια διαδικασία, αν και εφόσον αυτό κρινόταν αναγκαίο. Το μαθησιακό περιβάλλον είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένο, ούτως ώστε κάθε μαθητής να μπορεί να ολοκληρώσει τις δραστηριότητες χωρίς την παρέμβαση του εκπαιδευτικού και να είναι υπεύθυνος για την πορεία του μαθήματος από την αρχή μέχρι το τέλος. Το εικονικό εργαστήριο που συμπεριλαμβάνεται στο συγκεκριμένο μάθημα είναι το Electrical Circuit Lab (Εικόνα 2), το οποίο βρίσκεται διαθέσιμο στο αποθετήριο διαδικτυακών εργαστηρίων της πλατφόρμας του Go-Lab (<http://www.golabz.eu/lab/electrical-circuit-lab>).



Εικόνα 2. Εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών (Electrical Circuits Virtual Lab)

Το εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων αποτελείται από τρεις βασικές περιοχές, τα στοιχεία για τη δημιουργία ηλεκτρικών κυκλωμάτων, το χώρο για τη δημιουργία των κυκλωμάτων και το χώρο των μετρητών. Για τη δημιουργία ενός κυκλώματος ο χρήστης πρέπει να σύρει τα στοιχεία στον κεντρικό χώρο, όπου εκεί μπορεί να τα τοποθετήσει με όποια σειρά θέλει και να τα περιστρέψει, μέχρι να σχηματιστεί το κύκλωμα που επιθυμεί. Για τη διαγραφή ενός στοιχείου ο χρήστης πρέπει να το σύρει έξω από τον κεντρικό χώρο. Μια άλλη σημαντική δυνατότητα του εργαστηρίου είναι η προσθήκη μετρητών σε ένα κύκλωμα. Για τους σκοπούς της μελέτης 1, οι μαθητές έπρεπε να κάνουν χρήση του αμπερομέτρου, τοποθετώντας τον μικρό κύκλο με το γράμμα A στο σημείο του ηλεκτρικού κυκλώματος στο οποίο επιθυμούσαν να κάνουν τη μέτρηση του ηλεκτρικού ρεύματος.

Στο Παράρτημα Α (Μαθησιακός χώρος διερώτησης – Μελέτη 1) παρουσιάζεται το περιεχόμενο ολόκληρου του μαθήματος που εφαρμόστηκε για το σκοπό της μελέτης 1.

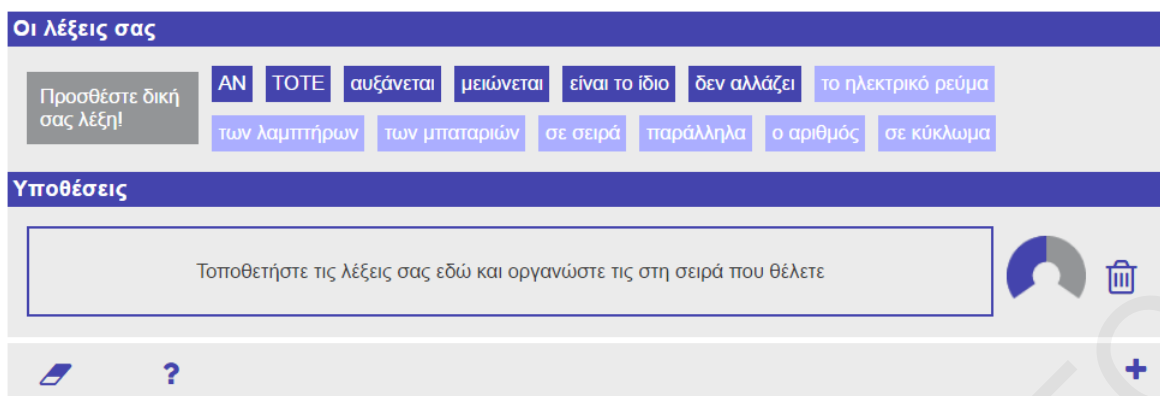
Πιο κάτω περιγράφονται συνοπτικά οι δραστηριότητες που περιλαμβάνονται σε κάθε φάση της διερεύνησης.

Προσανατολισμός

Στη φάση του Προσανατολισμού οι μαθητές πληροφορούνται για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και τα δύο είδη συνδεσμολογιών, σε σειρά και παράλληλα, μέσα από βίντεο και κείμενο. Επιπρόσθετα, καλούνται να απαντήσουν σε ένα κουίζ, το οποίο τους προβληματίζει για τον τρόπο που πρέπει να συνδέονται ένα καλώδιο, μια μπαταρία και ένας λαμπτήρας, ώστε να δημιουργείται το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Μετά την ολοκλήρωση του κουίζ, οι μαθητές έχουν στη διάθεσή τους τα πραγματικά υλικά για να δοκιμάσουν να δημιουργήσουν το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Στη συνέχεια, καθώς αντλούν πληροφορίες για τα δύο είδη συνδεσμολογίας, κρατάνε σημειώσεις σε ένα πλαίσιο εισαγωγής κειμένου.

Υπόθεση

Αρχικά, στη φάση της Υπόθεσης οι μαθητές παρακολουθούν ένα βίντεο επίδειξης του τρόπου με τον οποίο μπορούν να χρησιμοποιήσουν το εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Παράλληλα, βλέποντας το βίντεο, οι μαθητές εξοικειώνονται με τις μεταβλητές που σχετίζονται με το φαινόμενο που μελετούν. Στην επόμενη δραστηριότητα διατυπώνουν δύο υποθέσεις στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων (Εικόνα 3), εκφράζοντας την ιδέα τους για το τι θα συμβεί στο ηλεκτρικό ρεύμα αν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά και παράλληλα σε ένα κύκλωμα. Για τη δημιουργία των υποθέσεων τους οι μαθητές σύρουν λέξεις που είναι δοσμένες ή δικές τους λέξεις που πληκτρολογούν στο γκρίζο κουτί, στο χώρο δημιουργίας της υπόθεσης, κάτω ακριβώς από το πλαίσιο με τις δοσμένες λέξεις. Για την προσθήκη νέας υπόθεσης πατάνε το σύμβολο +. Δίπλα από κάθε υπόθεση υπάρχει ένα σχήμα σε πέταλο αλόγου, του οποίου οι μαθητές μπορούν να αλλάξουν το χρώμα μετακινώντας το δεξιά ή αριστερά. Αυτό το σχήμα λειτουργεί ως δείκτης βεβαιότητας για την ορθότητα της κάθε υπόθεσης. Με αυτό τον τρόπο, αν το χρώμα του σχήματος είναι μπλε τότε ο μαθητής είναι 100% σίγουρος ότι η υπόθεση του είναι ορθή, ενώ αν το χρώμα είναι γκρίζο δεν είναι καθόλου σίγουρος για την ορθότητά της υπόθεσής του. Μετά την ολοκλήρωση των υποθέσεων τους, οι μαθητές προχωρούν στη φάση της Διερεύνησης.

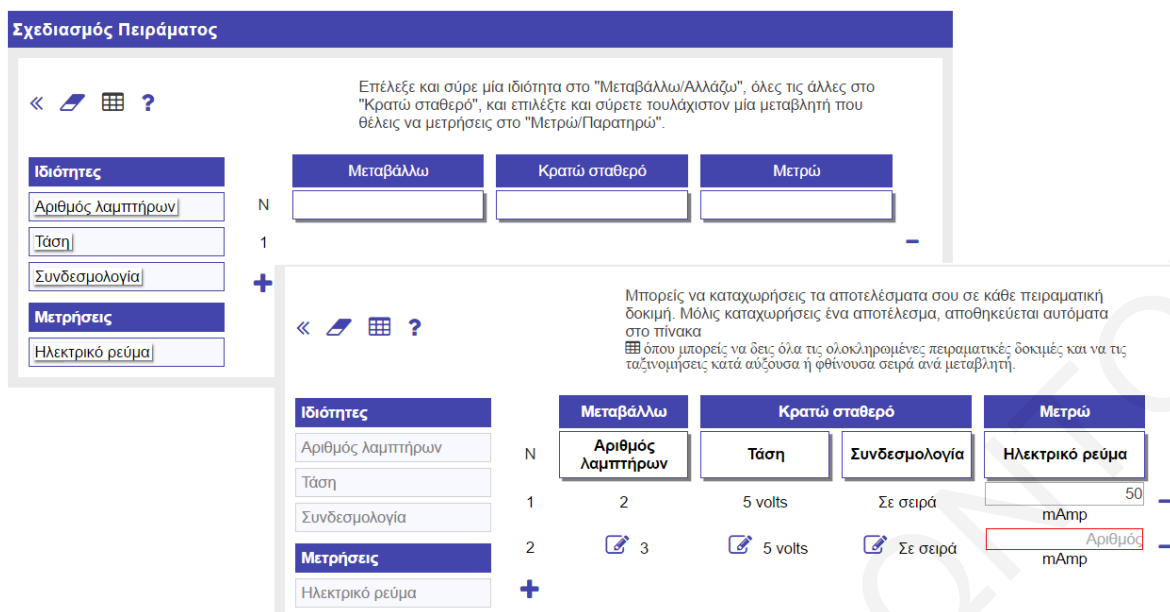


Εικόνα 3. Εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων – μελέτη 1

Διερεύνηση

Στη φάση της Διερεύνησης οι μαθητές σχεδιάζουν ξεχωριστά πειράματα για να μελετήσουν τις δύο τους υποθέσεις και έπειτα εκτελούν τα πειράματά τους στο εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Για τον σχεδιασμό των πειραμάτων τους χρησιμοποιούν το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (Εικόνα 4), στο οποίο πρέπει, αρχικά, να διαχειριστούν τις μεταβλητές που εμφανίζονται στο εργαλείο, σύροντας τις στις κατάλληλες στήλες, «Μεταβάλλω», «Κρατώ σταθερό» και «Μετρώ», έπειτα να προσθέσουν πειραματικές δοκιμές, πατώντας το σύμβολο + και τέλος, να καθορίσουν τιμές για τις μεταβλητές σε κάθε πειραματική δοκιμή, ανοίγοντας το αντίστοιχο παράθυρο για την κάθε μεταβλητή και επιλέγοντας την τιμή που θέλουν. Για τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, οι μαθητές πρέπει να εισάγουν την τιμή που θα μετρήσουν στο εικονικό εργαστήριο.

Καθώς οι μαθητές πραγματοποιούν τα πειράματα τους, παροτρύνονται να κρατάνε σημειώσεις στο εργαλείο παρατηρήσεων (Εικόνα 5), σχετικά με το πώς συγκρίνεται η φωτεινότητα των λαμπτήρων, όταν αυξάνεται ο αριθμός τους σε σειρά ή παράλληλα, κάνοντας επίσης σύγκριση με τη φωτεινότητα του λαμπτήρα στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Επιπλέον, μπορούν να σημειώσουν ότι άλλο θεωρούν σημαντικό για τη διερεύνησή τους. Στο εργαλείο παρατηρήσεων οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να προσθέσουν παρατηρήσεις πατώντας το σύμβολο +, οι οποίες αποθηκεύονται αυτόματα και μπορούν να ανακτηθούν στη φάση του Συμπεράσματος.



Εικόνα 4. Εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – μελέτη 1

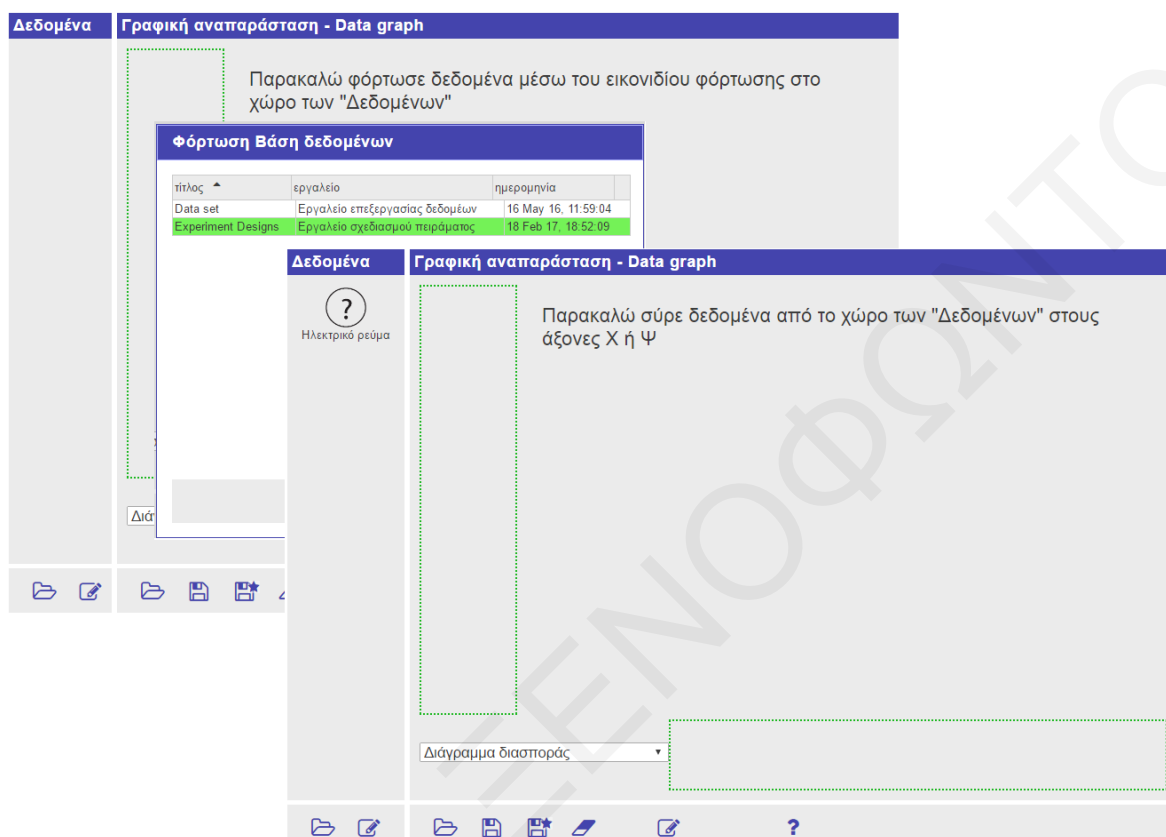


Εικόνα 5. Εργαλείο παρατηρήσεων – μελέτη 1

Ερμηνεία Δεδομένων

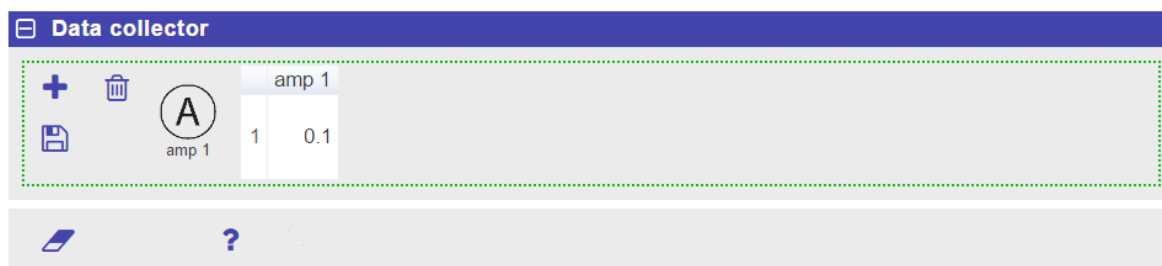
Σε αυτή τη φάση οι μαθητές χρησιμοποιούν το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων για να ανακτήσουν τα δεδομένα τους από την προηγούμενη φάση, δηλαδή τη Διερεύνηση και να δημιουργήσουν γραφικές παραστάσεις για κάθε μία από τις διερευνήσεις τους. Το συγκεκριμένο εργαλείο διαφοροποιείται μεταξύ των δύο συνθηκών της έρευνας. Στην πρώτη συνθήκη το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων (Εικόνα 6) επικοινωνεί με το εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων, στο οποίο οι μαθητές αποθηκεύουν τις μετρήσεις του ηλεκτρικού ρεύματος με τη χρήση του αμπερομέτρου. Για να μπορέσουν να καταγράψουν τις μετρήσεις τους, υπάρχει στο κάτω μέρος του εικονικού εργαστηρίου ένας κατάλληλος χώρος (βλ. Εικόνα 7, Data collector),

όπου κάθε φορά που οι μαθητές θέλουν να καταγράψουν την τιμή που αναγράφεται στο αμπερόμετρο που τοποθετούν στο κύκλωμα τους, πατάνε το σύμβολο +.



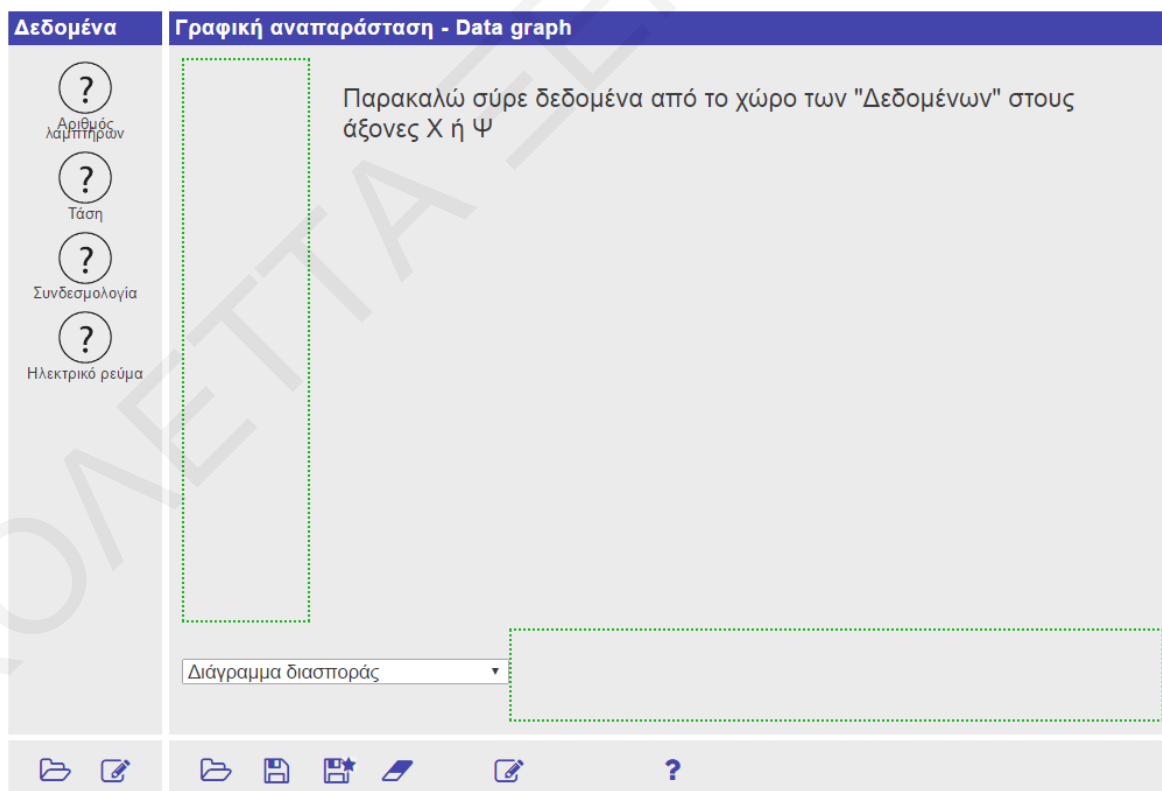
Εικόνα 6. Το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων στη συνθήκη 1 – μελέτη 1

Κατ' αυτόν τον τρόπο οι μαθητές στη συνθήκη 1, είχαν στη διάθεσή τους μόνο τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, η οποία εμφανίστηκε στο αριστερό μέρος του εργαλείου μόλις έγινε η φόρτωση των δεδομένων. Στη συνέχεια, οι μαθητές κλήθηκαν να σκεφτούν ποια ήταν η άλλη μεταβλητή που χρειαζόνταν για τη δημιουργία της γραφικής τους παράστασης. Επομένως, χρησιμοποίησαν τις δυνατότητες του εργαλείου για δημιουργία νέας μεταβλητής, της οποίας εισήγαγαν τις κατάλληλες τιμές για να μπορέσουν να τη χρησιμοποιήσουν.



Εικόνα 7. Καταγραφή μετρήσεων του ηλεκτρικού ρεύματος στο εικονικό εργαστήριο – μελέτη 1

Στη δεύτερη συνθήκη το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων (Εικόνα 8) επικοινωνεί με το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, όπου αποθηκεύονται οι τιμές για όλες τις μεταβλητές του πειράματος (ανεξάρτητη, εξαρτημένη, σταθερές). Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές στη συνθήκη 2 είχαν στη διάθεσή τους όλες τις μεταβλητές τις οποίες χειρίστηκαν στο πείραμά τους και από αυτές επέλεξαν τις δύο που χρειαζόνταν για να δημιουργήσουν τη γραφική τους παράσταση, σύροντάς τις στους κατάλληλους άξονες.



Εικόνα 8. Το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων στη συνθήκη 2 – μελέτη 1

Μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, ακολουθούν τρεις ερωτήσεις ερμηνείας δεδομένων. Η πρώτη ερώτηση αναφέρεται στην επίδραση που έχει η προσθήκη λαμπτήρων, τόσο σε σειρά όσο και παράλληλα, στο ηλεκτρικό ρεύμα του κυκλώματος. Η δεύτερη ερώτηση αφορά στην επίδραση της προσθήκης λαμπτήρων στη φωτεινότητά τους και η τρίτη ερώτηση καλεί τους μαθητές να προβληματιστούν για το ηλεκτρικό ρεύμα που ρέει κάθε λαμπτήρα ξεχωριστά, δεδομένου ότι η φωτεινότητά του είναι ένδειξη για την ποσότητα του ηλεκτρικού ρεύματος που τη διαρρέει. Με την ολοκλήρωση των απαντήσεων σε αυτές τις τρεις ερωτήσεις, οι μαθητές προχωρούν στην επόμενη φάση, δηλαδή στο Συμπέρασμα.

Συμπέρασμα

Σε αυτή τη φάση οι μαθητές χρησιμοποιούν το εργαλείο συμπερασμάτων για να ανακτήσουν τα προηγούμενα τους μαθησιακά προϊόντα (υποθέσεις, παρατηρήσεις και γραφικές παραστάσεις), έτσι ώστε να αιτιολογήσουν κατά πόσο οι υποθέσεις τους απορρίπτονται ή γίνονται αποδεκτές. Αυτό σημαίνει ότι, για κάθε τους υπόθεση προσθέτουν τις αντίστοιχες παρατηρήσεις που έκαναν κατά τη διάρκεια του πειραματισμού και την αντίστοιχη γραφική παράσταση που έκαναν στο εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9. Για την προσθήκη των παρατηρήσεων οι μαθητές πατούν στο σύμβολο +, επιλέγουν την προσθήκη παρατήρησης και τότε εμφανίζονται οι παρατηρήσεις τους στη σειρά και διαλέγουν αυτή που χρειάζονται. Για την προσθήκη γραφικής παράστασης, πατάνε πάλι το σύμβολο +, οδηγούνται στη λίστα με τις γραφικές τους παραστάσεις και επιλέγουν τη γραφική παράσταση που χρειάζονται. Ολοκληρώνοντας τη δραστηριότητα στο εργαλείο Συμπερασμάτων, οι μαθητές απαντούν στο αρχικό ερώτημα του μαθήματος που αφορά τον τρόπο που είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά σε ένα σπίτι, δικαιολογώντας την απάντησή τους στηριζόμενοι στα στοιχεία που έχουν προκύψει από την έρευνά τους. Για την απάντηση στο αρχικό ερώτημα του μαθήματος οι μαθητές έχουν στη διάθεσή τους ένα πλαίσιο εισαγωγής κειμένου.

Υποθέσεις/ερωτήσεις

Υπόθεση
Υποθέσεις

ΑΝ ο αριθμός των λαμπτήρων σε σειρά αυξάνεται ΤΟΤΕ το ηλεκτρικό ρεύμα είναι το ίδιο

Συμπεράσματα

19 Feb 17, 21:29:27

Επιχειρηματολογία
Προσάρμοσε το δείκτη βεβαιότητάς σου, τώρα που έχεις συλλέξει δεδομένα.

Εξήγησε τι είναι αυτό που άλλαξε το επίπεδο βεβαιότητάς σου.

Γραφική αναπαράσταση δεδομ.

19 Feb 17, 21:28:20
Όταν αυξάνεται ο αριθμός των λαμπτήρων που συνδέονται σε σειρά, το ηλεκτρικό ρεύμα μειώνεται.

Εικόνα 9. Εργαλείο συμπερασμάτων – μελέτη 1

Συζήτηση

Στην τελευταία φάση τους μαθήματος οι μαθητές πραγματοποιούν αναστοχαστικές δραστηριότητες και συζητούν με τους συμμαθητές τους και τον εκπαιδευτικό τα συμπεράσματά τους. Για τον αναστοχασμό τους αποτυπώνουν τις σκέψεις τους όσον αφορά τα βήματα που ακολούθησαν για να καταλήξουν στα συμπεράσματά τους, αν τελικά ολοκλήρωσαν όλες τις δραστηριότητες με επιτυχία και κατά πόσο έχουν να προτείνουν εναλλακτικούς τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν να πραγματοποιήσουν κάποιες δραστηριότητες του μαθήματος. Η συζήτηση των συμπερασμάτων τους συντονίζεται από τον εκπαιδευτικό και οι μαθητές ενθαρρύνονται να αναφέρουν το τελικό τους συμπέρασμα.

3.1.4 Συλλογή δεδομένων

Τα δεδομένα της μελέτης 1 προέρχονται από τρεις διαφορετικές πηγές, το διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου, το διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης και την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τα δύο διαγνωστικά δοκίμια χορηγήθηκαν ως προδιαγνωστικά και μεταδιαγνωστικά, στην πρώτη και τρίτη συνάντηση αντίστοιχα, ενώ η καταγραφή του τρόπου εργασίας στον

ηλεκτρονικό υπολογιστή έγινε κατά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος, στη δεύτερη συνάντηση.

3.1.4.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου

Το διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου (βλ. Παράρτημα Β: Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Α) αποτελείται από έξι έργα αξιολόγησης, τα οποία αντιστοιχούν σε τέσσερα γνωστικά επίπεδα, σύμφωνα με μια αναθεωρημένη ταξινόμηση των γνωστικών επιπέδων του Bloom, όπως περιγράφεται από τους Zenras (2013) και de Jong (2014). Αναλυτικότερα, τα πέντε έργα αξιολόγησης αντιστοιχούν στα τέσσερα γνωστικά επίπεδα, της ανάκλησης, της κατανόησης, της εφαρμογής και της κριτικής και δημιουργικής σκέψης. Η ανάκληση αναφέρεται στην ικανότητα του μαθητή να θυμάται πληροφορίες, η κατανόηση στην ικανότητα νοερής οργάνωσης των πληροφοριών, η εφαρμογή στην ικανότητα συνδυασμού και εφαρμογής των γνώσεων για επίλυση προβλημάτων και η κριτική και δημιουργική σκέψη στην ικανότητα της ανάλυσης αιτιών, προβλέψεων και νέων ιδεών.

Το πρώτο έργο αξιολόγησης είναι μια ερώτηση ανοικτού τύπου στην οποία οι μαθητές καλούνται να αναφέρουν τα απαραίτητα στοιχεία για τη δημιουργία ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, περιγράφοντας παράλληλα πώς πρέπει να συνδεθούν μεταξύ τους. Το γνωστικό επίπεδο το οποίο αξιολογείται από το συγκεκριμένο έργο αξιολόγησης είναι η ανάκληση.

Τα επόμενα δύο έργα αξιολόγησης είναι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και αξιολογούν το γνωστικό επίπεδο της κατανόησης. Το ένα έργο αξιολόγησης παρουσιάζει ορισμένες διατάξεις ενός λαμπτήρα και μιας μπαταρίας, τα οποία συνδέονται με ένα ή με δύο καλώδια, και οι μαθητές πρέπει να επιλέξουν την ορθή απάντηση που αναφέρει σε ποιες από τις διατάξεις ο λαμπτήρας φωτοβολεί. Το άλλο έργο αξιολόγησης χωρίζεται σε δύο μέρη και αφορά τη σύγκριση του ηλεκτρικού ρεύματος και της φωτεινότητας των λαμπτήρων σε τρία κυκλώματα, ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά και ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους παράλληλα.

Στο τέταρτο και πέμπτο έργο αξιολόγησης οι μαθητές αξιολογούνται ως προς το γνωστικό επίπεδο της εφαρμογής. Το τέταρτο έργο αξιολόγησης είναι μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής, στην οποία οι μαθητές προβληματίζονται για το τι θα συμβεί σε ένα κύκλωμα με τρεις λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά και σε ένα άλλο με τρεις λαμπτήρες

συνδεδεμένους παράλληλα, όταν ο μεσαίος λαμπτήρας καεί και δεν αφαιρεθεί από το κύκλωμα. Στο πέμπτο έργο αξιολόγησης οι μαθητές πρέπει να αιτιολογήσουν τον τρόπο συνδεσμολογίας πολλών ηλεκτρικών συσκευών που βρίσκονται σε ένα πολύπριζο.

Το τελευταίο έργο αξιολόγησης αντιστοιχεί στο γνωστικό επίπεδο της κριτικής και δημιουργικής σκέψης. Σε αυτό παρουσιάζεται στους μαθητές ένα σύνθετο διάγραμμα ηλεκτρικού κυκλώματος με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά μεταξύ τους και σε σειρά με έναν κλάδο, ο οποίος αποτελείται από έναν λαμπτήρα συνδεδεμένο παράλληλα με δύο άλλους, οι οποίοι μεταξύ τους είναι συνδεδεμένοι σε σειρά. Οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν και να εξηγήσουν πώς συγκρίνεται η φωτεινότητα των λαμπτήρων στο συγκεκριμένο κύκλωμα.

Τα συμπληρωμένα διαγνωστικά δοκίμια γνώσεων περιεχομένου βαθμολογήθηκαν με κρυμμένο το όνομα και τη συνθήκη στην οποία άνηκε ο κάθε μαθητής, σύμφωνα με μια κλειδα αξιολόγησης η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα Β (βλ. Κλειδα αξιολόγησης διαγνωστικού δοκιμίου γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Α). Για τη βαθμολόγηση των έργων αξιολόγησης ανοικτού τύπου, πραγματοποιήθηκαν οι διαδικασίες υπολογισμού του δείκτη εσωτερικής αξιοπιστίας. Αναλυτικότερα, δύο ανεξάρτητοι βαθμολογητές που προέρχονται από το ίδιο επιστημονικό πεδίο και έχουν την ίδια επιστημονική κατάρτιση, αφού πρώτα εξοικειώθηκαν με την κλειδα αξιολόγησης, διόρθωσαν το 20% των ερωτήσεων ανοικτού τύπου και ο δείκτης Cohen's Kappa βρέθηκε να ισούται με 0.93. Οι περιπτώσεις ασυμφωνίας των δύο βαθμολογητών επιλύθηκαν μετά από συζήτηση. Έπειτα, η βαθμολογία σε κάθε γνωστικό επίπεδο μετατράπηκε σε μοναδιαία κλίμακα και η συνολική βαθμολογία της επίδοσης στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου υπολογίστηκε από τον μέσο όρο των βαθμολογιών σε κάθε γνωστικό επίπεδο. Έτσι λοιπόν, η μέγιστη συνολική βαθμολογία είναι η μονάδα και η ελάχιστη το μηδέν.

3.1.4.2 Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης

Το δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης αποτελείται από 24 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, οι οποίες αξιολογούν τρεις κατηγορίες δεξιοτήτων διερώτησης, την αναγνώριση μεταβλητών (12 ερωτήσεις), την αναγνώριση και διατύπωση υποθέσεων (9 ερωτήσεις) και τον σχεδιασμό διερευνήσεων (3 ερωτήσεις). Η επιλογή των ερωτήσεων έγινε από το εργαλείο μέτρησης επιστημονικών δεξιοτήτων TIPSII (Burns, Okey & Wise, 1985), το οποίο θεωρείται ένα έγκυρο εργαλείο για το σκοπό που έχει σχεδιαστεί. Να τονιστεί σε αυτό το

σημείο ότι οι ερωτήσεις για αξιολόγηση της δεξιότητας ερμηνείας γραφικών παραστάσεων δεν έχει συμπεριληφθεί στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, για να αποκλειστεί το ενδεχόμενο της ύπαρξης επίδρασης του ίδιου του εργαλείου στις γνώσεις και δεξιότητες που απέκτησαν οι μαθητές μετά την ολοκλήρωση του παρεμβατικού μαθήματος. Λεπτομέρειες για τις ερωτήσεις που υπάρχουν στο εργαλείο TIPSII και τις ερωτήσεις που επιλέγηκαν για τη συγκεκριμένη μελέτη, παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β (βλ. Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης).

Η κάθε ερώτηση στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης έχει μόνο μία ορθή απάντηση, η οποία βαθμολογήθηκε με μία μονάδα. Το σύνολο των ορθών απαντήσεων στις ερωτήσεις κάθε κατηγορίας δεξιοτήτων, μετατράπηκε σε μοναδιαία κλίμακα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η μέγιστη βαθμολογία σε κάθε μία από τις δεξιότητες, αναγνώριση παραγόντων, αναγνώριση και διατύπωση υποθέσεων και σχεδιασμός πειραμάτων, είναι η μονάδα και η ελάχιστη το μηδέν. Η συνολική βαθμολογία στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης υπολογίστηκε από τον μέσο όρο των βαθμολογιών στις τρεις επιμέρους δεξιότητες. Κατ' αυτόν τον τρόπο η μέγιστη συνολική βαθμολογία των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης είναι το ένα και η ελάχιστη το μηδέν.

3.1.4.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας

Για την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή έγινε εγκατάσταση ενός εξειδικευμένου λογισμικού στους υπολογιστές του σχολείου. Το λογισμικό αυτό είναι το River Past Screen Recorder Pro, το οποίο καταγράφει όλες τις κινήσεις στον υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο σε ένα αρχείο βίντεο. Η συλλογή δεδομένων από τη χρήση του λογισμικού αυτού πραγματοποιήθηκε στη δεύτερη συνάντηση, όταν οι μαθητές ολοκλήρωσαν το παρεμβατικό μάθημα. Κατ' αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε ένα αρχείο βίντεο για κάθε μαθητή που συμμετείχε στην έρευνα.

3.1.5 Ανάλυση δεδομένων

Τα δεδομένα από τα δύο διαγνωστικά δοκίμια, γνώσης περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης, έτυχαν ποσοτικής επεξεργασίας στο στατιστικό πακέτο SPSS, ακολουθώντας μη παραμετρικές στατιστικές μεθόδους ανάλυσης, λόγω του μικρού μεγέθους του δείγματος. Τα βίντεο από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του υπολογιστή έτυχαν ποιοτικής επεξεργασίας, αρχικά, και στη συνέχεια οι σημαντικότερες ενέργειες κωδικοποιήθηκαν σε ποσοτικές μεταβλητές. Περισσότερες λεπτομέρειες για την ανάλυση των δεδομένων σε κάθε περίπτωση, παρουσιάζονται πιο κάτω.

3.1.5.1 Διαγνωστικά δοκίμια γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης

Για την επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν από τις επιδόσεις των μαθητών στα διαγνωστικά δοκίμια, που χορηγήθηκαν πριν και μετά το παρεμβατικό μάθημα, πραγματοποιήθηκαν ο μη-παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon signed-rank για εξαρτημένα δείγματα και ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U για εξαρτημένα δείγματα. Ο έλεγχος Wilcoxon signed-rank πραγματοποιήθηκε για να διαπιστωθεί κατά πόσο η βαθμολογία των μαθητών σε κάθε δοκίμιο, για την κάθε συνθήκη ξεχωριστά, βελτιώνεται μετά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος. Ενώ, ο έλεγχος Mann-Whitney U διενεργήθηκε για να διαπιστωθεί κατά πόσο υπάρχουν διαφορές στη συνολική βαθμολογία των μαθητών, στα δύο δοκίμια ξεχωριστά, μεταξύ των δύο συνθηκών. Οι αναλύσεις που αναφέρθηκαν πιο πάνω οδηγούν στην απάντηση του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος της παρούσας μελέτης.

3.1.5.2 Καταγραφή του τρόπου εργασίας

Τα δεδομένα από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή έτυχαν επεξεργασίας, κατά την οποία προέκυψαν ποσοτικές μεταβλητές που περιγράφουν τις κυριότερες ενέργειες και μαθησιακά προϊόντα των μαθητών μέχρι να ολοκληρώσουν τις κυριότερες δραστηριότητες του μαθήματος. Αναλυτικότερα, προέκυψαν μεταβλητές που αφορούν τις ενέργειες των μαθητών που σχετίζονται με τα βασικότερα μαθησιακά προϊόντα που δημιουργήσαν μέχρι να ολοκληρώσουν το μάθημα. Ο τρόπος κωδικοποίησης της πορείας εργασίας των μαθητών σε ποσοτικές μεταβλητές, φαίνονται στο Πίνακα 1. Ειδικότερα, κωδικοποιήθηκαν μεταβλητές που αφορούσαν τις υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές (NumberHypo και ScoreHypoMax), τον σχεδιασμό και την εκτέλεση των πειραμάτων τους (EDTFeedback, EDTVOTAT, Trials, ValuesTrialsRecorded, Circuits και DataVCircuitRecorded) και τις παρατηρήσεις που κατέγραψαν (NumberObserv και ScoreObservMax), τη δημιουργία των γραφικών παραστάσεων (NumberGraphs και GraphCorrectness), την ερμηνεία των δεδομένων τους (GraphInter) και το τελικό συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν στο τέλος του κύκλου της διερώτησης (CConclusion και CReasonings).

Πίνακας 1

Κωδικοποίηση μεταβλητών που σχετίζονται με τα μαθησιακά προϊόντα – μελέτη 1

Δραστηριότητα	Μεταβλητή	Περιγραφή / τρόπος καταγραφής τιμών	Εύρος τιμών (min – max)
Διατύπωση Υποθέσεων	NumberHypo	Αριθμός υποθέσεων που διατυπώθηκαν / Καταμέτρηση	0-2
	ScoreHypoMax	Μέγιστη βαθμολογία υποθέσεων / 0 = απουσία εξαρτημένης μεταβλητής ή παρουσία εξαρτημένης μεταβλητής που δεν μπορεί να διερευνηθεί στο εικονικό εργαστήριο, 1 = έγκυρη εξαρτημένη μεταβλητή, αλλά απουσία ανεξάρτητης ή παρουσία ανεξάρτητης που δεν μπορεί να διερευνηθεί στο εικονικό εργαστήριο, 2 = έγκυρη εξαρτημένη και ανεξάρτητη μεταβλητή	0-2
Σχεδιασμός Πειράματος	EDTFeedback	Αριθμός παράθυρων ανατροφοδότησης κατά τη διάρκεια ενασχόλησης με το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων / Καταμέτρηση	0-5
	EDTVOTAT	Εφαρμογή στρατηγικής VOTAT / δεν έγινε (0) ή έγινε (1)	0-1
	Trials	Αριθμός πειραματικών δοκιμών που προστέθηκαν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων/ Καταμέτρηση	0-5
Εκτέλεση Πειράματος	ValuesTrialsRecorded	Καταγραφή τιμών των μεταβλητών για τουλάχιστον μία πειραματική δοκιμή / δεν έγινε (0) ή έγινε (1)	0-1
	Circuits	Αριθμός ηλεκτρικών κυκλωμάτων που πραγματοποιήθηκαν στο εικονικό εργαστήριο / Καταμέτρηση	0-6
	DataVCircuitRecorded	Συλλογή δεδομένων από τουλάχιστον ένα ηλεκτρικό κύκλωμα / δεν έγινε (0) ή έγινε (1)	0-1
Καταγραφή Παρατηρήσεων	NumberObserv	Αριθμός παρατηρήσεων που καταγράφηκαν / Καταμέτρηση	0-2
	ScoreObservMax	Μέγιστη βαθμολογία παρατηρήσεων / 0 = δεν γίνεται αναφορά στην εξαρτημένη μεταβλητή ή γίνεται αναφορά σε εξαρτημένη μεταβλητή που δεν διερευνήθηκε στο εικονικό εργαστήριο, 1 = αναφορά σε έγκυρη εξαρτημένη μεταβλητή, αλλά απουσία ανεξάρτητης ή αναφορά σε ανεξάρτητη που δεν διερευνήθηκε στο εικονικό εργαστήριο, 2 = αναφορά σε έγκυρη εξαρτημένη και ανεξάρτητη μεταβλητή	0-2
Γραφικές Παραστάσεις	NumberGraphs	Αριθμός γραφικών παραστάσεων που δημιουργήθηκαν / Καταμέτρηση	0-2
	GraphCorrectness	Παρουσία ορθών μεταβλητών στους άξονες των γραφικών παραστάσεων / δεν έγινε (0) ή έγινε (1)	0-1
Ερμηνεία Δεδομένων Εξαγωγή Συμπεράσματος	GraphInter	Αριθμός ορθών συμπερασμάτων στις απαντήσεις των ερωτήσεων ερμηνείας / Καταμέτρηση	0-6
	CConclusion	Διατύπωση ορθού συμπεράσματος / δεν έγινε (0) ή έγινε (1)	0-1
	CReasonings	Αριθμός ορθών συλλογισμών / Καταμέτρηση	0-4

Επιπρόσθετα, από την επεξεργασία των δεδομένων καταγραφής του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, κωδικοποιήθηκαν μεταβλητές που αφορούν την εργασία των μαθητών πριν από τη χρήση του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων και ενέργειες που αφορούν την επιστροφή των μαθητών σε προηγούμενες δραστηριότητες. Η κωδικοποίηση αυτών των μεταβλητών φαίνεται αναλυτικά στον Πίνακα 2. Συγκεκριμένα, καταγράφηκε κατά πόσο οι μαθητές επέστρεψαν σε προηγούμενες δραστηριότητες και συγκεκριμένα στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (ReturnEDT) και στο εικονικό εργαστήριο (ReturnLab), υπολογίστηκε ο χρόνος που εργάστηκαν οι μαθητές στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και στο εικονικό εργαστήριο (EDTTime και LabTime, αντίστοιχα) και ο επιπλέον χρόνος που ασχολήθηκαν με το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και το εικονικό εργαστήριο όταν επέστρεψαν σε αυτά (ExtraTimeEDT και ExtraTimeLab, αντίστοιχα). Επιπρόσθετα, κωδικοποιήθηκε κατά πόσο οι μαθητές κατά τη επιστροφή τους σε προηγούμενες δραστηριότητες δημιουργούσαν νέα μαθησιακά προϊόντα ή/και αναθεωρούσαν αυτά που είχαν ήδη δημιουργήσει (ActionReturnEDT και ActionReturnLab). Τέλος, υπολογίστηκε ο συνολικός χρόνος που αφιέρωσαν κατά την επιστροφή τους σε προηγούμενες δραστηριότητες (TotalTimeReturn).

Πίνακας 2

Κωδικοποίηση μεταβλητών που αφορούν τον τρόπο εργασίας πριν και κατά τη διάρκεια χρήσης του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων – μελέτη 1

Μεταβλητή	Περιγραφή
EDTTime	Χρόνος ενασχόλησης με το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (sec)
ReturnEDT	Επιστροφή στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων / δεν έγινε (0) ή έγινε (1)
ExtraTimeEDT	Επιπλέον χρόνος εργασίας στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (sec)
ActionReturnEDT	Δημιουργία/αναθεώρηση πειραματικού σχεδιασμού / δεν έγινε (0) ή έγινε (1)
LabTime	Χρόνος ενασχόλησης με το εικονικό εργαστήριο (sec)
ReturnLab	Επιστροφή στο εικονικό εργαστήριο / δεν έγινε (0) ή έγινε (1)
ExtraTimeLab	Επιπλέον χρόνος εργασίας στο εικονικό εργαστήριο (sec)
ActionReturnLab	Δημιουργία/αναθεώρηση ηλεκτρικών κυκλωμάτων / δεν έγινε (0) ή έγινε (1)
TotalTimeReturn	Συνολικός χρόνος ανάδρομης πορείας εργασίας (sec)

Για την απάντηση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος της μελέτης αυτής, πραγματοποιήθηκαν μη παραμετρικές συγκρίσεις και συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών που προέκυψαν από την καταγραφή του τρόπου εργασίας. Αναλυτικότερα, για να διαπιστωθεί κατά πόσο διαφέρουν οι ενέργειες και τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών

που συμμετείχαν σε κάθε συνθήκη, διενεργήθηκε ο έλεγχος Mann-Whitney U για εξαρτημένα δείγματα, ενώ για να εντοπιστούν οποιεσδήποτε συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων των ενεργειών των μαθητών ή παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών, διενεργήθηκαν μη παραμετρικές συσχετίσεις με τη χρήση των κριτηρίων Chi Square και Phi, στην περίπτωση των διχοτομικών μεταβλητών και Spearman's rho στην περίπτωση των μεταβλητών ισοδιαστημικής κλίμακας.

Η απάντηση στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα προέκυψε από την ανάλυση Tree modelling. Για την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης ανάλυσης αξιοποιήθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές όλες οι μεταβλητές που προέκυψαν από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και ως εξαρτημένες μεταβλητές η βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου και η ικανότητα τους να ερμηνεύουν δεδομένα. Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι η εξαρτημένη μεταβλητή της βελτίωσης της γνώσης (KnowImprove), προέκυψε από την αφαίρεση της επίδοσης στο προδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου από την επίδοση στο αντίστοιχο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο. Ενώ, η εξαρτημένη μεταβλητή της δεξιότητας ερμηνείας δεδομένων προέκυψε από τη βαθμολογία των ερωτήσεων ερμηνείας δεδομένων που είχαν να απαντήσουν οι μαθητές στο περιβάλλον του μαθήματος. Προτού διενεργηθεί η ανάλυση Tree modeling, οι τιμές στις δύο αυτές μεταβλητές μετατράπηκαν στην μοναδιαία κλίμακα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η μέγιστη βελτίωση της γνώσης και η μέγιστη επίδοση στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων είναι το ένα και οι ελάχιστες τιμές που μπορούν να πάρουν οι μεταβλητές αυτές είναι το μηδέν. Για την ανάπτυξη των δεντροδιαγραμμάτων έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος CRT (Classification and Regression Trees), η οποία χωρίζει τα δεδομένα σε τμήματα τα οποία είναι ομοιογενή σε σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή.

3.1.6 Διαδικασίες έρευνας

Η έρευνα ολοκληρώθηκε σε τρεις συναντήσεις. Η πρώτη συνάντηση διήρκεσε περίπου 40 λεπτά και σε αυτήν οι μαθητές συμπλήρωσαν τα προδιαγνωστικά δοκίμια, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης. Για τη συμπλήρωση του δοκιμίου γνώσεων περιεχομένου οι μαθητές χρειάστηκαν περίπου 15 λεπτά, ενώ για τη συμπλήρωση του δοκιμίου δεξιοτήτων διερώτησης, περίπου 25 λεπτά. Η δεύτερη συνάντηση πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών του σχολείου και είχε διάρκεια περίπου 80 λεπτά. Σε αυτή τη συνάντηση ο κάθε μαθητής εργάστηκε σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή ολοκληρώνοντας τις δραστηριότητες του παρεμβατικού

μαθήματος. Στην τελευταία συνάντηση χορηγήθηκαν τα μεταδιαγνωστικά δοκίμια, για την συμπλήρωση των οποίων οι μαθητές χρειάστηκαν τον ίδιο χρόνο όπως και στην περίπτωση των προδιαγνωστικών δοκιμών, δηλαδή 15 λεπτά για το δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου και 25 λεπτά για το δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης. Όλες οι συναντήσεις συντονίστηκαν από τον εκπαιδευτικό που δίδασκε το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής σε κάθε σχολείο. Πριν από τη διδακτική παρέμβαση οι δύο εκπαιδευτικοί παρευρέθηκαν σε προπαρασκευαστική συνάντηση με την ερευνήτρια, κατά την οποία εξοικειώθηκαν με το μαθησιακό περιβάλλον και τα εργαλεία που περιλαμβάνονται σε αυτό, καθώς επίσης, ενημερώθηκαν για το ρόλο που έπρεπε να έχουν κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του παρεμβατικού μαθήματος. Ειδικότερα, τονίζεται ότι ο ρόλος του εκπαιδευτικού κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του παρεμβατικού μαθήματος, δηλαδή στη δεύτερη συνάντηση, ήταν κυρίως συντονιστικός. Επιπρόσθετα, ο εκπαιδευτικός επενέβαινε σε σημεία όπου οι μαθητές αντιμετώπισαν τεχνικά προβλήματα, παρέχοντας άμεση λύση για να μπορέσουν να συνεχίσουν κανονικά το μάθημα. Για απορίες που σχετίζονται με το περιεχόμενο του μαθήματος, η στάση του εκπαιδευτικού ήταν ουδέτερη και συγκεκριμένα, παρότρυνε τους μαθητές να είναι πιο προσεκτικοί κατά την ανάγνωση των οδηγιών που υπήρχαν στο μαθησιακό περιβάλλον και να επαναλάβουν ορισμένες διαδικασίες, όπου αυτό ήταν αναγκαίο. Τέλος, στην αίθουσα μαζί με τον εκπαιδευτικό υπήρχαν ακόμα δύο άτομα, η συγγραφέας και μία ακόμα ερευνήτρια, ο ρόλος των οποίων ήταν η διασφάλιση της ομαλής διεξαγωγής των διαδικασιών της έρευνας και η παροχή βοήθειας στον εκπαιδευτικό για τυχόν τεχνικά προβλήματα που δεν μπορούσε να αντιμετωπίσει μόνος του.

3.2 Μεθοδολογία μελέτης 2

3.2.1 Ερευνητικός σχεδιασμός

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με μαθητές Ε΄ τάξης Δημοτικού Σχολείου και ολοκληρώθηκε σε τρεις συναντήσεις. Οι μαθητές χωρίστηκαν από την αρχή της εφαρμογής σε τέσσερις ομάδες μικτών ικανοτήτων και κάθε ομάδα υποβλήθηκε σε διαφορετική συνθήκη, η οποία διαφοροποιείτο ως προς την υποστήριξη που έλαβαν οι μαθητές από κατάλληλα σχεδιασμένα υποστηρικτικά εργαλεία, κατά τις διαδικασίες διατύπωσης υποθέσεων και σχεδιασμού πειραμάτων. Για το σκοπό της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ένα εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων και ένα εργαλείο σχεδιασμού

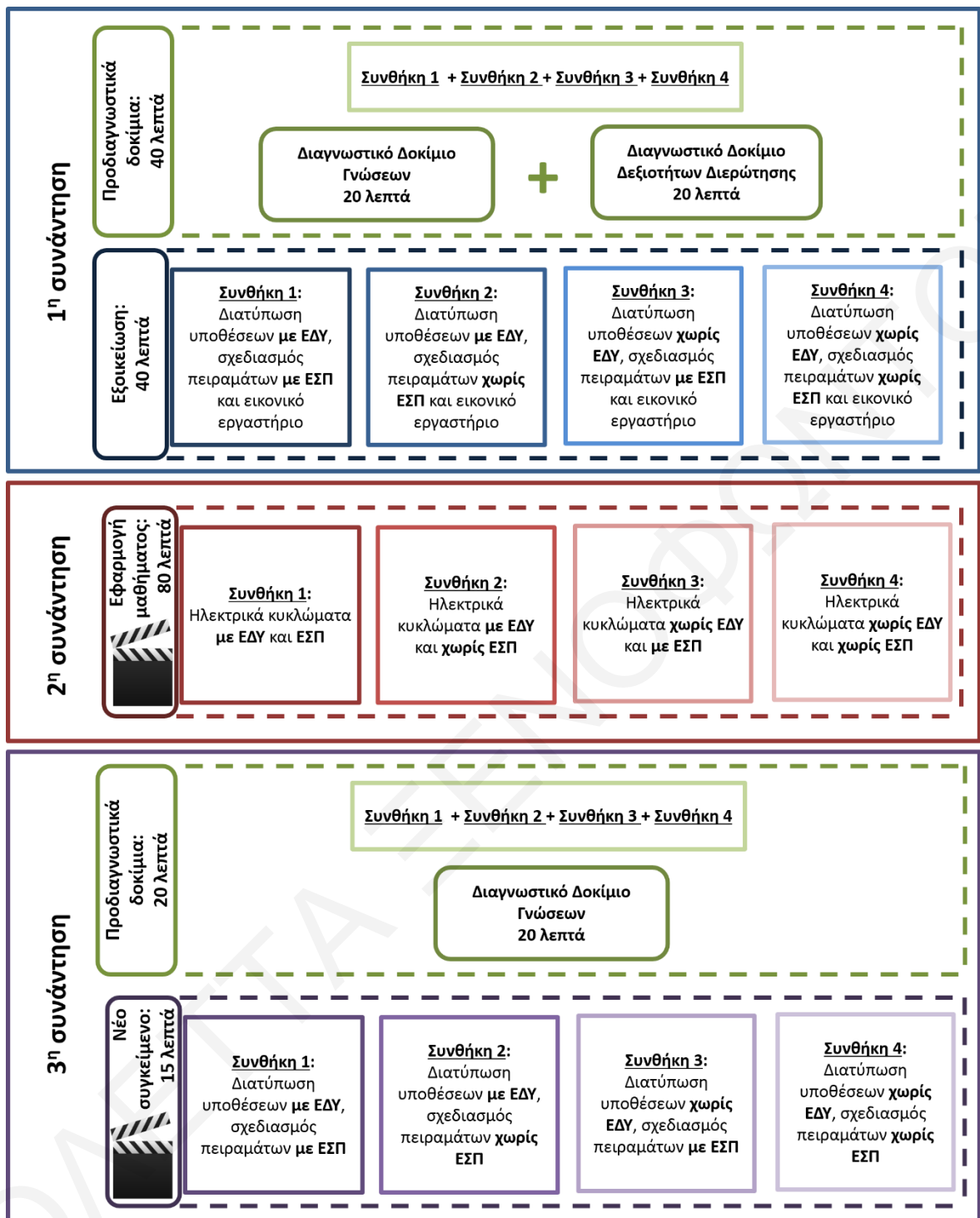
πειραμάτων, της διαδικτυακής πλατφόρμας του Go-Lab. Αναλυτικά, ο ερευνητικός σχεδιασμός της έρευνας φαίνεται στο Διάγραμμα 2. Κατά τη διάρκεια της πρώτης συνάντησης, η οποία διήρκησε 80 λεπτά, οι μαθητές συμπλήρωσαν προδιαγνωστικά δοκίμια αξιολόγησης γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης και έπειτα, εξοικειώθηκαν με το περιβάλλον μάθησης και τις διαδικασίες διατύπωσης υποθέσεων και σχεδιασμού πειραμάτων, καθώς επίσης αλληλεπίδρασαν με το εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Περισσότερες λεπτομέρειες για το περιεχόμενο και τις διαδικασίες της εξοικείωσης παρουσιάζονται στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού. Στην επόμενη συνάντηση οι μαθητές κάθε ομάδας ολοκλήρωσαν το παρεμβατικό μάθημα, διάρκειας περίπου 80 λεπτών, σύμφωνα με τη συνθήκη στην οποία ανήκαν. Τέλος, στην τρίτη και τελευταία συνάντηση, η οποία διήρκησε περίπου 35 λεπτά, οι μαθητές συμπλήρωσαν το μεταδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου και ολοκλήρωσαν δύο δραστηριότητες στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, οι οποίες αφορούσαν τη διατύπωση υποθέσεων και τον σχεδιασμό πειραμάτων, σε δύο νέα μαθησιακά συγκείμενα. Οι συγκεκριμένες δραστηριότητες διαφοροποιούνταν ανάλογα με τη συνθήκη στην οποία ανήκε ο κάθε μαθητής και αποσκοπούσαν στην εκτίμηση της μεταφοράς των δεξιοτήτων διατύπωσης υποθέσεων και σχεδιασμού πειραμάτων των μαθητών.

3.2.2 Συμμετέχοντες

Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν 41 μαθητές Ε τάξης (11-12 χρόνων) ενός δημόσιου Δημοτικού σχολείου της επαρχίας Λάρνακας, οι οποίοι προέρχονταν από δύο τμήματα, το πρώτο με 18 μαθητές και το δεύτερο με 23 μαθητές. Οι μαθητές σε κάθε τμήμα χωρίστηκαν με τυχαίο τρόπο σε δύο ομάδες, έτσι ώστε, τελικά, προέκυψαν 4 ομάδες. Η επιλογή της συνθήκης στην οποία υποβλήθηκε κάθε ομάδα έγινε με τυχαίο τρόπο. Έτσι, οι ομάδες που δημιουργήθηκαν αποτελούνταν από μαθητές μικτής ικανότητας, με την κατανομή του φύλου να ήταν περίπου η ίδια. Η διαφορά στην κάθε συνθήκη, στην οποία υποβλήθηκαν οι τέσσερις ομάδες, αφορούσε την ύπαρξη ή όχι δύο υποστηρικτικών εργαλείων, του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων (ΕΔΥ) και του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων (ΕΣΠ), τα οποία έχουν σχεδιαστεί κατάλληλα για να παρέχουν στήριξη στους μαθητές καθώς διατυπώνουν υποθέσεις και καθώς οργανώνουν ένα έγκυρο πείραμα, αντίστοιχα. Αναλυτικότερη περιγραφή του τρόπου λειτουργίας των δύο εργαλείων παρουσιάζεται στη συνέχεια του υποκεφαλαίου. Συγκεκριμένα, η ομάδα που υποβλήθηκε στη συνθήκη 1 (ΕΔΥ+ΕΣΠ) αποτελείτο από 11 μαθητές (6 αγόρια, 5 κορίτσια), η ομάδα που υποβλήθηκε στη συνθήκη 2 (ΕΔΥ) από 12 μαθητές (6 αγόρια, 6 κορίτσια), η ομάδα

που υποβλήθηκε στη συνθήκη 3 (ΕΣΠ) από 9 μαθητές (4 αγόρια, 5 κορίτσια) και η ομάδα που υποβλήθηκε στη συνθήκη 4 (ομάδα ελέγχου) από 9 μαθητές (5 αγόρια, 4 κορίτσια). Στην πρώτη συνθήκη οι μαθητές χρησιμοποίησαν και τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία, στη δεύτερη χρησιμοποίησαν μόνο το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, στην τρίτη μόνο το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και στην τέταρτη δεν υπήρχε κανένα από τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία στο μαθησιακό περιβάλλον.

Όλοι οι συμμετέχοντες στην έρευνα είχαν διδαχθεί τα βασικά στοιχεία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος στην αρχή της σχολικής χρονιάς, στο μάθημα του Σχεδιασμού και Τεχνολογίας. Ωστόσο, στο συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο δεν γίνεται περαιτέρω επέκταση στο συγκείμενο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και δεδομένου ότι η παρέμβαση πραγματοποιήθηκε στο τέλος της σχολικής χρονιάς, θεωρήθηκε ότι όλοι οι μαθητές είχαν περίπου τις ίδιες γνώσεις, όσον αφορά τα ηλεκτρικά κυκλώματα και συγκεκριμένα τα δύο είδη συνδεσμολογίας, σε σειρά και παράλληλα. Επίσης, λόγω του μικρού της ηλικίας των μαθητών, θεωρήθηκε ότι έχουν παρόμοιο επίπεδο δεξιοτήτων διερώτησης. Για να διασφαλιστεί, τεκμηριωμένα, ότι οι μαθητές σε κάθε ομάδα είχαν παρόμοιες προϋπάρχουσες γνώσεις και δεξιότητες διερώτησης, αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα των δύο προδιαγνωστικών δοκιμίων που χορηγήθηκαν σε όλους τους μαθητές και διενεργήθηκε ο στατιστικός έλεγχος Kruskal-Wallis για ανεξάρτητα δείγματα. Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου ελέγχου έδειξαν ότι οι μαθητές των τεσσάρων ομάδων δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς τις γνώσεις τους σε θέματα ηλεκτρικών κυκλωμάτων ($\chi^2_{(3,41)}=3.40$, $p>0.05$) και δεν είχαν στατιστικά σημαντικά διαφορετικό επίπεδο δεξιοτήτων διερώτησης ($\chi^2_{(3,41)}=2.67$, $p>0.05$). Τέλος, όλοι οι μαθητές θεωρήθηκε ότι έχουν βασικές δεξιότητες χειρισμού ηλεκτρονικών υπολογιστών και επεξεργασίας πληροφοριών που προέρχονται από διάφορες πηγές, όπως βίντεο, κείμενο και εικόνες.



Διάγραμμα 2. Ερευνητικός σχεδιασμός μελέτης 2

3.2.3 Διδακτικό υλικό

Για το σκοπό της μελέτης 2 σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε ένα ILS που αφορούσε περιεχόμενο της ενότητας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και συγκεκριμένα το απλό

ηλεκτρικό κύκλωμα και τα δύο είδη συνδεσμολογίας, σε σειρά και παράλληλα. Το ILS έχει τίτλο «Πώς είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά σε ένα σπίτι;» και είναι χωρισμένο στις πέντε φάσεις του κύκλου διερώτησης, τον Προσανατολισμό, την Εννοιολόγηση, τη Διερεύνηση, το Συμπέρασμα και τη Συζήτηση (βλ. Παράρτημα Α: Μαθησιακός χώρος διερώτησης – Μελέτη 2). Σε κάθε φάση οι μαθητές κλήθηκαν να ολοκληρώσουν ορισμένες δραστηριότητες, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι το μάθημα ακολουθούσε μια αυστηρά σειριακή δομή, αφού οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να επιστρέψουν σε κάθε φάση του μαθήματος για να επαναλάβουν ορισμένες δραστηριότητες, αν αυτό ήταν απαραίτητο για να ολοκληρώσουν τον κύκλο της διερεύνησής τους. Το εικονικό εργαστήριο που ενσωματώθηκε στο συγκεκριμένο ILS είναι το εικονικό Εργαστήριο των Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων, όπως και στη μελέτη 1, το οποίο είναι διαθέσιμο στο αποθετήριο διαδικτυακών εργαστηρίων της πλατφόρμας του Go-Lab (<http://www.golabz.eu/lab/electrical-circuit-lab>). Στη συνέχεια περιγράφονται συνοπτικά οι δραστηριότητες και διαδικασίες που συμπεριλαμβάνονται σε κάθε φάση του κύκλου διερώτησης του συγκεκριμένου μαθήματος.

Προσανατολισμός

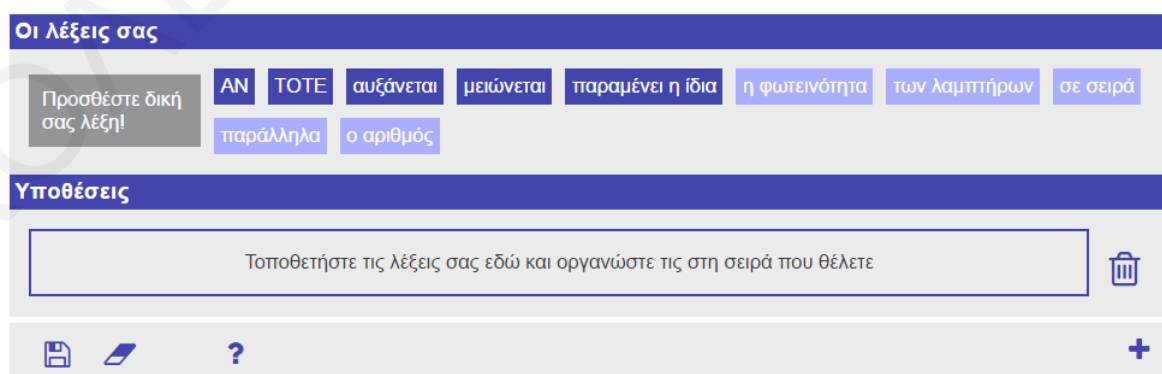
Στη φάση του Προσανατολισμού οι μαθητές παρακολουθούν, αρχικά, ένα βίντεο για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε αυτό. Έπειτα, καλούνται να διατυπώσουν έναν λειτουργικό ορισμό του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, αναφέροντας με ποιο τρόπο πρέπει να συνδέονται ένας λαμπτήρας και μια μπαταρία, έτσι ώστε να φωτοβολεί ο λαμπτήρας. Στη συνέχεια της φάσης του Προσανατολισμού, οι μαθητές παρατηρούν δύο εικόνες που αναπαριστούν, η πρώτη ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά και η δεύτερη ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους παράλληλα. Παρατηρώντας τις δύο εικόνες καλούνται να αναφέρουν ποιες νομίζουν ότι είναι οι πιθανές διαδρομές που ακολουθεί το ηλεκτρικό ρεύμα σε κάθε περίπτωση. Ο στόχος της συγκεκριμένης δραστηριότητας είναι να βοηθήσει τους μαθητές, σε ένα αρχικό στάδιο, να εντοπίσουν μερικές διαφορές μεταξύ των δύο τρόπων συνδεσμολογίας.

Υπόθεση

Προχωρώντας στη φάση της Υπόθεσης οι μαθητές, αρχικά, παρατηρούν ένα διάγραμμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά και έπειτα διατυπώνουν μια πρόβλεψη για το αν η φωτεινότητα των δύο λαμπτήρων είναι η ίδια ή διαφορετική, προσπαθώντας να

αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Αμέσως μετά την πρόβλεψή τους διατυπώνουν μια υπόθεση στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων (Εικόνα 10), η οποία αφορά στο τι θα συμβεί στη φωτεινότητα των λαμπτήρων αν συνεχίσουν να προσθέτουν λαμπτήρες σε σειρά. Ακολούθως, πραγματοποιούν ακριβώς τα ίδια βήματα για την παράλληλη συνδεσμολογία. Δηλαδή, αρχικά προβλέπουν πως διαφέρει η φωτεινότητα δύο λαμπτήρων που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα και έπειτα, με βάση την πρόβλεψή τους, διατυπώνουν μια υπόθεση για το τι θα συμβεί στη φωτεινότητα των λαμπτήρων αν συνεχίσουν να προσθέτουν λαμπτήρες παράλληλα.

Στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων δίνονται στους μαθητές οι λέξεις που είναι απαραίτητες για τη διατύπωση της υπόθεσής τους. Οι λέξεις που βρίσκονται σε μπλε πλαίσιο με κεφαλαία γράμματα, δηλαδή το **AN** και το **ΤΟΤΕ**, προσδιορίζουν τη μορφή της δήλωσης που είναι η υπόθεση. Οι υπόλοιπες λέξεις σε μπλε πλαίσιο είναι αυτές που υποδηλώνουν έμμεσα ποια είναι η σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών, της ανεξάρτητης και της εξαρτημένης. Σε γαλάζιο πλαίσιο είναι οι λέξεις που αποτελούν τις βασικές μεταβλητές του φαινομένου που μελετάται στο μάθημα. Επιπλέον, στο εργαλείο υπάρχει το γκριζό πλαίσιο, στο οποίο οι μαθητές μπορούν να γράψουν δικές τους λέξεις ή φράσεις και να τις χρησιμοποιήσουν για τη διατύπωση της υπόθεσής τους. Προκειμένου να ολοκληρωθεί η διατύπωση μιας υπόθεσης στο εργαλείο, οι μαθητές σύρουν και τοποθετούν λέξεις που υπάρχουν στο εργαλείο, ή δικές τους, στο ορθογώνιο πλαίσιο κάτω από τις δοσμένες λέξεις. Έχουν τη δυνατότητα να τοποθετήσουν μια λέξη πάνω από μία φορές, καθώς επίσης μπορούν να αλλάξουν τη σειρά των λέξεων σε μια υπόθεση μετακινώντας τις μπροστά ή πίσω από άλλες.



Εικόνα 10. Εργαλείο Διατύπωσης Υποθέσεων – μελέτη 2

Στη φάση της Υπόθεσης το μαθησιακό περιβάλλον διαφοροποιήθηκε μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών. Η διαφοροποίηση αφορούσε την παρουσία ή όχι του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων. Αναλυτικότερα, στις συνθήκες 1 και 2 οι μαθητές χρησιμοποίησαν το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων για να δημιουργήσουν τις υποθέσεις τους, ενώ στις συνθήκες 3 και 4 το συγκεκριμένο εργαλείο απουσίαζε. Αντί του εργαλείου αυτού, οι μαθητές έγραψαν την υπόθεσή τους σε ένα άδειο πλαίσιο εισαγωγής κειμένου. Δηλαδή, δεν είχαν στη διάθεσή τους δοσμένες έννοιες και λέξεις κλειδιά για να ολοκληρώσουν τη δραστηριότητα διατύπωσης υποθέσεων. Στην Εικόνα 11, φαίνεται το πλαίσιο εισαγωγής κειμένου και η οδηγία που δόθηκε στους μαθητές για να γράψουν την υπόθεσή τους. Να σημειωθεί, σε αυτό το σημείο, ότι το πρώτο μέρος της οδηγίας είναι ακριβώς το ίδιο όπως και στις δύο άλλες συνθήκες (1 και 2), όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων.

Βασισμένοι στην πιο πάνω πρόβλεψή σας, τι θα συμβεί στη φωτεινότητα των λαμπτήρων αν συνεχίσω να προσθέτω λαμπτήρες σε σειρά, δηλαδή αν αυξάνω τον αριθμό τους;

Στο πιο κάτω πλαίσιο κειμένου γράψτε μια υπόθεση που να αφορά τον πιο πάνω προβληματισμό.

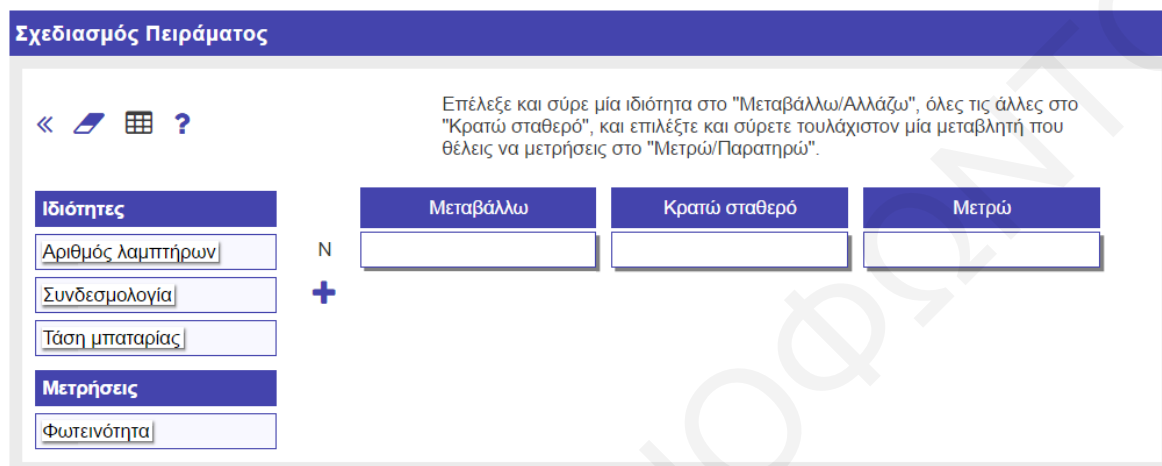
Type here

Εικόνα 11. Δραστηριότητα διατύπωσης υποθέσεων χωρίς το εργαλείο – μελέτη 2

Διερεύνηση

Η φάση της Διερεύνησης είναι χωρισμένη σε δύο μέρη, τη Διερεύνηση 1 και τη Διερεύνηση 2. Ο διαχωρισμός του περιεχομένου της συγκεκριμένης φάσης έγινε για λόγους ευκολότερης πλοήγησης των μαθητών, επειδή στη φάση αυτή οι μαθητές κλήθηκαν να ολοκληρώσουν αρκετές δραστηριότητες. Επομένως, μετά την ολοκλήρωση των υποθέσεων τους, στην προηγούμενη φάση, οι μαθητές σχεδίασαν και εκτέλεσαν τα πειράματά τους στη Διερεύνηση 1, προκειμένου να διαπιστώσουν κατά πόσο οι υποθέσεις τους ήταν σωστές ή λανθασμένες. Ο έλεγχος των υποθέσεων τους επέτρεψε στη συνέχεια του μαθήματος να δώσουν μια απάντηση στο αρχικό ερώτημα του μαθήματος, που αφορά στον τρόπο που είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά σε ένα σπίτι. Σε αυτή τη φάση υπήρξε διαφοροποίηση του μαθησιακού περιβάλλοντος μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών. Συγκεκριμένα, στις συνθήκες 1 και 3 οι μαθητές αξιοποίησαν το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (Εικόνα 12), προκειμένου να σχεδιάσουν τα πειράματά τους προτού τα

εκτελέσουν στο εικονικό εργαστήριο, ενώ οι μαθητές στις συνθήκες 2 και 4 δεν χρησιμοποίησαν το συγκεκριμένο εργαλείο. Αντί του εργαλείου αυτού, ζητήθηκε από τους μαθητές να περιγράψουν τα πειράματά τους σε ένα πλαίσιο εισαγωγής κειμένου (Εικόνα 13).



Εικόνα 12. Το Εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων – μελέτη 2

Στο πιο κάτω πλαίσιο κειμένου γράψτε με ποιο τρόπο ακριβώς θα πραγματοποιήσετε τα πειράματά σας για να εξετάσετε αν η υπόθεσή σας είναι σωστή.

Type here

Εικόνα 13. Δραστηριότητα σχεδιασμού πειραμάτων χωρίς το εργαλείο – μελέτη 2

Το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων είναι ένα εργαλείο το οποίο διαθέτει λειτουργίες και ρυθμίσεις τις οποίες μπορεί να διαμορφώσει ο ίδιος ο εκπαιδευτικός και παρέχει δυνατότητες για σχεδιασμό έγκυρων πειραμάτων και καταγραφή μετρήσεων από τους μαθητές, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 14. Στο μαθησιακό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της μελέτης, το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε πριν από την πραγματοποίηση των πειραμάτων στο εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων, επιτρέποντας στους μαθητές να καθορίσουν την ανεξάρτητη μεταβλητή («Μεταβάλλω»), την εξαρτημένη μεταβλητή («Μετρώ») και τις μεταβλητές

που παραμένουν σταθερές («Κρατώ σταθερό»), στο πείραμά τους. Για να γίνει αυτό, οι μαθητές σύρουν τις λέξεις από την αριστερή στήλη του εργαλείου στην κατάλληλη στήλη, «Μεταβάλλω», «Κρατώ σταθερό» και «Μετρώ», στον κεντρικό χώρο (Εικόνα 14, α. Διαχείριση μεταβλητών). Αν οι μαθητές τοποθετήσουν μια ιδιότητα από την αριστερή στήλη, στη στήλη «Μετρώ», τότε εμφανίζεται ένα παράθυρο ανατροφοδότησης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 15, το οποίο τους ενημερώνει ότι η συγκεκριμένη ιδιότητα δεν μπορεί να μετρηθεί στο συγκεκριμένο πείραμα, αλλά μπορεί μόνο να μεταβληθεί ή να κρατηθεί σταθερή. Παρόμοιο παράθυρο ανατροφοδότησης εμφανίζεται, επίσης, όταν οι μαθητές τοποθετούν μια λέξη της αριστερής στήλης «Μετρήσεις» στη στήλη «Μεταβάλλω» ή «Κρατώ σταθερό».

Μετά από τη διαχείριση των μεταβλητών και την τοποθέτησή τους στις κατάλληλες στήλες, το επόμενο βήμα στον σχεδιασμό του πειράματος είναι η προσθήκη πειραματικών δοκιμών και η εισαγωγή τιμών που θα είχε η ανεξάρτητη και οι σταθερές μεταβλητές σε κάθε πειραματική δομική (Εικόνα 14, β) Καθορισμός τιμών των μεταβλητών και προσθήκη πειραματικών δοκιμών). Για τον καθορισμό των τιμών των μεταβλητών και για την προσθήκη πειραματικών δοκιμών, οι μαθητές λαμβάνουν σχετική καθοδήγηση από το ίδιο το εργαλείο υπό μορφή οδηγιών που εμφανίζονται στο πάνω μέρος του εργαλείου. Συγκεκριμένα, κάθε φορά που ολοκληρώνεται ένα βήμα στο εργαλείο, εμφανίζεται η οδηγία που αφορά το επόμενο βήμα. Ακολούθως, όταν οι μαθητές πραγματοποιήσουν μια πειραματική δοκιμή στο εικονικό εργαστήριο, πρέπει να επιστρέφουν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων για να συμπληρώσουν τη μέτρηση της εξαρτημένης μεταβλητής (Εικόνα 14, γ) Προσθήκη μέτρησης της εξαρτημένης μεταβλητής).

Οι μαθητές στη Διερεύνηση 1 ολοκληρώνουν δύο διερευνήσεις, μία για τη συνδεσμολογία σε σειρά και μία για την παράλληλη συνδεσμολογία. Επομένως, πραγματοποιούν δύο πειραματικούς σχεδιασμούς στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και συλλέγουν δεδομένα για κάθε μία από τις υποθέσεις που διατύπωσαν στην προηγούμενη φάση, δηλαδή στη φάση της Υπόθεσης. Για το λόγο αυτό, το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων υπάρχει δύο φορές στη συγκεκριμένη φάση. Στο τέλος της Διερεύνησης 1, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν μονολεκτικά σε τέσσερις ερωτήσεις, οι οποίες εξυπηρετούν το σκοπό της ερμηνείας των δεδομένων τους. Συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις αφορούν στη σύγκριση της φωτεινότητας των λαμπτήρων σε κάθε συνδεσμολογία, τόσο μεταξύ τους, όσο και με τον λαμπτήρα σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.

α. Διαχείριση μεταβλητών

Σχεδιασμός Πειράματος

Κάνε κλικ στο + για να προσθέσεις μια πειραματική δοκιμή στον σχεδιασμό σου. Συμπεριέλαβε τουλάχιστον τρεις πειραματικές δοκιμές.

Ιδιότητες	Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Αριθμός λαμπτήρων	Αριθμός λαμπτήρων	Συνδεσμολογία	Φωτεινότητα
Συνδεσμολογία			
Τάση μπαταρίας			
Μετρήσεις			
Φωτεινότητα			

β. Καθορισμός τιμών των μεταβλητών και προσθήκη πειραματικών δοκιμών

Σχεδιασμός Πειράματος

Καθορισμός τιμής για: Αριθμός λαμπτήρων

Αριθμός λαμπτήρων: 2

1 5

OK Cancel

Ιδιότητες	Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Αριθμός λαμπτήρων			Φωτεινότητα
Συνδεσμολογία			
Τάση μπαταρίας			
Μετρήσεις			
Φωτεινότητα			

Μπορείς να καταχωρήσεις τα αποτελέσματα σου σε κάθε πειραματική δοκιμή. Μόλις καταχωρήσεις ένα αποτέλεσμα, αποθηκεύεται αυτόματα στο πίνακα όπου μπορείς να δεις όλα τις ολοκληρωμένες πειραματικές δοκιμές και να τις ταξινομήσεις κατά αύξουσα ή φθίνουσα σειρά ανά μεταβλητή.

Ιδιότητες	Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Αριθμός λαμπτήρων	Αριθμός λαμπτήρων	Συνδεσμολογία	Φωτεινότητα
Συνδεσμολογία			
Τάση μπαταρίας			
Μετρήσεις			
Φωτεινότητα			

N	Αριθμός λαμπτήρων	Συνδεσμολογία	Τάση μπαταρίας	Φωτεινότητα
1	2	Σε σειρά	5	-
2	3	Σε σειρά	5	-
3	4	Σε σειρά	5	-

γ. Προσθήκη μέτρησης της εξαρτημένης μεταβλητής

Μπορείς να καταχωρήσεις τα αποτελέσματα σου σε κάθε πειραματική δοκιμή. Μόλις καταχωρήσεις ένα αποτέλεσμα, αποθηκεύεται αυτόματα στο πίνακα όπου μπορείς να δεις όλα τις ολοκληρωμένες πειραματικές δοκιμές και να τις ταξινομήσεις κατά αύξουσα ή φθίνουσα σειρά ανά μεταβλητή.

Καθορισμός τιμής για: Φωτεινότητα

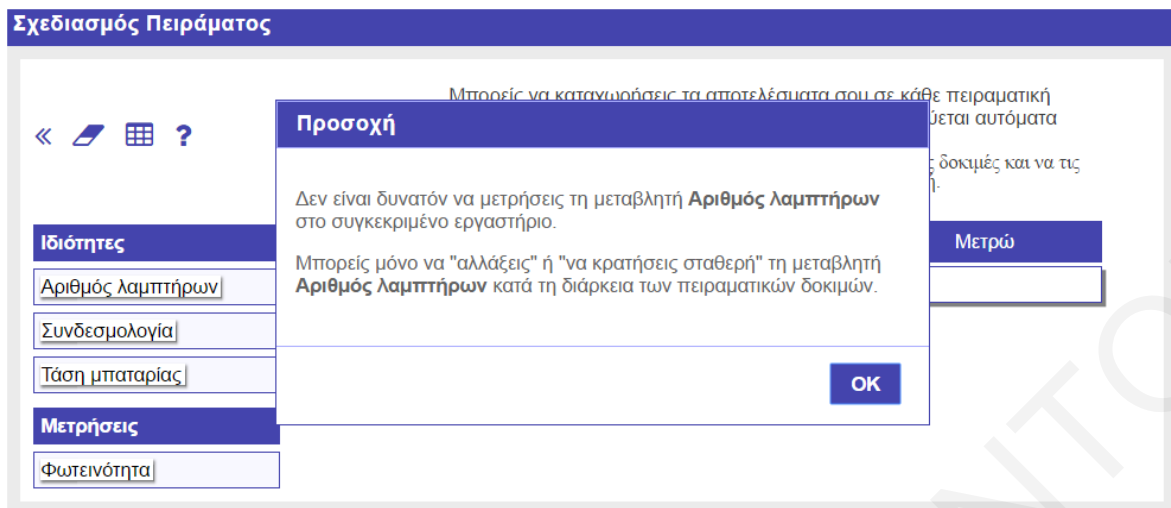
έντονη μέτρια ελάχιστη αμυδρή

OK Cancel

Ιδιότητες	Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Αριθμός λαμπτήρων			Φωτεινότητα
Συνδεσμολογία			
Τάση μπαταρίας			
Μετρήσεις			
Φωτεινότητα			

N	Αριθμός λαμπτήρων	Συνδεσμολογία	Τάση μπαταρίας	Φωτεινότητα
3	4	Σε σειρά	5	μέτρια
				ελάχιστη

Εικόνα 14. Σχεδιασμός πειράματος στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – μελέτη 2

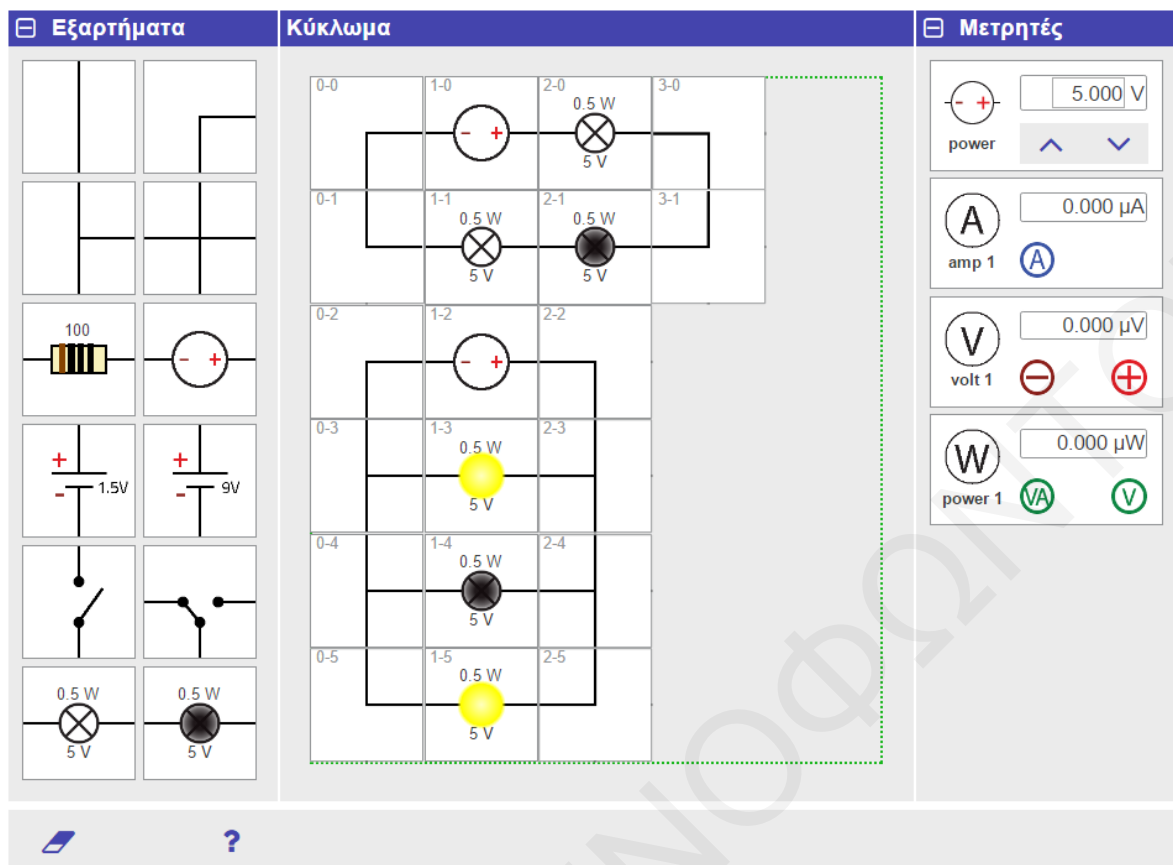


Εικόνα 15. Ανατροφοδότηση στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – μελέτη 2

Ολοκληρώνοντας τις ερωτήσεις για την ερμηνεία των δεδομένων, οι μαθητές προχωρούν στη Διερεύνηση 2, όπου πραγματοποιούν δύο δραστηριότητες με δοσμένες πειραματικές διατάξεις. Συγκεκριμένα, καλούνται να παρατηρήσουν τι συμβαίνει σε ένα κύκλωμα με τρεις λαμπτήρες, σε σειρά (1^η δραστηριότητα) και παράλληλα (2^η δραστηριότητα), όταν ένας από αυτούς καεί και δεν αφαιρεθεί από το κύκλωμα. Για να μπορέσουν να κάνουν παρατηρήσεις και να απαντήσουν τα δύο αυτά ερωτήματα, οι μαθητές πρέπει πρώτα να δημιουργήσουν το κάθε κύκλωμα στο εικονικό εργαστήριο και να αντικαταστήσουν έναν από τους τρεις λαμπτήρες με έναν καμένο (Εικόνα 16).

Συμπέρασμα

Έχοντας συλλέξει αρκετά στοιχεία από τις διερευνήσεις τους, οι μαθητές προχωρούν στη φάση του Συμπεράσματος. Η δραστηριότητα που πρέπει να ολοκληρώσουν σε αυτή τη φάση, είναι να δώσουν μια απάντηση στο αρχικό ερώτημα του μαθήματος, το οποίο είναι «Πώς είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά σε ένα σπίτι;». Στην απάντησή τους, παροτρύνονται να αναφέρουν αρκετά αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία έχουν προκύψει από τα πειράματά τους.



Εικόνα 16. Διερεύνηση με καμένο λαμπτήρα – μελέτη 2

Συζήτηση

Στην τελευταία φάση του μαθησιακού περιβάλλοντος, στη Συζήτηση, οι μαθητές αναστοχάζονται για τις δραστηριότητες που πραγματοποίησαν, απαντώντας σε τρεις αναστοχαστικές ερωτήσεις. Στην πρώτη ερώτηση πρέπει να περιγράψουν τα βήματα που ακολούθησαν για να απαντήσουν στο αρχικό ερώτημα του μαθήματος, στη δεύτερη ερώτηση να αναφέρουν κατά πόσο ολοκλήρωσαν όλες τις δραστηριότητες του μαθήματος και στην τρίτη ερώτηση τους ζητήθηκε να αναφέρουν εναλλακτικούς τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν να πραγματοποιήσουν τις δραστηριότητες του μαθήματος, ώστε να απαντηθεί το αρχικό ερώτημα.

3.2.4 Συλλογή δεδομένων

Η συλλογή δεδομένων περιλάμβανε τρεις διαφορετικές πηγές δεδομένων, το διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου, το οποίο χορηγήθηκε πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, το προδιαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης και την καταγραφή του

τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τα δύο προδιαγνωστικά δοκίμια χορηγήθηκαν με σκοπό να διερευνηθεί κατά πόσο το αρχικό επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων των μαθητών ήταν ίδιο σε κάθε ομάδα. Το μεταδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου συμπληρώθηκε με στόχο να διαφανεί κατά πόσο οι μαθητές σε κάθε συνθήκη βελτίωσαν τις επιδόσεις τους, αλλά και κατά πόσο μεταξύ των συνθηκών υπήρχαν οποιεσδήποτε διαφορές. Τα δεδομένα από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή, αποτέλεσαν την κύρια πηγή δεδομένων για το σκοπό της μελέτης και προέρχονταν από δύο φάσεις. Η πρώτη φάση αφορούσε στην εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος, που πραγματοποιήθηκε κατά τη δεύτερη συνάντηση και η δεύτερη φάση αφορούσε στην πραγματοποίηση δραστηριοτήτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα, που έγινε στην τρίτη συνάντηση. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι το River Past Screen Recorder Pro, το οποίο μάλιστα επιτρέπει και την καταγραφή εξωτερικών ήχων, όπως για παράδειγμα συζητήσεις μεταξύ μαθητών και μαθητή με εκπαιδευτικό.

3.2.4.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου

Το διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου (βλ. Παράρτημα Β: Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Β) περιλαμβάνει τέσσερα έργα αξιολόγησης, τα οποία αντιστοιχούν σε τρία διαφορετικά γνωστικά επίπεδα, της ανάκλησης, της κατανόησης και της εφαρμογής (Zevras, 2013; de Jong, 2014). Τα επίπεδα αυτά αποτελούν μια αναθεωρημένη εκδοχή της ταξινόμησης του Bloom (1956). Από τα τέσσερα επίπεδα που περιγράφονται στην αναθεωρημένη ταξινόμηση, για τους σκοπούς της συγκεκριμένης μελέτης επιλεχθήκαν τα τρία πρώτα και δεν επιλέχθηκε το τέταρτο, που είναι το επίπεδο της κριτικής και δημιουργικής σκέψης. Ο κυριότερος λόγος που δεν έγινε επιλογή του συγκεκριμένου γνωστικού επιπέδου είναι η ηλικία των μαθητών, καθώς και η μικρή χρονική διάρκεια του παρεμβατικού μαθήματος. Αναλυτικότερα, στο επίπεδο της ανάκλησης οι μαθητές αναγνωρίζουν και ανακαλούν πληροφορίες που έχουν διδαχθεί, στο επίπεδο της κατανόησης οργανώνουν και διευθετούν γνώσεις που απόκτησαν νοερά, στο επίπεδο της εφαρμογής εφαρμόζουν και συνδυάζουν πληροφορίες για να καταλήξουν σε μία απάντηση και τέλος στο επίπεδο της κριτικής και δημιουργικής σκέψης σκέφτονται σχετικά με τις αιτίες, προβλέπουν, κρίνουν και δημιουργούν νέες ιδέες (de Jong, 2014).

Το πρώτο έργο αξιολόγησης αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος περιλαμβάνει μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής, στην οποία παρουσιάζονται τέσσερις διατάξεις μιας

μπαταρίας και ενός λαμπτήρα που συνδέονται με διαφορετικό τρόπο μεταξύ τους με ένα ή δύο καλώδια και ζητείται από τους μαθητές να αναγνωρίσουν σε ποιες από αυτές τις διατάξεις ο λαμπτήρας φωτοβολεί. Οι διατάξεις αναπαρίστανται με πραγματικές εικόνες των στοιχείων του κυκλώματος και όχι με σύμβολα. Έπειτα, στο δεύτερο μέρος του έργου αξιολόγησης, οι μαθητές καλούνται να εξηγήσουν τον συλλογισμό τους, αιτιολογώντας έτσι την επιλογή που έκαναν στο πρώτο μέρος. Το έργο αυτό αξιολογούσε τη γνώση των μαθητών στο επίπεδο της ανάκλησης.

Στο δεύτερο έργο αξιολόγησης παρουσιάζονται τρία ηλεκτρικά κυκλώματα, ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά και ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους παράλληλα. Τα κυκλώματα αυτά αναπαρίστανται με συμβολικό τρόπο αυτή τη φορά. Στη συνέχεια του έργου υπάρχουν έξι δηλώσεις που αφορούν συγκρίσεις της φωτεινότητας των λαμπτήρων στα τρία αυτά κυκλώματα και οι μαθητές καλούνται να αποφασίσουν κατά πόσο οι δηλώσεις αυτές είναι ορθές ή λανθασμένες. Το συγκεκριμένο έργο αξιολογούσε τη γνώση των μαθητών στο επίπεδο της κατανόησης.

Το επόμενο έργο αξιολόγησης, το οποίο είναι μία ερώτηση πολλαπλής επιλογής, παρουσιάζει στους μαθητές δύο κυκλώματα, ένα κύκλωμα με τρεις λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά και ένα κύκλωμα με τρεις λαμπτήρες συνδεδεμένους παράλληλα. Οι μαθητές πρέπει να προβληματιστούν τι συμβαίνει στη φωτεινότητα των λαμπτήρων των δύο κυκλωμάτων όταν ένας από τους τρεις λαμπτήρες καίγεται και δεν αφαιρείται από το κύκλωμα, επιλέγοντας μία από τις πέντε επιλογές που τους δίνονται. Το έργο αυτό στόχευε στην αξιολόγηση της γνώσης των μαθητών στο επίπεδο της εφαρμογής. Τέλος, το τέταρτο έργο αξιολόγησης είναι μια ερώτηση ανοικτού τύπου, στην οποία οι μαθητές καλούνται να σκεφτούν ποιο είναι το είδος της συνδεσμολογίας των ηλεκτρικών συσκευών που βρίσκονται σε ένα πολύπριζο, εξηγώντας το σκεπτικό τους. Το συγκεκριμένο έργο αξιολόγησης αντιστοιχούσε, επίσης, στο γνωστικό επίπεδο της εφαρμογής.

Όλα τα συμπληρωμένα διαγνωστικά δοκίμια γνώσεων περιεχομένου βαθμολογήθηκαν με κρυμμένο το όνομα και την ομάδα του κάθε συμμετέχοντα, σύμφωνα με μια κλειδα αξιολόγησης, η οποία βρίσκεται στο Παράρτημα Β (βλ. Κλειδα αξιολόγησης διαγνωστικού δοκιμίου γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Β). Το 20% του συνολικού αριθμού των έργων αξιολόγησης ανοικτού τύπου των συμπληρωμένων διαγνωστικών δοκιμίων, βαθμολογήθηκαν από δύο ανεξάρτητους βαθμολογητές και

υπολογίστηκε ο δείκτης εσωτερικής αξιοπιστίας. Οι δύο ανεξάρτητοι βαθμολογητές ήταν άτομα που κατέχουν πρώτο πτυχίο στις Επιστήμες της Αγωγής από το Πανεπιστήμιο Κύπρου και παρακολουθούσαν τα μαθήματα του μεταπτυχιακού προγράμματος Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, του ιδίου Πανεπιστημίου. Ο βαθμός συμφωνίας μεταξύ των βαθμολογητών βρέθηκε να είναι ικανοποιητικός (Cohen's $K=0.91$) και οποιεσδήποτε διαφορές στις βαθμολογίες τους, επιλύθηκαν έπειτα από συζήτηση μεταξύ τους, αλλά και μεταξύ των δύο και της ερευνήτριας. Οι συνολικές βαθμολογίες καθενός από τα τρία γνωστικά επίπεδα που αναφέρθηκαν πιο πάνω, μετασχηματίστηκαν στην μοναδιαία κλίμακα και η συνολική βαθμολογία στο δοκίμιο υπολογίστηκε από τον μέσο όρο των τριών βαθμολογιών σε κάθε γνωστικό επίπεδο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η μέγιστη βαθμολογία ήταν η μονάδα και η ελάχιστη το μηδέν.

3.2.4.2 Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης

Για το προδιαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης (βλ. Παράρτημα Β: Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης) έγινε επιλογή και μετάφραση δώδεκα ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής από το εργαλείο μέτρησης δεξιοτήτων διερώτησης, TIPS II (Burns et al., 1985). Το TIPS II αποτελεί ένα έγκυρο και αξιόπιστο εργαλείο για την αξιολόγηση των επιστημονικών δεξιοτήτων των μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου. Λόγω του ότι οι μαθητές που συμμετέχουν στη μελέτη 2 είναι μαθητές Δημοτικού σχολείου, η επιλογή των δώδεκα ερωτήσεων βασίστηκε τόσο στο είδος της δεξιότητας που αξιολογείται σε κάθε ερώτηση, όσο και στην καταλληλότητα του περιεχομένου και του λεξιλογίου, έτσι ώστε να είναι κατανοητές οι ερωτήσεις από μικρότερους μαθητές. Επιπλέον, κατά την επιλογή των ερωτήσεων έγινε προσπάθεια η αναλογία των ερωτήσεων ανά είδος δεξιότητας που αξιολογείται να είναι η ίδια με το αυθεντικό εργαλείο, ενώ η δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων από γραφικές παραστάσεις δεν συμπεριλήφθηκε, για το λόγο ότι οι μαθητές Ε' τάξης δημοτικού δεν διδάσκονται, συστηματικά, γραφικές παραστάσεις. Από τις δώδεκα ερωτήσεις που επιλέγηκαν, τέσσερις αξιολογούν τη δεξιότητα αναγνώρισης μεταβλητών, τρεις τη δεξιότητα αναγνώρισης και διατύπωσης υποθέσεων, τρεις τη δεξιότητα διατύπωσης λειτουργικού ορισμού και δύο τη δεξιότητα σχεδιασμού διερευνήσεων.

Στο διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης κάθε ορθή επιλογή βαθμολογήθηκε με μία μονάδα. Η συνολική βαθμολογία για κάθε δεξιότητα υπολογίστηκε από τον μέσο όρο των ορθών απαντήσεων στις αντίστοιχες ερωτήσεις και η συνολική βαθμολογία του δοκιμίου υπολογίστηκε από τον μέσο όρο των τεσσάρων βαθμολογιών για τις τέσσερις

δεξιότητες που αξιολογούνται στο δοκίμιο. Συνεπώς, η μέγιστη βαθμολογία στο διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης ήταν η μονάδα και η ελάχιστη το μηδέν.

3.2.4.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, μέσω ενός λογισμικού καταγραφής του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή και παράλληλης καταγραφής ήχου (River Past Screen Recorder Pro), συλλέχθηκαν δεδομένα από την εργασία κάθε μαθητή σε δύο φάσεις, κατά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος και κατά την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα. Τα δεδομένα αυτά αποτέλεσαν την κύρια πηγή δεδομένων της έρευνας, αφού επιτρέπουν την παρακολούθηση των ενεργειών των μαθητών και την πλοήγησή τους στο μαθησιακό περιβάλλον, καθώς επίσης αποτελούν ένα σημαντικό μέσο για αξιολόγηση της ποιότητας εργασίας και των μαθησιακών προϊόντων του κάθε μαθητή.

3.2.5 Ανάλυση δεδομένων

Για την ανάλυση των ποσοτικών δεδομένων που προέρχονται από τα δύο διαγνωστικά δοκίμια, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης, πραγματοποιήθηκαν μη παραμετρικές στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης, με την αξιοποίηση του στατιστικού πακέτου SPSS. Τα δεδομένα από την καταγραφή του τρόπου εργασίας έτυχαν προσεκτικής μελέτης και επεξεργασίας και απομονώθηκαν οι κυριότερες ενέργειες των μαθητών, οι οποίες τελικά κωδικοποιήθηκαν σε ποσοτικές μεταβλητές. Περισσότερες λεπτομέρειες για τον τύπο ανάλυσης της κάθε πηγής δεδομένων ξεχωριστά παρουσιάζονται στη συνέχεια.

3.2.5.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσης

Για την επεξεργασία των δεδομένων από το διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου, το οποίο χορηγήθηκε πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, πραγματοποιήθηκαν οι μη παραμετρικοί στατιστικοί έλεγχοι Wilcoxon signed-rank, Kruskal-Wallis και Mann-Whitney U. Ο πρώτος έλεγχος διενεργήθηκε για να διαφανεί κατά πόσο υπήρχε διαφορά στη συνολική επίδοση των μαθητών κάθε ομάδας ξεχωριστά στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου, πριν και μετά την εφαρμογή. Οι δύο άλλες στατιστικές μέθοδοι, εφαρμόστηκαν για να διαφανεί κατά πόσο υπήρχαν διαφορές στη συνολική επίδοση στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών, τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η επεξεργασία των δεδομένων από το διαγνωστικό δοκίμιο

γνώσεων περιεχομένου οδηγεί στην απάντηση του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος της μελέτης 1.

3.2.5.2 Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης

Για την επεξεργασία των δεδομένων από το διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, το οποίο χορηγήθηκε μόνο πριν από τη διδακτική παρέμβαση, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος Kruskal-Wallis, με στόχο να διαφανεί κατά πόσο υπήρχαν διαφορές στη συνολική επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών. Συνεπώς, όπως γίνεται αντιληπτό, το δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης χρησιμοποιήθηκε μόνο για σκοπούς ελέγχου των δεξιοτήτων που είχαν οι μαθητές σε κάθε συνθήκη πριν από την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος, για σκοπούς διασφάλισης της ομοιογένειας του δείγματος. Η εκτίμηση της βελτίωσης των δεξιοτήτων που απόκτησαν οι μαθητές πραγματοποιήθηκε από την επεξεργασία των δεδομένων καταγραφής του τρόπου εργασίας των μαθητών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

3.2.5.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας

Τα δεδομένα από την καταγραφή του τρόπου εργασίας των μαθητών κατά τη διάρκεια του παρεμβατικού μαθήματος και κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης δραστηριοτήτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα έτυχαν επεξεργασίας και προέκυψαν ποσοτικές μεταβλητές που περιγράφουν την εξελικτική πορεία του μαθήματος, από το σημείο που υπήρχε διαφοροποίηση του μαθησιακού περιβάλλοντος, όσον αφορά την ύπαρξη ή όχι των δύο υπό μελέτη υποστηρικτικών εργαλείων, του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων και του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων. Δηλαδή, η κωδικοποίηση των δεδομένων ξεκίνησε από τη φάση της Υπόθεσης και συγκεκριμένα από τη δραστηριότητα διατύπωσης υποθέσεων. Αναλυτικότερα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3, προέκυψαν μεταβλητές που αφορούσαν την ορθότητα των υποθέσεων που διατύπωσαν οι μαθητές (μεταβλητές ScoreHypo και postScoreHypo), αν εφάρμοσαν τη στρατηγική σχεδιασμού έγκυρων πειραμάτων VOTAT (μεταβλητές EDT_VOTAT και postEDT_VOTAT), κατά πόσο οι πειραματικοί τους σχεδιασμοί περιλάμβαναν ικανοποιητικό αριθμό πειραματικών δοκιμών (μεταβλητές EDT_Trials και postEDT_Trials), αν τα πειράματα που σχεδίασαν αντιστοιχούσαν με τις υποθέσεις που διατύπωσαν (μεταβλητές HS_EDT και postHS_EDT) και αν τελικά τα πειράματα που πραγματοποίησαν στο εικονικό

εργαστήριο, στην περίπτωση της διδακτικής παρέμβασης, αντιστοιχούσαν με τους πειραματικούς τους σχεδιασμούς (μεταβλητή EDT_Trials_Lab).

Πίνακας 3

Μεταβλητές που αναφέρονται στην πορεία εργασίας και τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών – μελέτη 2

Μεταβλητή	Περιγραφή
ScoreHypo	Μέγιστη βαθμολογία μεταξύ των υποθέσεων που διατυπώθηκαν στο ILS*: 0=απουσία εξαρτημένης ή παρουσία ακατάλληλης, 1=έγκυρη εξαρτημένη αλλά απουσία έγκυρης ανεξάρτητης, 2=παρουσία έγκυρης εξαρτημένης και ανεξάρτητης
EDT**_VOTAT***	Η στρατηγική VOTAT εφαρμόστηκε στο ILS: 0=δεν εφαρμόστηκε σε κανέναν πειραματικό σχεδιασμό, 1=εφαρμόστηκε τουλάχιστον για έναν πειραματικό σχεδιασμό, 2=εφαρμόστηκε και στους δύο πειραματικούς σχεδιασμούς
EDT_Trials	Πειραματικές δοκιμές που οργανώθηκαν στο ILS: 0=σε κανέναν πειραματικό σχεδιασμό δεν προστέθηκαν τουλάχιστον 2 πειραματικές δοκιμές, 1=προστέθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές σε έναν πειραματικό σχεδιασμό, 2=και για τις δύο διερευνήσεις προστέθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές
HS****_EDT	Αντιστοιχία υποθέσεων και πειραματικών σχεδιασμών στο ILS: 0=δεν υπάρχει αντιστοιχία, 1=μερική αντιστοιχία, 2=πλήρης αντιστοιχία (μεταξύ όλων των υποθέσεων)
EDT_Trials_Lab	Αντιστοιχία πειραματικών σχεδιασμών και ηλεκτρικών κυκλωμάτων που δημιουργήθηκαν στο εικονικό εργαστήριο, στο ILS: 0=δεν υπάρχει αντιστοιχία, 1=μερική αντιστοιχία, 2=πλήρης αντιστοιχία (μεταξύ όλων των πειραματικών δοκιμών και για τους δύο πειραματικούς σχεδιασμούς)
PostScoreHypo	Μέγιστη βαθμολογία των υποθέσεων που διατυπώθηκαν σε νέα συγκείμενα: 0=απουσία εξαρτημένης ή παρουσία ακατάλληλης, 1=έγκυρη εξαρτημένη αλλά απουσία έγκυρης ανεξάρτητης, 2=παρουσία έγκυρης εξαρτημένης και ανεξάρτητης
PostEDT_VOTAT	Η στρατηγική VOTAT εφαρμόστηκε σε νέα μαθησιακά συγκείμενα: 0=δεν εφαρμόστηκε σε κανέναν πειραματικό σχεδιασμό, 1=εφαρμόστηκε τουλάχιστον για έναν πειραματικό σχεδιασμό, 2=εφαρμόστηκε και στους δύο πειραματικούς σχεδιασμούς
PostEDT_Trials	Πειραματικές δοκιμές που οργανώθηκαν σε νέα μαθησιακά συγκείμενα: 0=σε κανέναν πειραματικό σχεδιασμό δεν προστέθηκαν τουλάχιστον 2 πειραματικές δοκιμές, 1=προστέθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές σε έναν πειραματικό σχεδιασμό, 2=και για τις δύο διερευνήσεις προστέθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές
PostHS_EDT	Αντιστοιχία υποθέσεων και πειραματικών σχεδιασμών σε νέα μαθησιακά συγκείμενα: 0=δεν υπάρχει αντιστοιχία, 1=μερική αντιστοιχία, 2=πλήρης αντιστοιχία (μεταξύ όλων των υποθέσεων)

Σημείωση: *ILS = Inquiry Learning Space (Μαθησιακός Χώρος διερώτησης), **EDT = Experiment Design Tool (ΕΣΠ), ***VOTAT = Vary One Thing At a Time, ****HS = Hypothesis Scratchpad (ΕΔΥ)

Για την κωδικοποίηση των δεδομένων, σύμφωνα με το σχήμα κωδικοποίησης του Πίνακα 3, δύο ανεξάρτητοι ερευνητές κωδικοποίησαν ποσοστό 20% του συνόλου του δείγματος και το ποσοστό συμφωνίας για κάθε μία από τις εννέα μεταβλητές ήταν πάνω από 85%. Οι δύο ανεξάρτητοι ερευνητές προέρχονταν από τον ίδιο κλάδο σπουδών και από το ίδιο εκπαιδευτικό ίδρυμα, με τουλάχιστον 3 χρόνια εμπειρίας στην εκπαιδευτική έρευνα. Οι διαφορές που προέκυψαν μεταξύ τους επιλύθηκαν μετά από συζήτηση μεταξύ τους και με την ερευνήτρια.

Μετά την ολοκλήρωση της κωδικοποίησης όλων των δεδομένων, διενεργήθηκαν οι στατιστικοί έλεγχοι Kruskal-Wallis και Mann Whitney U, για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν τυχόν διαφορές στις μεταβλητές του Πίνακα 3, μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών και το μη παραμετρικό κριτήριο συσχετίσεων Spearman's rho, για να διαφανεί κατά πόσο υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών σε κάθε συνθήκη ξεχωριστά. Τέλος, για να διερευνηθεί, περαιτέρω, η σύνδεση μεταξύ των μεταβλητών του Πίνακα 3 και της κάθε συνθήκης, διενεργήθηκε η πολλαπλή παραγοντική ανάλυση αντιστοιχιών (Correspondence analysis). Η συγκεκριμένη ανάλυση αναδεικνύει ποιες μεταβλητές είναι στενά συνδεδεμένες με την κάθε συνθήκη και αυτό φαίνεται, κυρίως, μέσα από το παραγοντικό διάγραμμα (Biplot), που είναι το βασικό παραχθέν της συγκεκριμένης ανάλυσης. Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για τα δεδομένα από την καταγραφή του τρόπου εργασίας των μαθητών, απαντούν στο δεύτερο και τρίτο ερευνητικό ερώτημα της μελέτης 2.

3.2.6 Διαδικασίες έρευνας

Για την ολοκλήρωση των διαδικασιών της μελέτης 2 οι μαθητές σε κάθε συνθήκη συμμετείχαν σε τρεις συναντήσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών του σχολείου, από την εκπαιδευτικό που διδάσκει Φυσικές Επιστήμες στα δύο τμήματα της Ε΄ τάξης. Η πρώτη και η δεύτερη συνάντηση είχαν διάρκεια 80 λεπτά και η τρίτη 35 λεπτά. Αναλυτικότερα, στο πρώτο σαραντάλεπτο της πρώτης συνάντησης όλοι οι μαθητές συμπλήρωσαν τα προδιαγνωστικά δοκίμια, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης. Στη συνέχεια, οι μαθητές σε κάθε συνθήκη συμμετείχαν, ξεχωριστά, στη συνάντηση εξοικείωσης με το περιβάλλον του μαθήματος. Στη δεύτερη συνάντηση, οι μαθητές σε κάθε συνθήκη ολοκλήρωσαν το παρεμβατικό μάθημα και στην τρίτη συνάντηση, αφού πρώτα συμπλήρωσαν το μεταδιαγνωστικό δοκίμιο (40 λεπτά), πραγματοποίησαν δύο δραστηριότητες στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, οι οποίες αφορούσαν τη διατύπωση υποθέσεων και τον σχεδιασμό πειραμάτων σε δύο νέα

συγκείμενα. Κάθε μαθητής, και στις τρεις συναντήσεις, εργάστηκε σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Η συνάντηση εξοικείωσης πραγματοποιήθηκε σε κάθε ομάδα μαθητών ξεχωριστά και διαφοροποιήθηκε ανάλογα με τη συνθήκη στην οποία υποβλήθηκαν οι μαθητές. Το συντονισμό της συνάντησης εξοικείωσης ανέλαβε η εκπαιδευτικός της τάξης, η οποία παρακολούθησε προπαρασκευαστική συνάντηση με την ερευνήτρια, στην οποία ζητήθηκε ο τρόπος παρουσίασης για κάθε συνθήκη. Αρχικά, επεξηγήθηκε στους μαθητές ο τρόπος εργασίας τους στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και ο τρόπος πλοήγησης στο μαθησιακό περιβάλλον. Σε αυτό το σημείο, τονίστηκε στους μαθητές ο ρόλος τους κατά τη διάρκεια του μαθήματος, ότι δηλαδή θα είχαν την αποκλειστική ευθύνη για την πορεία που θα ακολουθούσαν και τις δραστηριότητες που θα πραγματοποιούσαν. Έπειτα, έγινε μια προφορική εισαγωγή στη διαδικασία διατύπωσης υποθέσεων, όπου επεξηγήθηκε στους μαθητές τι είναι η υπόθεση, πότε διατυπώνεται και τι μορφή επιδέχονται οι δηλώσεις που αποτελούν υποθέσεις. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η μορφή δηλώσεων Αν... Τότε... Ακολούθως, τέθηκε στους μαθητές ένας προβληματισμός για το πώς επηρεάζει ο καιρός τον χρόνο που διαθέτουν τα παιδιά για παιχνίδι. Αφού το πρόβλημα έγινε κατανοητό από όλους τους μαθητές, τους ζητήθηκε να διατυπώσουν μια υπόθεση που θα μπορούσαν να εξετάσουν αν επρόκειτο να πραγματοποιήσουν συστηματική παρατήρηση του χρόνου που παίζουν όταν ο καιρός διαφέρει, όταν δηλαδή είναι ηλιόλουστος, βροχερός ή συννεφιασμένος. Για τους μαθητές στις συνθήκες 1 και 2, έγινε μια σύντομη επίδειξη του τρόπου λειτουργίας του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων και έπειτα, οι μαθητές διατύπωσαν μόνοι τους μια υπόθεση που αντιστοιχούσε στον συγκεκριμένο προβληματισμό. Στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων υπήρχαν δοσμένες λέξεις, σχετικές με το πρόβλημα, που βοήθησαν τους μαθητές να συντάξουν την υπόθεσή τους. Ενώ, οι μαθητές στις συνθήκες 3 και 4 διατύπωσαν την υπόθεσή τους σε ένα άδειο πλαίσιο εισαγωγής κειμένου, χωρίς την παροχή οποιασδήποτε άλλης μορφής καθοδήγησης, πέραν από την προφορική εισαγωγή που έγινε στην αρχή για το τι είναι υπόθεση, πότε και πώς διατυπώνεται. Στη συνέχεια, ακολούθησε μια εισαγωγή στον έγκυρο σχεδιασμό πειραμάτων, όπου έγινε ρητή αναφορά στη στρατηγική της μεταβολής ενός μόνο παράγοντα σε ένα πείραμα, ενώ οι υπόλοιποι πρέπει να διατηρούνται σταθεροί. Επιπλέον, τονίστηκε ότι πριν από την εκτέλεση πειραμάτων προηγείται ένας ολοκληρωμένος πειραματικός σχεδιασμός, ο οποίος περιλαμβάνει τις τιμές της ανεξάρτητης και των σταθερών μεταβλητών για κάθε πειραματική δοκιμή. Στη συνέχεια, επεξηγήθηκαν στους μαθητές των συνθηκών 1 και 3 οι βασικές λειτουργίες του εργαλείου σχεδιασμού

πειραμάτων και οι μαθητές ολοκλήρωσαν τον πειραματικό σχεδιασμό που αντιστοιχούσε στην υπόθεση που διατύπωσαν προηγουμένως, όσον αφορά το συγκεκριμένο του καιρού και του χρόνου παιχνιδιού. Ενώ, οι μαθητές στις συνθήκες 2 και 4, στις οποίες δεν αξιοποιήθηκε το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, περιέγραψαν σε ένα άδειο πλαίσιο εισαγωγής κειμένου τον τρόπο με τον οποίο σκέφτηκαν να οργανώσουν τη συλλογή δεδομένων για την υπόθεση που διατύπωσαν προηγουμένως.

Κατά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος, διάρκειας 80 λεπτών, οι μαθητές σε κάθε συνθήκη ολοκλήρωσαν τις δραστηριότητες του μαθήματος ακολουθώντας τις οδηγίες σε κάθε φάση του μαθησιακού περιβάλλοντος. Η ακολουθία των δραστηριοτήτων και οι οδηγίες στο μάθημα ήταν ακριβώς οι ίδιες σε κάθε συνθήκη, εκτός από τα σημεία στα οποία υπήρχαν ή όχι τα υπό διερεύνηση υποστηρικτικά εργαλεία, το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων και το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων. Στο εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών, όπου πραγματοποιήθηκαν και οι τρεις συναντήσεις της εφαρμογής, υπήρχαν δύο επιπλέον άτομα εκτός από την εκπαιδευτικό. Ο ρόλος των ατόμων αυτών ήταν, κυρίως, η διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας του εργαστηρίου ηλεκτρονικών υπολογιστών, η ασφάλεια των μαθητών και του εξοπλισμού που υπήρχε στο εργαστήριο και η παροχή βοήθειας σε διάφορα τεχνικά προβλήματα που ανέκυψαν. Επιπρόσθετα, τα δύο επιπλέον άτομα παρείχαν στήριξη στους μαθητές κατά τη δακτυλογράφηση μακροσκελών απαντήσεων στις ερωτήσεις του μαθήματος, ιδιαίτερα σε αυτούς που αντιμετώπιζαν γραμματικές και συντακτικές δυσκολίες. Ο λόγος που προσφέρθηκε βοήθεια κατά τη δακτυλογράφηση ήταν για να διασφαλιστεί το γεγονός ότι τυχόν διαφορές μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών, δεν θα οφείλονταν σε αυτό τον παράγοντα. Επιπλέον, αυτή η βοήθεια εξομάλυνε τυχόν διαφορές στο συνολικό χρόνο ολοκλήρωσης του μαθήματος. Οι μαθητές σε κάθε συνθήκη έλαβαν παρόμοια ανατροφοδότηση από την εκπαιδευτικό κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Η ανατροφοδότηση αυτή περιορίστηκε σε επεξήγηση και παράφραση οδηγιών που ενδεχομένως να μην ήταν εύκολα κατανοητές από τους μαθητές και δεν αφορούσε την επεξήγηση του περιεχομένου του μαθήματος. Στις περιπτώσεις όπου οι μαθητές ζητούσαν ανατροφοδότηση για την ορθότητα των ενεργειών τους και των μαθησιακών τους προϊόντων, η εκπαιδευτικός χρησιμοποιούσε ερωτήματα που αποσκοπούσαν στον αναστοχασμό των μαθητών, έτσι ώστε οι ίδιοι αποφάσιζαν αν ήταν απαραίτητο να επαναλάβουν κάποιες ενέργειες ή να διορθώσουν κάτι.

Στην τρίτη συνάντηση οι μαθητές, μετά τη συμπλήρωση του μεταδιαγνωστικού δοκιμίου, κλήθηκαν να ολοκληρώσουν δύο δραστηριότητες σε νέα μαθησιακά συγκείμενα, οι οποίες συμπεριλάμβαναν τις διαδικασίες της διατύπωσης υποθέσεων και του σχεδιασμού πειράματος για τον έλεγχο των αντίστοιχων υποθέσεων. Οι μαθητές ολοκλήρωσαν τις δραστηριότητες αυτές με ή χωρίς τα υπό διερεύνηση υποστηρικτικά εργαλεία, σύμφωνα με τη συνθήκη στην οποία ανήκαν. Η πρώτη δραστηριότητα αφορούσε τη διαλυτότητα της ζάχαρης στο νερό και συγκεκριμένα ποιοι παράγοντες ενδεχομένως να επηρεάζουν τον χρόνο που χρειάζεται για να διαλυθεί στο νερό. Η δεύτερη άσκηση αφορούσε την κύλιση βόλων σε κεκλιμένο επίπεδο και συγκεκριμένα ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τον χρόνο που χρειάζονται οι βόλοι να κατέβουν τη ράμπα. Η εκφώνηση της κάθε άσκησης ήταν σε όλες τις συνθήκες η ίδια και η διαφοροποίηση στον τρόπο παρουσίασης των δραστηριοτήτων διαφοροποιήθηκε στο σημείο εμφάνισης ή όχι των υποστηρικτικών εργαλείων, του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων και του εργαλείου σχεδιασμού. Οι δύο δραστηριότητες που αφορούν τα νέα μαθησιακά συγκείμενα βρίσκονται στο Παράρτημα Γ (βλ. Δραστηριότητες σε νέα μαθησιακά συγκείμενα – Μελέτη 2).

3.3 Μεθοδολογία μελέτης 3

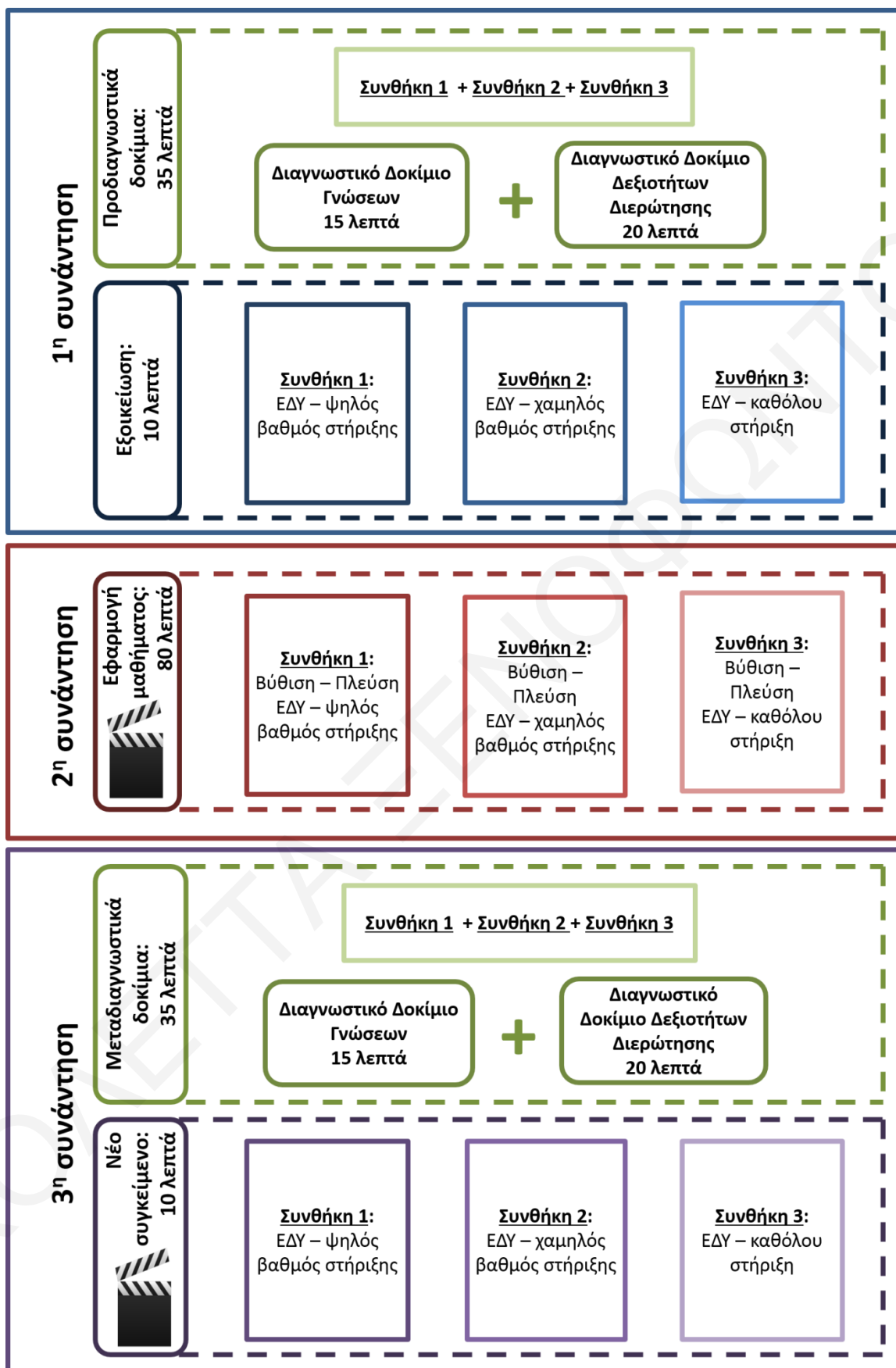
3.3.1 Ερευνητικός σχεδιασμός

Η μελέτη 3 πραγματοποιήθηκε με μαθητές Γ΄ Γυμνασίου και ο ερευνητικός σχεδιασμός που ακολουθήθηκε φαίνεται σχηματικά στο Διάγραμμα 3. Αναλυτικότερα, η εφαρμογή ολοκληρώθηκε σε τρεις συναντήσεις, από τις οποίες η πρώτη και η τρίτη είχαν διάρκεια περίπου 40 λεπτά και η δεύτερη περίπου 80 λεπτά. Στην έρευνα συμμετείχαν τρία τμήματα της Γ΄ τάξης ενός Γυμνασίου και επομένως, κάθε τμήμα υποβλήθηκε σε διαφορετική συνθήκη με τυχαίο τρόπο. Η διαφοροποίηση των τριών συνθηκών αφορούσε τον βαθμό στήριξης που δέχτηκαν οι μαθητές από ένα κατάλληλα σχεδιασμένο υποστηρικτικό εργαλείο για τη διατύπωση υποθέσεων. Αναλυτική περιγραφή του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων και της διαφοροποίησής του μεταξύ των τριών συνθηκών παρουσιάζεται σε επόμενο υποκεφάλαιο. Στην πρώτη συνάντηση χορηγήθηκαν στους μαθητές τα προδιαγνωστικά δοκίμια αξιολόγησης γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης. Αφού ολοκληρώθηκε η συμπλήρωση των δοκιμίων, ο κάθε μαθητής πραγματοποίησε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή μια δραστηριότητα εξοικείωσης, διάρκειας περίπου 10 λεπτών, η οποία αφορούσε τη χρήση και τις λειτουργίες του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων,

ανάλογα με τη συνθήκη στην οποία άνηκε κάθε μαθητής. Περισσότερα για το περιεχόμενο και τις διαδικασίες της δραστηριότητας της εξοικείωσης παρουσιάζονται στο τελευταίο υποκεφάλαιο. Στη δεύτερη συνάντηση ολοκληρώθηκε το παρεμβατικό μάθημα, το οποίο είχε διάρκεια περίπου 80 λεπτά. Στην τρίτη και τελευταία συνάντηση, χορηγήθηκαν τα μεταδιαγνωστικά δοκίμια, τα οποία ήταν τα ίδια δοκίμια γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης που δόθηκαν και ως προδιαγνωστικά. Η συμπλήρωση των δοκιμίων διήρκησε περίπου 40 λεπτά και στη συνέχεια οι μαθητές ολοκλήρωσαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή μια δραστηριότητα που αφορούσε τη διατύπωση υποθέσεων σε νέο συγκείμενο. Όπως στην περίπτωση της δραστηριότητας εξοικείωσης, έτσι και σε αυτή τη δραστηριότητα, οι μαθητές διατύπωσαν τις υποθέσεις τους στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων ανάλογα με τη συνθήκη στην οποία ανήκαν.

3.3.2 Συμμετέχοντες

Οι συμμετέχοντες της έρευνας ήταν 62 μαθητές, ηλικίας 14 – 15 χρόνων, που φοιτούσαν στην Γ΄ τάξη ενός δημόσιου περιφερειακού Γυμνασίου της επαρχίας Λευκωσίας, οι οποίοι προέρχονταν από τρία τμήματα. Κάθε τμήμα υποβλήθηκε με τυχαίο τρόπο σε μια από τις τρεις συνθήκες της έρευνας και με αυτό τον τρόπο την πρώτη συνθήκη αποτέλεσαν 24 μαθητές (9 αγόρια, 15 κορίτσια), τη δεύτερη συνθήκη 18 μαθητές (8 αγόρια, 10 κορίτσια) και την τρίτη 20 μαθητές (11 αγόρια, 9 κορίτσια). Η κάθε συνθήκη διέφερε ως προς τον βαθμό υποστήριξης που παρείχε το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στους μαθητές, το οποίο συμπεριλαμβανόταν στο παρεμβατικό μάθημα που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε για το σκοπό της παρούσας μελέτης. Αναλυτικότερα, ο βαθμός υποστήριξης που δέχτηκαν οι μαθητές στην πρώτη συνθήκη χαρακτηρίζεται ως ψηλός, αφού όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη διατύπωση των υποθέσεων υπήρχαν στο εργαλείο και οι μαθητές μπορούσαν να τα χρησιμοποιήσουν, στη δεύτερη συνθήκη ο βαθμός υποστήριξης χαρακτηρίζεται ως χαμηλός, αφού υπήρχαν λιγότερα στοιχεία στο εργαλείο και στην τρίτη συνθήκη οι μαθητές δεν έλαβαν καθόλου στήριξη, αφού στο εργαλείο δεν υπήρχε κανένα στοιχείο για τη διατύπωση των υποθέσεων. Στο επόμενο υποκεφάλαιο παρουσιάζονται περισσότερες λεπτομέρειες για τον βαθμό στήριξης σε κάθε συνθήκη.



Διάγραμμα 3. Ερευνητικός σχεδιασμός – μελέτη 3

Σε κάθε συνθήκη οι μαθητές ήταν μικτής ικανότητας, σύμφωνα με τα πρότυπα που ακολουθεί το σχολείο για τον διαχωρισμό των μαθητών σε τμήματα. Οι μαθητές δεν είχαν διδαχθεί για τη βύθιση και την πλευση των αντικειμένων σε προηγούμενες βαθμίδες του γυμνασίου, συνεπώς, οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών κάθε συνθήκης, για το συγκεκριμένο θέμα, δεν διέφεραν. Για να διαπιστωθεί, περαιτέρω, η ομοιογένεια του δείγματος όσον αφορά τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών, αξιοποιήθηκαν οι βαθμολογίες των μαθητών στο προδιαγνωστικό δοκίμιο αξιολόγησης γνώσεων και διενεργήθηκε ο έλεγχος Kruskal-Wallis για ανεξάρτητα δείγματα. Η συγκεκριμένη ανάλυση κατέδειξε ότι οι μαθητές των τριών συνθηκών δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις τους στο προδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου ($\chi^2_{(2,62)}=1.02$, $p>0.05$). Επιπλέον, ο ίδιος στατιστικός έλεγχος διενεργήθηκε και για τις επιδόσεις των μαθητών στο προδιαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, όπου και σε αυτή την περίπτωση οι μαθητές των τριών συνθηκών δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($\chi^2_{(2,62)}=1.07$, $p>0.05$). Τέλος, όλοι οι μαθητές είχαν αναπτυγμένες δεξιότητες χειρισμού ηλεκτρονικών υπολογιστών και επεξεργασίας πληροφοριών από διάφορες πηγές, αφού το μάθημα των ηλεκτρονικών υπολογιστών διδάσκεται από την Α΄ Γυμνασίου.

3.3.3 Διδακτικό υλικό

Για το σκοπό της μελέτης 3 σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε ένα ILS για το συγκεκριμένο της βύθισης-πλευσης, το οποίο αφορούσε συγκεκριμένα τη διερεύνηση του κανόνα βύθισης ή πλευσης διαφόρων αντικειμένων σε διαφορετικά υγρά. Τα μάθημα αποτελείτο από τις πέντε φάσεις του κύκλου της διερώτησης, τον Προσανατολισμό, την Εννοιολόγηση, τη Διερεύνηση, το Συμπέρασμα και τη Συζήτηση (βλ. Παράρτημα Α: Μαθησιακός χώρος διερώτησης – Μελέτη 3). Οι μαθητές κλήθηκαν να ολοκληρώσουν τις δραστηριότητες σε κάθε φάση χωρίς αυτό να σημαίνει ότι έπρεπε να ακολουθήσουν μια διαδοχική πορεία εργασίας. Σε οποιοδήποτε σημείο του μαθήματος έκριναν αναγκαίο, είχαν τη δυνατότητα να επιστρέψουν σε προηγούμενες φάσεις για να επαναλάβουν μια διαδικασία. Το εικονικό εργαστήριο που ενσωματώθηκε στο συγκεκριμένο μάθημα είναι το Splash: Virtual Buoyancy Laboratory και συγκεκριμένα το περιβάλλον για τη σχετική πυκνότητα (Εικόνα 17), το οποίο είναι διαθέσιμο στο αποθετήριο διαδικτυακών εργαστηρίων στην πλατφόρμα του Go-Lab (<http://www.golabz.eu/lab/splash-virtual-buoyancy-laboratory>).

Το εικονικό εργαστήριο για τη σχετική πυκνότητα αποτελείται από τέσσερις περιοχές, τις ιδιότητες αντικειμένου, το εργαστήριο, τα αποτελέσματα και τη γραφική παράσταση. Για

τις διερευνήσεις που πραγματοποιήθηκαν από τους μαθητές για το σκοπό της συγκεκριμένης μελέτης, η περιοχή της γραφικής παράστασης δεν αξιοποιήθηκε. Στην περιοχή των ιδιοτήτων του αντικειμένου, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλουν τη μάζα, τον όγκο και την πυκνότητα του αντικειμένου, το οποίο είναι μια μπάλα, καθώς και την πυκνότητα του υγρού, καθορίζοντας με αυτό τον τρόπο το είδος του υγρού.

Σχετική πυκνότητα

Ιδιότητες αντικειμένου

Μάζα: 250.00 g

Όγκος: 250.00 cm³

Πυκνότητα: 1.00 g/cm³ Κεχριμπάρι

Υγρό: 1.00 g/cm³ Νερό

Εργαστήριο

Αποτελέσματα

	m	V	ρ	F
A	250	250	1.00	1

Εικόνα 17. Εικονικό εργαστήριο σχετικής πυκνότητας – μελέτη 3

Η μεταβολή των τεσσάρων ιδιοτήτων του εικονικού εργαστηρίου γίνεται με τη μετακίνηση μιας συρόμενης μπάρας σε μια οριζόντια γραμμή. Ταυτόχρονα με τη μετακίνηση της μπάρας αλλάζει και η τιμή της ιδιότητας, η οποία αναγράφεται στο τέλος της οριζόντιας γραμμής για κάθε ιδιότητα. Λόγω της σχέσης μεταξύ μάζας, όγκου και πυκνότητας, το εργαστήριο δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να «κλειδώσει» μία από τις τρεις αυτές ιδιότητες, κάνοντας κλικ δίπλα από το όνομα της ιδιότητας που επιθυμεί να κλειδώσει. Δίπλα από την ιδιότητα που είναι κλειδωμένη εμφανίζεται το εικονίδιο μιας

κλειδαριάς. Αυτό σημαίνει ότι, όταν ο χρήστης μεταβάλει μια από τις άλλες δύο ιδιότητες, η τρίτη ιδιότητα διαμορφώνει την τιμή της ανάλογα με την ιδιότητα που είναι κλειδωμένη, έτσι ώστε να ικανοποιείται η σχέση που διέπει την πυκνότητα ενός αντικειμένου. Για παράδειγμα, αν είναι κλειδωμένη η μάζα του αντικειμένου και μεταβάλλεται η πυκνότητά του, τότε αυτόματα μετακινείται και η συρόμενη μπάρα του όγκου στην αντίστοιχη τιμή, σύμφωνα με τον τύπο που περιγράφει τις τρεις αυτές ιδιότητες, δηλαδή $\rho = m/v$.

Στην κεντρική περιοχή του εργαστηρίου υπάρχει ένας δοκιμαστικός σωλήνας με μια μπάλα (αντικείμενο), η οποία είναι το βασικό αντικείμενο σε κάθε δοκιμή. Κάθε φορά που ο χρήστης καθορίζει τις τιμές που θέλει για τη δοκιμή του, πατά το κουμπί της «Εκτέλεσης», κάτω από τον δοκιμαστικό σωλήνα και παρατηρεί το αποτέλεσμα, δηλαδή αν το αντικείμενο βυθίζεται ή επιπλέει στο υγρό που υπάρχει στο δοκιμαστικό σωλήνα. Μόλις ολοκληρώνεται μια δοκιμή, τα αποτελέσματα καταγράφονται στην αντίστοιχη περιοχή, δηλαδή στα δεξιά του εργαστηρίου. Συγκεκριμένα, γίνεται καταγραφή των τιμών της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας του αντικειμένου, της πυκνότητας του υγρού, καθώς επίσης αναπαρίσταται με ένα σύμβολο το αποτέλεσμα της δοκιμής. Αν το αντικείμενο βυθίζεται στη στήλη του αποτελέσματος εμφανίζεται ένα κόκκινο βέλος με κατεύθυνση προς τα κάτω, ενώ αν το αντικείμενο επιπλέει ή αιωρείται εμφανίζεται ένα πράσινο αστέρι.

Στη συνέχεια του υποκεφαλαίου περιγράφονται συνοπτικά οι δραστηριότητες και οι διαδικασίες που κλήθηκαν να ολοκληρώσουν οι μαθητές σε κάθε φάση του κύκλου της διερεύνησης.

Προσανατολισμός

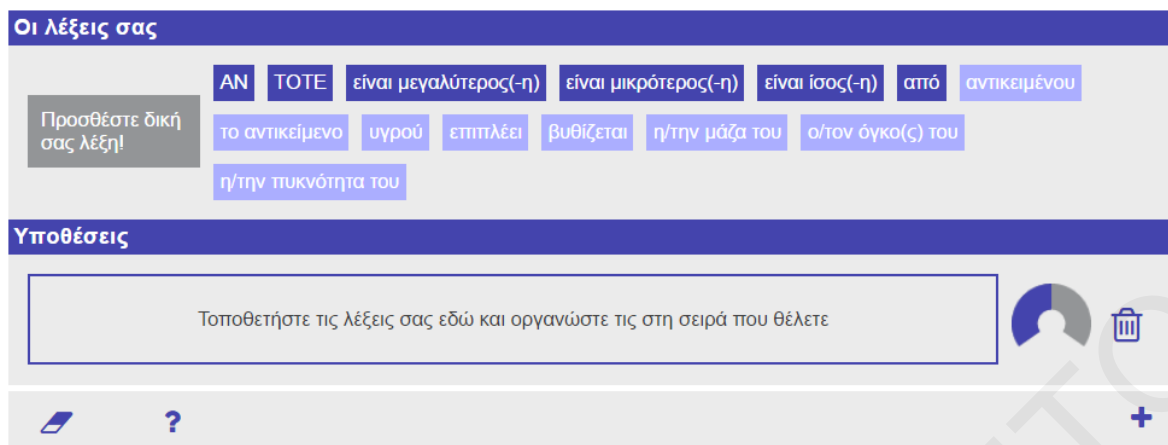
Στη φάση του Προσανατολισμού οι μαθητές ενημερώνονται για το θέμα του μαθήματος παρακολουθώντας ένα βίντεο, το οποίο τους προβληματίζει, αρχικά, γιατί ορισμένα αντικείμενα βυθίζονται και άλλα επιπλέουν. Στη συνέχεια του βίντεο, παρουσιάζεται με λειτουργικό τρόπο η έννοια της πυκνότητας, η οποία τελικά είναι η ιδιότητα που δίνει απάντηση στο ζήτημα της βύθισης και της πλεύσης των αντικειμένων. Σε αυτή τη φάση οι μαθητές δεν καλούνται να δημιουργήσουν κάποιο μαθησιακό προϊόν και επομένως, μετά από την παρακολούθηση του βίντεο, προχωρούν στην επόμενη φάση.

Υπόθεση

Προχωρώντας στη φάση της Υπόθεσης οι μαθητές, αρχικά, αφιερώνουν μερικά λεπτά εξερευνώντας το εικονικό εργαστήριο του μαθήματος και έπειτα καλούνται να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους. Αναλυτικότερα, στην αρχή της φάσης επεξηγούνται μέσα από κείμενο οι βασικές λειτουργίες του εργαστηρίου και οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να αλληλεπιδράσουν με αυτό, δοκιμάζοντας όλες τις λειτουργίες που το διέπουν. Στο επόμενο βήμα, διατυπώνουν τις υποθέσεις τους στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, αφού πρώτα διαβάσουν προσεκτικά το κείμενο που προηγείται του εργαλείου και στο οποίο δίνεται ένας πολύ γενικός ορισμός της υπόθεσης και του ρόλου της σε μια επιστημονική έρευνα. Σε αυτό το σημείο του μαθήματος, ο μαθησιακός χώρος διαφοροποιήθηκε μεταξύ των τριών συνθηκών της μελέτης. Συγκεκριμένα, στην πρώτη συνθήκη ο βαθμός στήριξης των μαθητών από το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων ήταν μεγάλος, στη δεύτερη συνθήκη ο βαθμός στήριξης μειώθηκε και στην τρίτη συνθήκη δεν έλαβαν καθόλου στήριξη για τη διατύπωση των υποθέσεών τους. Στη συνέχεια, περιγράφεται αναλυτικότερα η διαμόρφωση του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων σε κάθε συνθήκη.

Το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στην πρώτη συνθήκη

Το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στην πρώτη συνθήκη (Εικόνα 18), παρείχε στους μαθητές όλες τις σχετικές λέξεις και έννοιες που χρειαζόνταν για να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους, σύμφωνα με το αρχικό πρόβλημα του μαθήματος. Για τον λόγο αυτό, ο βαθμός στήριξης που παρείχε το εργαλείο για τη διατύπωση των υποθέσεων χαρακτηρίζεται ψηλός. Συγκεκριμένα, σε γαλάζιο πλαίσιο με κεφαλαία γράμματα, δόθηκαν οι δύο λέξεις που προσδιορίζουν τη μορφή της υπόθεσης, δηλαδή το Αν και το Τότε. Οι υπόλοιπες λέξεις σε μπλε πλαίσιο είναι επιθετικοί προσδιορισμοί που υποδηλώνουν σύγκριση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό της σχέσης μεταξύ των μεταβλητών που περιλαμβάνονται στην υπόθεση. Σε γαλάζιο πλαίσιο υπήρχαν οι έννοιες που μπορούσαν να αποτελέσουν την ανεξάρτητη και την εξαρτημένη μεταβλητή της υπόθεσης. Επιπλέον, στο εργαλείο υπήρχε η δυνατότητα προσθήκης νέας λέξης ή/και φράσης στο γκριζό πλαίσιο, το οποίο μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές πάνω από μία φορά.



Εικόνα 18. Το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στη συνθήκη 1 – μελέτη 3

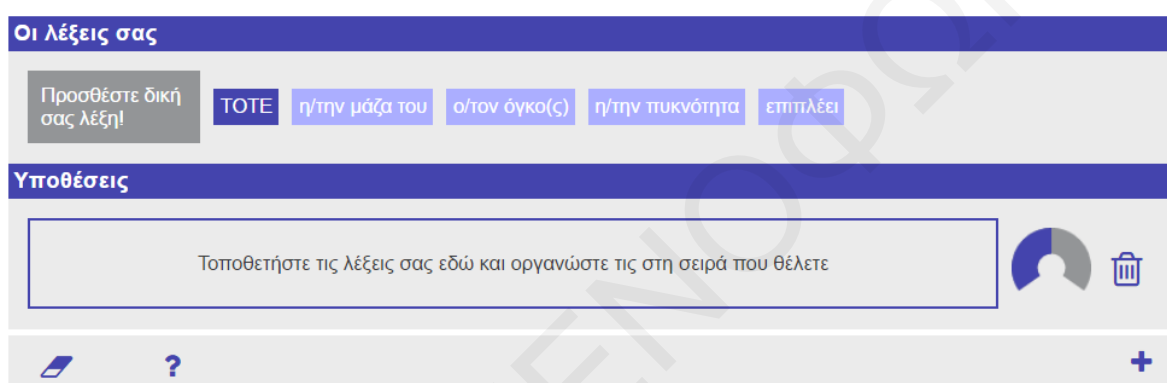
Για τη διατύπωση των υποθέσεων τους οι μαθητές έπρεπε να σύρουν τις λέξεις από το πάνω μέρος του εργαλείου στο ορθογώνιο πλαίσιο, που βρίσκεται ακριβώς από κάτω. Είχαν τη δυνατότητα να τοποθετήσουν μια δοσμένη λέξη πάνω από μία φορά και να αλλάξουν τη θέση των λέξεων στην υπόθεσή τους. Πατώντας το σύμβολο του κάδου άχρηστων μπορούσαν να διαγράψουν μια υπόθεση, ενώ αν επιθυμούσαν να διαγράψουν μόνο μία λέξη που είχαν τοποθετήσει στο πλαίσιο της υπόθεσης, μπορούσαν απλά να τη σύρουν πάνω από τον κάδο άχρηστων.

Μια άλλη δυνατότητα που παρείχε το εργαλείο είναι ο δείκτης βεβαιότητας. Ο δείκτης βεβαιότητας παρουσιάζεται σε σχήμα πετάλου αλόγου δίπλα από κάθε υπόθεση. Η αναλογία του μπλε και γκριζου χρώματος στο πέταλο αλόγου υποδηλώνει το ποσοστό βεβαιότητας για την ορθότητα μιας υπόθεσης. Συγκεκριμένα, αν ένας μαθητής ρυθμίσει το χρώμα του δείκτη βεβαιότητας σε μπλε, αυτό σημαίνει ότι είναι 100% σίγουρος ότι η υπόθεση που έχει διατυπώσει είναι ορθή. Ενώ, αν ο δείκτης βεβαιότητας είναι γκριζός, τότε ο μαθητής δεν είναι καθόλου σίγουρος ότι η υπόθεσή του είναι ορθή. Για τη ρύθμιση του δείκτη βεβαιότητας οι μαθητές έπρεπε να μετακινήσουν τον κέρσορα πάνω από την εικόνα του πετάλου μέχρι να πετύχουν την αναλογία των δύο χρωμάτων που αντιστοιχούσε στο ποσοστό της βεβαιότητάς τους.

Το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στη δεύτερη συνθήκη

Στη δεύτερη συνθήκη, το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων (Εικόνα 19) ήταν διαφορετικό από ότι στη συνθήκη 1, μόνο ως προς τις λέξεις που ήταν διαθέσιμες για να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους οι μαθητές. Όλες οι υπόλοιπες δυνατότητες και λειτουργίες του

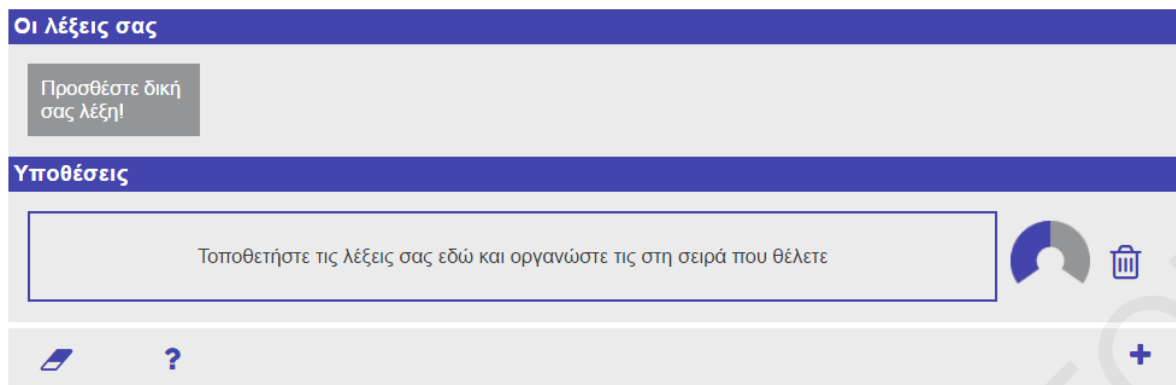
εργαλείου ήταν οι ίδιες. Σε αυτή την περίπτωση οι δοσμένες λέξεις που υπήρχαν στο εργαλείο ήταν λιγότερες. Συγκεκριμένα, σε μπλε πλαίσιο υπήρχε μόνο η λέξη Τότε, που είναι η λέξη που συνδέεται με την εξαρτημένη μεταβλητή σε μια υπόθεση, ενώ σε γαλάζιο πλαίσιο δόθηκαν οι τρεις βασικές έννοιες του μαθήματος που μπορούσαν να αποτελέσουν την ανεξάρτητη μεταβλητή στην υπόθεση και επίσης υπήρχε το ρήμα επιπλέει, το οποίο αποτελεί τη μία από τις δύο καταστάσεις που μπορεί να έχει η εξαρτημένη μεταβλητή στην υπόθεση. Λόγω του μικρότερου αριθμού λέξεων που παρείχε το εργαλείο σε αυτή τη συνθήκη, ο βαθμός στήριξης χαρακτηρίζεται χαμηλός.



Εικόνα 19. Το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στη συνθήκη 2 – μελέτη 3

Το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στην τρίτη συνθήκη

Στην τρίτη συνθήκη, το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων (Εικόνα 20) δεν περιλάμβανε καθόλου λέξεις που θα βοηθούσαν τους μαθητές να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους. Αυτό που μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές για τη διατύπωση των υποθέσεων τους ήταν το γκριζό πλαίσιο, στο οποίο έπρεπε να γράψουν ολόκληρη την υπόθεσή τους προτού την τοποθετήσουν στο ορθογώνιο πλαίσιο, στο κάτω μέρος του εργαλείου.



Εικόνα 20. Το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στη συνθήκη 3 – μελέτη 3

Σε όλες τις συνθήκες οι μαθητές παρακινήθηκαν, μέσα από το ίδιο το μαθησιακό περιβάλλον, να διατυπώσουν τουλάχιστον δύο υποθέσεις τις οποίες θα είχαν την ευκαιρία να διερευνήσουν στην επόμενη φάση του μαθήματος και υπενθυμίζονταν να χρησιμοποιήσουν τον δείκτη βεβαιότητας για κάθε τους υπόθεση. Μετά από τη διατύπωση των υποθέσεων οι μαθητές μετέβησαν στη φάση της Διερεύνησης.

Διερεύνηση

Στη φάση της Διερεύνησης οι μαθητές εργάζονται στο εικονικό εργαστήριο της σχετικής πυκνότητας για την πραγματοποίηση των πειραμάτων τους. Μέσα από το μαθησιακό περιβάλλον παρακινούνται να πραγματοποιήσουν περισσότερες από μία πειραματικές δοκιμές για κάθε μία υπόθεση που διατύπωσαν στην προηγούμενη φάση, έτσι ώστε να συλλέξουν αρκετά αποδεικτικά στοιχεία τα οποία θα τους επιτρέψουν να αποδεχτούν ή να απορρίψουν τις υποθέσεις τους, στην επόμενη φάση του μαθήματος. Επιπρόσθετα, παρακινούνται να καταγράψουν οποιεσδήποτε παρατηρήσεις είναι σχετικές με τα πειράματά τους, στο εργαλείο παρατηρήσεων, το οποίο βρίσκεται ακριβώς κάτω από το εικονικό εργαστήριο. Αφού οι μαθητές συλλέξουν αρκετά δεδομένα για την κάθε τους υπόθεση και αφού σημειώσουν τις σημαντικότερες παρατηρήσεις τους, προχωρούν στη φάση του Συμπεράσματος.

Συμπέρασμα

Σε αυτή τη φάση οι μαθητές ακολουθούν τα βήματα που τους παρουσιάζονται προκειμένου να χρησιμοποιήσουν το εργαλείο συμπερασμάτων. Το εργαλείο αυτό, όπως φαίνεται στην Εικόνα 21, αποτελεί μια σύνοψη του τι έχουν κάνει οι μαθητές στις δύο

προηγούμενες φάσεις, στην Εννοιολόγηση και στη Διερεύνηση. Συγκεκριμένα, στο εργαλείο εμφανίζονται αυτόματα οι υποθέσεις που διατυπώθηκαν στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων και για κάθε μια από αυτές, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να προσθέσουν τις αντίστοιχες παρατηρήσεις που σημείωσαν στη φάση της Διερεύνησης κατά την εκτέλεση των πειραμάτων τους. Επιπρόσθετα, για κάθε μια υπόθεση οι μαθητές πρέπει να προσαρμόσουν ξανά τον δείκτη βεβαιότητας και να επιχειρηματολογήσουν για την αλλαγή ή όχι του δείκτη. Όταν οι μαθητές ολοκληρώσουν την εργασία τους στο εργαλείο συμπερασμάτων, προχωρούν στην επόμενη φάση, δηλαδή στη Συζήτηση.

The screenshot displays the 'Conclusions' section of a learning tool. At the top, under the heading 'Υποθέσεις/ερωτήσεις', there are two hypotheses listed. The first hypothesis is: 'AN η/την πυκνότητα του αντικείμενου είναι μεγαλύτερος(-η) ΤΟΤΕ το αντικείμενο βυθίζεται'. The second hypothesis is: 'AN η/την μάζα του αντικείμενου είναι μεγαλύτερος(-η) ΤΟΤΕ το αντικείμενο βυθίζεται'. Below this, the 'Conclusions' section is visible, featuring a timeline of student reflections. Two reflections are highlighted with green boxes: one from 14 Oct 15, 9:49:29 and another from 27 Feb 17, 0:36:04. To the right of the timeline is the 'Επιχειρηματολογία' (Argumentation) section, which includes a diagram showing a transition from a curved arrow pointing left to a curved arrow pointing right, and a text box explaining the student's reasoning: 'Είμαι σίγουρη ότι η υπόθεσή μου είναι σωστή, αφού το παρατήρησα και στα πειράματά μου. Αυτό που παίζει ρόλο στο αν θα βυθιστεί ένα αντικείμενο είναι αν η πυκνότητα του είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του υγρού.'

Εικόνα 21. Εργαλείο συμπερασμάτων (παράδειγμα) – μελέτη 3

Συζήτηση

Η φάση της Συζήτησης αποτελεί το κλείσιμο του κύκλου της διερώτησης και σε αυτήν οι μαθητές αναστοχάζονται σχετικά με τις δραστηριότητες που πραγματοποίησαν στις προηγούμενες φάσεις, απαντώντας σε δύο ερωτήσεις. Στην πρώτη ερώτηση οι μαθητές πρέπει να αιτιολογήσουν κατά πόσο άλλαξε το επίπεδο βεβαιότητας τους για τις υποθέσεις

που είχαν διατυπώσει πριν από την πραγματοποίηση των διερευνήσεων τους. Η δεύτερη ερώτηση, αφορά τις δυσκολίες που συνάντησαν οι μαθητές μέχρι να ολοκληρώσουν τις δραστηριότητες σε όλες τις φάσεις του κύκλου διερώτησης και τους ζητείται να αναφέρουν ποια φάση τους δυσκόλεψε περισσότερο και γιατί. Οι απαντήσεις των μαθητών σε κάθε μία από τις δύο ερωτήσεις, καταγράφονται σε ξεχωριστό πλαίσιο εισαγωγής κειμένου.

3.3.4 Συλλογή δεδομένων

Τα δεδομένα της μελέτης 3 προέρχονται από τρεις πηγές, τα δύο διαγνωστικά δοκίμια, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης και την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τα δύο διαγνωστικά δοκίμια χορηγήθηκαν πριν και μετά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος και η καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της δεύτερης και τρίτης συνάντησης, δηλαδή κατά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος και κατά την πραγματοποίηση μιας δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων όπως ήταν προσαρμοσμένο σύμφωνα με τη συνθήκη στην οποία ανήκαν. Για τη συλλογή των δεδομένων αυτών εγκαταστάθηκε στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές ένα ειδικό λογισμικό, το River Past Screen Recorder Pro, το οποίο καταγράφει όλες τις ενέργειες που λαμβάνουν χώρα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Περισσότερες λεπτομέρειες για το κάθε μέσο συλλογής δεδομένων παρουσιάζονται στη συνέχεια.

3.3.4.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου

Το διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου (βλ. Παράρτημα Β: Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – Βύθιση/Πλεύση) δημιουργήθηκε σύμφωνα με το αναθεωρημένο πρότυπο της ταξινόμησης των γνωστικών επιπέδων του Bloom, το οποίο περιγράφεται στους Zevras (2013) και de Jong (2014). Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν έργα αξιολόγησης που αντιστοιχούν στα τέσσερα γνωστικά επίπεδα, της ανάκλησης, της κατανόησης, της εφαρμογής και της κριτικής και δημιουργικής σκέψης. Σύμφωνα με αυτή την ταξινόμηση, οι μαθητές αναμένεται να ανακαλούν πληροφορίες που έχουν διδαχθεί (επίπεδο ανάκλησης), έπειτα να τις οργανώνουν νοερά (επίπεδο κατανόησης), να τις εφαρμόζουν και να τις συνδυάζουν για να επιλύσουν προβλήματα (επίπεδο εφαρμογής) και να είναι σε θέση να σκέφτονται κριτικά για αιτίες, προβλέψεις και νέες ιδέες που σχετίζονται με τη γνώση που έχουν κατακτήσει (επίπεδο κριτικής και δημιουργικής

σκέψης). Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης τα έξι έργα αξιολόγησης που δημιουργήθηκαν καλύπτουν και τα τέσσερα γνωστικά επίπεδα που προαναφέρθηκαν.

Το πρώτο έργο αξιολόγησης αφορά το γνωστικό επίπεδο της ανάκλησης και είναι μια ερώτηση ανοικτού τύπου, στην οποία οι μαθητές καλούνται να γράψουν έναν ορισμό της πυκνότητας. Στον ορισμό τους οι μαθητές παροτρύνονται να συμπεριλάβουν τη μάζα και τον όγκο. Το δεύτερο έργο αξιολόγησης είναι μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής για την εκτίμηση του γνωστικού επιπέδου της κατανόησης. Στο έργο αυτό δίνονται στους μαθητές ποσοτικά δεδομένα για τις ιδιότητες της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας και καλούνται να επιλέξουν ποια μαθηματική σχέση μεταξύ αυτών των τριών ιδιοτήτων είναι ορθή.

Για την αξιολόγηση του γνωστικού επιπέδου της εφαρμογής δημιουργήθηκαν δύο έργα αξιολόγησης πολλαπλής επιλογής, το τρίτο και το τέταρτο. Στο τρίτο έργο αξιολόγησης οι μαθητές παρατηρούν την εικόνα ενός δοκιμαστικού σωλήνα, ο οποίος περιέχει τρία διαφορετικά υγρά που επιπλέουν το ένα πάνω στο άλλο. Μεταξύ πέντε επιλογών, οι μαθητές πρέπει να επιλέξουν αυτήν που αντιπροσωπεύει τις πιθανές τιμές των πυκνοτήτων που έχουν τα τρία αυτά υγρά. Στο τέταρτο έργο αξιολόγησης παρουσιάζονται τέσσερις δοκιμαστικοί σωλήνες με διαφορετικές τιμές πυκνότητας των υγρών που βρίσκονται σε αυτούς. Έπειτα, ακολουθούν δύο επιμέρους ερωτήματα πολλαπλής επιλογής με πέντε πιθανές απαντήσεις το κάθε ένα. Στο πρώτο ερώτημα δίνεται η πυκνότητα μιας μπάλας και οι μαθητές πρέπει να σκεφτούν σε ποιον ή ποιους δοκιμαστικούς σωλήνες η μπάλα θα βυθιστεί. Στο δεύτερο ερώτημα δίνεται η πυκνότητα μιας άλλης μπάλας και οι μαθητές πρέπει να βρουν σε ποιον ή ποιους δοκιμαστικούς σωλήνες θα επιπλεύσει.

Τα δύο άλλα έργα αξιολόγησης χορηγήθηκαν σε ξεχωριστό φύλλο εργασίας. Ο λόγος του διαχωρισμού αυτού αφορούσε το γεγονός ότι στα τέσσερα έργα αξιολόγησης που περιγράφονται πιο πάνω δεν υπάρχουν μονάδες μέτρησης της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας, ενώ στα δύο έργα αξιολόγησης που αντιστοιχούν στο γνωστικό επίπεδο της κριτικής και δημιουργικής σκέψης δίνονται οι μονάδες μέτρησης της πυκνότητας. Το ενδεχόμενο να δίνονταν όλα τα έργα αξιολόγησης μαζί μπορεί να επηρέαζε τις απαντήσεις των μαθητών, λόγω του ότι οι μονάδες μέτρησης της πυκνότητας προδίδουν τη σχέση μεταξύ των τριών μεγεθών, της πυκνότητας, της μάζας και του όγκου. Στο πρώτο έργο αξιολόγησης του τέταρτου γνωστικού επιπέδου, παρουσιάζεται ένας δοκιμαστικός σωλήνας με νερό στον οποίο είναι βυθισμένη μια μπάλα με δοσμένη μάζα και όγκο. Η ερώτηση που συνοδεύει το έργο αξιολόγησης είναι ανοικτού τύπου και ζητείται από τους

μαθητές να εξηγήσουν τι θα συμβεί στον δοκιμαστικό σωλήνα αν προστεθεί μια δοσμένη ποσότητα αλατιού. Το δεύτερο έργο αξιολόγησης αυτού του γνωστικού επιπέδου, είναι μια άσκηση συμπλήρωσης τιμών. Συγκεκριμένα, σε αυτό το έργο γίνεται αναφορά για ένα μπαλόνι το οποίο είναι φουσκωμένο με ένα αέριο και το οποίο αφήνεται ελεύθερο κοντά στη θάλασσα ή στην κορυφή του βουνού Έβερεστ. Οι τιμές της πυκνότητας του αέρα στο επίπεδο της θάλασσας και στην κορυφή του Έβερεστ είναι δοσμένες. Οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν μια πιθανή τιμή που θα πρέπει να έχει η πυκνότητα του αερίου στο μπαλόνι, σε τρεις διαφορετικές συνθήκες. Στην πρώτη συνθήκη το μπαλόνι πρέπει να ανεβαίνει προς τα πάνω, είτε αφήνεται ελεύθερο στη θάλασσα είτε στο Έβερεστ, στη δεύτερη συνθήκη πρέπει να πέφτει προς τα κάτω και στις δύο περιοχές, ενώ στην τρίτη συνθήκη πρέπει να ανεβαίνει όταν αφεθεί στη θάλασσα και να πέφτει όταν αφεθεί στο Έβερεστ.

Τα συμπληρωμένα διαγνωστικά δοκίμια βαθμολογήθηκαν με κρυμμένο το όνομα και το τμήμα του κάθε μαθητή, σύμφωνα με μια κλίμακα αξιολόγησης, η οποία βρίσκεται στο Παράρτημα Β (βλ. Κλίμακα αξιολόγησης διαγνωστικού δοκιμίου γνώσεων περιεχομένου – Βύθιση/Πλεύση). Για τη βαθμολόγηση των ερωτήσεων ανοικτού τύπου, πραγματοποιήθηκε η διαδικασία υπολογισμού του δείκτη εσωτερικής αξιοπιστίας, Cohen's K. Αναλυτικότερα, δύο ανεξάρτητοι βαθμολογητές, απόφοιτοι του τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου που βρίσκονται σε μεταπτυχιακές σπουδές στο ίδιο τμήμα και με πολυετή εμπειρία στον τομέα της εκπαιδευτικής έρευνας, αξιολόγησαν τις απαντήσεις ανοικτού τύπου και ο βαθμός συμφωνίας τους κρίθηκε ικανοποιητικός (Cohen's K=0.89). Επιπρόσθετα, οι διαφορές μεταξύ τους επιλύθηκαν έπειτα από συζήτηση, κατά την οποία συμφωνήθηκε από κοινού η τελική βαθμολογία. Ακολούθως, η βαθμολογία για κάθε γνωστικό επίπεδο μετατράπηκε σε μοναδιαία κλίμακα και η συνολική βαθμολογία της επίδοσης στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου υπολογίστηκε από τον μέσο όρο των βαθμολογιών σε κάθε γνωστικό επίπεδο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η μέγιστη συνολική βαθμολογία στο δοκίμιο γνώσεων ήταν η μονάδα και η ελάχιστη το μηδέν.

3.3.4.2 Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης

Το διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης (Παράρτημα Β: Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης) αποτελείται από 21 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που προέρχονται από το εργαλείο μέτρησης επιστημονικών δεξιοτήτων TIPSII (Burns et al., 1985), που θεωρείται ένα έγκυρο και αξιόπιστο εργαλείο. Από το σύνολο των 36

ερωτήσεων που περιλαμβάνει το εργαλείο αυτό, επιλέγηκαν μόνο οι ερωτήσεις που αντιστοιχούν στις δύο υπό έμφαση δεξιότητες που σχετίζονται με τη διαδικασία διατύπωσης υποθέσεων. Συγκεκριμένα, στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης χρησιμοποιήθηκαν οι 12 ερωτήσεις για τη μέτρηση της δεξιότητας της αναγνώρισης μεταβλητών και οι 9 ερωτήσεις για τη μέτρηση της δεξιότητας αναγνώρισης και διατύπωσης υποθέσεων.

Κάθε ερώτηση στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης έχει μόνο μία ορθή απάντηση, η οποία βαθμολογήθηκε με μία μονάδα. Το σύνολο των ορθών απαντήσεων στις ερωτήσεις που αντιστοιχούν σε κάθε μία από τις δύο δεξιότητες, αναγνώριση μεταβλητών και αναγνώριση και διατύπωση υποθέσεων, μετατράπηκε σε μοναδιαία κλίμακα. Η συνολική βαθμολογία στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης υπολογίστηκε από τον μέσο όρο των βαθμολογιών στις δύο επιμέρους δεξιότητες. Κατ' αυτόν τον τρόπο η μέγιστη συνολική βαθμολογία που μπορούσε να πάρει ένας μαθητής ήταν το ένα και η ελάχιστη το μηδέν.

3.3.4.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας

Για την καταγραφή του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή έγινε εγκατάσταση ενός εξειδικευμένου λογισμικού καταγραφής της οθόνης του υπολογιστή, του River Past Screen Recorder Pro, μέσω του οποίου συλλέχθηκαν δεδομένα για κάθε μαθητή κατά την δεύτερη και τρίτη συνάντηση της εφαρμογής. Ειδικότερα, κατά τη δεύτερη συνάντηση καταγράφηκε η εργασία των μαθητών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή από την αρχή μέχρι την ολοκλήρωση του παρεμβατικού μαθήματος, συνολικής διάρκειας περίπου 80 λεπτών. Τέλος, στην τελευταία συνάντηση καταγράφηκε η εργασία των μαθητών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή κατά την πραγματοποίηση της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων.

3.3.5 Ανάλυση δεδομένων

Για την επεξεργασία των βαθμολογιών στα δύο διαγνωστικά δοκίμια, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης, διενεργήθηκαν μη παραμετρικές στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης του στατιστικού πακέτου SPSS. Η επιλογή των μη παραμετρικών μεθόδων ανάλυσης έγινε λόγω του ότι το δείγμα σε κάθε συνθήκη είναι μικρότερο των 30 μαθητών. Τα βίντεο από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή έτυχαν επεξεργασίας και οι σημαντικότερες παράμετροι που αφορούσαν κυρίως τον χρόνο ενασχόλησης των μαθητών σε κάθε φάση του μαθήματος,

κωδικοποιήθηκαν σε ποσοτικές μεταβλητές. Επιπλέον, η επεξεργασία των δεδομένων καταγραφής επέτρεψε την αξιολόγηση των υποθέσεων που διατύπωσαν οι μαθητές στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων. Περισσότερες λεπτομέρειες για την ανάλυση των δεδομένων σε κάθε περίπτωση, παρουσιάζονται πιο κάτω.

3.3.5.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου

Για την επεξεργασία των δεδομένων από το δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου πραγματοποιήθηκαν, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon signed-rank για εξαρτημένα δείγματα και οι μη παραμετρικοί έλεγχοι Kruskal-Wallis και Mann-Whitney U για εξαρτημένα δείγματα. Αναλυτικότερα, ο έλεγχος Wilcoxon signed-rank πραγματοποιήθηκε για να διαπιστωθεί κατά πόσο η βαθμολογία των μαθητών, σε κάθε συνθήκη ξεχωριστά, βελτιώθηκε μετά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος. Ενώ, οι έλεγχοι Kruskal-Wallis και Mann-Whitney U διενεργήθηκαν για να διαπιστωθεί κατά πόσο υπήρχαν διαφορές στη βαθμολογία των μαθητών μεταξύ των τριών συνθηκών. Τα αποτελέσματα των πιο πάνω αναλύσεων απαντούν στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα της μελέτης.

3.3.5.2 Δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης

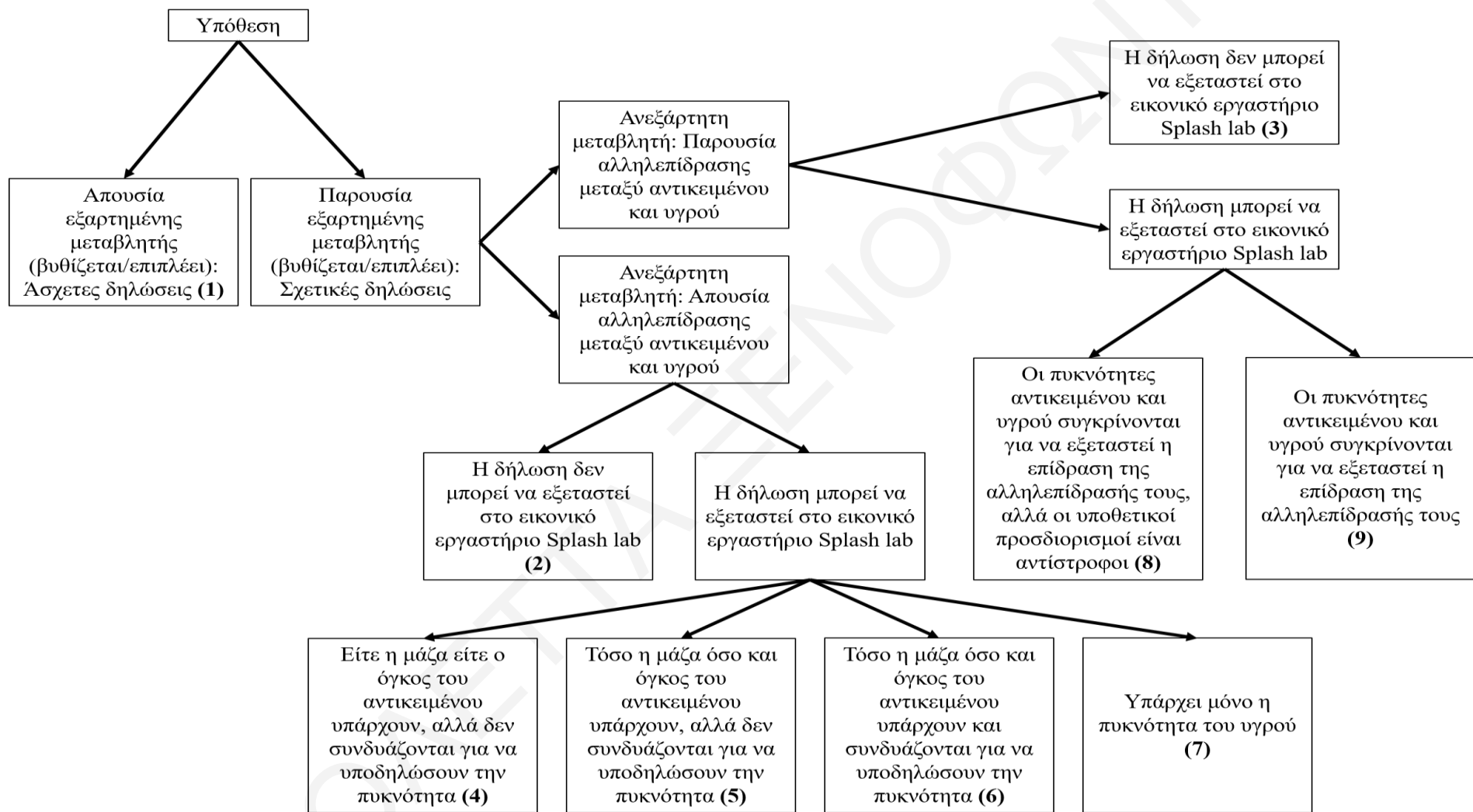
Η επεξεργασία των δεδομένων από το δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης περιλάμβανε τους ίδιους μη παραμετρικούς στατιστικούς ελέγχους, όπως και στην περίπτωση των δεδομένων από το δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου. Έτσι λοιπόν, ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon signed-rank πραγματοποιήθηκε για να διαπιστωθεί αν υπήρξε βελτίωση της συνολικής επίδοσης των μαθητών από το προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο και οι έλεγχοι Kruskal-Wallis και Mann-Whitney U διενεργήθηκαν για τον εντοπισμό τυχόν διαφορών στη συνολική βαθμολογία μεταξύ των τριών συνθηκών. Τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις των δεδομένων από το δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, απαντούν στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα της μελέτης.

3.3.5.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας

Τα δεδομένα από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή έτυχαν επεξεργασίας και προέκυψαν ποσοτικές μεταβλητές που αντιστοιχούσαν σε ενέργειες των μαθητών κατά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων του παρεμβατικού μαθήματος, καθώς επίσης κωδικοποιήθηκαν και αξιολογήθηκαν οι υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων. Επιπλέον, τα

δεδομένα καταγραφής από την τρίτη συνάντηση, όπου πραγματοποιήθηκε από τους μαθητές η δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, αξιοποιήθηκαν για την κωδικοποίηση και αξιολόγηση των υποθέσεων που διατύπωσαν οι μαθητές στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων.

Η βαθμολογία των υποθέσεων προέκυψε αφότου ολοκληρώθηκε ταξινόμηση των υποθέσεων που διατύπωσαν οι μαθητές σε κατηγορίες, τόσο κατά τη διδακτική παρέμβαση, όσο και κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο. Αναλυτικότερα, για την κατηγοριοποίηση των υποθέσεων πραγματοποιήθηκε η διαδικασία της ανοικτής κωδικοποίησης (Bogdan & Biklen, 1992; Strauss & Corbin, 1990) και προέκυψε ένα αρχικό σχήμα κωδικοποίησης, το οποίο δοκιμάστηκε σε ένα ποσοστό 25% των δεδομένων. Κατά τη τοποθέτηση των υποθέσεων στις κατηγορίες του αρχικού σχήματος παρουσιάστηκαν δυσκολίες και επομένως, μερικές κατηγορίες χρειάστηκε να αναθεωρηθούν και δημιουργήθηκαν ορισμένες νέες. Επιπλέον, οι κατηγορίες στο σχήμα κωδικοποίησης ταξινομήθηκαν σύμφωνα με την πληρότητά τους, δηλαδή κατά πόσο μία υπόθεση συμπεριλάμβανε όλα τα απαραίτητα δομικά στοιχεία και σύμφωνα με το κατά πόσο μια υπόθεση μπορούσε να εξεταστεί στο εικονικό εργαστήριο του μαθήματος. Έτσι λοιπόν, προέκυψε το τελικό σχήμα κωδικοποίησης, το οποίο παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 4. Στη συνέχεια, δύο ανεξάρτητοι ερευνητές, οι οποίοι είναι τα ίδια άτομα που αξιολόγησαν και τα ερωτήματα ανοικτού τύπου στο δοκίμιο αξιολόγησης γνώσεων περιεχομένου, κατηγοριοποίησαν ένα ποσοστό 20% των υποθέσεων που διατυπώθηκαν κατά τη διδακτική παρέμβαση και ένα ποσοστό 20% των υποθέσεων που διατυπώθηκαν στο νέο μαθησιακό συγκείμενο. Και στις δύο πιο πάνω περιπτώσεις υπολογίστηκε ο δείκτης εσωτερικής αξιοπιστίας Cohen's K, ο οποίος κρίθηκε αρκετά ικανοποιητικός (Cohen's K=0.92 για υποθέσεις της διδακτικής παρέμβασης και Cohen's K=0.90 για υποθέσεις στο νέο συγκείμενο). Οι διαφωνίες μεταξύ των δύο ερευνητών επιλύθηκαν έπειτα από συζήτηση μεταξύ τους και με τη συγγραφέα της διατριβής.



Διάγραμμα 4. Σχήμα κωδικοποίησης υποθέσεων – μελέτη 3

Στον Πίνακα 4, πιο κάτω, παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα υποθέσεων που εμπίπτουν σε κάθε κατηγορία, καθώς επίσης φαίνεται και η βαθμολογία της κάθε κατηγορίας υποθέσεων, σύμφωνα με το πόσο ορθά διατυπωμένη ήταν η υπόθεση και πόσο σχετική ήταν με το προβληματισμό του μαθήματος, δηλαδή αν μπορούσε να εξεταστεί στο εικονικό εργαστήριο της σχετικής πυκνότητας.

Πίνακας 4

Παραδείγματα υποθέσεων ανά κατηγορία και βαθμολογία υποθέσεων – μελέτη 3

Κατηγορία	Παραδείγματα	Βαθμολογία
	Δεν διατυπώθηκε καμία δήλωση	0
1	Όταν αλλάζει η μάζα αλλάζει και ο όγκος. / Το μέγεθος της μπάλας επηρεάζει την πυκνότητα της;	
2	Ο όγκος του υγρού είναι μικρότερος τότε θα επιπλέει το υλικό. / Όταν έχει πιο μεγάλη μάζα το νερό τότε η μπάλα δεν βυθίζεται.	1
3	Αν το αντικείμενο είναι μικρότερο από την πυκνότητα υγρού επιπλέει. / Αν το αντικείμενο είναι μεγαλύτερη η πυκνότητα του από τον όγκο του υγρού τότε βυθίζεται.	
4	Αν ο όγκος αντικειμένου είναι μεγαλύτερος βυθίζεται. / Το μπαλάκι όταν η μάζα του είναι ελαφριά πηγαίνει κάτω.	2
5	Όταν η μάζα και ο όγκος είναι χαμηλοί τότε επιπλέει. / Παρατηρώ ότι η μπάλα αν έχει πιο μεγάλο όγκο η μάζα είναι πιο βαριά και γι' αυτό βυθίζεται.	3
6	Αν η μάζα και ο όγκος είναι μεγαλύτερα τότε η πυκνότητα είναι μεγαλύτερη και το αντικείμενο θα βυθιστεί. / Αν το αντικείμενο έχει μεγάλη μάζα και πυκνότητα τότε το αντικείμενο βυθίζεται.	4
7	Αν η πυκνότητα του υγρού είναι μεγαλύτερη τότε το αντικείμενο βυθίζεται. / Όταν η μπάλα μπει στο ελαιόλαδο τότε επιπλέει.	
8	Αν το αντικείμενο επιπλέει τότε η πυκνότητα του αντικειμένου είναι μικρότερη από την πυκνότητα του υγρού. / Αν το αντικείμενο βυθίζεται τότε η πυκνότητα του αντικειμένου είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του υγρού.	5
9	Όταν η πυκνότητα ενός αντικειμένου είναι μεγαλύτερη από αυτήν του υγρού, τότε το αντικείμενο επιπλέει. / Η μπάλα επιπλέει όταν είναι λιγότερη η πυκνότητα της από ότι του υγρού.	

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4, υπάρχουν ορισμένες κατηγορίες στις οποίες αντιστοιχεί ίδια βαθμολογία. Ο λόγος που συνέβη αυτό είναι γιατί μεταξύ των κατηγοριών αυτών

υπήρχαν μικρές διαφορές οι οποίες δεν διαφοροποιούσαν το επίπεδο ορθότητας της δήλωσης. Επίσης, στην περίπτωση που δεν διατυπώθηκαν υποθέσεις, η αντίστοιχη βαθμολογία ήταν το μηδέν (0). Αναλυτικότερα, στην πρώτη κατηγορία υποθέσεων εμπίπτουν οι υποθέσεις από τις οποίες απουσιάζει η εξαρτημένη μεταβλητή, δηλαδή αν το αντικείμενο βυθίζεται ή επιπλέει και οι υποθέσεις που ήταν εκτός του θέματος της βύθισης/πλεύσης. Οι υποθέσεις αυτής της κατηγορίας βαθμολογήθηκαν, επίσης, με μηδέν (0). Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι υποθέσεις των οποίων η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν καθορίστηκε από την παρουσία κάποιας αλληλεπίδρασης μεταξύ του αντικειμένου και του υγρού και παράλληλα, δεν μπορούσαν να εξεταστούν στο εικονικό εργαστήριο της σχετικής πυκνότητας. Παρόμοια, στην τρίτη κατηγορία εμπίπτουν οι υποθέσεις που αν και παρουσιάζουν κάποια αλληλεπίδραση μεταξύ του αντικειμένου και του υγρού, εντούτοις, δεν μπορούσαν να εξεταστούν στο εικονικό εργαστήριο της σχετικής πυκνότητας. Για παράδειγμα, ο όγκος και η μάζα του υγρού ήταν παράμετροι που δεν μπορούσαν οι μαθητές να τις χειριστούν στο εικονικό εργαστήριο. Οι υποθέσεις αυτών των δύο κατηγοριών βαθμολογήθηκαν με ένα (1). Οι επόμενες τέσσερις κατηγορίες, δηλαδή η τέταρτη, πέμπτη και έκτη, εμπίπτουν στον άξονα της απουσίας αλληλεπίδρασης μεταξύ αντικειμένου και υγρού για τον καθορισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής, ωστόσο οι υποθέσεις αυτών των κατηγοριών μπορούσαν να εξεταστούν στο εικονικό εργαστήριο της σχετικής πυκνότητας. Συγκεκριμένα, στην τέταρτη κατηγορία ταξινομήθηκαν οι υποθέσεις που για ανεξάρτητη μεταβλητή είχαν είτε την μάζα, είτε τον όγκο του αντικειμένου και βαθμολογήθηκαν με βαθμό δύο (2). Στην πέμπτη κατηγορία ταξινομήθηκαν οι υποθέσεις οι οποίες για τον καθορισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής συμπεριέλαβαν και την μάζα και τον όγκο του αντικειμένου, χωρίς όμως αυτές οι δύο ιδιότητες να συνδυάζονται ώστε να προσδιορίζουν την πυκνότητα του αντικειμένου. Ενώ, αντίθετα, οι υποθέσεις στις οποίες ο συνδυασμός των δύο αυτών ιδιοτήτων πραγματοποιήθηκε με σκοπό να οριστεί η πυκνότητα του αντικειμένου, ταξινομήθηκαν στην έκτη κατηγορία. Η βαθμολογία των υποθέσεων της πέμπτης κατηγορίας ήταν το τρία (3) και της έκτης το τέσσερα (4). Με βαθμό τέσσερα (4) βαθμολογήθηκαν, επίσης, και οι υποθέσεις της κατηγορίας επτά, όπου σε αυτές η ανεξάρτητη μεταβλητή ήταν η πυκνότητα του αντικειμένου. Οι τελευταίες δύο κατηγορίες, η όγδοη και η ένατη, βαθμολογήθηκαν και οι δύο με βαθμό πέντε (5), για το λόγο ότι ο καθορισμός της ανεξάρτητης μεταβλητής πραγματοποιήθηκε από τη σύγκριση των πυκνοτήτων του αντικειμένου και του υγρού. Η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο κατηγοριών έγκειται στο ότι οι υποθετικοί προσδιορισμοί Αν, τότε, στις υποθέσεις της

κατηγορίας οκτώ, εμφανίζονται αντίστροφα, δηλαδή η εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε με το Αν και η ανεξάρτητη με το Τότε. Ο λόγος που οι υποθέσεις των δύο αυτών κατηγοριών βαθμολογήθηκαν με την ψηλότερη βαθμολογία, είναι γιατί σχετίζονταν άμεσα με τον στόχο του μαθήματος που ήταν η ανακάλυψη του κανόνα της βύθισης διαφορετικών αντικειμένων σε διαφορετικά υγρά. Η κωδικοποίηση των υποθέσεων σύμφωνα με το σχήμα κωδικοποίησης του Διαγράμματος 4, απαντά στο πρώτο μέρος του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος της μελέτης 3. Επιπλέον, τα δεδομένα που προέκυψαν από τη βαθμολογία των υποθέσεων χρησιμοποιήθηκαν για να διαπιστωθούν τυχόν διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών, προκειμένου να απαντηθεί το δεύτερο μέρος του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος. Για τον σκοπό αυτό, λοιπόν, διενεργήθηκε ο μη παραμετρικός στατιστικός έλεγχος Kruskal-Wallis για ανεξάρτητα δείγματα.

Όσον αφορά τα υπόλοιπα δεδομένα καταγραφής του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, οι μεταβλητές που προέκυψαν αφορούσαν, κατά κύριο λόγο, τον χρόνο ενασχόλησης των μαθητών με την κάθε φάση του κύκλου διερώτησης, καθώς και τον χρόνο ενασχόλησης με τις κυριότερες δραστηριότητες σε κάθε φάση. Ακολούθως, έγινε επιλογή των μεταβλητών που παρουσίαζαν ερευνητικό ενδιαφέρον και προέκυψαν οι παράμετροι που φαίνονται στον Πίνακα 5. Ο κυριότερος λόγος που δεν καταγράφηκαν μεταβλητές από τις άλλες φάσεις του μαθήματος ήταν γιατί, η φάση του Προσανατολισμού δεν περιλάμβανε τη δημιουργία κάποιου μαθησιακού προϊόντος, η φάση του Συμπεράσματος ολοκληρώθηκε από τους περισσότερους μαθητές πολύ βιαστικά και επομένως, η εργασία τους στο εργαλείο συμπερασμάτων που υπήρχε στη φάση αυτή δεν κρίθηκε ολοκληρωμένη και η φάση της Συζήτησης δεν ολοκληρώθηκε καθόλου από τους περισσότερους μαθητές, κυρίως λόγω χρόνου. Συνεπώς, οι μεταβλητές που κωδικοποιήθηκαν αφορούσαν τον χρόνο ενασχόλησης των μαθητών με τις δυο βασικότερες φάσεις του κύκλου διερώτησης, την Εννοιολόγηση και τη Διερεύνηση (HypoPhaseTime και InvestPhaseTime αντίστοιχα), τον χρόνο ενασχόλησης με το εικονικό εργαστήριο που υπήρχε στις δύο αυτές φάσεις (HypoLabTime και InvestLabTime αντίστοιχα), τον χρόνο ενασχόλησης με το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων (HSTime) και τη βαθμολογία των υποθέσεων που διατυπώθηκαν στο μαθησιακό χώρο της διδακτικής παρέμβασης και στο μαθησιακό χώρο της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο (MaxHypoScore και MaxNewHypoScore αντίστοιχα).

Πίνακας 5

Παράμετροι που αφορούν τον τρόπο εργασίας των μαθητών στο μαθησιακό περιβάλλον – μελέτη 3

Μεταβλητή	Περιγραφή
HypoPhaseTime	Πραγματικός χρόνος ενασχόλησης με τις δραστηριότητες της φάσης της Εννοιολόγησης, σε δευτερόλεπτα
HypoLabTime	Πραγματικός χρόνος ενασχόλησης με το εικονικό εργαστήριο στη φάση της Εννοιολόγησης, σε δευτερόλεπτα
HSTime	Πραγματικός χρόνος ενασχόλησης με το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στη φάση της Εννοιολόγησης, σε δευτερόλεπτα
InvestPhaseTime	Πραγματικός χρόνος ενασχόλησης με τις δραστηριότητες της φάσης της Διερεύνησης, σε δευτερόλεπτα
InvestLabTime	Πραγματικός χρόνος ενασχόλησης με το εικονικό εργαστήριο στη φάση της Διερεύνησης, σε δευτερόλεπτα
MaxHypoScore	Συνολική βαθμολογία υποθέσεων που διατυπώθηκαν στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στο μαθησιακό περιβάλλον της διδακτικής παρέμβασης (ο μέγιστος αριθμός υποθέσεων που διατυπώθηκαν ήταν δύο, μέγιστη βαθμολογία 10 και ελάχιστη μηδέν)
MaxNewHypoScore	Συνολική βαθμολογία υποθέσεων που διατυπώθηκαν στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στο περιβάλλον της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο (ο μέγιστος αριθμός υποθέσεων που διατυπώθηκαν ήταν δύο, μέγιστη βαθμολογία 10 και ελάχιστη μηδέν)

Σημείωση: HS = Hypothesis Scratchpad (εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων)

Για την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν και κωδικοποιήθηκαν στις μεταβλητές του Πίνακα 5 και προκειμένου να απαντηθεί το τρίτο ερευνητικό ερώτημα της μελέτης 3, διενεργήθηκαν αναλύσεις συσχετίσεων, αξιοποιώντας το μη παραμετρικό κριτήριο συσχετίσεων Spearman's rho. Ο στόχος των αναλύσεων συσχέτισης είναι να διαφανεί κατά πόσο υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών του πίνακα, σε κάθε συνθήκη ξεχωριστά.

3.3.6 Διαδικασίες έρευνας

Οι μαθητές σε κάθε συνθήκη συμμετείχαν σε τρεις συναντήσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών του σχολείου και συντονίστηκαν από την εκπαιδευτικό που δίδασκε το μάθημα Φυσικής στα τρία τμήματα της Γ΄ τάξης που έλαβαν μέρος στην έρευνα. Η πρώτη συνάντηση διήρκησε περίπου 45 λεπτά, από τα οποία τα 35 αξιοποιήθηκαν για τη συμπλήρωση των προδιαγνωστικών δοκιμιών, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης και τα 10 λεπτά για την πραγματοποίηση της δραστηριότητας εξοικείωσης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Κατά τη δεύτερη συνάντηση, η οποία διήρκησε περίπου 80 λεπτά, ο κάθε μαθητής ολοκλήρωσε το παρεμβατικό μάθημα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Τέλος, στην τελευταία συνάντηση χορηγήθηκαν τα μεταδιαγνωστικά δοκίμια, για τη συμπλήρωση των οποίων οι μαθητές χρειάστηκαν περίπου 35 λεπτά. Στο τέλος της τρίτης συνάντησης ο κάθε ο μαθητής ολοκλήρωσε μια δραστηριότητα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, η οποία αφορούσε τη χρήση του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων σε ένα νέο μαθησιακό συγκείμενο. Η δραστηριότητα αυτή διήρκησε περίπου 10 λεπτά.

Στην πρώτη συνάντηση, κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας εξοικείωσης, ο κάθε μαθητής εργάστηκε σε έναν υπολογιστή και οι οδηγίες που δόθηκαν από την εκπαιδευτικό στους μαθητές ήταν οι ίδιες σε κάθε συνθήκη. Συγκεκριμένα, οι μαθητές ενημερώθηκαν για τη χρήση του εργαλείου για τη διατύπωση υποθέσεων και ότι θα το χρησιμοποιήσουν σε μια δραστηριότητα, ακολουθώντας τις οδηγίες που εμφανίζονται στο μαθησιακό περιβάλλον. Η δραστηριότητα της εξοικείωσης ήταν προσαρμοσμένη για την κάθε συνθήκη ξεχωριστά, ανάλογα με τον βαθμό στήριξης που παρείχε το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στους μαθητές. Δηλαδή, στη συνθήκη 1 ο βαθμός στήριξης ήταν ψηλός, στη συνθήκη 2 ο βαθμός στήριξης ήταν χαμηλός και στη συνθήκη 3 δεν υπάρχει καθόλου στήριξη κατά τη διατύπωση υποθέσεων, όσον αφορά την παροχή των δομικών στοιχείων που χρειάζονται οι μαθητές για την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Αναλυτικότερα, η διαφοροποίηση του βαθμού στήριξης είχε να κάνει με τις λέξεις που παρουσιάζονταν στο εργαλείο και τις οποίες μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές για να συντάξουν τις υποθέσεις τους. Η εκφώνηση της άσκησης στις τρεις συνθήκες ήταν ακριβώς η ίδια και το συγκείμενο στο οποίο κλήθηκαν να διατυπώσουν δύο υποθέσεις, αφορούσε τον καιρό και συγκεκριμένα, κατά πόσο ο καιρός μπορεί να καθορίσει τον χρόνο που διαθέτουν τα παιδιά στο παιχνίδι, καθώς επίσης αν επηρεάζει τελικά την απόφασή τους να παίξουν ένα

παιχνίδι σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο. Πέρα από τη διατύπωση του προβλήματος, στην εκφώνηση της άσκησης υπήρχε και ένα σύντομο επεξηγηματικό κείμενο για το τι είναι μια υπόθεση και πώς χρησιμοποιείται ο δείκτης βεβαιότητας στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων. Στη συνέχεια, οι μαθητές κλήθηκαν να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους στο εργαλείο, με τις οποίες θα μπορούσαν να εξετάσουν το ζήτημα που τέθηκε πιο πάνω. Το εργαλείο στην πρώτη συνθήκη περιλάμβανε όλες τις σχετικές λέξεις που μπορούσαν οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν για να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους, στη δεύτερη συνθήκη υπήρχαν λιγότερες λέξεις και στην τρίτη συνθήκη δεν υπήρχαν καθόλου λέξεις. Η εκφώνηση της άσκησης στη δραστηριότητα της εξοικείωσης, καθώς και η διαμόρφωση του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων στις τρεις συνθήκες, παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ (βλ. Δραστηριότητα εξοικείωσης – Μελέτη 3).

Κατά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος, στη δεύτερη συνάντηση, ο κάθε μαθητής εργάστηκε μόνος του σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και ολοκλήρωσε τις δραστηριότητες του μαθήματος. Οι δραστηριότητες και οι οδηγίες στο μάθημα ήταν σε όλες τις συνθήκες οι ίδιες και η μόνη διαφοροποίηση έγινε στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, με τον ίδιο τρόπο που περιγράφεται πιο πάνω για την κάθε συνθήκη. Ο ρόλος της εκπαιδευτικού ήταν καθαρά συντονιστικός, αφού κάθε μαθητής κλήθηκε να ολοκληρώσει το μάθημα μόνος του. Η αντιμετώπιση των τεχνικών δυσκολιών και αποριών που προέκυψαν από τους μαθητές κατά τη διάρκεια του μαθήματος, αντιμετωπίστηκαν με τον ίδιο τρόπο μεταξύ των τριών συνθηκών. Δηλαδή, όπου οι μαθητές αντιμετώπισαν τεχνικής φύσεως δυσκολίες (π.χ., έξοδος από το περιβάλλον του μαθήματος) η εκπαιδευτικός επενέβη για να δώσει μια λύση. Όσον αφορά τα σημεία στα οποία οι μαθητές αντιμετώπισαν γνωστικές δυσκολίες, η εκπαιδευτικός παρότρυνε τους μαθητές να διαβάσουν ξανά τις οδηγίες στο μαθησιακό περιβάλλον και να λάβουν οι ίδιοι μία απόφαση για το πώς θα προχωρήσουν στο μάθημα.

Στην τρίτη συνάντηση, όπου οι μαθητές εργάστηκαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας σε ένα νέο συγκεκριμένο, πραγματοποιήθηκαν οι ίδιες διαδικασίες όπως και κατά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας της εξοικείωσης. Αναλυτικότερα, κάθε μαθητής εργάστηκε σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και οι οδηγίες που δόθηκαν από την εκπαιδευτικό στους μαθητές κάθε συνθήκης ήταν οι ίδιες, τονίζοντας τους ότι θα έπρεπε να χρησιμοποιήσουν το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων για να διατυπώσουν δύο υποθέσεις για ένα νέο πρόβλημα. Η εκφώνηση της άσκησης, και

σε αυτή την περίπτωση, ήταν ακριβώς η ίδια για κάθε συνθήκη και το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων προσαρμόστηκε για να ανταποκρίνεται στην κάθε συνθήκη ξεχωριστά. Δηλαδή, στην πρώτη συνθήκη το εργαλείο περιλάμβανε όλες τις σχετικές λέξεις που χρειαζόνταν οι μαθητές για τη διατύπωση των υποθέσεών τους, στη δεύτερη συνθήκη περιλαμβάνονταν λιγότερες λέξεις και στην τρίτη συνθήκη δεν υπήρχαν καθόλου λέξεις. Το θέμα της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο αφορούσε το υποβρύχιο και τον τρόπο λειτουργίας του. Ειδικότερα, οι μαθητές κλήθηκαν να σκεφτούν μεταβλητές που θα μπορούσε κάποιος να εξετάσει για να εξηγήσει τον τρόπο με τον οποίο το υποβρύχιο καταδύεται και αναδύεται στην επιφάνεια της θάλασσας. Πριν από τη χρήση του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων, οι μαθητές σε κάθε συνθήκη διάβασαν και πάλι το συνοπτικό επεξηγηματικό κείμενο για τον ορισμό μιας καλής υπόθεσης, καθώς επίσης δόθηκαν πληροφορίες για τον τρόπο αξιοποίησης του δείκτη βεβαιότητας στο εργαλείο. Το περιεχόμενο της δραστηριότητας στο νέο μαθησιακό συγκείμενο, καθώς και η διαμόρφωση του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων σε κάθε συνθήκη παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα Γ (βλ. Δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο – Μελέτη 3).

Τέλος, αναφέρεται ότι πριν από την έναρξη των διαδικασιών της έρευνας, η εκπαιδευτικός παρακολούθησε μια προπαρασκευαστική συνάντηση με την ερευνήτρια, στην οποία επεξηγήθηκαν με λεπτομέρεια οι διαδικασίες και οι στόχοι κάθε συνάντησης με τους μαθητές. Επιπρόσθετα, επεξηγήθηκε ο ρόλος της εκπαιδευτικού και διασαφηνίστηκαν τυχόν απορίες για το μαθησιακό περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια των τριών συναντήσεων, στην αίθουσα υπολογιστών μαζί με την εκπαιδευτικό βρίσκονται η συγγραφέας της παρούσας διατριβής και ακόμη μία ερευνήτρια, ο ρόλος των οποίων ήταν παροχή στήριξης σε τεχνικά προβλήματα.

3.4 Μεθοδολογία μελέτης 4

3.4.1 Ερευνητικός σχεδιασμός

Η μελέτη 4 πραγματοποιήθηκε με μαθητές Γ΄ Γυμνασίου και ολοκληρώθηκε σε τρεις συναντήσεις. Οι μαθητές προέρχονταν από τρία διαφορετικά τμήματα και κάθε τμήμα υποβλήθηκε, με τυχαίο τρόπο, σε μία από τις τρεις συνθήκες της μελέτης. Στην πρώτη

συνθήκη οι μαθητές δέχτηκαν ψηλό βαθμό υποστήριξης κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας σχεδιασμού πειραμάτων, μέσω του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων. Στη δεύτερη συνθήκη ο βαθμός στήριξης από το ίδιο εργαλείο ήταν λιγότερος, ενώ στην τρίτη συνθήκη οι μαθητές δεν χρησιμοποίησαν καθόλου το συγκεκριμένο υποστηρικτικό εργαλείο, συνεπώς δε δέχτηκαν οποιαδήποτε υποστήριξη κατά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας σχεδιασμού πειραμάτων. Στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζεται σχηματικά ο ερευνητικός σχεδιασμός της μελέτης 4. Η πρώτη συνάντηση είχε διάρκεια 45 λεπτά και σε αυτήν οι μαθητές συμπλήρωσαν τα προδιαγνωστικά δοκίμια, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης, καθώς επίσης ολοκλήρωσαν μια δραστηριότητα εξοικείωσης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η συμπλήρωση των διαγνωστικών δοκιμίων διήρκεσε περίπου 35 λεπτά και η δραστηριότητα εξοικείωσης περίπου 10 λεπτά. Στη δεύτερη συνάντηση οι μαθητές ολοκλήρωσαν τις δραστηριότητες του παρεμβατικού μαθήματος για περίπου 80 λεπτά. Στην τρίτη συνάντηση χορηγήθηκαν τα μεταδιαγνωστικά δοκίμια, το περιεχόμενο των οποίων ήταν ακριβώς το ίδιο με τα προδιαγνωστικά δοκίμια, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης. Αφού οι μαθητές συμπλήρωσαν τα μεταδιαγνωστικά δοκίμια, πραγματοποίησαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή μια δραστηριότητα σε ένα νέο μαθησιακό συγκείμενο. Ο χρόνος για τη συμπλήρωση των μεταδιαγνωστικών δοκιμίων ήταν περίπου 35 λεπτά και η δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο διήρκεσε περίπου 10 λεπτά.

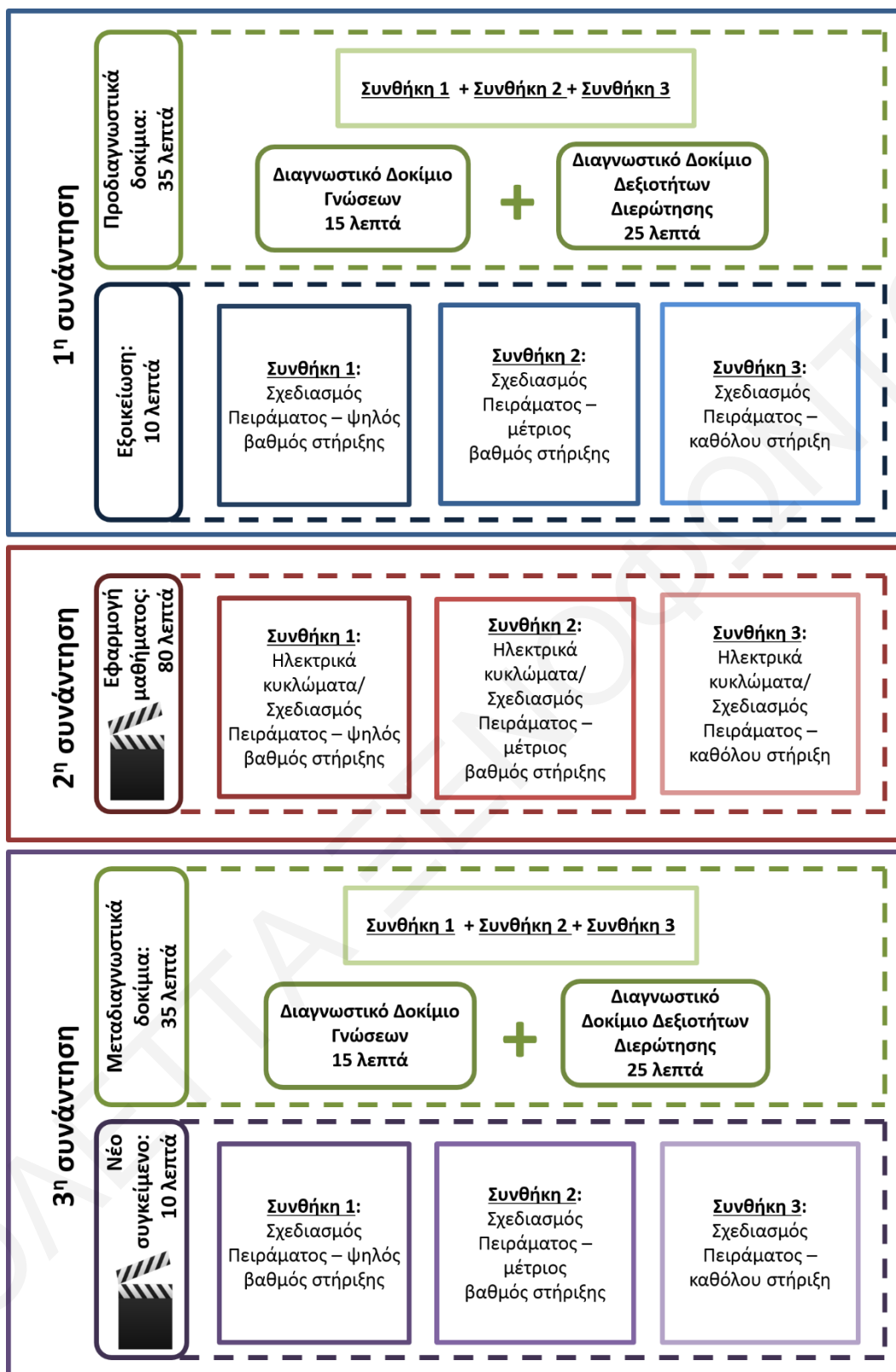
3.4.2 Συμμετέχοντες

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν μαθητές Γ΄ τάξης ενός αστικού Γυμνασίου της Λευκωσίας. Οι μαθητές που συμμετείχαν ήταν συνολικά 63 και προέρχονταν από τρία διαφορετικά τμήματα. Τα τρία τμήματα υποβλήθηκαν με τυχαίο τρόπο σε μία από τις τρεις συνθήκες της μελέτης. Την πρώτη συνθήκη αποτέλεσαν 19 μαθητές (9 αγόρια, 10 κορίτσια), τη δεύτερη συνθήκη 21 μαθητές (10 αγόρια, 11 κορίτσια) και την τρίτη 23 μαθητές (8 αγόρια, 15 κορίτσια). Οι μαθητές κάθε τμήματος ήταν μικτής ικανότητας και δεν είχαν διδαχθεί δυναμικό ηλεκτρισμό τα προηγούμενα δύο χρόνια. Τα βασικά μέρη του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος διδάσκονται στο δημοτικό σχολείο. Συνεπώς, οι γνώσεις περιεχομένου των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα και συγκεκριμένα για τους δύο τρόπους συνδεσμολογίας, σε σειρά και παράλληλα, δε διέφερε. Αυτό αποδείχθηκε και από τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου Kruskal-Wallis για ανεξάρτητα δείγματα, που διενεργήθηκε για να διαφανεί κατά πόσο υπήρχαν

στατιστικά σημαντικές διαφορές στην επίδοση των μαθητών στις τρεις συνθήκες, στο προδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου (Kruskal-Wallis $\chi^2= 4.50$, $p>0.05$). Επιπρόσθετα, ο ίδιος στατιστικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε για να διαπιστωθεί αν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών, ως προς το επίπεδο δεξιοτήτων διερώτησης των μαθητών, που αξιολογήθηκε μέσω του προδιαγνωστικού δοκιμίου δεξιοτήτων διερώτησης. Τα αποτελέσματα του ελέγχου κατέδειξαν ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών (Kruskal-Wallis $\chi^2= 3.58$, $p>0.05$). Τέλος, σημειώνεται ότι όλοι οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα είχαν ανεπτυγμένες δεξιότητες χειρισμού ηλεκτρονικών υπολογιστών και επεξεργασίας πληροφοριών από διάφορες πηγές.

3.4.3 Διδακτικό υλικό

Για τον σκοπό της μελέτης 4 εφαρμόστηκε ένα κατάλληλα σχεδιασμένο ILS για το συγκείμενο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, που αφορούσε το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και τα δύο είδη συνδεσμολογίας, σε σειρά και παράλληλα. Το μάθημα αποτελείτο από τις πέντε φάσεις του κύκλου διερώτησης, τον Προσανατολισμό, που μετονομάστηκε σε Ηλεκτρικά κυκλώματα, την Υπόθεση, τη Διερεύνηση, το Συμπέρασμα και τον Αναστοχασμό. Σε κάθε φάση οι μαθητές έπρεπε να ολοκληρώσουν ορισμένες δραστηριότητες και κατά την πορεία του μαθήματος είχαν τη δυνατότητα να επιστρέψουν σε προηγούμενες φάσεις για να επαναλάβουν μια διαδικασία, αν και εφόσον το έκριναν οι ίδιοι αναγκαίο. Ο κάθε μαθητής ήταν υπεύθυνος για την πορεία του μαθήματος και έπαιρνε τις δικές του αποφάσεις για τον τρόπο εργασίας στο μαθησιακό περιβάλλον, από την αρχή μέχρι το τέλος του μαθήματος. Το εικονικό εργαστήριο που χρησιμοποιήθηκε στο συγκεκριμένο μάθημα είναι το Electrical Circuits Virtual Lab, το οποίο βρίσκεται στο αποθετήριο διαδικτυακών εργαστηρίων στην πλατφόρμα του Go-Lab (<http://www.golabz.eu/lab/electrical-circuit-lab>). Ακολούθως περιγράφονται συνοπτικά οι δραστηριότητες σε κάθε φάση του κύκλου διερώτησης, ενώ ολόκληρο το μαθησιακό περιβάλλον βρίσκεται στο Παράρτημα Α (βλ. Μαθησιακός χώρος διερώτησης – Μελέτη 4).



Διάγραμμα 5. Ερευνητικός σχεδιασμός – μελέτη 4

Προσανατολισμός

Η φάση του Προσανατολισμού, η οποία μετονομάστηκε σε Ηλεκτρικά κυκλώματα, περιλαμβάνει τις απαραίτητες πληροφορίες και γνώσεις που απαιτούνται για τη συνέχεια του μαθήματος. Συγκεκριμένα, οι μαθητές παρακολουθούν αρχικά ένα βίντεο για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, στο οποίο εξηγούνται τα απαραίτητα στοιχεία για τη δημιουργία του, καθώς και ο τρόπος που τα στοιχεία αυτά πρέπει να είναι συνδεδεμένα. Έπειτα, οι μαθητές παρατηρούν δύο εικόνες που αναπαριστούν, η πρώτη τη σύνδεση δύο λαμπτήρων και μιας μπαταρίας σε σειρά και η δεύτερη τη σύνδεση δύο λαμπτήρων και μιας μπαταρίας παράλληλα. Τις δύο εικόνες συνοδεύει επεξηγηματικό κείμενο, στο οποίο αναφέρονται οι διαφορετικές διαδρομές του ηλεκτρικού ρεύματος στις δύο περιπτώσεις, δηλαδή στη σύνδεση σε σειρά και στην παράλληλη σύνδεση. Στο τέλος της φάσης αυτής, οι μαθητές παροτρύνονται να προχωρήσουν στην επόμενη φάση, με την προϋπόθεση ότι κατανόησαν το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και τους δύο τρόπους συνδεσμολογίας. Συνεπώς, στη φάση του Προσανατολισμού οι μαθητές δε δημιουργούν κάποιο μαθησιακό προϊόν.

Υπόθεση

Η φάση της Υπόθεσης είναι χωρισμένη σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα οι μαθητές παρατηρούν ένα διάγραμμα που αναπαριστά δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά με μία μπαταρία και κάτω από το διάγραμμα καλούνται να εξηγήσουν αν διαφέρει η φωτεινότητα των δύο λαμπτήρων και αν ναι, με ποιο τρόπο. Έπειτα, τους ζητείται να δώσουν μια απάντηση στο τι θα συμβεί στη φωτεινότητα των λαμπτήρων αν αυξηθεί ο αριθμός τους. Στο δεύτερο βήμα, οι μαθητές παρατηρούν ένα διάγραμμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους παράλληλα με μια μπαταρία και πραγματοποιούν τις ίδιες δραστηριότητες, όπως και στην περίπτωση των λαμπτήρων που είναι συνδεδεμένοι σε σειρά. Δηλαδή, καταγράφουν αρχικά τις προβλέψεις τους για το πώς διαφέρει η φωτεινότητα των δύο λαμπτήρων, δίνοντας παράλληλα και την κατάλληλη επεξήγηση και έπειτα, καταγράφουν τι θα συμβεί στη φωτεινότητα των λαμπτήρων αν αυξηθεί ο αριθμός των λαμπτήρων που συνδέονται με αυτό τον τρόπο. Ολοκληρώνοντας τις δραστηριότητες στη φάση της Υπόθεσης, οι μαθητές προχωρούν στην επόμενη φάση, τη φάση της Διερεύνησης.

Διερεύνηση

Σε αυτή τη φάση οι μαθητές σχεδιάζουν και πραγματοποιούν τα πειράματά τους, έτσι ώστε να συλλέξουν δεδομένα που να φανερώνουν τι παθαίνει το ηλεκτρικό ρεύμα που ρέει ένα κύκλωμα, όταν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά και παράλληλα. Προτού όμως προχωρήσουν στον σχεδιασμό και την εκτέλεση των πειραμάτων τους, παρακολουθούν ένα επεξηγηματικό βίντεο για τη χρήση του εικονικού εργαστηρίου ηλεκτρικών κυκλωμάτων, το οποίο χρησιμοποιούν στη συνέχεια για να δημιουργήσουν τα κυκλώματά τους, συλλέγοντας έτσι τα απαραίτητα δεδομένα για κάθε τους διερεύνηση. Στο βίντεο παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το εικονικό εργαστήριο και έπειτα γίνεται επίδειξη του τρόπου δημιουργίας ηλεκτρικών κυκλωμάτων, καθώς επίσης και του τρόπου σύνδεσης του αμπερομέτρου για τη μέτρηση του ηλεκτρικού ρεύματος. Μετά από το βίντεο, ακολουθούν δραστηριότητες που χωρίζονται σε τρία βήματα και περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια.

Στο πρώτο βήμα οι μαθητές σχεδιάζουν ένα πείραμα για να μελετήσουν τι συμβαίνει σε ένα κύκλωμα όταν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά και με αντίστοιχο τρόπο, στο δεύτερο βήμα, σχεδιάζουν ένα πείραμα για τη διερεύνηση του τι συμβαίνει όταν προστίθενται λαμπτήρες παράλληλα. Σε αυτή τη δραστηριότητα, δηλαδή κατά τον σχεδιασμό των πειραμάτων, το μάθημα διαφοροποιήθηκε σε κάθε μια από τις τρεις συνθήκες. Στην πρώτη συνθήκη οι μαθητές χρησιμοποίησαν το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, στο οποίο υπήρχε έτοιμος ο πειραματικός σχεδιασμός, στη δεύτερη συνθήκη χρησιμοποίησαν το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και σχεδίασαν οι ίδιοι το πείραμα που ήθελαν να κάνουν, ενώ στην τρίτη συνθήκη απουσίαζε εντελώς το εργαλείο και στη θέση του υπήρχε ένα κενό πλαίσιο εισαγωγής κειμένου, στο οποίο οι μαθητές περιέγραψαν λεκτικά το πείραμά τους. Περισσότερες λεπτομέρειες για τον τρόπο διεξαγωγής της δραστηριότητας σχεδιασμού πειραμάτων για την κάθε συνθήκη, παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Στο τρίτο και τελευταίο βήμα της φάσης της Διερεύνησης, οι μαθητές απαντούν σε δύο ερωτήσεις που αποσκοπούν στην ερμηνεία των δεδομένων που συλλέγουν κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των δύο διερευνήσεών τους. Στην πρώτη ερώτηση οι μαθητές καλούνται να εξηγήσουν πώς επηρεάζεται το ηλεκτρικό ρεύμα όταν προστίθενται λαμπτήρες σε ένα κύκλωμα και στη δεύτερη ερώτηση τους ζητείται να εξηγήσουν πώς

αλλάζει η φωτεινότητα των λαμπτήρων καθώς προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά και πώς αλλάζει όταν προστίθενται λαμπτήρες παράλληλα.

Το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων στη συνθήκη 1

Το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων αποτελείται από δύο βασικές περιοχές, τη λίστα με τις ιδιότητες και τις μετρήσεις και τον χώρο με τις τρεις στήλες, «Μεταβάλλω», «Κρατώ σταθερό» και «Μετρώ». Πάνω από τις τρεις αυτές στήλες εμφανίζονται βήμα προς βήμα οδηγίες για το πώς μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει το συγκεκριμένο εργαλείο για να ολοκληρώσει τον σχεδιασμό ενός πειράματος, αλλά και για να κάνει καταγραφή των μετρήσεων κατά την πραγματοποίηση των πειραματικών δοκιμών στο εικονικό εργαστήριο. Στην περίπτωση της πρώτης συνθήκης, ο πειραματικός σχεδιασμός των δύο διερευνήσεων ήταν δοσμένος. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 22, η ιδιότητα «Αριθμός λαμπτήρων» είναι τοποθετημένη στη στήλη «Μεταβάλλω», οι ιδιότητες «Συνδεσμολογία» και «Τάση μπαταρίας» στη στήλη «Κρατώ σταθερό» και οι μετρήσεις «Ηλεκτρικό ρεύμα» και «Φωτεινότητα» στη στήλη «Μετρώ». Ο σχεδιασμός αυτός θεωρείται έγκυρος γιατί μεταβάλλεται μόνο ένας παράγοντας, οι υπόλοιποι διατηρούνται σταθεροί και υπάρχει τουλάχιστον ένας παράγοντας που μετρείται.

Σχεδιασμός Πειράματος

Κάνε κλικ στο + για να προσθέσεις μια πειραματική δοκιμή στον σχεδιασμό σου. Συμπεριέλαβε τουλάχιστον τρεις πειραματικές δοκιμές.

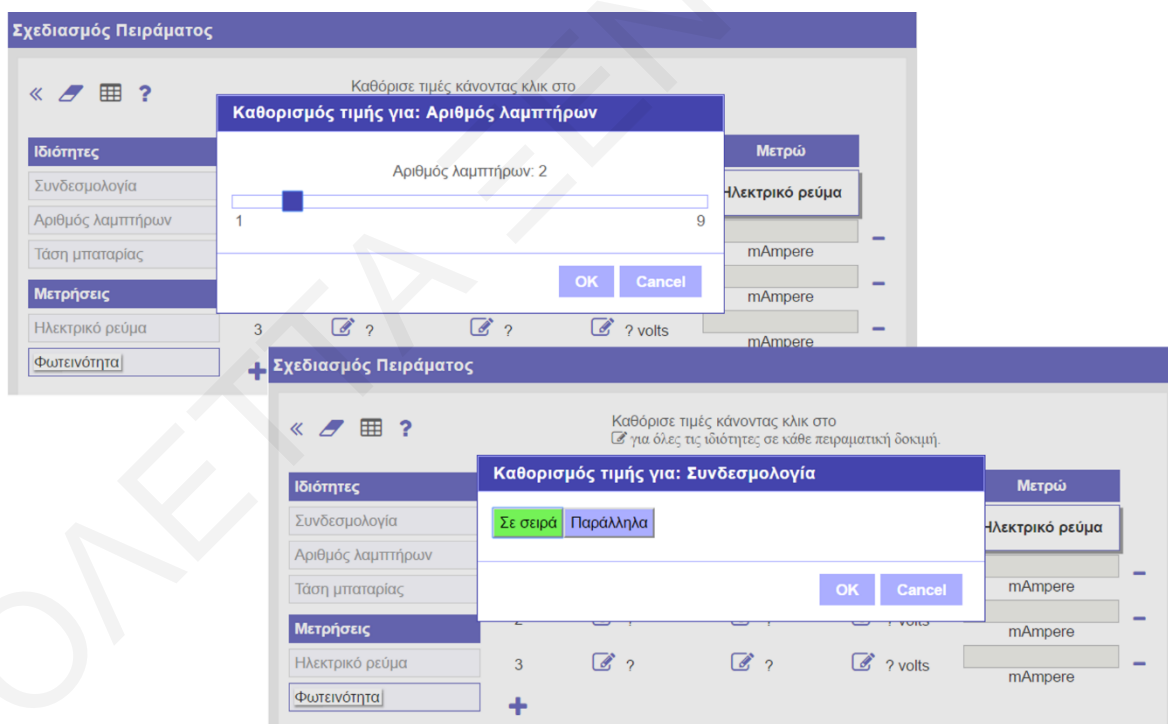
Ιδιότητες	Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Συνδεσμολογία	Αριθμός λαμπτήρων	Συνδεσμολογία	Ηλεκτρικό ρεύμα
Αριθμός λαμπτήρων		Τάση μπαταρίας	Φωτεινότητα
Τάση μπαταρίας			

Μετρήσεις

- Ηλεκτρικό ρεύμα
- Φωτεινότητα

Εικόνα 22. Το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων στη συνθήκη 1 – μελέτη 4

Αφού ο σχεδιασμός του πειράματος ήταν δοσμένος, οι οδηγίες που εμφανίζονταν στο εργαλείο καθοδήγησαν τους μαθητές να προσθέσουν τουλάχιστον τρεις πειραματικές δοκιμές, όπου κάθε πειραματική δοκιμή αντιστοιχεί και σε ένα κύκλωμα που έπρεπε να δημιουργηθεί στο εικονικό εργαστήριο, ώστε να γίνουν οι κατάλληλες μετρήσεις και παρατηρήσεις του ηλεκτρικού ρεύματος και της φωτεινότητας των λαμπτήρων. Αφού οι μαθητές ολοκλήρωσαν την προσθήκη πειραματικών δοκιμών, οι οδηγίες στο εργαλείο τους καθοδήγησαν να εισάγουν τιμές για κάθε ιδιότητα (Εικόνα 23). Για να το κάνουν αυτό, πατούσαν το εικονίδιο του μολυβιού κάτω από κάθε ιδιότητα. Για τις ιδιότητες «Αριθμός λαμπτήρων» και «Τάση μπαταρίας», με το πάτημα του μολυβιού, άνοιγε ένα παράθυρο με μια συρόμενη μπάρα, που αντιστοιχούσε σε μια αριθμητική γραμμή, μεταξύ μίας ελάχιστης και μίας μέγιστης τιμής. Ενώ για την εισαγωγή τιμής για τη «Συνδεσμολογία» άνοιγε ένα παράθυρο με δύο επιλογές, «Σε σειρά» και «Παράλληλα», και οι μαθητές έπρεπε να επιλέξουν μία από τις δύο.



Εικόνα 23. Εισαγωγή τιμών στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – μελέτη 4

Αφότου οι μαθητές ολοκλήρωσαν την εισαγωγή τιμών σε όλες τις πειραματικές δοκιμές, στο εργαλείο εμφανιζόταν ένα κείμενο το οποίο τους πληροφορούσε ότι μπορούσαν να εισάγουν τα αποτελέσματά τους σε κάθε πειραματική δοκιμή, δηλαδή τις μετρήσεις τους για το ηλεκτρικό ρεύμα και την παρατήρησή τους για τη φωτεινότητα των λαμπτήρων. Επιπρόσθετα, στο κείμενο αναφερόταν ότι τα στοιχεία των ολοκληρωμένων πειραματικών δοκιμών αποθηκεύονται αυτόματα και μπορούν να τα δουν συγκεντρωτικά σε έναν πίνακα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 24, πατώντας στο αντίστοιχο εικονίδιο στο πάνω αριστερό μέρος του εργαλείου.

Έχεις ολοκληρώσει αυτό το σύνολο των πειραματικών δοκιμών. Μπορείς να προσθέσεις επιπλέον πειραματικές δοκιμές, να αναλύσεις τα αποτελέσματα που φαίνονται στον πίνακα ή να δημιουργήσεις ένα νέο σύνολο πειραμάτων αφού πρώτα καθαρίσεις τον χώρο κάνοντας κλικ στο

N	Συνδεσμολογία	Αριθμός λαμπτήρων	Τάση μπαταρίας	Ηλεκτρικό ρεύμα	Φωτεινότητα
1	Σε σειρά	2	5.0 volts	50	μέτρια
2	Σε σειρά	3	5.0 volts	33.33	ελάχιστη
3	Σε σειρά	4	5.0 volts	25	αμυδρή

Εικόνα 24. Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – μελέτη 4

Το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων στη συνθήκη 2

Η δραστηριότητα σχεδιασμού πειραμάτων στη δεύτερη συνθήκη πραγματοποιήθηκε στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, αλλά σε αυτή την περίπτωση ο πειραματικός σχεδιασμός για κάθε διερεύνηση δεν ήταν δοσμένος. Κατ' αυτόν τον τρόπο λοιπόν, το εργαλείο καθοδήγησε τους μαθητές να τοποθετήσουν τις ιδιότητες και τις μετρήσεις στις αντίστοιχες στήλες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 25, και έπειτα ακολούθησαν τις οδηγίες, βήμα προς βήμα, για την προσθήκη πειραματικών δοκιμών, την εισαγωγή τιμών στις

πειραματικές δοκιμές και την εισαγωγή των μετρήσεων και παρατηρήσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά την εκτέλεση των πειραμάτων τους. Όλες αυτές οι διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν με τον ίδιο τρόπο όπως και στην περίπτωση της πρώτης συνθήκης.

Σε αυτό το σημείο σημειώνεται ότι, κατά την τοποθέτηση των ιδιοτήτων σε στήλες, το εργαλείο εμφανίζει παράθυρα ανατροφοδότησης στις περιπτώσεις όπου μια ιδιότητα τοποθετείται στη στήλη «Μετρώ» και μια μέτρηση στη στήλη «Μεταβάλλω» ή στη στήλη «Κρατώ σταθερό». Το παράθυρο ανατροφοδότησης συνοδεύεται από επεξηγηματικό κείμενο, στο οποίο αναφέρεται ότι δεν είναι δυνατό μια ιδιότητα να μετρηθεί, αλλά πρέπει να τοποθετηθεί σε μία από τις στήλες «Μεταβάλλω» ή «Κρατώ σταθερό». Αντίστοιχο είναι και το μήνυμα που εμφανίζεται αν μια μέτρηση τοποθετηθεί στις στήλες «Μεταβάλλω» ή «Κρατώ σταθερό».

Σχεδιασμός Πειράματος

Επέλεξε και σύρε μία ιδιότητα στο "Μεταβάλλω/Αλλάζω", όλες τις άλλες στο "Κρατώ σταθερό", και επίλεξε και σύρετε τουλάχιστον μία μεταβλητή που θέλεις να μετρήσεις στο "Μετρώ/Παρατηρώ".

Ιδιότητες		Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Συνδεσμολογία	N			
Αριθμός λαμπτήρων	+			
Τάση μπαταρίας				
Μετρήσεις				
Ηλεκτρικό ρεύμα				
Φωτεινότητα				

Εικόνα 25. Το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων στη συνθήκη 2 – μελέτη 4

Ο σχεδιασμός πειραμάτων στη συνθήκη 3

Στην τρίτη συνθήκη η δραστηριότητα σχεδιασμού πειραμάτων πραγματοποιήθηκε χωρίς τη χρήση του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων. Αντί του εργαλείου, οι μαθητές σε αυτή τη συνθήκη είχαν στη διάθεσή τους ένα κενό πλαίσιο εισαγωγής κειμένου, στο οποίο τους ζητήθηκε να περιγράψουν το πείραμα που θα πραγματοποιούσαν σε κάθε περίπτωση,

δηλαδή στο βήμα 1 και βήμα 2, για τη συνδεσμολογία σε σειρά και την παράλληλη συνδεσμολογία, αντίστοιχα. Οι οδηγίες στο μαθησιακό περιβάλλον που προηγούνταν της δραστηριότητας σχεδιασμού πειραμάτων στη συνθήκη 3, όπως φαίνεται στην Εικόνα 26, ήταν παρόμοιες με την οδηγία που δόθηκε στο ίδιο σημείο στις άλλες δύο συνθήκες. Η μόνη διαφορά αφορούσε στη χρήση του πλαισίου εισαγωγής κειμένου για τον σχεδιασμό του πειράματος.

Βήμα 1

Στο πιο κάτω πλαίσιο κειμένου περίγραψε το πείραμα που πρέπει να κάνεις για να διερευνήσεις τελικά τι συμβαίνει όταν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά. Στην περιγραφή του πειράματος θα πρέπει να φαίνεται με ποιο τρόπο θα διαχειριστείς όλες τις μεταβλητές που σχετίζονται με το πείραμα, καθώς επίσης πρέπει να αναφερθείς σε συγκεκριμένες τιμές που θα πάρουν οι μεταβλητές κατά τη διάρκεια του πειράματος. Μόλις είσαι έτοιμος/η μπορείς να πραγματοποιήσεις τα πειράματά σου στο εργαστήριο πιο κάτω και να επιστρέψεις ξανά στο πλαίσιο κειμένου για να συμπληρώσεις τις μετρήσεις και παρατηρήσεις σου.

Type here

Εικόνα 26. Σχεδιασμός πειράματος χωρίς το εργαλείο στη συνθήκη 3 – μελέτη 4

Σε αυτό το σημείο αναφέρεται ότι και στις τρεις συνθήκες, μετά από την ολοκλήρωση κάθε πειραματικού σχεδιασμού, οι μαθητές μετέβαιναν στο εικονικό εργαστήριο του μαθήματος, το εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων, έτσι ώστε να πραγματοποιήσουν τα κατάλληλα κυκλώματα και να συλλέξουν τα απαραίτητα δεδομένα. Στο τέλος της φάσης της Διερεύνησης, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε δύο ερωτήσεις ερμηνείας των δεδομένων που συλλέγουν. Η πρώτη ερώτηση αφορά στις αλλαγές που προκύπτουν στο ηλεκτρικό ρεύμα, όταν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά, και όταν προστίθενται λαμπτήρες παράλληλα. Η δεύτερη ερώτηση αφορά στις αλλαγές που προκύπτουν στη φωτεινότητα των λαμπτήρων, όταν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά και όταν προστίθενται παράλληλα.

Συμπέρασμα

Ολοκληρώνοντας τις δραστηριότητες στη φάση της Διερεύνησης, οι μαθητές προχωρούν στη φάση του Συμπεράσματος. Σε αυτή τη φάση καλούνται να δώσουν μια απάντηση στον αρχικό προβληματισμό του μαθήματος, που αφορούσε τον τρόπο με τον οποίο είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά σε ένα σπίτι. Οι μαθητές παροτρύνονται να δικαιολογήσουν την απάντησή τους με βάση τα δεδομένα που συνέλεξαν από τα πειράματά τους.

Αναστοχασμός

Ο Αναστοχασμός αποτελεί την τελευταία φάση του μαθήματος, στην οποία οι μαθητές αναστοχάζονται για τις δραστηριότητες που ολοκλήρωσαν, απαντώντας σε δύο ερωτήσεις. Στην πρώτη ερώτηση ζητείται από τους μαθητές να περιγράψουν συνοπτικά τα βήματα που ακολούθησαν για να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα και να δώσουν τελικά μια απάντηση στον αρχικό προβληματισμό του μαθήματος. Στη δεύτερη ερώτηση, καλούνται να αναφέρουν ποια δραστηριότητα τους δυσκόλεψε περισσότερο και γιατί.

3.4.4 Συλλογή δεδομένων

Η συλλογή δεδομένων περιλάμβανε τρεις πηγές, τα δύο διαγνωστικά δοκίμια, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης και την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τα δύο διαγνωστικά δοκίμια χορηγήθηκαν ως προδιαγνωστικά και μεταδιαγνωστικά, στην πρώτη και τρίτη συνάντηση, αντίστοιχα. Τα δεδομένα από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στον υπολογιστή συλλέχθηκαν στη δεύτερη συνάντηση, κατά τη διάρκεια του παρεμβατικού μαθήματος και στην τρίτη συνάντηση, κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο.

3.4.4.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου

Το διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου (βλ. Παράρτημα Β: Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Α) αποτελείται από έξι έργα αξιολόγησης, τα οποία αξιολογούν τη γνώση σε τέσσερα γνωστικά επίπεδα, σύμφωνα με το αναθεωρημένο πρότυπο της ταξινόμησης των γνωστικών επιπέδων του Bloom, το οποίο περιγράφεται στους Zervas (2013) και de Jong (2014). Αναλυτικότερα, τα έργα αξιολόγησης αντιστοιχούν σε τέσσερα γνωστικά επίπεδα, της ανάκλησης, της κατανόησης, της εφαρμογής και της κριτικής και δημιουργικής σκέψης. Το επίπεδο της

ανάκλησης αναφέρεται στην ικανότητα του μαθητή να θυμάται πληροφορίες που έχει διδαχθεί, το επίπεδο της κατανόησης στην ικανότητα νοερής οργάνωσης των πληροφοριών αυτών, το επίπεδο της εφαρμογής στην ικανότητα συνδυασμού και εφαρμογής των γνώσεων για επίλυση προβλημάτων και το επίπεδο κριτικής και δημιουργικής σκέψης στην ικανότητα της ανάλυσης αιτιών, προβλέψεων και νέων ιδεών που σχετίζονται με τη γνώση που έχει κατακτηθεί.

Στο επίπεδο ανάκλησης αντιστοιχεί ένα έργο αξιολόγησης ανοικτού τύπου, στο οποίο οι μαθητές καλούνται να γράψουν έναν λειτουργικό ορισμό του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Συγκεκριμένα, τους ζητείται, αρχικά, να αναφέρουν ποια είναι τα απαραίτητα στοιχεία για τη δημιουργία ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και πώς αυτά τα στοιχεία πρέπει να είναι συνδεδεμένα.

Στο επίπεδο κατανόησης αντιστοιχούν δύο έργα αξιολόγησης, όπου το πρώτο αποτελείται από μία ερώτηση πολλαπλής επιλογής και το δεύτερο από δύο ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Στο πρώτο έργο αξιολόγησης παρουσιάζονται τέσσερις διατάξεις στις οποίες ένας λαμπτήρας είναι συνδεδεμένος με μία μπαταρία. Και στις τέσσερις διατάξεις ο λαμπτήρας και η μπαταρία απεικονίζονται με πραγματικές αναπαραστάσεις. Οι μαθητές πρέπει να επιλέξουν τη σωστή απάντηση που δείχνει σε ποιες διατάξεις ο λαμπτήρας φωτοβολεί. Στο δεύτερο έργο αξιολόγησης του γνωστικού επιπέδου της κατανόησης, παρουσιάζονται τρία διαγράμματα ηλεκτρικών κυκλωμάτων, το πρώτο είναι ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, το δεύτερο ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά και το τρίτο ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους παράλληλα. Η πρώτη ερώτηση αφορά στη σύγκριση της φωτεινότητας των λαμπτήρων στα τρία αυτά κυκλώματα και η δεύτερη ερώτηση στη σύγκριση του ηλεκτρικού ρεύματος που ρέει την μπαταρία των τριών κυκλωμάτων.

Για την αξιολόγηση του γνωστικού επιπέδου της εφαρμογής υπάρχουν δύο έργα αξιολόγησης. Το πρώτο έργο είναι μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής, στην οποία παρουσιάζονται δύο διαγράμματα κυκλωμάτων, το πρώτο με τρεις λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά και το δεύτερο με τρεις λαμπτήρες συνδεδεμένους παράλληλα. Η ερώτηση αφορά στο τι θα συμβεί αν ο μεσαίος λαμπτήρας σε κάθε κύκλωμα καεί και δεν αφαιρεθεί από το κύκλωμα. Το δεύτερο έργο αξιολόγησης είναι μια ερώτηση ανοικτού

τύπου, στην οποία οι μαθητές καλούνται να αναφέρουν ποιο πιστεύουν ότι είναι το είδος της συνδεσμολογίας σε ένα πολύπριζο και να εξηγήσουν τον συλλογισμό τους.

Το τελευταίο έργο αξιολόγησης ανταποκρίνεται στο γνωστικό επίπεδο της κριτικής και δημιουργικής σκέψης και είναι μία ερώτηση ανοικτού τύπου. Στο έργο αυτό, παρουσιάζεται ένα σύνθετο διάγραμμα ηλεκτρικού κυκλώματος με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά μεταξύ τους και σε σειρά με έναν κλάδο, ο οποίος αποτελείται από έναν λαμπτήρα συνδεδεμένο παράλληλα με δύο άλλους, που μεταξύ τους είναι συνδεδεμένοι σε σειρά. Η ερώτηση ζητά από τους μαθητές να περιγράψουν και να εξηγήσουν πώς συγκρίνεται η φωτεινότητα των λαμπτήρων στο κύκλωμα.

Τα συμπληρωμένα διαγνωστικά δοκίμια βαθμολογήθηκαν με κρυμμένο το όνομα και τη συνθήκη στην οποία ανήκε ο κάθε μαθητής. Για τη βαθμολόγησή τους αξιοποιήθηκε μια κλείδα αξιολόγησης η οποία βρίσκεται στο Παράρτημα Β (βλ. Κλείδα αξιολόγησης διαγνωστικού δοκιμίου γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Α). Ποσοστό περίπου 20% του κάθε έργου αξιολόγησης ανοικτού τύπου αξιολογήθηκε από δύο ερευνήτριες, απόφοιτες του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου, οι οποίες πραγματοποιούσαν μεταπτυχιακές σπουδές με κατεύθυνση τις Φυσικές Επιστήμες. Ο υπολογισμός του δείκτη εσωτερικής αξιοπιστίας Cohen's K για το πρώτο έργο αξιολόγησης ανοικτού τύπου ήταν 0.85 και για το δεύτερο ήταν 0.93. Μετά το τέλος της διαδικασίας της βαθμολόγησης, πραγματοποιήθηκε συζήτηση με την κάθε ερευνήτρια ξεχωριστά και έπειτα μια συνάντηση και με τις δύο, όπου οποιεσδήποτε διαφωνίες επιλύθηκαν και πραγματοποιήθηκαν μερικές διορθώσεις στα κριτήρια της κλείδας αξιολόγησης. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η βαθμολογία όλων των ερωτήσεων ανοικτού τύπου των συμπληρωμένων δοκιμίων. Η βαθμολογία σε κάθε γνωστικό επίπεδο μετατράπηκε σε μοναδιαία κλίμακα και η συνολική βαθμολογία της επίδοσης στο δοκίμιο γνώσεων υπολογίστηκε από το μέσο όρο των βαθμολογιών σε κάθε γνωστικό επίπεδο. Έτσι, η μέγιστη συνολική βαθμολογία στο δοκίμιο γνώσεων ήταν η μονάδα και η ελάχιστη το μηδέν.

3.4.4.2 Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης

Για την αξιολόγηση των δεξιοτήτων διερώτησης έγινε επιλογή 18 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής από το εγκυροποιημένο εργαλείο μέτρησης επιστημονικών δεξιοτήτων TIPSII (Burns et al., 1985). Οι ερωτήσεις που επιλέχθηκαν αξιολογούν τρεις δεξιότητες, την

αναγνώριση μεταβλητών (9 ερωτήσεις), την αναγνώριση και διατύπωση υποθέσεων (6 ερωτήσεις) και τον σχεδιασμό διερευνήσεων (3 ερωτήσεις). Οι ερωτήσεις που επιλέχθηκαν από το αρχικό εργαλείο TIPSII παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β (βλ. Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης).

Κάθε ερώτηση στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης έχει μόνο μία ορθή απάντηση, η οποία βαθμολογήθηκε με μία μονάδα. Το σύνολο των ορθών απαντήσεων στις ερωτήσεις που αντιστοιχούσαν σε κάθε μία από τις τρεις δεξιότητες, αναγνώριση μεταβλητών, αναγνώριση και διατύπωση υποθέσεων και σχεδιασμό διερευνήσεων, μετατράπηκε σε μοναδιαία κλίμακα. Η συνολική βαθμολογία στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης υπολογίστηκε από τον μέσο όρο των βαθμολογιών στις τρεις επιμέρους δεξιότητες. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η μέγιστη συνολική βαθμολογία που μπορούσε να πάρει ένας μαθητής ήταν το ένα και η ελάχιστη το μηδέν.

3.4.4.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας

Για την καταγραφή του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, εγκαταστάθηκε στους υπολογιστές του σχολείου το εξειδικευμένο λογισμικό καταγραφής της οθόνης του ηλεκτρονικού υπολογιστή, River Past Screen Recorder Pro. Η συλλογή δεδομένων από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή πραγματοποιήθηκε κατά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος, δηλαδή στη δεύτερη συνάντηση και κατά την πραγματοποίηση μιας δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, δηλαδή στην τρίτη συνάντηση. Κατ' αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν δύο αρχεία βίντεο για κάθε μαθητή που συμμετείχε στην έρευνα, το ένα αφορούσε την ολοκλήρωση του παρεμβατικού μαθήματος και το δεύτερο την ολοκλήρωση της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο.

3.4.5 Ανάλυση δεδομένων

Οι βαθμολογίες των δύο διαγνωστικών δοκιμίων, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης, έτυχαν ποσοτικής επεξεργασίας στο στατιστικό πακέτο SPSS. Ειδικότερα, διενεργήθηκαν μη παραμετρικές στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης για τον λόγο ότι το δείγμα σε κάθε συνθήκη είναι μικρότερο των 30 μαθητών. Τα βίντεο από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή έτυχαν ποιοτικής επεξεργασίας, αρχικά, και οι σημαντικότερες ενέργειες των μαθητών κωδικοποιήθηκαν σε

ποσοτικές μεταβλητές. Επιπλέον, η επεξεργασία των δεδομένων από τα βίντεο της καταγραφής του τρόπου εργασίας, επέτρεψε την αξιολόγηση των μαθησιακών προϊόντων των μαθητών, που είχαν να ολοκληρώσουν κατά τη διάρκεια του μαθήματος και κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο. Περισσότερες λεπτομέρειες για την ανάλυση των δεδομένων σε κάθε περίπτωση, παρουσιάζονται πιο κάτω.

3.4.5.1 Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου

Για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από το διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου πραγματοποιήθηκαν, ο μη-παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon signed-rank για εξαρτημένα δείγματα και οι μη παραμετρικοί έλεγχοι Kruskal-Wallis και Mann-Whitney U για εξαρτημένα δείγματα. Ο έλεγχος Wilcoxon signed-rank πραγματοποιήθηκε για να διαπιστωθεί κατά πόσο η βαθμολογία των μαθητών, σε κάθε συνθήκη ξεχωριστά, βελτιώθηκε μετά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος. Ενώ, οι έλεγχοι Kruskal-Wallis και Mann-Whitney U διενεργήθηκαν για να διαπιστωθεί κατά πόσο υπήρχαν διαφορές στη βαθμολογία των μαθητών μεταξύ των τριών συνθηκών. Η πραγματοποίηση των πιο πάνω ελέγχων πραγματοποιήθηκε τόσο για να εντοπιστούν τυχόν διαφορές στη συνολική βαθμολογία των μαθητών στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου, όσο και για κάθε γνωστικό επίπεδο ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα από τις πιο πάνω αναλύσεις απαντούν μέρος του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος της μελέτης 4.

3.4.5.2 Δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης

Η επεξεργασία των δεδομένων από το δοκίμιο αξιολόγησης δεξιοτήτων διερώτησης περιλάμβανε τους ίδιους μη-παραμετρικούς στατιστικούς ελέγχους, όπως και στην περίπτωση των δεδομένων από το δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου. Κατ' αυτόν τον τρόπο, πραγματοποιήθηκε ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon signed-rank για να διαπιστωθεί αν βελτιώθηκε η συνολική βαθμολογία των μαθητών μετά το παρεμβατικό μάθημα, σε κάθε συνθήκη ξεχωριστά, ενώ διενεργήθηκαν οι έλεγχοι Kruskal-Wallis και Mann-Whitney U για τον εντοπισμό τυχόν διαφορών, τόσο στη συνολική βαθμολογία, όσο και στη βαθμολογία σε κάθε δεξιότητα ξεχωριστά, μεταξύ των τριών συνθηκών. Και σε αυτή την περίπτωση, τα αποτελέσματα των αναλύσεων απαντούν στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα της μελέτης 4.

3.4.5.3 Καταγραφή του τρόπου εργασίας

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρικού υπολογιστή, προέκυψαν ποσοτικές μεταβλητές που σκιαγραφούν τις ενέργειες των μαθητών κατά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων του μαθήματος, οι οποίες σχετίζονται με τα βασικά μαθησιακά προϊόντα που είχαν να ολοκληρώσουν. Για τον σκοπό της παρούσας μελέτης, δόθηκε έμφαση στη φάση της Διερεύνησης, κατά την οποία οι μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν τα πειράματά τους. Στον Πίνακα 6, πιο κάτω, παρουσιάζονται οι μεταβλητές που κωδικοποιήθηκαν, συνοδευόμενες από μια σύντομη περιγραφή και από τον τρόπο με τον οποίο έγινε η κωδικοποίησή τους σε ποσοτικές μεταβλητές.

Η μεταβλητή «RQ_analogy» αφορά στο κατά πόσο τα πειράματα που σχεδίασαν οι μαθητές στη φάση της Διερεύνησης αντιστοιχούσαν στον αρχικό προβληματισμό του μαθήματος, ο οποίος, υπενθυμίζεται ότι, αφορούσε στο κατά πόσο διαφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα όταν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά (1^η διερεύνηση) και όταν προστίθενται λαμπτήρες παράλληλα (2^η διερεύνηση). Η μεταβλητή «VOTAT» αντικατοπτρίζει το αν οι μαθητές κατά τον σχεδιασμό των πειραμάτων τους εφάρμοσαν τη συγκεκριμένη στρατηγική, δηλαδή αν σχεδίασαν δίκαια πειράματα, αλλάζοντας σε κάθε περίπτωση μόνο μια μεταβλητή και κρατώντας όλες τις υπόλοιπες σταθερές. Η μεταβλητή «Trials» αφορά στο κατά πόσο οι μαθητές πρόσθεταν σε κάθε τους πειραματικό σχεδιασμό επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών και η μεταβλητή «Trials_Lab» αν αυτές τις πειραματικές δοκιμές τις πραγματοποίησαν στο εικονικό εργαστήριο. Οι πιο πάνω μεταβλητές, εκτός από την τελευταία, κωδικοποιήθηκαν και για τη δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο («New_RQ_analogy», «NewVOTAT» και «New_Trials», αντίστοιχα). Ο λόγος που η μεταβλητή για την πραγματοποίηση των προγραμματισμένων πειραματικών δοκιμών δε συμπεριλήφθηκε στην κωδικοποίηση για το νέο μαθησιακό συγκείμενο, είναι γιατί οι μαθητές δεν είχαν στη διάθεσή τους εικονικό εργαστήριο για την πραγματοποίηση αυτών των δοκιμών. Εξάλλου, ο στόχος του νέου μαθησιακού συγκειμένου ήταν να εξεταστεί κατά πόσο οι μαθητές ήταν σε θέση να ολοκληρώσουν τη δραστηριότητα σχεδιασμού πειραμάτων. Στη συνέχεια, προέκυψαν μεταβλητές από την αξιολόγηση των μαθησιακών προϊόντων των μαθητών στις δύο δραστηριότητες που έπονται του σχεδιασμού και εκτέλεσης πειραμάτων, δηλαδή βαθμολογία στις απαντήσεις των ερωτήσεων ερμηνείας («DataInterScore») και βαθμολογία του συμπεράσματος (ConclusionScore).

Πίνακας 6

Παράμετροι που αφορούν τον τρόπο εργασίας και τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών – μελέτη 4

Μεταβλητή	Περιγραφή
RQ_analogy	Αντιστοιχία πειραματικών σχεδιασμών με τον αρχικό προβληματισμό του μαθήματος [0 = κανένας από τους δύο πειραματικούς σχεδιασμούς δεν αντιστοιχεί με το αρχικό πρόβλημα, 1 = τουλάχιστον ένας πειραματικός σχεδιασμός αντιστοιχεί με το αρχικό πρόβλημα, 2 = και οι δύο πειραματικοί σχεδιασμοί αντιστοιχούν με το αρχικό πρόβλημα]
VOTAT	Η στρατηγική VOTAT εφαρμόστηκε στον σχεδιασμό πειραμάτων [0 = η στρατηγική VOTAT δεν εφαρμόστηκε σε κανέναν από τους δύο πειραματικούς σχεδιασμούς, 1 = η στρατηγική VOTAT εφαρμόστηκε σε τουλάχιστον έναν πειραματικό σχεδιασμό, 2 = η στρατηγική VOTAT εφαρμόστηκε και στους δύο πειραματικούς σχεδιασμούς]
Trials	Κατά τον πειραματικό σχεδιασμό προστέθηκε επαρκής αριθμός πειραματικών δοκιμών, τουλάχιστον δύο [0 = σε κανέναν από τους δύο πειραματικούς σχεδιασμούς δεν προστέθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές, 1 = προστέθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές στον έναν από τους δύο πειραματικούς σχεδιασμούς, 2 = προστέθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές και στους δύο πειραματικούς σχεδιασμούς]
Trials_Lab	Στο εικονικό εργαστήριο του μαθήματος δημιουργήθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές για κάθε μία από τις δύο διερευνήσεις [0 = για καμία από τις δύο διερευνήσεις δεν πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές στο εικονικό εργαστήριο, 1 = πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές στο εικονικό εργαστήριο για μία εκ των δύο διερευνήσεων, 2 = πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές στο εικονικό εργαστήριο και για τις δύο διερευνήσεις]
DataInterScore	Βαθμολογία στις ερωτήσεις ερμηνείας δεδομένων (scale/min=0, max=4). Ερώτηση 1: σε σειρά το ηλεκτρικό ρεύμα μειώνεται (1 μον.), παράλληλα το ηλεκτρικό ρεύμα αυξάνεται (1 μον.) Ερώτηση 2: σε σειρά η φωτεινότητα των λαμπτήρων μειώνεται (1 μον.), παράλληλα η φωτεινότητα των λαμπτήρων παραμένει η ίδια (1 μον.)
ConclusionScore	Βαθμολογία τελικού συμπεράσματος (scale/min=0, max=4). Μία μονάδα αν προτείνεται η παράλληλη συνδεσμολογία για τη σύνδεση των φωτιστικών στο σπίτι και μία μονάδα για κάθε ορθό συλλογισμό
New_RQ_analogy	Αντιστοιχία πειραματικών σχεδιασμών με τον αρχικό προβληματισμό της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο [0 = ο πειραματικός σχεδιασμός δεν αντιστοιχεί με το αρχικό πρόβλημα, 1 = ο πειραματικός σχεδιασμός αντιστοιχεί με το αρχικό πρόβλημα]

NewVOTAT	Η στρατηγική VOTAT εφαρμόστηκε στον σχεδιασμό πειράματος σε νέο μαθησιακό συγκείμενο [0 = η στρατηγική VOTAT δεν εφαρμόστηκε στον πειραματικό σχεδιασμό, 1 = η στρατηγική VOTAT εφαρμόστηκε στον πειραματικό σχεδιασμό]
NewTrials	Κατά τον πειραματικό σχεδιασμό σε νέο μαθησιακό συγκείμενο προστέθηκε επαρκής αριθμός πειραματικών δοκιμών, τουλάχιστον δύο [0 = στον πειραματικό σχεδιασμό δεν προστέθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές, 1 = στον πειραματικό σχεδιασμό προστέθηκαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές]

Οι μεταβλητές του Πίνακα 6 έτυχαν περαιτέρω επεξεργασίας προκειμένου να απαντηθούν το δεύτερο και το τρίτο ερευνητικό ερώτημα της μελέτης 4. Συγκεκριμένα, διενεργήθηκαν οι στατιστικοί έλεγχοι Kruskal-Wallis και Mann Whitney U, για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών, και το μη παραμετρικό κριτήριο συσχετίσεων Spearman's rho, για να διαφανεί κατά πόσο υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών σε κάθε συνθήκη ξεχωριστά. Τέλος, για να διερευνηθεί περαιτέρω η σύνδεση μεταξύ των μεταβλητών του Πίνακα 6 και της κάθε συνθήκης, διενεργήθηκε η πολλαπλή παραγοντική ανάλυση αντιστοιχιών (Correspondence analysis). Η συγκεκριμένη ανάλυση αναδεικνύει ποιες μεταβλητές είναι στενά συνδεδεμένες με την κάθε συνθήκη και αυτό φαίνεται, κυρίως, μέσα από το παραγοντικό διάγραμμα (Biplot), που είναι το βασικό προϊόν της συγκεκριμένης ανάλυσης.

3.4.6 Διαδικασίες έρευνας

Οι μαθητές σε κάθε μία από τις τρεις συνθήκες συμμετείχαν σε τρεις διαφορετικές συναντήσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών του σχολείου και συντονίστηκαν από την εκπαιδευτικό που δίδασκε το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής και στα τρία τμήμα της Γ' τάξης που έλαβαν μέρος στην έρευνα. Η πρώτη συνάντηση διήρκεσε περίπου 45 λεπτά και σε αυτήν οι μαθητές συμπλήρωσαν τα προδιαγνωστικά δοκίμια για 35 λεπτά περίπου και πραγματοποίησαν μια δραστηριότητα εξοικείωσης με το μαθησιακό περιβάλλον στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, η οποία είχε διάρκεια περίπου 10 λεπτά. Η δεύτερη συνάντηση είχε διάρκεια περίπου 80 λεπτά και σε αυτήν ο κάθε μαθητής ολοκλήρωσε τις δραστηριότητες του παρεμβατικού μαθήματος σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Στην τρίτη συνάντηση χορηγήθηκαν τα μεταδιαγνωστικά δοκίμια, για την συμπλήρωση των οποίων οι μαθητές χρειάστηκαν

περίπου 35 λεπτά και έπειτα, κάθε μαθητής ολοκλήρωσε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή μια δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, η οποία είχε διάρκεια περίπου 10 λεπτά. Κατά τη διάρκεια των τριών συναντήσεων, εκτός από την εκπαιδευτικό, στην τάξη βρίσκονταν δύο ακόμα ερευνητές, για υποστήριξη της διαδικασίας σε τεχνικά ζητήματα. Τονίζεται σε αυτό το σημείο ότι τα τεχνικά ζητήματα αφορούσαν κυρίως την έναρξη του λογισμικού καταγραφής των ενεργειών των μαθητών και τυχόν απρόσμενο κλείσιμο του μαθησιακού χώρου από τους μαθητές. Σε καμία από τις περιπτώσεις που παρουσιάστηκαν τέτοια ζητήματα, δεν επηρεάστηκε η ομαλή διεξαγωγή του παρεμβατικού μαθήματος. Επιπρόσθετα, αναφέρεται ότι οι δύο ερευνητές δεν είχαν κάποιου άλλου είδους αλληλεπίδραση με τους μαθητές.

Για την πραγματοποίηση της δραστηριότητας εξοικείωσης, ο κάθε μαθητής εργάστηκε σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, αφού προηγήθηκε ενημέρωση από την εκπαιδευτικό για τη φύση της συγκεκριμένης δραστηριότητας και ότι για να την ολοκληρώσουν θα χρησιμοποιούσαν ένα από τα εργαλεία που θα συμπεριλαμβάνονται στο μάθημα που θα πραγματοποιούσαν και στην επόμενη συνάντηση. Σε αυτό το σημείο, τονίστηκε στους μαθητές ότι έπρεπε να κάνουν προσεκτική ανάγνωση της εκφώνησης της άσκησης, έτσι ώστε να μπορέσουν να την ολοκληρώσουν μόνοι τους. Η δραστηριότητα εξοικείωσης ήταν προσαρμοσμένη για κάθε συνθήκη της έρευνας και το περιεχόμενό της αφορούσε μια διερεύνηση για το συγκείμενο της διαλυτότητας της ζάχαρης στο νερό. Η εκφώνηση της άσκησης στο μαθησιακό περιβάλλον κάθε συνθήκης ήταν ακριβώς η ίδια σε όλες τις συνθήκες. Οι μαθητές στην πρώτη συνθήκη κλήθηκαν να ολοκληρώσουν έναν έτοιμο πειραματικό σχεδιασμό στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, στη δεύτερη συνθήκη έπρεπε να δημιουργήσουν τον πειραματικό σχεδιασμό στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και να ολοκληρώσουν τις υπόλοιπες ενέργειες που προβλέπονται από το εργαλείο, με τον ίδιο τρόπο όπως και στη συνθήκη 1, ενώ στην τρίτη συνθήκη οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους μόνο ένα πλαίσιο εισαγωγής κειμένου, στο οποίο έπρεπε να γράψουν την περιγραφή του πειράματός τους λαμβάνοντας υπόψη τις υποδείξεις που αναφέρονταν στις οδηγίες πριν από τη συγκεκριμένη δραστηριότητα. Ειδικότερα, οι μαθητές έπρεπε να χειριστούν ορισμένες μεταβλητές που σχετίζονται με τη διαλυτότητα της ζάχαρης στο νερό, ώστε να διερευνήσουν αν ο παράγοντας θερμοκρασία του νερού επηρεάζει τον χρόνο που χρειάζεται η ζάχαρη να διαλυθεί. Περισσότερες λεπτομέρειες για τη δραστηριότητα εξοικείωσης και την προσαρμογή της σε κάθε

συνθήκη, παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ (βλ. Δραστηριότητα εξοικείωσης – Μελέτη 4).

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης συνάντησης, ο κάθε μαθητής εργάστηκε σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή για να ολοκληρώσει τις δραστηριότητες του παρεμβατικού μαθήματος. Ο ρόλος της εκπαιδευτικού ήταν κυρίως συντονιστικός και υποστηρικτικός, όπως έχει τονιστεί και προηγουμένως. Όσον αφορά πιθανές απορίες των μαθητών που σχετίζονται με το περιεχόμενο του μαθήματος, η εκπαιδευτικός παρότρυνε τους μαθητές, μέσω καθοδηγητικών ερωτήσεων, να συμβουλευόταν τις οδηγίες που υπήρχαν στο μαθησιακό περιβάλλον. Η αντιμετώπιση των μαθητών ήταν η ίδια σε όλες τις συνθήκες της έρευνας και με αυτό τον τρόπο διασφαλίστηκε ότι οι μαθητές δε δέχτηκαν επιπρόσθετη καθοδήγηση από την εκπαιδευτικό, αλλά μόνο από το μαθησιακό περιβάλλον.

Η δραστηριότητα σε νέο συγκείμενο πραγματοποιήθηκε, και πάλι, από τον κάθε μαθητή ξεχωριστά, ο οποίος εργάστηκε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή για να ολοκληρώσει μια δραστηριότητα με θέμα τον ηλεκτρομαγνητισμό. Όπως στην περίπτωση της δραστηριότητας εξοικείωσης, έτσι και σε αυτή την περίπτωση, η δραστηριότητα αφορούσε τον σχεδιασμό ενός πειράματος και το μαθησιακό περιβάλλον της δραστηριότητας προσαρμόστηκε για την κάθε συνθήκη. Η εκφώνηση της άσκησης ήταν η ίδια και στις τρεις συνθήκες και ζητήθηκε από τους μαθητές να διαχειριστούν διάφορες μεταβλητές που σχετίζονται με το θέμα, ώστε να διερευνήσουν πότε ένας ηλεκτρομαγνήτης έχει μεγαλύτερη δύναμη έλξης. Το περιεχόμενο της δραστηριότητας, καθώς και η διαμόρφωση του περιβάλλοντος σε κάθε συνθήκη, παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ (βλ. Δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο – Μελέτη 4).

3.5 Πλαίσιο διεξαγωγής των τεσσάρων μελετών

Οι τέσσερις επιμέρους μελέτες της παρούσας διατριβής διεξήχθησαν στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος Go-Lab (7th Framework Programme, Grant Agreement no. 317601). Το πρόγραμμα είχε διάρκεια τέσσερα έτη (2012-2016) και η συμμετοχή σχολικών μονάδων στην Κύπρο συντονίστηκε από την ερευνητική ομάδα ReSciTEG (Research in Science and Technology Education Group), του Τμήματος

Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου. Για την πρόσκληση σχολείων να συμμετέχουν στο πρόγραμμα, στάλθηκε, αρχικά, ενημερωτική επιστολή στις Διευθύνσεις Δημοτικής, Μέσης Γενικής και Μέσης Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης (βλ. Παράρτημα Δ: Επιστολή στις Διευθύνσεις Μέσης και Δημοτικής Εκπαίδευσης). Σκοπός της επιστολής ήταν να ενημερωθούν οι Διευθύνσεις για τον σκοπό του προγράμματος και για τις εφαρμογές διδακτικών παρεμβάσεων σε σχολεία. Στη συνέχεια, συστάθηκε εγκύκλιος από τις Διευθύνσεις Μέσης Γενικής και Μέσης Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης, η οποία στάλθηκε σε όλα τα γυμνάσια και λύκεια. Η εγκύκλιος συνοδευόταν και από ενημερωτικό δελτίο με περισσότερες λεπτομέρειες για το πρόγραμμα και προσκαλούσε όσα σχολεία επιθυμούσαν να συμμετάσχουν στο πρόγραμμα (βλ. Παράρτημα Δ: Εγκύκλιος Μέσης Εκπαίδευσης). Η Διεύθυνση Δημοτικής Εκπαίδευσης εξέφρασε τη συγκατάθεσή της για συμμετοχή δημοτικών σχολείων, αποστέλλοντας επιστολή στην ερευνητική ομάδα ReSciTEG, η οποία και χρησιμοποιήθηκε ως άδεια για πρόσκληση δημοτικών σχολείων (βλ. Παράρτημα Δ: Συγκατάθεση Διεύθυνσης Δημοτικής Εκπαίδευσης). Οι εκπαιδευτικοί και τα σχολεία που επιθυμούσαν να συμμετάσχουν στο πρόγραμμα συμπλήρωσαν μια δήλωση ενδιαφέροντος (βλ. Παράρτημα Δ: Δήλωση ενδιαφέροντος εκπαιδευτικών). Ανάμεσα στα σχολεία που δήλωσαν ενδιαφέρον ήταν και τα τέσσερα σχολεία που συμμετείχαν στις τέσσερις μελέτες της παρούσας διατριβής.

Τα σχολεία και οι εκπαιδευτικοί που επιλέχθηκαν για τους σκοπούς της παρούσας διατριβής, έτυχαν ενημέρωσης για τον σκοπό και τις διαδικασίες της έρευνας από τη συγγραφέα της διατριβής. Έπειτα, δόθηκε σε όλους τους μαθητές γράμμα προς τους γονείς και κηδεμόνες (βλ. Παράρτημα Δ: Γράμμα προς γονείς και κηδεμόνες) και ένα έντυπο συγκατάθεσης για τη συμμετοχή των παιδιών τους στη συλλογή δεδομένων για την έρευνα (βλ. Παράρτημα Δ: Έντυπο συγκατάθεσης γονέων/κηδεμόνων). Το γράμμα ενημέρωνε τους γονείς και κηδεμόνες των μαθητών για τον σκοπό του ερευνητικού προγράμματος και τις διδακτικές παρεμβάσεις, και όσοι απ' αυτούς δεν είχαν αντίρρηση στη συμμετοχή του παιδιού τους στην έρευνα, υπέγραφαν το έντυπο συγκατάθεσης και το επέστρεφαν στο σχολείο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αποτελέσματα Μελέτης 1

Σκοπός της μελέτης 1 ήταν η διερεύνηση της επίδρασης ενός εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων στις γνώσεις και δεξιότητες που αποκτούν οι μαθητές όταν εργάζονται σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης. Συγκεκριμένα, έγινε σύγκριση δύο διαφορετικών εκδοχών του εν λόγω εργαλείου, οι οποίες διέφεραν ως προς τον βαθμό στήριξης που παρέχουν στους μαθητές κατά τη δραστηριότητα της δημιουργίας γραφικών παραστάσεων και ως προς τον βαθμό προβληματισμού που προκαλείται στους μαθητές όταν πραγματοποιούν τον συγκεκριμένο στόχο. Για την επίτευξη αυτής της διαφοροποίησης, η πρώτη εκδοχή του εργαλείου παρείχε στους μαθητές πρόσβαση στις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής που χειρίστηκαν στο εικονικό εργαστήριο του μαθησιακού περιβάλλοντος, ενώ η δεύτερη εκδοχή παρείχε στους μαθητές πρόσβαση στις τιμές όλων των μεταβλητών που έτυχαν διαχείρισης στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων.

Από τις αναλύσεις των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τα δοκίμια αξιολόγησης γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης, αλλά και από τα δεδομένα που προέκυψαν από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, φάνηκε ότι οι δύο εκδοχές του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, που αξιοποιήθηκε για τις ανάγκες της μελέτης αυτής, οδήγησαν σε διαφορετικά αποτελέσματα. Στην περίπτωση που ο βαθμός υποστήριξης που παρείχε το εργαλείο ήταν μεγαλύτερος, οι μαθητές παρουσίασαν βελτίωση των δεξιοτήτων διερώτησης, ενώ στην περίπτωση που το εργαλείο παρείχε λιγότερη υποστήριξη στους μαθητές, κάτι που σημαίνει ότι ο βαθμός προβληματισμού τους για την ολοκλήρωση της δραστηριότητας αυξήθηκε, οι μαθητές παρουσίασαν βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου. Περαιτέρω αναλύσεις των δεδομένων από τις ενέργειες των μαθητών κατά τη διάρκεια της ολοκλήρωσης του παρεμβατικού μαθήματος, προσφέρουν περισσότερα στοιχεία για τον διαφορετικό τρόπο που λειτούργησαν οι δύο διαφορετικές εκδοχές του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων κατά τη μαθησιακή διαδικασία.

4.1.1 Σύγκριση επιδόσεων στα διαγνωστικά δοκίμια

Η ανάλυση των βαθμολογιών των μαθητών στα δύο δοκίμια, το δοκίμιο αξιολόγησης γνώσεων περιεχομένου και το δοκίμιο αξιολόγησης δεξιοτήτων διερώτησης, έδειξε ότι η διαφοροποίηση του βαθμού στήριξης που δέχονται οι μαθητές από ένα εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, οδηγεί σε διαφορετικά αποτελέσματα ως προς τα μαθησιακά οφέλη που αποκομίζουν οι μαθητές. Αναλυτικότερα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 7, οι μαθητές που αξιοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων (Συνθήκη 1), παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτίωση των γνώσεών τους μετά το παρεμβατικό μάθημα (Wilcoxon $Z = -2.68$, $p < 0.01$), ενώ οι μαθητές που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου (Συνθήκη 2) δε βελτιώθηκαν σημαντικά ως προς τις γνώσεις που απέκτησαν (Wilcoxon $Z = -1.95$, $p > 0.05$). Μάλιστα, η σημαντική αυτή βελτίωση της επίδοσης στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου που παρουσίασαν οι μαθητές που χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου, διαφέρει στατιστικά σημαντικά από την επίδοση των μαθητών που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή (Mann Whitney $Z = -2.58$, $p < 0.05$).

Πίνακας 7

Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – μελέτη 1

	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Mann Whitney U Test Z
Pre test	Mean = 0.37	Mean = 0.32	-0.52
Post test	Mean = 0.62	Mean = 0.44	-2.58*
Wilcoxon Signed Ranks Test Z	-2.68**	-1.95	

*Σημείωση: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.*

Στην περίπτωση της σύγκρισης των επιδόσεων των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, τα αποτελέσματα είναι ακριβώς τα αντίθετα, σε σχέση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σύγκριση των επιδόσεων στο δοκίμιο αξιολόγησης γνώσεων περιεχομένου. Αναλυτικότερα, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 8, οι μαθητές που αξιοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων δεν παρουσίασαν βελτίωση της επίδοσής τους στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης (Wilcoxon $Z = -0.05$, $p > 0.05$), σε αντίθεση με τους μαθητές που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου, οι οποίοι βελτιώθηκαν σημαντικά ως προς τις δεξιότητες διερώτησης που

απέκτησαν (Wilcoxon $Z = -3.18$, $p < 0.01$). Η σημαντική βελτίωση της επίδοσης στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης που παρουσίασαν οι μαθητές που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου, διαφέρει στατιστικά σημαντικά από την επίδοση των μαθητών που χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου (Mann Whitney = -2.05 , $p < 0.05$).

Πίνακας 8

Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης – μελέτη 1

	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Mann Whitney U Test Z
Pre test	Mean = 0.42	Mean = 0.36	-1.54
Post test	Mean = 0.42	Mean = 0.56	-2.05*
Wilcoxon Signed Ranks Test Z	-0.05	-3.18**	

Σημείωση: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

4.1.2 Σύγκριση των ενεργειών των μαθητών πριν και κατά τη διάρκεια της χρήσης του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ των μεταβλητών που προέκυψαν από την κωδικοποίηση του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, έχουν προκύψει στατιστικά σημαντικές διαφορές αφότου οι μαθητές άρχισαν να ασχολούνται με το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων. Τα στοιχεία από τη σύγκριση μεταξύ των δύο συνθηκών παρουσιάζονται στον Πίνακα 9. Αναλυτικότερα, βρέθηκε ότι όλοι σχεδόν οι μαθητές (92.9%) που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, επέστρεψαν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και ξόδεψαν περισσότερο επιπλέον χρόνο από τους μαθητές που χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου (Mann Whitney $Z = -2.82$, $p < 0.01$). Μάλιστα ο μέσος χρόνος που ξόδεψαν σε επιπλέον εργασία στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων είναι περίπου πέντε φορές περισσότερος από τον αντίστοιχο χρόνο που ξόδεψαν οι μαθητές που χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου ($\text{ExtraTimeEDT}_{\text{συνθήκη1}} = 26.73$ vs $\text{ExtraTimeEDT}_{\text{συνθήκη2}} = 133.71$). Η συσχέτιση της εκδοχής του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων με την ενέργεια επιστροφής στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, είναι επίσης στατιστικά σημαντική (Chi Square=7.23, $p < 0.01$ και Phi=0.52, $p < 0.01$). Στατιστικά σημαντική διαφορά δε βρέθηκε ως προς τον χρόνο που ξόδεψαν οι μαθητές στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων την πρώτη φορά που το χρησιμοποίησαν στη φάση της διερεύνησης (Mann

Whitney $Z = -1.59$, $p > 0.05$). Κάτι τέτοιο ήταν αναμενόμενο, αφού το διδακτικό υλικό που υπήρχε στο μαθησιακό περιβάλλον και στις δύο συνθήκες της έρευνας ήταν ακριβώς το ίδιο, εκτός από το σημείο που εμφανίζεται το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων. Επομένως, οποιεσδήποτε διαφορές στις ενέργειες των μαθητών στις δύο συνθήκες, παρουσιάζονται μετά από την ενασχόλησή τους με το υπό μελέτη εργαλείο.

Εξετάζοντας περαιτέρω τα στοιχεία του Πίνακα 9, διαφαίνεται ότι παρόλο που περισσότεροι από τους μισούς μαθητές (64.3%) που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου και λιγότεροι από τους μισούς μαθητές (36.4%) που χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή, επέστρεψαν στο εικονικό εργαστήριο, εντούτοις δε βρέθηκε συσχέτιση της εκδοχής του εργαλείου με την ενέργεια επιστροφής στο εικονικό εργαστήριο ($\chi^2 = 1.95$, $p > 0.05$ και $\Phi = 0.28$, $p > 0.05$). Επίσης, ούτε ο χρόνος που ξόδεψαν οι μαθητές σε κάθε περίπτωση βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικός (Mann Whitney $Z = -1.16$, $p > 0.05$). Όμως, ο συνολικός χρόνος που ξόδεψαν οι μαθητές σε ενέργειες κατά την επιστροφή τους σε προηγούμενες δραστηριότητες είναι διαφορετικός μεταξύ των δύο συνθηκών και η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική (Mann Whitney $Z = -2.04$, $p < 0.05$). Ο μέσος συνολικός χρόνος που ξόδεψαν οι μαθητές της συνθήκης 2 είναι περίπου ο διπλάσιος από τον μέσο συνολικό χρόνο που ξόδεψαν οι μαθητές της συνθήκης 1 ($TotalTimeReturn_{\text{συνθήκη1}} = 157.82$ vs $TotalTimeReturn_{\text{συνθήκη2}} = 292.07$).

Λόγω του ότι βρέθηκε μεγάλη διαφορά του επιπλέον χρόνου που ξόδεψαν οι μαθητές στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, διενεργήθηκαν επιπλέον στατιστικοί έλεγχοι και διαπιστώθηκε ότι και για τις δύο συνθήκες ο χρόνος που ξόδεψαν οι μαθητές, όταν επέστρεψαν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, αυξανόταν όταν προέβαιναν στη δημιουργία νέων μαθησιακών προϊόντων (Mann Whitney $Z = -2.67$, $p < 0.01$ για τους μαθητές που χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου και Mann Whitney $Z = -3.00$, $p < 0.01$ για τους μαθητές που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή). Δηλαδή, οι μαθητές και των δύο συνθηκών ανάλωσαν τον επιπλέον χρόνο σε δημιουργία νέου πειραματικού σχεδιασμού, προσθήκη νέων πειραματικών δοκιμών και εισαγωγή τιμών στις μεταβλητές που είχαν ήδη στον σχεδιασμό τους.

Πίνακας 9

Διαφορές του τρόπου εργασίας των μαθητών πριν και κατά τη διάρκεια χρήσης του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων – μελέτη 1

	Data Viewer 1; n = 11	Data Viewer 2; n = 14	Στατιστικό κριτήριο
Μέσος χρόνος ενασχόλησης με το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (sec) – EDTTime	292.45 (SD = 166.01)	197.07 (SD = 130.95)	Mann Whitney Z = -1.59
Ποσοστό μαθητών που επέστρεψε πίσω στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – ReturnEDT	45.5	92.9	Chi Square = 7.23**; Phi = 0.52**
Μέσος επιπλέον χρόνος εργασίας στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (sec) – ExtraTimeEDT	26.73 (SD = 44.30)	133.71 (SD = 121.90)	Mann Whitney Z = -2.82**
Μέσος χρόνος ενασχόλησης με το εικονικό εργαστήριο (sec) – LabTime	562.27 (SD = 318.06)	352.07 (SD = 222.09)	Mann Whitney Z = -1.75
Ποσοστό μαθητών που επέστρεψε πίσω στο εικονικό εργαστήριο – ReturnLab	36.4	64.3	Chi Square = 1.95; Phi = 0.28
Μέσος επιπλέον χρόνος εργασίας στο εικονικό εργαστήριο (sec) – ExtraTimeLab	110.18 (SD = 235.92)	122.21 (SD = 131.24)	Mann Whitney Z = -1.16
Μέσος συνολικός επιπλέον χρόνος ανάδρομης εργασίας – TotalTimeReturn	157.82 (SD = 306.84)	292.07 (SD = 277.90)	Mann Whitney Z = -2.04*

Σημείωση: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

4.1.3 Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων των ενεργειών των μαθητών σε κάθε συνθήκη

Οι Πίνακες 10 και 11, πιο κάτω, παρουσιάζουν στοιχεία που προέκυψαν από τις αναλύσεις συσχέτισης μεταξύ παραμέτρων που αφορούν τον χρόνο που ξόδεψαν οι μαθητές στις δραστηριότητες που προηγούνταν του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων και του επιπλέον χρόνου που ξόδεψαν κατά την ανάδρομη πορεία που ακολούθησαν αφότου ξεκίνησαν τη δραστηριότητα στο εν λόγω εργαλείο. Ο Πίνακας 10 αφορά την πρώτη συνθήκη, όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου και ο Πίνακας 11 τη δεύτερη συνθήκη, όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου.

Γενικά, παρατηρώντας και τους δύο πίνακες πιο κάτω, διαφαίνεται ότι ο χρόνος που ξόδεψαν οι μαθητές στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και στο εικονικό εργαστήριο (EDTTime και LabTime, αντίστοιχα) συσχετίζεται αρνητικά με τον επιπλέον χρόνο που ξόδεψαν στα αντίστοιχα εργαλεία, κατά την επιστροφή τους στις εν λόγω δραστηριότητες, όταν πραγματοποιούσαν τον στόχο της δημιουργίας γραφικών παραστάσεων (ExtraTimeEDT και ExtraTimeLab αντίστοιχα). Ωστόσο, οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων αυτών για τις δύο συνθήκες, βρέθηκε να είναι διαφορετικές. Αναλυτικότερα, στην πρώτη συνθήκη όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, στο οποίο είχαν πρόσβαση μόνο στην εξαρτημένη μεταβλητή για την οποία είχαν πάρει μετρήσεις στο εικονικό εργαστήριο, φάνηκε ότι όσο περισσότερο χρόνο ξόδεψαν στο εικονικό εργαστήριο την πρώτη φορά, τόσο λιγότερο χρόνο ξόδεψαν κατά τη διάρκεια της επιστροφής τους στο εικονικό εργαστήριο (Πίνακας 10: Spearman's rho = -0.62, $p < 0.05$). Ενώ, στη δεύτερη συνθήκη, όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων και είχαν πρόσβαση σε όλες τις μεταβλητές που χειρίστηκαν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, φάνηκε ότι όσο περισσότερο χρόνο ξόδεψαν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων την πρώτη φορά, τόσο λιγότερο χρόνο ξόδεψαν κατά τη διάρκεια της επιστροφής του στο εν λόγω εργαλείο (Πίνακας 11: Spearman's rho = -0.64, $p < 0.05$).

Πίνακας 10

Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων των ενεργειών των μαθητών στην πρώτη συνθήκη – μελέτη 1

	Χρόνος στο εικονικό εργαστήριο (sec) – LabTime	Επιπλέον χρόνος στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (sec) – ExtraTimeEDT	Επιπλέον χρόνος εργασίας στο εικονικό εργαστήριο (sec) – ExtraTimeLab
Χρόνος στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (sec) – EDTTime	0.32	-0.58	-0.46
Χρόνος στο εικονικό εργαστήριο (sec) – LabTime		-0.75**	-0.62*
Επιπλέον χρόνος στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (sec) – ExtraTimeEDT			0.56

Σημείωση: $n = 11$; στον πίνακα φαίνεται ο συντελεστής συσχέτισης Spearman's rho; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

Πίνακας 11

Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων των ενεργειών των μαθητών στη δεύτερη συνθήκη – μελέτη 1

	Χρόνος στο εικονικό εργαστήριο (sec) – LabTime	Επιπλέον χρόνος στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (sec) – ExtraTimeEDT	Επιπλέον χρόνος εργασίας στο εικονικό εργαστήριο (sec) – ExtraTimeLab
Χρόνος στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (sec) – EDTTime	0.41	-0.64*	-0.26
Χρόνος στο εικονικό εργαστήριο (sec) – LabTime		-0.49	-0.25
Επιπλέον χρόνος στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (sec) – ExtraTimeEDT			0.79**

Σημείωση: $n = 14$; στον πίνακα φαίνεται ο συντελεστής συσχέτισης Spearman's rho; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

Ένα άλλο σημαντικό αποτέλεσμα που προκύπτει, είναι ότι υπάρχει θετική συσχέτιση του χρόνου που ξόδεψαν οι μαθητές μεταβαίνοντας από τη δραστηριότητα σχεδιασμού του πειράματος στην εκτέλεσή του στο εικονικό εργαστήριο, είτε κατά την πρώτη φορά που συνάντησαν τις δραστηριότητες αυτές, είτε κατά τη διάρκεια της ανάδρομης πορείας που ακολούθησαν. Παρόλα αυτά, η τάση αυτή βρέθηκε στατιστικά σημαντική μόνο για τον επιπλέον χρόνο που ξόδεψαν οι μαθητές στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και στο εικονικό εργαστήριο (ExtraTimeEDT και ExtraTimeLab αντίστοιχα), στη δεύτερη συνθήκη (Πίνακας 11: Spearman's rho = 0.79, $p < 0.01$). Ενώ για την πρώτη συνθήκη, έχει βρεθεί αρνητική συσχέτιση μεταξύ του χρόνου που ξόδεψαν οι μαθητές στο εικονικό εργαστήριο στο πρώτο πέρασμα από τη δραστηριότητα εκτέλεσης πειραμάτων (TimeLab) και του επιπλέον χρόνου που ξόδεψαν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (ExtraTimeEDT), όταν χρειάστηκε να πάνε πίσω στη φάση της διερεύνησης για να συλλέξουν τα απαραίτητα δεδομένα που χρειάζονταν για τη δημιουργία των γραφικών τους παραστάσεων (Πίνακας 10: Spearman's rho = -0.75, $p < 0.01$).

4.1.4 Σύγκριση παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα

Από τις στατιστικές αναλύσεις που έγιναν για τη σύγκριση των παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα που δημιούργησαν οι μαθητές στο περιβάλλον του παρεμβατικού μαθήματος, διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν οποιεσδήποτε διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών. Ειδικότερα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 12, έγιναν συγκρίσεις που αφορούσαν τις υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές (NumberHypo και ScoreHypoMax), τους πειραματικούς σχεδιασμούς και τα πειράματα που πραγματοποίησαν στο εικονικό εργαστήριο (EDTFeedback, EDTVOTAT, Trials, ValuesTrialsRecorded, Circuits και DataVCircuitRecorded), τις παρατηρήσεις που κατέγραψαν κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων τους (NumberObserv και ScoreObservMax), τη δημιουργία των γραφικών τους παραστάσεων (NumberGraphs και GraphCorrectness), την ερμηνεία των δεδομένων τους (GraphInter) και το τελικό συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν (CConclusion και CReasonings).

Πίνακας 12

Σύγκριση παραμέτρων των μαθησιακών προϊόντων – μελέτη 1

Δραστηριότητα	Παράμετρος	Mann Whitney U Test Z
Διατύπωση υποθέσεων	Αριθμός υποθέσεων που διατυπώθηκαν – NumberHypo	-1.324 ^{ns}
	Μέγιστη βαθμολογία υποθέσεων – ScoreHypoMax	-0.892 ^{ns}
Σχεδιασμός Πειράματος	Ανατροφοδότηση από το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – EDTFeedback	-0.964 ^{ns}
	Εφαρμογή στρατηγικής VOTAT στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – EDTVOTAT	-1.848 ^{ns}
	Αριθμός πειραματικών δοκιμών στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων – Trials	-0.576 ^{ns}
	Καταγραφή τιμών των μεταβλητών για τουλάχιστον μία πειραματική δοκιμή – ValuesTrialsRecorded	-0.114 ^{ns}
Εκτέλεση Πειράματος	Αριθμός ηλεκτρικών κυκλωμάτων που πραγματοποιήθηκαν στο εικονικό εργαστήριο – Circuits	-0.134 ^{ns}
	Συλλογή δεδομένων από τουλάχιστον ένα ηλεκτρικό κύκλωμα – DataVCircuitRecorded	-0.661 ^{ns}
Καταγραφή Παρατηρήσεων	Αριθμός παρατηρήσεων που καταγράφηκαν – NumberObserv	-1.631 ^{ns}
	Μέγιστη βαθμολογία παρατηρήσεων – ScoreObservMax	-0.853 ^{ns}
Γραφικές Παραστάσεις	Αριθμός γραφικών παραστάσεων που δημιουργήθηκαν – NumberGraphs	-1.460 ^{ns}
	Παρουσία ορθών μεταβλητών στους άξονες των γραφικών παραστάσεων – GraphCorrectness	-0.389 ^{ns}
Ερμηνεία Δεδομένων	Αριθμός ορθών συμπερασμάτων στις απαντήσεις των ερωτήσεων ερμηνείας – GraphInter	-1.696 ^{ns}
Εξαγωγή Συμπερασμάτων	Διατύπωση ορθού συμπεράσματος – CConclusion	-0.672 ^{ns}
	Αριθμός ορθών συλλογισμών – CReasonings	-0.335 ^{ns}

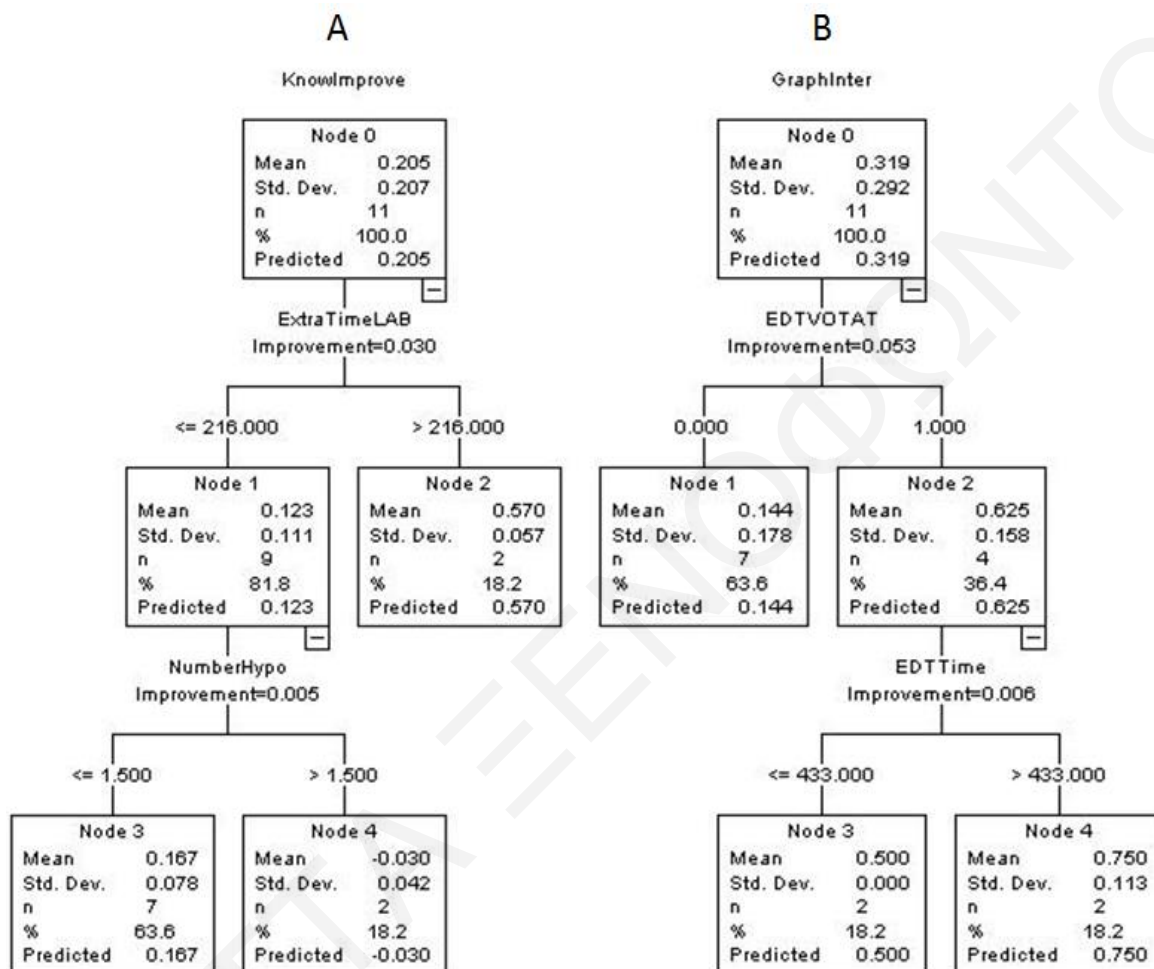
Σημείωση: ns = non-significant.

4.1.5 Προβλέψεις της επίδοσης των μαθητών στις γνώσεις περιεχομένου και στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων

Αξιοποιώντας τις μεταβλητές που προέκυψαν από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και πραγματοποιώντας την ανάλυση Tree modeling, έχουν προκύψει δεντροδιαγράμματα με προβλεπτικούς παράγοντες της βελτίωσης των γνώσεων περιεχομένου των μαθητών και της επίδοσής τους στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων, για κάθε συνθήκη ξεχωριστά (Εικόνα 27 για συνθήκη 1 και Εικόνα 28 για συνθήκη 2). Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι στο τελικό δεντροδιάγραμμα εμφανίζονται μόνο οι ανεξάρτητες μεταβλητές που αποτελούν σημαντικούς προβλεπτικούς παράγοντες. Σε κάθε διακλάδωση του δεντροδιαγράμματος εμφανίζεται η μεταβλητή που προέκυψε ως προβλεπτικός παράγοντας, μαζί με ένα στατιστικό στοιχείο το οποίο παρουσιάζει τη βελτίωση της προβλεπτικής ικανότητας του δεντροδιαγράμματος, από τον αρχικό κόμβο στον κόμβο που ακολουθεί. Επιπρόσθετα, στο κλαδί προς τον κάθε επόμενο κόμβο εμφανίζεται το όριο του προβλεπτικού παράγοντα που χρησιμοποιήθηκε για τον διαχωρισμό του δείγματος σε κάθε διακλάδωση. Τέλος, κάθε κόμβος παρουσιάζει τη μέση προβλεπόμενη τιμή και την τυπική απόκλιση της εξαρτημένης μεταβλητής, τον αριθμό των μαθητών και το ποσοστό του δείγματος.

Στην Εικόνα 27 παρουσιάζονται τα δεντροδιαγράμματα που προέκυψαν από την ανάλυση του Tree modeling για την πρώτη συνθήκη, όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, έχοντας δηλαδή στη διάθεσή τους τις τιμές της εξαρτημένης τους μεταβλητής. Το δεντροδιάγραμμα A, αφορά τη βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου που παρουσίασαν οι μαθητές της συνθήκης αυτής. Παρατηρώντας τον δεξιό κόμβο της πρώτης διακλάδωσης του δέντρου, φαίνεται ότι οι μαθητές που ξόδεψαν περισσότερο χρόνο από 216 δευτερόλεπτα κατά την επιστροφή τους στο εικονικό εργαστήριο ($n=2$, 18.2%) παρουσίασαν μεγαλύτερη βελτίωση των γνώσεών τους ($M=0.57$, $SD=0.057$) από τους μαθητές που ξόδεψαν λιγότερο από 216 δευτερόλεπτα ($n=9$, 81.8%; $M=0.123$, $SD=0.111$). Από τους μαθητές που αφιέρωσαν λιγότερο χρόνο από το όριο των 216 δευτερολέπτων, κατά την επιστροφή τους στο εικονικό εργαστήριο (πρώτη διακλάδωση του δέντρου, αριστερός κόμβος), ο αριθμός των υποθέσεων που διατύπωσαν φαίνεται να προβλέπει την επίδοσή τους στις γνώσεις περιεχομένου.

Παρατηρώντας τους δύο κόμβους της δεύτερης διακλάδωσης του δεντροδιαγράμματος, από αριστερά προς δεξιά, οι μαθητές που διατύπωσαν λιγότερες υποθέσεις ($n=7$, 63.6%) είχαν καλύτερη βελτίωση των γνώσεών τους ($M= 0.167$, $SD=0.078$), από τους μαθητές που διατύπωσαν περισσότερες υποθέσεις ($n=2$, 18.2%, $M=-0.03$, $SD=0.042$).



Εικόνα 27. Δεντροδιάγραμμα με προβλεπτικούς παράγοντες της βελτίωσης της γνώσης (A) και της επίδοσης στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων (B) για τους μαθητές στην πρώτη συνθήκη. – μελέτη 1

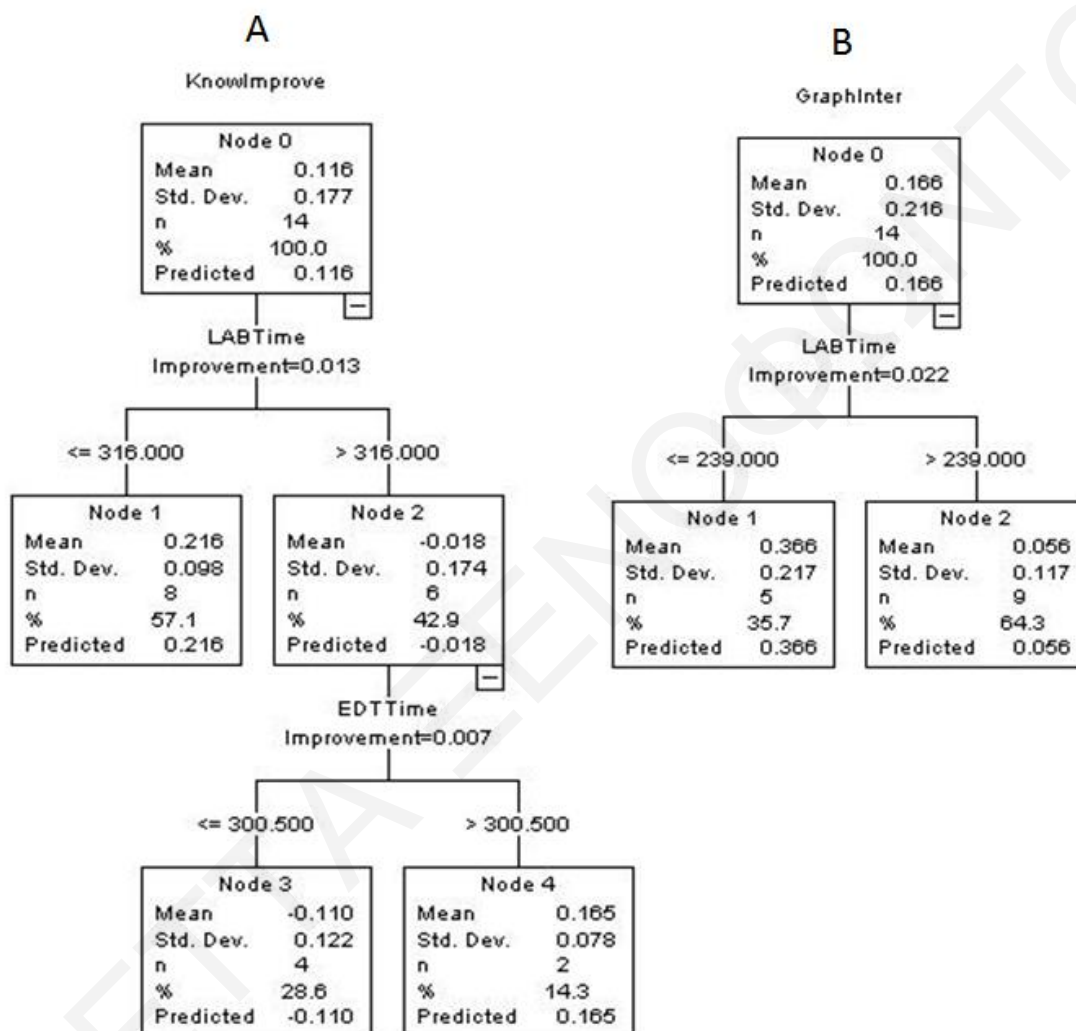
Στο δεντροδιάγραμμα B της Εικόνας 27, η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η επίδοση στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων. Σε αυτή την περίπτωση, από την ανάλυση προέκυψαν δύο προβλεπτικοί παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται με το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων. Στην πρώτη διακλάδωση του δεντροδιαγράμματος, η στρατηγική VOTAT

φαίνεται να διαφοροποιεί την επίδοση των μαθητών της πρώτης συνθήκης. Αναλυτικότερα, στον αριστερό κόμβο της πρώτης διακλάδωσης, οι μαθητές που δεν εφάρμοσαν τη συγκεκριμένη στρατηγική κατά τον σχεδιασμό των πειραμάτων τους ($n=7$, 63.6%), είχαν μικρότερη επίδοση ($M=0.144$, $SD=0.178$) από τους μαθητές που εφάρμοσαν τη συγκεκριμένη στρατηγική ($n=4$, 36.4%, $M=0.625$, $SD=0.158$). Έπειτα, στη δεύτερη διακλάδωση του δεντροδιαγράμματος, οι μαθητές που ξόδεψαν λιγότερο χρόνο από 433 δευτερόλεπτα στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (αριστερός κόμβος, $n=2$, 18.2%) είχαν μικρότερη επίδοση ($M=0.5$, $SD=0$) από τους μαθητές που αφιέρωσαν περισσότερο χρόνο στο συγκεκριμένο εργαλείο (δεξιός κόμβος, $n=2$, 18.2%, $M=0.75$, $SD=0.113$).

Στην Εικόνα 28 παρουσιάζονται τα δεντροδιαγράμματα που προέκυψαν για τη δεύτερη συνθήκη, όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, έχοντας στη διάθεσή τους τις τιμές όλων των μεταβλητών που έτυχαν διαχείρισης κατά το στάδιο του πειραματισμού. Παρατηρώντας και τα δύο δεντροδιαγράμματα, Α και Β, ο χρόνος που ξόδεψαν οι μαθητές στο εικονικό εργαστήριο, προτού προχωρήσουν στη δραστηριότητα δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, προβλέπει τη βελτίωση της επίδοσής τους στις γνώσεις περιεχομένου, αλλά και την επίδοσή τους στην ικανότητα ερμηνείας δεδομένων. Αναλυτικότερα, όσον αφορά την εξαρτημένη μεταβλητή της βελτίωσης των γνώσεων περιεχομένου, δηλαδή το δεντροδιάγραμμα Α, οι μαθητές που ξόδεψαν λιγότερο από 316 δευτερόλεπτα στο εικονικό εργαστήριο (αριστερός κόμβος, $n=8$, 57.1%) παρουσίασαν μεγαλύτερη βελτίωση των γνώσεών τους ($M=0.216$, $SD=0.098$), από τους μαθητές που ξόδεψαν λιγότερο χρόνο στο εικονικό εργαστήριο (δεξιός κόμβος, $n=6$, 42.9%, $M=-0.018$, $SD=0.174$). Ενώ αντίθετα, όσον αφορά την επίδοση στην αξιολόγηση της δεξιότητας ερμηνείας δεδομένων, οι μαθητές που ξόδεψαν περισσότερο χρόνο στο εργαστήριο, και συγκεκριμένα περισσότερο από 239 δευτερόλεπτα (δεξιός κόμβος, $n=9$, 64.3%, $M=0.056$, $SD=0.117$), είχαν χαμηλότερη επίδοση ($M=0.056$, $SD=0.117$) από τους μαθητές που ξόδεψαν λιγότερα από 239 δευτερόλεπτα (αριστερός κόμβος, $n=5$, 35.7%, $M=0.366$, $SD=0.217$).

Πέρα από τον χρόνο που ξόδεψαν οι μαθητές στο εικονικό εργαστήριο, ένας άλλος προβλεπτικός παράγοντας της βελτίωσης των γνώσεων περιεχομένου, είναι ο χρόνος που ξόδεψαν οι μαθητές στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (Εικόνα 28, δεντροδιάγραμμα Α, δεύτερη διακλάδωση). Συγκεκριμένα, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων περισσότερο από 300 δευτερόλεπτα (δεξιός κόμβος, $n=2$, 14.3%)

παρουσίασαν μεγαλύτερη βελτίωση των γνώσεών τους ($M=0.165$, $SD=0.078$), σε σχέση με τους μαθητές που χρησιμοποίησαν το συγκεκριμένο εργαλείο λιγότερο από 300 δευτερόλεπτα (αριστερός κόμβος, $n=4$, 28.6%, $M=-0.110$, $SD=0.122$).



Εικόνα 28. Δεντροδιάγραμμα με προβλεπτικούς παράγοντες της βελτίωσης της γνώσης (A) και της επίδοσης στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων (B) για τους μαθητές στη δεύτερη συνθήκη. – μελέτη 1

Ολοκληρώνοντας την παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση Tree modeling, για κάθε ένα από τα δεντροδιαγράμματα που προέκυψαν και για τις δύο συνθήκες, υπολογίστηκε το ποσοστό της συνολικής διακύμανσης της εξαρτημένης

μεταβλητής που ερμηνεύεται, από τον τύπο $1 - \left(\frac{Risk\ Estimate}{SD^2}\right) * 100$. Το δεντροδιάγραμμα για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής της βελτίωσης των γνώσεων περιεχομένου που προέκυψε για την πρώτη συνθήκη, έχει ποσοστό ερμηνείας 90.66%, το οποίο θεωρείται πάρα πολύ καλό. Ενώ το χαμηλότερο ποσοστό ερμηνείας βρέθηκε να έχει το δεντροδιάγραμμα για την εξαρτημένη μεταβλητή της επίδοσης στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων για τη δεύτερη συνθήκη. Το ποσοστό ερμηνείας του συγκεκριμένου δεντροδιαγράμματος είναι μόλις 54.99%. Τα ποσοστά ερμηνείας των δύο άλλων δεντροδιαγραμμάτων, δηλαδή της επίδοσης στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων για την πρώτη συνθήκη και της βελτίωσης των γνώσεων περιεχομένου για τη δεύτερη συνθήκη, είναι επίσης αρκετά ψηλά για να θεωρείται η ερμηνευτική τους ικανότητα πολύ καλή. Συγκεκριμένα, τα ποσοστά ερμηνείας τους είναι 74.46% και 77.71%, αντίστοιχα.

4.2 Αποτελέσματα μελέτης 2

Αντικείμενο διερεύνησης της μελέτης 2 ήταν η επίδραση ενός εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων και ενός εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων σε πτυχές της μάθησης, όταν χρησιμοποιούνται τόσο ξεχωριστά, όσο και συνδυαστικά, σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή ενός μαθησιακού περιβάλλοντος σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες. Στην πρώτη συνθήκη και τα δύο εργαλεία συμπεριλήφθηκαν στο μαθησιακό περιβάλλον, στη δεύτερη συνθήκη υπήρχε μόνο το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, στην τρίτη συνθήκη μόνο το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και στην τέταρτη συνθήκη δε συμπεριλήφθηκε κανένα από τα δύο εργαλεία. Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν.

Γενικά, τα αποτελέσματα της μελέτης 2 αποδεικνύουν ότι προκύπτουν σημαντικά οφέλη από την αξιοποίηση των δύο υποστηρικτικών εργαλείων, τόσο ξεχωριστά, όσο και συνδυαστικά. Ωστόσο, η επίδραση που είχαν τα δύο εργαλεία μαζί φάνηκε να είναι καλύτερη, αφού οι μαθητές ήταν σε θέση να εφαρμόσουν τις δεξιότητες που απέκτησαν σε νέα μαθησιακά συγκείμενα, καθώς επίσης παρουσίασαν βελτίωση των γνώσεών τους για το συγκεκριμένο του μαθήματος, που ήταν τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Αναλυτικά, τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται πιο κάτω και χωρίζονται σε επιμέρους

ενότητες, οι οποίες προέκυψαν με βάση τα σημαντικότερα στοιχεία που αναδείχθηκαν από την ανάλυση των δεδομένων.

4.2.1 Επίδραση των υποστηρικτικών εργαλείων στις γνώσεις περιεχομένου

Η ανάλυση των βαθμολογιών των μαθητών στο διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου, το οποίο χορηγήθηκε στους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, έδειξε ότι οι μαθητές σε όλες τις συνθήκες βελτίωσαν τις γνώσεις τους μετά τη διδακτική παρέμβαση. Αναλυτικότερα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 13, παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτίωση της επίδοσής τους στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου οι μαθητές της συνθήκης 1, που εργάστηκαν και με τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία (Wilcoxon $Z = -2.85$, $p < 0.01$), οι μαθητές της συνθήκης 2 που εργάστηκαν μόνο με το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων (Wilcoxon $Z = -2.83$, $p < 0.01$), οι μαθητές της συνθήκης 3 που εργάστηκαν μόνο με το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (Wilcoxon $Z = -2.20$, $p < 0.05$) και οι μαθητές της συνθήκης 4, η οποία λειτούργησε σαν ομάδα ελέγχου χωρίς την ύπαρξη κανενός από τα δύο εργαλεία (Wilcoxon $Z = -1.96$, $p < 0.05$). Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών της έρευνας δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές πριν από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 3.40$, $p > 0.05$), αλλά υπήρχαν μετά (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 9.17$, $p < 0.05$). Για τον λόγο αυτό, διενεργήθηκαν συγκρίσεις μεταξύ της κάθε συνθήκης με όλες τις υπόλοιπες για να διαπιστωθεί μεταξύ ποιων συνθηκών υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 13

Επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – μελέτη 2

	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3	Συνθήκη 4	Kruskal-Wallis χ^2
Προδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων	Mean=0.33	Mean=0.26	Mean=0.24	Mean=0.27	3.40
Μεταδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων	Mean=0.60	Mean=0.47	Mean=0.41	Mean=0.38	9.17*
Wilcoxon Signed Ranks Test Z	-2.85**	-2.83**	-2.20*	-1.96*	

*Σημείωση: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.*

Ο Πίνακας 14, παρουσιάζει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις συγκρίσεις της μέσης κατάταξης των μαθητών, σύμφωνα με την επίδοση που είχαν στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο. Αναλυτικότερα, βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών 1 και 3 (Mann Whitney Z = -2.51, $p < 0.05$). Οι μαθητές που εργάστηκαν στο μάθημα χρησιμοποιώντας και τα δύο εργαλεία είχαν καλύτερη επίδοση από τους μαθητές που χρησιμοποίησαν μόνο το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (Μέση επίδοση_{συνθήκη1} = 0.60 και Μέση επίδοση_{συνθήκη3} = 0.41). Επιπρόσθετα, βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της συνθήκης 1 και της συνθήκης 4, στην οποία οι μαθητές εργάστηκαν χωρίς να χρησιμοποιήσουν κάποιο από τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία (Mann Whitney Z = -2.59, $p < 0.01$). Και σε αυτή την περίπτωση, η μέση επίδοση των μαθητών της συνθήκης 1 ήταν μεγαλύτερη (Μέση επίδοση_{συνθήκη1} = 0.60 και Μέση επίδοση_{συνθήκη4} = 0.38). Για τις υπόλοιπες συγκρίσεις μεταξύ των συνθηκών δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 14

Διαφορές στην επίδοση στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – μελέτη 2

Mann Whitney U Test Z	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3	Συνθήκη 4
Συνθήκη 1	-1.70	-2.51*	-2.59**
Συνθήκη 2	–	-0.78	-1.14
Συνθήκη 3	–	–	-0.35

*Σημείωση: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.*

4.2.2 Επίδραση του κάθε εργαλείου ξεχωριστά σε παραμέτρους που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα

Ο Πίνακας 15 παρουσιάζει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σύγκριση των διάφορων παραμέτρων που κωδικοποιήθηκαν από την επεξεργασία των δεδομένων καταγραφής του τρόπου εργασίας των μαθητών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Οι παράμετροι που αναλύθηκαν αφορούσαν την εργασία και τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών κατά τη διατύπωση των υποθέσεων και τον σχεδιασμό των πειραμάτων τους, τόσο κατά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος, όσο και κατά την ολοκλήρωση δραστηριοτήτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα. Παρατηρώντας τα στοιχεία του Πίνακα

15 προκύπτει ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών σχεδόν σε όλες τις παραμέτρους που κωδικοποιήθηκαν.

Πίνακας 15

Μέσοι όροι των τιμών των μεταβλητών που διερευνήθηκαν ανά συνθήκη και συγκρίσεις μεταξύ των συνθηκών – μελέτη 2

	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3	Συνθήκη 4	Kruskal-Wallis χ^2
Δραστηριότητες					
Παρεμβατικού Μαθήματος					
ScoreHypo	1.73	1.82	1.22	1.00	11.69**
EDT_VOTAT	1.45	0.00	2.00	0.00	35.32***
EDT_Trials	1.73	0.75	1.44	0.67	10.95*
HS_EDT	1.36	0.83	0.56	0.67	5.09
EDT_Trials_Lab	1.73	1.08	1.22	0.67	10.03*
Δραστηριότητες σε Νέα					
Μαθησιακά Συγκείμενα					
postScoreHypo	2.00	1.42	0.67	0.78	12.90**
postEDT_VOTAT	1.55	0.00	1.33	0.00	30.57***
postEDT_Trials	1.82	0.67	0.89	0.44	13.90**
postHS_EDT	1.27	0.50	0.22	0.38	11.11*

*Σημείωση: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.*

Αναλυτικότερα, οι τέσσερις συνθήκες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ως προς τη βαθμολογία των υποθέσεων που διατυπώθηκαν από τους μαθητές (μεταβλητή ScoreHypo, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 11.69$, $p < 0.01$), την εφαρμογή της στρατηγικής VOTAT κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων (μεταβλητή EDT_VOTAT, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 35.33$, $p < 0.001$), τον επαρκή προγραμματισμό πειραματικών δοκιμών κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων (μεταβλητή EDT_Trials, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 10.95$, $p < 0.05$) και τη συνάφεια των πειραματικών δοκιμών και των ηλεκτρικών κυκλωμάτων που δημιουργήθηκαν στο εικονικό εργαστήριο (μεταβλητή EDT_Trials_Lab, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 10.03$, $p < 0.05$). Οι παράμετροι που αναφέρονται πιο πάνω αφορούν την πορεία εργασίας των μαθητών στο παρεμβατικό μάθημα. Αντίστοιχες διαφορές μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών, εντοπίστηκαν και σε παραμέτρους που αφορούν την εργασία των μαθητών σε νέα

μαθησιακά συγκείμενα. Συγκεκριμένα, και σε αυτή την περίπτωση βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά τη βαθμολογία των υποθέσεων (μεταβλητή postScoreHypo, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 12.90$, $p < 0.01$), την εφαρμογή της στρατηγικής VOTAT κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων (μεταβλητή postEDT_VOTAT, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 30.57$, $p < 0.001$), τον επαρκή προγραμματισμό πειραματικών δοκιμών κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων (μεταβλητή postEDT_Trials, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 13.90$, $p < 0.01$) και την αντιστοιχία των υποθέσεων που διατυπώθηκαν με τους πειραματικούς σχεδιασμούς που πραγματοποιήθηκαν (μεταβλητή postHS_EDT, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 11.11$, $p < 0.05$).

Ωστόσο, για να διαπιστωθεί κατά πόσο το κάθε υποστηρικτικό εργαλείο ξεχωριστά ήταν αποτελεσματικό, διενεργήθηκαν περαιτέρω συγκρίσεις μεταξύ της συνθήκης 2 και της συνθήκης 4 και μεταξύ της συνθήκης 3 και της συνθήκης 4. Οι συγκρίσεις που έγιναν αφορούσαν όλες τις μεταβλητές που εμφανίζονται και στον Πίνακα 15, οι οποίες περιγράφουν την πορεία εργασίας και τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών. Από όλες τις συγκρίσεις που πραγματοποιήθηκαν βρέθηκε ότι στις συνθήκες 2 και 3, όπου οι μαθητές χρησιμοποίησαν μόνο το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων και μόνο το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, αντίστοιχα, οι επιδόσεις ήταν καλύτερες σε παραμέτρους που είναι άμεσα συνδεδεμένες με την κάθε δεξιότητα αντίστοιχα, σε σχέση με τη συνθήκη 4 που οι μαθητές δε χρησιμοποίησαν κανένα από τα δύο εργαλεία. Επομένως, παρουσιάζονται στη συνέχεια μόνο οι συγκρίσεις οι οποίες ήταν στατικά σημαντικές.

Οι μαθητές της συνθήκης 2, που χρησιμοποίησαν μόνο το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, είχαν ψηλότερη βαθμολογία στις υποθέσεις τους (μεταβλητή ScoreHypo) από τους μαθητές της συνθήκης 4, που δε χρησιμοποίησαν κανένα από τα δύο εργαλεία (Mann Whitney $Z = -2.73$, $p < 0.01$). Κατά αντίστοιχο τρόπο, οι μαθητές της συνθήκης 3, που χρησιμοποίησαν μόνο το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, εμφάνισαν περισσότερο τη στρατηγική VOTAT (μεταβλητή EDT_VOTAT) από ότι οι μαθητές της συνθήκης 4, που δεν είχαν στη διάθεσή τους κανένα από τα δύο εργαλεία (Mann Whitney $Z = -4.12$, $p < 0.001$). Η εφαρμογή της στρατηγικής VOTAT από τους μαθητές της συνθήκης 3, υποδηλώνει ότι, τα πειράματα που σχεδίασαν ήταν εγκυρότερα σε σχέση με τα πειράματα που σχεδίασαν οι μαθητές της συνθήκης 4, που δεν κατάφεραν να εφαρμόσουν τη συγκεκριμένη στρατηγική χωρίς τη χρήση του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων.

4.2.3 Συσσωρευτική επίδραση των δύο εργαλείων και μεταφορά δεξιοτήτων διερώτησης

Προκειμένου να εξεταστεί η συσσωρευτική επίδραση που είχαν τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία, διενεργήθηκαν συγκρίσεις μεταξύ της συνθήκης 1 και της συνθήκης 2 και μεταξύ της συνθήκης 1 και της συνθήκης 3. Στη συνέχεια παρουσιάζονται μόνο οι διαφορές που βρέθηκαν να είναι στατιστικά σημαντικές. Γενικά, η συσσωρευτική επίδραση του συνδυασμού των δύο εργαλείων βρέθηκε να είναι μεγαλύτερη από την επίδραση που είχε το κάθε εργαλείο ξεχωριστά, στην περίπτωση της ενασχόλησης των μαθητών σε νέα μαθησιακά συγκείμενα. Ενώ, κατά τη διάρκεια της ολοκλήρωσης των δραστηριοτήτων του παρεμβατικού μαθήματος δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές υπέρ της συνθήκης 1, έναντι των συνθηκών 2 και 3. Αναλυτικότερα, οι μαθητές της συνθήκης 1 διατύπωσαν ορθότερες υποθέσεις σε νέα μαθησιακά συγκείμενα (μεταβλητή *postScoreHypo*), από τους μαθητές της συνθήκης 2 (Mann Whitney $Z = -2.05$, $p < 0.05$) και από τους μαθητές της συνθήκης 3 (Mann Whitney $Z = -3.16$, $p < 0.01$). Ακόμη, οι ίδιοι μαθητές πρόσθεσαν, συγκριτικά με τους μαθητές των δύο άλλων συνθηκών, περισσότερες πειραματικές δοκιμές (μεταβλητή *postEDT_Trials*) στους πειραματικούς σχεδιασμούς που δημιούργησαν σε νέα μαθησιακά συγκείμενα (Mann Whitney $Z = -3.18$, $p < 0.01$ για τη σύγκριση μεταξύ των συνθηκών 1 και 2, Mann Whitney $Z = -2.48$, $p < 0.05$ για τη σύγκριση μεταξύ των συνθηκών 1 και 3). Τέλος, οι πειραματικοί σχεδιασμοί σε νέα μαθησιακά συγκείμενα των μαθητών της συνθήκης 1, παρουσίασαν μεγαλύτερη συνάφεια με τις υποθέσεις που προηγήθηκαν (μεταβλητή *postHS_EDT*), σε σύγκριση με τους μαθητές των συνθηκών 2 και 3 (Mann Whitney $Z = -2.26$, $p < 0.05$ για τη σύγκριση μεταξύ των συνθηκών 1 και 2, Mann Whitney $Z = -2.81$, $p < 0.01$ για τη σύγκριση μεταξύ των συνθηκών 1 και 3).

Τα πιο πάνω αποτελέσματα αποτελούν μια ένδειξη ότι ο συνδυασμός των δύο υποστηρικτικών εργαλείων, διατύπωσης υποθέσεων και σχεδιασμού πειραμάτων, είχε ευεργετική επίδραση, η οποία ανιχνεύεται κυρίως σε νέα μαθησιακά συγκείμενα. Ενώ, στις περιπτώσεις όπου αξιοποιήθηκε το κάθε υποστηρικτικό εργαλείο ξεχωριστά, οι μαθητές είχαν χαμηλότερες βαθμολογίες σε όλες τις παραμέτρους που κωδικοποιήθηκαν και αφορούσαν την ενασχόλησή τους σε νέα μαθησιακά συγκείμενα, σε σχέση με τις βαθμολογίες που είχαν στις αντίστοιχες παραμέτρους κατά την ολοκλήρωση του παρεμβατικού μαθήματος. Ωστόσο, διενεργήθηκαν στατιστικές δοκιμές σύγκρισης εντός της κάθε ομάδας (Wilcoxon two-related sample) και δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές

διαφορές των βαθμολογιών που συγκέντρωσαν οι μαθητές σε κάθε παράμετρο που κωδικοποιήθηκε, σε σχέση με τον χρόνο, δηλαδή κατά τη διάρκεια του παρεμβατικού μαθήματος και κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα.

4.2.4 Συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα

Για την απάντηση του τρίτου ερευνητικού ερωτήματος της παρούσας μελέτης, το οποίο αφορούσε στην αναζήτηση συσχετίσεων μεταξύ των παραμέτρων από την εργασία και τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών, για την κάθε συνθήκη, παρουσιάζονται στη συνέχεια μόνο οι συσχετίσεις που βρέθηκαν να είναι στατιστικά σημαντικές. Σε αυτό το σημείο, τονίζεται ότι βρέθηκαν σημαντικές συσχετίσεις μόνο για τη συνθήκη 1, όπου οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους και τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία, ενώ για τις άλλες τρεις συνθήκες της έρευνας δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις.

Αναλυτικότερα, βρέθηκαν δύο σημαντικές θετικές συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων που προέκυψαν από την ανάλυση της πορείας εργασίας των μαθητών κατά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων του παρεμβατικού μαθήματος και μία κατά την πραγματοποίηση δραστηριοτήτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα. Η πρώτη θετική συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ της μέγιστης βαθμολογίας των υποθέσεων που διατύπωσαν οι μαθητές (μεταβλητή ScoreHypo) και της συνάφειας που είχαν οι πειραματικοί τους σχεδιασμοί με τις υποθέσεις αυτές (μεταβλητή HS_EDT). Ειδικότερα, όσο ορθότερες ήταν οι υποθέσεις των μαθητών, τόσο πιθανότερο ήταν οι υποθέσεις αυτές να αντιστοιχούν με τους πειραματικούς σχεδιασμούς που πραγματοποίησαν, έτσι ώστε να τις εξετάσουν πειραματικά (Spearman's rho = 0.74, $p < 0.05$). Επιπρόσθετα, η προσθήκη πειραματικών δοκιμών στους πειραματικούς σχεδιασμούς (μεταβλητή EDT_Trials) που δημιούργησαν οι μαθητές της συνθήκης 1, βρέθηκε να συσχετίζεται θετικά με τη συνάφεια μεταξύ των πειραμάτων που πραγματοποίησαν στο εικονικό εργαστήριο και των πειραματικών τους σχεδιασμών (μεταβλητή EDT_Trials_Lab). Δηλαδή, όσο περισσότερες πειραματικές δοκιμές πρόσθεταν οι μαθητές στους πειραματικούς σχεδιασμούς τους, τόσο πιο πιθανή ήταν η ύπαρξη συνάφειας μεταξύ των πειραματικών τους δοκιμών και των ηλεκτρικών κυκλωμάτων που τελικά έφτιαχναν στο εργαστήριο, προκειμένου να κάνουν τις παρατηρήσεις τους και να συλλέξουν τα απαραίτητα δεδομένα (Spearman's rho = 0.98, $p < 0.001$). Η τελευταία σημαντική συσχέτιση που έχει βρεθεί, η οποία αφορά την εργασία των μαθητών της συνθήκης 1 σε νέα μαθησιακά συγκείμενα, είναι μεταξύ της εφαρμογής

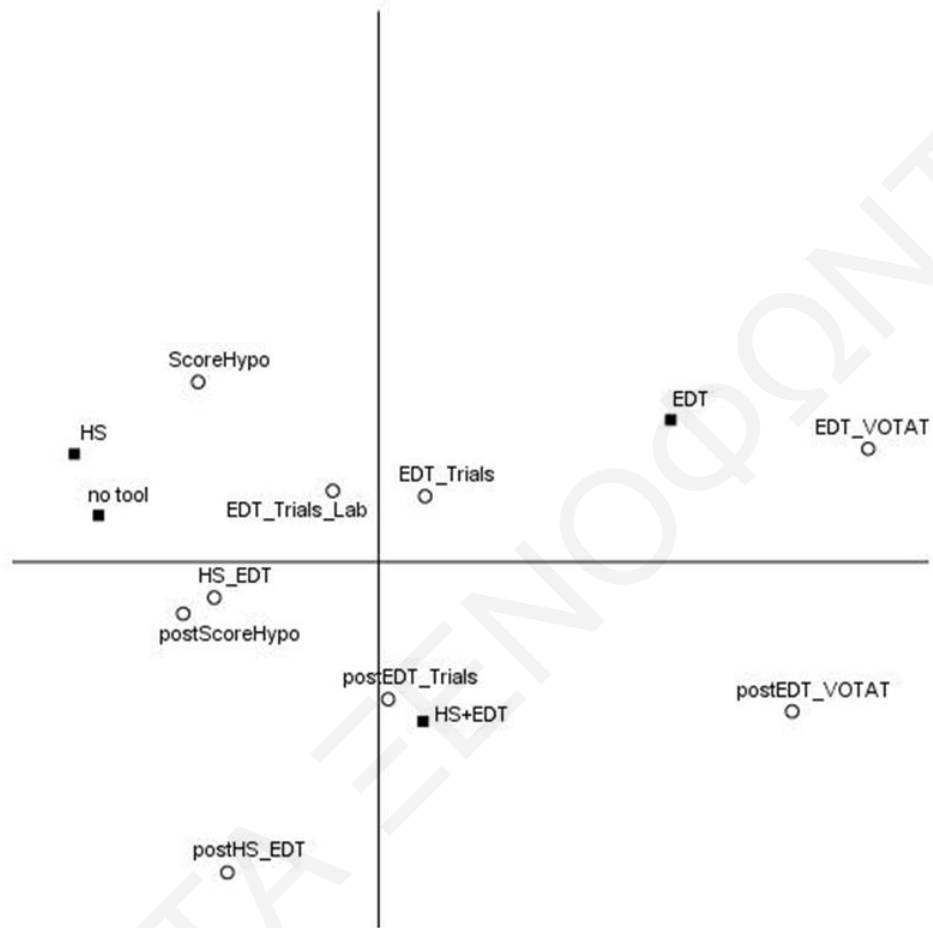
της στρατηγικής VOTAT (μεταβλητή postEDT_VOTAT) και των πειραματικών δοκιμών που οργάνωσαν οι μαθητές στους πειραματικούς τους σχεδιασμούς (μεταβλητή postEDT_Trials). Δηλαδή, οι μαθητές που εφάρμοσαν τη στρατηγική VOTAT, κάτι που σημαίνει ότι τα πειράματα που οργάνωσαν ήταν έγκυρα, ήταν πιθανότερο να προσθέσουν επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (Spearman's $\rho = 0.71, p < 0.05$).

4.2.5 Πολλαπλή παραγοντική ανάλυση αντιστοιχιών

Για να διερευνηθεί περαιτέρω η σύνδεση μεταξύ των μεταβλητών που κωδικοποιήθηκαν από τα δεδομένα καταγραφής των ενεργειών των μαθητών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και της κάθε συνθήκης, πραγματοποιήθηκε η πολλαπλή παραγοντική ανάλυση αντιστοιχιών (Correspondence analysis). Η σύνδεση των μεταβλητών με τη συνθήκη στην οποία ανήκαν οι μαθητές, φαίνεται στο παραγοντικό διάγραμμα αντιστοιχιών Biplot της Εικόνας 29. Σε γενικές γραμμές, όσο πιο κοντά είναι μια μεταβλητή σε μια συνθήκη, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μεγαλύτερη αντιστοιχία μεταξύ τους. Δηλαδή, μια συνθήκη χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερες τιμές των μεταβλητών που βρίσκονται πιο κοντά της, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είναι μεγαλύτερες σε σύγκριση με τις άλλες συνθήκες.

Αναλυτικότερα, παρατηρώντας το θετικό μέρος του πρώτου άξονα στο διάγραμμα της Εικόνας 29, φαίνεται ότι η συνθήκη 3 (EDT), όπου αξιοποιήθηκε μόνο το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, συνδέεται με τη μεταβλητή που περιγράφει την εφαρμογή της στρατηγικής VOTAT από τους μαθητές, καθώς σχεδίαζαν τα πειράματά τους κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης (EDT_VOTAT), αλλά και κατά τη διάρκεια υλοποίησης δραστηριοτήτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα (postEDT_VOTAT). Στο αρνητικό μέρος του πρώτου άξονα, η συνθήκη 2 (HS), στην οποία χρησιμοποιήθηκε μόνο το εργαλείο υποθέσεων, χαρακτηρίζεται από σχετικά αυξημένες βαθμολογίες στις υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές, τόσο κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης (ScoreHypo), όσο και σε νέα μαθησιακά συγκείμενα (postScoreHypo). Η συνθήκη 1 (HS_EDT), στην οποία αξιοποιήθηκαν και τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία, εμφανίζεται στο αρνητικό μέρος του δεύτερου άξονα και συνδέεται με τη συνάφεια των υποθέσεων με τους πειραματικούς σχεδιασμούς που δημιουργήσαν οι μαθητές σε νέα μαθησιακά συγκείμενα (postHS_EDT), καθώς επίσης, παρουσιάζει ακόμα μία ισχυρή σύνδεση με την

προσθήκη πειραματικών δοκιμών στους πειραματικούς σχεδιασμούς που ετοίμασαν οι μαθητές σε νέα μαθησιακά συγκείμενα (postEDT_Trials).



Εικόνα 29. Παραγοντικό διάγραμμα πολλαπλής παραγοντικής ανάλυσης αντιστοιχιών (Biplot). Η κάθε συνθήκη αναπαρίσταται με μαύρο τετράγωνο και η κάθε μεταβλητή με άσπρο κύκλο. Ο πρώτος άξονας αντιπροσωπεύει το 88% της συνολικής διακύμανσης και ο δεύτερος άξονας το 11%. – μελέτη 2

Παρακολουθώντας τη σχετική θέση των μεταβλητών και των συνθηκών στο παραγοντικό διάγραμμα αντιστοιχιών της Εικόνας 29, συμπεραίνεται ότι το κάθε εργαλείο ξεχωριστά, ευνόησε την απόδοση των μαθητών στις δραστηριότητες που ήταν άμεσα συνδεδεμένες με τις διαδικασίες που υποστηρίζονται από το εργαλείο. Δηλαδή, το εργαλείο υποθέσεων ενίσχυσε την ικανότητα των μαθητών να διατυπώνουν ορθές υποθέσεις, δηλαδή δηλώσεις

στις οποίες φαινόταν ξεκάθαρα μια πιθανή σχέση μεταξύ της ανεξάρτητης και της εξαρτημένης μεταβλητής υπό διερεύνηση. Ενώ, το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων φάνηκε να υποστηρίζει και να ενισχύει την ικανότητα των μαθητών να εφαρμόζουν τη στρατηγική VOTAT κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των πειραματικών τους σχεδιασμών, κάτι που σημαίνει ότι ήταν σε θέση να σχεδιάζουν έγκυρα πειράματα, μεταβάλλοντας την ανεξάρτητη μεταβλητή, μετρώντας την εξαρτημένη και κρατώντας σταθερές όλες τις άλλες μεταβλητές που εμπλέκονται στο υπό μελέτη φαινόμενο. Στην περίπτωση που αξιοποιήθηκαν και τα δύο εργαλεία, εντοπίζεται μια σχετικά αυξημένη μετατόπιση των ωφελημάτων που αποκόμισαν οι μαθητές, τόσο εντός του ίδιου συγκειμένου, όσο και σε νέα μαθησιακά συγκείμενα.

4.3 Αποτελέσματα μελέτης 3

Σκοπός της μελέτης 3 ήταν η διερεύνηση των διαφορών που προκύπτουν από τη χρήση τριών διαφορετικών διαμορφώσεων ενός εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων, στις γνώσεις περιεχομένου και δεξιότητες διερώτησης που αποκτούν οι μαθητές, καθώς πραγματοποιούν μια διερεύνηση σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης. Για τον σκοπό αυτό αξιοποιήθηκε ένα σύγχρονο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων σε τρεις διαφορετικές συνθήκες, στις οποίες ο βαθμός υποστήριξης που παρεχόταν από το εργαλείο ήταν διαφορετικός. Αναλυτικότερα, στην πρώτη συνθήκη οι μαθητές είχαν πρόσβαση σε όλα τα δομικά στοιχεία που χρειαζόνταν για τη διατύπωση των υποθέσεών τους, στη δεύτερη συνθήκη είχαν πρόσβαση σε μερικά από τα δομικά αυτά στοιχεία και στην τρίτη συνθήκη δεν υπήρχε κανένα δομικό στοιχείο στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων. Αντίθετα, όσον αφορά τον βαθμό προβληματισμού των μαθητών για να ολοκληρώσουν τη δραστηριότητα διατύπωσης υποθέσεων, στην πρώτη συνθήκη ήταν ελάχιστος, στη δεύτερη συνθήκη ήταν μέτριος και στην τρίτη συνθήκη ήταν μεγάλος. Στη διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε για τον σκοπό της μελέτης 3 συμμετείχαν μαθητές γυμνασίου και το μάθημα αφορούσε τη βύθιση και πλεύση αντικειμένων σε διαφορετικά υγρά.

Γενικά, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις της συγκεκριμένης μελέτης παρουσιάζουν μια απροσδόκητη συμπεριφορά. Ενώ από τη μια η παροχή της απαραίτητης

δομής για την ολοκλήρωση της διατύπωσης έγκυρων υποθέσεων (συνθήκη 1) είχε θετικό αντίκτυπο στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο αξιολόγησης δεξιοτήτων διερώτησης, από την άλλη, οι υποθέσεις που τελικά διατύπωσαν οι μαθητές στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, δε διέφεραν σημαντικά από τις υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές στις συνθήκες 2 και 3. Επίσης, η διαμόρφωση του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων στη συνθήκη 1 και 2, δεν οδήγησε, τελικά, σε σημαντική βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου των μαθητών από το προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο, ενώ σημαντική βελτίωση των γνώσεων των μαθητών παρατηρήθηκε για τη συνθήκη 3. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που βρέθηκαν από τις στατιστικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, καθώς και από την κωδικοποίηση και ταξινόμηση των υποθέσεων των μαθητών.

4.3.1 Σύγκριση επιδόσεων στα διαγνωστικά δοκίμια

Η επεξεργασία των δεδομένων από τις βαθμολογίες των μαθητών στα δύο διαγνωστικά δοκίμια, που χορηγήθηκαν πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, έδειξε ότι η χρήση του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων, στις τρεις διαφορετικές διαμορφώσεις, είχε θετική επίδραση μόνο στην επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης. Ενώ, όσον αφορά τη βελτίωση της επίδοσης στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου, η μόνη ομάδα η οποία παρουσίασε σημαντική βελτίωση ήταν οι μαθητές της συνθήκης 3, στην οποία ο βαθμός προβληματισμού των μαθητών κατά τη χρήση του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων ήταν μεγαλύτερος. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν.

Όσον αφορά τις επιδόσεις των μαθητών στο διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου, φαίνεται στον Πίνακα 16, ότι μεταξύ των τριών συνθηκών δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, ούτε πριν (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 1.02$, $p > 0.05$) ούτε μετά την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 0.87$, $p > 0.05$). Παρόλα αυτά, παρατηρώντας τους μέσους όρους της επίδοσης των μαθητών σε κάθε συνθήκη, διαπιστώνεται ότι υπάρχει μια μικρή βελτίωση, η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική για τη συνθήκη 1 (Wilcoxon $Z = -0.35$, $p > 0.05$) και τη συνθήκη 2 (Wilcoxon $Z = -1.57$, $p > 0.05$), ενώ είναι στατιστικά σημαντική για τη συνθήκη 3 (Wilcoxon $Z = -2.24$, $p < 0.05$).

Πίνακας 16

Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – μελέτη 3

	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3	Kruskal-Wallis χ^2
Pre test	Mean = .314	Mean = .270	Mean = .254	1.02
Post test	Mean = .328	Mean = .407	Mean = .384	0.87
Wilcoxon Signed Ranks Test Z	-0.35	-1.57	-2.24*	

Σημείωση: * $p < 0.05$.

Ο Πίνακας 17 παρουσιάζει τα στατιστικά στοιχεία που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων από τα διαγνωστικά δοκίμια δεξιοτήτων διερώτησης. Εξετάζοντας τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών, ούτε πριν (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 1.07$, $p > 0.05$), ούτε μετά τη διδακτική παρέμβαση (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 2.36$, $p > 0.05$). Ωστόσο, βρέθηκε ότι και στις τρεις συνθήκες οι μαθητές παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεών τους (Wilcoxon $Z = -4.29$, $p < 0.001$ για τη συνθήκη 1, Wilcoxon $Z = -3.49$, $p < 0.001$ για τη συνθήκη 2 και Wilcoxon $Z = -3.09$, $p < 0.01$ για τη συνθήκη 3). Μελετώντας τους μέσους όρους της επίδοσης για την κάθε συνθήκη, φαίνεται ότι οι μαθητές στη συνθήκη 1 είχαν ψηλότερο μέσο όρο ($M = .538$) από τους μαθητές στις συνθήκες 2 και 3 ($M = .498$ και $M = .465$, αντίστοιχα).

Πίνακας 17

Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης – μελέτη 3

	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3	Kruskal-Wallis χ^2
Pre test	Mean = .350	Mean = .374	Mean = .395	1.07
Post test	Mean = .538	Mean = .498	Mean = .465	2.36
Wilcoxon Signed Ranks Test Z	-4.29***	-3.49***	-3.09**	

Σημείωση: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Λόγω των διαφορών στους μέσους όρους της επίδοσης μεταξύ των τριών συνθηκών, κρίθηκε εύλογο να διερευνηθεί περαιτέρω κατά πόσο υπάρχουν διαφορές στη βελτίωση

της επίδοσης των μαθητών από το προδιαγνωστικό στο μεταγνωστικό δοκίμιο. Για τον λόγο αυτό, αξιοποιήθηκε μια νέα μεταβλητή η οποία υπολογίστηκε από την αφαίρεση της επίδοσης του προδιαγνωστικού δοκιμίου από την επίδοση στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο. Τελικά, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών όσον αφορά τη νέα αυτή μεταβλητή (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 23.36$, $p > 0.001$). Επομένως, διενεργήθηκαν περαιτέρω συγκρίσεις και τα αποτελέσματα που προέκυψαν φαίνονται στον Πίνακα 18. Σύμφωνα λοιπόν με τα στοιχεία του πιο κάτω πίνακα, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών 1 και 2, καθώς επίσης, μεταξύ των συνθηκών 1 και 3, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0.05/3 = 0.017$, σύμφωνα με τη διόρθωση Bonferroni. Αναλυτικότερα, η συνθήκη 1 διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τη συνθήκη 2 (Mann Whitney $Z = -2.66$, $p < 0.017$), η συνθήκη 3 διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τη συνθήκη 1 (Mann Whitney $Z = -4.71$, $p < 0.001$), ενώ η συνθήκη 2 δε διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τη συνθήκη 3 (Mann Whitney $Z = -2.11$, $p > 0.017$). Εξετάζοντας τους μέσους όρους της νέας μεταβλητής που δημιουργήθηκε και αντιπροσωπεύει τη βελτίωση της επίδοσης από το προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο, οι μαθητές της πρώτης συνθήκης σημείωσαν τη μεγαλύτερη βελτίωση ($M = .188$), ενώ οι μαθητές της τρίτης συνθήκης τη χαμηλότερη ($M = .070$), σε σχέση με τους μαθητές στη δεύτερη συνθήκη ($M = .124$).

Πίνακας 18

Διαφορές στη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο δεξιότητων διερώτησης – μελέτη 3

Mann Whitney U Test Z	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3
Συνθήκη 1	-2.66*	-4.71**
Συνθήκη 2	-	-2.11

*Σημείωση: * $p < 0.017$, ** $p < 0.001$.*

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, φαίνεται ότι οι μαθητές στη συνθήκη 3 παρουσίασαν βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου, ενώ για τις άλλες δύο συνθήκες δεν υπήρξε τέτοια σημαντική βελτίωση. Ενώ, όσον αφορά τις δεξιότητες διερώτησης, οι μαθητές και στις τρεις συνθήκες πέτυχαν καλύτερες βαθμολογίες στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο. Ωστόσο, η βελτίωση που παρουσίασαν οι μαθητές της πρώτης

συνθήκης από το προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, ήταν στατιστικά σημαντικότερη από τη βελτίωση που σημείωσαν οι μαθητές στις δύο άλλες συνθήκες.

4.3.2 Σύγκριση των υποθέσεων σε κάθε συνθήκη

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την κωδικοποίηση των υποθέσεων που διατύπωσαν οι μαθητές στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, τόσο κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης (Πίνακας 19), όσο και κατά την πραγματοποίηση μιας δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο (Πίνακας 20). Σε αυτό το σημείο, γίνεται υπενθύμιση ότι οι κατηγορίες υποθέσεων ταξινομούνται σε επίπεδα σύμφωνα με τη μορφή της δήλωσης που διατυπώθηκε, κατά πόσο δηλαδή συμπεριλάμβαναν μια ανεξάρτητη και μια εξαρτημένη μεταβλητή σχετικές με το υπό μελέτη φαινόμενο, οι οποίες ήταν εφικτό να τύχουν διαχείρισης στο εικονικό εργαστήριο του μαθήματος, και κατά πόσο δηλώνονταν μια υποθετική σχέση μεταξύ των μεταβλητών αυτών. Υπενθυμίζεται, ακόμα, ότι για την κωδικοποίηση των υποθέσεων που διατύπωσαν οι μαθητές στο παρεμβατικό μάθημα και των υποθέσεων που διατύπωσαν σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, χρησιμοποιήθηκε το ίδιο σχήμα κωδικοποίησης. Στους Πίνακες 19 και 20, πιο κάτω, το επίπεδο ταξινόμησης κάθε κατηγορίας αναγράφεται ακριβώς δίπλα από τη συνοπτική περιγραφή της κάθε κατηγορίας και υποδηλώνει μια διαβάθμιση στις κατηγορίες που προέκυψαν κατά την ανοικτή κωδικοποίηση. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το κατώτερο επίπεδο κατηγορίας υποθέσεων είναι το 0, όπου σε αυτή την περίπτωση δε διατυπώθηκε καμία δήλωση, στο αμέσως επόμενο επίπεδο (1) κατηγοριοποιήθηκαν οι δηλώσεις που δεν αποτελούσαν υπόθεση και οι υποθέσεις από τις οποίες απουσίαζε η εξαρτημένη μεταβλητή, ενώ το ανώτερο επίπεδο είναι το (9), όπου οι υποθέσεις περιλαμβάνουν ορθή εξαρτημένη και ανεξάρτητη μεταβλητή, οι οποίες ανταποκρίνονται στην ιδιαιτερότητα του φαινομένου που μελετάται, το οποίο για να διερευνηθεί απαιτούσε τον καθορισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής ως σύγκριση μεταξύ δύο μεταβλητών (πυκνότητα αντικειμένου και πυκνότητα υγρού). Περισσότερες λεπτομέρειες για την κάθε κατηγορία και για το ποσοστό των υποθέσεων που εμπίπτουν σε αυτές ανά συνθήκη, παρουσιάζονται στον Πίνακα 19 και στον Πίνακα 20.

Πίνακας 19

Ταξινόμηση των υποθέσεων που διατυπώθηκαν κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης – μελέτη 3

Κατηγορίες υποθέσεων	Συνθήκη 1 (n=24)		Συνθήκη 2 (n=18)		Συνθήκη 3 (n=20)	
	Υπ.1	Υπ.2	Υπ.1	Υπ.2	Υπ.1	Υπ.2
	%	%	%	%	%	%
(0) Δε διατυπώθηκε καμία δήλωση	4.2	12.5	0	0	0	0
(1) Απουσία εξαρτημένης μεταβλητής (βυθίζεται/επιπλέει): Άσχετες δηλώσεις	4.2	4.2	5.5	5.5	5	5
(2) Απουσία αλληλεπίδρασης μεταξύ αντικειμένου και υγρού: Η δήλωση δεν μπορεί να εξεταστεί στο εικονικό εργαστήριο του μαθήματος	0	0	5.5	5.5	5	0
(3) Παρουσία αλληλεπίδρασης μεταξύ αντικειμένου και υγρού: Η δήλωση δεν μπορεί να εξεταστεί στο εικονικό εργαστήριο του μαθήματος	16.7	12.5	5.5	11.1	5	5
(4) Είτε η μάζα είτε ο όγκος του αντικειμένου υπάρχουν, αλλά δε συνδυάζονται για να υποδηλώσουν την πυκνότητα	16.7	16.7	5.5	5.5	5	0
(5) Τόσο η μάζα όσο και ο όγκος του αντικειμένου υπάρχουν, αλλά δε συνδυάζονται για να υποδηλώσουν την πυκνότητα	0	0	5.5	5.5	10	0
(6) Τόσο η μάζα όσο και ο όγκος του αντικειμένου υπάρχουν και συνδυάζονται για να υποδηλώσουν την πυκνότητα	12.5	12.5	27.8	27.8	30	55
(7) Υπάρχει μόνο η πυκνότητα υγρού	16.7	12.5	5.5	0	0	0
(8) Οι πυκνότητες του αντικειμένου και του υγρού συγκρίνονται για να εξεταστεί η επίδραση της αλληλεπίδρασής τους, αλλά οι υποθετικοί προσδιορισμοί είναι αντίστροφοι	8.3	8.3	0	0	0	0
(9) Οι πυκνότητες του αντικειμένου και του υγρού συγκρίνονται για να εξεταστεί η επίδραση της αλληλεπίδρασής τους	20.8	20.8	38.9	38.9	40	35

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάζονται στον Πίνακα 19, μεγαλύτερο συγκριτικά ποσοστό υποθέσεων που διατυπώθηκαν από τους μαθητές της συνθήκης 1, εμπίπτει σε κατηγορίες χαμηλότερου επιπέδου. Για παράδειγμα, ποσοστό 16.7% των μαθητών της

συνθήκης 1 διατύπωσαν για την πρώτη τους υπόθεση, δηλώσεις που εμπίπτουν στην κατηγορία 3 και 12.5% για τη δεύτερη τους υπόθεση στην ίδια κατηγορία. Ενώ, λιγότεροι μαθητές των δύο άλλων συνθηκών διατύπωσαν υποθέσεις αυτού του επιπέδου (5.5% για Υπόθεση 1 και 11.1% για Υπόθεση 2 για τη συνθήκη 2, και 5% για Υπόθεση 1 και 5% για Υπόθεση 2 για τη συνθήκη 3). Αξιοσημείωτο είναι ακόμα το γεγονός ότι, στην κατηγορία 9, που είναι το ανώτατο επίπεδο ορθότητας, μεγαλύτερο ποσοστό για την Υπόθεση 1 συγκεντρώνεται από τους μαθητές της συνθήκης 3 (40%). Ακόμη, σε αυτή την κατηγορία, πολύ κοντά είναι και το ποσοστό που βρέθηκε για τη συνθήκη 2 (38.9% για την Υπόθεση 1 και 38.9% για την Υπόθεση 2). Όσον αφορά τους μαθητές της συνθήκης 3, το ποσοστό των υποθέσεών τους που εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία είναι αισθητά πιο χαμηλό και συγκεκριμένα 20.8% για την κάθε υπόθεση. Σε αυτή την περίπτωση, φαίνεται ότι η διαφορά που υπάρχει στο ποσοστό για την κατηγορία αυτή, κατανέμεται στις δύο προηγούμενες, δηλαδή στις κατηγορίες 7 (16.7% για την Υπόθεση 1 και 12.5% για την Υπόθεση 2) και 8 (8.3% για την Υπόθεση 1 και 8.3% για την Υπόθεση 2). Μια άλλη κατηγορία η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, είναι η κατηγορία επιπέδου 5, όπου φαίνεται ότι δεν εμπίπτει καμία από τις υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές της συνθήκης 1, ενώ μικρό ποσοστό έχει συγκεντρωθεί για τις δύο άλλες συνθήκες (5.5% για την Υπόθεση 1 και 5.5% για την Υπόθεση 2 για τη συνθήκη 2, και 10% για την Υπόθεση 1 για τη συνθήκη 3).

Από την εξέταση των στοιχείων που παρουσιάζει ο Πίνακας 20, η σημαντικότερη παρατήρηση που προκύπτει είναι ότι, οι μαθητές της συνθήκης 1 δε διατύπωσαν καμία υπόθεση που να εμπίπτει στις κατηγορίες 8 και 9, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των υποθέσεών τους (41.7%) εμφανίζεται στην κατηγορία 6. Παράλληλα, συγκριτικά με τις υποθέσεις που διατύπωσαν στο παρεμβατικό μάθημα, αυξήθηκε το ποσοστό των υποθέσεων που εμπίπτουν στην κατηγορία 1 (από 4.2% σε 25% για κάθε μία από τις δύο υποθέσεις), ενώ αισθητά μεγαλύτερο ποσοστό εμφανίστηκε και στην κατηγορία 4 (από 16.7% σε 29.2% για κάθε μία από τις δύο υποθέσεις). Από την άλλη, οι υποθέσεις των μαθητών της συνθήκης 2 μετατοπίστηκαν από ψηλότερου επιπέδου κατηγορίες σε μέτριου επιπέδου κατηγορίες. Συγκεκριμένα, το ποσοστό των υποθέσεών τους που εμπίπτουν στην κατηγορία 8 από 38.9% για κάθε μία από τις δύο τους υποθέσεις, έπεσε σε ποσοστό 11.1%. Παράλληλα, ενώ κατά τη διδακτική παρέμβαση σημαντικό ποσοστό των υποθέσεών τους ανήκουν στην κατηγορία 6, συγκεκριμένα 27.87% για κάθε μία από τις

δύο υποθέσεις, η πλειοψηφία των υποθέσεων που διατύπωσαν στο νέο μαθησιακό συγκείμενο, εμπίπτουν στην κατηγορία 4 (66.7% για την Υπόθεση 1 και 55.5% για την Υπόθεση 2).

Πίνακας 20

Κατανομή των υποθέσεων που διατυπώθηκαν κατά τη διάρκεια δραστηριότητας σε νέο συγκείμενο – μελέτη 3

Κατηγορίες υποθέσεων	Συνθήκη 1 (n=24)		Συνθήκη 2 (n=18)		Συνθήκη 3 (n=20)	
	Υπ.1	Υπ.2	Υπ.1	Υπ.2	Υπ.1	Υπ.2
	%	%	%	%	%	%
(0) Δε διατυπώθηκε καμία δήλωση	4.2	4.2	0	5,5	0	10
(1) Απουσία εξαρτημένης μεταβλητής (βυθίζεται/επιπλέει): Άσχετες δηλώσεις	25	25	5.5	0	5	10
(2) Απουσία αλληλεπίδρασης μεταξύ αντικειμένου και υγρού: Η δήλωση δεν μπορεί να εξεταστεί στο εικονικό εργαστήριο του μαθήματος	0	0	16.7	16.7	25	45
(3) Παρουσία αλληλεπίδρασης μεταξύ αντικειμένου και υγρού: Η δήλωση δεν μπορεί να εξεταστεί στο εικονικό εργαστήριο του μαθήματος	0	0	0	5.5	5	0
(4) Είτε η μάζα είτε ο όγκος του αντικειμένου υπάρχουν, αλλά δε συνδυάζονται για να υποδηλώσουν την πυκνότητα	29.2	29.2	66.7	55.5	5	0
(5) Τόσο η μάζα όσο και ο όγκος του αντικειμένου υπάρχουν, αλλά δε συνδυάζονται για να υποδηλώσουν την πυκνότητα	0	0	0	0	0	0
(6) Τόσο η μάζα όσο και ο όγκος του αντικειμένου υπάρχουν και συνδυάζονται για να υποδηλώσουν την πυκνότητα	41.7	41.7	0	5.5	5	0
(7) Υπάρχει μόνο η πυκνότητα υγρού	0	0	0	0	5	5
(8) Οι πυκνότητες του αντικειμένου και του υγρού συγκρίνονται για να εξεταστεί η επίδραση της αλληλεπίδρασής τους, αλλά οι υποθετικοί προσδιορισμοί είναι αντίστροφοι	0	0	0	0	0	0
(9) Οι πυκνότητες του αντικειμένου και του υγρού συγκρίνονται για να εξεταστεί η επίδραση της αλληλεπίδρασής τους	0	0	11.1	11.1	50	30

Όσον αφορά τις υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές της συνθήκης 3, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το ποσοστό των υποθέσεων που εμπίπτουν στην κατηγορία 8 παραμένει ψηλό (50% για την Υπόθεση 1 και 30% για την Υπόθεση 2), ενώ στην

κατηγορία 6 στην οποία ανήκαν αρκετές υποθέσεις που διατυπώθηκαν κατά τη διδακτική παρέμβαση (30% για την Υπόθεση 1 και 55% για την Υπόθεση 2), συγκεντρώνεται πολύ χαμηλό ποσοστό, συγκεκριμένα 5% μόνο για την Υπόθεση 1. Τέλος, μια άλλη σημαντική διαφοροποίηση, όσον αφορά τις υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές της συνθήκης 3, εντοπίζεται στην κατηγορία 2. Συγκεκριμένα, κατά τη διδακτική παρέμβαση διατυπώθηκαν λιγότερες υποθέσεις αυτής της κατηγορίας (5% για την Υπόθεση 1), ενώ το ποσοστό αυτό αυξήθηκε σημαντικά για τις υποθέσεις που διατυπώθηκαν στο νέο μαθησιακό συγκείμενο (25% για Υπόθεση 1 και 45% για Υπόθεση 2).

Προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι διαφορές που προέκυψαν, από τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, μεταξύ των τριών συνθηκών, είναι στατιστικά σημαντικές, οι υποθέσεις του κάθε μαθητή βαθμολογήθηκαν σύμφωνα με το επίπεδο στο οποίο ανήκαν. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, να προκύψουν δύο νέες μεταβλητές που αφορούσαν, η πρώτη τη βαθμολογία για τις υποθέσεις που διατυπώθηκαν στο μαθησιακό περιβάλλον της διδακτικής παρέμβασης και η δεύτερη τη βαθμολογία των υποθέσεων που διατύπωσαν στο νέο μαθησιακό συγκείμενο. Τα αποτελέσματα από τη σύγκριση των βαθμολογιών μεταξύ των τριών συνθηκών παρουσιάζονται στον Πίνακα 21, τόσο για τις υποθέσεις που διατυπώθηκαν κατά τη διδακτική παρέμβαση, όσο και για τις υποθέσεις που διατυπώθηκαν κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας σε νέο συγκείμενο.

Πίνακας 21

Σύγκριση βαθμολογίας υποθέσεων μεταξύ των τριών συνθηκών – μελέτη 3

	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3	Kruskal-Wallis
	Mean rank	Mean rank	Mean rank	χ^2
Βαθμολογία υποθέσεων διδακτικής παρέμβασης	27.94	33.19	34.25	1.64 ^{ns}
Βαθμολογία υποθέσεων νέου συγκειμένου	30.56	28.58	35.25	1.44 ^{ns}

Σημείωση: ns = non-significant

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 21, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη βαθμολογία των υποθέσεων που διατυπώθηκαν κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 1.64$, $p > 0.05$), και των υποθέσεων που διατυπώθηκαν σε

νέο μαθησιακό συγκείμενο (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 1.44$, $p > 0.05$), μεταξύ των τριών συνθηκών.

4.3.3 Συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών που αφορούν τον χρόνο διαχείρισης της κάθε δραστηριότητας

Προκειμένου να εξεταστούν περαιτέρω οι διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών της παρούσας μελέτης, διενεργήθηκαν αναλύσεις συσχετίσεων μεταξύ παραμέτρων που κωδικοποιήθηκαν κατά την επεξεργασία των δεδομένων από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Υπενθυμίζεται σε αυτό το σημείο ότι, οι παράμετροι που κωδικοποιήθηκαν αφορούν τον πραγματικό χρόνο που αφιέρωσαν οι μαθητές στις σημαντικότερες φάσεις του κύκλου διερώτησης, την εννοιολόγηση και τη διερεύνηση. Επιπρόσθετα, κωδικοποιήθηκε ο πραγματικός χρόνος ενασχόλησης των μαθητών με το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων και το εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων, το οποίο υπήρχε και στις δύο σημαντικότερες φάσεις του μαθησιακού περιβάλλοντος, στην εννοιολόγηση και στη διερεύνηση. Επιπρόσθετα, στις αναλύσεις συσχετίσεων προστέθηκε η μεταβλητή βελτίωσης των επιδόσεων των μαθητών από το προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, όπου εντοπίστηκαν διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών, σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν πιο πάνω. Στον Πίνακα 22, παρουσιάζονται οι συσχετίσεις που έγιναν για την κάθε συνθήκη.

Αναλυτικότερα, για τη συνθήκη 1, καμία μεταβλητή δε βρέθηκε να συσχετίζεται με τη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στο διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης. Στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ του συνολικού χρόνου που ξόδεψαν οι μαθητές στη φάση της εννοιολόγησης και του χρόνου ενασχόλησής τους με το εικονικό εργαστήριο σε αυτή τη φάση (Spearman's $\rho = 0.629$, $p < 0.01$). Επιπρόσθετα, ο χρόνος στη φάση της εννοιολόγησης βρέθηκε να συσχετίζεται θετικά και με τον χρόνο που αφιέρωσαν οι μαθητές στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων (Spearman's $\rho = 0.700$, $p < 0.001$). Σχολιάζοντας και τις δύο θετικές συσχετίσεις που αναφέρονται πιο πάνω, φαίνεται ότι ο μεγαλύτερος χρόνος που ξόδεψαν οι μαθητές της συνθήκης 1 στη φάση της εννοιολόγησης δικαιολογείται από τον αυξημένο χρόνο που ξόδεψαν, τόσο στο εικονικό εργαστήριο, όσο και στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων. Αυτός ο ισχυρισμός ενισχύεται και από τη θετική συσχέτιση του χρόνου ενασχόλησης στο εικονικό εργαστήριο της φάσης

της εννοιολόγησης, με τον χρόνο ενασχόλησης με το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων (Spearman's $\rho = 0.480$, $p < 0.05$). Μια άλλη θετική συσχέτιση που βρέθηκε στατιστικά σημαντική για τη συνθήκη 1, είναι μεταξύ του χρόνου που ξόδεψαν οι μαθητές στη φάση της διερεύνησης και του χρόνου που ξόδεψαν στο εικονικό εργαστήριο της φάσης αυτής (Spearman's $\rho = 0.501$, $p < 0.05$). Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι, η μεγάλη διάρκεια ενασχόλησης των μαθητών με τη φάση της διερεύνησης, δικαιολογείται από τον περισσότερο χρόνο που ξόδεψαν στο εικονικό εργαστήριο που βρισκόταν στην εν λόγω φάση.

Για τη συνθήκη 2, η κατάσταση είναι λίγο διαφορετική. Και σε αυτή την περίπτωση ο χρόνος που ξόδεψαν οι μαθητές στη φάση της εννοιολόγησης βρέθηκε να συσχετίζεται θετικά με τον χρόνο ενασχόλησης των μαθητών στο εικονικό εργαστήριο που βρισκόταν σε αυτή τη φάση (Spearman's $\rho = 0.579$, $p < 0.05$) και με τον χρόνο που ξόδεψαν στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων (Spearman's $\rho = 0.494$, $p < 0.05$). Άρα και για τη συνθήκη 2, φαίνεται ότι η μεγάλη διάρκεια της φάσης της εννοιολόγησης δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι μαθητές σε αυτή τη φάση ξόδεψαν αρκετό χρόνο κάνοντας δοκιμές στο εικονικό εργαστήριο, αλλά και αρκετό χρόνο μέχρι να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων. Μια άλλη συσχέτιση που βρέθηκε στατιστικά σημαντική, είναι μεταξύ της διάρκειας της φάσης της εννοιολόγησης και της διάρκειας της φάσης της διερεύνησης (Spearman's $\rho = 0.519$, $p < 0.05$). Δηλαδή, όσο περισσότερο χρόνο ασχολήθηκαν οι μαθητές με τη φάση της εννοιολόγησης, τόσο πιθανότερο ήταν να ασχοληθούν για αρκετό χρόνο και με τη φάση της διερεύνησης. Παρόλα αυτά, στη συγκεκριμένη συνθήκη δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση του χρόνου διάρκειας της φάσης της διερεύνησης με τον χρόνο ενασχόλησης με το εικονικό εργαστήριο στην εν λόγω φάση (Spearman's $\rho = 0.401$, $p > 0.05$), κάτι που εντοπίστηκε στην περίπτωση της συνθήκης 1. Συνεπώς, οι μαθητές σε αυτή τη φάση ανάλωσαν τον χρόνο τους, κυρίως, στην καταγραφή των παρατηρήσεών τους, που ήταν ο δεύτερος στόχος της συγκεκριμένης φάσης.

Πίνακας 22

Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων του χρόνου εργασίας και της βελτίωσης των δεξιοτήτων διερώτησης – μελέτη 3

	Συνθήκη 1				
	HypoPhase Time	HypoLab Time	HSTime	InvestPhase Time	InvestLabTi me
ImpSkills	.074	-.109	.058	.182	-.001
HypoPhaseTime		.629**	.700***	.230	.101
HypoLabTime			.480*	.151	.238
HSTime				.087	.126
InvestPhaseTime					.567**
	Συνθήκη 2				
ImpSkills	-.008	.256 ^{ns}	-.444	.116	.127
HypoPhaseTime		.579*	.494*	.519*	.325
HypoLabTime			.430 ^{ns}	.226	-.001
HSTime				.058	.152
InvestPhaseTime					.401
	Συνθήκη 3				
ImpSkills	.203	.503*	-.004	-.291	-.154
HypoPhaseTime		.236	.633**	.032	.047
HypoLabTime			.170	.130	.062
HSTime				.226	-.128
InvestPhaseTime					.580**

Σημείωση: ns = non-significant; *p<0.05, **p<0.01, *** p<0.001

Στην περίπτωση της συνθήκης 3 αναδείχθηκαν και πάλι τρεις στατιστικά σημαντικές θετικές συσχετίσεις, στις οποίες διακρίνονται τόσο ομοιότητες όσο και διαφορές σε σχέση με τις σημαντικές συσχετίσεις που παρουσιάστηκαν για τις δύο άλλες συνθήκες. Η βασικότερη στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση, που διαφοροποιεί τη συνθήκη αυτή από τις προηγούμενες, αφορά τη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης και τον χρόνο που οι μαθητές ξόδεψαν στο εικονικό εργαστήριο στη φάση της εννοιολόγησης (Spearman's rho = 0.503, p<0.05). Αυτό σημαίνει ότι, οι

μαθητές της συγκεκριμένης συνθήκης που αξιοποίησαν για περισσότερο χρόνο το εικονικό εργαστήριο στη φάση της εννοιολόγησης, ήταν πιθανότερο να βελτιώσουν τις δεξιότητες διερώτησής τους από το προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο. Ενώ, στις συνθήκες 1 και 2, καμία παράμετρος δε βρέθηκε να συσχετίζεται είτε θετικά, είτε αρνητικά με τη βελτίωση των δεξιοτήτων διερώτησης των μαθητών. Η δεύτερη σημαντική θετική συσχέτιση που βρέθηκε για τη συνθήκη 3 είναι μεταξύ του χρόνου διάρκειας της φάσης της εννοιολόγησης και του χρόνου ενασχόλησης με το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων (Spearman's rho = 0.633, $p < 0.01$). Αυτό σημαίνει ότι, η μεγάλη διάρκεια της φάσης της εννοιολόγησης αιτιολογείται από τον περισσότερο χρόνο που χρειάστηκαν οι μαθητές για τη διατύπωση των υποθέσεών τους, στο αντίστοιχο εργαλείο. Τέλος, όπως και στην περίπτωση της συνθήκης 1, έτσι και σε αυτή την περίπτωση βρέθηκε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση του χρόνου που ξόδεψαν οι μαθητές στη φάση της διερεύνησης και του χρόνου που ξόδεψαν στο εικονικό εργαστήριο της φάσης αυτής (Spearman's rho = 0.58, $p < 0.01$). Δηλαδή, οι μαθητές που ξόδεψαν περισσότερο χρόνο στη φάση της εννοιολόγησης, ήταν πιθανότερο να ξοδέψουν περισσότερο χρόνο και στη φάση της διερεύνησης.

4.4 Αποτελέσματα μελέτης 4

Στη μελέτη 4 διερευνήθηκε η επίδραση δύο διαφορετικών διαμορφώσεων ενός υποστηρικτικού εργαλείου για τον σχεδιασμό πειραμάτων, στις γνώσεις περιεχομένου και δεξιότητες διερώτησης που αποκτούν οι μαθητές όταν ολοκληρώνουν τις δραστηριότητες ενός τεχνολογικά υποστηριζόμενου μαθησιακού περιβάλλοντος διερώτησης. Το εργαλείο που αξιοποιήθηκε για τον σκοπό της μελέτης 4 σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να διαιρεί τη δραστηριότητα σχεδιασμού και εκτέλεσης πειραμάτων στις επιμέρους δραστηριότητες που την αποτελούν. Η έρευνα ολοκληρώθηκε με την εφαρμογή ενός παρεμβατικού μαθήματος σε τρεις διαφορετικές συνθήκες. Στην πρώτη συνθήκη οι μαθητές εργάστηκαν στο συγκεκριμένο εργαλείο έχοντας έτοιμο τον πειραματικό σχεδιασμό που έπρεπε να ακολουθήσουν για να ολοκληρώσουν τις δύο διερευνήσεις του μαθήματος. Συνεπώς, αυτό που κλήθηκαν να κάνουν στο εργαλείο ήταν η προσθήκη πειραματικών δοκιμών και ο καθορισμός τιμών των μεταβλητών σε κάθε μία από αυτές. Στη δεύτερη συνθήκη οι μαθητές εργάστηκαν με το συγκεκριμένο εργαλείο χωρίς να

έχουν έτοιμο τον πειραματικό σχεδιασμό, κάτι που συνεπάγεται ότι κλήθηκαν να ολοκληρώσουν όλες τις επιμέρους δραστηριότητες που υποστηρίζει το συγκεκριμένο εργαλείο. Δηλαδή, οι μαθητές αρχικά έπρεπε να διαχειριστούν τις μεταβλητές που υπήρχαν στο εργαλείο ώστε να τις τοποθετήσουν στις κατάλληλες στήλες, καθορίζοντας ποια μεταβλητή ήταν η ανεξάρτητη, ποιες μεταβλητές ήταν σταθερές και ποια ήταν εξαρτημένη μεταβλητή. Τα επόμενα βήματα ήταν ακριβώς τα ίδια, όπως και στη συνθήκη 1, δηλαδή, προσθήκη πειραματικών δοκιμών και εισαγωγή τιμών στις μεταβλητές κάθε πειραματικής δοκιμής. Στην τρίτη συνθήκη οι μαθητές ολοκλήρωσαν τη δραστηριότητα σχεδιασμού πειραμάτων χωρίς τη βοήθεια του εργαλείου, έχοντας στη διάθεσή τους μόνο ένα εργαλείο εισαγωγής κειμένου στο οποίο δακτυλογράφησαν την περιγραφή των πειραμάτων που θα πραγματοποιούσαν. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν σε αυτή τη μελέτη, τα οποία προέρχονται από τα δύο διαγνωστικά δοκίμια, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης, και από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Γενικά, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων παρουσιάζουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα υπέρ της συνθήκης 2, όσον αφορά την επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης. Ενώ, όλες οι συνθήκες παρουσίασαν βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου, χωρίς να υπάρχει σε αυτή την περίπτωση πλεονέκτημα υπέρ κάποιας συνθήκης. Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για τα δεδομένα που προέκυψαν από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, φανερώνουν αρκετές διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών, γεγονός που αποδίδεται στον διαφορετικό τρόπο που εργάστηκαν οι μαθητές κατά τον σχεδιασμό των πειραμάτων τους. Στα επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την κάθε ανάλυση ξεχωριστά.

4.4.1. Σύγκριση επιδόσεων στα διαγνωστικά δοκίμια

Όσον αφορά τις επιδόσεις των μαθητών στο διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου, όπως φαίνεται από τα στοιχεία του Πίνακα 23, μεταξύ των τριών συνθηκών δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, ούτε πριν (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 4.50$, $p > 0.05$) ούτε μετά τη διδακτική παρέμβαση (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 1.08$, $p > 0.05$). Παρόλα αυτά, σε κάθε συνθήκη ξεχωριστά η βελτίωση της επίδοσης των μαθητών ήταν στατιστικά

σημαντική (Wilcoxon $Z = -3.21$, $p < 0.001$ για τη συνθήκη 1, Wilcoxon $Z = -3.14$, $p < 0.01$ για τη συνθήκη 2, και Wilcoxon $Z = -3.85$, $p < 0.001$ για τη συνθήκη 3).

Πίνακας 23

Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – μελέτη 4

	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3	Kruskal-Wallis χ^2
Pre test	Mean = .625	Mean = .667	Mean = .542	4.50
Post test	Mean = .667	Mean = .750	Mean = .750	1.08
Wilcoxon Signed Ranks Test Z	-3.21**	-3.14*	-3.85**	

Σημείωση: * $p < 0.01$, ** $p < 0.001$.

Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των δεδομένων που προέρχονται από το διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 24, κατέδειξαν ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών πριν από τη διδακτική παρέμβαση (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 3.58$, $p > 0.05$), αλλά υπάρχουν μετά (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 6.51$, $p < 0.05$). Παράλληλα, βρέθηκε ότι οι μαθητές της συνθήκης 2 παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεών τους (Wilcoxon $Z = -3.88$, $p < 0.05$), ενώ για τις συνθήκες 1 και 3 δεν υφίσταται τέτοια σημαντική βελτίωση (Wilcoxon $Z = -0.81$, $p > 0.05$ για τη συνθήκη 1 και Wilcoxon $Z = -1.59$, $p > 0.05$ για τη συνθήκη 3).

Πίνακας 24

Σύγκριση επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης – μελέτη 4

	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3	Kruskal-Wallis χ^2
Pre test	Mean = .907	Mean = .852	Mean = .852	3.58
Post test	Mean = .963	Mean = .944	Mean = .926	6.51*
Wilcoxon Signed Ranks Test Z	-0.81	-3.88**	-1.59	

Σημείωση: * $p < 0.05$; ** $p < 0.001$.

Προκειμένου να διαφανεί μεταξύ ποιων συνθηκών οι διαφορές στην επίδοση στο διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης ήταν στατιστικά σημαντικές, διενεργήθηκαν περαιτέρω συγκρίσεις. Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων αυτών παρουσιάζονται στον Πίνακα 25, όπου φαίνεται ότι καμία συνθήκη δε διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις άλλες σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05/3=0.017$, σύμφωνα με τη διόρθωση Bonferroni (Mann Whitney Z = -1.10, $p>0.017$ για τη σύγκριση των συνθηκών 1 και 2, Mann Whitney Z = -0.42, $p>0.017$ για τη σύγκριση των συνθηκών 1 και 3 και Mann Whitney Z = -2.34, $p>0.017$ για τη σύγκριση των συνθηκών 2 και 3).

Πίνακας 25

Σύγκριση επίδοσης στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης μεταξύ των τριών συνθηκών – μελέτη 4

Mann Whitney U Test Z	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3
Συνθήκη 1	-1.10	-0.42
Συνθήκη 2	-	-2.34

Σημείωση: επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=.017$.

Εξετάζοντας τους μέσους όρους στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης της κάθε συνθήκης ($Mean_{\text{συνθήκη1}}=.963$, $Mean_{\text{συνθήκη2}}=.944$ και $Mean_{\text{συνθήκη3}}=.926$), διαφαίνεται ότι είναι παρά πολύ κοντά, και δεδομένου ότι υπάρχει μια ένδειξη διαφοροποίησης από τους προηγούμενους ελέγχους, κρίθηκε σημαντικό να διερευνηθεί περαιτέρω κατά πόσο υπάρχουν διαφορές στη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών από το προδιαγνωστικό στο μεταγνωστικό δοκίμιο. Για τον λόγο αυτό αξιοποιήθηκε μια νέα μεταβλητή, η οποία υπολογίστηκε από την αφαίρεση της επίδοσης του προδιαγνωστικού δοκιμίου από την επίδοση στο μεταδιαγνωστικό. Τελικά, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών όσον αφορά αυτή τη μεταβλητή (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 12.66$, $p>0.01$). Επομένως, διενεργήθηκαν περαιτέρω συγκρίσεις μεταξύ των τριών συνθηκών και τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 26. Σύμφωνα λοιπόν με τα στοιχεία του πιο κάτω πίνακα, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών 1 και 2 (Mann Whitney Z = -3.20, $p<0.017$) και μεταξύ των συνθηκών 2 και 3 (Mann Whitney Z = -2.93, $p<0.017$). Ενώ, μεταξύ των συνθηκών 1 και 3, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Mann Whitney Z = -0.34, $p>0.017$).

Εξετάζοντας τους μέσους όρους της νέας μεταβλητής που δημιουργήθηκε και αντιπροσωπεύει τη βελτίωση της επίδοσης από το προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, οι μαθητές της συνθήκης 2 σημείωσαν τη μεγαλύτερη βελτίωση (Mean=.238), ενώ οι μαθητές των συνθηκών 1 και 3 σημείωσαν πολύ μικρότερη βελτίωση (Mean=.020 και Mean=.060 αντίστοιχα).

Πίνακας 26

Διαφορές στη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης – μελέτη 4

Mann Whitney U Test Z	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3
Συνθήκη 1	-3.20*	-0.34
Συνθήκη 2	–	-2.93*

*Σημείωση: επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=.017$, * $p<0.017$.*

Δεδομένου ότι μόνο οι μαθητές της συνθήκης 2 βελτίωσαν σημαντικά την επίδοσή τους στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, έχουν διενεργηθεί περαιτέρω αναλύσεις, προκειμένου να διαφανεί σε ποιες από τις τρεις υποκατηγορίες δεξιοτήτων διερώτησης εντοπίζεται σημαντική βελτίωση των μαθητών, από το προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο. Τα αποτελέσματα αυτών των συγκρίσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 27, όπου φαίνεται ότι η βελτίωση των μαθητών της συνθήκης 2 ανιχνεύεται και στις τρεις υπό εξέταση δεξιότητες διερώτησης, αναγνώριση μεταβλητών (Wilcoxon $Z = -1.99$, $p<0.05$), αναγνώριση και διατύπωση υποθέσεων (Wilcoxon $Z = -3.88$, $p<0.01$) και σχεδιασμός διερευνήσεων (Wilcoxon $Z = -3.88$, $p<0.001$).

Πίνακας 27

Βελτίωση δεξιοτήτων διερώτησης των μαθητών της συνθήκης 2 – μελέτη 4

	Αναγνώριση παραγόντων	Αναγνώριση και διατύπωση υποθέσεων	Σχεδιασμός διερευνήσεων
Προδιαγνωστικό δοκίμιο	Mean=.582	Mean=.452	Mean=.459
Μεταδιαγνωστικό δοκίμιο	Mean=.694	Mean=.721	Mean=.795
Wilcoxon Singed Ranks Test Z	-1.99*	-3.54**	-3.33***

*Σημείωση: * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.*

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, φαίνεται ότι και στις τρεις συνθήκες οι μαθητές βελτίωσαν την επίδοσή τους στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου και μεταξύ τους δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές. Ενώ, όσον αφορά την επίδοση στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, οι μαθητές της συνθήκης 2 είχαν σημαντική βελτίωση από το προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο σε σχέση με τις δύο άλλες συνθήκες, στις οποίες η βελτίωση των μαθητών δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική.

4.4.2 Σύγκριση μεταξύ παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα

Η επεξεργασία των δεδομένων από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή αφορούσε την κωδικοποίηση μεταβλητών που περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές χειρίστηκαν τις δραστηριότητες της διδακτικής παρέμβασης, αλλά και τις ενέργειες ολοκλήρωσης της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο. Συγκεκριμένα, οι μεταβλητές που αντιστοιχούν στη διδακτική παρέμβαση αφορούσαν το κατά πόσο οι διερευνήσεις που πραγματοποίησαν οι μαθητές ήταν σχετικές με τον αρχικό προβληματισμό που τέθηκε στο μάθημα (μεταβλητή RQ_analogy), αν εφαρμόσαν τη στρατηγική του δίκαιου πειράματος (μεταβλητή VOTAT) μεταβάλλοντας μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή, κρατώντας σταθερές τις υπόλοιπες και μετρώντας την εξαρτημένη μεταβλητή, αν κατά τη διάρκεια του πειραματικού σχεδιασμού προγραμματίσαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές για κάθε μία από τις δύο διερευνήσεις που κλήθηκαν να πραγματοποιήσουν (μεταβλητή Trials) και αν στο εικονικό εργαστήριο πραγματοποίησαν τουλάχιστον δύο πειραματικές δοκιμές για κάθε μία από τις δύο διερευνήσεις (μεταβλητή Trials_Lab). Επιπλέον, αξιολογήθηκαν οι απαντήσεις που έδωσαν σε ερωτήσεις ερμηνείας δεδομένων που υπήρχαν στο μαθησιακό περιβάλλον (μεταβλητή DataInterScore) και το τελικό συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν μετά την ολοκλήρωση των διερευνήσεών τους (μεταβλητή ConclusionScore). Για το νέο μαθησιακό συγκείμενο οι μεταβλητές που κωδικοποιήθηκαν ήταν η αντιστοιχία ερωτήματος με τη διερεύνηση που σχεδιάστηκε στη συνέχεια (μεταβλητή NewRQ_analogy), η εφαρμογή της στρατηγικής του δίκαιου πειράματος (μεταβλητή NewVOTAT) και η επάρκεια πειραματικών δοκιμών που προγραμματίστηκαν κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας σχεδιασμού του πειράματος (μεταβλητή New Trials).

Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων μεταξύ των τριών συνθηκών ως προς τις μεταβλητές που αναφέρθηκαν πιο πάνω παρουσιάζονται στον Πίνακα 28. Αναλυτικότερα,

παρατηρώντας τις μεταβλητές που αναφέρονται στη διδακτική παρέμβαση, μεταξύ των τριών συνθηκών εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις μεταβλητές RQ_analogy (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 8.50$, $p < 0.05$), VOTAT (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 23.96$, $p < 0.001$), Trials (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 8.83$, $p < 0.01$), DataInterScore (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 12.62$, $p < 0.01$) και ConclusionScore (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 7.74$, $p < 0.05$). Επιπλέον, όσον αφορά τις μεταβλητές που αναφέρονται στο νέο μαθησιακό συγκείμενο, βρέθηκε ότι οι τρεις ομάδες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά και στις τρεις μεταβλητές που κωδικοποιήθηκαν (μεταβλητή NewRQ_analogy, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 7.17$, $p < 0.05$, μεταβλητή NewVOTAT, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 7.37$, $p < 0.05$ και μεταβλητή New Trials, Kruskal-Wallis $\chi^2 = 20.81$, $p < 0.001$).

Πίνακας 28

Μέσοι όροι των τιμών των μεταβλητών που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα και σύγκριση μεταξύ των τριών συνθηκών – μελέτη 4

	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3	Kruskal-Wallis χ^2
<i>Διδακτική παρέμβαση</i>				
RQ_analogy	0.89	0.95	0.30	8.50*
VOTAT	1.11	1.38	0.17	23.96***
Trials	1.05	0.86	0.35	8.83**
Trials_Lab	0.89	1.00	0.65	2.29
DataInterScore	0.74	1.86	0.52	12.62**
ConclusionScore	1.32	1.86	1.00	7.74*
<i>Νέο συγκείμενο</i>				
NewRQ_analogy	0.84	0.48	0.48	7.17*
NewVOTAT	0.37	0.57	0.17	7.37*
NewTrials	0.89	0.90	0.35	20.81***

*Σημείωση: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.*

Ακολούθως, παρουσιάζονται στον Πίνακα 29 τα αποτελέσματα από τις επιπλέον συγκρίσεις που πραγματοποιήθηκαν με στόχο τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ της κάθε συνθήκης με τις άλλες δύο. Σύμφωνα με τα δεδομένα που φαίνονται στον Πίνακα 29, μεταξύ των συνθηκών 1 και 2, βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά σημαντικά μόνο η βαθμολογία στις ερωτήσεις ερμηνείας δεδομένων (μεταβλητή DataInterScore, Mann

Whitney $Z = -2.63$, $p < 0.017$). Συγκεκριμένα, οι μαθητές της συνθήκης 2 είχαν καλύτερη μέση βαθμολογία από τους μαθητές της συνθήκης 1 ($\text{Mean}_{\text{συνθήκη2}}=1.86$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη1}}=0.74$). Μεταξύ των συνθηκών 1 και 3, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μεταβλητές RQ_analogy (Whitney $Z = -2.82$, $p < 0.017$), VOTAT (Whitney $Z = -4.13$, $p < 0.017$) και Trials (Whitney $Z = -3.00$, $p < 0.017$). Και στις τρεις αυτές περιπτώσεις οι μαθητές της συνθήκης 1 είχαν καλύτερες μέσες τιμές (μεταβλητή RQ_analogy: $\text{Mean}_{\text{συνθήκη1}}=0.89$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη3}}=0.30$, μεταβλητή VOTAT: $\text{Mean}_{\text{συνθήκη1}}=1.11$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη3}}=0.17$ και μεταβλητή Trials: $\text{Mean}_{\text{συνθήκη1}}=1.05$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη3}}=0.35$). Τέλος, μεταξύ των συνθηκών 2 και 3 βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μεταβλητές VOTAT (Whitney $Z = -4.39$, $p < 0.017$), DataInterScore (Mann Whitney $Z = -3.30$, $p < 0.017$) και ConclusionScore (Mann Whitney $Z = -2.52$, $p < 0.017$), με τους μαθητές της συνθήκης 2 να έχουν καλύτερες μέσες τιμές από τους μαθητές της συνθήκης 3 (μεταβλητή VOTAT: $\text{Mean}_{\text{συνθήκη2}}=1.38$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη3}}=0.17$, μεταβλητή DataInterScore: $\text{Mean}_{\text{συνθήκη2}}=1.86$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη3}}=0.52$ και μεταβλητή ConclusionScore: $\text{Mean}_{\text{συνθήκη2}}=1.86$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη3}}=1.00$).

Όσον αφορά τις διαφορές μεταξύ των ομάδων στις μεταβλητές που περιγράφουν τα μαθησιακά προϊόντα που δημιούργησαν οι μαθητές στο νέο μαθησιακό συγκείμενο, η συνθήκη 1 με τη συνθήκη 2 βρέθηκε να διαφέρουν μόνο ως προς τη μεταβλητή NewRQ_analogy (Whitney $Z = -2.39$, $p < 0.017$) με τους μαθητές της συνθήκης 1 να σημειώνουν μεγαλύτερη μέση τιμή ($\text{Mean}_{\text{συνθήκη1}}=0.84$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη2}}=0.48$). Οι συνθήκες 1 και 3 βρέθηκε να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς τις μεταβλητές NewRQ_analogy (Whitney $Z = -2.42$, $p < 0.017$) και NewTrials (Whitney $Z = -3.55$, $p < 0.001$), όπου και σε αυτή την περίπτωση οι μέσες τιμές της συνθήκης 1 ήταν μεγαλύτερες (μεταβλητή NewRQ_analogy: $\text{Mean}_{\text{συνθήκη1}}=0.84$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη3}}=0.48$ και μεταβλητή NewTrials: $\text{Mean}_{\text{συνθήκη1}}=0.89$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη3}}=0.35$). Τέλος, η σύγκριση μεταξύ των συνθηκών 2 και 3 κατέδειξε δύο σημαντικές διαφορές, η πρώτη ως προς τη μεταβλητή NewVOTAT (Whitney $Z = -2.70$, $p < 0.017$) και η δεύτερη ως προς τη μεταβλητή NewTrials (Whitney $Z = -3.75$, $p < 0.001$). Οι μέσες τιμές των μαθητών της συνθήκης 2 ήταν μεγαλύτερες και στις δύο αυτές μεταβλητές (μεταβλητή NewVOTAT: $\text{Mean}_{\text{συνθήκη2}}=0.57$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη3}}=0.17$ και μεταβλητή NewTrials: $\text{Mean}_{\text{συνθήκη2}}=0.90$ και $\text{Mean}_{\text{συνθήκη3}}=0.35$).

Πίνακας 29

Σύγκριση των τριών συνθηκών ανά δύο στις μεταβλητές που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα – μελέτη 4

	Mann-Whitney U Test Z		
	Συνθήκες 1 και 2	Συνθήκες 1 και 3	Συνθήκες 2 και 3
<i>Διδακτική παρέμβαση</i>			
RQ_analogy	-0.1	-2.82*	-2.36
VOTAT	-1.29	-4.13*	-4.39*
Trials	-0.76	-3.00*	-1.99
DataInterScore	-2.63*	-0.67	-3.30*
ConclusionScore	-2.05	-1.14	-2.52*
<i>Νέο συγκείμενο</i>			
NewRQ_analogy	-2.39*	-2.42*	-0.01
NewVOTAT	-1.27	-1.41	-2.70*
NewTrials	-0.10	-3.55**	-3.75**

Σημείωση: * $p < 0.017$, ** $p < 0.001$.

4.4.3 Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα

Προκειμένου να εξεταστούν περαιτέρω οι διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών της παρούσας μελέτης, διενεργήθηκαν αναλύσεις συσχετίσεων μεταξύ παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα που δημιούργησαν οι μαθητές, τόσο κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, όσο και κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο. Στον Πίνακα 30 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα της διδακτικής παρέμβασης για την κάθε συνθήκη.

Πίνακας 30

Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα της διδακτικής παρέμβασης – μελέτη 4

	VOTAT	Trials	Trials_Lab	DataInterScore	ConclusionScore
<u>Συνθήκη 1</u>					
RQ_analogy	.237	.202	.150	.149	.001
VOTAT		.598**	.452	-.095	.188
Trials			.690**	.188	.155
Trials_Lab				.492*	.259
DataInterScore					.306
<u>Συνθήκη 2</u>					
RQ_analogy	.033	.480*	.304	.397	.648**
VOTAT		.345	-.045	.313	.038
Trials			.637**	.657**	.511*
Trials_Lab				.576**	.560**
DataInterScore					.399
<u>Συνθήκη 3</u>					
RQ_analogy	.264	.086	.245	.057	-.144
VOTAT		.506*	.418*	.225	.370
Trials			.355	.225	.290
Trials_Lab				.141	.237
DataInterScore					.621**

Σημείωση: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 30, για τη συνθήκη 1 έχουν βρεθεί τρεις στατιστικά σημαντικές θετικές συσχετίσεις. Αναλυτικότερα, βρέθηκε να συσχετίζονται θετικά η μεταβλητή VOTAT με τη μεταβλητή Trials (Spearman's $\rho = 0.598$, $p < 0.01$), η μεταβλητή Trials με τη μεταβλητή Trials_Lab (Spearman's $\rho = 0.690$, $p < 0.01$) και η μεταβλητή Trials_Lab με τη μεταβλητή DataInterScore (Spearman's $\rho = 0.492$, $p < 0.05$). Αυτό σημαίνει ότι, οι μαθητές που εφάρμοσαν τη στρατηγική του δίκαιου πειράματος κατά τον σχεδιασμό των πειραμάτων τους, ήταν πιθανότερο να οργανώσουν επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών, και έπειτα αυτοί που είχαν προγραμματίσει επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών ήταν πιθανότερο να ολοκληρώσουν αυτές τις δοκιμές στο εικονικό εργαστήριο. Τέλος, οι μαθητές που κατάφεραν να ολοκληρώσουν στο εικονικό εργαστήριο επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών, τις οποίες είχαν ορίσει στην προηγούμενη δραστηριότητα, ήταν πιθανότερο να σημειώσουν μεγαλύτερη βαθμολογία στις ερωτήσεις ερμηνείας δεδομένων, που υπήρχαν στο μαθησιακό περιβάλλον. Σχολιάζοντας και τις τρεις συσχετίσεις που βρέθηκαν να είναι στατιστικά σημαντικές για τη συνθήκη 1, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι υπάρχει μια κλιμάκωση μεταξύ των δραστηριοτήτων σχεδιασμού και εκτέλεσης πειραμάτων και ερμηνείας δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι, οι μαθητές που ολοκλήρωσαν σωστά το πρώτο κομμάτι αυτής της αλυσίδας, ήταν πιθανότερο να συνεχίσουν αυτή την επιτυχία μέχρι και την ερμηνεία των δεδομένων τους.

Για τη δεύτερη συνθήκη έχει προκύψει μεγαλύτερος αριθμός σημαντικών συσχετίσεων μεταξύ των διάφορων παραμέτρων, οι οποίες, μάλιστα, ήταν όλες θετικές. Συγκεκριμένα, η μεταβλητή RQ_analogy συσχετίζεται θετικά με τη μεταβλητή Trials (Spearman's $\rho = 0.480$, $p < 0.05$) και τη μεταβλητή DataInterScore (Spearman's $\rho = 0.648$, $p < 0.01$). Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι οι μαθητές που πραγματοποίησαν διερευνήσεις που παρουσίαζαν συνέπεια με τον αρχικό προβληματισμό που τέθηκε από το ίδιο το μαθησιακό περιβάλλον, ήταν πιθανότερο κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας του πειραματικού σχεδιασμού να οργανώσουν επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών και στη φάση του συμπεράσματος να σημειώσουν μεγαλύτερη βαθμολογία. Η μεταβλητή Trials βρέθηκε να συσχετίζεται θετικά με τρεις άλλες μεταβλητές, τη μεταβλητή Trials_Lab (Spearman's $\rho = 0.637$, $p < 0.01$), DataInterScore (Spearman's $\rho = 0.657$, $p < 0.01$) και ConclusionScore (Spearman's $\rho = 0.511$, $p < 0.05$). Επομένως, αυτό σημαίνει ότι, οι μαθητές οι οποίοι οργάνωσαν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών ήταν πιθανότερο να πραγματοποιήσουν περισσότερες από αυτές στο εικονικό εργαστήριο και να σημειώσουν ψηλότερη βαθμολογία στις ερωτήσεις ερμηνείας των δεδομένων και στο

τελικό συμπέρασμα. Τέλος, η μεταβλητή *Trials_Lab*, έχει βρεθεί και αυτή να συσχετίζεται θετικά με τις μεταβλητές *DataInterScore* (Spearman's $\rho = 0.576$, $p < 0.01$) και *ConclusionScore* (Spearman's $\rho = 0.560$, $p < 0.01$). Συνεπώς, οι μαθητές που πραγματοποίησαν επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών στο εικονικό εργαστήριο, οι οποίες αντιστοιχούσαν στους πειραματικούς σχεδιασμούς τους, ήταν πιθανότερο να σημειώσουν μεγαλύτερες βαθμολογίες στις ερωτήσεις ερμηνείας δεδομένων και στο τελικό συμπέρασμα.

Τα δεδομένα για την τρίτη συνθήκη είναι λίγο διαφορετικά. Συγκεκριμένα, οι μεταβλητές που παρουσίασαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση είναι η μεταβλητή *VOTAT* με τις μεταβλητές *Trials* (Spearman's $\rho = 0.506$, $p < 0.05$) και *Trials_Lab* (Spearman's $\rho = 0.418$, $p < 0.05$) και η μεταβλητή *DataInterScore* με τη μεταβλητή *ConclusionScore* (Spearman's $\rho = 0.621$, $p < 0.01$). Δηλαδή, οι μαθητές που εφάρμοσαν τη στρατηγική *VOTAT* κατά τον σχεδιασμό των πειραμάτων τους, ήταν πιθανότερο να προσθέσουν επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών στον σχεδιασμό τους και ήταν πιθανότερο να πραγματοποιήσουν αυτές τις δοκιμές στο εικονικό εργαστήριο. Επίσης, όσοι μαθητές απάντησαν ορθά στις ερωτήσεις ερμηνείας δεδομένων, ήταν πιθανότερο να γράψουν και ένα ορθό συμπέρασμα.

Στον Πίνακα 31, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συσχετίσεων των παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο. Υπενθυμίζεται σε αυτό το σημείο ότι η δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο δεν περιλάμβανε εικονικό εργαστήριο και, επομένως, οι μεταβλητές που κωδικοποιήθηκαν αφορούν μόνο την εργασία των μαθητών κατά τον σχεδιασμό των πειραμάτων τους. Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάζει ο Πίνακας 31, για τη συνθήκη 1 δεν έχει εντοπιστεί καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των τριών μεταβλητών που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα που δημιουργήσαν οι μαθητές όταν εργάστηκαν σε ένα νέο μαθησιακό συγκείμενο. Για τη συνθήκη 2, έχει βρεθεί ότι η μεταβλητή *NewRQ_analogy* και *New_VOTAT* συσχετίζονται θετικά (Spearman's $\rho = 0.633$, $p < 0.01$), ενώ για τη συνθήκη 3 θετική συσχέτιση βρέθηκε μεταξύ των μεταβλητών *NewRQ_analogy* και *NewTrials* (Spearman's $\rho = 0.580$, $p < 0.01$). Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές της συνθήκης 2 που σχεδίασαν μια διερεύνηση που αντιστοιχούσε στον αρχικό προβληματισμό που τέθηκε, ήταν πιθανότερο να εφαρμόσουν τη στρατηγική *VOTAT* στον σχεδιασμό τους. Από την άλλη, οι μαθητές της συνθήκης 3 που παρουσίασαν αυτή τη

συνέπεια μεταξύ πειραματικού σχεδιασμού και αρχικού προβλήματος, ήταν πιθανότερο να οργανώσουν στον σχεδιασμό τους περισσότερες πειραματικές δοκιμές.

Πίνακας 31

Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων που αφορούν τα μαθησιακά προϊόντα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο – μελέτη 4

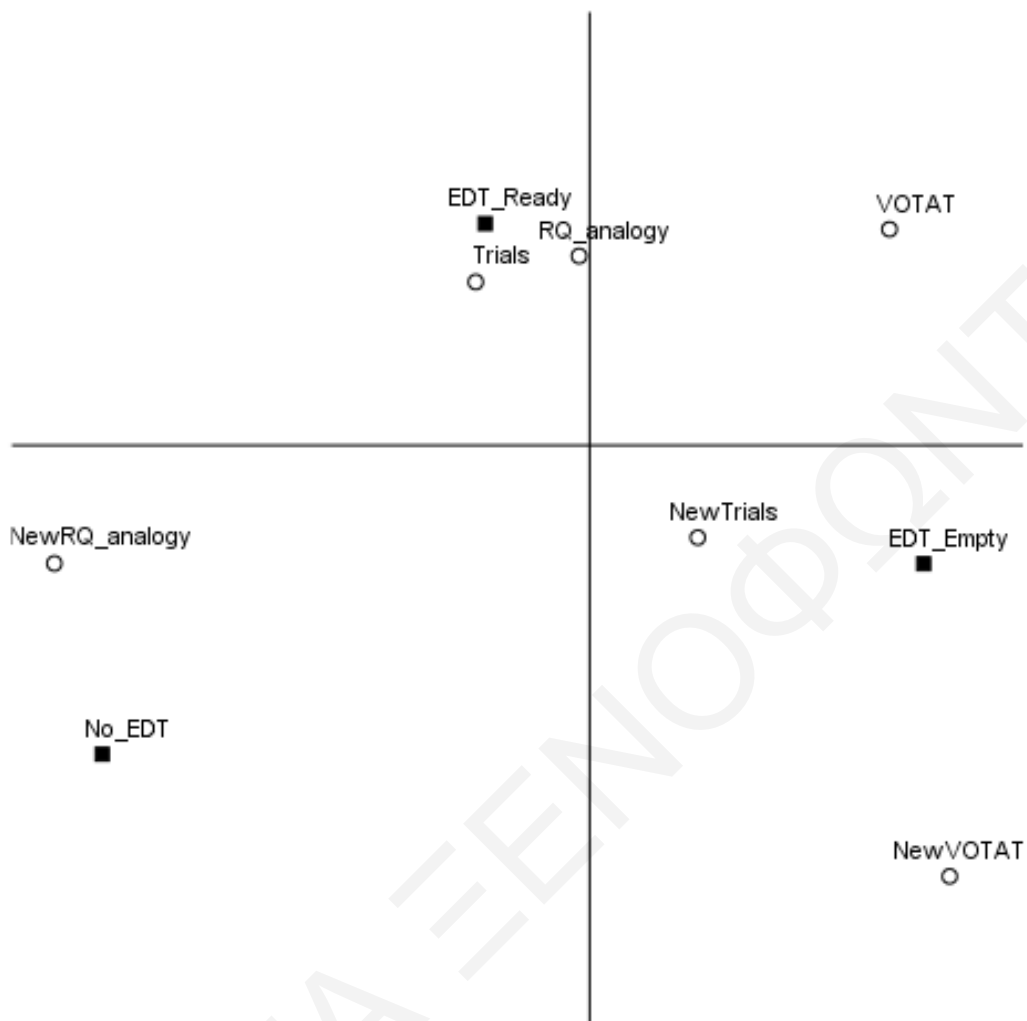
	NewVOTAT	NewTrials
<i>Συνθήκη 1</i>		
NewRQ_analogy	.031	-.149
NewVOTAT		-.449
<i>Συνθήκη 2</i>		
NewRQ_analogy	.633*	-.015
NewVOTAT		-.281
<i>Συνθήκη 3</i>		
NewRQ_analogy	.250	.580*
NewVOTAT		.147

*Σημείωση: * $p < 0.01$*

4.4.4 Πολλαπλή παραγοντική ανάλυση αντιστοιχιών

Προκειμένου να διαφανεί αν υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ της κάθε συνθήκης με ορισμένες πτυχές που αφορούν την εργασία των μαθητών, τόσο κατά τη διδακτική παρέμβαση, όσο κατά τη δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, πραγματοποιήθηκε η πολλαπλή παραγοντική ανάλυση αντιστοιχιών. Για την ανάλυση αυτή αξιοποιήθηκαν οι κοινές μεταβλητές που κωδικοποιήθηκαν στις δύο χρονικές στιγμές ενασχόλησης των μαθητών με το υπό μελέτη εργαλείο. Το διάγραμμα αντιστοιχιών που προέκυψε από την ανάλυση παρουσιάζεται στην Εικόνα 30.

Παρατηρώντας, αρχικά, τον πρώτο άξονα (οριζόντιος άξονας) του διαγράμματος της Εικόνας 30, η πρώτη διάκριση που εντοπίζεται είναι μεταξύ της συνθήκης 3 (no_EDT) και της συνθήκης 2 (EDT_Empty), οι οποίες τοποθετούνται στα δύο άκρα του συγκεκριμένου άξονα, ενώ η συνθήκη 1 (EDT_Ready) τοποθετείται κάπου στο ενδιάμεσο. Όσον αφορά τον δεύτερο άξονα του διαγράμματος (κάθετος άξονας), η σημαντική διάκριση που παρατηρείται είναι μεταξύ των μεταβλητών που αντιστοιχούν στη διδακτική παρέμβαση (RQ_analogy, VOTAT και Trials) και των μεταβλητών που αντιστοιχούν στο νέο μαθησιακό συγκείμενο (NewRQ_analogy, NewVOTAT και NewTrials).



Εικόνα 30. Παραγοντικό διάγραμμα πολλαπλής παραγοντικής ανάλυσης αντιστοιχιών. Η κάθε συνθήκη αναπαρίσταται με μαύρο τετράγωνο και η κάθε μεταβλητή με άσπρο κύκλο. Ο πρώτος άξονας αντιπροσωπεύει το 80% της συνολικής διακύμανσης και ο δεύτερος άξονας το 20%. -μελέτη 4

Η συνθήκη 2 (EDT_Empty) χαρακτηρίζεται περισσότερο από τη στρατηγική VOTAT, αφού παρατηρώντας το διάγραμμα και ως προς τους δύο άξονες, οι μεταβλητές VOTAT και NewVOTAT συνδέονται με τη συνθήκη αυτή. Αυτό σημαίνει ότι για τη συγκεκριμένη συνθήκη αντιστοιχούν ψηλότερες τιμές σε αυτές τις δύο μεταβλητές, από ότι σε άλλες μεταβλητές που αξιοποιήθηκαν στην ανάλυση. Για τη συνθήκη 1 (EDT_Ready), τα πράγματα είναι λίγο διαφορετικά, καθώς φαίνεται η συνθήκη αυτή να συνδέεται περισσότερο με μεταβλητές που αφορούν μόνο τη διδακτική παρέμβαση. Συγκεκριμένα,

στη συνθήκη 1 αντιστοιχούν ψηλότερες τιμές για τη μεταβλητή RQ_analogy και τη μεταβλητή Trials. Τέλος, η συνθήκη 3 (no_EDT), συνδέεται περισσότερο μόνο με τη μεταβλητή NewRQ_analogy. Η μεταβλητή New Trials, βρίσκεται πολύ κοντά στο σημείο τομής των δύο αξόνων, συνεπώς δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιστοιχεί περισσότερο σε μία από τις τρεις συνθήκες, αλλά ότι και οι τρεις συνθήκες παρουσιάζουν μια σχετική αντιστοιχία ψηλών τιμών ως προς αυτή τη μεταβλητή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων μελέτης 1

Αντικείμενο διερεύνησης της μελέτης 1 ήταν η αξιοποίηση ενός εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Data Viewer της διαδικτυακής πλατφόρμας Go-Lab, το οποίο ενσωματώθηκε σε έναν Μαθησιακό Χώρο Διερώτησης για την ενότητα των Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων, και ειδικότερα για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και τα δύο είδη συνδεσμολογιών, σε σειρά και παράλληλα. Αναλυτικότερα, αξιοποιήθηκαν δύο εκδοχές του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, οι οποίες διέφεραν στον βαθμό υποστήριξης και προβληματισμού που παρείχαν στους μαθητές. Στην πρώτη εκδοχή του εργαλείου (συνθήκη 1), ο βαθμός υποστήριξης που παρείχε το εργαλείο στους μαθητές ήταν μικρότερος και ο βαθμός προβληματισμού μεγαλύτερος. Αυτό συνέβη γιατί, κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, οι μαθητές που αξιοποίησαν αυτή την εκδοχή του εργαλείου, είχαν άμεση πρόσβαση μόνο στην εξαρτημένη μεταβλητή που χειρίστηκαν στο εικονικό εργαστήριο του μαθήματος, καθώς πραγματοποιούσαν τα πειράματά τους. Για τις άλλες μεταβλητές που έτυχαν διαχείρισης κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, οι μαθητές έπρεπε να ανατρέξουν στις σημειώσεις τους για να μπορέσουν να επιλέξουν, τελικά, ποια θα ήταν η ανεξάρτητη μεταβλητή που χρειάζονται για τη γραφική τους παράσταση. Έπειτα, έπρεπε να δημιουργήσουν την ανεξάρτητη μεταβλητή στο εργαλείο, αξιοποιώντας τις δυνατότητες για δημιουργία μεταβλητών που προσφέρονται. Στη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου (συνθήκη 2), ο βαθμός υποστήριξης ήταν μικρότερος και ο βαθμός προβληματισμού μεγαλύτερος, λόγω του ότι οι μαθητές, μέσω του εργαλείου, είχαν πρόσβαση σε όλες τις μεταβλητές που έτυχαν διαχείρισης κατά τη διάρκεια σχεδιασμού και εκτέλεσης των πειραμάτων τους, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει η ανάγκη για τη δημιουργία οποιασδήποτε μεταβλητής στο ίδιο το εργαλείο. Για το μόνο πράγμα που έπρεπε να προβληματιστούν οι μαθητές, ήταν για το ποιες δύο μεταβλητές έπρεπε να επιλέξουν για τη δημιουργία των γραφικών τους παραστάσεων, δηλαδή την εξαρτημένη και ανεξάρτητη μεταβλητή της κάθε τους διερεύνησης. Οι διαφορετικές εκδοχές του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων που αξιοποιήθηκε για τις ανάγκες της μελέτης αυτής, φαίνεται ότι επηρέασαν με διαφορετικό τρόπο τις γνώσεις και τις

δεξιότητες που απέκτησαν οι μαθητές. Επίσης, έχουν βρεθεί σημαντικές διαφοροποιήσεις στον τρόπο που εργάστηκαν οι μαθητές για να ολοκληρώσουν τις πέντε φάσεις του κύκλου διερώτησης, από τις οποίες αποτελείτο το μαθησιακό περιβάλλον.

Οι μαθητές που χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου παρουσίασαν καλύτερη επίδοση στο δοκίμιο αξιολόγησης γνώσεων περιεχομένου. Στην πρώτη εκδοχή του εργαλείου, ο βαθμός προβληματισμού ήταν μεγαλύτερος, λόγω του ότι οι μαθητές κλήθηκαν να δημιουργήσουν την ανεξάρτητη μεταβλητή που χρειάζονταν για τη δημιουργία της γραφικής τους παράστασης. Η συγκεκριμένη διαμόρφωση του εργαλείου ανάγκασε τους μαθητές να προβληματιστούν για τη διερεύνηση που πραγματοποίησαν και να ανακαλέσουν πληροφόρηση από τα πειράματα που εκτέλεσαν, έτσι ώστε να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν κατάλληλα το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων για να ολοκληρώσουν τον αντίστοιχο στόχο. Η απαιτητικότητα του συγκεκριμένου στόχου μπορεί να θεωρηθεί ως μια κινητήριος δύναμη μεταγνωστικών διεργασιών, που τελικά είχαν θετική επίδραση στις γνώσεις περιεχομένου που απέκτησαν οι μαθητές.

Αντίθετα, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, παρουσίασαν καλύτερη επίδοση στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης. Στη συγκεκριμένη εκδοχή του εργαλείου, ο βαθμός υποστήριξης ήταν μεγαλύτερος λόγω του ότι οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους όλες τις μεταβλητές που χειρίστηκαν στο πείραμά τους και για το μόνο που έπρεπε να προβληματιστούν ήταν για το ποιες δύο μεταβλητές έπρεπε να επιλέξουν για να δημιουργήσουν τις κατάλληλες γραφικές παραστάσεις. Η διαμόρφωση του εργαλείου, σε αυτή την περίπτωση, ανάγκασε τους μαθητές να εμπλακούν σε μια διαδικασία επιλογής μεταβλητών, που οδήγησε τελικά στην ανάδειξη των δεξιοτήτων διερώτησης που αποκόμισαν. Πράγματι, η επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών για τη δημιουργία μιας γραφικής παράστασης, δηλαδή μιας εξαρτημένης και μιας ανεξάρτητης, προϋποθέτει ότι οι μαθητές είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τις μεταβλητές που εμπλέκονται σε ένα φαινόμενο και να τις διακρίνουν σε ανεξάρτητες, εξαρτημένες και σταθερές. Επιπλέον, κάτι τέτοιο υποδηλώνει ότι οι μαθητές είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τη διασύνδεση της εξαρτημένης και ανεξάρτητης μεταβλητής σε ένα πείραμα. Τα πιο πάνω βήματα αποτέλεσαν διαστάσεις του δοκιμίου αξιολόγησης δεξιοτήτων διερώτησης που χορηγήθηκε στους μαθητές. Συνεπώς, φαίνεται να δικαιολογείται η βελτίωση της επίδοσής τους στο εν λόγω διαγνωστικό δοκίμιο, σε σχέση με τους μαθητές που χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου.

Τα πιο πάνω αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων που προέρχονταν από τα δύο διαγνωστικά δοκίμια, γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης, μπορούν να εξηγηθούν με τους μηχανισμούς της δομής (*structuring*) και του προβληματισμού (*problematizing*), που περιγράφονται στην μελέτη του Reiser (2004). Πράγματι, οι δύο αυτοί μηχανισμοί, κατά τον σχεδιασμό και τη διαμόρφωση εργαλείων υποστήριξης, βρίσκονται συχνά σε αντιπαράθεση. Όταν η υποστήριξη των μαθητών για τη διεκπεραίωση ενός στόχου, γίνεται με την παροχή όσο το δυνατόν περισσότερων δομικών στοιχείων που τον αποτελούν, τότε ο προβληματισμός στον οποίο υπόκεινται οι μαθητές ελαττώνεται. Κάτι τέτοιο παρατηρήθηκε στην περίπτωση της δεύτερης εκδοχής του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων. Ενώ, όταν κατά την υποστήριξη που δέχονται οι μαθητές, εμφανίζονται λιγότερα δομικά στοιχεία, τότε οι μαθητές προβληματίζονται περισσότερο, ούτως ώστε να καταστούν ικανοί να ολοκληρώσουν τον στόχο. Αυτή η συμπεριφορά, παρατηρήθηκε όταν αξιοποιήθηκε η πρώτη εκδοχή του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων και είχε τελικά θετική επίδραση στις γνώσεις που απέκτησαν οι μαθητές.

Λόγω του ότι οι μαθητές και στις δύο συνθήκες παρουσίασαν ανάδρομη πορεία, αφότου άρχισαν να ασχολούνται με το υπό μελέτη εργαλείο, πραγματοποιήθηκαν επιπρόσθετες αναλύσεις εντός της κάθε συνθήκης, προκειμένου να δημιουργηθεί μια περισσότερο ξεκάθαρη εικόνα της πορείας εργασίας που ακολουθήθηκε σε κάθε περίπτωση. Για την πρώτη συνθήκη, βρέθηκε αρνητική συσχέτιση του χρόνου που αφιέρωσαν οι μαθητές στο εικονικό εργαστήριο με τον επιπλέον χρόνο που ξόδεψαν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και τον επιπλέον χρόνο που ξόδεψαν στο εικονικό εργαστήριο. Ενώ, για τη δεύτερη συνθήκη, βρέθηκε αρνητική συσχέτιση του χρόνου που ξόδεψαν οι μαθητές στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και του επιπλέον χρόνου που ξόδεψαν στο ίδιο εργαλείο, κατά την επιστροφή τους σε αυτό. Επιπρόσθετα, ο επιπλέον χρόνος που ξόδεψαν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων συσχετίζεται θετικά με τον επιπλέον χρόνο που ξόδεψαν στο εικονικό εργαστήριο.

Από τη σύγκριση των ενεργειών των μαθητών στις δύο συνθήκες της μελέτης, φάνηκε ότι, καθώς οι μαθητές κλήθηκαν να ολοκληρώσουν τη δραστηριότητα δημιουργίας γραφικών παραστάσεων μέσω του αντίστοιχου εργαλείου, επέστρεψαν σε προηγούμενες δραστηριότητες, προκειμένου να συγκεντρώσουν τα απαραίτητα στοιχεία που θα τους ήταν χρήσιμα για να μπορέσουν να φτιάξουν, τελικά, τις κατάλληλες γραφικές παραστάσεις για τις διερευνήσεις που πραγματοποίησαν στη φάση του πειραματισμού.

Ωστόσο, η ανάδρομη αυτή πορεία ήταν μεγαλύτερη σε χρονική διάρκεια για τους μαθητές που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου. Συγκεκριμένα, οι μαθητές σε αυτή την περίπτωση χρειάστηκε να επιστρέψουν πίσω στη δραστηριότητα σχεδιασμού πειραμάτων, η οποία πραγματοποιήθηκε στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων. Κατά την επιστροφή τους στο συγκεκριμένο εργαλείο, οι μαθητές συμπλήρωναν δεδομένα που έλειπαν από τις πειραματικές τους δοκιμές, πρόσθεταν καινούριες πειραματικές δοκιμές ή ακόμα, δημιουργούσαν έναν καινούριο πειραματικό σχεδιασμό. Η ανάγκη για επιστροφή των μαθητών της δεύτερης συνθήκης στο συγκεκριμένο εργαλείο, δικαιολογείται από το γεγονός ότι τα δεδομένα που οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους στο εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, προέρχονταν απευθείας από το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων. Συνεπώς, αν ο σχεδιασμός των μαθητών δεν περιλάμβανε τις κατάλληλες τιμές των μεταβλητών που εμπλέκονταν στο πείραμα (ανεξάρτητη, εξαρτημένη και σταθερές), η δημιουργία των γραφικών παραστάσεων δεν ήταν δυνατή. Η ανάγκη αυτή, δηλαδή η επιστροφή στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, δεν ήταν προεξέχουσα σημασίας για τους μαθητές που χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου, αφού στην προκειμένη περίπτωση το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων παρείχε πρόσβαση μόνο στις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, που προέρχονταν απευθείας από τις καταμετρήσεις της συγκεκριμένης μεταβλητής στο εικονικό εργαστήριο.

Η επιστροφή των μαθητών στο εικονικό εργαστήριο δε βρέθηκε να διαφέρει μεταξύ των δύο συνθηκών. Φάνηκε ότι, και στις δύο περιπτώσεις, οι μαθητές χρειάστηκε να επιστρέψουν στο εικονικό εργαστήριο για να επαναλάβουν ορισμένες διαδικασίες των πειραμάτων τους, ώστε να συγκεντρώσουν τις τιμές που ήταν απαραίτητες για τη δημιουργία των γραφικών τους παραστάσεων. Οι μαθητές στην πρώτη συνθήκη επέστρεψαν απευθείας στο εικονικό εργαστήριο για να διασφαλίσουν ότι έχουν συλλέξει τις κατάλληλες μετρήσεις της εξαρτημένης τους μεταβλητής και προφανώς, αρκετοί από αυτούς, χρειάστηκε να επαναλάβουν τη διαδικασία δημιουργίας συγκεκριμένων ηλεκτρικών κυκλωμάτων για να μπορέσουν να μετρήσουν το ηλεκτρικό ρεύμα (εξαρτημένη μεταβλητή). Οι μαθητές στη δεύτερη συνθήκη, όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω, κατά την επιστροφή τους σε προηγούμενες δραστηριότητες, ξόδεψαν σημαντικά μεγαλύτερο χρόνο στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων από τους μαθητές στην πρώτη συνθήκη. Παρόλα αυτά, για να μπορέσουν να ολοκληρώσουν έναν πειραματικό σχεδιασμό, στον οποίο έπρεπε να συμπεριλάβουν και τις τιμές της εξαρτημένης τους μεταβλητής, φαίνεται ότι χρειάστηκε να εργαστούν επιπλέον και στο εικονικό εργαστήριο.

Αυτό δικαιολογεί και το γεγονός ότι μεταξύ των δύο συνθηκών δε βρέθηκε να διαφέρει ο επιπλέον χρόνος που οι μαθητές ξόδεψαν στο εικονικό εργαστήριο.

Από τις συσχετίσεις που προέκυψαν για την πρώτη συνθήκη, συμπεραίνεται ότι οι μαθητές που χρησιμοποίησαν για περισσότερο χρόνο το εικονικό εργαστήριο, είχαν πραγματοποιήσει τα κατάλληλα ηλεκτρικά κυκλώματα και είχαν συλλέξει τις κατάλληλες τιμές για την εξαρτημένη τους μεταβλητή και έτσι, όταν χρειάστηκε να επιστρέψουν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και στο εικονικό εργαστήριο, ξόδεψαν λιγότερο χρόνο. Ενώ, από τις συσχετίσεις που προέκυψαν για τη δεύτερη συνθήκη, φαίνεται ότι οι μαθητές που ασχολήθηκαν με το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων για περισσότερο χρόνο, δε χρειάστηκε να το χρησιμοποιήσουν αρκετά κατά την επιστροφή τους σε αυτό. Και σε αυτή την περίπτωση, συμπεραίνεται ότι οι μαθητές που ξόδεψαν περισσότερο χρόνο στο συγκεκριμένο εργαλείο την πρώτη φορά που εργάστηκαν σε αυτό, έκαναν καλύτερη οργάνωση του πειράματός τους και επομένως, δε χρειάστηκε να πραγματοποιήσουν επιπρόσθετες ενέργειες στη συνέχεια, για να μπορέσουν τελικά να δημιουργήσουν τις γραφικές τους παραστάσεις. Ενώ, οι μαθητές που επέστρεψαν πίσω στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και αφιέρωσαν κάποιο χρονικό διάστημα για να πραγματοποιήσουν αλλαγές ή διορθώσεις, ασχολήθηκαν επιπλέον, για αρκετό χρόνο και με το εικονικό εργαστήριο. Αυτό συνέβη, προφανώς, για το λόγο ότι κατά την επιπρόσθετη εργασία στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, οι μαθητές πρόσθεσαν νέες πειραματικές δοκιμές στο σχεδιασμό τους ή δημιούργησαν νέους πειραματικούς σχεδιασμούς και συνεπώς, χρειάστηκαν επιπρόσθετο χρόνο για να πραγματοποιήσουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα στο εικονικό εργαστήριο και να συλλέξουν τις τιμές της εξαρτημένης τους μεταβλητής. Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα από τις συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων των ενεργειών των μαθητών και στις δύο συνθήκες, διαπιστώνεται ότι ο χρόνος που ξόδεψαν οι μαθητές στο εργαλείο που επικοινωνεί άμεσα με το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων (εικονικό εργαστήριο στην πρώτη συνθήκη και εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων στη δεύτερη συνθήκη) επηρέασε αρνητικά τον χρόνο που οι μαθητές αφιέρωσαν σε ενέργειες που πραγματοποίησαν κατά την ανάδρομη πορεία που ακολούθησαν. Συνεπώς, η ενδοεπικοινωνία μεταξύ των εργαλείων και στις δύο συνθήκες φαίνεται ότι είχε εύλογα αποτελέσματα, ως προς τις ενέργειες και τον χρόνο που αφιέρωσαν οι μαθητές σε κάθε στόχο, τόσο κατά την κανονική πορεία εργασίας, όσο και κατά την ανάδρομη πορεία που ακολούθησαν.

Ένα άλλο συμπέρασμα που προκύπτει από τα πιο πάνω αποτελέσματα, είναι ότι, τελικά και οι δύο εκδοχές του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, προκάλεσαν έναν βαθμό προβληματισμού στους μαθητές, ο οποίος όμως τους οδήγησε σε διαφορετικές ενέργειες εντός του ίδιου του μαθησιακού περιβάλλοντος. Αν και οι μαθητές δε γνώριζαν τη διασύνδεση του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων με το εικονικό εργαστήριο (συνθήκη 1) και με το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων (συνθήκη 2), κατευθύνθηκαν σε προηγούμενες δραστηριότητες προκειμένου να επανεξετάσουν την αξιοπιστία των δεδομένων τους, ούτως ώστε να μπορέσουν να τα χρησιμοποιήσουν στο εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, φτιάχνοντας τις κατάλληλες γραφικές παραστάσεις. Κατά την επιστροφή τους σε προηγούμενες δραστηριότητες και συγκεκριμένα στο εικονικό εργαστήριο και στη δραστηριότητα σχεδιασμού πειραμάτων, αφιέρωσαν χρόνο για να δουλέψουν ξανά τα μαθησιακά τους προϊόντα (δημιουργία ηλεκτρικών κυκλωμάτων και συμπλήρωση πειραματικού σχεδιασμού). Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες, φαίνεται ότι ο χρόνος που αφιερώνουν οι μαθητές σε διάφορους μαθησιακούς στόχους συνδέεται άμεσα με τις αποφάσεις που λαμβάνουν οι ίδιοι οι μαθητές για την κατανομή του χρόνου σε κάθε στόχο (π.χ., Metcalfe & Finn, 2008; Thiede, Anderson, & Theriault, 2003). Ωστόσο, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο ο βαθμός προβληματισμού που προκαλείται στους μαθητές, κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης διάφορων πρακτικών της διερώτησης, σχετίζεται με την κατανομή επιπρόσθετου χρόνου σε διάφορες ενέργειες κατά την επιστροφή τους σε προηγούμενες δραστηριότητες, καθώς ολοκληρώνουν μια σειρά δραστηριοτήτων διερώτησης σε ένα ψηφιακό μαθησιακό περιβάλλον. Ο τρόπος διερεύνησης των μαθησιακών προϊόντων, της πλοήγησης των μαθητών στο μαθησιακό περιβάλλον και της διασύνδεσης μεταξύ υποστηρικτικών εργαλείων, όπως πραγματοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη, φαίνεται να είναι μια χρήσιμη μεθοδολογία που θα μπορούσε να ενισχύσει την πληροφόρηση για τον σκοπό αυτό.

Πέρα από τον εντοπισμό συσχετίσεων μεταξύ παραμέτρων των ενεργειών των μαθητών σε κάθε συνθήκη, έχουν πραγματοποιηθεί και αναλύσεις για τον εντοπισμό προβλεπτικών παραγόντων για τις επιδόσεις των μαθητών στις γνώσεις περιεχομένου και στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων. Να αναφερθεί σε αυτό το σημείο ότι για τις ανάγκες της συγκεκριμένης ανάλυσης προτιμήθηκε η αξιολόγηση της δεξιότητας ερμηνείας δεδομένων και όχι η επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο αξιολόγησης δεξιοτήτων διερώτησης. Ο λόγος που έγινε αυτή η επιλογή είναι γιατί από το δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης είχαν αφαιρεθεί συνειδητά οι ερωτήσεις που αξιολογούσαν τη δημιουργία γραφικών

παραστάσεων και ερμηνεία δεδομένων, προκειμένου να μην επηρεάσει η συμπλήρωση των προδιαγνωστικών δοκιμών την εξέλιξη της δραστηριότητας της δημιουργίας γραφικών παραστάσεων μέσω του αντίστοιχου εργαλείου. Επομένως, η αξιολόγηση της δεξιότητας ερμηνείας δεδομένων έγινε βαθμολογώντας τις απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις ερμηνείας δεδομένων, που έπονταν της δραστηριότητας δημιουργίας γραφικών παραστάσεων. Αν οι μαθητές δημιούργησαν ορθά τις κατάλληλες γραφικές παραστάσεις για τις δύο διερευνήσεις που πραγματοποίησαν, τότε θα ήταν σε θέση να απαντήσουν ορθά στις ερωτήσεις που αφορούσαν τον εντοπισμό των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών (ανεξάρτητης και εξαρτημένης). Επομένως, ο τρόπος ορισμού της επίδοσης στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων που αξιοποιήθηκε για τις ανάγκες της μελέτης αυτής, θεωρείται έγκυρος.

Όσον αφορά την πρώτη συνθήκη, έχει βρεθεί ότι η βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου, προβλέπεται από τον επιπλέον χρόνο που ξόδεψαν οι μαθητές στο εικονικό εργαστήριο. Οι μαθητές που χρειάστηκε να επιστρέψουν πίσω στο εικονικό εργαστήριο και αφιέρωσαν αρκετό χρόνο για να επαναλάβουν τα πειράματά τους, τα πήγαν καλύτερα στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου. Μια πιθανή εξήγηση του αποτελέσματος αυτού, είναι ότι οι μαθητές που επέστρεψαν στο εικονικό εργαστήριο είχαν μια δεύτερη ευκαιρία να ασχοληθούν με όλες τις μεταβλητές που εμπλέκονταν στο υπό μελέτη φαινόμενο και επίσης, ήξεραν τι έψαχναν, λόγω του ότι ήδη είχαν συναντήσει το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων και εντόπισαν τις ελλείψεις. Επομένως, ο τρόπος που χειρίστηκαν το εικονικό εργαστήριο κρίνεται περισσότερο συστηματικός και αποτελεσματικός, επιτρέποντας στους μαθητές να αλληλεπιδράσουν ορθά με τις μεταβλητές που είχαν να χειριστούν, κάτι που τελικά επέφερε θετικά οφέλη στην απόκτηση γνώσεων περιεχομένου. Από εκεί και πέρα, για τους μαθητές που δεν ξόδεψαν αρκετό επιπλέον χρόνο στο εικονικό εργαστήριο, ο μεγαλύτερος αριθμός των υποθέσεων που διατύπωσαν στην αρχή του μαθήματος, δηλαδή στη φάση της εννοιολόγησης, είχε αρνητική επίδραση στην επίδοσή τους. Διαπιστώνεται επομένως ότι, όταν οι μαθητές είχαν να εξετάσουν περισσότερες από μία υποθέσεις, κάτι που σημαίνει ότι το γνωστικό φορτίο ήταν αυξημένο, δεν παρουσίασαν βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου στο τέλος της παρέμβασης. Συνοψίζοντας, ένας ισχυρισμός που προκύπτει από τις πιο πάνω διαπιστώσεις, είναι ότι στην περίπτωση της αξιοποίησης της πρώτης εκδοχής του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων κρίνεται σημαντικό οι μαθητές να ασχολούνται με μικρό αριθμό υποθέσεων, κάτι που ελαχιστοποιεί τον φόρτο εργασίας

τους και τους επιτρέπει να αφιερώνουν περισσότερο και παραγωγικότερο χρόνο στο εικονικό εργαστήριο, ακόμα και κατά τη διάρκεια ανάδρομης πορείας που ακολουθούν.

Η ανάλυση για την αναζήτηση προβλεπτικών παραγόντων της επίδοσης στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων για τους μαθητές της δεύτερης συνθήκης, οδήγησε σε εξίσου ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Αρχικά αναφέρεται ότι σε αυτή την περίπτωση δεν εμφανίστηκε ως προβλεπτικός παράγοντας κάποια μεταβλητή που αφορά ενέργεια των μαθητών κατά τη διάρκεια της επιστροφής τους σε προηγούμενες δραστηριότητες. Αντί αυτού, η εφαρμογή της στρατηγικής VOTAT στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και ο χρόνος που αφιέρωσαν οι μαθητές στο συγκεκριμένο εργαλείο, προβλέπουν την επίδοσή τους. Αναλυτικότερα, οι μαθητές που εφάρμοσαν τη στρατηγική VOTAT, δηλαδή κατά το σχεδιασμό του πειράματός τους μετέβαλλαν μόνο την ανεξάρτητη μεταβλητή, μετρούσαν την εξαρτημένη και κρατούσαν σταθερές τις υπόλοιπες, έδωσαν καλύτερες απαντήσεις στις ερωτήσεις ερμηνείας δεδομένων. Επιπρόσθετα, για τους μαθητές που εφάρμοσαν τη στρατηγική VOTAT, ο περισσότερος χρόνος ενασχόλησης με το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, τους βοήθησε να συγκεντρώσουν ψηλότερη βαθμολογία στις ερωτήσεις ερμηνείας δεδομένων. Δίνοντας μια εξήγηση για τους προβλεπτικούς παράγοντες που προέκυψαν σε αυτή την περίπτωση, διαπιστώνεται η σημασία του έγκυρου σχεδιασμού πειραμάτων στην απόκτηση δεξιοτήτων διερώτησης. Προφανώς, οι μαθητές που οργάνωσαν έγκυρα πειράματα και ασχολήθηκαν περισσότερο χρόνο με την οργάνωση των δεδομένων τους στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, ήταν καλύτερα προετοιμασμένοι για την εκτέλεση των πειραμάτων τους, όταν προχώρησαν στο εικονικό εργαστήριο και επομένως, δημιούργησαν κατάλληλα ηλεκτρικά κυκλώματα και πραγματοποίησαν επαρκείς μετρήσεις της εξαρτημένης τους μεταβλητής. Δεδομένου ότι η προεργασία που έγινε, πριν οι μαθητές συναντήσουν το εργαλείο δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, ήταν καλή, αυτό φαίνεται να λειτούργησε θετικά κατά τη δραστηριότητα ερμηνείας δεδομένων. Συμπεραίνεται, επομένως, ότι οι γραφικές παραστάσεις των μαθητών ήταν κατάλληλες και τους βοήθησαν να εξάγουν ορθές ερμηνείες για τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών.

Οι ίδιες αναλύσεις για εντοπισμό προβλεπτικών παραγόντων της βελτίωσης των γνώσεων περιεχομένου και της επίδοσης στη δεξιότητα ερμηνείας γραφικών παραστάσεων, πραγματοποιήθηκαν και για τη δεύτερη συνθήκη. Οι μαθητές, λοιπόν, που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, παρουσίασαν σημαντικότερη βελτίωση των γνώσεών τους όταν ξόδευαν λιγότερο χρόνο

στο εικονικό εργαστήριο την πρώτη φορά που ασχολήθηκαν με αυτό. Κάτι τέτοιο υποδηλώνει ότι η ουσιαστική ενασχόληση με το εικονικό εργαστήριο δεν μπορεί να ξεπερνά ένα χρονικό όριο. Ενώ οι μαθητές που ξόδεψαν περισσότερο χρόνο στο εικονικό εργαστήριο, την πρώτη φορά, προφανώς δημιουργούσαν διάφορα ηλεκτρικά κυκλώματα χωρίς όμως να ήταν καλά προετοιμασμένοι. Επομένως, ο περισσότερος χρόνος που χρειάστηκαν για τον σκοπό αυτό, δε σημαίνει κατ' ανάγκη, ότι αναλώθηκε σε παραγωγικές διαδικασίες. Κάτι τέτοιο επιβεβαιώνεται και από την παρακολούθηση των βιντεογραφημένων ενεργειών των μαθητών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπου φάνηκε ότι αρκετοί μαθητές δεν ήταν καλά προετοιμασμένοι για την εκτέλεση των πειραμάτων τους και καθυστέρησαν να δημιουργήσουν τα κυκλώματά τους, ή ακόμα δημιουργούσαν κυκλώματα που δεν ανταποκρίνονταν στη διερεύνηση που έπρεπε να πραγματοποιήσουν. Από εκεί και πέρα, για τους μαθητές που παρουσίασαν αυτή τη συμπεριφορά, φαίνεται ότι η βελτίωση της επίδοσής τους στις γνώσεις περιεχομένου μετριάζεται από τον χρόνο που ξόδεψαν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων. Όταν ο συγκεκριμένος χρόνος ήταν περισσότερος, οι επιδόσεις των μαθητών ήταν καλύτερες. Αυτό το αποτέλεσμα φαίνεται να ενισχύει τον ισχυρισμό για τη σημαντικότητα της καλής προεργασίας και οργάνωσης ενός πειράματος, προτού οι μαθητές προχωρήσουν στη φάση του πειραματισμού.

Για την πρόβλεψη της επίδοσης των μαθητών στη δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων, ο μόνος παράγοντας που εμφανίστηκε να είναι σημαντικός, είναι ο χρόνος που ξόδεψαν στο εικονικό εργαστήριο την πρώτη φορά που το χρησιμοποίησαν. Και σε αυτή την περίπτωση ισχύει κάτι αντίστοιχο, όπως και πιο πάνω. Δηλαδή, οι μαθητές που ασχολήθηκαν με το εικονικό εργαστήριο λιγότερο χρόνο, είχαν καλύτερη επίδοση. Από εκεί και πέρα δεν εμφανίστηκε κάποιος άλλος προβλεπτικός παράγοντας που να ερμηνεύει την επίδοση των μαθητών ως προς την ικανότητά τους να ερμηνεύουν τα δεδομένα τους. Ωστόσο, το ποσοστό ερμηνείας του δεντροδιαγράμματος που προέκυψε σε αυτή την περίπτωση είναι λίγο πιο πάνω από το 50% και επομένως, το αποτέλεσμα που προέκυψε δεν τυγχάνει αξιόπιστης ερμηνείας.

Κάνοντας μια σύνοψη των βασικότερων συμπερασμάτων που προκύπτουν από τα αποτελέσματα της μελέτης 1, διαφαίνεται ότι οι δύο εκδοχές του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων συνδέονται με διαφορετικές πτυχές της μάθησης και ενεργοποιούν διαφορετικούς μηχανισμούς αντιμετώπισης διαφόρων αναγκών που προκύπτουν κατά τη μαθησιακή διαδικασία. Η αξιοποίηση της πρώτης εκδοχής του εργαλείου ανέδειξε τη σημαντικότητα της παραγωγικής ενασχόλησης με το εικονικό

εργαστήριο, που θεωρείται το κυριότερο μέσο για την απόκτηση γνώσεων περιεχομένου. Η ενασχόληση των μαθητών με το εικονικό εργαστήριο, είτε την πρώτη φορά, είτε κατά τη διάρκεια της ανάδρομης πορείας που ακολουθήθηκε, οδήγησε στη βελτίωση των γνώσεων που απέκτησαν οι μαθητές. Επιπρόσθετα, η διαμόρφωση του εργαλείου σε αυτή την περίπτωση, όπου οι μαθητές είχαν λιγότερα δομικά στοιχεία για να ολοκληρώσουν τη δραστηριότητα της δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, κρίνεται περισσότερο απαιτητική. Επομένως, η μείωση του γνωστικού φορτίου που προκαλείται σε προηγούμενες δραστηριότητες είναι θεμιτή, έτσι ώστε να αυξηθούν τα μαθησιακά οφέλη, αφού, όπως φάνηκε από την επεξεργασία των δεδομένων από την καταγραφή του τρόπου εργασίας των μαθητών, ο μικρότερος αριθμός υποθέσεων που είχαν να εξετάσουν οι μαθητές ήταν αρωγός στη βελτίωση των γνώσεων που απέκτησαν. Όσον αφορά την καλλιέργεια της δεξιότητας ερμηνείας δεδομένων μέσα από γραφικές παραστάσεις, φάνηκε να είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ορθή διαχείριση των μεταβλητών και την οργάνωση του πειράματος πριν από την εκτέλεσή του στο εικονικό εργαστήριο. Συμπερασματικά, λοιπόν, η χρήση του συγκεκριμένου εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, όπου ο προβληματισμός που προκαλείται στους μαθητές είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου, πρέπει να συνοδεύεται από μείωση του γνωστικού φορτίου σε προηγούμενες δραστηριότητες, έτσι ώστε οι μαθητές να βελτιώσουν τις γνώσεις τους όσον αφορά το περιεχόμενο του μαθήματος. Επιπλέον, είναι σημαντικό να προωθείται η στρατηγική VOTAT, ώστε να ενισχυθεί η δεξιότητα ερμηνείας δεδομένων μέσα από γραφικές παραστάσεις.

Από την άλλη, η χρήση της δεύτερης εκδοχής του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων οδήγησε στη βελτίωση των δεξιοτήτων διερώτησης που απέκτησαν οι μαθητές. Ο κυριότερος λόγος που συνέβη αυτό, είναι ότι κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας προέκυψε η ανάγκη για επιστροφή στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, έτσι ώστε οι μαθητές να διαχειριστούν καλύτερα τις μεταβλητές που εμπλέκονταν στα πειράματά τους, εισάγοντας τις κατάλληλες τιμές και έπειτα να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα αυτά για τη δημιουργία των γραφικών τους παραστάσεων. Μάλιστα, φάνηκε ότι οι μαθητές που ξόδεψαν περισσότερο χρόνο στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων την πρώτη φορά, δε χρειάστηκε να ξοδέψουν αρκετό χρόνο κατά τη διάρκεια της επιστροφής τους σε αυτό. Κάτι τέτοιο ενισχύει τη σημαντικότητα της ορθής αξιοποίησης του συγκεκριμένου εργαλείου, το οποίο τελικά, επηρεάζει και τις μετέπειτα δραστηριότητες του κύκλου διερώτησης. Ειδικότερα, αν η προετοιμασία των μαθητών πριν από την ενασχόλησή τους με το εικονικό εργαστήριο είναι ικανοποιητική, τότε θα αναλώσουν

λιγότερο χρόνο, αλλά παραγωγικό, για την εκτέλεση των πειραμάτων τους, κάτι που βρέθηκε να προβλέπει τη βελτίωση των γνώσεων που απέκτησαν και την καλλιέργεια της δεξιότητας ερμηνείας δεδομένων.

Σχολιάζοντας τα πιο πάνω αποτελέσματα, διαπιστώνεται ότι η επιστροφή στο εικονικό εργαστήριο για την πρώτη συνθήκη, προώθησε την απόκτηση γνώσεων περιεχομένου, κάτι το οποίο αποτελεί μια σημαντική ένδειξη ότι η ανάδρομη πορεία για την επανεξέταση διάφορων δραστηριοτήτων του μαθησιακού περιβάλλοντος, ενδέχεται να προκάλεσε διαφορετικά οφέλη σε πτυχές των μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Πράγματι, ο χρόνος ενασχόλησης με μια δραστηριότητα υπογραμμίζεται ως μια σημαντική πτυχή μεταγνώσης σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα στις Φυσικές Επιστήμες (Yıldız-Feyzioğlu, Akınar, & Tatar, 2015) και παράλληλα, η μεταγνώση συνδέεται με την αυτό-ρυθμιζόμενη μάθηση (Fiorella, Vogel-Walcutt, & Fiore, 2012). Επιπλέον, το γεγονός ότι οι μαθητές αναγνώρισαν από μόνοι τους την αδυναμία να ολοκληρώσουν τον στόχο της δημιουργίας γραφικών παραστάσεων και αποφάσισαν να επιστρέψουν σε προηγούμενες δραστηριότητες, μπορεί να θεωρηθεί ως μια αποτυχία που αποτέλεσε μια σημαντική ευκαιρία για μάθηση (Reiser, 2004; Simons & Ertmer, 2006). Συνεπώς, η μελλοντική έρευνα θα ήταν χρήσιμο να προσανατολιστεί σε μια βαθύτερη διερεύνηση της επίδρασης που μπορεί να έχει ο σχεδιασμός υποστηρικτικών εργαλείων στις μεταγνωστικές δεξιότητες που αναπτύσσουν οι μαθητές. Επιπρόσθετα, όπως προτείνεται και από άλλες έρευνες, είναι σημαντικό η διερεύνηση των μεταγνωστικών δεξιοτήτων να εστιάζει στον τρόπο που αυτές προωθούνται και αποκτούνται από μαθητές διαφορετικών γνωστικών ικανοτήτων (Hofstein & Lunetta, 2004; Kalyuga & Sweller, 2004; Reisslein, Atkinson, Seeling, & Reisslein, 2006; Reisslein, Sullivan, & Reisslein, 2007; Seufert & Brünken, 2006).

Παράλληλα, η μελλοντική έρευνα προς την κατεύθυνση που αναφέρθηκε πιο πάνω είναι σημαντικό να διερευνήσει, επιπλέον, τη διαφοροποίηση των μεταγνωστικών επιπτώσεων που ενδέχεται να έχει η κατανομή του χρόνου στις επιμέρους δραστηριότητες ενός μαθησιακού περιβάλλοντος, όταν οι μαθητές ασχολούνται με αυτές για πρώτη φορά και όταν επαναλαμβάνουν ενέργειες των δραστηριοτήτων αυτών κατά την ανάδρομη πορεία που ακολουθούν. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων των συσχετίσεων, αλλά και οι προβλεπτικοί παράγοντες που προέκυψαν στις αναλύσεις δέντροδιαγραμμάτων της παρούσας μελέτης, υποστηρίζουν ότι μεταξύ των δύο αυτών διαφορετικών χρονικών στιγμών που οι μαθητές ασχολούνται με συγκεκριμένες δραστηριότητες, λειτουργούν

συμπληρωματικά για την επίτευξη δραστηριοτήτων που έπονται, όπως συνέβη με τη δραστηριότητα δημιουργίας γραφικών παραστάσεων στο υποστηρικτικό εργαλείο που αξιοποιήθηκε. Συγκεκριμένα, διαπιστώνεται ότι υπάρχει ένας ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την ενασχόληση με σημαντικές δραστηριότητες της διερώτησης, όπως είναι ο σχεδιασμός και η εκτέλεση πειραμάτων. Όταν ο χρόνος είναι λιγότερος από αυτό το όριο, τότε φαίνεται ότι η ανάδρομη πορεία είναι απαραίτητη για να μπορέσουν οι μαθητές να αφιερώσουν επιπλέον χρόνο, ο οποίος, τελικά, είναι καθοριστικός για την επιτυχή ολοκλήρωση τόσο των εν λόγω δραστηριοτήτων, όσο και των δραστηριοτήτων που έπονται. Πράγματι, η διαπίστωση αυτή επιβεβαιώνει τη σημασία του χρόνου που αφιερώνουν οι μαθητές για την ολοκλήρωση συγκεκριμένων μαθησιακών στόχων, κάτι που έχει τονιστεί και σε προηγούμενες μελέτες (π.χ., Karweit & Slavin, 1982; Slavin, 2014).

Ωστόσο, τονίζεται σε αυτό το σημείο ότι, ο χρόνος ενασχόλησης με μια δραστηριότητα δε σχετίζεται πάντα με σημαντικά μαθησιακά οφέλη, τόσο σε επίπεδο γνώσεων, όσο και σε επίπεδο δεξιοτήτων διερώτησης. Παρά το γεγονός ότι τα τεχνολογικά υποστηριζόμενα περιβάλλοντα μάθησης μπορούν να παρέχουν μια βελτιωμένη ποιότητα χρόνου που δαπανάται σε μαθησιακούς στόχους, υπήρξαν πολλές ενδείξεις ότι ενδέχεται να εμφανιστεί μια αρνητική επίδραση της τεχνολογίας στην προσοχή των μαθητών, για παράδειγμα όταν έρχονται αντιμέτωποι με πολλαπλούς μαθησιακούς στόχους (π.χ., Bowman, Waite, & Levine, 2015). Επειδή, στην παρούσα μελέτη, ο επιπλέον χρόνος ενασχόλησης με το εικονικό εργαστήριο κατά τη διάρκεια της ανάδρομης πορείας των μαθητών, είχε θετική επίδραση στη βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου, η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εξετάσει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια την επίδραση του χρόνου που διατίθεται κατά τη διάρκεια της σειριακής επεξεργασίας των μαθησιακών δραστηριοτήτων, σε σχέση με την επίδραση της κατανομής του χρόνου κατά τη διάρκεια της ανάδρομης πορείας που ακολουθούν οι μαθητές στο μαθησιακό περιβάλλον. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, να αποδειχθεί ότι η ανάδρομη πορεία με τα πιθανά οφέλη σε μεταγνωστικό επίπεδο, είναι ωφέλιμη μόνο όταν υφίσταται ένα χρονικό όριο κατά τη διάρκεια της σειριακής επεξεργασίας μαθησιακών στόχων, διαφορετικά, ενδέχεται να δαπανάται χρόνος σε μαθησιακούς στόχους κατά την ανάδρομη πορεία που δε θα έχουν επιπλέον προσθετική αξία για τη μάθηση.

Όσον αφορά πρακτικές εφαρμογές της πιο πάνω συζήτησης για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών, αλλά και για τη μάθηση με διερώτηση, φαίνεται ότι τα

αποτελέσματα της μελέτης αυτής οριοθετούν ένα νέο πεδίο έρευνας για τη σημασία της κατανομής του χρόνου σε μαθησιακές δραστηριότητες και τη σημασία της ανάδρομης πορείας που ακολουθούν οι μαθητές, κάτι το οποίο αξίζει να διευρυνθεί στο πεδίο έρευνας για την ανάπτυξη τεχνολογικά υποστηριζόμενων μαθησιακών περιβαλλόντων διερώτησης. Η διαφοροποίηση του προβληματισμού που προκαλείται στους μαθητές από υποστηρικτικά εργαλεία που πλαισιώνουν τέτοια μαθησιακά περιβάλλοντα, φαίνεται να προκαλεί την ανάγκη για ανάδρομη πορεία, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά μαθησιακά οφέλη. Σαφώς, η αρχιτεκτονική που πρέπει να διέπει τα υποστηρικτικά εργαλεία πρέπει να είναι κατάλληλη, ώστε κάτι τέτοιο να μπορεί να παρατηρηθεί κατά την αξιοποίησή τους από τους μαθητές. Προηγούμενες έρευνες, εστιάζουν κυρίως την προσοχή σε μια διαδοχική πορεία που ακολουθούν οι μαθητές κατά την ολοκλήρωση μαθησιακών στόχων (π.χ., Minner et al., 2010), χωρίς να γίνεται ιδιαίτερα εμφανές το γεγονός ότι η ενδεχόμενη ανάδρομη πορεία που οι μαθητές χρειάζεται να ακολουθήσουν, μπορεί να αποτελέσει σημαντική πληροφόρηση, τόσο για την εκπαιδευτική κοινότητα, όσο και για τους σχεδιαστές υποστηρικτικών εργαλείων. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής αποδεικνύουν ότι η ανάδρομη εργασία θα μπορούσε να συμβάλει ουσιαστικά στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων, ειδικά όταν δεν είχε αφιερωθεί επαρκής χρόνος στην εργασία σχετικά με ορισμένους μαθησιακούς στόχους και σε συγκεκριμένα υποστηρικτικά εργαλεία, κατά τη σειριακή επεξεργασία των μαθησιακών δραστηριοτήτων. Η επιστροφή σε προηγούμενους μαθησιακούς στόχους θα μπορούσε να είναι μια δυνατότητα που επιδιώκεται σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης, η οποία μπορεί να προσθέσει σημαντικά οφέλη στη μάθηση. Η μεγαλύτερη αξία της ανάδρομης πορείας, ενδέχεται να αναγνωρίζεται σε φάσεις όπου ένας μαθησιακός στόχος φαίνεται να είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τα αποτελέσματα προηγούμενων μαθησιακών στόχων, όπως φαίνεται να συμβαίνει με τον στόχο της δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, ο οποίος συνδέεται άμεσα με τη συλλογή των κατάλληλων δεδομένων κατά τη φάση του πειραματισμού.

Ταυτόχρονα, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη προσφέρουν σημαντικές ενδείξεις για τη διαμόρφωση κατάλληλης ανατροφοδότησης που μπορεί να περιλαμβάνεται στο ίδιο το μαθησιακό περιβάλλον, αλλά, επίσης, μπορεί να παρέχεται και από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό. Για παράδειγμα, όπως διαπιστώθηκε από το δεντροδιάγραμμα που προέκυψε για την πρώτη συνθήκη, ο αριθμός των υποθέσεων που είχαν να εξετάσουν οι μαθητές, επηρέασε αρνητικά τη βελτίωση της επίδοσής τους. Αυτό σημαίνει ότι, οι μαθητές κατά την ανάδρομη πορεία τους, ήρθαν αντιμέτωποι με όλες τις

διερευνήσεις που πραγματοποίησαν κατά την πρώτη φορά που ασχολήθηκαν με το στάδιο του πειραματισμού και συνεπώς η περιπλοκότητα της διαδικασίας ήταν αυξημένη. Σε μια τέτοια λοιπόν περίπτωση, μια ενδεχόμενη ανατροφοδότηση προς τους μαθητές που αντιμετώπισαν αυτή τη δυσκολία, θα μπορούσε να επισημαίνει ότι θα ήταν καλό να ασχοληθούν μόνο με μια υπόθεση και έπειτα, αν χρειαστεί, να επιστρέψουν ξανά για να εστιάσουν την προσοχή τους σε μια άλλη υπόθεση. Επομένως, προς αυτή την κατεύθυνση είναι σημαντικό να υπογραμμιστούν δύο σημαντικές πτυχές. Πρώτον, η επιλογή της κατάλληλης στιγμής παροχής ανατροφοδότησης μπορεί να είναι πολύ κρίσιμη για τη μάθηση (Pol, Harskamp, & Suhre, 2008) και δεύτερο, η προγραμματισμένη ανατροφοδότηση σε τεχνολογικά μαθησιακά περιβάλλοντα μπορεί να στηριχθεί στην αξιοποίηση της συμπεριφοράς των μαθητών, τόσο κατά την πλοήγησή τους στο μαθησιακό περιβάλλον, όσο και κατά την αξιολόγηση των μαθησιακών τους προϊόντων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εξατομίκευση της ανατροφοδότησης στα σημεία όπου χρειάζεται. Μια τέτοια δυνατότητα μπορεί να αποδειχθεί σημαντική στη γεφύρωση του χάσματος της διάγνωσης της συμπεριφοράς των μαθητών σε ένα ψηφιακό μαθησιακό περιβάλλον και της ποιότητας και καταλληλότητας των μαθησιακών προϊόντων που δημιουργούν, προκειμένου να προσφέρεται μια ετερο-συγχρονισμένη, προσαρμοσμένη ανατροφοδότηση και να αναπτύσσονται μαθησιακά περιβάλλοντα που είναι προσαρμοσμένα σε συγκεκριμένο μαθησιακό πληθυσμό (π.χ., Kalyuga, 2007). Εκτός από τους ποσοτικούς δείκτες (π.χ., χρόνο σε ένα μαθησιακό στόχο), οι ποιοτικοί δείκτες της συμπεριφοράς των μαθητών θα μπορούσαν, επίσης, να παρακολουθούνται, ώστε να συνδεθούν άμεσα με την παροχή διαμορφωτικής αξιολόγησης. Η διαμορφωτική αυτή αξιολόγηση θα πρέπει να θεσπιστεί με βάση την αλληλεπίδραση των μαθητών με τα υποστηρικτικά εργαλεία και με βάση τις ευκαιρίες που είναι διαθέσιμες για παρακολούθηση των μαθητών καθώς ολοκληρώνουν μια σειρά μαθησιακών δραστηριοτήτων σε ένα ψηφιακό περιβάλλον μάθησης. Μια τέτοια κατεύθυνση για μελλοντική έρευνα θα είναι ιδιαίτερα πολύτιμη για τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι θα έχουν απαραίτητη πληροφόρηση για να μπορούν να χρησιμοποιούν κατάλληλα τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερεύνησης στη διδακτική τους πρακτική, αφού η τεχνολογία τους επιτρέπει να εξοικονομήσουν πολύτιμο χρόνο κατά τη διαδικασία της διδασκαλίας.

Παράλληλα, οι πτυχές που αναφέρθηκαν πιο πάνω είναι σημαντικές κατά την προσαρμογή της ισορροπίας μεταξύ δομής και προβληματισμού που παρέχουν τα υποστηρικτικά εργαλεία σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερεύνησης.

Συγκεκριμένα, τα υποστηρικτικά εργαλεία πρέπει να προσφέρουν δυνατότητες προσαρμογής από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, προκειμένου να έχουν την ευκαιρία να κρίνουν κατά πόσο χρειάζεται να προσαρμόσουν ένα υποστηρικτικό εργαλείο ώστε να προσφέρει περισσότερη δομή έναντι προβληματισμού, ή το αντίθετο. Σύμφωνα με τη σύνδεση της κάθε εκδοχής του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων με διαφορετικές πτυχές της μάθησης, όπως φάνηκε στη συγκεκριμένη μελέτη, η βελτίωση γνώσεων περιεχομένου συνέβη όταν ο προβληματισμός που δημιουργούσε το εν λόγω εργαλείο ήταν περισσότερος, ενώ η βελτίωση των δεξιοτήτων διερώτησης συνέβη όταν η δομή που παρείχε το εργαλείο ήταν περισσότερη. Συνεπώς, ανάλογα με την έμφαση που θέλει ένας εκπαιδευτικός να δώσει σε μια διδακτική παρέμβαση, είναι θεμιτό να έχει αυτή τη δυνατότητα εναλλαγής των δύο αυτών αντίθετων μηχανισμών που διέπουν τη λειτουργία ενός υποστηρικτικού εργαλείου.

5.2 Συζήτηση αποτελεσμάτων μελέτης 2

Σκοπός της μελέτης 2 ήταν να εξετάσει κατά πόσο η καθοδήγηση που δέχονται οι μαθητές, υπό τη μορφή κατάλληλα σχεδιασμένων υποστηρικτικών εργαλείων, όταν εμπλέκονται σε απαιτητικές πρακτικές της διερώτησης, είναι αποτελεσματική. Η έμφαση που δόθηκε στην παρούσα μελέτη αφορούσε στις πρακτικές της διατύπωσης υποθέσεων και του σχεδιασμού έγκυρων πειραμάτων. Δεδομένου ότι η επιτυχής διεκπεραίωση αυτών των πρακτικών επηρεάζει τις μετέπειτα διαδικασίες της διερώτησης (π.χ., Kim & Pederson, 2011; Arnold et al., 2014), κρίνεται αναγκαία η παροχή καθοδήγησης, ιδιαίτερα για τους μικρούς μαθητές, οι οποίοι δεν είναι εξοικειωμένοι με τον τρόπο εργασίας κατά τη μάθηση με διερώτηση. Ωστόσο, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας διατριβής, η παροχή καθοδήγησης, κυρίως μέσω υποστηρικτικών εργαλείων, πρέπει να γίνεται με τρόπο που να μειώνει το μη παραγωγικό γνωστικό φορτίο και να αυξάνει το χρήσιμο (Kalyuga, 2007), το οποίο προσδίδει στους μαθητές την ικανότητα να αναλαμβάνουν ουσιαστική ευθύνη για την πραγματοποίηση της δραστηριότητας που υποστηρίζεται.

Λαμβάνοντας υπόψη τα πιο πάνω, έγινε μια προσπάθεια να διερευνηθεί η επίδραση δύο υποστηρικτικών εργαλείων, τόσο ξεχωριστά όσο και συνδυαστικά, προκειμένου να διαφανεί σε ποια περίπτωση τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι καλύτερα. Έτσι λοιπόν, αξιοποιήθηκαν δύο υποστηρικτικά εργαλεία της πλατφόρμας του Go-Lab, συγκεκριμένα,

το Hypothesis Scratchpad και το Experiment Design Tool, τα οποία κρίνονται κατάλληλα για την παροχή καθοδήγησης στους μαθητές κατά την ενασχόλησή τους με την πρακτική της διατύπωσης υποθέσεων και του σχεδιασμού πειραμάτων, αντίστοιχα. Στην έρευνα έγινε εφαρμογή μιας διδακτικής παρέμβασης σε τέσσερις συνθήκες, στην πρώτη χρησιμοποιήθηκαν και τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία, στη δεύτερη χρησιμοποιήθηκε μόνο το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, στην τρίτη μόνο το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων και η τέταρτη συνθήκη λειτούργησε ως ομάδα ελέγχου, όπου κανένα από τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία δε χρησιμοποιήθηκε κατά τη διδακτική παρέμβαση. Σε αυτό το σημείο σημειώνεται ότι, η διερεύνηση της επίδρασης που είχε η καθοδήγηση που έλαβαν οι μαθητές, είτε από το κάθε εργαλείο ξεχωριστά, είτε και από τα δύο εργαλεία συνδυαστικά, βασίστηκε κυρίως στα δεδομένα που προήλθαν από την παρακολούθηση της προόδου των μαθητών κατά τη διάρκεια ολοκλήρωσης της διδακτικής παρέμβασης και κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης δραστηριοτήτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα. Περισσότερα για την επιλογή αυτού του τύπου δεδομένων σχολιάζονται στη συνέχεια του υποκεφαλαίου αυτού.

Όσον αφορά τις γνώσεις περιεχομένου των μαθητών, φάνηκε ότι βελτιώθηκαν και στις τέσσερις συνθήκες μετά τη διδακτική παρέμβαση. Αυτό το αποτέλεσμα εν μέρει ήταν αναμενόμενο, αφού η μέση επίδοση στο προδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων, σε κάθε συνθήκη, ήταν σε πολύ χαμηλά επίπεδα, λόγω του ότι οι μαθητές είχαν διδαχθεί για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στην αρχή της σχολικής χρονιάς και η διδακτική παρέμβαση της έρευνας έγινε προς το τέλος της σχολικής χρονιάς. Επομένως, μετά την παρέμβαση ήταν πολύ λογικό όλοι οι μαθητές να αποκομίσουν σημαντικές γνώσεις για το αντικείμενο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Παρόλα αυτά, συγκρίνοντας τις επιδόσεις στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων, μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών, έχουν εντοπιστεί δύο σημαντικές διαφοροποιήσεις, η μία μεταξύ των συνθηκών 1 και 3 και η δεύτερη μεταξύ των συνθηκών 1 και 4. Και στις δύο περιπτώσεις οι μαθητές της συνθήκης 1, που χρησιμοποίησαν και τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία, το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων και το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικότερη βελτίωση των γνώσεών τους. Φαίνεται ότι τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία εξυπηρέτησαν τον σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκαν, βοηθώντας τους μαθητές να διεκπεραιώσουν ορθά τις επιστημονικές διαδικασίες που απαιτούνται κατά τη μάθηση με διερώτηση και τελικά, να οδηγηθούν σε ορθότερα συμπεράσματα για το υπό μελέτη γνωστικό αντικείμενο, γεγονός που αντικατοπτρίζεται στις επιδόσεις τους στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα βρίσκεται σε συμφωνία με την

αλληλεξάρτηση που παρουσιάζουν οι διαδικασίες της διερώτησης (π.χ., Germann, Aram, & Burke, 1996; Hofstein et al., 2005; Kremer et al., 2014, van Joolingen & Zacharia, 2009) και που τελικά φαίνεται να έχουν αντίκτυπο στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών. Ο ισχυρισμός αυτός, ενισχύεται και από το αποτέλεσμα που αναφέρεται στην περίπτωση της απουσίας του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων, δηλαδή στη συνθήκη 3, όπου οι μαθητές δε σημείωσαν σημαντική βελτίωση των γνώσεών τους, σε σύγκριση με τους μαθητές που είχαν στη διάθεσή τους το συγκεκριμένο εργαλείο, δηλαδή στη συνθήκη 2. Συγκεκριμένα, η απουσία του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων φαίνεται να επηρέασε αρνητικά την ορθή διατύπωση υποθέσεων και παρόλο που στην επόμενη φάση του μαθήματος, οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, το οποίο τους καθοδήγησε αποτελεσματικά στον σχεδιασμό έγκυρων πειραμάτων, μακροπρόθεσμα αυτό δεν ανιχνεύθηκε στις γνώσεις που αποκόμισαν οι μαθητές της συνθήκης αυτής. Ο κυριότερος λόγος που παρατηρήθηκε αυτό, ήταν γιατί οι πειραματικοί σχεδιασμοί των μαθητών, φαίνεται να μην αντιστοιχούσαν σε κατάλληλες υποθέσεις που έπρεπε να διατύπωναν για να μπορέσουν να διερευνήσουν τον αρχικό προβληματισμό του μαθήματος.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασαν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από την καταγραφή του τρόπου εργασίας των μαθητών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ένα σημαντικό αποτέλεσμα που προέκυψε είναι πως κάθε εργαλείο, ξεχωριστά, αποδείχθηκε αποτελεσματικό κατά την καθοδήγηση των μαθητών, προκειμένου να ολοκληρώσουν ορθά τη διατύπωση των υποθέσεών τους, στην περίπτωση των μαθητών της δεύτερης συνθήκης και να σχεδιάσουν έγκυρα πειράματα, στην περίπτωση των μαθητών της τρίτης συνθήκης. Συνεπώς, το κάθε εργαλείο αποδείχτηκε αποτελεσματικό για τον σκοπό που σχεδιάστηκε, αφού βρέθηκε να έχει θετική επίδραση σε παραμέτρους που είχαν να κάνουν με τη δεξιότητα που υποστηριζόταν. Δηλαδή, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, διατύπωσαν καλύτερες υποθέσεις από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου και οι μαθητές που σχεδίασαν τα πειράματά τους στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, κατάφεραν να οργανώσουν εγκυρότερους πειραματικούς σχεδιασμούς από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου. Η αποτελεσματικότητα που είχε το κάθε εργαλείο ξεχωριστά, μπορεί να αποδοθεί στον σχεδιασμό και ανάπτυξη των εργαλείων, καθώς αυτά διαθέτουν συγκεκριμένες λειτουργίες και οδηγίες που καθοδηγούν τους μαθητές να φτάσουν στα επιθυμητά αποτελέσματα, που δεν είναι άλλα από την ορθή σύνταξη μιας υπόθεσης ακολουθώντας την μορφή «Αν... τότε...», στην περίπτωση του εργαλείου διατύπωσης

υποθέσεων και τον έγκυρο πειραματικό σχεδιασμό που προκύπτει από την ορθή διαχείριση μεταβλητών, στην περίπτωση του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων.

Περαιτέρω, η επιτυχημένη καθοδήγηση που προσέφερε το κάθε εργαλείο στους μαθητές, μπορεί να αποδοθεί στην επαρκή αντιμετώπιση της πρόκλησης που προκύπτει κατά τον σχεδιασμό και ανάπτυξη υποστηρικτικών εργαλείων, η οποία αναφέρεται στις δύο αντικρουόμενες ανάγκες παροχής της δομής μιας διαδικασίας στους μαθητές, από τη μία και πρόκλησης προβληματισμού για την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής, από την άλλη (Reiser, 2004). Κατ' αυτόν τον τρόπο, το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων παρείχε στους μαθητές τις απαραίτητες λέξεις που χρειαζόνταν για την υπόθεσή τους, προβληματίζοντάς τους, παράλληλα, για τον τρόπο που έπρεπε να τις αξιοποιήσουν για να συντάξουν μια ορθά διατυπωμένη υπόθεση. Με παρόμοιο τρόπο, στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους όλες τις εμπλεκόμενες μεταβλητές, καθώς επίσης και τη δομή ενός έγκυρου πειραματικού σχεδιασμού (βλέπε στήλες «Μεταβάλλω», «Κρατώ σταθερό» και «Μετρώ» στο εν λόγω εργαλείο) και έπρεπε να προβληματιστούν για τον τρόπο διαχείρισης της κάθε μεταβλητής κατά τη διάρκεια του πειράματος, καθώς επίσης και για τις τιμές που θα έπαιρνε η κάθε μεταβλητή σε κάθε πειραματική δοκιμή.

Μια άλλη πιθανή εξήγηση για τη λεπτά ισορροπημένη συμβολή του κάθε εργαλείου, είναι ότι το κάθε ένα προσέφερε με αποτελεσματικότητα τις απαραίτητες διαδικαστικές πληροφορίες που χρειαζόνταν οι μαθητές, προκειμένου να ολοκληρώσουν τον κάθε στόχο με επιτυχία. Επιπρόσθετα, η επιτυχία του κάθε εργαλείου θα μπορούσε να αποδοθεί στο γεγονός ότι το κάθε ένα επέτρεπε τη σειριακή επεξεργασία της δραστηριότητας την οποία υποστήριζε. Κάτι τέτοιο αναφέρεται ως διαχωρισμός των στόχων μιας πολύπλοκης δραστηριότητας σε μικρότερης κλίμακας επιμέρους αναθέσεις, οι οποίες διαδέχονται η μία την άλλη (Clarke, Ayres, & Sweller, 2005; Pollock, Chandler, & Sweller, 2002). Έτσι λοιπόν, στην περίπτωση του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων, οι μαθητές αρχικά έρχονται σε επαφή με τις μεταβλητές που εμπλέκονται στο φαινόμενο που μελετούν και έπειτα, χρησιμοποιούν τη δομή «Αν... τότε...» για να συντάξουν την υπόθεσή τους. Στην περίπτωση του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων, οι μαθητές αρχικά αποφασίζουν με ποιο τρόπο θα διαχειριστούν τις μεταβλητές που εμπλέκονται στο πείραμα, στη συνέχεια προσθέτουν έναν αριθμό πειραματικών δοκιμών που θεωρούν επαρκή και τέλος, καθορίζουν ποιες τιμές θα έχουν οι μεταβλητές τους (ανεξάρτητη και σταθερές) σε κάθε πειραματική δοκιμή. Μια τέτοια σειριακή επεξεργασία των στόχων που απαιτούνται σε

μια απαιτητική δραστηριότητα, ενδεχομένως έχει διατηρήσει το απαραίτητο γνωστικό φορτίο, εντός των ορίων που οι μαθητές μπορούσαν να διαχειριστούν, με βάση τις γνωστικές τους ικανότητες και λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που προκύπτουν κατά την επεξεργασία πληροφοριών από τη μνήμη εργασίας (Kalyuga, 2007; Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998). Επιπρόσθετα, οι μαθητές φαίνεται να διατηρήθηκαν σε εγρήγορση και να παρακινήθηκαν κατάλληλα, ώστε να αντιμετωπίσουν τους επερχόμενους στόχους της δραστηριότητας (Reiser, 2004).

Όσον αφορά τη διερεύνηση της επίδρασης που είχε η παρουσία και των δύο υποστηρικτικών εργαλείων στο μαθησιακό περιβάλλον, βρέθηκε ότι οι μαθητές που χρησιμοποίησαν και τα δύο εργαλεία επωφελήθηκαν περισσότερο από τους μαθητές που χρησιμοποίησαν μόνο το ένα από τα δύο. Αυτό το αποτέλεσμα αποτελεί μία σαφή ένδειξη ότι η συνδυασμένη επίδραση των δύο υποστηρικτικών εργαλείων ξεπερνά την επίδραση του κάθε ενός ξεχωριστά. Αυτή η επίδραση ανιχνεύθηκε, κυρίως, στην ικανότητα των μαθητών να εφαρμόσουν τις δεξιότητες που απέκτησαν σε νέα μαθησιακά συγκείμενα, κάτι που ενισχύει τη δύναμη της επίδρασης του συνδυασμού των δύο υπό μελέτη υποστηρικτικών εργαλείων, αφού φαίνεται ότι προκάλεσαν τη μεταφορά μαθησιακών ωφελημάτων από ένα συγκείμενο σε άλλο. Επιπρόσθετα, η αποτελεσματικότητα του συνδυασμού των δύο εργαλείων ενισχύεται από τις θετικές συσχετίσεις που βρέθηκαν μεταξύ παραμέτρων που διερευνήθηκαν, στην περίπτωση της συνθήκης 1, όπου αξιοποιήθηκαν και τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία. Οι συσχετίσεις αυτές φανερώνουν ότι η χρήση των δύο υποστηρικτικών εργαλείων, όχι μόνο προσέφερε σημαντικά οφέλη ως προς τη βελτίωση των αντίστοιχων δεξιοτήτων, διατύπωσης υποθέσεων και σχεδιασμού πειραμάτων, ξεχωριστά, αλλά μπόρεσε παράλληλα να οδηγήσει σε βελτίωση της ικανότητας των μαθητών να εξαπλώσουν αυτού του είδους τη γνώση σε επερχόμενους στόχους, καθώς η ακολουθία δραστηριοτήτων εξελισσόταν. Συγκεκριμένα, οι μαθητές που κατάφεραν να διατυπώσουν ορθές υποθέσεις στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, μπόρεσαν, έπειτα, να σχεδιάσουν έγκυρα πειράματα στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, γεγονός που στη συνέχεια φάνηκε να επηρεάζει θετικά τον τρόπο με τον οποίο χειρίστηκαν το εικονικό εργαστήριο για να πραγματοποιήσουν τα πειράματά τους και να συλλέξουν τα απαραίτητα δεδομένα.

Η πιο πάνω σύνδεση, που έχει προκύψει στην παρούσα μελέτη, αποτελεί μια εμπειρική επιβεβαίωση της μεταφοράς των δεξιοτήτων που αποκτούν οι μαθητές, η οποία έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες έρευνες (π.χ., Arnold et al., 2014; Veermans et al., 2006).

Μάλιστα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, η μεταφορά αυτή εκδηλώνεται σε δύο διαφορετικές κλίμακες. Η πρώτη αφορά την καλλιέργεια της ικανότητας εφαρμογής των δεξιοτήτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα, ενώ η δεύτερη εντάσσεται στο πλαίσιο της εφαρμογής μιας ακολουθίας δραστηριοτήτων και αναφέρεται στα οφέλη που μεταφέρονται από τη μία δραστηριότητα στην επόμενη. Για την ενίσχυση του πιο πάνω ευρήματος, πραγματοποιήθηκε η παραγοντική ανάλυση αντιστοιχιών, στην οποία βρέθηκαν αντιστοιχίες μεταξύ των παραμέτρων που μελετήθηκαν και της συνθήκης στην οποία συμμετείχαν οι μαθητές, με τέτοιο τρόπο που επιβεβαιώνονται τα όσα έχουν αναφερθεί πιο πάνω.

Ένα άλλο σημείο που αξίζει να αναφερθεί, είναι το γεγονός ότι η παρούσα μελέτη επικεντρώθηκε στα μαθησιακά προϊόντα που δημιούργησαν οι μαθητές στο μαθησιακό περιβάλλον, τα οποία αξιοποιήθηκαν ως η κύρια πηγή δεδομένων για τις αναλύσεις, ενώ, λιγότερη έμφαση δόθηκε στα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα διαγνωστικά δοκίμια. Η επιλογή αυτή έγινε για δύο βασικούς λόγους, από τους οποίους ο πρώτος αφορά στην ηλικία των μαθητών. Λόγω του νεαρού της ηλικίας των μαθητών, η χορήγηση διαγνωστικών δοκιμίων για αξιολόγηση των δεξιοτήτων διερώτησης δεν κρίθηκε ως η καταλληλότερη μέθοδος για τη συλλογή δεδομένων, εφόσον οι μαθητές δεν έχουν ακόμη την ωριμότητα να απαντήσουν σοβαρά στις ερωτήσεις δοκιμίων τύπου πολλαπλής επιλογής και επίσης, αρκετοί μαθητές είναι είτε αλλόγλωσσοι, είτε δεν έχουν ακόμη επαρκώς ανεπτυγμένες δεξιότητες που σχετίζονται με την ανάγνωση και την κατανόηση ασκήσεων που απαιτούν λογική σκέψη και εφαρμογή νέας γνώσης. Επομένως, κρίθηκε καταλληλότερο να αξιοποιηθούν δεδομένα που προέρχονται απευθείας από την εργασία των μαθητών κατά τη διδακτική παρέμβαση. Ο δεύτερος και πιο βασικός λόγος, για την επιλογή των μαθησιακών προϊόντων ως πηγή δεδομένων, είναι γιατί επιτρέπουν την περίτεχνη διερεύνηση των επιπτώσεων της μεταφοράς γνώσεων και δεξιοτήτων που αποκτώνται, όπως αυτή συζητήθηκε πιο πάνω, τόσο σε επίπεδο ακολουθίας δραστηριοτήτων στο ίδιο μαθησιακό συγκείμενο, όσο και σε επίπεδο πραγματοποίησης δραστηριοτήτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα. Παράλληλα, το γεγονός ότι οι μαθητές εργάστηκαν σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον μάθησης, τους επέτρεψε να έχουν άμεση πρόσβαση στα μαθησιακά προϊόντα που δημιούργησαν κατά την ακολουθία των δραστηριοτήτων, οποιαδήποτε στιγμή επιθυμούσαν. Τα οφέλη από την αποθήκευση, ανάκτηση, αλλά και ανταλλαγή μαθησιακών προϊόντων, είναι κάτι που έχει αναδειχθεί και από προηγούμενη έρευνα που αφορά τα τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης (π.χ., de Jong, van Joolingen, Giemza, Girault,

Hoppe, Kindermann et al., 2010; de Jong et al., 2012). Επιπρόσθετα, στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι, η αξιοποίηση των δυναμικά παραγόμενων μαθησιακών προϊόντων, όπως αυτά που πραγματοποιούνται σε ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης, επιτρέπει τη διάγνωση της επίδοσης των μαθητών και προάγει, για τον λόγο αυτό, τη θέσπιση διαμορφωτικής αξιολόγησης (π.χ., Hovardas, 2016). Δεδομένου ότι συχνά δεν προσφέρονται στους μαθητές πολλές ευκαιρίες για αναστοχασμό κατά τη διάρκεια της εργασίας τους στα πλαίσια της μάθησης με διερώτηση (Hofstein & Lunetta, 2004), η επεξεργασία των μαθησιακών τους προϊόντων μπορεί να ενισχύσει τη μεταγνωστική διάσταση που εμπερικλείεται σε ένα μαθησιακό περιβάλλον, κάτι που επηρεάζει τη λήψη απόφασης για τη συνέχεια της έρευνας των μαθητών. Συνεπώς, αξίζει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο ότι, τα μαθησιακά προϊόντα που αποθηκεύονται κατά τη διάρκεια μιας ακολουθίας δραστηριοτήτων, που έχουν σχεδιαστεί και αναπτυχθεί σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης, μπορούν να λειτουργήσουν σαν ένας επιπρόσθετος μηχανισμός υποστήριξης των μαθητών, που θα τους παρέχει καθοδήγηση για τις επερχόμενες δραστηριότητες που πρέπει να διεκπεραιώσουν ή ακόμα για δραστηριότητες που θα πραγματοποιήσουν σε κάποιον άλλον χρόνο και για διαφορετικά μαθησιακά συγκείμενα.

Η μελλοντική έρευνα για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη υποστηρικτικών εργαλείων θα μπορούσε να στρέψει το ενδιαφέρον στα μαθησιακά προϊόντα που δημιουργούν οι μαθητές σε κάθε υποστηρικτικό εργαλείο, με απώτερο στόχο τη διερεύνηση πρόσθετων λειτουργιών που μπορεί να περιλαμβάνουν. Για παράδειγμα, η λειτουργία του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων που επιτρέπει τη μεταβολή του αριθμού των λέξεων που δίνονται στους μαθητές για να τις χρησιμοποιήσουν στις υποθέσεις που θα δημιουργήσουν, είναι μια πτυχή του εργαλείου που αξίζει να διερευνηθεί περαιτέρω, έτσι ώστε να εντοπιστεί ο κατάλληλος αριθμός λέξεων που οι μαθητές χρειάζονται για να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους. Έπειτα, αυξάνοντας τον αριθμό των λέξεων που υπάρχουν στο εργαλείο μειώνεται ο βαθμός προβληματισμού, αλλά οι μαθητές υποστηρίζονται περισσότερο όσον αφορά τη δομή και τα στοιχεία που πρέπει να έχει η υπόθεσή τους. Η μείωση του αριθμού των λέξεων, αντίθετα, αυξάνει τον βαθμό προβληματισμού και μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν πλέον οι μαθητές έχουν αποκτήσει κάποια εμπειρία με τη δραστηριότητα αυτή στο συγκεκριμένο εργαλείο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το ίδιο το εργαλείο μπορεί να είναι διαμορφωμένο με λιγότερες λέξεις μόνο για τους πιο έμπειρους μαθητές, όπως αναφέρεται και σε άλλες μελέτες (Kalyuga & Sweller, 2004; Reisslein et al., 2006; Seufert & Brünken, 2006). Στην περίπτωση του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων η σταδιακή μείωση της

υποστήριξης των μαθητών θα μπορούσε να αναφέρεται στον προσφερόμενο αριθμό μεταβλητών που οι μαθητές πρέπει να χρησιμοποιήσουν για να σχεδιάσουν τα πειράματά τους. Δεδομένου ότι τα υποστηρικτικά εργαλεία που ενσωματώνονται σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα περιβάλλοντα μάθησης με διερώτηση προσφέρονται για όλους τους μαθητές με τον ίδιο ακριβώς τρόπο (Kalyuga, 2007), θα ήταν δόκιμο η μελλοντική έρευνα να εστιάσει το ενδιαφέρον στον εντοπισμό της κατάλληλης χρονικής στιγμής στην οποία η υποστήριξη από ένα εργαλείο αρχίζει να είναι σταδιακά περιττή. Αν οι μαθητές ολοκληρώσουν αποτελεσματικά μια σειρά μαθησιακών δραστηριοτήτων, ακόμη και μετά την αφαίρεση των υποστηρικτικών εργαλείων από ένα ψηφιακό μαθησιακό περιβάλλον, τότε ενισχύονται οι ενδείξεις ότι η υποστηριζόμενη πρακτική έχει αποκτηθεί από τους μαθητές. Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εξετάσει περαιτέρω τις πιθανές επιπτώσεις που ενδέχεται να έχουν οι διαφορετικές διαμορφώσεις των υποστηρικτικών εργαλείων στο γνωστικό φορτίο που προκαλείται και στις απαιτήσεις της μνήμης εργασίας μέχρι ένας μαθησιακός στόχος να ολοκληρωθεί.

Ένα τελευταίο σημείο που αξίζει να σχολιαστεί, είναι ότι η καθοδήγηση των μαθητών στη φάση του πειραματισμού εμπερικλείει μια δυσκολία για τους εκπαιδευτικούς (Furtak, 2006; Kirschner, Sweller, & Clark, 2006), αλλά είναι σημαντικό η εξοικείωση με το δίκαιο πείραμα να ξεκινά από νεαρή ηλικία (Klahr & Nigam, 2004). Η ανεπιτυχής σχεδίαση και εκτέλεση δίκαιων πειραμάτων θα οδηγήσει τους μαθητές σε λανθασμένη εξαγωγή συμπερασμάτων (Arnold et al., 2014; Pedaste et al., 2015), κάτι που συνεπάγεται ότι αυξάνονται οι πιθανότητες αποδοχής μιας λανθασμένης υπόθεσης ή απόρριψης μια ορθής. Η αξιοποίηση τεχνολογικά υποστηριζόμενων μαθησιακών περιβαλλόντων που περιλαμβάνουν υποστηρικτικά εργαλεία για τον σκοπό αυτό, αποδεικνύεται ένας αποτελεσματικός συνδυασμός προς αυτή την κατεύθυνση, όπως έχει διαφανεί από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη 2. Συγκεκριμένα, η συσσωρευτική επίδραση που είχε η αξιοποίηση του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων και του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων από μαθητές δημοτικού, ενισχύει το επιχείρημα ότι αυτού του είδους υποστήριξη μπορεί να φανεί ιδιαίτερα αποτελεσματική όσον αφορά την απόκτηση δεξιοτήτων που υποστηρίζονται από τα εργαλεία αυτά. Παράλληλα, τα θετικά αποτελέσματα που βρέθηκαν στη μελέτη 2, ενισχύουν το επιχείρημα ότι η τεχνολογικά υποστηριζόμενη μάθηση με διερώτηση μπορεί να εφαρμόζεται όταν οι μαθητές είναι σε νεαρή ηλικία.

5.3 Συζήτηση αποτελεσμάτων μελέτης 3

Σκοπός της μελέτης 3 ήταν να αναδείξει τον καταλληλότερο βαθμό στήριξης που παρέχεται στους μαθητές κατά τη διάρκεια διατύπωσης υποθέσεων, μέσω ενός ειδικά σχεδιασμένου υποστηρικτικού εργαλείου. Για τον λόγο αυτό, στην παρούσα μελέτη έγινε σύγκριση της χρήσης του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων της πλατφόρμας του Go-Lab (Hypothesis Scratchpad), σε τρεις διαφορετικές συνθήκες. Στην πρώτη συνθήκη οι μαθητές δέχτηκαν τη μέγιστη δυνατή υποστήριξη από το εργαλείο, στη δεύτερη συνθήκη δέχτηκαν λιγότερη υποστήριξη και στην τρίτη δε δέχτηκαν καθόλου στήριξη από το εργαλείο, αλλά, αντιθέτως, προβληματίστηκαν από μόνοι τους προκειμένου να διατυπώσουν τις κατάλληλες υποθέσεις για τις διερευνήσεις που κλήθηκαν να πραγματοποιήσουν στο μαθησιακό περιβάλλον. Εξετάζοντας προσεκτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, επιβεβαιώνεται, γενικότερα, ότι η διατύπωση των υποθέσεων είναι μια ιδιαίτερα σύνθετη πρακτική κατά τη μάθηση με διερώτηση (de Jong, 2006b; Kremer et al., 2014), παρόλο που φαινομενικά μοιάζει να είναι ένας εύκολος στόχος για τους μαθητές. Ο λόγος που η συγκεκριμένη διαπίστωση ενισχύεται από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, έχει να κάνει κυρίως με την παραδοξότητα που παρουσιάζουν, η οποία αναδύεται από τα συμπεράσματα που σχολιάζονται στη συνέχεια.

Στην πρώτη συνθήκη υπενθυμίζεται ότι οι μαθητές χρησιμοποίησαν το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στο οποίο υπήρχαν όλα τα δομικά στοιχεία που ήταν απαραίτητα για τη διατύπωση των υποθέσεών τους, σχετικά με το φαινόμενο της βύθισης και της πλευσης που είχαν να διερευνήσουν. Για τον λόγο αυτό, ο βαθμός δομής που προσφέρθηκε στους μαθητές ήταν μεγάλος, ενώ αντίθετα, ο βαθμός προβληματισμού τους για τη διεκπεραίωση του στόχου της διατύπωσης υποθέσεων ήταν ελάχιστος. Σε αυτή λοιπόν την περίπτωση οι μαθητές δεν παρουσίασαν σημαντική βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου γύρω από το θέμα που διερεύνησαν, αλλά παρουσίασαν βελτίωση στο διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, που αξιολογούσε τις πτυχές της αναγνώρισης μεταβλητών και της αναγνώρισης και διατύπωσης υποθέσεων. Μάλιστα, σε σύγκριση με τις άλλες δύο συνθήκες, η βελτίωση αυτή ήταν σημαντικά μεγαλύτερη. Ωστόσο, μελετώντας τις υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές στο μαθησιακό περιβάλλον, αλλά και σε ένα νέο μαθησιακό συγκείμενο, δε διαπιστώθηκε ότι διέφεραν σημαντικά μεταξύ των τριών συνθηκών. Αυτό συνεπάγεται ότι, η συμβολή του εργαλείου

στην προκειμένη περίπτωση, περιορίστηκε στην κατανόηση της δομής και των στοιχείων που αποτελούν μια υπόθεση, η οποία όμως, εντοπίζεται όταν οι μαθητές εξετάζονται σε ένα διαγνωστικό δοκίμιο. Στη συνέχεια, εξετάζοντας τον τρόπο συσχέτισης διαφόρων παραμέτρων που προέκυψαν από τα δεδομένα καταγραφής του τρόπου εργασίας των μαθητών, φάνηκε ότι οι μαθητές της συνθήκης 1 παρουσίασαν μια ισορροπημένη πορεία ενασχόλησης με τις δύο πιο σημαντικές φάσεις του μαθησιακού περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, οι θετικές συσχετίσεις που βρέθηκαν μεταξύ του χρόνου που ξόδεψαν στη φάση της εννοιολόγησης με τον χρόνο που χρησιμοποίησαν το εικονικό εργαστήριο σε αυτή τη φάση και τον χρόνο ενασχόλησής τους με το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, υποδηλώνουν ότι, ενδεχομένως, δεν υπήρχε μονόπλευρη επίδραση μιας από τις δύο δραστηριότητες στον συνολικό χρόνο που διήρκεσε η εν λόγω φάση. Αυτή η ισορροπημένη κατανομή του χρόνου ενασχόλησης με τους δύο βασικούς στόχους της φάσης αυτής, της εξοικείωσης με το εικονικό εργαστήριο και της διατύπωσης υποθέσεων στο εργαλείο, ενισχύεται και από τη θετική συσχέτιση που βρέθηκε μεταξύ του χρόνου που ξόδεψαν οι μαθητές σε εργασία στο εικονικό εργαστήριο και του χρόνου που αξιοποίησαν το εργαλείο για τη διατύπωση των υποθέσεών τους. Όσον αφορά τη φάση της διερεύνησης, ο συνολικός χρόνος ενασχόλησής τους με αυτή βρέθηκε να συσχετίζεται θετικά με τον χρόνο που εργάστηκαν στο εικονικό εργαστήριο, αυτή τη φορά όμως, για την πραγματοποίηση των πειραμάτων τους. Καταληκτικά, οι μαθητές που είχαν στη διάθεσή τους το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων που τους παρείχε πλήρη υποστήριξη, ασχολήθηκαν εποικοδομητικά με το εικονικό εργαστήριο προκειμένου να διατυπώσουν στη συνέχεια τις υποθέσεις τους και έπειτα, στη φάση της διερεύνησης, αφιέρωσαν τον περισσότερο τους χρόνο πραγματοποιώντας δοκιμές στο εικονικό εργαστήριο προκειμένου να εξετάσουν τις υποθέσεις αυτές.

Στη δεύτερη συνθήκη, οι μαθητές δέχτηκαν λιγότερη υποστήριξη από το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, αφού είχαν στη διάθεσή τους μόνο μερικά από τα δομικά στοιχεία που χρειάζονταν για τη διατύπωση των υποθέσεών τους. Για τον λόγο αυτό, ο βαθμός προβληματισμού που παρείχε το εργαλείο στους μαθητές ήταν μεγαλύτερος, σε σύγκριση με την πρώτη συνθήκη. Οι μαθητές αυτής της συνθήκης, όπως και της πρώτης, δεν παρουσίασαν σημαντική βελτίωση των γνώσεών τους για το περιεχόμενο του μαθήματος, αλλά βελτιώθηκε σημαντικά η επίδοσή τους στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης. Η βελτίωση αυτή, ωστόσο, ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερη από τη βελτίωση που σημείωσαν οι μαθητές της συνθήκης 1. Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, οι υποθέσεις που διατυπώθηκαν από τους μαθητές κατά τη διδακτική παρέμβαση και κατά τη

δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ των τριών συνθηκών. Συνεπώς, και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται ότι η συμβολή του εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων εντοπίζεται στην ικανότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν μεταβλητές που εμπλέκονται σε ένα φαινόμενο και να αναγνωρίζουν κατάλληλες υποθέσεις που να ανταποκρίνονται σε διαφορετικά φαινόμενα, όπως αυτή αξιολογήθηκε μέσα από το διαγνωστικό δοκίμιο. Σχολιάζοντας τον τρόπο εργασίας των μαθητών της συνθήκης 2, φάνηκε ότι στη φάση της εννοιολόγησης λειτούργησαν με παρόμοιο τρόπο όπως και οι μαθητές της συνθήκης 1. Δηλαδή, ο συνολικός χρόνος διάρκειας της συγκεκριμένης φάσης βρέθηκε να συσχετίζεται θετικά με τον χρόνο ενασχόλησης και με τις δύο βασικές δραστηριότητες που είχαν να πραγματοποιήσουν, δηλαδή την εξοικειώσή τους με το εικονικό εργαστήριο του μαθήματος και τη διατύπωση των υποθέσεών τους. Η διαφοροποίηση στον τρόπο εργασίας των μαθητών της συνθήκης 2, εντοπίζεται στο γεγονός ότι βρέθηκε θετική συσχέτιση του χρόνου ενασχόλησης με τη φάση της εννοιολόγησης με τον χρόνο ενασχόλησης με τη φάση της διερεύνησης. Όμως, δεν εντοπίστηκε συσχέτιση του χρόνου ενασχόλησης με τη φάση της διερεύνησης και του χρόνου αξιοποίησης του εικονικού εργαστηρίου στην εν λόγω φάση. Ενδεχομένως, οι μαθητές σε αυτή την περίπτωση αφιέρωσαν περισσότερο χρόνο πλοήγησης στη φάση της διερεύνησης, χωρίς να πραγματοποιούν κάποια ουσιαστική ενέργεια, κάτι που υποδηλώνει ότι, ίσως ήταν απροετοίμαστοι για την πραγματοποίηση των διερευνήσεών τους ή ότι χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο να σκεφτούν και να διατυπώσουν τις παρατηρήσεις τους.

Τα αποτελέσματα που αφορούν την τρίτη συνθήκη παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αρχικά, υπενθυμίζεται ότι οι μαθητές της συνθήκης 3 χρησιμοποίησαν το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων χωρίς να έχουν στη διάθεσή τους κανένα δομικό στοιχείο για τη διατύπωση των υποθέσεών τους. Επομένως, για την ολοκλήρωση του στόχου αυτού έπρεπε να προβληματιστούν για τα στοιχεία τα οποία χρειαζόνταν για την κάθε τους υπόθεση και επίσης, έπρεπε να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους πληκτρολογώντας τις στον αντίστοιχο χώρο του εργαλείου. Σε αυτή λοιπόν τη συνθήκη, οι μαθητές παρουσίασαν σημαντική βελτίωση των γνώσεών τους για το φαινόμενο που μελέτησαν, κάτι που όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω δε συνέβη για τις συνθήκες 1 και 2. Πέρα όμως από τη βελτίωση των γνώσεών τους, οι μαθητές παρουσίασαν σημαντική βελτίωση και στην επίδοσή τους στο διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης. Σε σχέση, όμως, με τη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στις δύο άλλες συνθήκες, στη συγκεκριμένη περίπτωση η βελτίωση ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερη από τη βελτίωση που παρουσίασαν οι μαθητές της συνθήκης 1, ενώ δε βρέθηκε σημαντική διαφορά με τη βελτίωση που

παρουσίασαν οι μαθητές της συνθήκης 2. Ακόμη, αν και οι υποθέσεις των μαθητών δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ των τριών συνθηκών, η πλειοψηφία των υποθέσεων που διατυπώθηκαν από τους μαθητές της τρίτης συνθήκης, σύμφωνα με την κωδικοποίηση και ταξινόμηση των υποθέσεων που πραγματοποιήθηκε, ανήκαν σε κατηγορίες με μεγαλύτερο επίπεδο ορθότητας. Σχολιάζοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις συσχετίσεων που πραγματοποιήθηκαν, βρέθηκε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του χρόνου που ξόδεψαν οι μαθητές στο εικονικό εργαστήριο στη φάση της εννοιολόγησης και της βελτίωσης της επίδοσής τους στο διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης. Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι, για τις άλλες δύο συνθήκες, καμία παράμετρος που προέκυψε από την κωδικοποίηση του τρόπου εργασίας των μαθητών δε βρέθηκε να συσχετίζεται με τη βελτίωση της επίδοσής τους στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης. Συνεπώς, η βελτίωση που παρουσίασαν οι μαθητές, μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι, στην προσπάθειά τους να εντοπίσουν τις μεταβλητές που εμπλέκονταν στο φαινόμενο που μελετούσαν, ήρθαν σε ουσιαστική επαφή με το εικονικό εργαστήριο στη φάση της εννοιολόγησης, κάτι που τελικά επέδρασε θετικά στην ικανότητά τους να αναγνωρίζουν μεταβλητές και να διατυπώνουν ολοκληρωμένες και βάσιμες υποθέσεις. Μια άλλη θετική συσχέτιση που βρέθηκε για τη συνθήκη 3 ήταν μεταξύ του χρόνου που ξόδεψαν οι μαθητές στη φάση της εννοιολόγησης με τον χρόνο ενασχόλησής τους με το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, αλλά όχι με τον χρόνο αξιοποίησης του εικονικού εργαστηρίου στη φάση της εννοιολόγησης. Αυτή η συμπεριφορά μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι οι μαθητές της συνθήκης αυτής ολοκλήρωσαν τη διατύπωση των υποθέσεών τους ηλεκτρολογώντας τις, κάτι που τελικά αποδείχτηκε χρονοβόρα διαδικασία σε σύγκριση με τον τρόπο που εργάστηκαν στο εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων οι μαθητές των δύο άλλων συνθηκών. Τέλος, όπως και στην περίπτωση της πρώτης συνθήκης, βρέθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ της συνολικής διάρκειας της φάσης της διερεύνησης με τον χρόνο ενασχόλησης με το εικονικό εργαστήριο στη φάση αυτή. Αυτό συνεπάγεται ότι οι μαθητές στη φάση της διερεύνησης ασχολήθηκαν κυρίως με τη διεξαγωγή πειραματικών δοκιμών στο εικονικό εργαστήριο, προκειμένου να συλλέξουν αρκετά δεδομένα και αποδεικτικά στοιχεία για να εξετάσουν τις υποθέσεις τους.

Σχολιάζοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν και για τις τρεις συνθήκες, όσον αφορά τις επιδόσεις των μαθητών στα διαγνωστικά δοκίμια, προκύπτει ότι ο βαθμός προβληματισμού για τη διεκπεραίωση της διατύπωσης υποθέσεων ήταν καθοριστικός παράγοντας για τη βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου των μαθητών, αφού τελικά μόνο οι μαθητές της συνθήκης 3 παρουσίασαν βελτίωση της επίδοσής τους από το

προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο. Ενώ, οι ικανότητες των μαθητών να αναγνωρίζουν μεταβλητές και να αναγνωρίζουν και να διατυπώνουν υποθέσεις βελτιώθηκαν και στις 3 συνθήκες, με τη διαφορά ότι η βελτίωση της επίδοσης από το προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο δεξιότητων διερώτησης ήταν μεγαλύτερη για τους μαθητές της συνθήκης 1. Κάτι τέτοιο αποδεικνύει ότι το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων είναι αποτελεσματικό για τον σκοπό που σχεδιάστηκε, αφού οδήγησε σε ουσιαστική εμπλοκή των μαθητών στον στόχο της διατύπωσης υποθέσεων. Η βελτίωση των δεξιοτήτων διερώτησης των μαθητών των συνθηκών 1 και 2 ενισχύεται και από τα συμπεράσματα στα οποία έχουν καταλήξει άλλοι ερευνητές. Συγκεκριμένα, οι Chang et al., (2008), κατέληξαν στη διαπίστωση ότι ακόμα και αν μια υποστηριζόμενη διαδικασία αποκλείει το ενδεχόμενο εξερεύνησης της ίδιας της διαδικασίας από τους μαθητές, κάτι που στην παρούσα έρευνα αντικατοπτρίζεται στον μικρό βαθμό προβληματισμού που προκλήθηκε στους μαθητές από το ίδιο το εργαλείο, τα μαθησιακά οφέλη δε μηδενίζονται κατ' ανάγκη.

Στην περίπτωση της συνθήκης 3, που συγκριτικά με τις άλλες δύο παρουσίασε σημαντικά μαθησιακά οφέλη, τόσο σε επίπεδο γνώσεων περιεχομένου, όσο και σε επίπεδο δεξιοτήτων διερώτησης, ενδεχομένως, το εικονικό εργαστήριο στη φάση της εννοιολόγησης να λειτούργησε ως ένας επιπρόσθετος μηχανισμός υποστήριξης των μαθητών για ενίσχυση του γνωστικού τους υπόβαθρου, ώστε να είναι σε θέση να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους. Εξάλλου, είναι αποδεδειγμένο ότι, αν το γνωστικό υπόβαθρο δεν είναι ικανοποιητικό, τότε η ικανότητα διατύπωσης κατάλληλων υποθέσεων για ένα θέμα επηρεάζεται αρνητικά (Glaser et al., 1992; Park, 2006). Ενώ, αν οι μαθητές υποστηρίζονται κατάλληλα κατά τη διατύπωση υποθέσεων, οι προϋπάρχουσες γνώσεις ενεργοποιούνται προς όφελος της μαθησιακής διαδικασίας (Chang et al., 2008). Συνεπώς, ο προβληματισμός των μαθητών για τη διατύπωση υποθέσεων, σε συνδυασμό με την άμεση πρόσβαση που είχαν στο εικονικό εργαστήριο της φάσης της εννοιολόγησης, συνέδραμαν ουσιαστικά στην ενεργοποίηση των γνώσεων που προέρχονταν, είτε απευθείας από την πληροφόρηση που παρείχε το εικονικό εργαστήριο, είτε αποτελούσαν προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών. Η βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου των μαθητών, μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι η ικανότητά τους να διατυπώνουν υποθέσεις, έπειτα από την άμεση εμπειρία που είχαν εξερευνώντας σε βάθος το υπό μελέτη θέμα στο εικονικό εργαστήριο της φάσης της εννοιολόγησης, ενδεχομένως, να λειτούργησε ως μηχανισμός για γνωστική σύγκρουση και, τελικά, κατέκτησαν την

επιστημονικά ορθή γνώση για το συγκεκριμένο που μελέτησαν (π.χ., Chan, Burtis, & Bereiter, 1997).

Εξετάζοντας μεμονωμένα την κάθε συνθήκη και δεδομένου ότι και στις 3 συνθήκες οι μαθητές βελτίωσαν τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης, φαίνεται ότι ο τρόπος με τον οποίο εργάστηκαν στη φάση της εννοιολόγησης τους επέτρεψε να αντλήσουν την πληροφόρηση και τα στοιχεία που ήταν απαραίτητα για τη διατύπωση των υποθέσεων τους (π.χ., Kim & Pedersen, 2011). Παρά το γεγονός ότι οι υποθέσεις που διατυπώθηκαν από τους μαθητές στις τρεις συνθήκες δε διέφεραν σημαντικά, υπάρχουν ενδείξεις ότι οι μαθητές της συνθήκης 3 διατύπωσαν υποθέσεις που βαθμολογήθηκαν τελικά με ψηλότερο σκορ. Συνεπώς, ο συνδυασμός εξοικείωσης των μαθητών με το φαινόμενο που μελετούν και του προβληματισμού για τη διατύπωση υποθέσεων, αξίζει να διερευνηθεί περισσότερο, ώστε να προκύψουν βέλτιστες συνθήκες που να μεγιστοποιούν τα μαθησιακά οφέλη.

Το γεγονός ότι εντοπίστηκαν διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών ως προς τη βελτίωση της επίδοσής τους στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης και όχι στις υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, αλλά και κατά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, μπορεί να αιτιολογηθεί από το γεγονός ότι, στις δύο αυτές περιπτώσεις, οι υποθέσεις που διατυπώθηκαν παρουσίαζαν μια ιδιαιτερότητα ως προς τη δομή τους. Συγκεκριμένα, για τη διατύπωση των υποθέσεων για το συγκείμενο της βύθισης και πλεύσης αντικειμένων σε διαφορετικά υγρά, αλλά και της κατάδυσης και ανάδυσης ενός υποβρυχίου στη θάλασσα, ο καθορισμός της ανεξάρτητης μεταβλητής μπορούσε να πραγματοποιηθεί σε δύο διαφορετικές συνθήκες. Από τη μία οι μαθητές μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν είτε τη μάζα, είτε τον όγκο, είτε την πυκνότητα του αντικειμένου ή του υγρού ως ανεξάρτητη μεταβλητή και από την άλλη μπορούσαν να καθορίσουν την αλλαγή της ανεξάρτητης μεταβλητής μέσω μιας σύγκρισης μεταξύ δύο από τις πιο πάνω μεταβλητές. Επομένως, οι περισσότερες υποθέσεις που διατυπώθηκαν παρουσίαζαν σύγκριση μεταξύ των πυκνοτήτων του υγρού και του αντικειμένου, στην περίπτωση της διδακτικής παρέμβασης και σύγκριση της πυκνότητας του υποβρυχίου και της πυκνότητας της θάλασσας, στην περίπτωση της δραστηριότητας στο νέο μαθησιακό συγκείμενο. Οι υποθέσεις που διατυπώθηκαν σε αυτή τη μορφή κωδικοποιήθηκαν ως ορθότερες, γιατί ο στόχος της διδακτικής παρέμβασης ήταν η εύρεση του κανόνα βύθισης και πλεύσης διαφορετικών αντικειμένων σε διαφορετικά υγρά.

Ωστόσο, δεδομένου ότι για τη διατύπωση υποθέσεων οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες και αδυνατούν να διατυπώσουν τις κατάλληλες υποθέσεις που θα εξετάσουν στη συνέχεια (de Jong, 2006b; Hofstein et al., 2005; Kremer et al., 2014), το γεγονός ότι μεταξύ των τριών συνθηκών δε βρέθηκαν διαφορές και οι υποθέσεις των μαθητών ήταν ικανοποιητικές, υποδηλώνει ότι η συνολική καθοδήγηση που δέχτηκαν οι μαθητές μέσα από το μαθησιακό περιβάλλον ήταν κατάλληλη. Σε αντίστοιχο συμπέρασμα καταλήγει και μια άλλη έρευνα, με τη διαφορά ότι η καθοδήγηση και η υποστήριξη των μαθητών προερχόταν από τον εκπαιδευτικό (Oh, 2010). Στην περίπτωση των συνθηκών 1 και 2, η καθοδήγηση προήλθε κατά κύριο λόγο από το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, ενώ για τη συνθήκη 3, το εικονικό εργαστήριο λειτούργησε ως σημαντική βοήθεια για ενεργοποίηση του γνωστικού υπόβαθρου και για εντοπισμό των εμπλεκόμενων μεταβλητών που ήταν απαραίτητες για τη διατύπωση των υποθέσεων.

Η πιο πάνω διαπίστωση οδηγεί σε σημαντικές πρακτικές εφαρμογές για τον τρόπο με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης στη διδακτική τους πρακτική. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να λάβουν υπόψη τους τις σημαντικότερες επιδιώξεις της διδακτικής τους παρέμβασης και το επίπεδο εξοικείωσης των μαθητών τους με τις πρακτικές της διερώτησης. Συνεπώς, αν επιδιώκουν να καλλιεργήσουν την πρακτική της ορθής διατύπωσης επιστημονικών υποθέσεων σε μαθητές οι οποίοι δεν είναι εξοικειωμένοι με τη διερώτηση, τότε είναι θεμιτό να αξιοποιήσουν κατάλληλα σχεδιασμένο υποστηρικτικό εργαλείο, στο οποίο ο βαθμός δομής που παρέχεται για υποστήριξη της συγκεκριμένης διαδικασίας να είναι μεγάλος, όπως δηλαδή ήταν διαμορφωμένο το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων για τη συνθήκη 1. Αντίθετα, αν η βασική επιδίωξη του μαθήματος είναι οι μαθητές να ενεργοποιήσουν τις προϋπάρχουσες τους γνώσεις για ένα θέμα, προκειμένου να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους, τότε είναι καλύτερο να επιδιώξουν τον προβληματισμό των μαθητών για τη διαδικασία διατύπωσης υποθέσεων, όπως έγινε στη συνθήκη 3.

Μια άλλη σημαντική πρακτική εφαρμογή, που προκύπτει από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, είναι ότι η εντριβή των μαθητών με τις μεταβλητές που σχετίζονται με το φαινόμενο που μελετάται, είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για την ορθή διατύπωση υποθέσεων από αυτούς. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με το εικονικό εργαστήριο που θα αξιοποιούσαν στη συνέχεια στη φάση της διερεύνησης. Στην περίπτωση της συνθήκης 3, η ενασχόληση των μαθητών με το εικονικό εργαστήριο,

ενδεχομένως να ήταν καθοριστικός παράγοντας για τη διατύπωση των υποθέσεών τους, αφού οι μαθητές δεν έλαβαν περισσότερη καθοδήγηση από το υποστηρικτικό εργαλείο. Αυτός ο ισχυρισμός, μάλιστα, ενισχύεται από το γεγονός ότι οι μαθητές της συνθήκης 3 διατύπωσαν εξίσου καλές υποθέσεις με τους μαθητές των δύο άλλων συνθηκών και παρουσίασαν βελτίωση της ικανότητάς τους να αναγνωρίζουν μεταβλητές και να αναγνωρίζουν και να διατυπώνουν υποθέσεις, στο δοκίμιο αξιολόγησης δεξιοτήτων διερώτησης. Επομένως, οι προσπάθειες της έρευνας στο πεδίο των τεχνολογικά υποστηριζόμενων μαθησιακών περιβαλλόντων διερώτησης, θα πρέπει να εστιάσουν το ενδιαφέρον στην ανάδειξη νέων εμπειρικών δεδομένων και ενδείξεων για το πότε οι μαθητές καλλιεργούν τη δεξιότητα διατύπωσης υποθέσεων και είναι, παράλληλα, σε θέση να αναγνωρίζουν τη σημασία και σύνδεση των υποθέσεων με άλλες πρακτικές της επιστημονικής διερώτησης.

Ένας βασικός περιορισμός της μελέτης είναι ότι δεν εξέτασε το κατά πόσο οι υποθέσεις που διατύπωσαν οι μαθητές κατά τη διδακτική παρέμβαση και κατά τη δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, στηρίζονταν σε κάποια θεωρία και προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών. Ενδεχομένως, η υποστήριξη που έλαβαν οι μαθητές από το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων στις συνθήκες 1 και 2, να τους βοήθησαν να συντάξουν ορθά διατυπωμένες υποθέσεις, αλλά αυτό δε συνεπάγεται ότι οι υποθέσεις αυτές αντικατοπτρίζουν αυτό που πραγματικά πιστεύουν ότι συμβαίνει στο υπό μελέτη φαινόμενο. Επιπρόσθετα, το γεγονός ότι και οι μαθητές της συνθήκης 3 κατάφεραν να συντάξουν ορθά διατυπωμένες υποθέσεις, είναι μια ένδειξη ότι κατάφεραν να καταλάβουν τη σημασία της υπόθεσης σε μια διερεύνηση και προσπάθησαν να αποδώσουν μια εμπειριστατωμένη εικασία για το πότε ένα αντικείμενο βυθίζεται ή επιπλέει σε ένα υγρό. Γενικά μιλώντας, ένα σημαντικό εμπόδιο που αντιμετωπίζουν οι μαθητές είναι ότι δεν είναι σε θέση να συνδέσουν τις υποθέσεις που διατυπώνουν με τα πειράματα που πραγματοποιούν και αυτό έχει σαν επακόλουθο να μην υφίσταται σύνδεση ούτε με τα συμπεράσματα στο οποία καταλήγουν (McNeill et al., 2006; Sampson, Grooms, & Walker, 2011).

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχουν μερικοί ερευνητές που στρέφουν το ενδιαφέρον στην επαγωγική διαδικασία διατύπωσης υποθέσεων, κατά την οποία δίνεται έμφαση στη διατύπωση δηλώσεων που εξηγούν παρατηρήσεις των πραγματικών φαινομένων (Kim, 2003; Oh, 2008; Park, 2006). Παρόλο που στην παρούσα έρευνα αυτό δεν επιδιώχθηκε συνειδητά, εντούτοις, φαίνεται η εξοικείωση με το εικονικό εργαστήριο

στη φάση της εννοιολόγησης να επιτέλεσε αυτό τον σκοπό, κάτι που λειτούργησε περισσότερο στη συνθήκη 3, όπου οι μαθητές αφιέρωσαν αρκετό χρόνο στο εικονικό εργαστήριο στη φάση αυτή. Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι μαθητές αδυνατούν να συνδέσουν την πρακτική της διατύπωσης υποθέσεων με τη φύση της επιστήμης (Guisasola, Ceberio, & Zubimendi, 2005), προκύπτει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον να εξεταστεί το ενδεχόμενο συνδυασμού της καθοδήγησης μέσω υποστηρικτικών εργαλείων για τη διατύπωση υποθέσεων, με άλλες μορφές καθοδήγησης που θα βοηθούν τους μαθητές να αιτιολογούν τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών που εμπλέκονται σε ένα φαινόμενο. Πιθανός συνδυασμός παροχής υποστήριξης σε μεταγνωστικές πτυχές του στόχου της διατύπωσης υποθέσεων, όπως για παράδειγμα υποδείξεις και ερωτήσεις για αναστοχασμό, διατύπωση επεξηγήσεων, σύνδεση με τις προϋπάρχουσες γνώσεις, δυνατότητες αυτοελέγχου και έλεγχος της διαδικασίας από τους ίδιους τους μαθητές (Ge, Chen, & Davis, 2005), θα μπορούσαν να διερευνηθούν περαιτέρω, έτσι ώστε να ενισχυθούν τα θετικά μαθησιακά οφέλη από την αξιοποίηση υποστηρικτικών εργαλείων για τη διατύπωση υποθέσεων. Επιπρόσθετα, το ενδεχόμενο συνδυασμού άλλων μορφών καθοδήγησης με το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων, πιθανόν να οδηγήσει σε βαθύτερη κατανόηση του τύπου των υποθέσεων που τελικά διατυπώνουν οι μαθητές (Park, 2006).

Ένας άλλος περιορισμός της μελέτης 3, είναι ότι δεν έχει ληφθεί υπόψη το επίπεδο γνωστικής ωριμότητας και γνωστικής επάρκειας των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα. Αξίζει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο ότι το γνωστικό αντικείμενο της βύθισης και πλεύσης είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που προκαλεί διάφορες γνωστικές δυσκολίες στους μαθητές (Hsin & Wu, 2011; Marschner et al., 2012; Meindertsmas, van Dijk, Steenbeek, & van Geert, 2014). Επομένως, η εξέταση της γνωστικής ωριμότητας και γνωστικής επάρκειας των μαθητών θα μπορούσε να επιφέρει καλύτερες ερμηνείες της συμπεριφοράς τους κατά την εργασία τους στο μαθησιακό περιβάλλον και θα μπορούσε να εξηγήσει καλύτερα τις επιδόσεις τους στα δοκίμια αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για τον σκοπό της μελέτης 3.

5.4 Συζήτηση αποτελεσμάτων μελέτης 4

Αντικείμενο διερεύνησης της μελέτης 4 ήταν η σύγκριση δύο διαφορετικών διαμορφώσεων ενός υποστηρικτικού εργαλείου για τον σχεδιασμό πειραμάτων, καθώς επίσης, η σύγκριση της αξιοποίησης ή όχι του υποστηρικτικού εργαλείου για τον

σχεδιασμό πειραμάτων. Για τον σκοπό αυτό αξιοποιήθηκε το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων της πλατφόρμας του Go-Lab (Experiment Design Tool). Η διαμόρφωση του εργαλείου σε κάθε περίπτωση είχε σαν στόχο τη διαφοροποίηση του βαθμού δομής και προβληματισμού που προσφέρει το ίδιο το εργαλείο στους μαθητές. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η πρώτη διαμόρφωση του εργαλείου πραγματοποιήθηκε έτσι ώστε ο βαθμός δομής της δραστηριότητας που υποστηρίζεται από το εργαλείο να είναι μεγαλύτερος από τον βαθμό προβληματισμού που προκαλεί το εργαλείο στους μαθητές. Για την επίτευξη αυτής της διαμόρφωσης, οι μαθητές που εργάστηκαν με το εργαλείο είχαν στη διάθεσή τους έτοιμο τον πειραματικό σχεδιασμό για κάθε μία από τις δύο διερευνήσεις που κλήθηκαν να ολοκληρώσουν. Αυτό σημαίνει ότι ήταν καθορισμένη η ανεξάρτητη μεταβλητή, οι σταθερές μεταβλητές και η εξαρτημένη μεταβλητή. Συνεπώς, ολοκλήρωσαν τη δραστηριότητα συνεχίζοντας με τα επόμενα βήματα που έπρεπε να ολοκληρωθούν στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, που ήταν η προσθήκη πειραματικών δοκιμών και η εισαγωγή τιμών των μεταβλητών σε κάθε πειραματική δοκιμή. Η δεύτερη διαμόρφωση του εργαλείου διέφερε από την πρώτη στο σημείο του καθορισμού των μεταβλητών. Δηλαδή, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν αυτό το εργαλείο, δεν είχαν στη διάθεσή τους έτοιμο τον πειραματικό σχεδιασμό, αλλά έπρεπε να τον δημιουργήσουν χρησιμοποιώντας τις μεταβλητές που τους παρείχε το εργαλείο. Άρα οι μαθητές έλαβαν οι ίδιοι την απόφαση για το ποια μεταβλητή θα ήταν η ανεξάρτητη και ποια η εξαρτημένη, καθώς επίσης και ποιες μεταβλητές θα κρατούσαν σταθερές. Τα υπόλοιπα βήματα για την ολοκλήρωση της δραστηριότητας ήταν τα ίδια όπως και στην πρώτη περίπτωση. Εκτός από τις δύο διαμορφώσεις που αναφέρθηκαν, στη μελέτη υπήρχε και μια συνθήκη στην οποία δεν αξιοποιήθηκε κανένα είδος υποστήριξης από κάποιο εργαλείο. Σε αυτή την περίπτωση όλοι οι επιμέρους στόχοι που εμπλέκονται στη δραστηριότητα σχεδιασμού πειράματος έπρεπε να ολοκληρωθούν από τους μαθητές, χωρίς να έχουν στη διάθεσή τους οτιδήποτε άλλο εκτός από ένα εργαλείο πληκτρολόγησης κειμένου, στο οποίο κλήθηκαν να γράψουν με λεπτομέρεια τα πειράματα που θα πραγματοποιούσαν, κάνοντας αναφορά στις τιμές που θα είχαν οι διάφορες εμπλεκόμενες μεταβλητές. Συνεπώς, σε αυτή την περίπτωση δεν υπήρχε καθόλου υποστήριξη ως προς τη δομή του στόχου προς επίτευξη, αλλά, αντιθέτως, υπήρχε μόνο προβληματισμός των μαθητών, ως προς τον εντοπισμό των εμπλεκόμενων μεταβλητών, τον καθορισμό τους σε ανεξάρτητη, σταθερές και εξαρτημένη και έπειτα την αναφορά των πειραματικών δοκιμών με καθορισμένες τιμές για κάθε μεταβλητή. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σύγκριση των τριών συνθηκών παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς τα μαθησιακά οφέλη που επιτεύχθηκαν σε

κάθε μία από τις τρεις συνθήκες. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα κυριότερα συμπεράσματα που εξάγονται από την παρούσα έρευνα.

Το κυριότερο συμπέρασμα που εξάγεται από τα αποτελέσματα που αφορούν τις επιδόσεις των μαθητών στα δύο διαγνωστικά δοκίμια, είναι ότι και στις τρεις συνθήκες οι μαθητές παρουσίασαν βελτίωση των γνώσεων περιεχόμενου, χωρίς μεταξύ τους να υπάρχει διαφορά. Αυτό συνεπάγεται ότι ως προς τις γνώσεις που απέκτησαν οι μαθητές, οι διαφορετικές συνθήκες υποστήριξης κατά τον σχεδιασμό πειράματος, δε φαίνεται να επηρέασαν ούτε θετικά ούτε αρνητικά. Ενδεχομένως, η βελτίωση των γνώσεων μπορεί να αποδοθεί στην ενασχόληση με το μαθησιακό περιβάλλον αυτό καθαυτό, δεδομένου ότι είναι ένας τρόπος διδασκαλίας με τον οποίο οι μαθητές ένιωσαν άνετα να αλληλεπιδράσουν και δεδομένου ότι η αξιοποίηση εικονικού πειραματισμού, όπως αποδεικνύεται από προηγούμενες έρευνες, επιφέρει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα ως προς την εννοιολογική κατανόηση που επιτυγχάνουν οι μαθητές (π.χ., Manlove et al., 2006).

Από την άλλη, η σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης κατέδειξε διαφορετικά αποτελέσματα που δικαιολογούνται, όπως αναλύεται στη συνέχεια, από την υποστήριξη που δέχτηκαν οι μαθητές κατά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας του σχεδιασμού πειραμάτων από το υπό μελέτη υποστηρικτικό εργαλείο. Συγκεκριμένα, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι μόνο στη συνθήκη 2 παρατηρήθηκε βελτίωση των δεξιοτήτων διερώτησης των μαθητών. Μάλιστα, η βελτίωση των μαθητών από το προδιαγνωστικό στο μεταδιαγνωστικό δοκίμιο, ήταν συγκριτικά με τις δύο άλλες συνθήκες στατιστικά σημαντικότερη. Αυτό, λοιπόν, καταδεικνύει ότι η διαμόρφωση του εργαλείου σε αυτή την περίπτωση είχε ως θετικό αντίκτυπο την επιτυχία των μαθητών στο δοκίμιο αξιολόγησης δεξιοτήτων διερώτησης που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη. Αναλυτικότερα, η θετική επίδραση του εργαλείου ανιχνεύεται στην ικανότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν μεταβλητές που εμπλέκονται σε ένα φαινόμενο, να αναγνωρίζουν και να διατυπώνουν υποθέσεις και να σχεδιάζουν κατάλληλες διερευνήσεις. Λαμβάνοντας υπόψη τις λειτουργίες και δυνατότητες του υποστηρικτικού εργαλείου που χρησιμοποιήθηκε, αλλά και το γεγονός ότι η διαμόρφωση του εργαλείου παρείχε έναν βαθμό αυτονομίας στους μαθητές, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι το εργαλείο παρουσιάζει μια ισορροπημένη συνύπαρξη και συνέργεια των δύο μηχανισμών που περιγράφει ο Reiser (2004), της δομής και του προβληματισμού. Αυτό συνέβη, προφανώς, λόγω του ότι οι μαθητές της συνθήκης 2, που κλήθηκαν να ολοκληρώσουν τον

πειραματικό τους σχεδιασμό στο υποστηρικτικό εργαλείο, και μάλιστα είχαν στη διάθεσή τους όλες τις εμπλεκόμενες με το υπό μελέτη φαινόμενο μεταβλητές, αλλά, από την άλλη, η απόφαση για το ποια μεταβλητή θα μεταβάλλουν (ανεξάρτητη), ποιες θα κρατήσουν σταθερές και ποια μεταβλητή θα μετρήσουν (εξαρτημένη), ήταν καθαρά δική τους. Κάτω από αυτές λοιπόν τις περιστάσεις, η μείωση της περιπλοκότητας του στόχου μέσω της παροχής των εμπλεκόμενων μεταβλητών και η επαναφορά του γνωστικού φορτίου για τη λήψη απόφασης για τον τρόπο χειρισμού των μεταβλητών, ήταν ο κατάλληλος συνδυασμός για την επίτευξη των μαθησιακών ωφελημάτων που αξιολογούνται από το δοκίμιο αξιολόγησης δεξιοτήτων διερώτησης, που αξιοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα. Συνεπώς, ο προβληματισμός που προκλήθηκε στους μαθητές μέσω του εργαλείου, ενεργοποίησε το κατάλληλο γνωστικό φορτίο που μπορούσαν οι μαθητές να χειριστούν στο πλαίσιο της γνωστικής τους ικανότητας και μνήμης εργασίας (Kalyuga, 2007; Sweller et al., 1998).

Προκειμένου να εντοπιστούν περαιτέρω διαφορές στον τρόπο που πραγματοποίησαν τη δραστηριότητα σχεδιασμού πειραμάτων οι μαθητές σε κάθε συνθήκη, πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις μεταξύ των τριών συνθηκών, σε πτυχές που αφορούσαν τον τρόπο που εργάστηκαν και τα μαθησιακά προϊόντα που δημιούργησαν κατά την ολοκλήρωση του παρεμβατικού μαθήματος και της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο. Όπως καταδεικνύουν τα αποτελέσματα των συγκρίσεων, η συνθήκη 1 παρουσίασε σε ορισμένες πτυχές που μελετήθηκαν σημαντικό πλεονέκτημα σε σύγκριση με τη συνθήκη 3, ενώ η συνθήκη 2 παρουσίασε σημαντικό πλεονέκτημα σε ορισμένες πτυχές σε σύγκριση και με τις δύο άλλες συνθήκες. Ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα που εξάγεται από τις συγκρίσεις που πραγματοποιήθηκαν, είναι ότι το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων στις δύο συνθήκες που αξιοποιήθηκε, φαίνεται να υποστηρίζει αποτελεσματικά τους μαθητές ως προς την υιοθέτηση της στρατηγικής VOTAT, αφού και οι δύο συνθήκες παρουσίασαν σημαντική διαφορά σε σύγκριση με τη συνθήκη 3, ως προς το κατά πόσο τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν ήταν δίκαια. Ωστόσο, εξετάζοντας αυτό το σημαντικό πλεονέκτημα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, παρατηρήθηκε να διατηρείται μόνο για τη συνθήκη 2, σε σύγκριση με τη συνθήκη 1. Επομένως, η διαμόρφωση του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων στη δεύτερη συνθήκη, όπου οι μαθητές προβληματίστηκαν για να ολοκληρώσουν τον σχεδιασμό των πειραμάτων τους, αποδεικνύεται καλύτερη για την προώθηση της στρατηγικής VOTAT. Η ισορροπία και η συνέργεια των δύο μηχανισμών, δομής και προβληματισμού, φαίνεται ότι διατήρησε σε επιθυμητά επίπεδα το γνωστικό φορτίο των μαθητών, ούτως ώστε να κατακτήσουν αυτή τη σημαντική δεξιότητα.

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα που εντοπίζεται για τη συνθήκη 2, είναι το γεγονός ότι οι μαθητές είχαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε δραστηριότητες που έπονται της φάσης του πειραματισμού. Συγκεκριμένα, οι μαθητές της συνθήκης 2 ερμήνευσαν πιο ορθά τα δεδομένα που συνέλεξαν από τις διερευνήσεις τους, τόσο σε σύγκριση με τη συνθήκη 1, όσο και σε σύγκριση με τη συνθήκη 3. Επίσης, το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν ήταν πιο εμπειρισταωμένο σε σύγκριση με τα συμπεράσματα των μαθητών της συνθήκης 2. Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των συνθηκών 1 και 2, οι μαθητές της συνθήκης 1 παρουσίασαν πλεονέκτημα όσον αφορά την αντιστοιχία των πειραματικών τους σχεδιασμών με τα ερευνητικά ερωτήματα που κλήθηκαν να απαντήσουν και ως προς τις πειραματικές δοκιμές που οργάνωσαν πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων τους. Η συνοχή με τους αρχικούς προβληματισμούς του μαθήματος που παρουσίασαν οι ενέργειες των μαθητών της συνθήκης 1, δικαιολογείται, προφανώς, από το γεγονός ότι είχαν έτοιμους τους πειραματικούς τους σχεδιασμούς και ήταν πιο πιθανόν να επιμείνουν σε αυτούς, πραγματοποιώντας τους στη συνέχεια στο εικονικό εργαστήριο. Επίσης, η προσθήκη πειραματικών δοκιμών είναι μια λειτουργία που γίνεται με διαισθητικό τρόπο στο ίδιο το εργαλείο και επομένως ήταν μια δραστηριότητα που βοήθησε τους μαθητές να ολοκληρώσουν καλύτερα την οργάνωση των πειραμάτων τους, σε σύγκριση με τους μαθητές της συνθήκης 3, οι οποίοι έπρεπε να καταγράψουν σε μορφή κειμένου όλη τη διαδικασία που έπρεπε να ακολουθήσουν.

Τα πλεονεκτήματα από την αξιοποίηση του υποστηρικτικού εργαλείου για τον σχεδιασμό πειραμάτων ενισχύονται και από τα αποτελέσματα των συγκρίσεων που αφορούσαν πτυχές των ενεργειών και των μαθησιακών προϊόντων των μαθητών, όταν εργάστηκαν σε νέο μαθησιακό συγκείμενο. Όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω, το σημαντικότερο αποτέλεσμα ήταν το πλεονέκτημα της συνθήκης 2 ως προς την εφαρμογή της στρατηγικής VOTAT. Ένα άλλο σημαντικό αποτέλεσμα εντοπίζεται στην προσθήκη επαρκή αριθμού πειραματικών δοκιμών στους πειραματικούς σχεδιασμούς που ετοίμασαν οι μαθητές. Αυτή η πτυχή βρέθηκε να διαφέρει τόσο μεταξύ των συνθηκών 1 και 3, όσο και μεταξύ των συνθηκών 2 και 3, εις βάρος της συνθήκης 3. Συνεπώς, η απουσία υποστήριξης κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού πειραμάτων αναδεικνύει τη δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μαθητές ως προς αυτή την πτυχή, κάτι που συμφωνεί με αποτελέσματα που εντοπίζονται και στη σύγχρονη βιβλιογραφία (π.χ., Arnold et al., 2014; Chinn & Mallhotra, 2002; De Boer, Quellmalz, Davenport, Timms, Herrmann-Abell, Buckley et al., 2014). Όπως αποδεικνύεται από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, ένα κατάλληλα σχεδιασμένο υποστηρικτικό εργαλείο, όπως αυτό που αξιοποιήθηκε, μπορεί να βοηθήσει

τους μαθητές να ξεπεράσουν αυτή τη δυσκολία και να τους οδηγήσει στη δημιουργία πιο ολοκληρωμένων πειραματικών σχεδιασμών κατά το στάδιο του πειραματισμού.

Συνοψίζοντας όλα τα σημαντικά συμπεράσματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις συγκρίσεων μεταξύ των πτυχών που αφορούσαν τις ενέργειες και τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών, τόσο κατά τη διάρκεια του παρεμβατικού μαθήματος, όσο και κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, είναι σαφές ότι η παροχή δομής κατά τη δραστηριότητα του σχεδιασμού πειραμάτων προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για την εξοικείωση και την απόκτηση της δεξιότητας αυτής από τους μαθητές. Δεδομένου ότι η πρακτική του σχεδιασμού πειραμάτων είναι μια σύνθετη και περίπλοκη δραστηριότητα (Arnold et al., 2014; Furtak, 2006; Kirschner et al., 2006), ο τρόπος αποδόμησής της από το υποστηρικτικό εργαλείο που αξιοποιήθηκε ήταν ικανοποιητικός, αφού πέτυχε τη μείωση της περιπλοκότητας της διαδικασίας, ώστε οι μαθητές να καταφέρουν να ολοκληρώσουν όλους τους επιμέρους στόχους που την αποτελούν. Ωστόσο, η ταυτόχρονη πρόκληση προβληματισμού των μαθητών για την ολοκλήρωση πτυχών αυτής της διαδικασίας, αποδεικνύεται ιδιαίτερα επικερδής, κυρίως ως προς τη μεταφορά των μαθησιακών επιτευγμάτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα, γεγονός που συνδέει την αποτελεσματικότητα του εργαλείου με καλλιέργεια μεταγνωστικών δεξιοτήτων, όπως έχει αναφερθεί και σε άλλες έρευνες (π.χ., Hofstein & Lunetta, 2004; Lin & Lehman, 1999).

Περαιτέρω αναλύσεις συσχετίσεων που διενεργήθηκαν, οδηγούν σε διαφορετικά συμπεράσματα για τον τρόπο που οι μαθητές σε κάθε συνθήκη ολοκλήρωσαν το παρεμβατικό μάθημα. Όσον αφορά τη συνθήκη 1, το γεγονός ότι ο σχεδιασμός πειραμάτων ήταν δοσμένος, άρα η στρατηγική VOTAT ακολουθείτο, φαίνεται να βοήθησε τους μαθητές να ολοκληρώσουν με επιτυχία τους επόμενους στόχους, τόσο του σχεδιασμού πειραμάτων, όσο και στόχους που έπονται. Συγκεκριμένα, οι μαθητές που ακολούθησαν τελικά τη στρατηγική του δίκαιου πειράματος, μπόρεσαν στη συνέχεια να προσθέσουν επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών στο υποστηρικτικό εργαλείο, τις οποίες πραγματοποίησαν στη συνέχεια στο εικονικό εργαστήριο. Μάλιστα, οι μαθητές που κατάφεραν να ολοκληρώσουν επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών στο εικονικό εργαστήριο ήταν σε θέση να ερμηνεύσουν καλύτερα τα δεδομένα που συνέλεξαν. Δεδομένου ότι οι πιο πάνω συσχετίσεις που εντοπίστηκαν για τη συνθήκη 1, αφορούν διαδοχικές δραστηριότητες, καταδεικνύεται ότι η ύπαρξη του εργαλείου διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην επιτυχή ολοκλήρωσή τους. Κάτι τέτοιο, αποτελεί μια ένδειξη

εσωτερικής μεταφοράς των μαθησιακών επιτευγμάτων από τη μία δραστηριότητα στην επόμενη.

Η εικόνα που προκύπτει από τις αναλύσεις συσχετίσεων για τη συνθήκη 2 είναι λίγο διαφορετική. Σε αυτή την περίπτωση, φάνηκε ιδιαίτερα σημαντική η ικανότητα των μαθητών να σχεδιάσουν πειράματα που αντιστοιχούσαν στον αρχικό προβληματισμό του μαθήματος. Δεδομένου ότι οι μαθητές σε αυτή τη συνθήκη χρησιμοποίησαν το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων χωρίς να τους δίνεται έτοιμη η κατανομή των μεταβλητών στις κατάλληλες στήλες, «Μεταβάλλω», «Κρατώ σταθερό» και «Μετρώ», οι μαθητές που το κατάφεραν, μπόρεσαν στη συνέχεια να προσθέσουν επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών και να καταλήξουν σε έγκυρα συμπεράσματα. Φαίνεται, τελικά, ότι ο προβληματισμός που προκλήθηκε στους μαθητές προκειμένου να σχεδιάσουν τα πειράματά τους, είχε σαν αποτέλεσμα να εστιάσουν περισσότερο την προσοχή τους στο πρόβλημα που κλήθηκαν να διερευνήσουν και κάτι τέτοιο είχε σαν συνέπεια την ανάγκη για πραγματοποίηση διαφόρων δοκιμών προκειμένου να οδηγηθούν στην επίλυση αυτού του προβληματισμού. Έπειτα, η επαρκής οργάνωση πειραματικών δοκιμών στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, βοήθησε τους μαθητές στη συνέχεια να τις πραγματοποιήσουν στο εικονικό εργαστήριο, να ερμηνεύσουν με κατάλληλο τρόπο τα δεδομένα που συνέλεξαν, καταλήγοντας, έτσι, σε έγκυρα και τεκμηριωμένα συμπεράσματα. Συνεπώς, και στην περίπτωση της συνθήκης 2, οι συσχετίσεις μεταξύ διαδοχικών δραστηριοτήτων καταδεικνύουν ότι η επιτυχής ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων που αφορούσαν τη φάση του πειραματισμού, οδήγησε σε επιτυχή ολοκλήρωση των αμέσως επόμενων στόχων, της ερμηνείας των δεδομένων και της εξαγωγής έγκυρων συμπερασμάτων.

Τέλος, για τη συνθήκη 3 καθοριστικό ρόλο φαίνεται να κατέχει η στρατηγική VOTAT, όσον αφορά τις συσχετίσεις που εντοπίστηκαν. Υπενθυμίζεται ότι η συνθήκη 3 βρίσκεται σε μειονεκτικότερη θέση, ως προς τις πτυχές που μελετήθηκαν, από τις συνθήκες 1 και 2. Ωστόσο, οι μαθητές που κατάφεραν χωρίς την υποστήριξη του εργαλείου να σχεδιάσουν δίκαια πειράματα, ήταν πιθανότερο να οργανώσουν επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών και έπειτα να τις πραγματοποιήσουν στο εικονικό εργαστήριο. Ακόμα, οι μαθητές που κατάφεραν να ερμηνεύσουν τα δεδομένα τους σωστά, μπόρεσαν στη συνέχεια να καταλήξουν σε ορθά συμπεράσματα. Παρόλα αυτά, ο μειωμένος αριθμός συσχετίσεων που εντοπίστηκαν για τη συνθήκη 3, σε συνδυασμό με την απουσία συσχετίσεων μεταξύ διαδοχικών δραστηριοτήτων, κάτι που εντοπίστηκε στις δύο άλλες συνθήκες, αποδεικνύει ότι η απουσία της υποστήριξης των μαθητών από ένα εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων,

δε βοηθά στην ομαλή ολοκλήρωση όλων των διαδικασιών της διερώτησης. Τέλος, σχολιάζοντας τη σημασία της στρατηγικής VOTAT, που εμφανίστηκε στα αποτελέσματα των αναλύσεων συσχέτισης για τη συνθήκη 3, αποδεικνύεται ότι αποτελεί το πρώτο κομμάτι του σχεδιασμού ενός πειράματος που επηρεάζει και τα επόμενα βήματα των μαθητών. Πράγματι, η συγκεκριμένη στρατηγική για τον σχεδιασμό πειραμάτων αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως ένα κρίσιμο στοιχείο για τον επιτυχημένο σχεδιασμό και εκτέλεση των πειραμάτων (Glaser et al., 1992; NRC, 2000; Tsirgi, 1980; Veermans et al., 2006).

Όσον αφορά τις αναλύσεις συσχετίσεων για την κάθε συνθήκη, στις τρεις πτυχές που μελετήθηκαν σε νέο μαθησιακό συγκείμενο, αντιστοιχία ερωτήματος με πειραματικό σχεδιασμό, εφαρμογή της στρατηγικής VOTAT και προσθήκη επαρκών πειραματικών δοκιμών, εντοπίστηκαν σημαντικά αποτελέσματα μόνο για τις συνθήκες 1 και 2. Αναλυτικότερα, οι μαθητές της συνθήκης 1 που σχεδίασαν πειράματα που αντιστοιχούσαν στο αρχικό ερώτημα που τέθηκε, ήταν πιθανότερο να ακολουθήσουν τη στρατηγική VOTAT. Το αποτέλεσμα αυτό, ωστόσο, δικαιολογείται από το γεγονός ότι ο σχεδιασμός του πειράματος ήταν δοσμένος στους μαθητές και αυτοί έπρεπε να ολοκληρώσουν τις επόμενες δραστηριότητες στο εργαλείο, την προσθήκη πειραματικών δοκιμών και τιμών στις μεταβλητές κάθε πειραματικής δοκιμής. Εντούτοις, από τα δεδομένα της καταγραφής του τρόπου εργασίας των μαθητών, φάνηκε ότι υπήρχαν και μερικοί μαθητές οι οποίοι, παρόλο που είχαν έτοιμο τον πειραματικό σχεδιασμό, κατά την προσθήκη τιμών στις σταθερές μεταβλητές του πειράματος έβαζαν διαφορετικές τιμές σε κάθε πειραματική δοκιμή. Κάτι τέτοιο, όμως, συνέβη σε μεμονωμένο αριθμό μαθητών και δεν επηρέασε, τελικά, το αποτέλεσμα της θετικής συσχέτισης των δύο πτυχών που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Στη συνθήκη 2, βρέθηκε ότι οι μαθητές που κατάφεραν να σχεδιάσουν έναν πειραματικό σχεδιασμό που αντιστοιχούσε στο αρχικό ερώτημα της δραστηριότητας σε νέο συγκείμενο, ήταν πιθανότερο να καταφέρουν να προσθέσουν επαρκή αριθμό πειραματικών δοκιμών στο εργαλείο. Μια τέτοια θετική συσχέτιση εντοπίστηκε και κατά την εργασία των μαθητών της συνθήκης 2 στο παρεμβατικό μάθημα, υποδεικνύοντας ότι η προσθήκη πειραματικών δοκιμών πραγματοποιήθηκε με συνεκτικό και οργανωμένο τρόπο από τους μαθητές, κατανοώντας τη σημασία των πολλαπλών πειραματικών δεδομένων κατά τη διερεύνηση ενός επιστημονικού ερωτήματος.

Τα πράγματα για την κάθε συνθήκη ξεκαθαρίζουν, εντούτοις, μέσα από τα αποτελέσματα της πολλαπλής παραγοντικής ανάλυσης, όπου φαίνεται καλύτερα η αντιστοιχία της κάθε

συνθήκης με πτυχές που ανταποκρίνονται και στις δύο χρονικές στιγμές που οι μαθητές ασχολήθηκαν με τη διαδικασία σχεδιασμού πειραμάτων. Το πρώτο σημαντικό συμπέρασμα που προέκυψε από το πολλαπλό παραγοντικό διάγραμμα αντιστοιχιών, ήταν η ξεκάθαρη διάκριση της κάθε συνθήκης, με τη συνθήκη 1 να βρίσκεται στο ενδιάμεσο των δύο άλλων συνθηκών. Αυτό το αποτέλεσμα, ενισχύει το συμπέρασμα για την επιτυχημένη συνέργεια των δύο μηχανισμών δομής και προβληματισμού που λήφθηκαν υπόψη κατά τη διαμόρφωση του υποστηρικτικού εργαλείου που αξιοποιήθηκε στη συνθήκη 2. Ενώ, στη συνθήκη 1, όπου ο βαθμός δομής ήταν μεγαλύτερος, η υποστήριξη που δέχθηκαν οι μαθητές δεν επέφερε τα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Επιπλέον, και στην περίπτωση που οι μαθητές αφέθηκαν χωρίς υποστήριξη κατά τον σχεδιασμό των πειραμάτων τους, ο βαθμός προβληματισμού τους ήταν τόσο μεγάλος, που σε συνδυασμό με την αυξημένη περιπλοκότητα της ίδιας της δραστηριότητας, δεν επέτρεψαν στους μαθητές να επωφεληθούν ιδιαίτερα από τη μαθησιακή διαδικασία.

Εξίσου σημαντικό συμπέρασμα που σχετίζεται με τη διαμόρφωση του εργαλείου στη συνθήκη 2, είναι το γεγονός ότι το εργαλείο, σε αυτή την περίπτωση, προώθησε αποτελεσματικά τη στρατηγική VOTAT. Μέσα από το διάγραμμα αντιστοιχιών, φάνηκε ότι η συνθήκη 2 χαρακτηρίζεται από σχετικά ψηλές τιμές στην πτυχή της αξιολόγησης της εφαρμογής ή όχι της συγκεκριμένης στρατηγικής από τους μαθητές, τόσο κατά τη διάρκεια του παρεμβατικού μαθήματος, όσο και κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας σε νέο μαθησιακό συγκείμενο. Συνεπώς, η διαμόρφωση του εργαλείου στη συγκεκριμένη συνθήκη αποδεικνύεται επικερδής και σε νέα μαθησιακά συγκείμενα, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στην περίπτωση που το εργαλείο παρείχε έτοιμο τον σχεδιασμό των πειραμάτων στους μαθητές. Το γεγονός αυτό, ενισχύει τη σημασία της επαναφοράς του χρήσιμου γνωστικού φορτίου μέσα από τον προβληματισμό των μαθητών, χωρίς όμως να προκαλείται υπερφόρτωση της μνήμης εργασίας (Clarke et al., 2005; Kalyuga, 2007; Pollock et al., 2002), κάτι που συνέβη στην περίπτωση που το εργαλείο δεν παρείχε τον σχεδιασμό του πειράματος στους μαθητές, δηλαδή στη συνθήκη 2.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι, η συνθήκη 1 δε βρέθηκε να χαρακτηρίζεται από ψηλές τιμές σε καμία από τις τρεις πτυχές που αφορούν το νέο μαθησιακό συγκείμενο, ενώ για τη συνθήκη 3, στην οποία δεν υπήρχε το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, το όφελος που αποκόμισαν οι μαθητές ήταν η αντιστοιχία του ερωτήματος με τον πειραματικό τους σχεδιασμό. Κάτι τέτοιο, έρχεται να ανατρέψει τον υπερβολικό βαθμό υποστήριξης που μπορεί ένα υποστηρικτικό εργαλείο να παρέχει στους μαθητές.

Μπορεί το εργαλείο να φανεί αποτελεσματικό κατά τη χρήση του σε ένα μαθησιακό συγκείμενο, αλλά αδυνατεί να προσφέρει οφέλη σε νέα μαθησιακά συγκείμενα. Με αντίστοιχο τρόπο, ενισχύεται η σημασία του προβληματισμού κατά τη διεκπεραίωση απαιτητικών μαθησιακών στόχων, όπου οι μαθητές παρουσιάζουν μεγαλύτερη αυτενέργεια για την ολοκλήρωσή τους, γεγονός που επιφέρει την μεταφορά των μαθησιακών ωφελημάτων από ένα μαθησιακό συγκείμενο σε νέο.

Συνοψίζοντας, η παρουσίαση των κυριότερων συμπερασμάτων που προέκυψαν στη μελέτη 4, ενισχύει την ανάγκη για ισορροπημένη παροχή στήριξης των μαθητών σε περίπλοκες διαδικασίες, όπου η αποδόμηση μια διαδικασίας σε επιμέρους δραστηριότητες, με την ταυτόχρονη πρόκληση μιας προβληματικής κατάστασης για την ολοκλήρωσή τους, επιφέρει σημαντικά οφέλη ως προς την απόκτηση της δεξιότητας που υποστηρίζεται. Στην περίπτωση του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων που αξιοποιήθηκε στη συνθήκη 2, η αποδόμηση της διαδικασίας έγκειται στο γεγονός ότι οι μαθητές ολοκληρώνουν τη δραστηριότητα σταδιακά, έχοντας τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για να το πράξουν, ενώ ταυτόχρονα προβληματίζονται για πτυχές του στόχου που καλούνται να ολοκληρώσουν. Επομένως, η διαμόρφωση του εργαλείου με τον τρόπο που έγινε για τη συνθήκη 2, θεωρείται επιτυχημένη για το λόγο ότι παρείχε την απαραίτητη δομή της διαδικασίας που κλήθηκαν να ολοκληρώσουν οι μαθητές, αφαιρώντας το γνωστικό φορτίο που προκαλείται όταν οι μαθητές χειρίζονται απαιτητικές πρακτικές (de Jong et al., 2012; Simons & Klein, 2007; van Joolingen, 1999). Παράλληλα, το ίδιο το εργαλείο προκάλεσε μια ανακατανομή του επιθυμητού γνωστικού φορτίου σε παραγωγικές πτυχές του στόχου που έπρεπε να ολοκληρώσουν οι μαθητές (Pea, 2004; Reiser, 2004). Αυτή η ανακατανομή του γνωστικού φορτίου βρίσκεται σε συμβατότητα με τον παραδοσιακό ορισμό της υποστήριξης, όπου στόχος είναι να καθοδηγηθούν οι μαθητές σε επίπεδα γνωστικής ανάπτυξης και απόκτησης δεξιοτήτων διερώτησης τα οποία μπορούν να ενεργοποιούνται και όταν απουσιάζει η καθοδήγηση (Saye & Brush, 2002). Ωστόσο, κάτι τέτοιο είναι σημαντικό να μελετηθεί περαιτέρω σε ερευνητικές προσπάθειες μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας, έτσι ώστε να διαφανεί κατά πόσο αυτός ο τρόπος καθοδήγησης μέσω του υποστηρικτικού εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων οδηγεί σε επιθυμητά επίπεδα ανάπτυξης των μαθητών.

Οι πρακτικές εφαρμογές που έχουν τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης για την εκπαιδευτική κοινότητα, είναι ότι αποδεικνύουν τη σημαντικότητα της υποστήριξης των μαθητών καθώς πραγματοποιούν εικονικά πειράματα στο πλαίσιο της μάθησης με

διερώτηση. Συνεπώς, οι εκπαιδευτικοί που θέλουν να ενσωματώσουν τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης στη διδακτική τους πρακτική, πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τις δυσκολίες των μαθητών, κυρίως στη φάση του πειραματισμού, που κρίνεται η σημαντικότερη και πιο απαιτητική φάση της διερώτησης (Arnold et al., 2014; Zacharia et al., 2015). Έπειτα, πρέπει να λάβουν υπόψη ότι η καθοδήγηση των μαθητών μέσω υποστηρικτικών εργαλείων πρέπει να είναι διαμορφωμένη με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτρέπει στους μαθητές να εστιάζουν την προσοχή τους στις σημαντικές πτυχές της δραστηριότητας που υποστηρίζεται. Ωστόσο, ένας σημαντικός περιορισμός της μελέτης 4 είναι ότι δεν ελέγχει κατά πόσο τα μαθησιακά οφέλη από την αξιοποίηση των δύο διαφορετικών διαμορφώσεων του εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων, διαφοροποιούνται ανάλογα με τη γνωστική επάρκεια και τα κίνητρα των μαθητών. Συνεπώς, η μελλοντική έρευνα θα ήταν καλό να ασχοληθεί και με αυτές τις πτυχές της επίδρασης των υποστηρικτικών εργαλείων, έτσι ώστε να δώσει περισσότερη πληροφόρηση στους εκπαιδευτικούς, προετοιμάζοντάς τους καλύτερα για την αξιοποίηση των υποστηρικτικών εργαλείων.

5.5 Γενική συζήτηση, περιορισμοί και εισηγήσεις

Γνωρίζοντας ότι η διερώτηση στη σχολική τάξη είναι μια πολύπλευρη διαδικασία που απαιτεί τόσο πρακτικές, όσο και νοητικές ικανότητες (NRC, 1996; 2012), δεν είναι ρεαλιστικό να αναμένεται από τους μαθητές ότι θα είναι σε θέση να διεξάγουν έναν ολοκληρωμένο κύκλο διερώτησης σε κάθε μάθημα των Φυσικών Επιστημών, χωρίς να δέχονται κατάλληλη υποστήριξη. Επιπρόσθετα, λαμβάνοντας υπόψη ότι κατά τη μάθηση μέσω διερώτησης οι μαθητές καλλιεργούν επιστημονικές πρακτικές, οι οποίες τους βοηθούν άμεσα να σκέφτονται κριτικά και δημιουργικά για διάφορα προβλήματα (Guyotte, Sochacka, Constantino, Walther, & Kellam, 2014), η ανάγκη για επιτυχή προετοιμασία τους ως μελλοντικοί πολίτες, σχετίζεται άμεσα και καθορίζεται από τον τρόπο που υποστηρίζονται κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσής τους (Gu & Belland, 2015). Η υποστήριξη που ενδέχεται να λαμβάνουν οι μαθητές κατά τη μάθηση με διερώτηση, μπορεί να παρέχεται από τον εκπαιδευτικό, από συνομήλικους ή από τον υπολογιστή (Belland, 2014; Pifarre & Cobos, 2010; van de Pol et al., 2010). Αναμφισβήτητα, η αμεσότητα της υποστήριξης που προσφέρει ο εκπαιδευτικός όταν αναγνωρίζει τα σημεία δυσκολίας των μαθητών (Wood et al., 1976), δεν μπορεί να συγκριθεί με την υποστήριξη που παρέχεται σε ένα ψηφιακό μαθησιακό περιβάλλον (Muukkonen, Lakkala, &

Hakkarainen, 2005; Saye & Brush, 2002). Ωστόσο, η μάθηση με διερώτηση συνοδεύεται πλέον από την αξιοποίηση υποστηρικτικών εργαλείων σε ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης (Crippen & Archambault, 2012; Lin, Hsu, Lin, Changlai, Yang, & Lai, 2012), διευκολύνοντας έτσι το δύσκολο υποστηρικτικό έργο του εκπαιδευτικού, σε μια σχολική τάξη όπου ο αριθμός των μαθητών δεν του επιτρέπει να δράσει ως η μόνη πηγή υποστήριξης (Belland, Gu, Armbrust, & Cook, 2013).

Η τεχνολογικά υποστηριζόμενη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες είναι μια ερευνητική περιοχή που ακόμα ωριμάζει και μέχρι τώρα αποδεικνύεται αποτελεσματική (Belland, Walker, Kim, & Lefler, 2016). Ωστόσο, για την αποτελεσματικότητα της αξιοποίησης υποστηρικτικών εργαλείων, ως μια μορφή καθοδήγησης σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες, υπάρχει προς το παρόν λίγη πληροφόρηση (Belland, 2017). Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι, η σημασία της αξιοποίησης υποστηρικτικών εργαλείων δεν είναι κάτι που διερευνάται μόνο για το γνωστικό αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών, αλλά υπάρχουν σημαντικές θετικές ενδείξεις από την αξιοποίησή τους και σε άλλες γνωστικές περιοχές, όπως είναι οι κοινωνικές και οικονομικές επιστήμες (Nussbaum, 2002; Rienties, Giesbers, Tempelaar, Lygo-Baker, Segers, & Gijsselaers, 2012). Το ερευνητικό ενδιαφέρον για τα υποστηρικτικά εργαλεία είναι προσανατολισμένο στη διερεύνηση των συνθηκών υπό των οποίων αξιοποιούνται, ώστε η αποτελεσματικότητά τους να αυξάνεται, και στα χαρακτηριστικά τους που οδηγούν σε ισχυρότερα μαθησιακά οφέλη (Belland, 2017). Συνεπώς, υπάρχει ανάγκη για διεξαγωγή περισσότερων εμπειρικών μελετών που να διερευνούν την επίδραση διαφόρων χαρακτηριστικών που διέπουν τα υποστηρικτικά εργαλεία, ώστε να προκύψει σημαντική γνώση στο πεδίο αυτό. Η παρούσα διατριβή και συγκεκριμένα οι τέσσερις επιμέρους μελέτες που πραγματοποιήθηκαν, είχαν σαν στόχο να εμπλουτίσουν αυτή την ερευνητική περιοχή, με γνώσεις και πληροφόρηση που να μπορεί να αξιοποιηθεί σε ερευνητικό, αναπτυξιακό και εκπαιδευτικό επίπεδο.

Μια σημαντική συζήτηση γύρω από τη μάθηση με διερώτηση αφορά στον βαθμό υποστήριξης που λαμβάνουν οι μαθητές για να ολοκληρώσουν τις απαιτητικές πρακτικές που εμπιέρονται σε αυτή. Ωστόσο, κατά τη μάθηση με διερώτηση πρέπει να παρέχονται ευκαιρίες για ενεργό εμπλοκή των μαθητών στις διαδικασίες της μάθησης, γεγονός που διασφαλίζει την ανάληψη ευθύνης από τους ίδιους, καθώς καλούνται να ολοκληρώσουν μια σειρά μαθησιακών διαδικασιών (Minner et al., 2010). Αυτή η αντίστιξη της καθοδηγούμενης διερώτησης από τη μία και της ανοικτής διερώτησης από την άλλη,

αντικατοπτρίζεται, επίσης, στον σχεδιασμό τεχνολογικά υποστηριζόμενων περιβαλλόντων μάθησης. Σε τέτοιου είδους μαθησιακά περιβάλλοντα, η υποστήριξη παρέχεται από υποστηρικτικά εργαλεία, τα οποία έχουν σαν στόχο να μειώσουν την περιπλοκότητα ενός σύνθετου στόχου και να αποφορτίσουν ορισμένες πτυχές του (de Jong, 2006b; Pea, 2004; Reiser, 2004; Reiser et al., 2001; Simons & Klein, 2007; van Joolingen, 1999). Παρόλα αυτά, μια αυστηρά δομημένη ακολουθία δραστηριοτήτων θα μειώσει την κυριότητα των μαθητών και την ευθύνη που μπορούν να αναλάβουν κατά τη μάθηση με διερώτηση (π.χ., Chang et al, 2008). Συνεπώς, η απλοποίηση ενός περίπλοκου στόχου, η οποία αποσκοπεί στη μείωση του γνωστικού φορτίου που προκαλείται στους μαθητές, θα πρέπει να είναι σε συνεχή αντιπαράθεση με τον προβληματισμό που δημιουργείται στους μαθητές προκειμένου να ολοκληρώσουν τον στόχο αυτό, κάτι που συνεπάγεται την ενεργοποίηση του σχετικού και χρήσιμου γνωστικού φορτίου (Reiser, 2004; Sweller et al., 1998). Τα υποστηρικτικά εργαλεία που αξιοποιήθηκαν στις επιμέρους μελέτες της παρούσας διατριβής, σχεδιάστηκαν, αναπτύχθηκαν και διαμορφώθηκαν λαμβάνοντας υπόψη την αντιπαράθεση μεταξύ της αυστηρής υποστήριξης από τη μία και της ελευθερίας ενεργειών από την άλλη, με στόχο την ανάδειξη του καταλληλότερου τρόπου διαμόρφωσής τους, ώστε να επιφέρουν σημαντικά οφέλη για τη μάθηση.

Τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από τις επιμέρους μελέτες ενισχύουν το επιχείρημα προηγούμενων ερευνών, ότι η υποστηριζόμενη μάθηση μέσω διερώτησης είναι επωφελής για τους μαθητές σε επίπεδο ανάπτυξης δεξιοτήτων επιστημονικής μεθόδου (π.χ., Kirschner et al., 2006; Koksall & Berberoglou, 2014). Η διαίρεση των περίπλοκων διαδικασιών σε επιμέρους διαδικασίες, οι οποίες πραγματοποιούνται διαδοχικά, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο την πιθανότητα υπερφόρτωσης της μνήμης εργασίας των μαθητών (Clarke et al., 2005; Kalyuga, 2007; Pollock et al., 2002), αποδείχθηκε καθοριστικός παράγοντας για να μπορέσουν οι μαθητές να ολοκληρώσουν με επιτυχία τις επιστημονικές πρακτικές της διερώτησης. Ωστόσο, όπως έχει διαφανεί μέσα από τη συζήτηση των αποτελεσμάτων της κάθε μελέτης, η αμοιβαία συνεισφορά της δομής που παρέχεται από ένα υποστηρικτικό εργαλείο και του προβληματισμού που προκαλείται στους μαθητές, ώστε να το χρησιμοποιήσουν για να ολοκληρώσουν τη διαδικασία που υποστηρίζεται, είναι επίσης καθοριστικός παράγοντας για την ανακατανομή του γνωστικού φορτίου από μη παραγωγικά σε παραγωγικά μαθησιακά μονοπάτια (Kalyuga, 2007; Reiser, 2004; Sweller et al., 1998). Εξάλλου, όταν υπάρχει μια καλή ισορροπία μεταξύ της δομής και του προβληματισμού, αυτό αποδεικνύεται ευεργετικό για τη

μάθηση, καθώς προωθείται παράλληλα και η μεταγνώση (Hogan, Nastasi, & Pressley, 1999; Reiser, 2004; Merrill, Reiser, Merrill, & Landes, 1995).

Επιπρόσθετα, ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που προέκυψε στις μελέτες που διεξήχθησαν, είναι ότι η αξιοποίηση υποστηρικτικών εργαλείων σε ένα τεχνολογικά υποστηριζόμενο μαθησιακό περιβάλλον διερώτησης, επιφέρει σημαντικές θετικές επιπτώσεις στη μεταφορά των δεξιοτήτων που αποκτούν οι μαθητές από ένα μαθησιακό συγκείμενο σε ένα νέο. Συγκεκριμένα, η εξέταση αυτού του ενδεχόμενου πραγματοποιήθηκε στις μελέτες 2, 3 και 4, και έγινε μέσω της αξιολόγησης των μαθησιακών προϊόντων των μαθητών. Η σημαντικότητα της μεταφοράς γνώσεων και δεξιοτήτων, έγκειται στο ότι οι μαθητές είναι ικανοί να προετοιμάζονται για μελλοντική ενασχόληση με παρόμοιας φύσης μαθησιακές δραστηριότητες (Bransford & Schwartz, 1999), καθώς επίσης, είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τις ομοιότητες και τις διαφορές από ένα μαθησιακό συγκείμενο σε άλλο (Lobato, 2003). Παρόλο που η διάρκεια της κάθε μελέτης ήταν σύντομη, εντούτοις βρέθηκαν αποτελέσματα που συνδέουν τον τρόπο διαμόρφωσης των υποστηρικτικών εργαλείων με τη μεταφορά των δεξιοτήτων που αποκτήθηκαν σε νέα μαθησιακά συγκείμενα. Δεδομένου ότι το στοιχείο της μεταφοράς είναι ένας από τους στόχους της μάθησης με διερώτηση (Hmelo-Silver, 2004), απαιτείται περαιτέρω εξέταση του κατά πόσο η διαφοροποίηση της διαμόρφωσης των υποστηρικτικών εργαλείων μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα.

Στη συνέχεια του υποκεφαλαίου αυτού, παρουσιάζονται οι περιορισμοί της ερευνητικής προσπάθειας που έγινε στην παρούσα διατριβή, καθώς επίσης, προτείνονται ορισμένες εισηγήσεις για την προέκταση της μελλοντικής έρευνας, σε πτυχές που είναι σημαντικό να εξεταστούν περαιτέρω. Παρόλο που στη συζήτηση των αποτελεσμάτων της κάθε μελέτης, έχουν αναφερθεί ορισμένες εισηγήσεις για μελλοντική έρευνα, σε αυτό το υποκεφάλαιο προτείνονται πιο γενικές εισηγήσεις, που αφορούν την ευρύτερη ερευνητική περιοχή της υποστήριξης κατά τη μάθηση με διερώτηση.

Ο μικρός αριθμός του δείγματος, καθώς και το γεγονός ότι ο αριθμός των μαθητών σε κάθε συνθήκη για κάθε μελέτη δεν ήταν ο ίδιος, είναι οι κυριότεροι περιορισμοί της έρευνας. Ωστόσο, ένα σημαντικό στοιχείο που προσδίδει ισχύ στην κάθε μελέτη, είναι το γεγονός ότι η διερεύνηση της επίδρασης των διαφορετικών διαμορφώσεων του κάθε υποστηρικτικού εργαλείου (μελέτες 1, 3 και 4) και του συνδυασμού δύο υποστηρικτικών εργαλείων (μελέτη 2), δε στηρίχτηκε μόνο στη σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών στα μεταδιαγνωστικά δοκίμια (π.χ., Shadish, Cook, & Campbell, 2002; Wiersma & Jurs,

2005). Σε κάθε μελέτη δόθηκε έμφαση στις ενέργειες και τα μαθησιακά προϊόντα των μαθητών, κάτι που επιτρέπει την παρακολούθηση της προόδου κατά τη μαθησιακή διαδικασία και θεωρείται ένα σημαντικό παιδαγωγικό μοντέλο αξιολόγησης (π.χ., Black, Wilson, Yao, 2011). Συνεπώς, η συνέχιση της διερεύνησης της προόδου των μαθητών, καθώς εργάζονται σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης, θα προσδώσει σημαντική πληροφόρηση, τόσο για τους σχεδιαστές τέτοιων περιβαλλόντων μάθησης, όσο και για τους εκπαιδευτικούς που θα τα χρησιμοποιήσουν στη διδακτική τους πρακτική.

Λαμβάνοντας υπόψη εμπειρικά δεδομένα, όπως αυτά που προέκυψαν από τις τέσσερις μελέτες της παρούσας διατριβής, θα είναι εφικτό να σχεδιαστούν και να αναπτυχθούν καλύτερης ποιότητας και πιο αποτελεσματικά υποστηρικτικά εργαλεία, τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν σε ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης. Προς αυτή την κατεύθυνση υπάρχει ήδη μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον για τα συστήματα ευφυούς διδασκαλίας (π.χ., Gobert & Toto, 2016; Ma, Adesope, Nesbit, & Liu, 2014; VanLehn, 2011). Επομένως, απαιτείται περαιτέρω έρευνα που να αναδειξεί περισσότερα δεδομένα που έχουν να κάνουν με τις ενέργειες των μαθητών καθώς αξιοποιούν τα υποστηρικτικά εργαλεία. Είναι γεγονός ότι η συλλογή δεδομένων που αφορούν τον χρόνο ενασχόλησης των μαθητών με μια συγκεκριμένη φάση, καθώς και τον χρόνο που αφιερώνουν σε συγκεκριμένες δραστηριότητες της κάθε φάσης, όπως έγινε στην παρούσα διατριβή, αποτελούν σημαντικά στοιχεία που μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη συστημάτων ευφυούς διδασκαλίας (π.χ., Gobert, Baker, & Wixon, 2015), τα οποία μπορούν να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν μέσο διαμορφωτικής αξιολόγησης. Θα ήταν επομένως ιδιαίτερα βοηθητικό, να πραγματοποιηθούν τέτοιου είδους διερευνήσεις σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών, έτσι ώστε να προκύψει πληροφόρηση για τα χαρακτηριστικά των ενεργειών των μαθητών όταν διαφέρει ο χρόνος ενασχόλησής τους με τον κάθε μαθησιακό στόχο, καθώς επίσης για το ποιες είναι οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν αφότου λάβουν μια μορφή υποστήριξης έναντι άλλων. Ένας προσεκτικός ερευνητικός σχεδιασμός προς αυτή την κατεύθυνση θα βοηθήσει, παράλληλα, στην ανάπτυξη ενός μηχανισμού αξιολόγησης της απόκτησης συγκεκριμένων επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές (Sao Pedro et al., 2013).

Ένας δεύτερος περιορισμός της έρευνας είναι ότι κάθε μελέτη πραγματοποιήθηκε με συγκεκριμένο μαθησιακό πληθυσμό της Κύπρου. Επιπλέον, η ηλικία των μαθητών και άλλα χαρακτηριστικά που απορρέουν από το κοινωνικό τους περιβάλλον, είναι

παράγοντες που πιθανόν να επηρεάζουν τα αποτελέσματα μιας έρευνας. Συνεπώς, τα συμπεράσματα της κάθε μελέτης δεν μπορούν να γενικευθούν. Εντούτοις, τα στοιχεία που προέκυψαν αποτελούν σημαντικές ενδείξεις για τον καταλληλότερο τρόπο που μπορούν να προσαρμοστούν τα υποστηρικτικά εργαλεία που ενσωματώνονται σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης, στα οποία αξιοποιείται ο εικονικός πειραματισμός. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των μαθητών που δεν έχει εξεταστεί στην παρούσα ερευνητική προσπάθεια είναι τα κίνητρα των μαθητών για την αξιοποίηση των υποστηρικτικών εργαλείων, που χρησιμοποιήθηκαν στην κάθε διδακτική παρέμβαση. Δεδομένου ότι τα κίνητρα έχουν σημαντική επιρροή στη μάθηση (Belland, Kim, & Hannafin, 2013; Fredricks, Blumenfeld, & Paris, 2004), η μελλοντική έρευνα σε αυτή την περιοχή θα πρέπει να εστιάσει το ενδιαφέρον και στην παρακίνηση των μαθητών για ενασχόληση με τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης.

Ένας τρίτος περιορισμός της έρευνας είναι ότι εστιάζει στην καθοδήγηση που παρέχουν τα υποστηρικτικά εργαλεία και δε μελετά καθόλου το ενδεχόμενο υποστήριξης και καθοδήγησης από τον εκπαιδευτικό. Ο συνδυασμός υποστήριξης από διάφορες πηγές, όπως εισηγούνται οι Lehtinen και Viiri (2016), παρουσιάζει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον, λόγω του ότι υπάρχουν περιπτώσεις που οι μαθητές μπορεί να χρειάζονται παράφραση ενός είδους καθοδήγησης που λαμβάνουν ή μπορεί απλά να την αγνοούν. Δεδομένου ότι η υποστήριξη που παρέχεται από τον εκπαιδευτικό στους μαθητές θεωρείται ο ιδανικός τύπος υποστήριξης, γιατί πραγματοποιείται στο πλαίσιο μιας δυναμικής διαδικασίας αξιολόγησης, είναι σημαντικό να δοθεί έμφαση στον εντοπισμό των σημείων εκείνων όπου πραγματικά η υποστήριξη από τον εκπαιδευτικό είναι περισσότερο αποτελεσματική και ο υπολογιστής μπορεί να αξιοποιείται για τα υπόλοιπα σημεία όπου οι μαθητές χρειάζονται καθοδήγηση (Belland et al., 2013). Συνεπώς, το ενδεχόμενο μιας συνδυασμένης παροχής υποστήριξης από το ψηφιακό περιβάλλον και από τον εκπαιδευτικό, χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, λόγω του ότι θα ενισχύσει σε μεγάλο βαθμό τις προσπάθειες σχεδιασμού και ανάπτυξης υποστηρικτικών εργαλείων που θα είναι αποτελεσματικά. Αυτό σημαίνει ότι τα εργαλεία θα παρέχουν την ιδανική δομή, θα προβληματίζουν παραγωγικά τους μαθητές και θα επιτρέπουν στον εκπαιδευτικό να ανιχνεύει δυσκολίες των μαθητών και να επεμβαίνει ώστε να παρέχει ενισχυτική υποστήριξη, έτσι ώστε να μπορέσουν οι μαθητές να ολοκληρώσουν με επιτυχία μια απαιτητική διαδικασία. Τα υποστηρικτικά εργαλεία που αξιοποιήθηκαν στις τέσσερες μελέτες της παρούσας διατριβής, συμπεριλάμβαναν διάφορους τύπους καθοδήγησης για τους μαθητές, ωστόσο ήταν αρκετές οι φορές που οι μαθητές έκαναν απορίες στον

εκπαιδευτικό, οι οποίες ουσιαστικά επιλύονταν από τις οδηγίες και προτροπές που συνόδευαν το υποστηρικτικό εργαλείο αυτό καθεαυτό, ή υπήρχαν στο μαθησιακό περιβάλλον υπό τη μορφή οδηγιών.

Γενικά μιλώντας, υπάρχει έντονη άποψη στον χώρο σχεδιασμού και ανάπτυξης υποστηρικτικών εργαλείων, ότι για να μπορούν τα εργαλεία αυτά να συμβαδίζουν με την παραδοσιακή θεωρητική προσέγγιση της υποστήριξης, θα πρέπει να περιλαμβάνουν το στοιχείο της σταδιακής αποχώρησης του βαθμού υποστήριξης, όπως συμβαίνει και κατά την πρόσωπο με πρόσωπο υποστήριξη από τον εκπαιδευτικό στον μαθητή (Pea, 2004; Puntambekar & Hubscher, 2005). Ωστόσο, για τον σκοπό αυτό απαιτείται ένα σύστημα δυναμικής αξιολόγησης των ενεργειών κάθε μαθητή, που να μοιάζει όσο πιο πολύ γίνεται στη δυναμική αξιολόγηση που πραγματοποιείται από τον εκπαιδευτικό. Κάτι τέτοιο ενσωματώνεται στα συστήματα ευφυούς διδασκαλίας, όπου η υποστήριξη που λαμβάνουν οι μαθητές εξαρτάται από τις ενέργειές τους, οι οποίες κωδικοποιούνται ως μονάδες εισόδου στο σύστημα. Παρόλα αυτά, η αποτελεσματικότητα των συστημάτων ευφυούς διδασκαλίας δεν έχει ακόμα εξακριβωθεί, καθώς υπάρχουν αντικρουόμενα αποτελέσματα για την επιτυχή αξιοποίησή τους (VanLehn, 2011; Ma et al., 2014, Steenbergen-Hu & Cooper, 2014). Επιπρόσθετα, τα μέχρι τώρα δεδομένα από την υφιστάμενη βιβλιογραφία που εξετάζουν τη συνεισφορά της σταδιακής αποχώρησης της υποστήριξης που δέχονται οι μαθητές, καταδεικνύουν ότι δε συνδέεται με καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα όσον αφορά το γνωστικό επίπεδο ανάπτυξης των μαθητών (Belland et al., 2016). Ωστόσο, αυτό το επιχείρημα είναι ακόμα ασθενές, για το λόγο ότι υπάρχουν πολύ λίγες εμπειρικές μελέτες που το έχουν εξετάσει και επομένως, είναι ένα θέμα που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Επιπρόσθετα, είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη συγκεκριμένη ερευνητική περιοχή να μελετήσει περισσότερο τις δυνατότητες παροχής υποστήριξης και από τους συνομήλικους. Υπάρχει ήδη αρκετή βιβλιογραφία που μελετά το ενδεχόμενο αυτό (π.χ., Davin, & Donato, 2013; Pata, Lehtinen, & Sarapuu, 2006; Pifarre & Cobos, 2010; Sabet, Tahriri, & Pasand, 2013; Yarrow & Topping, 2001) και θα ήταν πολύ χρήσιμο να εξεταστούν περαιτέρω οι δυνατότητες για υποστήριξη από συνομήλικους μέσω της αξιοποίησης υποστηρικτικών εργαλείων. Αυτό θα μπορούσε να γίνει στο πλαίσιο παροχής ανατροφοδότησης μεταξύ των μαθητών. Ωστόσο, για να μπορεί να είναι εφικτό κάτι τέτοιο, είναι σημαντικό οι μαθητές να λάβουν καθοδήγηση και υποστήριξη, τόσο για το πώς μπορούν να δώσουν ανατροφοδότηση, όσο και για το τι πρέπει να περιλαμβάνει η ανατροφοδότηση αυτή

(Belland, 2014). Συνεπώς, για τον σκοπό αυτό οι μαθητές θα πρέπει να τύχουν κατάλληλης εκπαίδευσης, κυρίως σε θέματα που έχουν να κάνουν με την αξιοπιστία και την εγκυρότητα μιας ανατροφοδότησης (Hovardas, Tsivitanidou, Zacharia, 2014; Tsivitanidou, Zacharia, & Hovardas, 2011). Αξιοποιώντας τα αποτελέσματα των τεσσάρων μελετών, κυρίως των συσχετίσεων που βρέθηκαν μεταξύ του τρόπου εργασίας των μαθητών και των μαθησιακών προϊόντων που δημιούργησαν σε κάθε φάση της διερώτησης, θα ήταν χρήσιμο να εξεταστεί το ενδεχόμενο ενσωμάτωσης ενός μηχανισμού ετεροαξιολόγησης πριν από τη φάση των συμπερασμάτων, αφού οι απαιτητικές πρακτικές που έτυχαν διερεύνησης στην παρούσα διατριβή, είναι αποδεδειγμένο ότι επηρεάζουν τα τελικά συμπεράσματα στα οποία καταλήγουν οι μαθητές (π.χ., Arnold et al., 2014; Chang et al., 2008; Kim & Pederson, 2011).

Μια άλλη σημαντική πτυχή της υποστήριξης που λαμβάνουν οι μαθητές κατά την εργασία τους σε ψηφιακά μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης, είναι οι δυνατότητες αυτορρύθμισης της μάθησης και ο έλεγχος των μαθησιακών διαδικασιών από τους ίδιους τους μαθητές (Azevedo, 2005). Αν και η πτυχή αυτή ήταν διάχυτη στις διδακτικές παρεμβάσεις που αναπτύχθηκαν για τον σκοπό της κάθε μελέτης της παρούσας διατριβής, είναι σημαντικό η μελλοντική έρευνα να διερευνήσει περαιτέρω την επέκταση αυτών των δυνατοτήτων, όταν οι μαθητές αξιοποιούν υποστηρικτικά εργαλεία για να ολοκληρώσουν τις απαιτητικές πρακτικές της διερώτησης, όπως είναι η διατύπωση υποθέσεων, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση πειραμάτων και η ερμηνεία δεδομένων. Αυτό θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τον συνδυασμό υποστηρικτικών εργαλείων με άλλες μορφές υποστήριξης, όπως είναι για παράδειγμα οι βοηθητικές ερωτήσεις (π.χ., Kim & Pedersen, 2011), ο πίνακας ελέγχου (π.χ., King, 1991; Kim & Pedersen, 2011) και το σημειωματάριο (π.χ., Zhang et al., 2004).

Τέλος, αξίζει να σχολιαστεί το γεγονός ότι ένα σημαντικό στοιχείο που απουσιάζει από την έρευνα για τα υποστηρικτικά εργαλεία, είναι η ανίχνευση των απόψεων των μαθητών για τον τρόπο που αντιλαμβάνονται την καθοδήγηση από τα υποστηρικτικά εργαλεία. Για παράδειγμα, πόσο σημαντικό είναι για τους ίδιους να λαμβάνουν αυτόματη καθοδήγηση, πόσο εύκολο ή δύσκολο είναι να ολοκληρώσουν τις επιμέρους ενέργειες ενός απαιτητικού στόχου σε ένα υποστηρικτικό εργαλείο, ποια χαρακτηριστικά του εργαλείου είναι πιο χρήσιμα και ποια λιγότερο χρήσιμα ή ενοχλητικά. Προκειμένου να εξεταστούν περαιτέρω ζητήματα όπως αυτά που αναφέρονται πιο πάνω, είναι σημαντικό να αυξηθούν οι προσπάθειες συμμετοχικού σχεδιασμού και ανάπτυξης υποστηρικτικών εργαλείων (π.χ.,

Heintz & Law, 2016; Read, Gregory, MacFarlane, McManus, Gray & Patel, 2002; Scaife, Rogers, Aldrich, & Davies, 1997), έτσι ώστε αυτά να ανταποκρίνονται στις πραγματικές ανάγκες και απαιτήσεις του πληθυσμού που θα τα χρησιμοποιεί.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα των τεσσάρων μελετών της παρούσας διατριβής παρουσιάζουν σημαντική πληροφόρηση για τα ανοικτά ζητήματα που απασχολούν την εκπαιδευτική έρευνα για την τεχνολογικά υποστηριζόμενη μάθηση με διερώτηση. Η πληροφόρηση αυτή σχετίζεται με την προσαρμογή και αξιοποίηση υποστηρικτικών εργαλείων που έχουν σαν στόχο την παροχή κατάλληλης βοήθειας στους μαθητές, καθώς ασχολούνται με τις απαιτητικές πρακτικές της διερώτησης, τη διατύπωση υποθέσεων, τον σχεδιασμό πειραμάτων και την ερμηνεία δεδομένων. Ασφαλώς, υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί στην παρούσα ερευνητική προσπάθεια, ωστόσο τα αποτελέσματα μπορούν να αξιοποιηθούν για περαιτέρω προβληματισμό και διερεύνηση της αποτελεσματικότητας των υποστηρικτικών εργαλείων, όταν αυτά ενσωματώνονται σε ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης, στα οποία αξιοποιείται ο εικονικός πειραματισμός στο πλαίσιο της μάθησης με διερώτηση στις Φυσικές Επιστήμες.

Επιπρόσθετα, η συνεισφορά της παρούσας διατριβής στην εκπαιδευτική κοινότητα της Κύπρου, θεωρείται σημαντική κυρίως για τον λόγο ότι οι τέσσερις μελέτες πραγματοποιήθηκαν σε πραγματικές σχολικές τάξεις, καλύπτοντας μέρος του κανονικού προγράμματος εκπαίδευσης, το οποίο καθορίζεται από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού. Συνεπώς, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η αξιοποίηση τεχνολογικά υποστηριζόμενων μαθησιακών περιβαλλόντων διερώτησης είναι κάτι το εφικτό στην κυπριακή διδακτική πρακτική και η αποτελεσματικότητα της αξιοποίησής τους έγκειται στο κατά πόσο ενσωματώνονται κατάλληλα διαμορφωμένα υποστηρικτικά εργαλεία για καθοδήγηση των μαθητών. Ωστόσο, σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι, προέκυψαν θετικές επιπτώσεις από την αξιοποίηση συνδυασμού υποστηρικτικών εργαλείων, τα οποία, τελικά, φάνηκε ότι βοηθούν τους μαθητές να αναγνωρίσουν τη σύνδεση που έχει μια δραστηριότητα με τις επόμενες. Συνεπώς, κάτι τέτοιο είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη όταν πραγματοποιούνται διδακτικές παρεμβάσεις στο πρότυπο της μάθησης με διερώτηση, ούτως ώστε να δίνεται η ευκαιρία

στους μαθητές να ολοκληρώνουν έναν κύκλο διερώτησης στην ίδια χρονική περίοδο, είτε αυτή είναι μια διδακτική περίοδος είτε περισσότερες.

Το χαρακτηριστικό των υποστηρικτικών εργαλείων που διερευνήθηκε στην παρούσα διατριβή, ήταν η συνύπαρξη δύο αντιφατικών μηχανισμών, της δομής και του προβληματισμού, που προσφέρει ένα εργαλείο στους μαθητές για να ολοκληρώσουν έναν μαθησιακό στόχο, που αφορά στις απαιτητικές πρακτικές της διερώτησης. Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από τα αποτελέσματα των επιμέρους μελετών είναι ότι το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό είναι καθοριστικός παράγοντας για τα μαθησιακά οφέλη που μπορεί να αποκομίσουν οι μαθητές όταν αξιοποιούν τα υποστηρικτικά εργαλεία. Συνεπώς, είναι αναγκαίο να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό και ανάπτυξη υποστηρικτικών εργαλείων. Επιπρόσθετα, οι δυνατότητες προσαρμογής των υποστηρικτικών εργαλείων από τους εκπαιδευτικούς, έτσι ώστε να εναλλάσσεται ο βαθμός δομής και προβληματισμού που προσφέρουν, αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμο στοιχείο για διαφοροποίηση της μάθησης, ανάλογα με τις ανάγκες και ικανότητες του κάθε μαθησιακού πληθυσμού.

Μια σημαντική προσπάθεια που έγινε στην παρούσα διατριβή, αφορούσε τη διερεύνηση της μεταφοράς των μαθησιακών επιτευγμάτων σε νέα μαθησιακά συγκείμενα. Παρόλο που η διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων, για τους σκοπούς της κάθε μελέτης, ήταν μικρή, προέκυψαν σημαντικές ενδείξεις ότι οι μαθητές αποκόμισαν σημαντικά μαθησιακά οφέλη, τόσο σε γνωστικό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο καλλιέργειας και απόκτησης σημαντικών επιστημονικών δεξιοτήτων. Συνεπώς, μια συστηματικότερη ενασχόληση των μαθητών με τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης θα μπορεί να προσδώσει καλύτερα μαθησιακά οφέλη, καθιστώντας, τελικά, τους μαθητές ικανούς να πραγματοποιούν επιστημονικές διαδικασίες στο πλαίσιο μάθησης με διερώτηση, χωρίς την ανάγκη υποστήριξης.

Καταληκτικά, οι τέσσερις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν αποτελούν σημαντικές εμπειρικές προσπάθειες που στόχο είχαν να αναδείξουν τη σημασία της προσαρμογής των υποστηρικτικών εργαλείων που ενσωματώνονται σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα διερώτησης. Ωστόσο, υπάρχουν πολλά επίπεδα διερεύνησης της αποτελεσματικότητας των υποστηρικτικών εργαλείων τα οποία αξίζει να μελετηθούν περαιτέρω, προκειμένου να δώσουν απαντήσεις και λύσεις για τον σχεδιασμό, ανάπτυξη και αξιοποίησή τους στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, ... Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: *International perspectives. Science Education*, 88(3), 397–419. doi: 10.1002/sce.10118
- Akhras, F. N., & Self, J. A. (2002). Beyond intelligent tutoring systems: Situations, interactions, processes and affordances. *Instructional Science*, 30(1), 1–30. doi: 10.1023/A:1013544300305
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J., Tobi, H., Wals, A. E., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-bases science education competencies of primary school teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science education*, 34(17), 2609-2640. doi: 10.1080/09500693.2012.669076
- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1-18. doi:10.1037/a0021017
- Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719-2749. doi:10.1080/09500693.2014.930209
- Azevedo, R. (2002). Beyond intelligent tutoring systems: Using computers as METAcognitive tools to enhance learning? *Instructional Science*, 30(1), 31-45. doi:10.1023/A:1013592216234
- Azevedo, R. (2005). Computer environments as metacognitive tools for enhancing learning. *Educational Psychologist*, 40(4), 193-197. doi:10.1207/s15326985ep4004_1
- Azevedo, R., Cromley, J. G., & Seibert, D. (2004). Does adaptive scaffolding facilitate students' ability to regulate their learning with hypermedia? *Contemporary Educational Psychology*, 29(3), 344-370. doi:10.1016/j.cedpsych.2003.09.002
- Babateen, H. M. (2011). *The role of virtual laboratories in science education*. Paper presented at the 2011 5th International Conference on Distance Learning and Education, IPCSIT (Vol.12).

- Baker, R. S. J. D., Corbett, A. T., & Koedinger, K. R. (2007). The difficulty factors approach to the design of lessons in intelligent tutor curricula. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 17(4), 341–369.
- Balamuralithara, B., & Woods, P. C. (2009). Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab. *Computer Applications in Engineering Education*, 17(1), 108-118. doi:10.1002/cae.20186
- Belland, B. R. (2014). Scaffolding: Definition, current debates, and future directions. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (4th ed., pp. 505–518). New York: Springer. doi: 10.1007/978-1-4614-3185-5_39
- Belland, B. R. (2017). *Instructional Scaffolding in STEM Education. Strategies and Efficacy Evidence*. Springer Open. doi: 10.1007/978-3-319-02565-0
- Belland, B. R., & Drake, J. (2013). Toward a framework on how affordances and motives can drive different uses of computer-based scaffolds: Theory, evidence, and design implications. *Educational Technology Research & Development*, 61(6), 903–925. doi: 10.1007/s11423-013-9313-6
- Belland, B. R., Gu, J., Armbrust, S., & Cook, B. (2013). Using generic and context-specific scaffolding to support authentic science inquiry. In *Proceedings of the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2013)* (pp. 185–192). Fort Worth, TX, USA: IADIS.
- Belland, B. R., Kim, C., & Hannafin, M. (2013). A framework for designing scaffolds that improve motivation and cognition. *Educational Psychologist*, 48(4), 243–270. doi: 10.1080/00461520.2013.838920
- Belland, B. R., Walker, A. E., Kim, N. J., & Lefler, M. (2016). Synthesizing Results From Empirical Research on Computer-Based Scaffolding in STEM Education A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 87(2), 309-344. doi: 10.3102/0034654316670999
- Belland, B. R., Walker, A., Olsen, M. W., & Leary, H. (2015). A pilot meta-analysis of computerbased scaffolding in STEM education. *Educational Technology and Society*, 18(1), 183–197

- Biesinger, K., & Crippen, K. (2010). The effects of feedback protocol on self-regulated learning in a web-based worked example learning environment. *Computers & Education, 55*(4), 1470-1482. doi:10.1016/j.compedu.2010.06.013
- Black, P., Wilson, M., & Yao, S. Y. (2011). Road maps for learning: A guide to the navigation of learning progressions. *Measurement: Interdisciplinary Research & Perspective, 9*(2-3), 71-123. doi: 10.1080/15366367.2011.591654
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives. Handbook I: The cognitive domain*. New York: David McKay.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1992). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods (2nd ed.)*. Boston: Allyn & Bacon.
- Bowman, L. L., Waite, B. M., & Levine, L. E. (2015). Multitasking and attention. In L. D. Rosen, N. A. Cheever, & L. M. Carrier (Eds.), *The Wiley handbook of psychology, technology, and society* (pp. 388-403). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. doi: 10.1002/9781118771952.ch22
- Bransford, J. D., & Schwartz, D. L. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. In A. IranNejad & P. D. Pearson (Eds.), *Review of research in education* (vol. 24, pp. 61–100). Washington, DC: American Educational Research Association.
- Bruce, B. C., & Casey, L. (2012). The practice of inquiry: A pedagogical ‘Sweet spot’ for digital literacy? *Computers in the Schools, 29*(1-2), 191-206. doi:10.1080/07380569.2012.657994
- Burns, J. C., Okey, J. R., & Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skill test: TIPS II. *Journal of Research in Science Teaching, 22*(2), 169-177. doi: 10.1002/tea.3660220208
- Butler, K. A., & Lumpe, A. (2008). Student use of scaffolding software: Relationships with motivation and conceptual understanding. *Journal of Science Education and Technology, 17*(5), 427-436. doi:10.1007/s10956-008-9111-9
- Carnesi, S., & DiGiorgio, K. (2009). Teaching the inquiry process to 21st century learners. *Library Media Connection, 27*(5), 32-36.
- Chan, C., Burtis, J., & Bereiter, C., (1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction, 15*(1), 1-40. doi: 10.1207/s1532690xci1501_1

- Chang, K., Chen, Y., Lin, H., & Sung, Y. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51(4), 1486-1498. doi:10.1016/j.compedu.2008.01.007
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218. doi:10.1002/sce.10001
- Cho, Y. H., & Jonassen, D. H. (2012). Learning by self-explaining causal diagrams in high-school biology. *Asia Pacific Education Review*, 13(1), 171-184. doi:10.1007/s12564-011-9187-4
- Clarke, T., Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The impact of sequencing and prior knowledge on learning mathematics through spreadsheet applications. *Educational Technology Research and Development*, 53(3), 15-24. doi: 10.1007/BF02504794
- Crippen, K. J., & Archambault, L. (2012). Scaffolded inquiry-based instruction with technology: A signature pedagogy for STEM education. *Computers in the Schools*, 29(1-2), 157-173. doi: 10.1080/07380569.2012.658733.
- D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Haertel, G., Bernard, R., & Evgueni, E. (2014). *Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis*. Menlo Park, CA: SRI International.
- Davin, K. J., & Donato, R. (2013). Student collaboration and teacher-directed classroom dynamic assessment: A complementary pairing. *Foreign Language Annals*, 46(1), 5-22. doi:10.1111/flan.12012
- Davis, E. A. (2000). Scaffolding students' knowledge integration: Prompts for reflection in KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 819-837. doi:10.1080/095006900412293
- De Boer, G. E., Quellmalz, E. S., Davenport, J. L., Timms, M. J., Herrmann-Abell, C. F., Buckley, B. C., Jordan, K. A., Huang, C.-W., & Flanagan, J. C. (2014). Comparing three online testing modalities: Using static, active, and interactive online testing modalities to assess middle school students' understanding of fundamental ideas and use of inquiry skills related to ecosystems. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(4), 523-554. doi: 10.1002/tea.21145
- de Jong, T. (2006a). Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312(5773), 532-533. doi:10.1126/science.1127750

- de Jong, T. (2006b). Scaffolds for scientific discovery learning. In J. Elen & R. Clark (Eds.), *Advances in learning and instruction. Handling Complexity in Learning Environments: Theory and Research* (pp. 107-128). London: Elsevier Science Publishers.
- de Jong, T. (Ed.). (2014). *Preliminary inquiry classroom scenarios and guidelines. D1.3. Go-Lab Project (Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School)*. <http://www.go-lab-project.eu/sites/default/files/files/deliverable/file/Go-Lab%20D1.3.pdf>
- de Jong, T., & Lazonder, A. W. (2014). The guided discovery principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 371-390). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511816819
- de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201. doi:10.3102/00346543068002179
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308. doi:10.1126/science.1230579
- de Jong, T., Martin, E., Zamarro, J., Esquembre, F., Swaak, J., & van Joolingen, W. R. (1999). The integration of computer simulation and learning support: An example from the physics domain of collisions. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(5), 597-615. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199905)36:5<597::AID-TEA6>3.0.CO;2-6
- de Jong, T., Sotiriou, S., & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: The go-lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(1), 1-16. doi:10.1186/s40561-014-0003-6"
- de Jong, T., van Joolingen, W. R., Giemza, A., Girault, I., Hoppe, U., Kindermann, J., ... van der Zanden, M. (2010). Learning by creating and exchanging objects: the SCY experience. *British Journal of Educational Technology*, 41(6), 909-921. doi: 10.1111/j.1467-8535.2010.01121.x
- de Jong, T., Weinberger, A., Girault, I., Kluge, A., Lazonder, A. W., Pedaste, M., . . . Wichmann, A. (2012). Using scenarios to design complex technology-enhanced

- learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 60(5), 883-901. doi:10.1007/s11423-012-9258-1
- Demetriadis, S. N., Papadopoulos, P. M., Stamelos, I. G., & Fischer, F. (2008). The effect of scaffolding students' context-generating cognitive activity in technology-enhanced case-based learning. *Computers & Education*, 51(2), 939-954. doi:10.1016/j.compedu.2007.09.012
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13(5), 533-568. doi: 10.1016/S0959-4752(02)00025-7
- Dunbar, K. (2000). How scientists think in the real world: Implications for science education. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 49-58. doi:10.1016/S0193-3973(99)00050-7
- Eckhardt, M., Urhahne, D., Conrad, O., & Harms, U. (2013). How effective is instructional support for learning with computer simulations? *Instructional Science*, 41(1), 105-124. doi:10.1007/s11251-012-9220-y
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3-4), 391-450. doi:10.1080/10508406.1999.9672075
- Fiorella, L., Vogel-Walcutt, J. J., & Fiore, S. (2012). Differential impact of two types of metacognitive prompting provided during simulation-based training. *Computers in Human Behavior*, 28(2), 696-702. doi: 10.1016/j.chb.2011.11.017
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109. doi: 10.3102/00346543074001059
- Fretz, E. B., Wu, H., Zhang, B., Davis, E. A., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2002). An investigation of software scaffolds supporting modeling practices. *Research in Science Education*, 32(4), 567-589. doi:10.1023/A:1022400817926
- Furtak, E. M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. *Science Education*, 90(3), 453-467. doi: 10.1002/sce.20130
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329. doi:10.3102/0034654312457206

- Ge, X., Chen, C. H., & Davis, K. A. (2005). Scaffolding novice instructional designers' problem-solving processes using question prompts in a Web-based learning environment. *Journal of Educational Computing Research*, 33(2), 219–248. doi: 10.2190/5F6J-HHVF-2U2B-8T3G
- Gerjets, P., Scheiter, K., & Schuh, J. (2008). Information comparisons in example-based hypermedia environments: Supporting learners with processing prompts and an interactive comparison tool. *Educational Technology Research and Development*, 56(1), 73-92. doi:10.1007/s11423-007-9068-z
- Germann, P. J., Aram, A., & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79-99. doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199601)33:1<79::AID-TEA5>3.0.CO;2-M
- Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86(5), 693–705. doi: 10.1002/sce.10039
- Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P., & Segers, M. (2005). Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, 75(1), 27–61. doi: 10.3102/00346543075001027
- Gijlers, H., & de Jong, T. (2009). Sharing and confronting propositions in collaborative inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 27(3), 239-268. doi:10.1080/07370000903014352
- Gijlers, H., & de Jong, T. (2013). Using concept maps to facilitate collaborative simulation-based inquiry learning. *Journal of the Learning Sciences*, 22(3), 340-374. doi:10.1080/10508406.2012.748664
- Glaser, R., Schauble, L., Raghavan, K., & Zeitz, C. (1992). Scientific reasoning across different domains. In D. C. Erik, L. Marcia C., M. Heinz & V. Lieven (Eds.), *Computer-based learning environments and problem solving* (NATO ASI series F, vol. 84, pp. 345–371). Heidelberg: Springer Verlag. doi:10.1007/978-3-642-77228-3_16
- Gobert, J. D., & Toto, E. (2016). *Instruction system with eyetracking-based adaptive scaffolding*. U.S. Patent No. 9,317,115. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Chicago

- Gobert, J. D., Baker, R. S., & Wixon, M. B. (2015). Operationalizing and detecting disengagement within online science microworlds. *Educational Psychologist*, 50(1), 43-57. doi: 10.1080/00461520.2014.999919
- Gomes, L., & Bogosyan, S. (2009). Current trends in remote laboratories. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(12), 4744-4756. doi: 10.1109/TIE.2009.2033293
- Graesser, A. C., Wiley, J., Goldman, S. R., O'Reilly, T., Jeon, M., & McDaniel, B. (2007). SEEK web tutor: Fostering a critical stance while exploring the causes of volcanic eruption. *Metacognition and Learning*, 2(2-3), 89-105. doi:10.1007/s11409-007-9013-x
- Gu, J., & Belland, B. R. (2015). Preparing students with 21st century skills: Integrating scientific knowledge, skills, and epistemic beliefs in middle school science. In X. Ge, D. Ifenthaler, & J. M. Spector (Eds.), *Full STEAM ahead—Emerging technologies for STEAM* (vol. 2, pp. 39-60). New York: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-02573-5_3
- Guisasola, J., Ceberio, M., & Zubimendi, L. (2005). University students' strategies for constructing hypothesis when tackling paper-and-pencil tasks in physics. *Research in Science Education*, 36(3), 163–186. doi: 10.1007/s11165-005-9000-7
- Guyotte, K. W., Sochacka, N. W., Costantino, T. E., Walther, J., & Kellam, N. N. (2014). STEAM as social practice: Cultivating creativity in transdisciplinary spaces. *Art Education*, 67(6), 12–19.
- Hadwin, A. F., & Winne, P. H. (2001). CoNoteS2: A software tool for promoting self-regulation. *Educational Research and Evaluation*, 7(2-3), 313-334. doi: 10.1076/edre.7.2.313.3868
- Hand, B., Wallace, C. W., & Yang, E. (2004). Using a science writing heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: Quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26(2), 131-149. doi:10.1080/0950069032000070252
- Hawkins, J., & Pea, R. D. (1987). Tools for bridging the cultures of everyday and scientific thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(4), 291–307. doi:10.1002/tea.3660240404

- Heintz, M., & Law, E. L. C. (2016). *Challenges and Resolutions for Engaging Teachers and Students in Participatory Design of Online Science Learning Resources*. Gothenburg, Sweden.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. doi: 10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. doi:10.1080/00461520701263368
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54. doi:10.1002/sci.10106
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791-806. doi:10.1002/tea.20072
- Hogan, K., Nastasi, B. K., & Pressley, M. (1999). Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and Instruction*, 17(4), 379-432. doi: 10.1207/S1532690XCI1704_2
- Hovardas, T. (2016). A learning progression should address regression: Insights from developing non-linear reasoning in ecology. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(10). doi: 10.1002/tea.21330
- Hovardas, T., Tsivitanidou, O. E., & Zacharia, Z. C. (2014). Peer versus expert feedback: An investigation of the quality of peer feedback among secondary school students. *Computers & Education*, 71, 133-152. doi: 10.1016/j.compedu.2013.09.019
- Hsin, C.-T., & Wu, H.-K. (2011). Using scaffolding strategies to promote young children's scientific understandings of floating and sinking. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 656-666. doi: 10.1007/s10956-011-9310-7
- Hwang, G. J. Sung, H. Y. & Chang. H. S. (2011). The effect of integrating STS strategy to online inquiry-based learning on students' learning performance. In the Proceedings of the 2011 International Conference on Internet of Things and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing, (pp.576-580), USA: IEEE Computer Society Press. doi:10.1109/iThings/CPSCoM.2011.13

- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(4), 271-283. doi:10.1111/j.1365-2729.2007.00259.x
- Justice, C., Werry, W., Cuneo, C., Inglis, S., Miller, S., Rice, J., & Sammon, S. (2002). A grammar for inquiry: Linking goals and methods in a collaboratively taught social sciences inquiry course. In Society for Teaching and Learning in Higher Education (Ed.), *The Alan Blizzard award paper: The award winning papers* (pp.15-27) Windsor, ON, Canada: McGraw-Hill Ryerson.
- Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational Psychology Review*, 19(4), 509-539. doi:10.1007/s10648-007-9054-3"
- Kalyuga, S., & Sweller, J. (2004). Measuring knowledge to optimize cognitive load factors during instruction. *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 558-568. doi: 10.1037/0022-0663.96.3.558
- Karweit, N., & Slavin, R. E. (1982). Time-on-task: Issues of timing, sampling, and definition. *Journal of Educational Psychology*, 74(6), 844-851. doi: 10.1037/0022-0663.74.6.844
- Keys, C. W. (2000). Investigating the thinking processes of eighth grade writers during the composition of a scientific laboratory report. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 676-690. doi:10.1002/1098-2736(200009)37:7<676::AID-TEA4>3.0.CO;2-6
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199912)36:10<1065::AID-TEA2>3.0.CO;2-I
- Kim, C.-J. (2003). Preparing teachers for systems science methodology. In V. Mayer (Ed.), *Implementing global science literacy*, (pp. 255–266). Columbus, OH: The Ohio State University.
- Kim, H. J., & Pedersen, S. (2011). Advancing young adolescents' hypothesis-development performance in a computer-supported and problem-based learning environment. *Computers & Education*, 57(2), 1780-1789. doi:10.1016/j.compedu.2011.03.014

- King, A. (1991). Effects of training in strategic questioning on children's problem-solving performance. *Journal of Educational Psychology*, 83(3), 307–317. doi: 10.1037/0022-0663.83.3.307
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. doi: 10.1207/s15326985ep4102_1
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: effect of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 661-667. doi: 10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x
- Klahr, D., Fay, A. L., & Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 25(1), 111-146. doi:10.1006/cogp.1993.1003
- Klahr, D., Triona, L. M., & Williams, C. (2007). Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 183-203. doi:10.1002/tea.20152
- Koedinger, K. R., & Alevan, V. (2007). Exploring the assistance dilemma in experiments with cognitive tutors. *Educational Psychology Review*, 19(3), 239–264. doi: 10.1007/s10648-007-9049-0
- Koksal, E. A., & Berberoglu, G. (2014). The effect of guided-inquiry instruction on 6th grade turkish students' achievement, science process skills, and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 36(1), 66-78. doi:10.1080/09500693.2012.721942
- Kremer, K., Specht, C., Urhahne, D., & Mayer, J. (2014). The relationship in biology between the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Biological Education*, 48(1), 1-8. doi:10.1080/00219266.2013.788541
- Kuhn, D. (2007). Is direct instruction an answer to the right question? *Educational Psychologist*, 42(2), 109–113. doi: 10.1080/00461520701263376
- Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., Andersen, C., White, S. H., Klahr, D., & Carver, S. M. (1995). Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 60(4), 1-157. doi:10.2307/1166059

- Kyza, E., Michael, G., & Constantinou, C. (2007). The rationale, design, and implementation of a web-based inquiry learning environment. In C. Constantinou, Z. C. 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: E-media.
- Lajoie, S. P., Guerrero, C., Munsie, S. D., & Lavigne, N. C. (2001). Constructing knowledge in the context of BioWorld. *Instructional Science*, 29(2), 155-186. doi:10.1023/A:1003996000775
- Lawson, A. E. (2000). How do humans acquire knowledge? And what does that imply about the nature of knowledge? *Science and Education*, 9(6), 577–598. doi: 10.1023/A:1008756715517
- Lawson, A. E. (2002). Sound and faulty arguments generated by preservice biology teachers when testing hypotheses involving unobservable entities. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 237-252. doi:10.1002/tea.10019
- Lee, H., Lim, K., & Grabowski, B. (2010). Improving self-regulation, learning strategy use, and achievement with metacognitive feedback. *Educational Technology Research and Development*, 58(6), 629-648. doi:10.1007/s11423-010-9153-6
- Lehtinen, A., & Viiri, J. (2016). Guidance Provided by Teacher and Simulation for Inquiry-Based Learning: a Case Study. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2) 1-14. doi: 10.1007/s10956-016-9672-y
- Lim, B. (2004). Challenges and issues in designing inquiry on the web. *British Journal of Educational Technology*, 35(5), 627-643. doi:10.1111/j.0007-1013.2004.00419.x
- Lin, T.-C., Hsu, Y.-S., Lin, S.-S., Changlai, M.-L., Yang, K.-Y., & Lai, T.-L. (2012). A review of empirical evidence on scaffolding for science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(2), 437–455. doi: 10.1007/s10763-011-9322-z
- Lin, X., & Lehman, J. D. (1999). Supporting learning of variable control in a computer-based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 837-858. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199909)36:7<837::AID-TEA6>3.0.CO;2-U

- Lobato, J. (2003). How design experiments can inform a rethinking of transfer and vice versa. *Educational Researcher*, 32(1), 17–20. doi: 10.3102/0013189X032001017
- Löhner, S., van Joolingen, W. R., & Savelsbergh, E. R. (2003). The effect of external representation on constructing computer models of complex phenomena. *Instructional Science*, 31(6), 395-418. doi:10.1023/A:1025746813683
- Lohse, G. L., Biolsi, K., Walker, N., & Rueter, H. H. (1994). A classification of visual representations. *Communications of the ACM*, 37(12), 36-50. doi: 10.1145/198366.198376
- Luchini, K., Quintana, C., & Soloway, E. (2003). Pocket PiCoMap: A case study in designing and assessing a handheld concept mapping tool for learners. In J. A. Konstan, E. Chi, & K. Höök (Eds.), *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp.321-328), New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/642611.642668
- Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 901–918. doi:10.1037/a0037123
- MacGregor, S. K., & Lou, Y. (2004). Web-based learning. *Journal of Research on Technology in Education*, 37(2), 161-175. doi:10.1080/15391523.2004.10782431
- Mäeots, M., Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2008). Transforming students' inquiry skills with computer-based simulations. In the *Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, (pp.938-942). USA: IEEE Computer Society Press. doi:10.1109/ICALT.2008.239
- Mahardale, J. W., & Lee, C. B. (2013). Understanding how social and epistemic scripts perpetuate intersubjectivity through patterns of interactions. *Interactive Learning Environments*, 21(1), 68–88. doi: 10.1080/10494820.2010.547204
- Manlove, S., Lazonder, A. W., & de Jong, T. (2006). Regulative support for collaborative scientific inquiry learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(2), 87-98. doi: 10.1111/j.1365-2729.2006.00162.x
- Manlove, S., Lazonder, A., & de Jong, T. (2007). Software scaffolds to promote regulation during scientific inquiry learning. *Metacognition and Learning*, 2(2-3), 141-155. doi:10.1007/s11409-007-9012-y

- Marschner, J., Thillmann, H., Wirth, J., & Leutner, D. (2012). How can the use of strategies for experimentation be fostered? *Zeitschrift Fur Erziehungswissenschaft*, *15*(1), 77-93.
- Marshall, J. A., & Young, E. S. (2006). Preservice teachers' theory development in physical and simulated environments. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*(9), 907-937. doi: 10.1002/tea.20124
- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., & Tal, R. T. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(10), 1063–1080. doi: 10.1002/tea.20039
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, *59*(1), 14. doi: 10.1037/0003-066X.59.1.14
- McElhaney, K. W., & Linn, M. C. (2011). Investigations of a complex, realistic task: Intentional, unsystematic, and exhaustive experimenters. *Journal of Research in Science Teaching*, *48*(7), 745-770. doi: 10.1002/tea.20423
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, *15*(2), 153-191. doi:10.1207/s15327809jls1502_1
- Meindertsma, H. B., van Dijk, M. W. G., Steenbeek, H. W., & van Geert, P. L. C. (2014). Stability and variability in young children's understanding of floating and sinking during one single-task session. *Mind, Brain, and Education*, *8*(3), 149-158. doi: 10.1111/mbe.12049
- Merrill, D. C., Reiser, B. J., Merrill, S. K., & Landes, S. (1995). Tutoring: Guided learning by doing. *Cognition and instruction*, *13*(3), 315-372. doi: 10.1207/s1532690xci1303_1
- Metcalf, J., & Finn, B. (2008). Evidence that judgments of learning are causally related to study choice. *Psychonomic Bulletin & Review*, *15*(1), 174-179. doi: 10.3758/PBR.15.1.174
- Minner, D. D., Jurist Levy, A., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984-2002. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(4), 474-496. doi: 10.1002/tea.20347

- Misak, C. (2004). *The Cambridge companion to Peirce*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Mokros, J. R., & Tinker, R. F. (1987). The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(4), 369-383. doi:10.1002/tea.3660240408
- Molenaar, I., van Boxtel, C. A. M., & Sleegers, P. J. C. (2010). The effects of scaffolding metacognitive activities in small groups. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1727-1738. doi:10.1016/j.chb.2010.06.022
- Murray, T. (1999). Authoring intelligent tutoring systems: An analysis of the state of the art. *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, 10, 98–129.
- Muukkonen, H., Lakkala, M., & Hakkarainen, K. (2005). Technology-mediation and tutoring: How do they shape progressive inquiry discourse? *Journal of the Learning Sciences*, 14(4), 527–565. doi: 10.1207/s15327809jls1404_3
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press.
- Njoo, M., & de Jong, T. (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: Learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 821-844. doi:10.1002/tea.3660300803
- Nussbaum, E. M. (2002). Scaffolding argumentation in the social studies classroom. *The Social Studies*, 93(2), 79–83. doi: 10.1080/00377990209599887
- Oh, P. S. (2008). Adopting the abductive inquiry model (AIM) into undergraduate earth science laboratories. In I. V. Eriksson (Ed.), *Science education in the 21st century*, (pp. 263–277). New York: Nova Publishers.
- Oh, P. S. (2010). How can teachers help students formulate scientific hypotheses? Some strategies found in abductive inquiry activities of earth science. *International Journal of Science Education*, 32(4), 541-560. doi: 10.1080/09500690903104457

- Olympiou, G., & Zacharias, Z. (2013). Making the invisible visible: Enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation. *Instructional Science*, *41*(3), 575-596. doi:10.1007/s11251-012-9245-2
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: Nuffield Foundation.
- Oshima, J., Oshima, R., Murayama, I., Inagaki, S., Takenaka, M., Yamamoto, T., . . . Nakayama, H. (2006). Knowledge-building activity structures in Japanese elementary science pedagogy. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, *1*(2), 229-246. doi:10.1007/s11412-006-8995-8
- Park, J. (2006). Modeling analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypotheses. *International Journal of Science Teaching*, *28*(5), 469-489. doi: 10.1080/09500690500404540
- Pata, K., Lehtinen, E., & Sarapuu, T. (2006). Inter-relations of tutors' and peers' scaffolding and decision-making discourse acts. *Instructional Science*, *34*(4), 313-341. doi: 10.1007/s11251-005-3406-5
- Pea, R. D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *Journal of the Learning Sciences*, *13*(3), 423-451. doi: 10.1207/s15327809jls1303_6
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A., Kamp, E. T., . . . Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, *14*, 47-61. doi: 10.1016/j.edurev.2015.02.003
- Pifarre, M., & Cobos, R. (2010). Promoting metacognitive skills through peer scaffolding in a CSCL environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, *5*(2), 237-253. doi: 10.1007/s11412-010-9084-6
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. Pintrich & M. & Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 451-502). San Diego: Academic Press. doi: 10.1016/B978-012109890-2/50043-3
- Pol, H. J., Harskamp, E. G., & Suhre, C. J. M. (2008). The effect of the timing of instructional support in a computer-supported problem-solving program for students in secondary physics education. *Computers in Human Behavior*, *24*(3), 1156-1178. doi: 10.1016/j.chb.2007.04.002

- Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction, 12*(1), 61-86. doi: 10.1016/S0959-4752(01)00016-0
- Puntambekar, S., & Hübscher, R. (2005). Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed? *Educational Psychologist, 40*(1), 1–12. doi: 10.1207/s15326985ep4001_1
- Puntambekar, S., & Kolodner, J. L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(2), 185-217. doi:10.1002/tea.20048
- Quinn, J., & Alessi, S. (1994). The effects of simulation complexity and hypothesis generation strategy on learning. *Journal of Research on Computing in Education, 27*(1), 75–91. doi:10.1080/08886504.1994.10782117
- Quintana, C., & Fishman, B. (2006). Supporting science learning and teaching with software-based scaffolding. In *Annual conference of AERA*. San Francisco, CA.
- Quintana, C., Krajcik, J., & Soloway, E. (2003). Issues and approaches for developing learner-centered technology. *Advances in Computers, 57*, 271–321. doi: 10.1016/S0065-2458(03)57006-1
- Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., . . . Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences, 13*(3), 337-386. doi:10.1207/s15327809jls1303_4
- Read, J. C., Gregory, P., MacFarlane, S., McManus, B., Gray, P., & Patel, R. (2002). An investigation of participatory design with children-informant, balanced and facilitated design. In *Interaction design and Children* (pp. 53-64). Maastricht: Shaker.
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences, 13*(3), 273-304. doi:10.1207/s15327809jls1303_2
- Reiser, B. J., Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Steinmuller, F., & Leone, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. In S. M. Carver, & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 263-305). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Reisslein, J., Atkinson, R. K., Seeling, P., & Reisslein, M. (2006). Encountering the expertise reversal effect with a computer-based environment on electrical circuit

- analysis. *Learning and Instruction*, 16(2), 92-103. doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.02.008
- Reisslein, J., Sullivan, H., & Reisslein, M. (2007). Learner achievement and attitudes under different paces of transitioning to independent problem solving. *Journal of Engineering Education*, 96(1), 45-56. doi: 10.1002/j.2168-9830.2007.tb00914.x
- Rienties, B., Giesbers, B., Tempelaar, D., Lygo-Baker, S., Segers, M., & Gijsselaers, W. (2012). The role of scaffolding and motivation in CSCL. *Computers & Education*, 59(3), 893–906. doi: 10.1016/j.compedu.2012.04.010
- Roth, W. (2001). “Enculturation”: Acquisition of conceptual blind spots and epistemological prejudices. *British Educational Research Journal*, 27(1), 5-27. doi: 10.1080/01411920123822
- Roth, W. (2013). Data generation in the discovery sciences-learning from the practices in an advanced research laboratory. *Research in Science Education*, 43(4), 1617-1644. doi: 10.1007/s11165-012-9324-z
- Sabet, M. K., Tahriri, A., & Pasand, P. G. (2013). The impact of peer scaffolding through process approach on EFL learners’ academic writing fluency. *Theory & Practice in Language Studies*, 3(10), 1893–1901. doi: 10.4304/tpls.3.10.1893-1901
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217–257. doi: 10.1002/sce.20421
- Sao Pedro, M., de Baker, R. J., Gobert, J., Montalvo, O., & Nakama, A. (2013). Leveraging machine-learned detectors of systematic inquiry behavior to estimate and predict transfer of inquiry skill. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 23(1), 1-39. doi:10.1007/s11257-011-9101-0
- Saye, J. W., & Brush, T. (2002). Scaffolding critical reasoning about history and social issues in multimedia-supported learning environments. *Educational Technology Research & Development*, 50(3), 77-96. doi: 10.1007/BF02505026
- Scaife, M., Rogers, Y., Aldrich, F., & Davies, M. (1997) Designing for or designing with? Informant design for interactive learning environments. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems*, (pp. 343-350). New York: ACM

- Scanlon, E., Anastopoulou, S., Kerawalla, L., & Mulholland, P. (2011). How technology resources can be used to represent personal inquiry and support students' understanding of it across contexts. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27(6), 516-529. doi:10.1111/j.1365-2729.2011.00414.x
- Scheiter, K., & Gerjets, P. (2007). Learner control in hypermedia environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 285-307. doi:10.1007/s10648-007-9046-3
- Schmidt, H. G., van der Molen, H. T., te Winkel, W. W. R., & Wijnen, W. H. F. W. (2009). Constructivist, problem-based learning does work: A meta-analysis of curricular comparisons involving a single medical school. *Educational Psychologist*, 44(4), 227-249. doi: org/10.1080/00461520903213592
- Schneider, R., Krajcik, J., Marx, R., & Soloway, E. (2002). Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 410-422. doi: 10.1002/tea.10029
- Schunn, C. D., & Anderson, J. R. (1999). The generality/specificity of expertise in scientific reasoning. *Cognitive Science*, 23(3), 337-370. doi:10.1016/S0364-0213(99)00006-3
- Seufert, T., & Brünken, R. (2006). Cognitive load and the format of instructional aids for coherence formation. *Applied Cognitive Psychology*, 20(1), 321-331. doi: 10.1002/acp.1248
- Shadish, W., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston: Houghton Mifflin.
- Shah, P., & Freedman, E. G. (2011). Bar and line graph comprehension: An interaction of top-down and bottom-up processes. *Topics in Cognitive Science*, 3(3), 560-578. doi:10.1111/j.1756-8765.2009.01066.x
- Shapiro, A. (2008). Hypermedia design as learner scaffolding. *Educational Technology Research and Development*, 56(1), 29-44. doi:10.1007/s11423-007-9063-4
- Shute, V. J., & Glaser, R. (1990). A Large-Scale evaluation of an intelligent discovery world: Smithtown. *Interactive Learning Environments*, 1(1), 51-77. doi:10.1080/1049482900010104
- Simons, K. D., & Ertmer, P. A. (2006). Scaffolding disciplined inquiry in problem-based learning environments. *International Journal of Learning*, 12(6), 297-305.

- Simons, K. D., & Klein, J. D. (2007). The impact of scaffolding and student achievement levels in a problem-based learning environment. *Instructional Science*, 35(1), 41-72. doi: 10.1007/s11251-006-9002-5
- Slavin, R. E. (2014). *Educational psychology: Theory and practice* (11th ed.). Boston: Pearson Education.
- Slavin, R. E., Lake, C., Hanley, P., & Thurston, A. (2014). Experimental evaluations of elementary science programs: A best-evidence synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 870-901. doi:10.1002/tea.21139
- Smith, B. K., & Reiser, B. J. (1997). What should a wildebeest say? Interactive nature films for high school classrooms. In E. P. Glinert, M. S. Johnson, J. Foley, J. Hollanv (Eds.), *Proceedings of the Fifth ACM International Conference on Multimedia* (pp.193-201). New York, USA: ACM. 193-201. doi:10.1145/266180.266365
- Stahl, E., & Bromme, R. (2009). Not everybody needs help to seek help: Surprising effects of metacognitive instructions to foster help-seeking in an online-learning environment. *Computers & Education*, 53(4), 1020-1028. doi:10.1016/j.compedu.2008.10.004
- Steenbergen-Hu, S., & Cooper, H. (2013). A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on K-12 students' mathematical learning. *Journal of Educational Psychology*, 105(4), 970-987. doi:10.1037/a0032447
- Strauss, A., & Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage.
- Strobel, J., & van Barneveld, A. (2009). When is PBL more effective? A meta-synthesis of meta-analyses comparing PBL to conventional classrooms. *Interdisciplinary Journal of Problem- Based Learning*, 3(1), 44-58. doi: 10.7771/1541-5015.1046
- Swaak, J., & de Jong, T. (1996). Measuring intuitive knowledge in science: The development of the what-if test. *Studies in Educational Evaluation*, 22(4), 341-362. doi: 10.1016/0191-491X(96)00019-3
- Swaak, J., van Joolingen, W. R., & de Jong, T. (1998). Supporting simulation-based learning; the effects of model progression and assignments on definitional and intuitive knowledge. *Learning and Instruction*, 8(3), 235-252. doi:10.1016/S0959-4752(98)00018-8

- Swanson, H. L., & Lussier, C. M. (2001). A selective synthesis of the experimental literature on dynamic assessment. *Review of Educational Research*, 71(2), 321–363. doi: 10.3102/00346543071002321
- Sweller, J., van Merriënboer, J., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. doi: 10.1023/A:1022193728205
- Temiz, B. K., Taşar, M. F., & Tan, M. (2006). Development and validation of a multiple format test of science process skills. *International Education Journal*, 7(7), 1007-1027.
- Thiede, K. W., Anderson, M. C. M., & Theriault, D. (2003). Accuracy of metacognitive monitoring affects learning of texts. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 66-73. doi: 10.1037/0022-0663.95.1.66
- Toth, E. E., Suthers, D. D., & Lesgold, A. M. (2002). Mapping to know?: The effects of representational guidance and reflective assessment on scientific inquiry. *Science Education*, 86(2), 264-286. doi:10.1002/sce.10004
- Toth, E., Morrow, B., & Ludvico, L. (2009). Designing blended inquiry learning in a laboratory context: A study of incorporating hands-on and virtual laboratories. *Innovative Higher Education*, 33(5), 333-344. doi:10.1007/s10755-008-9087-7
- Tschirgi, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51(1), 1-10. doi:10.2307/1129583
- Tsirgi, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51(1), 1-10. doi: 10.2307/1129583
- Tsivitanidou, O. E., Zacharia, Z. C., & Hovardas, T. (2011). Investigating secondary school students' unmediated peer assessment skills. *Learning and Instruction*, 21(4), 506-519. doi: 10.1016/j.learninstruc.2010.08.002
- van Berkum, J. J.A., & de Jong, T. (1991). Instructional environments for simulations. *Education and Computing*, 6(3–4), 305-358. doi:10.1016/0167-9287(91)80006-J
- van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22(3), 271–296. doi: 10.1007/ s10648-010-9127-6

- van Joolingen, W. R. (1999). Cognitive tools for discovery learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10, 385-397.
- van Joolingen, W. R., & de Jong, T. (1997). An extended dual search space model of scientific discovery learning. *Instructional Science*, 25(5), 307-346. doi:10.1023/A:1002993406499
- van Joolingen, W. R., de Jong, T., Lazonder, A. W., Savelsbergh, E. R., & Manlove, S. (2005). Co-lab: Research and development of an online learning environment for collaborative scientific discovery learning. *Computers in Human Behavior*, 21(4), 671-688. doi:10.1016/j.chb.2004.10.039
- van Joolingen, W. R., Giemza, A., Bollen, L., Bodin, M., Manske, S., Engler, J., & Halik, K. (2011). *SCY cognitive scaffolds and tools (DII.2)*. Twente: SCY consortium.
- van Joolingen, W., & de Jong, T. (1991). Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation. *Instructional Science*, 20(5-6), 389-404. doi:10.1007/BF00116355
- van Joolingen, W., & de Jong, T. (2003). Simquest. Authoring educational simulations. In T. Murray, S. Blessing & S. Ainsworth (Eds.), *Authoring tools for advanced technology learning environments* (pp. 1-31) Dordrecht, Netherlands: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-017-0819-7_1
- van Joolingen, W., & Zacharia, Z. (2009). Developments in inquiry learning. In N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder & S. Barnes (Eds.), *Technology-Enhanced Learning* (pp. 21-37). Dordrecht, Netherlands: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-1-4020-9827-7_2
- VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197-221. doi: 10.1080/00461520.2011.611369.
- Veermans, K. H. (2003). *Intelligent support for discovery learning*. Ph.D. thesis, University of Twente. Retrieved from <http://doc.utwente.nl/38699/>
- Veermans, K., de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (2000). Promoting self-directed learning in simulation-based discovery learning environments through intelligent support. *Interactive Learning Environments*, 8(3), 229-255. doi:10.1076/1049-4820(200012)8:3;1-D;FT229

- Veermans, K., van Joolingen, W., & de Jong, T. (2006). Use of heuristics to facilitate scientific discovery learning in a simulation learning environment in a physics domain. *International Journal of Science Education*, 28(4), 341-361. doi:10.1080/09500690500277615
- Waldrop, M. M. (2013). Education online: The virtual lab. *Nature*, 499(7458), 268-270. doi:10.1038/499268a
- Walker, A., & Leary, H. (2009). A problem based learning meta analysis: Differences across problem types, implementation types, disciplines, and assessment levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3(1), 12-43. doi: 10.7771/1541-5015.1061
- Watson, R., Goldsworthy, A., & Wood-Robinson, V. (1999). What is not fair with investigations? *School Science Review*, 80(292), 101-106.
- Wellnitz, N., & Mayer, J. (2011). *Modelling and assessing scientific methods*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching (NARST). Olandor, FL.
- Wenham, M. (1993). The nature and role of hypotheses in school investigations. *International Journal of Science Education*, 15(3), 231-240. doi: 10.1080/0950069930150301
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-118. doi:10.1207/s1532690xci1601_2
- White, B. Y., Shimoda, T. A., & Frederiksen, J. R. (1999). Enabling students to construct theories of collaborative inquiry and reflective learning: Computer support for metacognitive development. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10, 151-182.
- Wichmann, A., & Leutner, D. (2009). Inquiry learning: Multilevel support with respect to inquiry, explanations and regulation during an inquiry cycle. *Zeitschrift Für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 117-127. doi:10.1024/1010-0652.23.2.117
- Wiersma, W., & Jurs, S. G. (2005). *Research methods in education: An introduction*. Boston: Pearson.
- Wilhelm, J. A., & Walters, K. L. (2006). Pre-service mathematics teachers become full participants in inquiry investigations. *International Journal of Mathematical*

Education in Science and Technology, 37(7), 793-804.
doi:10.1080/00207390600723635



- Wirth, J., Künsting, J., & Leutner, D. (2009). The impact of goal specificity and goal type on learning outcome and cognitive load. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 299-305. doi:10.1016/j.chb.2008.12.004
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100. doi:10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x
- Woolf, B. P., Reid, J., Stillings, N., Bruno, M., Murray, D., Reese, P., . . . Rath, K. (2002). Intelligent tutoring systems: A General Platform for Inquiry Learning. In S. A. Cerri, G. Gouardères, & F. Paraguaçu (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems. ITS 2002. Lecture Notes in Computer Science* (vol. 2363, 681-697). Heidelberg, Germany: Springer Berlin Heidelberg, doi:10.1007/3-540-47987-2_69"
- Wu, H. (2010). Modelling a complex system: Using novice-expert analysis for developing an effective technology-enhanced learning environment. *International Journal of Science Education*, 32(2), 195-219. doi:10.1080/09500690802478077
- Yarrow, F., & Topping, K. J. (2001). Collaborative writing: The effects of metacognitive prompting and structured peer interaction. *British Journal of Educational Psychology*, 71(2), 261-282. doi: 10.1348/000709901158514
- Yıldız-Feyzioğlu, E., Akpınar, E., & Tatar, N. (2015). Monitoring students' goal setting and metacognitive knowledge in technology-enhanced learning with metacognitive prompts. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 616-625. doi: 10.1016/j.chb.2012.11.019
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317-331. doi:10.1016/j.learninstruc.2010.03.001
- Zacharia, Z. C., Manoli, C., Xenofontos, N., de Jong, T., Pedaste, M., van Riesen, S. A., . . . Tsourlidaki, E. (2015). Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science: A literature review. *Educational Technology Research and Development*, 63(2), 257-302. doi: 10.1007/s11423-015-9370-0

- Zervas, P. (Ed.). (2013). *The go-lab inventory and integration of online labs-labs offered by large scientific organisations* (D2.1). Go-Lab project consortium.
- Zhang, J., Chen, Q., Sun, Y., & Reid, D. J. (2004). Triple scheme of learning support design for scientific discovery learning based on computer simulation: Experimental research. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20(4), 269-282. doi:10.1111/j.1365-2729.2004.00062.x
- Zimmerman, B. J. (1990). Self-regulated learning and academic achievement: An overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3-17. doi:10.1207/s15326985ep2501_2
- Zimmerman, B. J. (2001). Theories of self-regulated learning and academic achievement: An overview and analysis. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement—theoretical perspectives* (pp. 1–37). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Zumbach, J. (2009). The role of graphical and text based argumentation tools in hypermedia learning. *Computers in Human Behavior*, 25(4), 811-817. doi:10.1016/j.chb.2008.07.005

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ

Μαθησιακός χώρος διερώτησης- Μελέτη 1

Ηλεκτρικά Κυκλώματα – Συνδεσμολογία σε σειρά και παράλληλα  Nikoletta 

Ο σκοπός αυτού του μαθήματος είναι να προσδιορίσετε τον τρόπο που είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά σε ένα σπίτι, σε σειρά ή παράλληλα; Ο στόχος σας είναι να πραγματοποιήσετε μια επιστημονική διερεύνηση, προκειμένου να συλλέξετε αρκετά στοιχεία και να παραθέσετε επιχειρήματα για τον καταλληλότερο τρόπο συνδεσμολογίας.

Προσανατολισμός Υπόθεση Διερεύνηση Ερμηνεία Δεδομένων Συμπέρασμα Συζήτηση

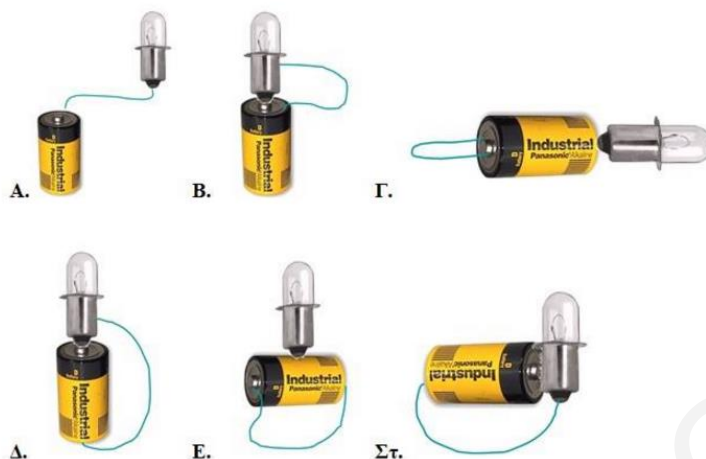
Στη φάση του Προσανατολισμού, θα μάθετε για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και τη συνδεσμολογία σε σειρά και παράλληλα.

Βήμα 1: Αναρωτηθήκατε ποτέ αν μπορείτε να κάνετε έναν λαμπτήρα να φωτοβολήσει, έχοντας μόνο ένα καλώδιο και μια μπαταρία; Είναι αυτό εφικτό; Χμ... Ας παρακολουθήσουμε το πιο κάτω βίντεο, για να δούμε τι απάντησαν απόφοιτοι ενός Τεχνολογικού Ινστιτούτου.



Τώρα ας δούμε τι πιστεύετε εσείς, απαντώντας το πιο κάτω κουίζ!

1. Κοιτάξτε προσεκτικά τις πιο κάτω συνδέσεις και μαντέψτε σε ποια/ποιες ο λαμπτήρας φωτοβολεί.



A

B, Δ και Στ

Γ και Ε

Δ και Στ

Ε και Στ

Ε

Βήμα 2: Είναι ώρα να ελέγξετε τις προβλέψεις σας! Πάρτε ένα καλώδιο, έναν λαμπτήρα και μια μπαταρία από τον/την εκπαιδευτικό και ελέγξτε αν ο λαμπτήρας θα φωτοβολήσει σε καθεμία από τις πιο πάνω διατάξεις. Πραγματοποιήστε τη δραστηριότητα αυτή σε συνεργασία με έναν ή δύο συμμαθητές σας.

Χρήσιμες πληροφορίες:

Απλό ηλεκτρικό κύκλωμα

Για να φωτοβολήσει ένας λαμπτήρας, χρειαζόμαστε ένα καλώδιο, μια μπαταρία και έναν λαμπτήρα, τα οποία να είναι συνδεδεμένα με τον κατάλληλο τρόπο, ώστε να δημιουργείται κλειστό κύκλωμα. Η διάταξη αυτή ονομάζεται «**απλό ηλεκτρικό κύκλωμα**». Κάθε ένα από τα τρία ηλεκτρικά στοιχεία ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (καλώδιο, μπαταρία και λαμπτήρας) έχει δύο ηλεκτρικά άκρα, τα οποία ονομάζονται «αγώγιμα μέρη». Τα αγώγιμα μέρη πρέπει να είναι συνδεδεμένα σε σειρά σε μια κλειστή κυκλική διάταξη. Αυτό σημαίνει ότι ένα από τα αγώγιμα μέρη της μπαταρίας πρέπει να είναι συνδεδεμένο με ένα αγώγιμο μέρος του λαμπτήρα. Το ελεύθερο αγώγιμο μέρος του λαμπτήρα να συνδέεται με το ένα αγώγιμο άκρο του καλωδίου και το ελεύθερο αγώγιμο άκρο του καλωδίου να συνδέεται με το ελεύθερο αγώγιμο μέρος της μπαταρίας. Η μπαταρία τότε δημιουργεί μια **διαφορά δυναμικού**, η οποία ονομάζεται «**τάση**», ωθώντας τα ηλεκτρόνια να ρέουν από την αρνητική στην θετική πλευρά της. Πιο συγκεκριμένα, οι χημικές αντιδράσεις στην μπαταρία συσσωρεύουν ηλεκτρόνια στον αρνητικό πόλο της μπαταρίας και έτσι προκύπτει ηλεκτρική διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών (αρνητικού και θετικού πόλου). Τα ηλεκτρόνια θέλουν να κινηθούν προς το μέρος στο οποίο υπάρχουν λιγότερα ηλεκτρόνια, αλλά αυτό δεν μπορεί να γίνει διαμέσου της μπαταρίας. Όταν το κύκλωμα είναι κλειστό (αυτό σημαίνει ότι οι δύο πλευρές της μπαταρίας είναι συνδεδεμένες με ένα αγώγιμο υλικό) τα ηλεκτρόνια βρίσκουν τρόπο να κινηθούν από την αρνητική στη θετική πλευρά.

Είδη ηλεκτρικών κυκλωμάτων

Πόσα είδη ηλεκτρικών κυκλωμάτων υπάρχουν; Ας παρακολουθήσουμε το πιο κάτω βίντεο και ας πάρουμε μερικές σημειώσεις.



Καταγράψτε κάποιες σημαντικές πληροφορίες που εντοπίσατε στο βίντεο.

Οι σημειώσεις μου:

Type here

Προσανατολισμός

Υπόθεση

Διερεύνηση

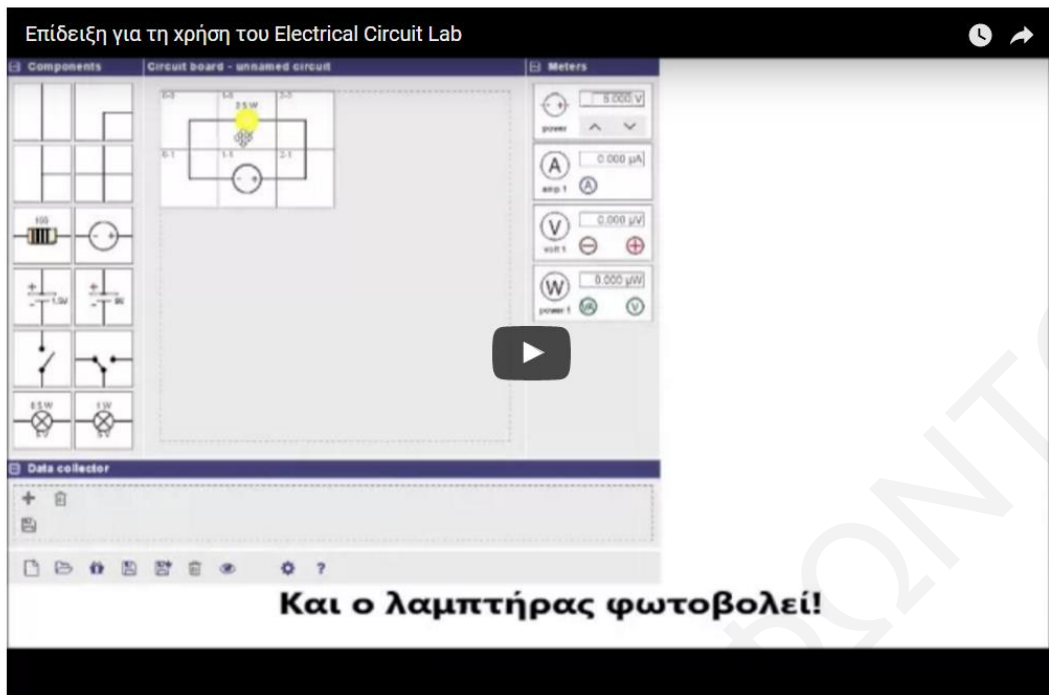
Ερμηνεία Δεδομένων

Συμπέρασμα

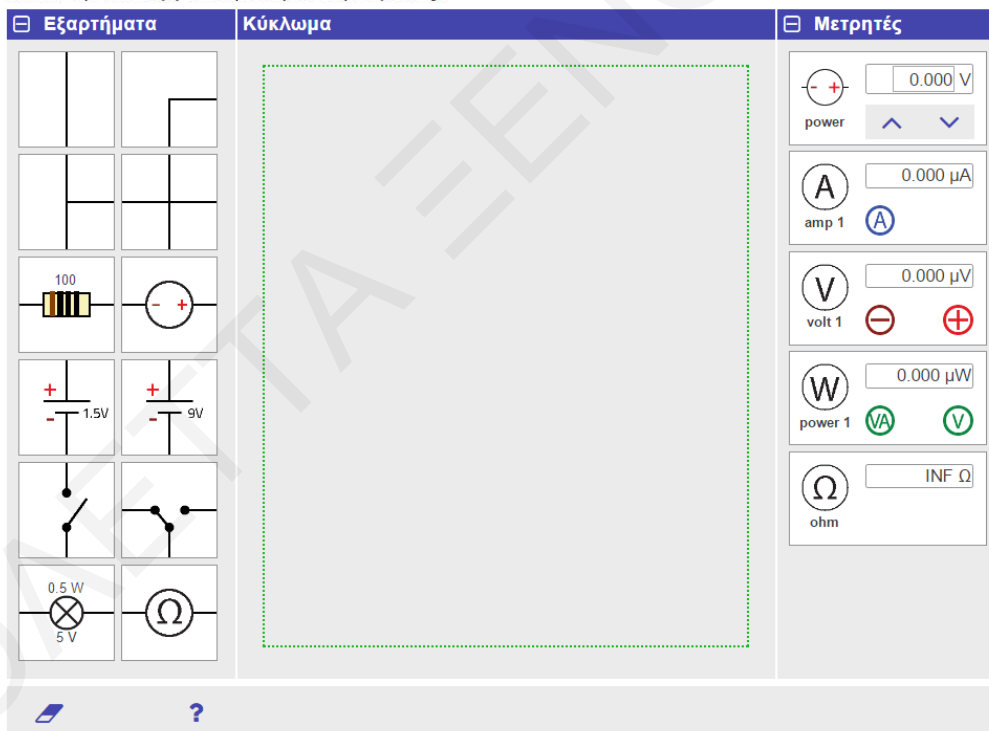
Συζήτηση

Στη φάση της Υπόθεσης θα αναγνωρίσετε τις μεταβλητές που σχετίζονται με το φαινόμενο που μελετάτε και θα διατυπώσετε υποθέσεις, οι οποίες θα σας βοηθήσουν να ολοκληρώσετε τον στόχο του μαθήματος.

Βήμα 1: Στη συνέχεια του μαθήματος θα χρησιμοποιήσετε για τις διερευνήσεις σας ένα εικονικό εργαστήριο. Παρακαλούηστε το πιο κάτω βίντεο για να εξοικιωθήτε με το **εργαστήριο Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων**, τα εργαλεία, τα σύμβολα και τις λειτουργίες του.



Δημιουργήστε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και τοποθετήστε σε αυτό ένα αμπερόμετρο. Παρατηρήστε απλά την ένδειξη του ηλεκτρικού ρεύματος.



Βήμα 2: Στην προηγούμενη φάση, μάθατε χρήσιμες πληροφορίες για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και για τις συνδεσμολογίες σε σειρά και παράλληλα. Θα προκύψουν όμως αλλαγές στο ηλεκτρικό ρεύμα αν αυξήσουμε τον αριθμό των λαμπτήρων σε σειρά ή παράλληλα;

Προκειμένου να απαντήσετε στο πιο πάνω ερώτημα, θα πρέπει πρώτα να διατυπώσετε υποθέσεις που να αφορούν και τους δύο τρόπους συνδεσμολογίας, χρησιμοποιώντας το **εργαλείο Διατύπωσης Υποθέσεων**.

Χρήσιμες πληροφορίες

- Μια καλή υπόθεση μπορεί να διατυπωθεί στη μορφή της δήλωσης «Αν... τότε...», η οποία περιλαμβάνει μια εξαρτημένη μεταβλητή και τουλάχιστον μια ανεξάρτητη μεταβλητή. Παράδειγμα: «Αν η ανεξάρτητη μεταβλητή αυξάνεται, τότε η εξαρτημένη μεταβλητή μειώνεται.»

- Σε κάθε υπόθεση μεταβάλλεται/αλλάζει μόνο μια ανεξάρτητη μεταβλητή, ώστε να διερευνάται μόνο η επίδραση της μεταβλητής αυτής πάνω στην εξαρτημένη μεταβλητή. Πατήστε στο **βοήθημα (?)** για να μάθετε πώς λειτουργεί το εργαλείο Διατύπωσης Υποθέσεων.

Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη!

AN ΤΟΤΕ αυξάνεται μειώνεται είναι το ίδιο δεν αλλάζει το ηλεκτρικό ρεύμα των λαμπτήρων των μπαταριών σε σειρά παράλληλα ο αριθμός σε κύκλωμα

Υποθέσεις

Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε

?

Προσανατολισμός Υπόθεση Διερεύνηση Ερμηνεία Δεδομένων Συμπέρασμα Συζήτηση

Στη φάση αυτή θα σχεδιάσετε και θα εκτελέσετε τα πειράματά σας χρησιμοποιώντας το εργαστήριο Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων για να συλλέξετε δεδομένα για τις υποθέσεις σας.

Βήμα 1: Χρησιμοποιήστε το **εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων** για να σχεδιάσετε τα πειράματά σας. Ακολουθήστε τις οδηγίες βήμα προς βήμα για να ολοκληρώσετε τον σχεδιασμό των πειραμάτων.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Αν έχετε περισσότερες από μία υποθέσεις, αφού ολοκληρώσετε το σχεδιασμό για την πρώτη σας υπόθεση και αφού εκτελέσετε τα πειράματά σας και καταγράψετε τις μετρήσεις σας στο Εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων, προχωρήστε στην επόμενη φάση, "Ερμηνεία Δεδομένων" για να φτιάξετε μία γραφική παράσταση. Έπειτα επιστρέψετε ξανά στο Εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων για να ολοκληρώσετε το σχεδιασμό και τα πειράματα για την επόμενη σας υπόθεση.

Σχεδιασμός Πειράματος

Επέλεξε και σύρε μία ιδιότητα στο "Μεταβάλλω/Αλλάζω", όλες τις άλλες στο "Κρατώ σταθερό", και επιλέξε και σύρετε τουλάχιστον μία μεταβλητή που θέλεις να μετρήσεις στο "Μετρώ/Παρατηρώ".

Ιδιότητες	Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Αριθμός λαμπτήρων			
Τάση			
Συνδεσμολογία			
Μετρήσεις			
Ηλεκτρικό ρεύμα			

ΠΡΟΣΟΧΗ!

Κατά τη διάρκεια των πειραματικών σας δοκιμών, κρατήστε σημειώσεις στο εργαλείο Παρατήρησης πιο κάτω για τα ακόλουθα:

- 1) Συγκρίνετε τη φωτεινότητα των λαμπτήρων σε κάθε κύκλωμα.
- 2) Η φωτεινότητα των λαμπτήρων είναι η ίδια με τη φωτεινότητα του λαμπτήρα ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος;

Εξαρτήματα	Κύκλωμα	Μετρητές
		<p>power: 0.000 V</p> <p>amp 1: 0.000 mA</p> <p>volt 1: 0.000 mV</p> <p>power 1: 0.000 mW</p> <p>ohm: INF Ω</p>

Οι παρατηρήσεις μου:

Παρατηρήσεις	
+	
-	
?	

Σε αυτή τη φάση θα δημιουργήσετε γραφικές παραστάσεις ή/και πίνακες και θα απαντήσετε σε ερωτήσεις που θα σας βοηθήσουν να ερμηνεύσετε τα δεδομένα σας.

Βήμα 1: Το εργαλείο **Επεξεργασίας Δεδομένων** θα σας βοηθήσει να δημιουργήσετε γραφικές παραστάσεις ή/και πίνακες με σκοπό να προσδιορίσετε τη σχέση μεταξύ του αριθμού λαμπτήρων και του ηλεκτρικού ρεύματος σε κάθε συνδεσμολογία.

Πατήστε στο **βοήθημα (?)** για να μάθετε πώς λειτουργεί το εργαλείο.

Δεδομένα | Γραφική αναπαράσταση - Data graph

Παρακαλώ φόρτωσε δεδομένα μέσω του εικονιδίου φόρτωσης στο χώρο των "Δεδομένων"

Διάγραμμα διασποράς

File Edit View Save Print Help

Βήμα 2: Οι ακόλουθες ερωτήσεις θα σας βοηθήσουν να ερμηνεύσετε τα αποτελέσματά σας. Γράψτε μια σύντομη παράγραφο που να περιλαμβάνει απαντήσεις για τις πιο κάτω ερωτήσεις.

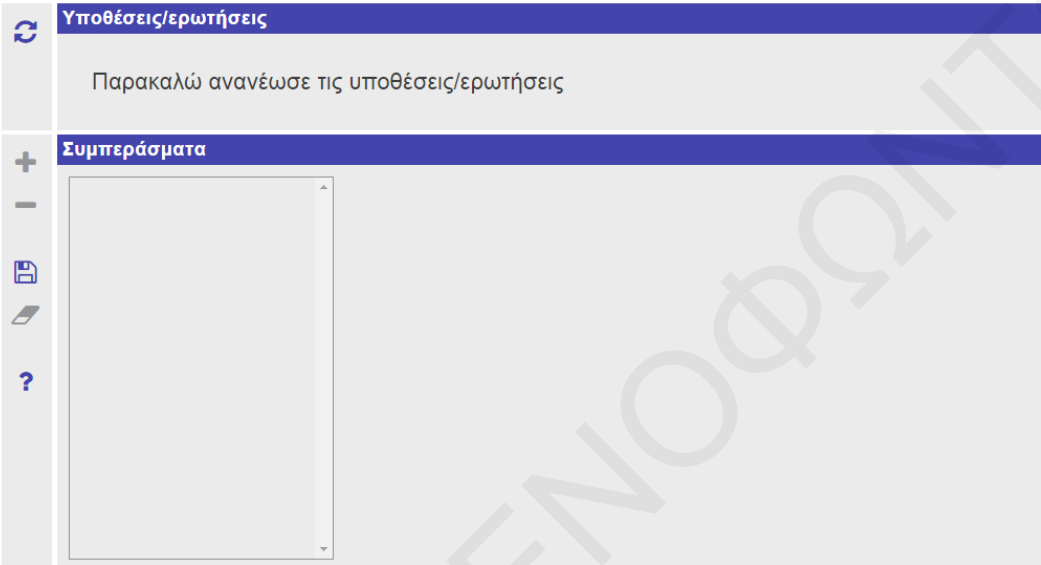
- 1) Ποια είναι η επίδραση της προσθήκης λαμπτήρων (σε ένα κύκλωμα) στο ηλεκτρικό ρεύμα; Προσπαθήστε να εξηγήσετε το συλλογισμό σας, λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα σας.
- 2) Πώς αλλάζει η φωτεινότητα των λαμπτήρων όταν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά; Τι συμβαίνει όταν προστίθενται λαμπτήρες παράλληλα;
- 3) Θεωρείστε ότι η φωτεινότητα ενός λαμπτήρα είναι η ένδειξη του ηλεκτρικού ρεύματος που ρέει διαμέσου του λαμπτήρα. Πώς το ηλεκτρικό ρεύμα που ρέει διαμέσου του λαμπτήρα αλλάζει όταν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά και παράλληλα;

Γράψτε τις απαντήσεις σας πιο κάτω.

Type here

Σε αυτή τη φάση, θα χρησιμοποιήσετε το εργαλείο Συμπερασμάτων για να ανακτήσετε την προηγούμενη σας δουλειά (υποθέσεις, γραφικές παραστάσεις και παρατηρήσεις) προκειμένου να διαπιστώσετε κατά πόσο είναι σωστές ή λανθασμένες οι υποθέσεις σας. Επιπρόσθετα, θα μπορείτε να δώσετε μια απάντηση για το πώς τελικά είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά σε ένα σπίτι.

Βήμα 1: Πατήστε στο βοήθημα (?) για να μάθετε πώς λειτουργεί το εργαλείο Συμπερασμάτων.



Βήμα 2: Θα πρέπει να δώσετε μια απάντηση στον αρχικό προβληματισμό του μαθήματος, «Πώς είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά σε ένα σπίτι;». Στην απάντησή σας πρέπει να καταγράψετε αρκετά αποδεικτικά στοιχεία από τη διερεύνησή σας, ώστε να εξηγήσετε το συλλογισμό σας.

Η απάντησή μου:

Type here

Αυτή είναι η τελευταία φάση του μαθήματος! Αρχικά, θα πρέπει να αναστοχαστείτε για τη διαδικασία που ακολουθήσατε και έπειτα θα συμμετέχετε σε μια συζήτηση που θα γίνει στην τάξη, με σκοπό να γνωστοποιήσετε τα ευρήματά της διερεύνησής σας.

Βήμα 1: Αφού έχετε ολοκληρώσει τη διερεύνησή σας, είναι ώρα να αναστοχαστείτε για την εργασία σας. Καταγράψτε τις σκέψεις σας αναφορικά με τα ακόλουθα:

- 1) Περιγράψτε τα διάφορα βήματα που ακολουθήσατε για να ελέγξετε την υπόθεσή σας.
- 2) Ολοκληρώσατε όλες τις δραστηριότητες;
- 3) Αξιολογήστε την επιτυχία ή την αποτυχία σας κατά την ολοκλήρωση όλων των φάσεων της μαθησιακής διαδικασίας.
- 4) Σκεφτείτε εναλλακτικές απόψεις για το πώς θα μπορούσατε να εκτελούσατε την εργασία σας με διαφορετικούς τρόπους και προσδιορίστε δραστηριότητες, οι οποίες θα μπορούσαν να γίνουν με παρόμοιο ή διαφορετικό τρόπο.



Ο αναστοχασμός μου:

Type here

Βήμα 2: Συζητήστε με τον/την εκπαιδευτικό και τους συμμαθητές σας για τις διερευνήσεις και τα συμπεράσματά σας.



Μαθησιακός χώρος διερώτησης-Μελέτη 2

Πώς είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά σε ένα σπίτι  Nikoletta 

Για να απαντήσετε το ερώτημα του μαθήματος θα πραγματοποιήσετε μια επιστημονική διερεύνηση, ώστε να συλλέξετε αρκετά στοιχεία και να αποφασίσετε τελικά ποια είναι η καταλληλότερη συνδεσμολογία.

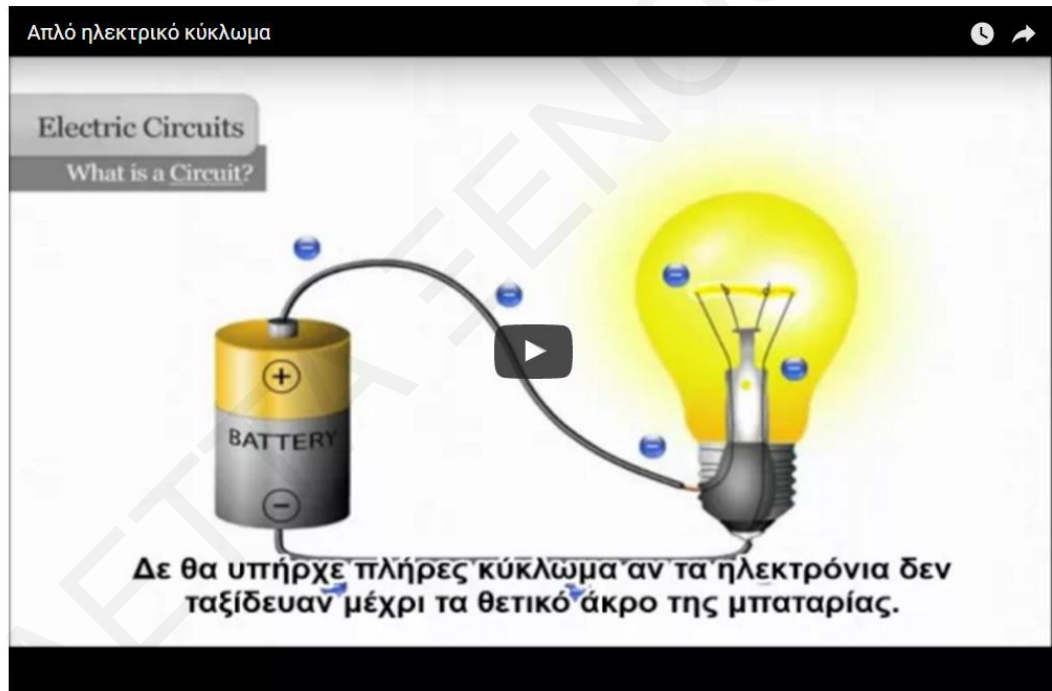
Ηλεκτρικά κυκλώματα Υπόθεση Διερεύνηση 1 Διερεύνηση 2 Συμπέρασμα Συζήτηση

Βήμα 1

Το ακόλουθο βίντεο θα σας βοηθήσει να κατανοήσετε πώς το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Παρακολουθήστε το βίντεο και απαντήστε την πιο κάτω ερώτηση:

- Πώς πρέπει να συνδέονται μια μπαταρία και ένας λαμπτήρας, ώστε να φωτοβολεί ο λαμπτήρας;



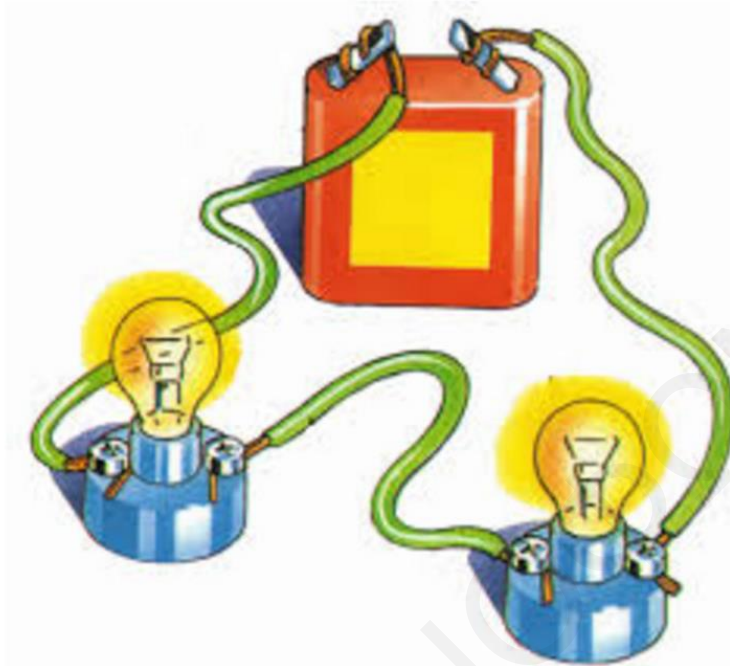
Η απάντησή μου:

Type here

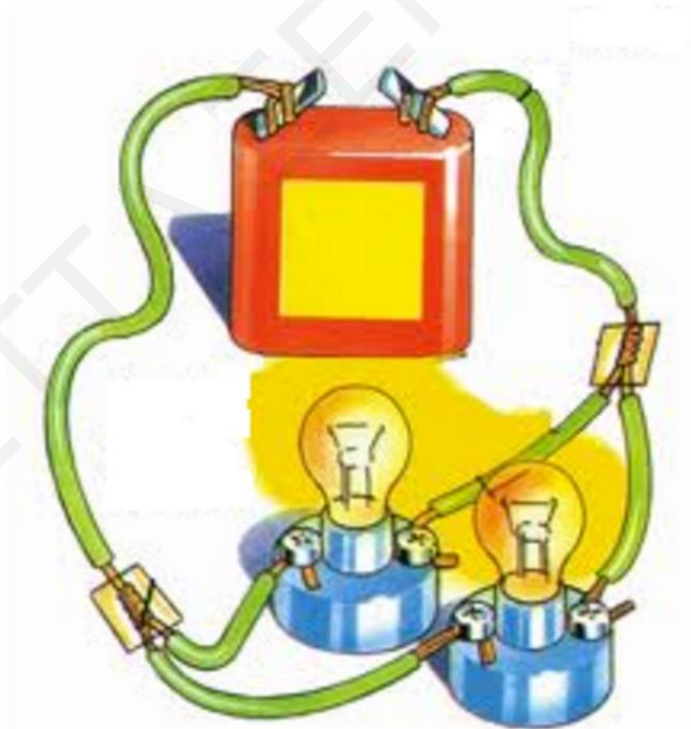
Βήμα 2

Παρακολουθήστε τις πιο κάτω εικόνες και απαντήστε τα πιο κάτω ερωτήματα.

A. Ηλεκτρικό Κύκλωμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά



B. Ηλεκτρικό Κύκλωμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους παράλληλα



Με βάση τις πιο πάνω εικόνες:

- Ποιες και πόσες είναι οι πιθανές διαδρομές του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους:

α) σε σειρά;

Type here

β) παράλληλα;

Type here

Ηλεκτρικά κυκλώματα

Υπόθεση

Διερεύνηση 1

Διερεύνηση 2

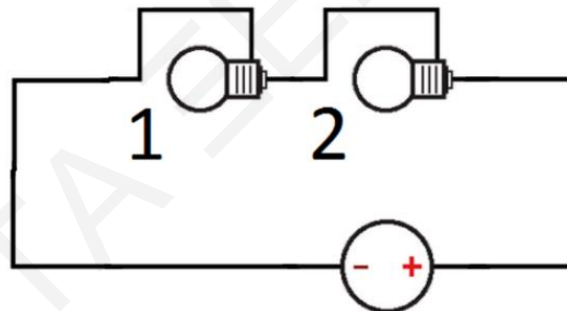
Συμπέρασμα

Συζήτηση

Βήμα 1

Προβλέψτε αν διαφέρει η φωτεινότητα των λαμπτήρων στο διάγραμμα Α. Αν διαφέρει, εξηγήστε ποιος λαμπτήρας φωτοβολεί περισσότερο.

Α) Λαμπτήρες συνδεδεμένοι σε σειρά (συνδεσμολογία σε σειρά)



Η πρόβλεψή μου:

Type here

Βασισμένοι στην πιο πάνω πρόβλεψή σας, τι θα συμβεί στη φωτεινότητα των λαμπτήρων αν συνεχίσω να προσθέτω λαμπτήρες **σε σειρά**, δηλαδή να αυξάνω τον αριθμό τους;

Το εργαλείο **Διατύπωσης Υποθέσεων** θα σας βοηθήσει να διατυπώσετε μια υπόθεση για να εξετάσετε τον πιο πάνω προβληματισμό.

Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη!

ΑΝ ΤΟΤΕ αυξάνεται μειώνεται παραμένει η ίδια η φωτεινότητα των λαμπτήρων σε σειρά
παράλληλα ο αριθμός

Υποθέσεις

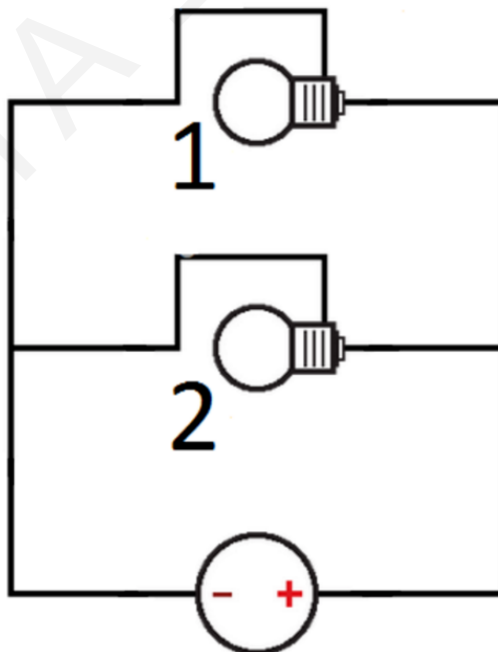
Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε

📁 ✍️ ? +

Βήμα 2

Προβλέψτε αν διαφέρει η φωτεινότητα των λαμπτήρων στο διάγραμμα Β. Αν διαφέρει, εξηγήστε ποιος λαμπτήρας φωτοβολεί περισσότερο.

Β) Λαμπτήρες συνδεδεμένοι παράλληλα (παράλληλη συνδεσμολογία)



Η πρόβλεψή μου:

Type here

Βασισμένοι στην πιο πάνω πρόβλεψή σας, τι θα συμβεί στη φωτεινότητα των λαμπτήρων αν συνεχίσω να προσθέτω λαμπτήρες **παράλληλα**, δηλαδή αν αυξάνω τον αριθμό τους;

Χρησιμοποιήστε και πάλι το **εργαλείο Διατύπωσης Υποθέσεων**, διατυπώστε μια υπόθεση για να εξετάσετε τον πιο πάνω προβληματισμό.

Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη!

AN TOTE αυξάνεται μειώνεται παραμένει η ίδια η φωτεινότητα των λαμπτήρων σε σειρά παράλληλα ο αριθμός

Υποθέσεις

Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε

☰ ✎ ? +

Ηλεκτρικά κυκλώματα

Υπόθεση

Διερεύνηση 1

Διερεύνηση 2

Συμπέρασμα

Συζήτηση

Βήμα 1

Θυμηθείτε την πρώτη σας υπόθεση για τα κυκλώματα **σε σειρά**. Μπορείτε να πάτε πίσω στη φάση της Υπόθεσης για να τη θυμηθείτε. Με βάση την υπόθεσή σας αυτή σχεδιάστε το πρώτο σας πείραμα στο **εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων** ακολουθώντας βήμα προς βήμα τις οδηγίες που εμφανίζονται σε αυτό.

Σχεδιασμός Πειράματος

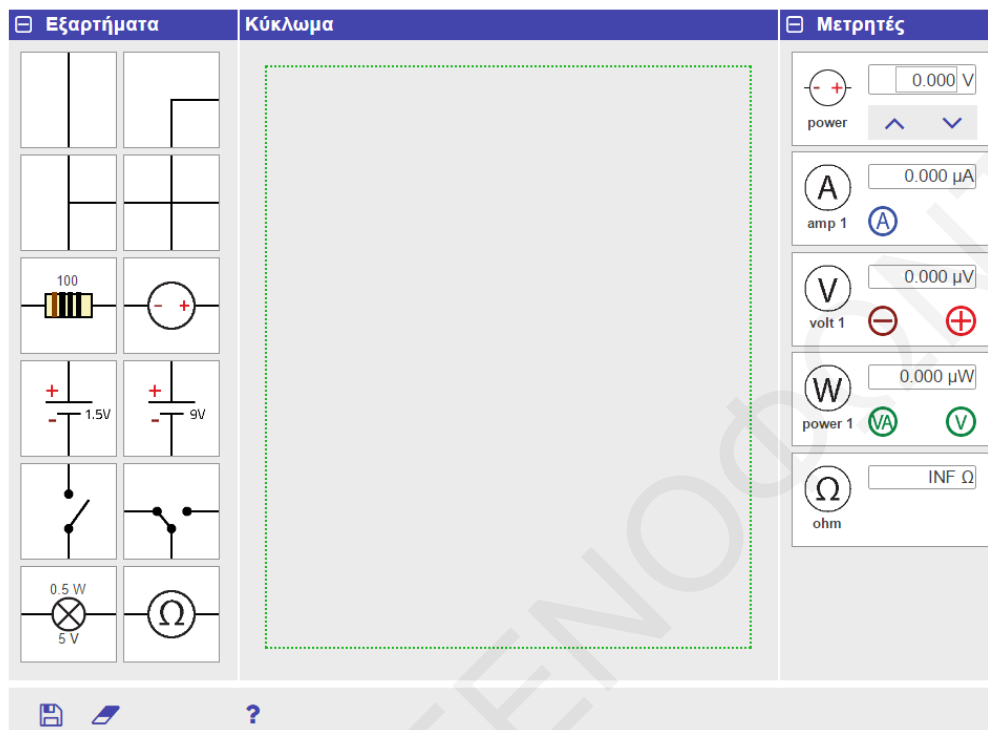
« ✎ ☰ ?

Επέλεξε και σύρε μία ιδιότητα στο "Μεταβάλλω/Αλλάζω", όλες τις άλλες στο "Κρατώ σταθερό", και επιλέξε και σύρε τουλάχιστον μία μεταβλητή που θέλεις να μετρήσεις στο "Μετρώ/Παρατηρώ".

Ιδιότητες		Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Αριθμός λαμπτήρων	N			
Συνδεσμολογία	+			
Τάση μπαταρίας				
Μετρήσεις				
Φωτεινότητα				

Κάθε φορά που κάνετε μια παρατήρηση για τη φωτεινότητα, πρέπει να επιστρέψετε στο **εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων** για να τη σημειώσετε.

Θα ήταν χρήσιμο να φτιάξετε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα κάτω από το κύκλωμα που εξετάζετε, για να μπορείτε να κάνετε συγκρίσεις της φωτεινότητας.



Βήμα 2

Τώρα θυμηθείτε τη δεύτερη σας υπόθεση για τα παράλληλα κυκλώματα. Με βάση αυτή, σχεδιάστε το δεύτερό σας πείραμα στο **εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων**, όπως κάνατε και πιο πάνω για τα κυκλώματα σε σειρά.

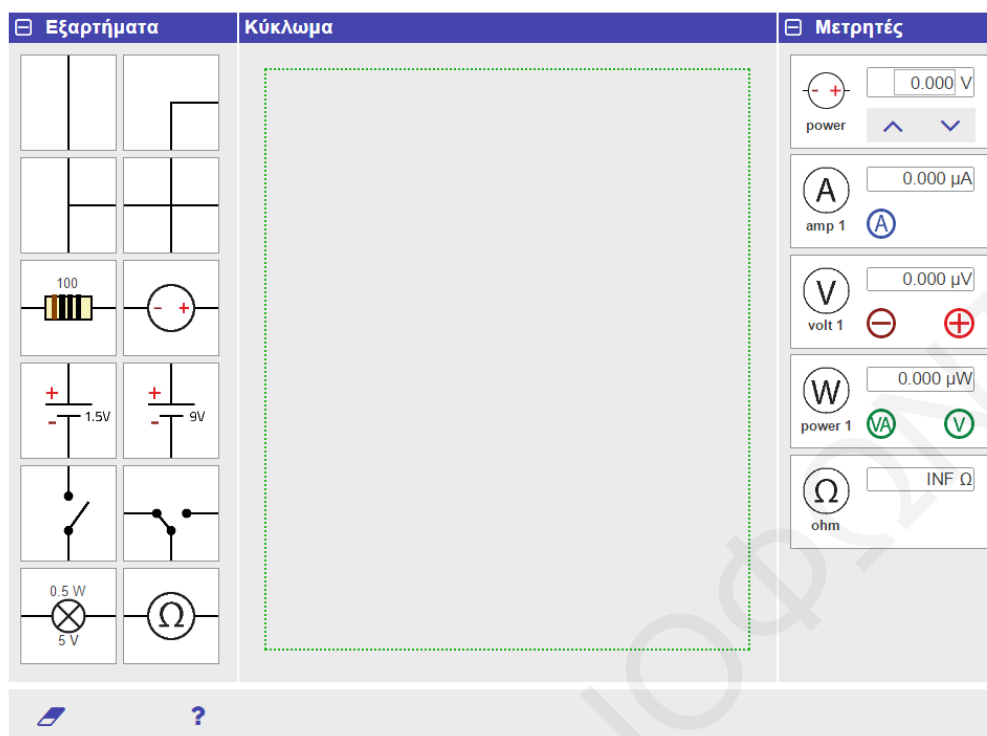
Σχεδιασμός Πειράματος

⏪
✍
📊
?

Επέλεξε και σύρε μία ιδιότητα στο "Μεταβάλλω/Αλλάζω", όλες τις άλλες στο "Κρατώ σταθερό", και επιλέξε και σύρε τουλάχιστον μία μεταβλητή που θέλεις να μετρήσεις στο "Μετρώ/Παρατηρώ".

		Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Ιδιότητες				
Αριθμός λαμπτήρων	N	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Συνδεσμολογία	1			-
Τάση μπαταρίας	+			
Μετρήσεις				
Φωτεινότητα				

Θα ήταν χρήσιμο να φτιάξετε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα κάτω από το κύκλωμα που εξετάζετε, για να μπορέσετε να κάνετε συγκρίσεις της φωτεινότητας.



Βήμα 3

Τώρα που έχετε ολοκληρώσει τα πειράματά σας απαντήστε στις πιο κάτω ερωτήσεις:

1. Η φωτεινότητα των λαμπτήρων που είναι συνδεδεμένοι σε σειρά είναι **μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίδια** με τη φωτεινότητα ενός λαμπτήρα σε απλό ηλεκτρικό κύκλωμα;

Type here

2. Όταν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά η φωτεινότητα των λαμπτήρων **αυξάνεται, μειώνεται ή μένει η ίδια**;

Type here

3. Η φωτεινότητα των λαμπτήρων που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα είναι **μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίδια** με τη φωτεινότητα ενός λαμπτήρα σε απλό ηλεκτρικό κύκλωμα;

Type here

4. Όταν προστίθενται λαμπτήρες παράλληλα η φωτεινότητα των λαμπτήρων **αυξάνεται, μειώνεται ή μένει η ίδια**;

Type here

Βήμα 1

Σε ένα κύκλωμα με **τρεις λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά**, ένας λαμπτήρας καίγεται. Αντικαταστήστε τον με έναν καμένο λαμπτήρα και παρατηρήστε τι συμβαίνει στους δύο άλλους λαμπτήρες.

Εξαρτήματα

Κύκλωμα

Μετρητές

power 0.000 V

amp 1 0.000 μA

volt 1 0.000 μV

power 1 0.000 μW

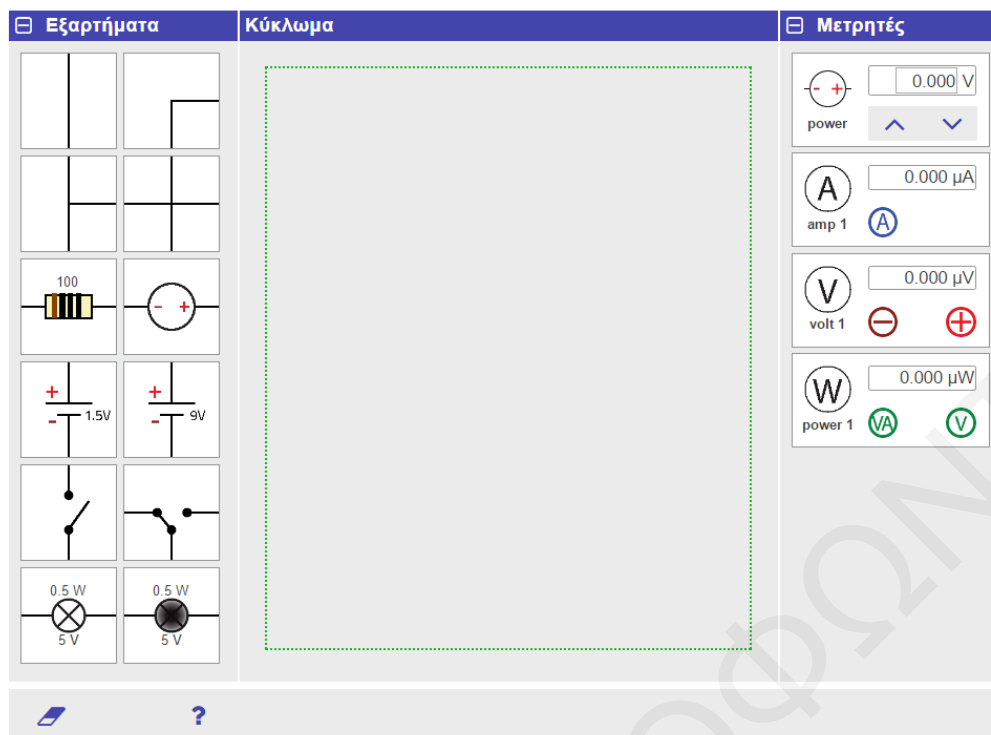
Πώς αλλάζει η φωτεινότητα των δύο άλλων λαμπτήρων;

Η απάντησή μου:

Type here

Βήμα 2

Σε ένα κύκλωμα με **τρεις λαμπτήρες συνδεδεμένους παράλληλα**, ένας λαμπτήρας καίγεται. Αντικαταστήστε και πάλι με ένα καμένο λαμπτήρα και παρατηρήστε τι συμβαίνει στους δύο άλλους λαμπτήρες.



Πώς αλλάζει η φωτεινότητα των δύο άλλων λαμπτήρων;

Η απάντησή μου:

Type here

Ηλεκτρικά κυκλώματα

Υπόθεση

Διερεύνηση 1

Διερεύνηση 2

Συμπέρασμα

Συζήτηση

Τώρα είστε έτοιμοι να απαντήσετε το αρχικό ερώτημα του μαθήματος!

Πώς είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά σε ένα σπίτι;



Προσπαθήστε να εξηγήσετε την απάντησή σας αναφέροντας αρκετά αποδεικτικά στοιχεία από τα πειράματά σας.

Type here

Αφού έχετε ολοκληρώσει τη διερεύνησή σας, είναι ώρα να σκεφτείτε πώς τα πήγατε!

1. Περιγράψτε τα βήματα που ακολουθήσατε για να απαντήσετε στο ερώτημα του μαθήματος.
2. Ολοκληρώσατε όλες τις δραστηριότητες;
3. Με ποιους άλλους τρόπους θα μπορούσαν να γίνουν οι δραστηριότητες του μαθήματος;

Type here

Μάθημα Βύθισης-Πλεύσης 1  Nikoletta 

Προσανατολισμός **Εννοιολόγηση** Διερεύνηση Συμπέρασμα Συζήτηση

Αγαπητέ μαθητή/μαθήτρια, καλωσόρισες στη φάση του Προσανατολισμού. Στο σημερινό μάθημα θα μάθεις για την άνωση. Για να μελετήσεις το θέμα αυτό, θα πρέπει να περάσεις από τις διάφορες φάσεις της διερώτησης (προσανατολισμός, εννοιολόγηση, διερεύνηση, συμπέρασμα και συζήτηση) και να αποκτήσεις σημαντικές δεξιότητες για την εκτέλεση μιας επιστημονικής διερώτησης. Θα έχεις την ευκαιρία να διεξάγεις πειράματα στο εικονικό εργαστήριο της Βύθισης-Πλεύσης και να συλλέξεις αποδεικτικά στοιχεία, όπως ακριβώς θα έκανε κι ένας επαγγελματίας επιστήμονας.

Βήμα 1

Πώς γίνεται ένα βαρύ κούτσουρο να επιπλέει, ενώ ένα πολύ ελαφρύ αντικείμενο, όπως ένα μικρό συνδετηράκι, να βυθίζεται; **Παρακαλώ παρακολούθησε το πιο κάτω βίντεο για να διαπιστώσεις πώς συμβαίνει αυτό.**

Floating and Sinking Greek version MP4 Full HD  

**Βύθιση
&
Πλεύση**







Βήμα 2

Στη συνέχεια, θα μάθεις περισσότερα για την πυκνότητα. Θα διερευνήσεις την επίδραση της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας στη βύθιση και την πλεύση των αντικειμένων. Για να το κάνεις αυτό, θα πρέπει να χρησιμοποιήσεις το εργαστήριο της Βύθισης-Πλεύσης. **Μπορείς να προχωρήσεις στην επόμενη φάση. Κάνε κλικ στην ετικέτα Εννοιολόγηση στο πάνω μέρος της οθόνης.** Σε αυτή τη φάση θα ρίξεις μια ματιά στο εργαστήριο και θα διατυπώσεις τις υποθέσεις σου.

Προσανατολισμός

Εννοιολόγηση

Διερεύνηση

Συμπέρασμα

Συζήτηση

Καλωσόρισες στη φάση της Εννοιολόγησης. Σε αυτή τη φάση θα διατυπώσεις τις υποθέσεις που θα εξετάσεις στο εργαστήριο της Βύθισης-Πλεύσης.

Βήμα 1

Ας ρίξουμε μια ματιά στο εργαστήριο Βύθισης-Πλεύσης. Όπως παρατηρείς, το εργαστήριο αποτελείται από διαφορετικά μέρη. Στην πάνω αριστερή γωνιά βρίσκονται οι «Ιδιότητες αντικειμένου». Κάτω από αυτές βρίσκεται μια περιοχή, η οποία ονομάζεται «Εργαστήριο». Στην περιοχή αυτή θα δεις ένα δοκιμαστικό σωλήνα, ο οποίος περιέχει ένα υγρό. Μια μπάλα επιπλέει σε αυτόν. Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τις μπάρες κύλισης στην περιοχή «Ιδιότητες Αντικειμένου», για να αλλάξεις τις ιδιότητες της μπάλας και του υγρού. Χρησιμοποίησε τις πρώτες τρεις μπάρες κύλισης, για να αλλάξεις τη μάζα, τον όγκο και την πυκνότητα της μπάλας. Χρησιμοποίησε την τελευταία μπάρα, η οποία ονομάζεται «υγρό», για να αλλάξεις την πυκνότητα του υγρού.

Όταν ρυθμίσεις τις τέσσερις μπάρες κύλισης με τις τιμές της επιλογής σου, πίεσε το κουμπί «Εκτέλεση» στην περιοχή του εργαστηρίου. Η μπάλα θα πέσει μέσα στον σωλήνα. Έπειτα, μπορείς να παρατηρήσεις αν η μπάλα βυθίζεται ή επιπλέει. Στην περιοχή «Αποτελέσματα», στη δεξιά κάτω γωνιά, συλλέγονται τα δεδομένα του πειράματος. Μπορείς να δεις τις τιμές που επέλεξες και τα αποτελέσματα των πειραμάτων σου. Το κόκκινο βέλος δηλώνει ότι η μπάλα βυθίζεται και το πράσινο αστέρι ότι η μπάλα επιπλέει.

Εργαστήριο Βύθισης-Πλεύσης

Σχετική πυκνότητα

Γραφική παράσταση

Ιδιότητες αντικειμένου

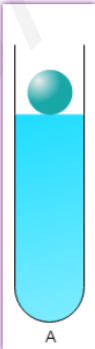
Μάζα g

Όγκος cm³

Πυκνότητα g/cm³ Κεχριμπάρι

Υγρό g/cm³ Νερό

Εργαστήριο



Εκτέλεση Ανανέωση Διαγραφή

Αποτελέσματα

	m	V	ρ	F
A	250	250	1.00	1

Το εργαστήριο περιλαμβάνει τέσσερις ανεξάρτητες μεταβλητές. Μια ανεξάρτητη μεταβλητή είναι ένας παράγοντας που μπορείς να μεταβάλλεις όταν εκτελείς το πείραμά σου. **Προσπάθησε να προσδιορίσεις και τις τέσσερις ανεξάρτητες μεταβλητές του εργαστηρίου.** Τι συμβαίνει όταν μεταβάλλεις τις τιμές στις ανεξάρτητες μεταβλητές;

Θα παρατηρήσεις αν η μπάλα στο δοκιμαστικό σωλήνα θα βυθιστεί ή θα επιπλεύσει. Ο παράγοντας που θα παρατηρήσεις ή θα μετρήσεις ονομάζεται εξαρτημένη μεταβλητή. Η εξαρτημένη μεταβλητή είναι το αποτέλεσμα του πειράματός σου. Σε αυτήν την περίπτωση, η εξαρτημένη μεταβλητή είναι το αν η μπάλα θα βυθιστεί ή θα επιπλεύσει. Μπορείς να χρησιμοποιήσεις όλες τις μεταβλητές, και τις ανεξάρτητες και την εξαρτημένη, ως μεταβλητές εισόδου, όταν διατυπώσεις τις υποθέσεις σου στο επόμενο βήμα.

Βήμα 2

Το επόμενο βήμα είναι να διατυπώσεις τις υποθέσεις σου. Οι υποθέσεις είναι προβλέψεις για την επίδραση συγκεκριμένων μεταβλητών. Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν όλη τη γνώση και τις πληροφορίες που έχουν συλλέξει σχετικά με το θέμα της έρευνάς τους, για να κάνουν μια εμπειριστατωμένη εικασία αναφορικά με το αποτέλεσμα των πειραμάτων τους. Μπορείς να κάνεις μια εμπειριστατωμένη εικασία για τα αποτελέσματα ενός πειράματος; Αυτή η εμπειριστατωμένη εικασία θα είναι η υπόθεσή σου. **Παρακαλώ διατύπωσε τουλάχιστον 2 υποθέσεις στο πιο κάτω εργαλείο.**

Όταν θα έχεις διατυπώσει τις υποθέσεις σου, σκέψου πόσο βέβαιος/η είσαι για το αν τελικά η υπόθεσή σου θα επαληθευτεί. **Χρησιμοποίησε τον δείκτη βεβαιότητας στη δεξιά πλευρά της κάθε υπόθεσης, για να υποδείξεις το επίπεδο βεβαιότητάς σου.** Αν ο δείκτης είναι μπλε, τότε είσαι 100% σίγουρος/η. Αν ο κύκλος είναι γκριζός τότε δεν είσαι καθόλου βέβαιος/η.



Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη!

AN TOTE είναι μεγαλύτερος(-η) είναι μικρότερος(-η) είναι ίσος(-η) από αντικείμενου
το αντικείμενο υγρού επιπλέει βυθίζεται η/την μάζα του ο/τον όγκο(ς) του
η/την πυκνότητα του

Υποθέσεις

Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε

Βήμα 3

Διατύπωσε δύο υποθέσεις; Εάν ναι, μπορείς να **προχωρήσεις στην επόμενη φάση.** Κάνε κλικ στην **ετικέτα Διερεύνηση στο πάνω μέρος της οθόνης.** Στη φάση της Διερεύνησης θα πρέπει να διερευνήσεις τι θα συμβεί στο εργαστήριο Βύθισης-Πλεύσης και θα μπορέσεις να δεις αν οι υποθέσεις σου πρέπει να γίνουν αποδεκτές ή να απορριφθούν.

Καλωσόρισες στη φάση της Διερεύνησης. Τώρα θα πρέπει να έχεις διατυπώσει τις υποθέσεις σου και να είσαι έτοιμος/η να χρησιμοποιήσεις το εργαστήριο της Βύθισης-Πλεύσης. Ο σκοπός της φάσης της Διερεύνησης είναι να συγκεντρώσεις αποδεικτικά στοιχεία που να επιβεβαιώνουν ή να απορρίπτουν τις υποθέσεις σου.

Βήμα 1

Τώρα, αφού έχεις διατυπώσεις τις υποθέσεις σου, είναι ώρα για να τις διερευνήσεις στο εργαστήριο της Βύθισης-Πλεύσης. Χρησιμοποίησε τις μπάρες κύλισης για να αλλάξεις τις διαφορετικές ανεξάρτητες μεταβλητές και να παρατηρήσεις τα αποτελέσματα (την εξαρτημένη μεταβλητή) στο εργαστήριο πιο κάτω. Σιγουρέψου ότι έχεις συλλέξει αρκετές πληροφορίες, ώστε να είσαι σίγουρος/η αν οι υποθέσεις έχουν γίνει αποδεκτές ή έχουν απορριφθεί. Αυτό σημαίνει ότι ενδεχομένως να πρέπει να εκτελέσεις περισσότερα από ένα πειράματα!

Μπορείς να καταγράψεις πράγματα που έχεις παρατηρήσει στο εργαλείο Παρατήρησης, το οποίο βρίσκεται κάτω από το εργαστήριο Βύθισης-Πλεύσης. Κατάγραψε τις παρατηρήσεις, τις σκέψεις ή τις ιδέες σου στο εργαλείο Παρατήρησης. Σιγουρέψου ότι έχεις καταγράψει όλα όσα έχεις εντοπίσει, γιατί αυτό θα σε βοηθήσει να εξάγεις συμπεράσματα στην επόμενη φάση.

Μπορείς να ξεκινήσεις με τη διερεύνηση της πρώτης σου υπόθεσης. Καλή επιτυχία!

Εργαστήριο Βύθισης-Πλεύσης


Σχετική πυκνότητα

Γραφική παράσταση

Ιδιότητες αντικειμένου

Μάζα		250.00 g
Όγκος		250.00 cm ³
Πυκνότητα		1.00 g/cm ³ Κεχριμπάρι
Υγρό		1.00 g/cm ³ Νερό

Εργαστήριο



A

Εκτέλεση
Ανανέωση
Διαγραφή

Αποτελέσματα

	m	V	ρ	F
A	250	250	1.00	1



Βήμα 2

Όταν βεβαιωθείς ότι έχεις συλλέξει αρκετές πληροφορίες για να απαντήσεις την πρώτη σου υπόθεση, **μπορείς να προχωρήσεις με τη δεύτερή σου υπόθεση.**

Βήμα 3

Όταν θα έχεις συλλέξει όλες τις πληροφορίες που χρειάζεσαι για να απαντήσεις και τις δύο σου υποθέσεις, **μπορείς να προχωρήσεις στη φάση του Συμπεράσματος. Κάνε κλικ στην ετικέτα Συμπέρασμα στο πάνω μέρος της οθόνης.** Αλλά μπορείς πάντα να επιστρέφεις στη φάση αυτή και να πραγματοποιείς επιπρόσθετα πειράματα, αν νομίζεις ότι αυτό είναι απαραίτητο για την εξαγωγή των συμπερασμάτων σου.

Προσανατολισμός Εννοιολόγηση Διερεύνηση **Συμπέρασμα** Συζήτηση

Καλωσόρισες στη φάση του Συμπεράσματος. Έχεις ολοκληρώσει τις διερευνήσεις σου μέσω της χρήσης του εργαστηρίου Βύθισης-Πλεύσης και έχεις επεκτείνει τη γνώση σου αναφορικά με την άνωση. Με βάση τα αποδεικτικά στοιχεία που έχεις συλλέξει, είσαι έτοιμος/η τώρα να διατυπώσεις τα τελικά σου συμπεράσματα.

Βήμα 1

Έχεις συλλέξει όλα τα δεδομένα που χρειάζεσαι για να εξάγεις τα συμπεράσματά σου. Τώρα θα πρέπει να δεις αν αυτά τα δεδομένα μπορούν να σε βοηθήσουν να αποδεχτείς ή να απορρίψεις τις υποθέσεις σου. Μπορείς να βρεις τις υποθέσεις σου στην κορυφή του εργαλείου Συμπερασμάτων που βρίσκεται πιο κάτω. **Ξεκίνησε με την πρώτη σου υπόθεση. Κάνε κλικ για να την επιλέξεις.** Τώρα σκέψου για τις παρατηρήσεις που έχεις προσθέσει στο εργαλείο Παρατήρησης. Μπορούν κάποιες από τις παρατηρήσεις σου να σε βοηθήσουν να απορρίψεις ή να επιβεβαιώσεις τις υποθέσεις σου; **Πρόσθεσε όλες τις σχετικές παρατηρήσεις κάνοντας κλικ στο κουμπί + και επέλεξε αυτές που θεωρείς ότι είναι χρήσιμες.**

Βήμα 2

Τώρα πρέπει να **συγκρίνεις τις παρατηρήσεις σου με τις υποθέσεις σου**. Στην επιστημονική έρευνα δεν μπορείς να ισχυριστείς ότι μια υπόθεση είναι «αληθής», γιατί υπάρχει πάντοτε η πιθανότητα άλλοι ερευνητές να εντοπίσουν διαφορετικά αποτελέσματα από τα δικά σου. Επομένως, δεν συνηθίζουμε να παίρνουμε αποφάσεις για μια υπόθεση με τρόπο οριστικό. Μπορείς να ισχυριστείς, όμως, ότι είσαι πιο βέβαιος/η ότι η υπόθεσή σου μπορεί να γίνει αποδεκτή. Όσο πιο πολλά αποδεικτικά στοιχεία και παρατηρήσεις συνέλεξες που να υποστηρίζουν τις υποθέσεις σου, τόσο πιο βέβαιος/η θα είσαι. Βρήκες αποδεικτικά στοιχεία που σε οδηγούν στην αποδοχή της υπόθεσής σου; Ή βρήκες αποδεικτικά στοιχεία που σε οδηγούν στην απόρριψη της υπόθεσής σου; Είσαι πιο βέβαιος/η για την υπόθεσή σου με βάση τα δεδομένα και τις παρατηρήσεις σου; Πόσο βέβαιος/η είσαι τώρα αναφορικά με τις υποθέσεις σου; **Προσδιόρισε το επίπεδο βεβαιότητας, το οποίο να αντανakλά τη βεβαιότητα που έχεις τώρα. Μπορεί αν θέλεις να αφήσεις τον δείκτη βεβαιότητας στο ίδιο σημείο ή να τον αλλάξεις.**

Βήμα 3

Στο κουτί κάτω από τον κύκλο βεβαιότητας, μπορείς να **καταγράψεις το συμπέρασμά σου ή τα συμπεράσματά σου**. Σκέψου τα πειράματα που έχεις εκτελέσει στο εργαστήριο Βύθισης-Πλεύσης. Γιατί η βεβαιότητά σου για την υπόθεσή σου έχει αλλάξει ή γιατί έχει παραμείνει η ίδια; **Κατάγραψε τα επιχειρήματά σου στο κουτί κάτω από το δείκτη βεβαιότητας.**

Βήμα 4

Όταν τελειώσεις με τα συμπεράσματά σου για την πρώτη σου υπόθεση, μπορείς να συνεχίσεις με τη δεύτερη. **Επέλεξε τη δεύτερη σου υπόθεση και επανέλαβε το βήμα 1 και 3.**

Βήμα 5

Τελείωσες; Πολύ καλά! Τώρα μπορείς να συνεχίσεις με την **τελευταία φάση, τη φάση της Συζήτησης**. Κάνε κλικ στην ετικέτα **Συζήτηση** στο πάνω μέρος της οθόνης.

Καλωσόρισες στη φάση της Συζήτησης. Έχεις σχεδόν τελειώσει! Έχεις ολοκληρώσει τη διερεύνησή σου και έχεις καταγράψει τα συμπεράσματά σου. Το τελευταίο βήμα είναι να αναστοχαστείς για τις δραστηριότητές σου. Ο αναστοχασμός είναι μια πολύ σημαντική στρατηγική για τη βελτίωση της μάθησης σου και την εξαγωγή σημαντικού νοήματος από τη μαθησιακή εμπειρία.

Βήμα 1

Για να αναστοχαστείς σχετικά με τις δραστηριότητές σου, θα πρέπει να απαντήσεις σε μερικές ερωτήσεις. Μπορείς να καταγράψεις τις απαντήσεις σου στο πιο κάτω πλαίσιο κειμένου. Ας αρχίσουμε με την πρώτη ερώτηση:

Άλλαξε το επίπεδο βεβαιότητάς σου για τις υποθέσεις σου;

> Αν ναι, τι είναι αυτό σε έκανε να αλλάξεις γνώμη;

> Αν όχι, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ήσουν σωστός/ή από την αρχή; Είχες αρκετά δεδομένα και παρατηρήσεις για να καταλήξεις στο συμπέρασμά σου;

Type here

Βήμα 2



Απάντησε την ακόλουθη ερώτηση και κατάγραψε την απάντησή σου στο πλαίσιο κειμένου.

Ποια ήταν η πιο δύσκολη φάση κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των δραστηριοτήτων και γιατί;

Type here

Πολύ καλή προσπάθεια! Έχεις ολοκληρώσει το μάθημα!

Μαθησιακός χώρος διερώτησης-Μελέτη 4

Ηλεκτρικά κυκλώματα_2  Nikoletta 

Ηλεκτρικά κυκλώματα Υποθέσεις Διερεύνηση Συμπέρασμα Αναστοχασμός

Αγαπητέ/τή μαθητή/τρια, θα ξεκινήσουμε το σημερινό μάθημα με έναν προβληματισμό. Έχεις σκεφτεί ποτέ πώς είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά στο σπίτι σου; Γιατί όταν καεί η λάμπα σε ένα φωτιστικό οι υπόλοιπες συνεχίζουν να ανάβουν;

Κατά τη διάρκεια του μαθήματος θα πραγματοποιήσεις διερευνήσεις για τα ηλεκτρικά κυκλώματα που θα σε βοηθήσουν να δώσεις μια τεκμηριωμένη απάντηση στον πιο πάνω προβληματισμό. Ακολούθησε τα βήματα του μαθήματος προσεκτικά μέχρι το τέλος, έτσι ώστε οι διερευνήσεις σου να είναι επιστημονικά ορθές και τα συμπεράσματά σου στο τέλος να είναι έγκυρα.

Καλή επιτυχία!!

Βήμα 1

Το ακόλουθο βίντεο θα σε βοηθήσει να κατανοήσεις πώς το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.

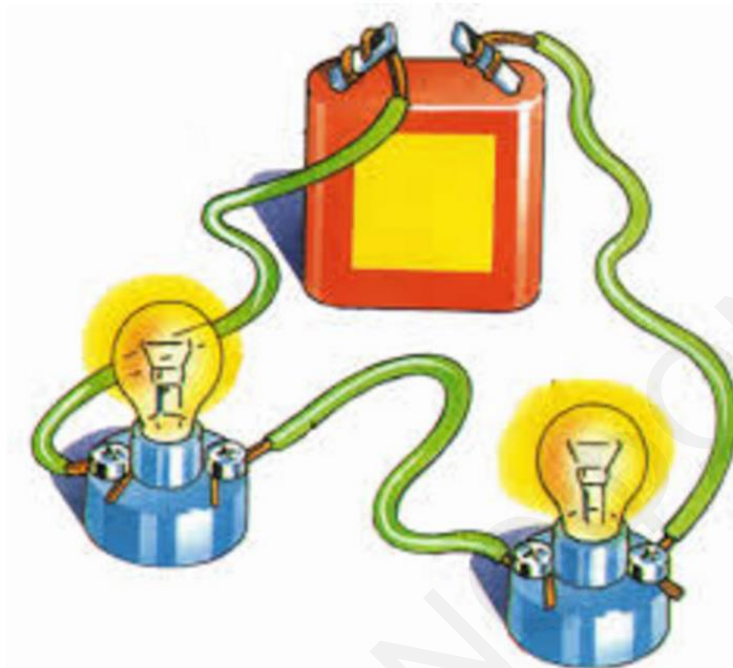
Παρακολούθησε προσεκτικά το βίντεο για να καταλάβεις πώς ακριβώς συνδέονται μια μπαταρία και ένας λαμπτήρας, ώστε ο λαμπτήρας να φωτοβολεί.



Βήμα 2

Οι πιο κάτω εικόνες αναπαριστούν τους δύο τρόπους με τους οποίους μπορεί ένας λαμπτήρας να συνδεθεί με μια μπαταρία, έτσι ώστε να δημιουργείται ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

A. Ηλεκτρικό Κύκλωμα σε σειρά



B. Παράλληλο Ηλεκτρικό Κύκλωμα



Στην πρώτη εικόνα, δύο λαμπτήρες είναι συνδεδεμένοι **σε σειρά** με μια μπαταρία. Αυτό σημαίνει ότι **το ρεύμα ακολουθεί μία και μοναδική πορεία**, διαπερνώντας και τους δύο λαμπτήρες και την μπαταρία.

Στη δεύτερη εικόνα, δύο λαμπτήρες είναι συνδεδεμένοι **παράλληλα** με μια μπαταρία. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο λαμπτήρες μοιράζονται δύο κοινά άκρα, τα οποία εντοπίζονται στα δύο σημεία όπου ενώνονται τα καλώδια που ξεκινούν από τον κάθε λαμπτήρα. Στα σημεία εκείνα το ρεύμα ακολουθεί **δύο ξεχωριστές πορείες**. Η μία πορεία είναι προς τον ένα λαμπτήρα και η άλλη προς τον άλλο.



Αν έχεις κατανοήσει πώς φτιάχνεται ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και αν μπορείς να αναγνωρίσεις τότε η συνδεσμολογία ενός κυκλώματος είναι σε σειρά και τότε παράλληλη, τότε μπορείς να προχωρήσεις στην επόμενη φάση του μαθήματος, όπου θα σκεφτείς περισσότερο σε τι διαφέρουν οι δύο τρόποι συνδεσμολογίας.

Ηλεκτρικά κυκλώματα

Υποθέσεις

Διερεύνηση

Συμπέρασμα

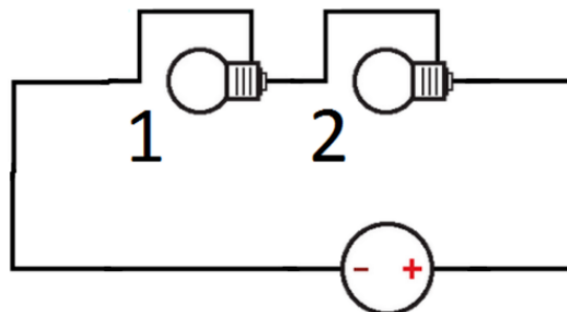
Αναστοχασμός

Για να προχωρήσεις στα πιο κάτω βήματα θα πρέπει να γνωρίζεις ότι **φωτεινότητα ενός λαμπτήρα αποτελεί μια ένδειξη για την ποσότητα του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον λαμπτήρα αυτό**. Για παράδειγμα αν ένας λαμπτήρας Α φωτοβολεί λιγότερο από έναν λαμπτήρα Β, αυτό σημαίνει ότι ο λαμπτήρας Α διαρρέεται από λιγότερο ρεύμα σε σύγκριση με τον λαμπτήρα Β. Το ηλεκτρικό ρεύμα μετριέται σε αμπέρ (ampere) με τη χρήση ενός αμπερομέτρου που συνδέεται στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Για παράδειγμα, αν θέλουμε να μετρήσουμε σε αμπέρ, το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει τον λαμπτήρα Α, τότε θα πρέπει να ενώσουμε ένα αμπερόμετρο στα άκρα του λαμπτήρα αυτού. Αν όμως θέλουμε να μετρήσουμε το συνολικό ρεύμα που διαρρέει ένα κύκλωμα, τότε θα πρέπει να τοποθετήσουμε το αμπερόμετρο στα άκρα της μπαταρίας.

Βήμα 1

Πιο κάτω θα δεις το διάγραμμα ενός κυκλώματος με **δύο λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά με μια μπαταρία**. Κάτω από το διάγραμμα αυτό, γράψε μια πρόβλεψη για το αν διαφέρει η φωτεινότητα των λαμπτήρων 1 και 2. Αν πιστεύεις ότι διαφέρει, εξήγησε ποιος λαμπτήρας φωτοβολεί περισσότερο.

A) Λαμπτήρες συνδεδεμένοι σε σειρά (συνδεσμολογία σε σειρά)



Type here

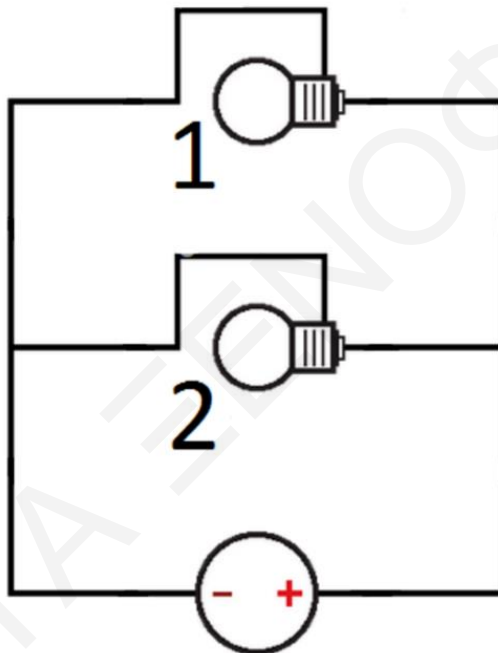
Σύμφωνα με την πρόβλεψη που έκανες πιο πάνω, τι θα συμβεί στη φωτεινότητα των λαμπτήρων αν συνεχίσουμε να προσθέτουμε λαμπτήρες σε σειρά, δηλαδή αν αυξήσουμε τον αριθμό τους;

Type here

Βήμα 2

Στο διάγραμμα πιο κάτω, δύο λαμπτήρες είναι συνδεδεμένοι παράλληλα με μια μπαταρία. Κάτω από το διάγραμμα, γράψε μια πρόβλεψη για το αν διαφέρει η φωτεινότητα των λαμπτήρων 1 και 2. Αν πιστεύεις ότι διαφέρει, εξήγησε ποιος λαμπτήρας φωτοβολεί περισσότερο.

Β) Λαμπτήρες συνδεδεμένοι παράλληλα (παράλληλη συνδεσμολογία)



Type here

Σύμφωνα με την πρόβλεψη που έκανες πιο πάνω, τι θα συμβεί στη φωτεινότητα των λαμπτήρων αν συνεχίσουμε να προσθέτουμε λαμπτήρες παράλληλα, δηλαδή αν αυξήσουμε τον αριθμό τους;

Type here

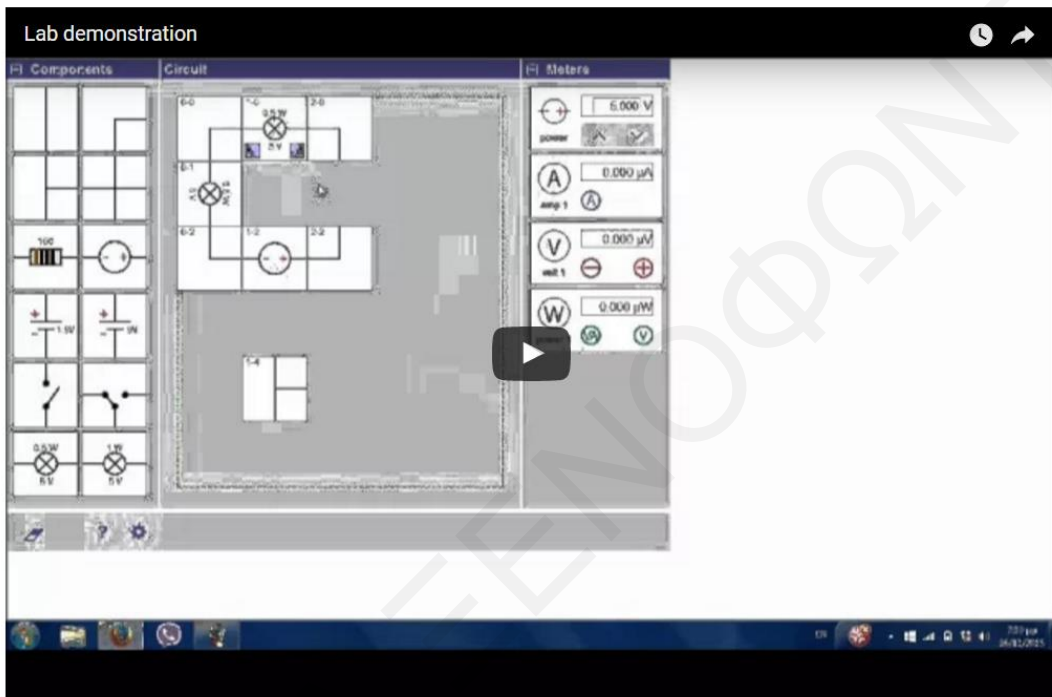


Τώρα μπορείς να προχωρήσεις στην επόμενη φάση, όπου θα έχεις την ευκαιρία να μελετήσεις περισσότερα για τους δύο τρόπους συνδεσμολογίας.

Σε αυτή τη φάση θα πραγματοποιήσεις πειράματα στο εικονικό εργαστήριο Ηλεκτρικών κυκλωμάτων, αφού πρώτα τα οργανώσεις στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων.

Προτού προχωρήσεις στα πειράματά σου, παρακολούθησε το πιο κάτω σύντομο βίντεο, το οποίο παρουσιάζει τις βασικές λειτουργίες του εργαστηρίου Ηλεκτρικών κυκλωμάτων που θα χρειαστείς.

Βίντεο για το εργαστήριο Ηλεκτρικό κυκλωμάτων



Βήμα 1

Στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων πιο κάτω, φαίνεται ο πειραματικός σχεδιασμός για τη διερεύνηση του τι συμβαίνει τελικά όταν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά. Στην οργάνωση του πειράματος θα πρέπει να διαχειριστείς όλες τις ιδιότητες που εμφανίζονται στο εργαλείο, καθώς επίσης να καθορίσεις συγκεκριμένες τιμές που θα πάρουν οι μεταβλητές κατά τη διάρκεια του πειράματος. Ακολούθησε τις οδηγίες στο εργαλείο, που εμφανίζονται βήμα προς βήμα, για να φτιάξεις ένα σωστό και ολοκληρωμένο πειραματικό σχεδιασμό. Μόλις είσαι έτοιμος/η μπορείς να πραγματοποιήσεις τα πειράματά σου στο εργαστήριο πιο κάτω και να επιστρέψεις ξανά στο εργαλείο για να συμπληρώσεις τις μετρήσεις και παρατηρήσεις σου.

Σχεδιασμός Πειράματος



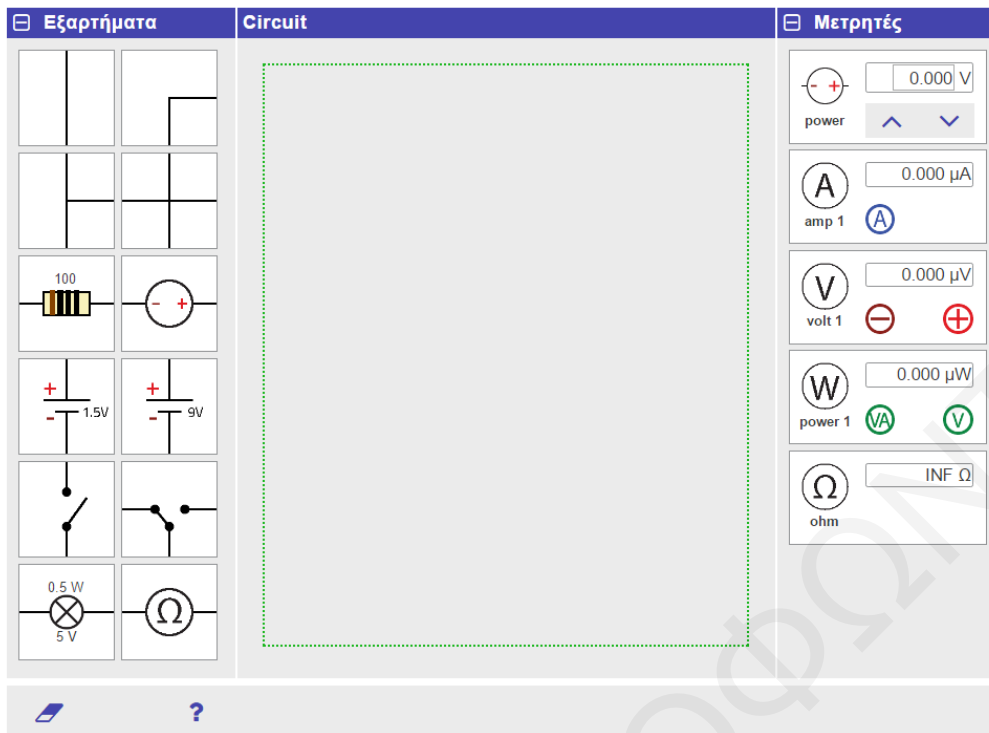
Επέλεξε και σύρε μία ιδιότητα στο "Μεταβάλλω/Αλλάζω", όλες τις άλλες στο "Κρατώ σταθερό", και επιλέξε και σύρετε τουλάχιστον μία μεταβλητή που θέλεις να μετρήσεις στο "Μετρώ/Παρατηρώ".

Ιδιότητες

N

+

Μετρήσεις



Βήμα 2

Στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων πιο κάτω, οργάνωσε ένα πείραμα για να διερευνήσεις τελικά τι συμβαίνει όταν προστίθενται λαμπτήρες παράλληλα. Στην οργάνωση του πειράματος θα πρέπει να διαχειριστείς όλες τις ιδιότητες που εμφανίζονται στο εργαλείο, καθώς επίσης να καθορίσεις συγκεκριμένες τιμές που θα πάρουν οι μεταβλητές κατά τη διάρκεια του πειράματος. Ακολούθησε τις οδηγίες στο εργαλείο, που εμφανίζονται βήμα προς βήμα, για να φτιάξεις ένα σωστό και ολοκληρωμένο πειραματικό σχεδιασμό. Μόλις είσαι έτοιμος/η μπορείς να πραγματοποιήσεις τα πειράματά σου στο εργαστήριο πιο πάνω και να επιστρέψεις ξανά στο εργαλείο για να συμπληρώσεις τις μετρήσεις και παρατηρήσεις σου.

Σχεδιασμός Πειράματος

«

?

Επέλεξε και σύρε μία ιδιότητα στο "Μεταβάλλω/Αλλάζω", όλες τις άλλες στο "Κρατώ σταθερό", και επιλέξτε και σύρετε τουλάχιστον μία μεταβλητή που θέλεις να μετρήσεις στο "Μετρώ/Παρατηρώ".

Ιδιότητες	Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό
Συνδεσμολογία	N	
Αριθμός λαμπτήρων	+	
Τάση μπαταρίας		
Μετρήσεις		Μετρώ
Ηλεκτρικό ρεύμα		
Φωτεινότητα		

Αν έχεις ολοκληρώσει με τα πειράματά σου και πιστεύεις ότι έχεις πάρει αρκετές μετρήσεις και τις έχεις καταγράψει στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, τότε μπορείς να προχωρήσεις στο βήμα 3 πιο κάτω. Φυσικά, αν αισθάνεσαι στην πορεία ότι χρειάζεσαι περισσότερα δεδομένα, τότε μπορείς να επιστρέψεις στα δύο προηγούμενα βήματα.

Βήμα 3

Απάντησε τις ακόλουθες δύο ερωτήσεις, σύμφωνα με αυτά που παρατήρησες στα πειράματά σου.

Ερώτηση 1

Πώς επηρεάζεται το ηλεκτρικό ρεύμα όταν προστίθενται λαμπτήρες σε ένα κύκλωμα; Προσπάθησε να εξηγήσεις το συλλογισμό σου, λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα σου.

Type here

Ερώτηση 2

Πώς αλλάζει η φωτεινότητα των λαμπτήρων όταν προστίθενται λαμπτήρες σε σειρά και πώς αλλάζει όταν προστίθενται παράλληλα;

Type here



Αν έχεις ολοκληρώσει και τις δύο διερευνήσεις και έχεις αρκετά δεδομένα για να υποστηρίξεις μια απάντηση στον αρχικό προβληματισμό του μαθήματος, τότε μπορείς να προχωρήσεις στην επόμενη φάση.

Αγαπητέ/τή μαθητή/τρια έχεις φτάσει αισίως στη φάση του συμπεράσματος, όπου θα πρέπει να δώσεις μια τεκμηριωμένη απάντηση στον αρχικό προβληματισμό του μαθήματος. Ο προβληματισμός αφορούσε τον τρόπο που είναι συνδεδεμένα τα φωτιστικά σε ένα σπίτι.

Πιο κάτω γράψε την απάντησή σου και δικαιολόγησέ την με βάση τα πειράματα που έχεις κάνει και τα δεδομένα που έχεις συλλέξει.

Type here



Αν είσαι σίγουρος/η για την απάντησή σου, τότε μπορείς να προχωρήσεις στην επόμενη φάση του μαθήματος, που είναι και η τελευταία.

Έχεις σχεδόν τελειώσει το μάθημα!! Το τελευταίο πράγμα που μένει να κάνεις είναι να αναστοχαστείς για τις δραστηριότητες που έχεις ολοκληρώσει. Ο αναστοχασμός είναι μια πολύ σημαντική στρατηγική που τη βελτίωση της μάθησής σου.

Ερώτηση 1

Ποια βήματα ακολούθησες για να καταλήξεις σε ένα συμπέρασμα και να απαντήσεις τελικά τον αρχικό προβληματισμό του μαθήματος; Προσπάθησε να περιγράψεις σύντομα την πορεία εργασίας που ακολούθησες.

Type here

Ερώτηση 2

Ποια δραστηριότητα σε δυσκόλεψε περισσότερο στο μάθημα;

Type here

Συγχαρητήρια έχεις ολοκληρώσει το μάθημα!!



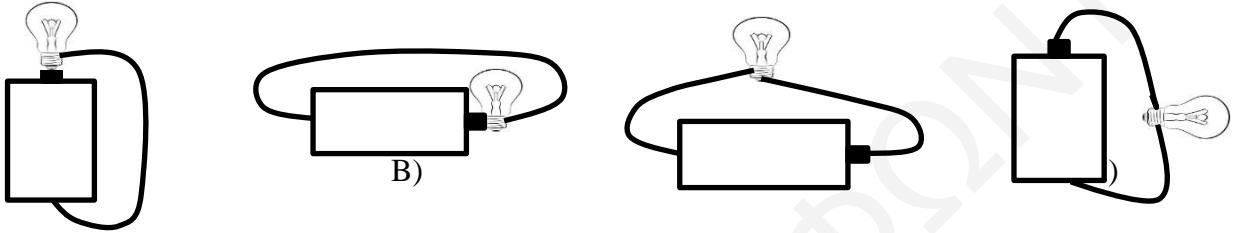
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ

Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Α

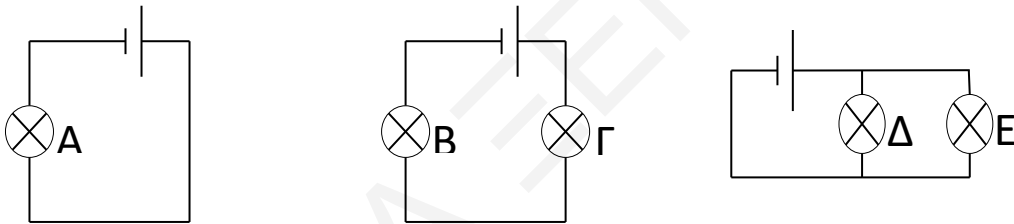
1. Ποια στοιχεία είναι απαραίτητα για τη δημιουργία ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος; Περιγράψτε πώς αυτά τα στοιχεία πρέπει να είναι συνδεδεμένα.

2. Σε ποιο από τα παρακάτω ο λαμπτήρας φωτοβολεί; Παρακαλώ επιλέξτε **μία** απάντηση.



α) Α και Β β) Α και Γ γ) Γ και Δ δ) Όλα ε) Κανένα

3. Παρατηρήστε τα πιο κάτω κυκλώματα:



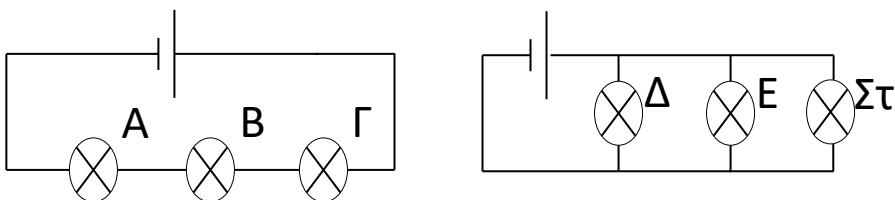
3.1 Πώς συγκρίνετε η φωτεινότητα των λαμπτήρων; Παρακαλώ επιλέξτε **μία** απάντηση.

α) $A > B = \Gamma = \Delta = E$ β) $A < B = \Gamma < \Delta = E$ γ) $\Delta = E = A > B = \Gamma$
 δ) $B = \Gamma = A < \Delta = E$ ε) $A > \Delta = E < B = \Gamma$

3.2 Ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ των σημείων 1, 2, και 3, όσον αφορά το ηλεκτρικό ρεύμα που ρέει σε κάθε κύκλωμα; Παρακαλώ επιλέξτε **μία** απάντηση.

α) $1 = 3 > 2$ β) $1 < 2 = 3$ γ) $2 = 3 < 1$ δ) $2 < 1 < 3$ ε) $1 = 2 < 3$

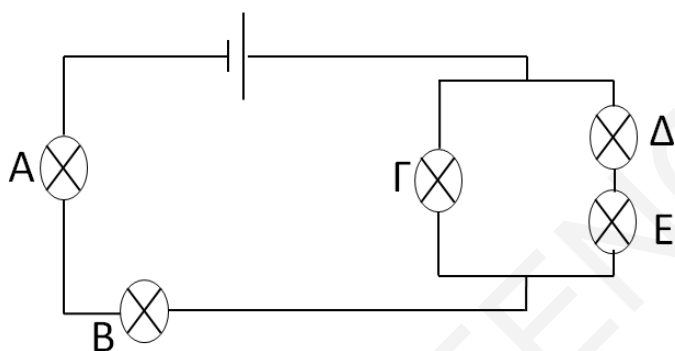
4. Τι θα συμβεί αν ο μεσαίος λαμπτήρας σε κάθε ένα από τα δύο κυκλώματα πιο κάτω καεί (και δεν αφαιρεθεί από το κύκλωμα); Παρακαλώ επιλέξτε **μία** απάντηση.



- α) Α και Γ δεν φωτοβολούν, Δ και Στ φωτοβολούν το ίδιο
- β) Όλοι οι λαμπτήρες (Α, Γ, Δ και Στ) δεν φωτοβολούν
- γ) Α και Γ φωτοβολούν το ίδιο αλλά λιγότερο από τον Δ και Στ που φωτοβολούν το ίδιο
- δ) Όλοι οι λαμπτήρες (Α, Γ, Δ και Στ) φωτοβολούν
- ε) Δ και Στ δεν φωτοβολούν, Α και Γ φωτοβολούν το ίδιο

5. Τι υποδηλώνουν τα πολύριζα (που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία πολλών ηλεκτρικών συσκευών) για το είδος της συνδεσμολογίας; Παρακαλώ **εξηγήστε** το συλλογισμό σας.

6. Περιγράψτε και εξηγήστε πώς συγκρίνεται η φωτεινότητα των λαμπτήρων στο πιο κάτω ηλεκτρικό κύκλωμα.



Κλείδα αξιολόγησης διαγνωστικού δοκιμίου γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Α

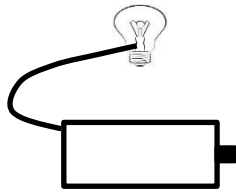
				<u>Μονάδες</u>
Έργο αξιολόγησης 1	Γνωστικό επίπεδο ανάκλησης	Ερώτηση ανοικτού τύπου	1. μπαταρία (πηγή), λαμπτήρας (καταναλωτής), καλώδιο/α	1
			2. τρόπος σύνδεση (ένα προς ένα)	1
			3. αγωγή μέρη μπαταρίας	0.5
			4. αγωγή μέρη λαμπτήρα	0.5
Έργο αξιολόγησης 2	Γνωστικό επίπεδο κατανόησης	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής	ορθή επιλογή β)	1
Έργο αξιολόγησης 3	Γνωστικό επίπεδο κατανόησης	3.1 Ερώτηση πολλαπλής επιλογής	ορθή επιλογή γ)	1
		3.2 Ερώτηση πολλαπλής επιλογής	ορθή επιλογή δ)	1
Έργο αξιολόγησης 4	Γνωστικά επίπεδο εφαρμογής	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής	ορθή επιλογή α)	1
Έργο αξιολόγησης 5	Γνωστικό επίπεδο εφαρμογής	Ερώτηση ανοικτού τύπου	1. αν καεί μια συσκευή οι υπόλοιπες λειτουργούν	0.5
			2. παράλληλη συνδεσμολογία	0.5
			3. οι συσκευές διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα	0.5
			4. σε σειρά θα χρειαζόταν περισσότερο ρεύμα για να λειτουργούν ταυτόχρονα	0.5
Έργο αξιολόγησης 6	Γνωστικό επίπεδο κριτικής και δημιουργικής σκέψης	Ερώτηση ανοικτού τύπου	1. Σωστή ιεράρχηση $[A=B>Γ>Δ=E]$	1
			2. Α και Β σε σειρά	0.5
			3. Δ και Ε σε σειρά	0.5
			4. Γ // (Δ και Ε)	0.5
			5. (Α και Β) σε σειρά $[Γ // (Δ και Ε)]$	0.5

Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Β

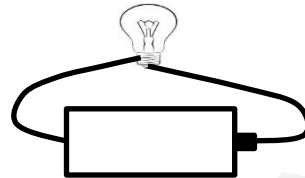
1. Σε ποιο από τα παρακάτω ο λαμπτήρας φωτοβολεί; Θα πρέπει να κυκλώσεις μόνο **μία** απάντηση.



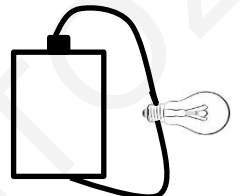
A)



B)



Γ)

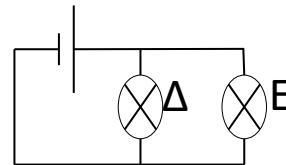
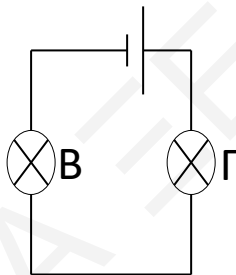
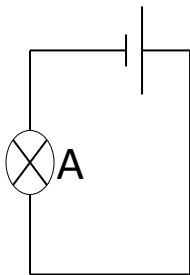



Δ)

- α) A β) B γ) Γ δ) Δ ε) Γ και Δ στ) A, Γ και Δ ζ) Σε κανένα

Εξήγησε πώς το σκέφτηκες:

2. Παρατήρησε τα πιο κάτω κυκλώματα:

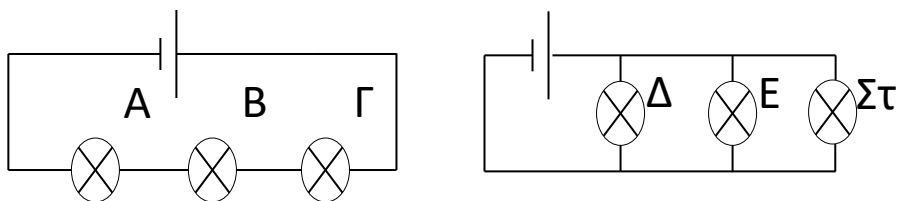


Σημείωση: Το σύμβολο  αναπαριστά την μπαταρία που συνδέεται στο κύκλωμα. Σε όλα τα κυκλώματα είναι συνδεδεμένη όμοια μπαταρία.

Οι πιο κάτω προτάσεις αναφέρονται στο πώς συγκρίνεται η φωτεινότητα των λαμπτήρων στα τρία κυκλώματα. Σημείωσε δίπλα από κάθε πρόταση αν είναι **Σωστό** ή **Λάθος**.

- α) Οι λαμπτήρες Β και Γ φωτοβολούν το ίδιο.
β) Οι λαμπτήρες Α, Β και Γ φωτοβολούν το ίδιο.
γ) Ο λαμπτήρας Δ φωτοβολεί περισσότερο από τον λαμπτήρα Ε.
δ) Ο λαμπτήρας Α φωτοβολεί περισσότερο από τους λαμπτήρες Δ και Ε.
ε) Ο λαμπτήρας Α φωτοβολεί το ίδιο με τους λαμπτήρες Δ και Ε.
στ) Ο λαμπτήρας Α φωτοβολεί περισσότερο από τους λαμπτήρες Β και Γ.

3. Τι θα συμβεί αν ο μεσαίος λαμπτήρας καεί (και δεν αφαιρεθεί από το κύκλωμα); Θα πρέπει να κυκλώσεις μόνο **μία** απάντηση.



- α) Α και Γ δεν φωτοβολούν, Δ και Στ φωτοβολούν το ίδιο
- β) Όλοι οι λαμπτήρες (Α, Γ, Δ και Στ) δεν φωτοβολούν
- γ) Α και Γ φωτοβολούν το ίδιο αλλά λιγότερο από τον Δ και Στ που φωτοβολούν το ίδιο
- δ) Όλοι οι λαμπτήρες (Α, Γ, Δ και Στ) φωτοβολούν
- ε) Δ και Στ δεν φωτοβολούν, Α και Γ φωτοβολούν το ίδιο

4. Τα πολύριζα χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία πολλών ηλεκτρικών συσκευών. Ποιο είναι το είδος της συνδεσμολογίας των ηλεκτρικών συσκευών σε ένα πολύριζο; Εξήγησε πώς το σκέφτηκες.

Κλείδα αξιολόγησης διαγνωστικού δοκιμίου γνώσεων περιεχομένου – Ηλεκτρικά κυκλώματα Β

				Μονάδες
Έργο αξιολόγησης 1	Γνωστικό επίπεδο ανάκλησης	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής	ορθή επιλογή γ)	0.5
		Ερώτηση ανοικτού τύπου	1. δύο αγωγίμα μέρη μπαταρίας	0.5
			2. δύο αγωγίμα μέρη λαμπτήρα	0.5
			3. ένα ή δύο καλώδια/τρόπος σύνδεσης	0.5
Έργο αξιολόγησης 2	Γνωστικό επίπεδο κατανόησης	Ερώτηση τύπου «Ορθό/Λάθος»	α) Ορθό	0.5
			β) Λάθος	0.5
			γ) Λάθος	0.5
			δ) Λάθος	0.5
			ε) Σωστό	0.5
			στ) Σωστό	0.5
Έργο αξιολόγησης 3	Γνωστικά επίπεδο εφαρμογής	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής	ορθή επιλογή α)	1
Έργο αξιολόγησης 4	Γνωστικό επίπεδο εφαρμογής	Ερώτηση ανοικτού τύπου	1. αν καεί μια συσκευή οι υπόλοιπες λειτουργούν	0.5
			2. παράλληλη συνδεσμολογία	1
			3. οι συσκευές διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα	1
			4. σε σειρά θα χρειαζόταν περισσότερο ρεύμα για να λειτουργούν ταυτόχρονα	1.5

Διαγνωστικό δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου – Βύθιση/Πλεύση

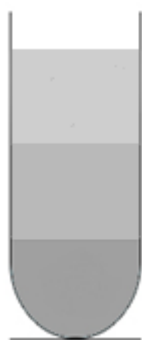
Μέρος Α

1. Γράψτε έναν ορισμό για την πυκνότητα. Στον ορισμό σας συμπεριλάβετε την μάζα και τον όγκο.

2. Ποια από τις πιο κάτω σχέσεις μεταξύ μάζας, όγκου και πυκνότητας είναι σωστή; Παρακαλώ επιλέξτε **μία** απάντηση.

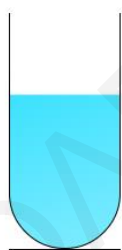
α) μάζα = 10	όγκος = 2	πυκνότητα = 0.5
β) όγκος = 2	πυκνότητα = 3	μάζα = 6
γ) μάζα = 3	όγκος = 4	πυκνότητα = 1
δ) όγκος = 2	μάζα = 4	πυκνότητα = 2.5
ε) πυκνότητα = 3	μάζα = 2	όγκος = 1

3. Τα υγρά μπορούν να επιπλέουν το ένα πάνω από το άλλο, δημιουργώντας στρώματα, όπως φαίνεται στην εικόνα πιο κάτω. Ποιες πυκνότητες μπορεί να έχουν τα υγρά σε αυτή την περίπτωση; Παρακαλώ επιλέξτε **μία** απάντηση.

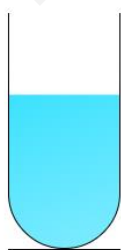


α) Υγρό 3 = 5	Υγρό 2 = 2	Υγρό 1 = 6
β) Υγρό 3 = 3	Υγρό 2 = 1	Υγρό 1 = 2
γ) Υγρό 3 = 1	Υγρό 2 = 2	Υγρό 1 = 5
δ) Υγρό 3 = 1	Υγρό 2 = 0.5	Υγρό 1 = 1.5
ε) Υγρό 3 = 2	Υγρό 2 = 1	Υγρό 1 = 0.75

4. Κοιτάξτε τα πιο κάτω δοχεία, τα οποία περιέχουν διαφορετικά υγρά.



A. Πυκνότητα υγρού = 1



B. Πυκνότητα υγρού = 0.5



Γ. Πυκνότητα υγρού = 4



Δ. Πυκνότητα υγρού = 2

4.1 Σε ποιο/ποια δοχείο/δοχεία μία μπάλα με πυκνότητα = 3 θα βυθιστεί; Παρακαλώ επιλέξτε **μία** απάντηση.

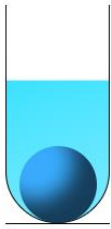
α) A, Γ και Δ β) B γ) A, B και Δ δ) Γ ε) Σε κανένα

4.2 Σε ποιο/α δοχείο/α μία μπάλα με πυκνότητα = 5 θα επιπλεύσει; Παρακαλώ επιλέξτε **μία** απάντηση.

α) Σε όλα β) A, Γ και Δ γ) B δ) A, B και Δ ε) Σε κανένα

Μέρος Β

1. Η μπάλα στην πιο κάτω εικόνα έχει μάζα 255 g και όγκο 250 cm³. Η μπάλα βυθίζεται στο νερό (πυκνότητα νερού = 1.00 g/cm³).



m μπάλας = 255g
 V μπάλας = 250cm³

Εξηγήστε τι θα συμβεί αν προστεθούν 5 κουτάλια αλάτι στο νερό και γιατί.

2. Ένα μπαλόνι είναι φουσκωμένο με ένα αέριο. Όταν αφήσουμε ελεύθερο το μπαλόνι είτε θα ανέβει προς τα πάνω, είτε θα πέσει προς τα κάτω. Φανταστείτε ότι αφήνετε το μπαλόνι ελεύθερο κοντά στη θάλασσα (επίπεδο θάλασσας) και στο ψηλότερο σημείο του βουνού Έβερεστ.



Επίπεδο θάλασσας
Πυκνότητα αέρα = 1,293 kg/m³



Βουνό Έβερεστ (8845m)
Πυκνότητα αέρα = 0,425 kg/m³



2α. Θέλετε το μπαλόνι που φαίνεται στα αριστερά **να ανέβει προς τα πάνω** όταν το αφήσετε ελεύθερο και στις δύο περιπτώσεις, δηλαδή κοντά στη θάλασσα και στο βουνό Έβερεστ. Τι πυκνότητα θα μπορούσε να έχει το αέριο μέσα στο μπαλόνι;

Πυκνότητα αερίου: _____



2β. Θέλετε το μπαλόνι που φαίνεται στα αριστερά **να πέσει προς τα κάτω** όταν το αφήσετε ελεύθερο και στις δύο περιπτώσεις, δηλαδή κοντά στη θάλασσα και στο βουνό Έβερεστ. Τι πυκνότητα θα μπορούσε να έχει το αέριο μέσα στο μπαλόνι;

Πυκνότητα αερίου: _____



2γ. Θέλετε το μπαλόνι που φαίνεται στα αριστερά **να ανέβει προς τα πάνω** όταν το αφήσετε ελεύθερο κοντά στη θάλασσα και **να πέσει προς τα κάτω** όταν το αφήσετε ελεύθερο στο βουνό Έβερεστ. Τι πυκνότητα θα μπορούσε να έχει το αέριο μέσα στο μπαλόνι;

Πυκνότητα αερίου: _____

Κλείδα αξιολόγησης διαγνωστικού δοκιμίου γνώσεων περιεχομένου – Βύθιση/Πλεύση

				<u>Μονάδες</u>
Έργο αξιολόγησης 1	Γνωστικό επίπεδο ανάκλησης	Ερώτηση ανοικτού τύπου	ορθή σχέση μεταξύ των μεταβλητών μάζας, όγκου και πυκνότητας ($\rho=m/V$)	1
Έργο αξιολόγησης 2	Γνωστικό επίπεδο κατανόησης	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής	ορθή επιλογή β)	1
Έργο αξιολόγησης 3	Γνωστικά επίπεδο εφαρμογής	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής	ορθή επιλογή γ)	1
Έργο αξιολόγησης 4	Γνωστικό επίπεδο εφαρμογής	Ερώτηση πολλαπλής επιλογής	ορθή επιλογή γ)	1
		Ερώτηση πολλαπλής επιλογής	ορθή επιλογή ε)	1
Έργο αξιολόγησης 5	Γνωστικό επίπεδο κριτικής και δημιουργικής σκέψης	Ερώτηση ανοικτού τύπου	1. αύξηση πυκνότητας νερού	1
			2. η μπάλα επιπλέει	1
			3. αναφορά στη σύγκριση των πυκνοτήτων υγρού και αντικειμένου πριν και μετά την προσθήκη αλατιού	1
Έργο αξιολόγησης 6	Γνωστικό επίπεδο κριτικής και δημιουργικής σκέψης	Ερώτηση συμπλήρωσης	1. πυκνότητα αερίου $< 0.425 \text{ kg/m}^3$	1
			2. πυκνότητα αερίου $> 1.293 \text{ kg/m}^3$	1
			3. $1.293 \text{ kg/m}^3 >$ πυκνότητα αερίου $> 0.425 \text{ kg/m}^3$	1

Διαγνωστικό δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης

Επιλογή ερωτήσεων από το εργαλείο μέτρησης επιστημονικών δεξιοτήτων, TIPSII, για κάθε μελέτη

Δεξιότητα που μετριέται	Μελέτη-1	Σύνολο	Μελέτη-2	Σύνολο	Μελέτη-3	Σύνολο	Μελέτη-4	Σύνολο
A. Αναγνώριση παραγόντων	1, 3, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 30, 31, 32, 36	12	1, 30, 31, 32	4	1, 3, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 30, 31, 32, 36	12	1, 3, 18, 19, 20, 30, 31, 32, 36	9
B. Αναγνώριση και διατύπωση υποθέσεων	4, 6, 8, 12, 16, 17, 27, 29, 35	9	6, 27, 35	3	4, 6, 8, 12, 16, 17, 27, 29, 35	9	4, 16, 17, 27, 29, 35	6
Γ. Λειτουργικός ορισμός	—	0	2, 23, 26	3	—	0	—	0
Δ. Σχεδιασμός διερευνήσεων	10, 21, 24	3	10, 21	2	—	0	10, 21, 24	3
Ε. Ερμηνεία γραφικών παραστάσεων	—	0	—	0	—	0	—	0
Σύνολο ερωτήσεων		24		12		21		18

Ερωτήσεις

1. Ένας προπονητής ποδοσφαίρου πιστεύει ότι η ομάδα του δεν κερδίζει επειδή οι παίκτες του δεν έχουν ικανοποιητική αντοχή. Αποφάσισε να μελετήσει παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή των παικτών του. Ποια από τις παρακάτω μεταβλητές (δηλαδή παράγοντες) θα μπορούσε να εξετάσει ο προπονητής, για να δει αν επηρεάζει την αντοχή των παικτών του;

- A. Την ποσότητα των βιταμινών και συμπληρωμάτων που λαμβάνουν καθημερινά.
- B. Τον αριθμό των ασκήσεων με βάρη που κάνουν καθημερινά.
- Γ. Το χρόνο που αφιερώνουν στις ασκήσεις.
- Δ. Όλα τα πιο πάνω.

2. Μια ερευνητική ομάδα πραγματοποιεί μια μελέτη για την απόδοση των αυτοκινήτων. Η υπόθεση που εξετάζεται είναι ότι εάν προστεθεί ένα συστατικό στη βενζίνη θα αυξηθεί η απόδοση των αυτοκινήτων. Σε πέντε όμοια αυτοκίνητα δόθηκε ίδια ποσότητα βενζίνης, αλλά διαφορετική ποσότητα του συγκεκριμένου συστατικού. Τα αυτοκίνητα αυτά διανύουν την ίδια διαδρομή μέχρι να εξαντληθεί η βενζίνη τους.

Η ερευνητική ομάδα καταγράφει τον αριθμό των χιλιομέτρων που θα διανύσει κάθε αυτοκίνητο. Πώς μετρείται η απόδοση των αυτοκινήτων σε αυτή τη μελέτη;

- A. Ο χρόνος κατά τον οποίο κάθε αυτοκίνητο κινήθηκε μέχρι να εξαντληθεί η βενζίνη του.
- B. Η απόσταση που διανύει το κάθε αυτοκίνητο.
- Γ. Η ποσότητα της βενζίνης που χρησιμοποιήθηκε.
- Δ. Η ποσότητα του πρόσθετου συστατικού που χρησιμοποιήθηκε.

3. Ένα εργοστάσιο κατασκευής αυτοκινήτων θέλει να μειώσει το οικονομικό κόστος που θα απαιτηθεί για την κίνηση των οχημάτων. Εξετάζουν μεταβλητές (δηλαδή παράγοντες) που πιθανόν να επηρεάζουν τον αριθμό των χιλιομέτρων που διανύει ένα αυτοκίνητο ανά λίτρο καυσίμου. Ποια μεταβλητή (παράγοντας) είναι πιθανόν να επηρεάσει τον αριθμό των χιλιομέτρων ανά λίτρο καυσίμου;

- A. Η μάζα του αυτοκινήτου.
- B. Το μέγεθος της μηχανής του αυτοκινήτου.
- Γ. Το χρώμα του αυτοκινήτου.
- Δ. Το A και το B.

4. Μια τάξη εξετάζει την ταχύτητα των αντικειμένων όταν πέφτουν ελεύθερα προς τη γη. Σχεδιάζουν μια διερεύνηση κατά την οποία θα αφήσουν να πέσουν ελεύθερα από το ίδιο ύψος σακίδια με χαλίκια, τα οποία θα έχουν διαφορετική μάζα. Για τη διερεύνησή τους, ποια από τις ακόλουθες υποθέσεις είναι αυτή που θα εξετάσουν αναφορικά με την ταχύτητα με την οποία τα σακίδια πέφτουν ελεύθερα στη γη;

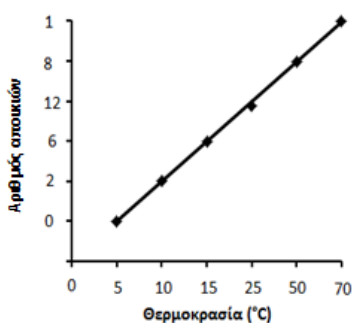
- A. Αν ένα αντικείμενο ρίχνεται από μεγαλύτερο ύψος, τότε θα πέσει γρηγορότερα.
- B. Αν ένα αντικείμενο βρίσκεται πιο ψηλά στον αέρα, τότε θα πέσει πιο γρήγορα.
- Γ. Αν τα χαλίκια μέσα στο σακίδιο είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος, τότε το σακίδιο θα πέσει πιο γρήγορα.
- Δ. Αν ένα αντικείμενο είναι πιο βαρύ, τότε θα πέσει πιο γρήγορα στο έδαφος.

5. Ένας μαθητής εξετάζει, στο μάθημα της επιστήμης, την επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη βακτηρίων. Έχει συλλέξει τα παρακάτω δεδομένα:

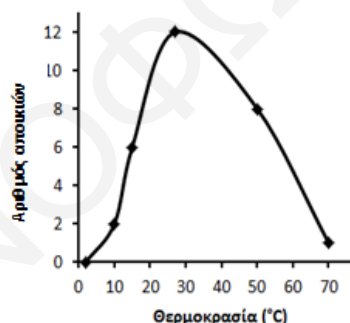
Θερμοκρασία θαλάμου ανάπτυξης (°C)	Αριθμός αποικιών των βακτηρίων
5	0
10	2
15	6
25	12
50	8
70	1

Ποια γραφική παράσταση αναπαριστά σωστά τα δεδομένα του πειράματος;

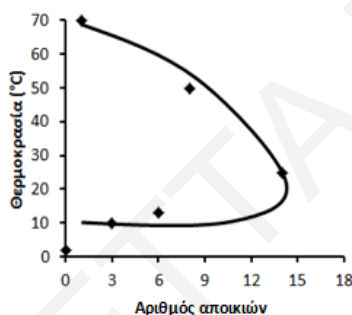
A.



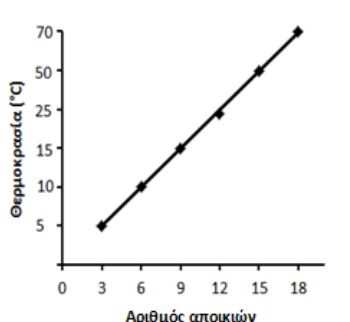
B.



Γ.



Δ.



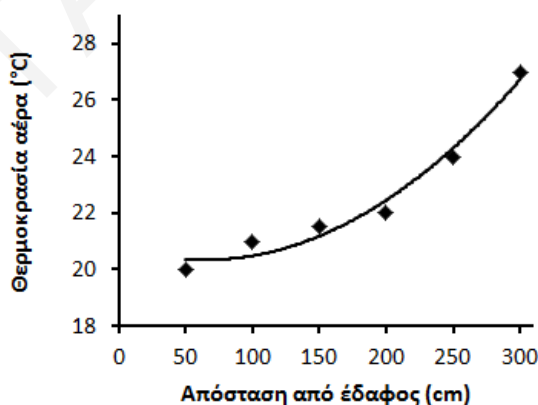
6. Ένας αξιωματικός της αστυνομίας μεριμνά για τη μείωση της ταχύτητας των αυτοκινήτων. Πιστεύει ότι διάφοροι παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν την ταχύτητα των αυτοκινήτων. Ποια από τις ακόλουθες υποθέσεις θα μπορούσε να ελέγξει για το πόσο γρήγορα οδηγούν οι άνθρωποι;

- A. Αν οι οδηγοί είναι πιο μικροί σε ηλικία, τότε ενδέχεται να οδηγούν πιο γρήγορα.
- B. Αν ο αριθμός των αυτοκινήτων που εμπλέκονται σε ένα ατύχημα είναι μεγαλύτερος, τότε είναι λιγότερο πιθανό να υπάρξουν τραυματισμοί.
- Γ. Αν οι αστυνομικοί που περιπολούν είναι περισσότεροι, τότε ο αριθμός των ατυχημάτων θα είναι μικρότερος.
- Δ. Αν τα αυτοκίνητα είναι παλιότερα, τότε ο αριθμός των ατυχημάτων στα οποία ενδέχεται να εμπλακούν θα είναι μεγαλύτερος.

7. Σε μια τάξη επιστήμης εξετάζεται η επίδραση του μεγέθους του πέλματος των ελαστικών στην ευκολία κύλισης οχημάτων. Τοποθετούν φαρδιά ελαστικά σε ένα καρότσι και το αφήνουν να κυλίσει σε μια κεκλιμένη ράμπα και έπειτα από τη ράμπα κυλά στο έδαφος. Το πείραμα αυτό επαναλαμβάνεται, χρησιμοποιώντας το ίδιο καρότσι, αλλά με ελαστικά μικρότερου πέλματος αυτή τη φορά.

Πώς θα μπορούσαν να μετρήσουν την ευκολία κίνησης;

- A. Μέτρηση της συνολικής απόστασης που διανύει το καρότσι.
 - B. Μέτρησης της γωνίας κλίσης της ράμπας.
 - Γ. Μέτρηση του φάρδους του κάθε ελαστικού από τα δύο ζεύγη ελαστικών.
 - Δ. Μέτρηση του βάρους κάθε καροτσιού.
8. Ένας αγρότης αναρωτιέται πώς θα μπορούσε να αυξήσει την ποσότητα των καλαμποκιών που παράγει. Σχεδιάζει να μελετήσει παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα των καλαμποκιών που παράγονται. Ποια από τις ακόλουθες υποθέσεις θα μπορούσε να εξετάσει;
- A. Αν η ποσότητα του λιπάσματος είναι μεγαλύτερη, τότε η παραγωγή καλαμποκιού θα είναι μεγαλύτερη.
 - B. Αν η ποσότητα του καλαμποκιού είναι μεγαλύτερη, τότε τα ετήσια κέρδη θα είναι μεγαλύτερα.
 - Γ. Αν η βροχόπτωση αυξάνεται, τότε το λίπασμα θα είναι πιο αποτελεσματικό.
 - Δ. Αν η ποσότητα καλαμποκιού που παράγεται αυξάνεται, τότε το κόστος της παραγωγής αυξάνεται.
9. Διεξάγεται μια μελέτη για τη θερμοκρασία ενός δωματίου σε διαφορετικές αποστάσεις από το πάτωμα. Η γραφική παράσταση των δεδομένων φαίνεται πιο κάτω. Πώς σχετίζονται οι μεταβλητές (παράγοντες);

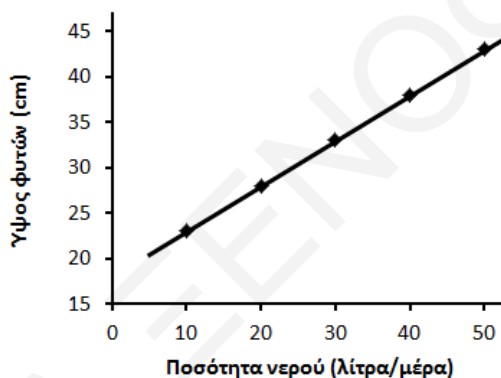


- A. Όταν η απόσταση από το πάτωμα αυξάνεται, η θερμοκρασία του αέρα ελαττώνεται.
- B. Όταν η απόσταση από το πάτωμα αυξάνεται, η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται.
- Γ. Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα αντιστοιχεί σε μείωση της απόστασης από το πάτωμα.
- Δ. Η απόσταση από το πάτωμα δε σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα.

10. Ο Δημήτρης πιστεύει ότι όσο περισσότερη είναι η πίεση του αέρα σε μια μπάλα μπάσκετ, τόσο πιο ψηλά θα αναπηδήσει η μπάλα. Για να διερευνήσει αυτή την υπόθεση, ο Δημήτρης έχει προμηθευτεί πολλές μπάλες μπάσκετ και μια αντλία αέρα. Πώς θα μπορέσει ο Δημήτρης να εξετάσει την υπόθεσή του;

- A. Να ρίξει μπάλες με διαφορετική δύναμη από το ίδιο ύψος, για να αναπηδήσουν στο έδαφος.
- B. Να αφήσει μπάλες με διαφορετική πίεση αέρα να αναπηδήσουν από το ίδιο ύψος από το έδαφος.
- Γ. Να αφήσει μπάλες με την ίδια πίεση αέρα να αναπηδήσουν υπό διαφορετικές γωνίες σε σχέση με το έδαφος.
- Δ. Να αφήσει μπάλες με την ίδια ποσότητα πίεσης αέρα να αναπηδήσουν από διαφορετικά ύψη από το έδαφος.

11. Διεξάγεται μια μελέτη για την ποσότητα του νερού που είναι απαραίτητη ώστε να μεγαλώσουν τα φυτά. Πέντε χωράφια ποτίστηκαν με διαφορετική ποσότητα νερού. Μετά από δύο μήνες μετρήθηκε το ύψος των φυτών. Τα δεδομένα φαίνονται στην γραφική παράσταση. Ποια είναι η σχέση μεταξύ των μεταβλητών (παραγόντων);



- A. Όταν αυξάνεται η ποσότητα του νερού, αυξάνεται το ύψος των φυτών.
- B. Όταν αυξάνεται το ύψος των φυτών, αυξάνεται η ποσότητα του νερού.
- Γ. Όταν μειώνεται η ποσότητα του νερού, μειώνεται το ύψος των φυτών.
- Δ. Όταν μειώνεται το ύψος των φυτών, μειώνεται η ποσότητα του νερού.

Η Μαρία αναρωτιέται αν το έδαφος και οι ωκεανοί θερμαίνονται στον ίδιο βαθμό από τον ήλιο. Αποφάσισε να πραγματοποιήσει μια διερεύνηση. Γέμισε έναν κουβά με χώμα και έναν άλλον κουβά του ίδιου μεγέθους με νερό. Τους τοποθέτησε με τέτοιο τρόπο, ώστε και οι δύο κουβάδες να εκτίθενται με τον ίδιο τρόπο και στον ίδιο βαθμό στην ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμοκρασία στον κάθε κουβά μετρήθηκε κάθε μία ώρα, από τις οκτώ το πρωί μέχρι τις έξι το απόγευμα.

12. Ποια υπόθεση εξετάστηκε;

- A. Όσο περισσότερη είναι η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, τόσο πιο θερμό γίνεται το χώμα και το νερό.
- B. Όσο περισσότερο εκτίθενται το χώμα και το νερό στον ήλιο, τόσο πιο θερμά γίνονται.
- Γ. Διαφορετικά είδη υλικών θερμαίνονται με διαφορετικό τρόπο από τον ήλιο.
- Δ. Η ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαφορετική για διαφορετικές ώρες της μέρας.

13. Ποια από τις μεταβλητές διατηρήθηκε σταθερή στην έρευνα (δηλαδή ποιος παράγοντας δεν άλλαξε);
- A. Το είδος του νερού που τοποθετήθηκε στον κουβά.
 - B. Η θερμοκρασία του νερού και του χώματος.
 - Γ. Το είδος του υλικού που τοποθετήθηκε σε κάθε κουβά.
 - Δ. Ο χρόνος που ο κάθε κουβάς ήταν εκτεθειμένος στον ήλιο.
14. Ποια ήταν η εξαρτημένη μεταβλητή (δηλαδή ο παράγοντας που μετρήθηκε);
- A. Το είδος του νερού που τοποθετήθηκε στον κουβά.
 - B. Η θερμοκρασία του νερού και του χώματος.
 - Γ. Το είδος του υλικού που τοποθετήθηκε σε κάθε κουβά.
 - Δ. Ο χρόνος που ο κάθε κουβάς ήταν εκτεθειμένος στον ήλιο.
15. Ποια ήταν η ανεξάρτητη μεταβλητή (δηλαδή ο παράγοντας που άλλαξε);
- A. Το είδος του νερού που τοποθετήθηκε στον κουβά.
 - B. Η θερμοκρασία του νερού και του χώματος.
 - Γ. Το είδος του υλικού που τοποθετήθηκε σε κάθε κουβά.
 - Δ. Ο χρόνος που ο κάθε κουβάς ήταν εκτεθειμένος στον ήλιο.
16. Η Άννα μελετά την παραγωγή φασολιών. Μετρά την παραγωγή βιομάζας από την ποσότητα του αμύλου που παράγεται. Διαπιστώνει ότι μπορεί να αλλάξει την ποσότητα του φωτός, του διοξειδίου του άνθρακα και του νερού που δέχονται τα φυτά. Ποια μπορεί να είναι μια υπόθεση που θα μπορούσε να εξετάσει η Άννα σε αυτή τη μελέτη;
- A. Όσο περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα προσλαμβάνει ένα φυτό φασολιάς, τόσο περισσότερο άμυλο παράγει.
 - B. Όσο περισσότερο άμυλο παράγει ένα φυτό φασολιάς, τόσο περισσότερο φως χρειάζεται.
 - Γ. Όσο περισσότερο νερό δέχεται ένα φυτό φασολιάς, τόσο περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα χρειάζεται.
 - Δ. Όσο περισσότερο φως δέχεται ένα φυτό φασολιάς, τόσο περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα παράγει.

Ο Κώστας θέλει να μάθει αν η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει την ποσότητα της ζάχαρης που διαλύεται σε αυτό. Έβαλε 50 ml νερού σε τέσσερα όμοια δοχεία. Μετέβαλε τη θερμοκρασία του νερού στα δοχεία μέχρι που είχε ένα δοχείο στους 0 °C, ένα στους 50 °C, ένα στους 75 °C και ένα στους 95 °C. Έπειτα, διέλυσε αναδεύοντας όση ζάχαρη μπορούσε σε κάθε βάζο με νερό.

17. Ποια υπόθεση εξετάζεται;
- A. Αν το περιεχόμενο του βάζου αναδύεται περισσότερο, τότε διαλύεται περισσότερη ποσότητα ζάχαρης.
 - B. Αν η ποσότητα της ζάχαρης που διαλύεται είναι περισσότερη, τότε το διάλυμα θα είναι πιο γλυκό.
 - Γ. Αν η θερμοκρασία είναι πιο ψηλή, τότε θα διαλύεται περισσότερη ποσότητα ζάχαρης.
 - Δ. Αν χρησιμοποιείται περισσότερο νερό, τότε η θερμοκρασία θα είναι ψηλότερη.

18. Ποια μεταβλητή κρατήθηκε σταθερή στην έρευνα (δηλαδή ποιος παράγοντας δεν θα αλλάξει);
- A. Η ποσότητα της ζάχαρης που διαλύεται σε κάθε δοχείο.
 - B. Η ποσότητα του νερού που τοποθετήθηκε σε κάθε δοχείο.
 - Γ. Ο αριθμός των δοχείων που χρησιμοποιήθηκαν για να τοποθετηθεί το νερό.
 - Δ. Η θερμοκρασία του νερού.
19. Ποια είναι η εξαρτημένη μεταβλητή (δηλαδή ο παράγοντας που μετριέται);
- A. Η ποσότητα της ζάχαρης που διαλύθηκε σε κάθε δοχείο.
 - B. Η ποσότητα του νερού που τοποθετήθηκε σε κάθε δοχείο.
 - Γ. Ο αριθμός των δοχείων που χρησιμοποιήθηκαν για να τοποθετηθεί το νερό.
 - Δ. Η θερμοκρασία του νερού.
20. Ποια είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή (δηλαδή ο παράγοντας που αλλάζει);
- A. Η ποσότητα της ζάχαρης που διαλύθηκε σε κάθε δοχείο.
 - B. Η ποσότητα του νερού που τοποθετήθηκε σε κάθε δοχείο.
 - Γ. Ο αριθμός των δοχείων που χρησιμοποιήθηκαν για να τοποθετηθεί το νερό.
 - Δ. Η θερμοκρασία του νερού.
21. Η διαχειρίστρια ενός θερμοκηπίου θέλει να επιταχύνει την παραγωγή των φυτών της ντομάτας ώστε να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των ανυπόμονων κηπουρών. Φυτεύει σπόρους ντομάτας σε διάφορα γλαστράκια. Η υπόθεσή της είναι ότι όσο περισσότερη υγρασία έχουν οι σπόροι, τόσο πιο γρήγορα θα βλαστήσουν. Πώς μπορεί να εξετάσει αυτή την υπόθεση;
- A. Να μετρήσει τις μέρες που χρειάζονται οι σπόροι που λαμβάνουν διαφορετική ποσότητα νερού να βλαστήσουν.
 - B. Να μετρήσει το ύψος των φυτών της ντομάτας μια μέρα μετά το πότισμα.
 - Γ. Να μετρήσει την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται από τα φυτά στα διαφορετικά γλαστράκια.
 - Δ. Να μετρήσει τον αριθμό των σπόρων που τοποθέτησε σε κάθε γλαστράκι.
22. Ένας κηπουρός παρατηρεί ότι οι κολοκυθιές του έχουν γεμίσει αφίδες (ψόρα) και θέλει να απαλλαγεί από αυτές. Ο αδελφός του του λέει ότι το καλύτερο εντομοκτόνο που μπορεί να χρησιμοποιήσει είναι η σκόνη «Αφίδες-Μακριά». Ο κυβερνητικός σύμβουλος του λέει ότι το σπρέι «Κολοκυθιές-Εξοικονόμηση» είναι η καλύτερη λύση. Ο κηπουρός επιλέγει, λοιπόν, έξι κολοκυθιές και προσθέτει τη σκόνη σε τρεις και το σπρέι σε άλλες τρεις. Μέτρησε τον αριθμό των ζωντανών αφίδων σε κάθε φυτό και μετά από μια εβδομάδα, αφού πρόσθεσε τη σκόνη και το σπρέι στα φυτά, ξαναμέτρησε τον αριθμό τους. Πώς μπορεί να μετρηθεί η αποτελεσματικότητα των εντομοκτόνων σε αυτή τη μελέτη;
- A. Μετρώντας την ποσότητα του σπρέι ή της σκόνης που έχει προστεθεί.
 - B. Καθορίζοντας την κατάσταση των φυτών πριν και μετά την χορήγηση του σπρέι ή της ουσίας.
 - Γ. Ζυγίζοντας τα κολοκύθια που παρήγαγε κάθε φυτό.
 - Δ. Υπολογίζοντας τον αριθμό των αφίδων που παρέμειναν σε κάθε φυτό.

23. Η Λίζα θέλει να μετρήσει την ποσότητα της θερμικής ενέργειας που θα παράγει μια φλόγα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Θα χρησιμοποιηθεί μάτι ηλεκτρικής κουζίνας για να θερμανθεί ένα ποτήρι ζέσεως, το οποίο περιέχει 1 λίτρο κρύο νερό, για δέκα λεπτά. Πώς η Λίζα θα μετρήσει την ποσότητα της θερμικής ενέργειας που θα παραχθεί από τη φλόγα;

- A. Καταγράφοντας την αλλαγή της θερμοκρασίας του νερού μετά από δέκα λεπτά.
- B. Μετρώντας τον όγκο του νερού μετά από δέκα λεπτά.
- Γ. Μετρώντας τη θερμοκρασία της φλόγας μετά από δέκα λεπτά.
- Δ. Υπολογίζοντας το χρόνο που χρειάζεται για να βράσει το ένα λίτρο νερού.

24. Ο Μάρκος εξετάζει την επίδραση της θερμοκρασίας στην ταχύτητα που ρέει το πετρέλαιο. Η υπόθεσή του είναι ότι όσο η θερμοκρασία του πετρελαίου αυξάνεται, τόσο πιο γρήγορα ρέει το πετρέλαιο . Πώς μπορεί να εξετάσει αυτή την υπόθεση;

- A. Θερμαίνοντας το πετρέλαιο σε διαφορετικές θερμοκρασίες και ζυγίζοντάς το, αφού ρεύσει έξω από ένα δοχείο.
- B. Παρατηρώντας την ταχύτητα με την οποία το πετρέλαιο ρέει σε διαφορετικές θερμοκρασίες πάνω σε λεία επιφάνεια.
- Γ. Αφήνοντας το πετρέλαιο να ρέει σε διαφορετικές γωνίες λείων επιφανειών και παρατηρώντας την ταχύτητά του.
- Δ. Μετρώντας τον χρόνο που χρειάζεται το πετρέλαιο με διαφορετική ρευστότητα να ρεύσει έξω από ένα δοχείο.

25. Ένας ερευνητής ελέγχει ένα καινούργιο λίπασμα. Σε πέντε μικρά χωράφια του ίδιου μεγέθους, χορήγησε την ίδια ποσότητα λιπάσματος. Μετά από ένα μήνα μετρήσε το μέσο όρο του ύψους του χορταριού σε κάθε χωράφι. Οι μετρήσεις φαίνονται στον πιο κάτω πίνακα.

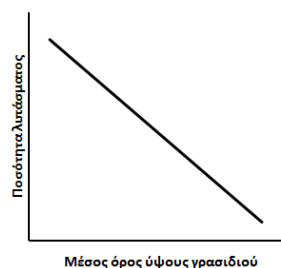
Ποσότητα λιπάσματος (kg)	Μέσος όρος ύψους χορταριού (cm)
10	7
30	10
50	12
80	14
100	12

Ποια γραφική παράσταση αναπαριστά τα δεδομένα του πίνακα;

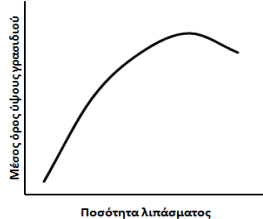
A.



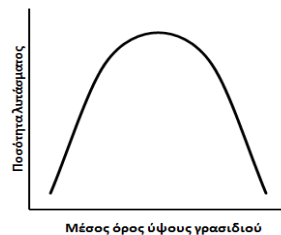
B.



Γ.



Δ.



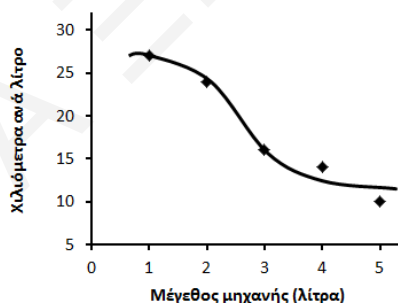
26. Ένας βιολόγος ελέγχει την εξής υπόθεση: όσο πιο μεγάλη είναι η ποσότητα των βιταμινών που χορηγείται στους ποντικούς, τόσο πιο γρήγορα μεγαλώνουν. Πώς μπορεί ο βιολόγος να μετρήσει πόσο γρήγορα θα μεγαλώσουν τα ποντίκια;

- A. Μετρώντας την ταχύτητα των ποντικών.
- B. Μετρώντας τον χρόνο άσκησης των ποντικών.
- Γ. Ζυγίζοντας τα ποντίκια κάθε μέρα.
- Δ. Ζυγίζοντας την ποσότητα των βιταμινών που λαμβάνουν τα ποντίκια.

27. Μια ομάδα μαθητών αναζητά μεταβλητές (δηλαδή παράγοντες) που μπορεί να επηρεάζουν τον χρόνο που χρειάζεται η ζάχαρη για να διαλυθεί στο νερό. Καταγράφουν ως τέτοιες μεταβλητές τη θερμοκρασία του νερού, την ποσότητα της ζάχαρης και την ποσότητα του νερού. Ποια είναι η υπόθεση που μπορούν να εξετάσουν οι μαθητές αναφορικά με τον χρόνο που χρειάζεται η ζάχαρη να διαλυθεί στο νερό;

- A. Αν η ποσότητα της ζάχαρης είναι περισσότερη, τότε θα χρειάζεται περισσότερο νερό για να διαλυθεί.
- B. Αν το νερό είναι πιο κρύο, τότε θα πρέπει να αναδεύεται πιο γρήγορα για να διαλυθεί.
- Γ. Αν το νερό είναι πιο ζεστό, τότε θα διαλυθεί περισσότερη ζάχαρη.
- Δ. Αν το νερό είναι πιο ζεστό, τότε η ζάχαρη θα χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να διαλυθεί.

28. Μια ομάδα καταναλωτών μετρά τα χιλιόμετρα ανά λίτρο καυσίμου για διαφορετικά μεγέθη μηχανής αυτοκινήτου. Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:



Ποια από τα ακόλουθα περιγράφει τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών (παραγόντων);

- A. Όσο μεγαλύτερη είναι η μηχανή, τόσο περισσότερα χιλιόμετρα ανά λίτρο καυσίμου διανύει το αυτοκίνητο.
- B. Όσο λιγότερα χιλιόμετρα ανά λίτρο καυσίμου διανύει το αυτοκίνητο, τόσο πιο μικρή είναι η μηχανή του.
- Γ. Όσο πιο μικρή είναι η μηχανή, τόσο περισσότερα χιλιόμετρα ανά λίτρο διανύει το αυτοκίνητο.
- Δ. Όσο περισσότερα είναι τα χιλιόμετρα ανά λίτρο καυσίμου που διανύει ένα αυτοκίνητο, τόσο πιο μεγάλη είναι η μηχανή του.

Πραγματοποιήθηκε μια μελέτη για να εξεταστεί αν η προσθήκη φύλλων στο έδαφος επηρεάζει την παραγωγή ντοματών. Καλλιεργήθηκαν ντοματιές σε τέσσερις μεγάλες λεκάνες. Κάθε λεκάνη είχε το ίδιο είδος και ποσότητα εδάφους. Η μια λεκάνη είχε 15 kg σαπισμένα φύλλα αναμεμιγμένα στο έδαφος και η δεύτερη είχε 10 kg. Η τρίτη είχε 5 kg και η τέταρτη δεν είχε καθόλου. Η κάθε λεκάνη ήταν τοποθετημένη στον ήλιο και ποτιζόταν με την ίδια ποσότητα νερού. Μετρήθηκε ο αριθμός των κιλών ντομάτας που παράχθηκαν σε κάθε λεκάνη.

29. Ποια υπόθεση εξετάζεται;

- A. Αν η ποσότητα της ηλιοφάνειας είναι περισσότερη, τότε η ποσότητα των ντομάτων που παράγονται είναι μεγαλύτερη.
- B. Αν η λεκάνη είναι μεγαλύτερη, τότε η ποσότητα των φύλλων που προστίθενται θα είναι μεγαλύτερη.
- Γ. Αν η ποσότητα του νερού που προστίθενται είναι μεγαλύτερη, τότε τα φύλλα θα σαπίσουν πιο γρήγορα στις λεκάνες.
- Δ. Αν η ποσότητα των φύλλων που προστίθενται είναι μεγαλύτερη, τότε η ποσότητα των ντομάτων που παράγονται θα είναι μεγαλύτερη.

30. Ποια μεταβλητή κρατήθηκε σταθερή στην έρευνα (δηλαδή ποιος παράγοντας δεν θα αλλάξει);

- A. Η ποσότητα των ντοματών που παράγονται σε κάθε λεκάνη.
- B. Η ποσότητα των φύλλων που προστέθηκε στις λεκάνες.
- Γ. Η ποσότητα του εδάφους κάθε λεκάνης.
- Δ. Ο αριθμός των λεκανών όπου προστέθηκαν σαπισμένα φύλλα.

31. Ποια είναι η εξαρτημένη μεταβλητή (δηλαδή ο παράγοντας που μετρείται);

- A. Η ποσότητα των ντοματών που παράγονται σε κάθε λεκάνη.
- B. Η ποσότητα των φύλλων που προστέθηκε στις λεκάνες.
- Γ. Η ποσότητα του εδάφους κάθε λεκάνης.
- Δ. Ο αριθμός των λεκανών όπου προστέθηκαν σαπισμένα φύλλα.

32. Ποια είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή (δηλαδή ο παράγοντας που αλλάζει);

- A. Η ποσότητα των ντοματών που παράγονται σε κάθε λεκάνη.
- B. Η ποσότητα των φύλλων που προστέθηκε στις λεκάνες.
- Γ. Η ποσότητα του εδάφους κάθε λεκάνης.
- Δ. Ο αριθμός των λεκανών όπου προστέθηκαν σαπισμένα φύλλα.

33. Ένας μαθητής διερευνά την δυνατότητα έλξης των μαγνητών. Έχει αρκετούς μαγνήτες με διαφορετικά μεγέθη και σχήματα. Για κάθε μαγνήτη, ο μαθητής ζυγίζει την ποσότητα των ρινισμάτων σιδήρου που έλκει. Πώς υπολογίζεται η δυνατότητα έλξης των μαγνητών στο πείραμα;

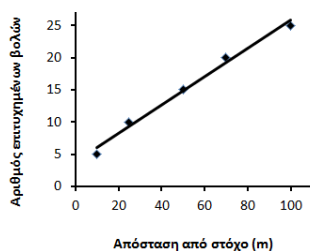
- A. Από το μέγεθος του μαγνήτη που χρησιμοποιείται.
- B. Από τη μάζα του μαγνήτη που έλκει ρινίσματα.
- Γ. Από το σχήμα του μαγνήτη που χρησιμοποιείται.
- Δ. Από τη μάζα των ρινισμάτων σιδήρου που έλκει.

34. Ένας σκοπευτής πραγματοποίησε είκοσι-πέντε βολές σε ένα στόχο από διάφορες αποστάσεις. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τον αριθμό των βολών που βρήκαν τον στόχο στο σύνολο των 25 προσπαθειών για κάθε απόσταση.

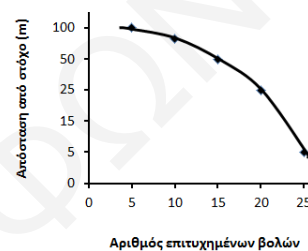
Απόσταση από στόχο (m)	Αριθμός επιτυχημένων βολών
5	25
15	10
25	10
50	5
100	2

Ποια γραφική παράσταση αναπαριστά τα δεδομένα;

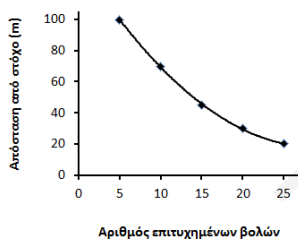
A.



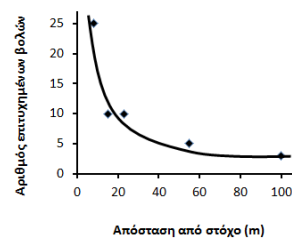
B.



Γ.



Δ.



35. Η Άννα έχει ένα ενυδρείο μέσα στο οποίο μεγαλώνει χρυσόψαρα. Παρατηρεί ότι κάποιες φορές τα ψάρια είναι πολύ δραστήρια και άλλες όχι. Αναρωτιέται τι επηρεάζει τη δραστηριότητα των ψαριών. Ποια είναι η υπόθεση που θα μπορούσε η Άννα να εξετάσει σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη δραστηριότητα των ψαριών;

- A. Αν τα ψάρια ταΐζονται περισσότερο, τότε θα μεγαλώνουν περισσότερο.
- B. Αν τα ψάρια είναι πιο δραστήρια, τότε θα χρειάζονται περισσότερη τροφή.
- Γ. Αν υπάρχει περισσότερο οξυγόνο στο νερό, τότε τα ψάρια θα μεγαλώνουν περισσότερο.
- Δ. Αν υπάρχει περισσότερο φως στο ενυδρείο, τότε τα ψάρια θα είναι πιο δραστήρια.

36. Ο κ. Γεωργίου χρησιμοποιεί μόνο ηλεκτρικό ρεύμα για τις ανάγκες του σπιτιού, αλλά ανησυχεί για τον λογαριασμό του ρεύματος. Αποφάσισε να μελετήσει τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει. Ποια μεταβλητή (δηλαδή ποιος παράγοντας) μπορεί να επηρεάσει την ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται;

- A. Το πόσο τηλεόραση παρακολουθεί η οικογένεια.
- B. Η θέση του μετρητή («ρολόι» του ηλεκτρικού ρεύματος).
- Γ. Το πόσα μάνια κάνουν τα μέλη της οικογένειας.
- Δ. Το Α και το Γ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ

Δραστηριότητες σε νέα μαθησιακά συγκείμενα – Μελέτη 2

Με το εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων και το εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων

Άσκηση 1 Άσκηση 2

Στο μάθημα της Επιστήμης για τα διαλύματα, ο Λεωνίδας έμαθε ότι κάποιοι παράγοντες μπορεί να επηρεάζουν τον χρόνο που χρειάζεται η ζάχαρη για να διαλυθεί στο νερό. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες είναι η θερμοκρασία του νερού, η ποσότητα του νερού και η ποσότητα της ζάχαρης. Αποφάσισε στο σπίτι του να μελετήσει τι θα συμβεί στον χρόνο που χρειάζεται η ζάχαρη να διαλυθεί στο νερό αν αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού;

Χρησιμοποίησε το εργαλείο Υποθέσεων για να διατυπώσεις την υπόθεση που θα μπορούσε να εξετάσει ο Λεωνίδας.

Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη!

AN TOTE αυξάνεται μειώνεται δεν αλλάζει η ποσότητα του νερού η θερμοκρασία του νερού η ποσότητα της ζάχαρης ο χρόνος διάλυσης της ζάχαρης

Υποθέσεις

Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε

?

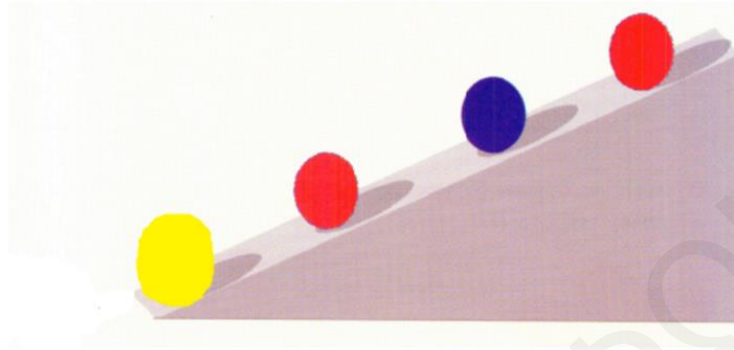
Χρησιμοποίησε το Εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων για να οργανώσεις το πείραμα που θα πρέπει να κάνει ο Λεωνίδας για να ελέγξει την πιο πάνω υπόθεση.

Σχεδιασμός Πειράματος

Επέλεξε και σύρε μία ιδιότητα στο "Μεταβάλλω/Αλλάζω", όλες τις άλλες στο "Κρατώ σταθερό", και επιλέξε και σύρετε τουλάχιστον μία μεταβλητή που θέλεις να μετρήσεις στο "Μετρώ/Παρατηρώ".

Ιδιότητες		Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Ποσότητα νερού	N			
Θερμοκρασία νερού	1			
Ποσότητα ζάχαρης	+			
Μετρήσεις				
Χρόνος διάλυσης				

Το αγαπημένο παιχνίδι της Δέσποινας είναι οι βόλοι. Στη συλλογή της έχει αρκετούς βόλους, οι οποίοι είναι φτιαγμένοι από διάφορα υλικά, μπορεί να έχουν διαφορετικά χρώματα, διαφορετική μάζα και διαφορετικό όγκο. Αυτό που της αρέσει πολύ είναι να αφήνει τους βόλους να κυλούν πάνω σε μια ράμπα.



Μια μέρα όμως διερωτήθηκε τι θα συμβεί στον χρόνο που χρειάζεται ένας βόλος να κατέβει τη ράμπα αν έχει διαφορετική μάζα; Έτσι σκέφτηκε να κάνει ένα πείραμα για να ανακαλύψει μόνη της τι συμβαίνει.

Χρησιμοποίησε το εργαλείο Υποθέσεων για να διατυπώσεις την υπόθεση που θα μπορούσε να εξετάσει η Δέσποινα.

Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη!

AN TOTE αυξάνεται μειώνεται δεν αλλάζει αλλάζει το χρώμα του βόλου η μάζα του βόλου ο όγκος του βόλου το υλικό του βόλου ο χρόνος κύλισης του βόλου

Υποθέσεις

Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε

?

Χρησιμοποίησε το εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων για να οργανώσεις το πείραμα που θα πρέπει να κάνει η Δέσποινα για να εξετάσει την πιο πάνω υπόθεση.

Σχεδιασμός Πειράματος



Επέλεξε και σύρε μία ιδιότητα στο "Μεταβάλλω/Αλλάζω", όλες τις άλλες στο "Κρατώ σταθερό", και επέλεξε και σύρετε τουλάχιστον μία μεταβλητή που θέλεις να μετρήσεις στο "Μετρώ/Παρατηρώ".

Ιδιότητες		Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Χρώμα βόλου	N			
Μάζα βόλου	1			
Όγκος βόλου	+			
Υλικό βόλου				
Μετρήσεις				
Χρόνος κύλισης				

Στο μάθημα της Επιστήμης για τα διαλύματα, ο Λεωνίδας έμαθε ότι κάποιοι παράγοντες μπορεί να επηρεάζουν τον χρόνο που χρειάζεται η ζάχαρη για να διαλυθεί στο νερό. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες είναι η θερμοκρασία του νερού, η ποσότητα του νερού και η ποσότητα της ζάχαρης. Αποφάσισε στο σπίτι του να μελετήσει τι θα συμβεί στον χρόνο που χρειάζεται η ζάχαρη να διαλυθεί στο νερό αν αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού;

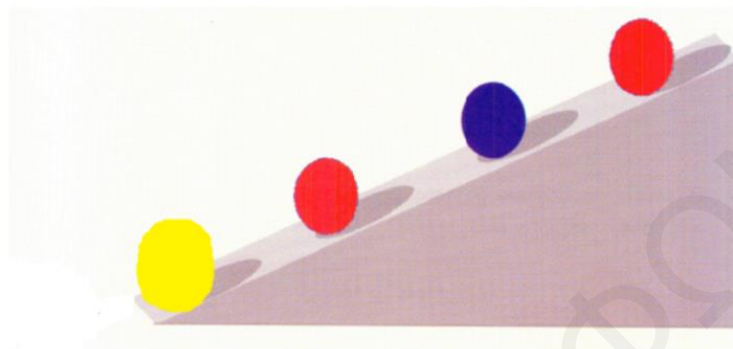
Στο πιο κάτω πλαίσιο κειμένου γράψε την υπόθεση που θα μπορούσε να εξετάσει ο Λεωνίδας.

Type here

Στο πιο κάτω πλαίσιο κειμένου γράψε με ποιο τρόπο ακριβώς θα πρέπει να οργανώσει το πείραμά του ο Λεωνίδας για να εξετάσει την πιο πάνω υπόθεση.

Type here

Το αγαπημένο παιχνίδι της Δέσποινας είναι οι βόλοι. Στη συλλογή της έχει αρκετούς βόλους, οι οποίοι είναι φτιαγμένοι από διάφορα υλικά, μπορεί να έχουν διαφορετικά χρώματα, διαφορετική μάζα και διαφορετικό όγκο. Αυτό που της αρέσει πολύ είναι να αφήνει τους βόλους να κυλούν πάνω σε μια ράμπα.



Μια μέρα όμως διερωτήθηκε τι θα συμβεί στον χρόνο που χρειάζεται ένας βόλος να κατέβει τη ράμπα αν έχει διαφορετική μάζα; Έτσι σκέφτηκε να κάνει ένα πείραμα για να ανακαλύψει μόνη της τι συμβαίνει.

Στο πιο κάτω πλαίσιο κειμένου γράψε την υπόθεσή που θα μπορούσε να εξετάσει η Δέσποινα.

Type here

Στο πιο κάτω πλαίσιο κειμένου γράψε με ποιο τρόπο ακριβώς θα πρέπει να οργανώσει το πειράμά της η Δέσποινα, για να εξετάσει την πιο πάνω υπόθεση.

Type here

Δραστηριότητα εξοικείωσης – Μελέτη 3

Υποθέσεις

Μια ομάδα ερευνητών θα επιθυμούσαν να υποβάλουν μια σειρά από ερωτήσεις σε παιδιά, για τον χώρο που τα παιδιά αυτά επιλέγουν να παίξουν (εξωτερικό χώρο ή εσωτερικό χώρο) και τον χρόνο που θα έχουν στη διάθεσή τους (λίγο ή πολύ). Οι ερευνητές σκέφτηκαν ότι ο καιρός μπορεί να καθορίσει τον χρόνο που θα διαθέσουν τα παιδιά στο παιχνίδι, καθώς επίσης, μπορεί να καθορίσει και το αν θα αποφασίσουν να παίξουν έξω ή μέσα.

Πού θα επιλέξουν να παίξουν τα παιδιά και πόσο χρόνο θα μπορέσουν να αφιερώσουν; Πώς ο καιρός επηρεάζει την απόφαση των παιδιών, για παράδειγμα, αν είναι ηλιόλουστος, ή βροχερός;

Μπορείτε να διατυπώσετε δύο υποθέσεις για τους ερευνητές, τις οποίες θα μπορούσαν να εξετάσουν;

Οι υποθέσεις είναι προβλέψεις για την επίδραση συγκεκριμένων μεταβλητών. Αφού γράψεις τις δύο σου υποθέσεις, σκέψου πόσο σίγουρος/η είσαι για το αν τελικά οι υποθέσεις σου θα επαληθευτούν. Χρησιμοποίησε τον δείκτη βεβαιότητας στη δεξιά πλευρά της κάθε σου υπόθεσης, για να υποδείξεις το επίπεδο βεβαιότητάς σου. Αν ο δείκτης είναι μπλε, τότε είσαι 100% σίγουρος/η. Αν ο κύκλος είναι γκριζός τότε δεν είσαι καθόλου βέβαιος/η.

Συνθήκη 1

Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη! AN TOTE είναι ηλιόλουστος βροχερός τα παιδιά θα παίξουν ο καιρός έξω μέσα λίγο χρόνο πολύ χρόνο

Υποθέσεις

Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε

Συνθήκη 2

Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη! TOTE ο καιρός έξω λίγο χρόνο

Υποθέσεις

Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε



Συνθήκη 3




Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη!

Υποθέσεις

Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε

Δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο – Μελέτη 3

Υποθέσεις

Τα υποβρύχια είναι σκάφη με τη δυνατότητα να καταδύονται, να κινούνται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και να αναδύονται ξανά στην επιφάνεια της θάλασσας. Όλα τα υποβρύχια διαθέτουν δεξαμενές, τις οποίες έχουν τη δυνατότητα να γεμίζουν με θαλασσινό νερό.

Πώς μπορεί ένα υποβρύχιο να καταδύεται και να αναδύεται στην επιφάνεια της θάλασσας;

Μπορείς να σκεφτείς μεταβλητές που θα μπορούσαν να σε καθοδηγήσουν για να μελετήσεις αυτό το ζήτημα;

Μπορείς να διατυπώσεις δύο υποθέσεις που να σχετίζονται με αυτή τη δυνατότητα των υποβρυχίων;

Οι υποθέσεις είναι προβλέψεις για την επίδραση συγκεκριμένων μεταβλητών. Αφού γράψεις τις δύο υποθέσεις σου, σκέψου πόσο σίγουρος/η είσαι για το αν τελικά οι υποθέσεις σου θα επαληθευτούν. Χρησιμοποίησε το δείκτη βεβαιότητας στη δεξιά πλευρά της κάθε σου υπόθεσης, για να υποδείξεις το επίπεδο βεβαιότητάς σου. Αν ο δείκτης είναι μπλε, τότε είσαι 100% σίγουρος/η. Αν ο κύκλος είναι γκριζός τότε δεν είσαι καθόλου βέβαιος/η.

Συνθήκη 1

Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη!

AN TOTE αυξάνεται μειώνεται παραμένει ίδιος (-α) η μάζα ο όγκος η πυκνότητα
καταδύεται αναδύεται το/του υποβρύχιο (-ίου)

Υποθέσεις

Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε

Συνθήκη 2

Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη!

TOTE η μάζα καταδύεται

Υποθέσεις

Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε



Συνθήκη 3




Οι λέξεις σας

Προσθέστε δική σας λέξη!

Υποθέσεις

Τοποθετήστε τις λέξεις σας εδώ και οργανώστε τις στη σειρά που θέλετε

Δραστηριότητα εξοικείωσης – Μελέτη 4

Άσκηση



Στο μάθημα της Φυσικής, οι μαθητές μιας τάξης, διερευνούν παράγοντες/μεταβλητές που μπορεί να επηρεάσουν τον χρόνο που χρειάζεται η ζάχαρη να διαλυθεί στο νερό. Μετά από συζήτηση που είχαν μεταξύ τους, αποφάσισαν ότι μερικοί παράγοντες/μεταβλητές είναι η θερμοκρασία του νερού, η ποσότητα του νερού και η ποσότητα της ζάχαρης. Στο τέλος της συζήτησης αποφάσισαν να πραγματοποιήσουν ένα πείραμα για να εξετάσουν **αν ο παράγοντας θερμοκρασία του νερού επηρεάζει τον χρόνο διάλυσης της ζάχαρης στο νερό.**

Συνθήκη 1

Στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, πιο κάτω, φαίνεται ο πειραματικός σχεδιασμός των μαθητών. Χρησιμοποίησε το εργαλείο για να διαχειριστείς όλες τις μεταβλητές που ανέφεραν οι μαθητές, καθώς επίσης να καθορίσεις συγκεκριμένες τιμές που θα πάρουν οι μεταβλητές κατά τη διάρκεια του πειράματος. Ακολούθησε τις οδηγίες στο εργαλείο, που εμφανίζονται βήμα προς βήμα, για να φτιάξεις έναν σωστό και ολοκληρωμένο σχεδιασμό.

Εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων

Σχεδιασμός Πειράματος

«   ?

Κάνε κλικ στο **+** για να προσθέσεις μια πειραματική δοκιμή στον σχεδιασμό σου. Συμπεριέλαβε τουλάχιστον τρεις πειραματικές δοκιμές.



Ιδιότητες	Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Ποσότητα ζάχαρης	Θερμοκρασία νερού	Ποσότητα ζάχαρης	Ποσότητα νερού
Ποσότητα νερού			
Θερμοκρασία νερού			
Μετρήσεις			Χρόνος διάλυσης
Χρόνος διάλυσης			

Συνθήκη 2

Στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, πιο κάτω, οργάνωσε το πείραμα που θα πραγματοποιήσουν οι μαθητές στην τάξη τους. Στην οργάνωση του πειράματος θα πρέπει να διαχειριστείς όλες τις μεταβλητές που ανέφεραν οι μαθητές, καθώς επίσης να καθορίσεις συγκεκριμένες τιμές που θα πάρουν οι μεταβλητές κατά τη διάρκεια του πειράματος. Ακολούθησε τις οδηγίες στο εργαλείο, που εμφανίζονται βήμα προς βήμα, για να φτιάξεις έναν σωστό και ολοκληρωμένο σχεδιασμό.

Εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων

Σχεδιασμός Πειράματος

«   ?

Επέλεξε και σύρε μία ιδιότητα στο "Μεταβάλλω/Αλλάζω", όλες τις άλλες στο "Κρατώ σταθερό", και επέλεξε και σύρετε τουλάχιστον μία μεταβλητή που θέλεις να μετρήσεις στο "Μετρώ/Παρατηρώ".

Ιδιότητες	Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Ποσότητα ζάχαρης			
Ποσότητα νερού			
Θερμοκρασία νερού			
Μετρήσεις			
Χρόνος διάλυσης			

Συνθήκη 3

Στο πιο κάτω πλαίσιο κειμένου περίγραψε το πείραμα που πρέπει να οργανώσουν οι μαθητές. Στην περιγραφή σου θα πρέπει να φαίνεται με ποιο τρόπο θα διαχειριστείς όλες τις μεταβλητές που ανέφεραν οι μαθητές, καθώς επίσης να αναφερθείς και σε συγκεκριμένες τιμές που θα πάρουν οι μεταβλητές κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Περιγραφή πειράματος

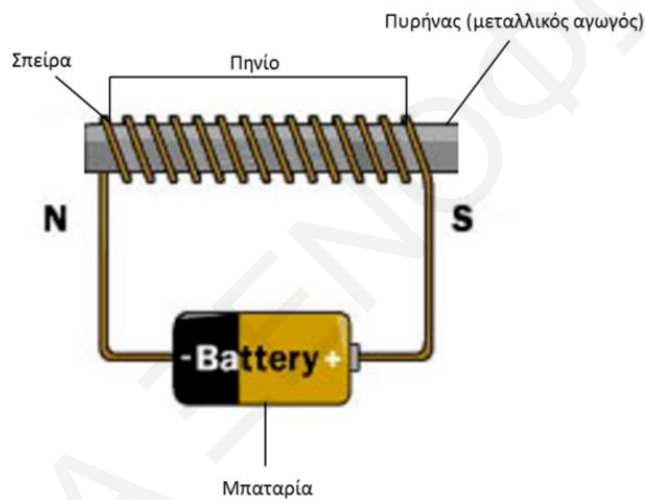
Type here

Δραστηριότητα σε νέο μαθησιακό συγκείμενο – Μελέτη 4

Άσκηση

Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι μια διάταξη που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μαγνητική. Γενικά, κάθε μεταλλικός αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα δημιουργεί γύρω το ένα ασθενές μαγνητικό πεδίο. Αν όμως γύρω από τον αγωγό τυλίξουμε πολλές σπείρες μονωμένου καλωδίου και περάσουμε ρεύμα μέσα από το καλώδιο, τότε δημιουργούμε έναν ηλεκτρομαγνήτη (εικόνα 1). Ο αγωγός σε έναν ηλεκτρομαγνήτη ονομάζεται πυρήνας και το καλώδιο που τυλίγεται σε σπείρες γύρω από τον πυρήνα ονομάζεται πηνίο.

Εικόνα 1



Τους ηλεκτρομαγνήτες τους συναντάμε σε γερανούς ανύψωσης μεγάλων μεταλλικών αντικειμένων, σε διακόπτες κυκλωμάτων, σε ηλεκτρικές κλειδαριές κ.λπ.

Μια ομάδα μαθητών ενδιαφέρεται να δημιουργήσει ηλεκτρομαγνήτες που να έχουν μεγάλη δύναμη μαγνητικής έλξης. Συνεπώς, θα πρέπει να διερευνήσουν ποιοι παράγοντες/μεταβλητές επηρεάζουν τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη. Μετά από συζήτηση που είχαν, κατάληξαν σε μερικούς παράγοντες/μεταβλητές, όπως ο αριθμός σπειρών του πηνίου, η τάση της μπαταρίας, το μήκος του πυρήνα, το υλικό του πυρήνα και το υλικό του πηνίου.

Συνθήκη 1

Στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, πιο κάτω, φαίνεται ο πειραματικός σχεδιασμός των μαθητών. Χρησιμοποίησε το εργαλείο για να διαχειριστείς όλες τις μεταβλητές που ανέφεραν οι μαθητές, καθώς επίσης να καθορίσεις συγκεκριμένες τιμές που θα πάρουν οι μεταβλητές κατά τη διάρκεια του πειράματος. Ακολούθησε τις οδηγίες στο εργαλείο, που εμφανίζονται βήμα προς βήμα, για να φτιάξεις έναν σωστό και ολοκληρωμένο σχεδιασμό.

Εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων

Σχεδιασμός Πειράματος

Κάνε κλικ στο **+** για να προσθέσεις μια πειραματική δοκιμή στον σχεδιασμό σου. Συμπεριέλαβε τουλάχιστον τρεις πειραματικές δοκιμές.



Ιδιότητες	Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό				Μετρώ
Αριθμός σπειρών	Αριθμός σπειρών	Τάση μπαταρίας	Μήκος πυρήνα	Υλικό πυρήνα	Υλικό πηνίου	Δύναμη έλξης ηλεκτρομαγνήτη
Τάση μπαταρίας	+					
Μήκος πυρήνα						
Υλικό πυρήνα						
Υλικό πηνίου						
Μετρήσεις						
Δύναμη έλξης ηλεκτρομαγνήτη						
Ηλεκτρικό ρεύμα						

Συνθήκη 2

Στο εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων, πιο κάτω, οργάνωσε το πείραμα που θα πραγματοποιήσουν οι μαθητές στην τάξη τους. Στην οργάνωση του πειράματος θα πρέπει να διαχειριστείς όλες τις μεταβλητές που ανέφεραν οι μαθητές, καθώς επίσης να καθορίσεις συγκεκριμένες τιμές που θα πάρουν οι μεταβλητές κατά τη διάρκεια του πειράματος. Ακολούθησε τις οδηγίες στο εργαλείο, που εμφανίζονται βήμα προς βήμα, για να φτιάξεις έναν σωστό και ολοκληρωμένο σχεδιασμό.

Εργαλείο σχεδιασμού πειραμάτων

Σχεδιασμός Πειράματος

«   ?

Επέλεξε και σύρε μία ιδιότητα στο "Μεταβάλλω/Αλλάζω", όλες τις άλλες στο "Κρατώ σταθερό", και επέλεξε και σύρετε τουλάχιστον μία μεταβλητή που θέλεις να μετρήσεις στο "Μετρώ/Παρατηρώ".

Ιδιότητες	Μεταβάλλω	Κρατώ σταθερό	Μετρώ
Αριθμός σπειρών πηνίου			
Τάση μπαταρίας			
Μήκος πυρήνα			
Υλικό πυρήνα			
Υλικό πηνίου			
Μετρήσεις			
Δύναμη έλξης ηλεκτρομαγνήτη			
Ηλεκτρικό ρεύμα			

Συνθήκη 3

Στο πιο κάτω πλαίσιο κειμένου περιγράψε το πείραμα που πρέπει να οργανώσουν οι μαθητές. Στην περιγραφή σου θα πρέπει να φαίνεται με ποιο τρόπο θα διαχειριστείς όλες τις μεταβλητές που ανέφεραν οι μαθητές, καθώς επίσης να αναφερθείς και σε συγκεκριμένες τιμές που θα πάρουν οι μεταβλητές κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Περιγραφή πειράματος

Type here

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ ΞΕΝΟΦΩΝΤΟΣ

Επιστολή στις Διευθύνσεις Μέσης και Δημοτικής Εκπαίδευσης



Πανεπιστήμιο Κύπρου
Τμήμα Επιστημών της Αγωγής

22 Μαΐου 2014

Προς: κ. Σάββα Αντωνίου, Αν. Διευθυντή Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης

κ. Ελπιδοφόρο Νεοκλέους, Διευθυντή Δημοτικής Εκπαίδευσης

Μέσω: κ. Ηλία Μαρκάτση, Διευθυντή Μέσης Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης,

Γενικό Συντονιστή Έργων ΤΠΕ, Υπεύθυνο European Schoolnet

Αξιότιμοι κύριοι,

Η **Ομάδα Έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας (ReSciTEG)**, του τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου, παρακαλεί όπως εξετάσετε την πιθανότητα έγκρισης της συμμετοχής σχολείων της Μέσης Γενικής και Δημοτικής Εκπαίδευσης στο **Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα Go-Lab**. Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα συμμετέχει ως εταίρος και το European Schoolnet, του οποίου είναι μέλος και το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού της Κύπρου.

Το **Go-Lab** (<http://www.go-lab-project.eu/#main-content>) προκύπτει από το ακρωνύμιο Global Online Labs και συμμετέχουν σε αυτό εκπαιδευτικές κοινότητες και ερευνητικά κέντρα από 15 χώρες της Ευρώπης. Οι βασικότεροι στόχοι του προγράμματος είναι η δημιουργία μίας διαδικτυακής πλατφόρμας, η οποία θα προσφέρει σε εκπαιδευτικούς και μαθητές πρόσβαση σε εικονικά εργαστήρια (π.χ., προσομοιώσεις) και δύσκολα προσβάσιμα εργαστήρια (remote labs, π.χ., πρόσβαση σε τηλεσκόπια δορυφόρων) για σκοπούς διδασκαλίας και μάθησης. Τα συγκεκριμένα διαδικτυακά εργαστήρια θα συνοδεύονται και από σχετικό διδακτικό υλικό.

Στα πλαίσια του προγράμματος θα πραγματοποιηθούν πιλοτικές εφαρμογές σε σχολεία, από όλες τις εκπαιδευτικές κοινότητες και ερευνητικά κέντρα που συμμετέχουν στο πρόγραμμα. Συντονιστής της συμμετοχής για την Κύπρο, είναι το Πανεπιστήμιο Κύπρου και συγκεκριμένα η ομάδα **ReSciTEG**. Στόχος των πιλοτικών εφαρμογών είναι η άμεση ανατροφοδότηση και αξιολόγηση του προγράμματος.

Η συμμετοχή σχολείων μέσης και δημοτικής εκπαίδευσης θα γίνει σε τρεις φάσεις την επόμενη διετία. Η πρώτη και δεύτερη φάση της συμμετοχής των σχολείων θα πραγματοποιηθεί κατά τη σχολική χρονιά 2014-2015, ενώ η τρίτη φάση κατά τη σχολική χρονιά 2015-2016. Στην πρώτη φάση θα εμπλακούν 4 σχολεία, στη δεύτερη 16 σχολεία και στην τρίτη 20 σχολεία. Από τα σχολεία που θα συμμετέχουν 10 περίπου θα είναι δημοτικά, 15 γυμνάσια και 15 λύκεια. Οι αριθμοί αυτοί ενδέχεται να αλλάξουν, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των σχολείων και την προθυμία των εκπαιδευτικών και της διεύθυνσης των σχολείων. Ο αριθμός των εκπαιδευτικών που θα συμμετέχουν από κάθε σχολείο δεν είναι προκαθορισμένος, καθώς επαφίεται καθαρά στον αριθμό των εκπαιδευτικών που θα εκδηλώσουν ενδιαφέρον. Συνεπώς, αν περισσότεροι από έναν εκπαιδευτικό σε ένα σχολείο επιθυμούν να συμμετέχουν, τότε είναι ευπρόσδεκτοι να το πράξουν.

Η επιλογή των σχολείων που θα συμμετέχουν γίνεται από την ομάδα **ReSciTEG**, λαμβάνοντας υπόψη κριτήρια που αφορούν ζητήματα του αναλυτικού προγράμματος σπουδών της Μέσης Γενικής και Δημοτικής Εκπαίδευσης, καθώς επίσης και πόσο πρόθυμοι είναι οι εκπαιδευτικοί να συμμετέχουν. Η διαδικασία επιλογής των σχολείων, θα πραγματοποιηθεί αφότου προηγηθεί ανακοίνωση στα σχολεία για εκδήλωση ενδιαφέροντος. Κατά τη διαδικασία θα τηρηθεί σειρά προτεραιότητας. Το σχέδιο εφαρμογής σε όλες τις φάσεις του προγράμματος, περιλαμβάνει εφαρμογές μαθημάτων (όχι πέραν των δύο διδακτικών περιόδων) στο χώρο των σχολείων. Τονίζεται ότι τα μαθήματα θα διεξαχθούν από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς που θέλουν να συμμετέχουν, σε σχολικό χρόνο που προβλέπεται από το ωρολόγιο πρόγραμμα του σχολείου για τη διδασκαλία του σχετικού γνωστικού αντικείμενου. Τα γνωστικά αντικείμενα από τα οποία ενδέχεται να αξιοποιηθεί διδακτικός χρόνος για τις εφαρμογές είναι, για τη δημοτική εκπαίδευση οι Φυσικές Επιστήμες και για τη μέση εκπαίδευση η Φυσική, Χημεία, Βιολογία. Τα μαθήματα που θα εφαρμοστούν, αξιοποιούν τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις και τα εργαλεία του Go-Lab, που αναπτύχθηκαν με σκοπό την υποστήριξη της μάθησης με τη χρήση εικονικού πειραματισμού, και είναι σε πλήρη εναρμόνιση με τη φιλοσοφία, τους στόχους και το περιεχόμενο των αναλυτικών προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών.

Κατά τη διάρκεια των εφαρμογών δε θα υπάρξει οποιαδήποτε οικονομική ή άλλη επιβάρυνση της Διεύθυνσης Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης και Δημοτικής Εκπαίδευσης (ή του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού γενικότερα) ή των σχολείων που θα επιλεγούν για να γίνουν οι εφαρμογές. Σε αυτό το σημείο επισημαίνεται ότι η συμμετοχή των σχολείων πραγματοποιείται σε εθελοντική βάση, καθώς δεν υπάρχει οποιαδήποτε πρόνοια από το πρόγραμμα για την επιχορήγηση χρημάτων ή άλλων αγαθών στους συμμετέχοντες. Παρόλα αυτά, τα σχολεία που θα συμμετέχουν θα έχουν την ευκαιρία να γνωρίσουν και να δοκιμάσουν νέες προσεγγίσεις στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Επιπλέον, τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι μαθητές των

σχολείων, θα μπορούν στο μέλλον να έχουν πρόσβαση στη διαδικτυακή πλατφόρμα του Go-Lab, στα εικονικά εργαστήρια και στο διδακτικό υλικό που θα περιλαμβάνει.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικές με το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Go-Lab, μπορείτε να παρακολουθήσετε το σχετικό βίντεο που ετοιμάστηκε για διαφήμιση και προώθηση του προγράμματος, καθώς επίσης να επισκεφθείτε την επίσημη του ιστοσελίδα.

Βίντεο: <https://www.youtube.com/watch?v=PDwR-uaWT8g>

Go-Lab project: <http://www.go-lab-project.eu/>

Σε περίπτωση που θα χρειαστείτε οποιεσδήποτε άλλες διευκρινίσεις, μη διστάσετε να επικοινωνήσετε μαζί μας.

Λαμβανομένων υπόψη όλων των πιο πάνω, προσβλέπουμε στην έγκρισή σας για συμμετοχή των σχολείων και στην παραγωγική μας συνεργασία για την αναβάθμιση της διδασκαλίας και μάθησης των Φυσικών Επιστημών στα πλαίσια του εν λόγω προγράμματος.

Με εκτίμηση,



Δρ. Ζαχαρίας Ζαχαρία

Αναπληρωτής Καθηγητής της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών

Ομάδα Έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας

Τμήμα Επιστημών της Αγωγής

Πανεπιστήμιο Κύπρου

Τηλ.: 99422006

Email: zach@ucy.ac.cy



ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Διεύθυνση
Μέσης Εκπαίδευσης

Αρ.Φακ.:7.15.01.23/17

Αρ.Τηλ.:22800998 Αρ.

Φαξ.: 22800862

Email: circularsec@schools.ac.cy

26 Σεπτεμβρίου 2014

Διευθυντές/ντριες

Σχολείων Μέσης Γενικής

και

Μέσης Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης

Θέμα: Συμμετοχή στο Ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα Go-Lab

Αναφορικά με το πιο πάνω θέμα πληροφορείστε ότι η Ομάδα Έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας (ReSciTEG) του τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου συμμετέχει στο Ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα Go-Lab. Το πρόγραμμα διοργανώνεται στα πλαίσια της κοινοπραξίας European Schoolnet, στην οποία μέλος είναι και το Υπουργείο παιδείας και Πολιτισμού.

Το Go-Lab (<http://www.go-lab-project.eu/#main-content>) προκύπτει από το ακρωνύμιο Global Online Labs και συμμετέχουν σε αυτό εκπαιδευτικές κοινότητες και ερευνητικά κέντρα από 15 χώρες της Ευρώπης. Ο βασικότερος στόχος του προγράμματος είναι η δημιουργία μίας διαδικτυακής πλατφόρμας, η οποία θα προσφέρει σε εκπαιδευτικούς και μαθητές πρόσβαση σε εικονικά εργαστήρια (π.χ., προσομοιώσεις) και σε δύσκολα προσβάσιμα εργαστήρια (remote labs, π.χ., πρόσβαση σε τηλεσκόπια δορυφόρων) για σκοπούς διδασκαλίας και μάθησης. Τα συγκεκριμένα διαδικτυακά εργαστήρια θα συνοδεύονται και από σχετικό διδακτικό υλικό.

Παρακαλούνται τα σχολεία που επιθυμούν να λάβουν μέρος στο πρόγραμμα, να συμπληρώσουν την αίτηση συμμετοχής η οποία επισυνάπτεται. Τα συμπληρωμένα έντυπα να αποστέλλονται μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στη διεύθυνση fiakkou.anna@ucy.ac.cy

Για σκοπούς ενημέρωσης των καθηγητών και μαθητών, επισυνάπτεται η σχετική ανακοίνωση της ομάδας έρευνας του Πανεπιστημίου Κύπρου.



Ιωάννης Ευθυμίου
Αν. Διευθυντής Μέσης Εκπαίδευσης



Ηλίας Μαρκάτζης
Διευθυντής Μέσης Τεχνικής και
Επαγγελματικής Εκπαίδευσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ GO-LAB

Η Ομάδα Έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας (ReSciTEG) συμμετέχει ως εταίρος στο Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα Go-Lab του European Schoolnet, του οποίου είναι μέλος και το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού της Κύπρου.

Το Go-Lab (<http://www.go-lab-project.eu/#main-content>) προκύπτει από το ακρωνύμιο Global Online Labs και συμμετέχουν σε αυτό εκπαιδευτικές κοινότητες και ερευνητικά κέντρα από 15 χώρες της Ευρώπης. Οι βασικότεροι στόχοι του προγράμματος είναι η δημιουργία μίας διαδικτυακής πλατφόρμας, η οποία θα προσφέρει σε εκπαιδευτικούς και μαθητές πρόσβαση σε εικονικά εργαστήρια (π.χ., προσομοιώσεις) και δύσκολα προσβάσιμα εργαστήρια (remote labs, π.χ. πρόσβαση σε τηλεσκόπια δορυφόρων) για σκοπούς διδασκαλίας και μάθησης. Τα συγκεκριμένα διαδικτυακά εργαστήρια θα συνοδεύονται και από σχετικό διδακτικό υλικό.

Στα πλαίσια του προγράμματος θα πραγματοποιηθούν πιλοτικές εφαρμογές σε σχολεία, από όλες τις εκπαιδευτικές κοινότητες και ερευνητικά κέντρα που συμμετέχουν στο πρόγραμμα. Συντονιστής της συμμετοχής για την Κύπρο, είναι το Πανεπιστήμιο Κύπρου και συγκεκριμένα η ομάδα ReSciTEG. Στόχος των πιλοτικών εφαρμογών είναι η άμεση ανατροφοδότηση και αξιολόγηση του προγράμματος.

Η συμμετοχή σχολείων μέσης και δημοτικής εκπαίδευσης θα γίνει σε τρεις φάσεις την επόμενη διετία. Η πρώτη και δεύτερη φάση της συμμετοχής των σχολείων θα πραγματοποιηθεί κατά τη σχολική χρονιά 2014-2015, ενώ η τρίτη φάση κατά τη σχολική χρονιά 2015-2016. Στην πρώτη φάση θα εμπλακούν 4 σχολεία, στη δεύτερη 16 σχολεία και στην τρίτη 20 σχολεία. Από τα σχολεία που θα συμμετέχουν 10 περίπου θα είναι δημοτικά, 15 γυμνάσια και 15 λύκεια. Οι αριθμοί αυτοί ενδέχεται να αλλάξουν, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των σχολείων και την προθυμία των εκπαιδευτικών και της διεύθυνσης των σχολείων. Ο αριθμός των εκπαιδευτικών που θα συμμετέχουν από κάθε σχολείο δεν είναι προκαθορισμένος, καθώς επαφίεται καθαρά στον αριθμό των εκπαιδευτικών που θα εκδηλώσουν ενδιαφέρον. Συνεπώς, αν περισσότεροι από έναν εκπαιδευτικό σε ένα σχολείο επιθυμούν να συμμετέχουν, τότε είναι ευπρόσδεκτοι να το πράξουν.

Η επιλογή των σχολείων που θα συμμετέχουν γίνεται από την ομάδα ReSciTEG, λαμβάνοντας υπόψη κριτήρια που αφορούν ζητήματα του αναλυτικού προγράμματος σπουδών της Μέσης Γενικής και Δημοτικής Εκπαίδευσης, καθώς επίσης και πόσο πρόθυμοι είναι οι εκπαιδευτικοί να συμμετέχουν. Η διαδικασία επιλογής των σχολείων, θα πραγματοποιηθεί αφότου προηγηθεί ανακοίνωση στα σχολεία για εκδήλωση ενδιαφέροντος. Κατά τη διαδικασία θα τηρηθεί σειρά προτεραιότητας. Το σχέδιο εφαρμογής σε όλες τις φάσεις του προγράμματος, περιλαμβάνει εφαρμογές μαθημάτων (όχι πέραν των δύο διδακτικών περιόδων) στο χώρο των σχολείων. Τονίζεται ότι τα μαθήματα θα διεξαχθούν από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς που θέλουν να συμμετέχουν, σε σχολικό χρόνο που προβλέπεται από το ωρολόγιο πρόγραμμα του σχολείου για τη διδασκαλία του σχετικού γνωστικού αντικείμενου. Τα γνωστικά αντικείμενα από τα οποία ενδέχεται να αξιοποιηθεί διδακτικός χρόνος για τις εφαρμογές είναι, για τη Δημοτική Εκπαίδευση οι Φυσικές Επιστήμες και για τη Μέση Εκπαίδευση η Φυσική, Χημεία, Βιολογία. Τα μαθήματα που θα εφαρμοστούν αξιοποιούν τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις και τα εργαλεία του Go-Lab, που αναπτύχθηκαν με σκοπό την υποστήριξη της μάθησης με τη χρήση εικονικού πειραματισμού, και

είναι σε πλήρη εναρμόνιση με τη φιλοσοφία, τους στόχους και το περιεχόμενο των αναλυτικών προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών.

Κατά τη διάρκεια των εφαρμογών δε θα υπάρχει οποιαδήποτε οικονομική ή άλλη επιβάρυνση της Διεύθυνσης Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης και Δημοτικής Εκπαίδευσης (ή του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού γενικότερα) ή των σχολείων που θα επιλεγούν για να γίνουν οι εφαρμογές. Σε αυτό το σημείο επισημαίνεται ότι η συμμετοχή των σχολείων πραγματοποιείται σε εθελοντική βάση, καθώς δεν υπάρχει οποιαδήποτε πρόνοια από το πρόγραμμα για την επιχορήγηση χρημάτων ή άλλων αγαθών στους συμμετέχοντες. Παρόλα αυτά, τα σχολεία που θα συμμετέχουν θα έχουν την ευκαιρία να γνωρίσουν και να δοκιμάσουν νέες προσεγγίσεις στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Επιπλέον, τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι μαθητές των σχολείων, θα μπορούν στο μέλλον να έχουν πρόσβαση στη διαδικτυακή πλατφόρμα του Go-Lab, στα εικονικά εργαστήρια και στο διδακτικό υλικό που θα περιλαμβάνει.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικές με το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Go-Lab, μπορείτε να παρακολουθήσετε το σχετικό βίντεο που ετοιμάστηκε για διαφήμιση και προώθηση του προγράμματος, καθώς επίσης να επισκεφθείτε την επίσημη του ιστοσελίδα.

Βίντεο: <https://www.youtube.com/watch?v=PDwR-uaWT8g> Go-Lab project:
<http://www.go-lab-project.eu/>

Σε περίπτωση που θα χρειαστείτε οποιοσδήποτε άλλες διευκρινίσεις, μη διστάσετε να επικοινωνήσετε μαζί μας στο τηλέφωνο 22892957.

Συγκατάθεση Διεύθυνσης Δημοτικής Εκπαίδευσης



ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ

Αρ. Φακ.: 7.15.01.23/17
Αρ. Τηλ. : 22800665
Αρ. Φαξ : 22809513
E-mail : dde@moe.gov.cy

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

18 Ιουνίου, 2014

Δρα Ζαχαρία Ζαχαρία
Αναπληρωτή Καθηγήτη
Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών
Τμήμα Επιστημών της Αγωγής
Πανεπιστήμιο Κύπρου
Τ.Θ. 20537
1678 Λευκωσία

Θέμα: Ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα Go-Lab

Αγαπητέ Δρα Ζαχαρία,

Έχω οδηγίες να αναφερθώ στη σχετική με το πιο πάνω θέμα επιστολή σας, με ημερομηνία 22 Μαΐου 2014, και να σας πληροφορήσω ότι η Διεύθυνση Δημοτικής Εκπαίδευσης δεν έχει οποιαδήποτε ένσταση για συμμετοχή των σχολικών μονάδων στο συγκεκριμένο ερευνητικό πρόγραμμα, εφόσον αυτό συνάδει με τη φιλοσοφία των νέων αναλυτικών προγραμμάτων. Σημειώνεται ότι η απόφαση για συμμετοχή επαφίεται στην κάθε σχολική μονάδα, η οποία, όμως, δεν μπορεί να αναλάβει οποιοδήποτε οικονομικό κόστος. Παρακαλούμε όπως αποφευχθεί η εμπλοκή σχολείων των οποίων τα τμήματα των Δ' τάξεων θα συμμετάσχουν στη διεθνή έρευνα TIMSS.

2. Η Διεύθυνση Δημοτικής Εκπαίδευσης παραμένει στη διάθεσή σας για οποιασδήποτε επιπρόσθετη πληροφορία ή διευκρίνιση.

Με εκτίμηση,

(Ελπιδοφόρος Νεοκλέους)
για Γενική Διευθύντρια

Κοιν.: Π.Λ.Ε.
Επαρχιακά Γραφεία Παιδείας
: Πρόεδρο Ενδομηματικής Επιτροπής
Φυσικών Επιστημών-Σχεδιασμού και Τεχνολογίας
Επαρχιακό Γραφείο Παιδείας Λεμεσού

ΑΤ/ΑΤ ΔΙΑΦΟΡΑΙΡΕΣΙΑΚΑ



Δήλωση ενδιαφέροντος εκπαιδευτικών

Δήλωση ενδιαφέροντος για συμμετοχή στο πρόγραμμα Go-Lab

Το ερευνητικό πρόγραμμα Go-Lab

Το Global Online Labs (**Go-Lab**) είναι ένα ευρωπαϊκό πρόγραμμα για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με Διερεύνηση (<http://www.go-lab-project.eu/#main-content> και <https://www.youtube.com/watch?v=PDwR-uaWT8g>), στο οποίο συμμετέχουν εκπαιδευτικές κοινότητες και ερευνητικά κέντρα από 15 χώρες της Ευρώπης. Οι βασικότεροι στόχοι του προγράμματος είναι η δημιουργία μίας διαδικτυακής πλατφόρμας, η οποία θα προσφέρει σε εκπαιδευτικούς και μαθητές πρόσβαση σε εικονικά εργαστήρια (π.χ., προσομοιώσεις) και εξ αποστάσεως εργαστήρια (remote labs, π.χ., πρόσβαση σε τηλεσκόπια δορυφόρων) για σκοπούς διδασκαλίας και μάθησης. Τα συγκεκριμένα διαδικτυακά εργαστήρια θα συνοδεύονται και από σχετικό διδακτικό υλικό. Επιπρόσθετα, οι εκπαιδευτικοί θα έχουν τη δυνατότητα να ετοιμάσουν τα δικά τους σχέδια μαθήματος, αξιοποιώντας τα συγκεκριμένα διαδικτυακά εργαστήρια.

Για δήλωση συμμετοχής παρακαλώ συμπληρώστε τα παρακάτω στοιχεία.

Όνοματεπώνυμο:.....

Σχολείο:.....

Επαρχία:.....

Ειδικότητα:.....

Τάξεις που διδάσκετε:.....

Προϋπάρχουσες εμπειρίες με Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ),
(κυκλώστε αυτό που ισχύει):

- | | | |
|-----------------------------|-----|-----|
| 1. Προσομοιώσεις | Ναι | Όχι |
| 2. Εξ αποστάσεως εργαστήρια | Ναι | Όχι |
| 3. Διαδικτυακές πλατφόρμες | Ναι | Όχι |

Τα συμπληρωμένα έντυπα να αποστέλλονται μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στη διεύθυνση fiakkou.anna@ucy.ac.cy

Σε περίπτωση που θα χρειαστείτε οποιοσδήποτε άλλες διευκρινίσεις, μη διστάσετε να επικοινωνήσετε μαζί μας.

Με εκτίμηση,

Δρ. Ζαχαρίας Ζαχαρία

Αναπληρωτής Καθηγητής της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών

Ομάδα Έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας,

Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Τηλ.: 22892957

Email: zach@ucy.ac.cy

Γράμμα προς γονείς και κηδεμόνες



Αγαπητοί Γονείς και Κηδεμόνες,

Πληροφορείστε ότι το σχολείο στο οποίο φοιτά το παιδί σας συμμετέχει στο **Ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα Go-Lab**. Το πρόγραμμα διοργανώνεται στα πλαίσια κοινοπραξίας του European Schoolnet, στην οποία είναι μέλος το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου. Το Go-Lab (<http://www.go-lab-project.eu/#main-content>) προκύπτει από το ακρόνυμο Global Online Labs και συμμετέχουν σε αυτό εκπαιδευτικές κοινότητες και ερευνητικά κέντρα από 15 χώρες της Ευρώπης. Οι βασικότεροι στόχοι του προγράμματος είναι η δημιουργία μιας διαδικτυακής πλατφόρμας, η οποία θα προσφέρει σε εκπαιδευτικούς και μαθητές πρόσβαση σε εικονικά εργαστήρια (π.χ., προσομοιώσεις) και εξ αποστάσεως εργαστήρια (remote labs, π.χ., πρόσβαση σε τηλεσκόπια δορυφόρων) για σκοπούς διδασκαλίας και μάθησης. Τα συγκεκριμένα διαδικτυακά εργαστήρια θα συνοδεύονται και από σχετικό διδακτικό υλικό.

Συντονιστής του προγράμματος για την Κύπρο είναι το **Πανεπιστήμιο Κύπρου** και συγκεκριμένα η ερευνητική ομάδα **ReSciTEG** (Research in Science and Technology Education Group). Στα πλαίσια του προγράμματος θα πραγματοποιηθούν πιλοτικές εφαρμογές στο σχολείο με στόχο την άμεση ανατροφοδότηση και αξιολόγηση του προγράμματος. Οι πιλοτικές εφαρμογές θα έχουν διάρκεια 80 λεπτά. Κατά τη διάρκεια των πιλοτικών εφαρμογών θα διεξαχθούν ηχογραφήσεις και οπτικογραφήσεις των μαθημάτων. Η συμμετοχή στις ηχογραφήσεις και οπτικογραφήσεις δεν συνεπάγεται καμία επιπρόσθετη επιβάρυνση για τα παιδιά.

Για το σκοπό αυτό ζητούμε την άδεια σας για την ηχογράφιση και οπτικογράφιση των μαθημάτων στα οποία θα συμμετάσχει ο γιος/ η κόρη σας. Κανένα ηχογραφημένο και οπτικογραφημένο μάθημα δεν θα παρουσιάζει το επώνυμο των μαθητών. Το πλήρες όνομα των παιδιών δεν θα χρησιμοποιηθεί σε καμία περίπτωση, και οποιαδήποτε αναφορά γίνεται στα παιδιά, θα γίνεται μόνο με το μικρό τους όνομα και όχι με το επίθετό τους. Για όλες τις υπόλοιπες πληροφορίες που αφορούν το παιδί σας, μη συμπεριλαμβανομένου του

μικρού του ονόματος, θα διατηρηθεί πλήρης εχεμύθεια. Επιπρόσθετα, τα ηχογραφημένα και οπτικογραφημένα μαθήματα θα χρησιμοποιηθούν μόνο για την αξιολόγηση του πρότυπου διδακτικού υλικού, δεν θα δοθούν για κανέναν λόγο σε τηλεοπτικούς σταθμούς, διαδίκτυο ή άλλο μέσο. Σε κάθε περίπτωση, έχετε το δικαίωμα να ζητήσετε να μην περιληφθούν ηχογραφημένα και οπτικογραφημένα αποσπάσματα μαθημάτων όπου θα παρουσιάζεται το παιδί σας.

Ευελπιστούμε στην αποδοχή σας για ηχογράφιση και οπτικογράφιση, διότι έτσι συμβάλλετε στην περαιτέρω ενίσχυση της εκπαιδευτικής αξιολόγησης στην Κύπρο και στη βελτίωση του εκπαιδευτικού μας συστήματος.

Είμαστε στη διάθεσή σας για οποιεσδήποτε απορίες έχετε σχετικά με το πρόγραμμα Go-Lab.

Σας ευχαριστούμε θερμά,



Δρ. Ζαχαρίας Ζαχαρία

Αναπληρωτής Καθηγητής της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών

Ομάδα Έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας

Τμήμα Επιστημών της Αγωγής

Πανεπιστήμιο Κύπρου

Τηλ.: 22 892934

Email: zach@ucy.ac.cy



Υπεύθυνη δήλωση παροχής συναίνεσης γονέως / κηδεμόνα

Δηλώνω ότι αποδέχομαι το παιδί μου να συμμετάσχει στις ηχογραφήσεις και οπτικογραφήσεις που θα γίνουν στο πλαίσιο των πιλοτικών εφαρμογών για το πρόγραμμα Go-Lab, τις οποίες συντονίζει η ερευνητική ομάδα ReSciTEG του Πανεπιστημίου Κύπρου. Γνωρίζω ότι κατά τη διάρκεια των μαθημάτων θα διεξάγονται ηχογραφήσεις και οπτικογραφήσεις με μοναδικό σκοπό την αξιολόγηση ενός πρότυπου διδακτικού υλικού.

Τα ηχογραφημένα και οπτικογραφημένα στιγμιότυπα **δεν** θα δημοσιοποιηθούν στο διαδίκτυο ή σε μέσα μαζικής ενημέρωσης, και **δεν** θα χρησιμοποιηθούν για οποιοδήποτε άλλο λόγο εκτός από την ερευνητική χρήση για την οποία θα έχουν συλλεχθεί. Το πλήρες όνομα του παιδιού μου **δεν** θα χρησιμοποιηθεί σε καμία περίπτωση, και οποιαδήποτε αναφορά γίνεται στο παιδί μου θα γίνεται μόνο με ψευδώνυμο ή το μικρό του όνομα και **όχι** με το επίθετό του. Για όλες τις υπόλοιπες πληροφορίες που αφορούν το παιδί μου **θα διατηρηθεί πλήρης εχεμύθεια.**

Παρακαλώ σημειώστε με ✓ ένα από τα πιο κάτω:

- ___ Αποδέχομαι να ηχογραφηθεί και να οπτικογραφηθεί ο γιος μου/ η κόρη μου.
___ Δεν αποδέχομαι να ηχογραφηθεί και οπτικογραφηθεί ο γιος μου/ η κόρη μου.

Όνομα παιδιού _____

Όνομα γονέα ή κηδεμόνα _____

Υπογραφή γονέα ή κηδεμόνα _____

Ημερομηνία _____