

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΘΗΤΩΝ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Γ. ΠΕΡΟΣ

2012

Τμήμα Επιστημών της Αγωγής

**ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ
ΜΑΘΗΤΩΝ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ**

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Γ. ΠΙΕΡΟΣ

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

ΜΑΪΟΣ 2012

© ΓΕΩΡΓΙΟΣ Γ. ΠΙΕΡΟΣ

2012

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Γ. ΠΙΕΡΟΣ

ISBN 978-9963-700-45-5

ΣΕΛΙΔΑ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ

Υποψήφιος Διδάκτορας: Γεώργιος Γ. Πιέρος

Τίτλος Διατριβής: Ικανότητες Επιχειρηματολογίας Μαθητών Δημοτικού Σχολείου

Η παρούσα Διδακτορική Διατριβή εκπονήθηκε στο πλαίσιο σπουδών για απόκτηση Διδακτορικού Διπλώματος στο Τμήμα Επιστημών της Αγωγής και εγκρίθηκε στις 23 Μαΐου 2012 από τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής

Εξεταστική Επιτροπή

Ερευνητικός Σύμβουλος:

- Νίκος Βαλανίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Άλλα Μέλη:

- Κωνσταντίνος Χρίστου (Πρόεδρος), Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
- Διομήδης Μαρκουλής (Μέλος), Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Νεάπολης
- Χαρούλα Αγγελή-Βαλανίδη (Μέλος), Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Κύπρου
- Σοφία-Ελευθερία Γωνίδα, (Μέλος), Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έρευνα διερεύνησε την ικανότητα επιχειρηματολογίας μαθητών Δημοτικού Σχολείου. Αρχικά, χορηγήθηκαν, σε δύο τμήματα μαθητών της Δ' και δύο της Ε' τάξης, οι «Προοδευτικές Μήτρες» του Raven, για τη μέτρηση της γενικής γνωστικής ικανότητας (Γ.Γ.Ι.) των μαθητών, ενώ με δύο ερωτηματολόγια αξιολογήθηκαν οι στάσεις για το μάθημα της Επιστήμης και το Επιστημολογικό Επίπεδο των μαθητών. Με κριτήριο τη Γ.Γ.Ι., οι μαθητές χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες: μία ομάδα με υψηλή, δύο ισοδύναμες ομάδες με μέση και μία ομάδα με χαμηλή Γ.Γ.Ι. Ακολούθως, σχηματίστηκαν δύο ειδών δυάδες, αποτελούμενες από ένα μαθητή με υψηλή Γ.Γ.Ι. ή ένα με χαμηλή Γ.Γ.Ι., και ένα μαθητή από τη μια ή ένα από την άλλη ομάδα με μέση Γ.Γ.Ι., αντίστοιχα. Ακολούθησαν ημιδομημένες συνεντεύξεις με κάθε δυάδα, στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν τρεις ομάδες αντικειμένων και δύο διαφανή δοχεία με νερό και αλατόνερο. Τα πέντε αντικείμενα της πρώτης ομάδας είχαν ίσο όγκο και διαφορετική μάζα, ενώ τα πέντε της δεύτερης είχαν ίση μάζα και διαφορετικό όγκο. Τα τέσσερα αντικείμενα της τρίτης ομάδας είχαν διαφορετική μάζα και όγκο, αλλά το κάθε ένα είχε μάζα ίση με ένα από τα αντικείμενα της πρώτης και όγκο ίσο με ένα από τα αντικείμενα της δεύτερης ομάδας. Οι μαθητές καλούνταν να προβλέπουν τη θέση ισορροπίας κάθε αντικειμένου σε ένα υγρό, αιτιολογώντας την πρόβλεψή τους, και στη συνέχεια να εκτελούν το αντίστοιχο πείραμα. Η διαδικασία επαναλήφθηκε, με προκαθορισμένη σειρά, για κάθε αντικείμενο στο δοχείο με το νερό και μόνο για τα αντικείμενα της τρίτης ομάδας στο δοχείο με το αλατόνερο. Τα δεδομένα που είχαν στη διάθεσή τους οι μαθητές για πρόβλεψη ήταν ανάλογα με τα πειράματα που είχαν προηγηθεί, ενώ, για την τρίτη ομάδα αντικειμένων, οι προβλέψεις ήταν δυσκολότερες. Στους μαθητές δινόταν η δυνατότητα επανάληψης πειραμάτων που προηγήθηκαν, ενώ για τα πειράματα με το αλατόνερο, δινόταν επιπρόσθετα η δυνατότητα πειραματισμού, με αντικείμενα των δύο πρώτων ομάδων αντικειμένων, και στο αλατόνερο. Έγινε ανάλυση των συνεντεύξεων με τη Σταθερή Συγκριτική μέθοδο ανάλυσης, ενώ για την αξιολόγηση της επίδοσης επιχειρηματολογίας, αναπτύχθηκε ένα νέο μοντέλο. Το μοντέλο συνδυάζει δύο γνωστά μοντέλα αξιολόγησης των επιχειρημάτων σε επίπεδα και αξιοποιεί το βαθμό στον οποίο ένα επιχειρήμα προβλέπει ορθά τη θέση βύθισης/πλεύσης ενός αντικειμένου σε υγρό. Ακολούθησε ανάλυση διασποράς 2 (τάξη) x 4 (ομάδα Γ.Γ.Ι.), με εξαρτημένη μεταβλητή την επίδοση επιχειρηματολογίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχε

στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επίδοση επιχειρηματολογίας, ενώ τα δύο κύρια αποτελέσματα ήταν στατιστικά σημαντικά. Συμπληρωματική ποιοτική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι δεν υπήρχε πάντοτε συνεργασία στις δυάδες και ότι μερικοί μαθητές αναλάμβαναν αρχηγικό ρόλο ή ρόλο σιωπηλού παρευρισκόμενου. Μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. και μαθητές με τα υψηλότερα επιστημολογικά επίπεδα είχαν την τάση να προσφεύγουν συχνότερα σε πειράματα, προτού διατυπώσουν πρόβλεψη. Μετά από παλινδρομική ανάλυση, προέκυψε πως η επίδοση επιχειρηματολογίας των μαθητών μπορούσε να προβλεφθεί από τη Γ.Γ.Ι. των μαθητών, την τάση τους να εκτελούν πειράματα, πριν τη διατύπωση πρόβλεψης και το βαθμό συνεργασίας τους στη δυάδα. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, αναλύονται οι εκπαιδευτικές προεκτάσεις της έρευνας και γίνονται εισηγήσεις για μελλοντικές έρευνες.

ABSTRACT

The study investigated primary school students' argumentation ability. Initially, Raven's Progressive Matrices were administered to two classes of fourth- and two classes of fifth-grade students, as a way of measuring their general cognitive ability (GCA). Two different questionnaires were also used to evaluate students' attitudes towards science, and their epistemological level. Based on their GCA, students were divided into four groups: one group with high, two equivalent groups with middle and one group with low GCA. Two types of dyads were subsequently formed, consisting of one student with either high or low GCA, and another student from the one or the other group with middle GCA, respectively. Semi-structured interviews were then conducted with each dyad, where three groups of objects and two transparent containers of tap water and saline water were used. The five objects of the first group had the same volume and different mass, whereas the five objects of the second had the same mass and different volume. The four objects of the third group had different mass and volume, but each of them had the same mass as one object of the first and the same volume as one object of the second group. The students were asked to predict the balance position of each object in a liquid, justifying their prediction, and to then conduct the experiment. This procedure was repeated, in a predetermined order, for each object in the container with tap water and only for the objects of the third group in the container with saline water. Data available for guiding students' predictions were directly related to evidence from the previous experiments, whereas predictions relating to the third group of objects were more difficult. Students were allowed to repeat previous experiments, whereas, for the experiments in saline water, the students were also allowed to conduct experiments with objects of the first and second groups in saline water. The interviews were analyzed using the Constant Comparative method and a new model for evaluating argumentation ability was developed. This model combines two known models for assessing argumentation ability and also considers the degree to which an argument correctly predicts the balance position of an object in a liquid. A 2 (class) x 4 (group of GCA) analysis of variance, with argumentation ability as the dependent variable, was then performed. The results showed no significant interaction effect between the two independent variables, whereas both main effects were statistically significant. Complementary qualitative analysis of the interview data indicated that the

students in the dyads did not always collaborate, and that some students assumed the role of either a leader or a quiet bystander. Students with high GCA and students at higher epistemological levels were more inclined to conduct experiments, before making any prediction. Regression analysis indicated that students' GCA, the degree of their tendency to justify their predictions based on the results of experimentation and the degree of their collaboration in the dyad were good predictors of their argumentation ability. Educational implications of the results of the study are clearly discussed and suggestions for future research are also described.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα πρώτα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στο Δρ Νίκο Βαλανίδη, τον ερευνητικό μου σύμβουλο, ο οποίος με καθοδήγησε σε όλα τα στάδια της διδακτορικής μου διατριβής. Με βοήθουσε, όποτε παρουσιαζόταν ανάγκη. Με ενίσχυε, όταν τα πράγματα γινόντουσαν πιο δύσκολα. Ήταν πάντα δίπλα μου, όχι μόνο κατά την εκπόνηση της διδακτορικής μου διατριβής, αλλά σε όλη την περίοδο των μεταπτυχιακών μου σπουδών. Με στήριζε και ανταποκρινόταν πάντα όταν τον χρειαζόμουν.

Ευχαριστώ θερμά το Δρ Κωνσταντίνο Χρίστου και τη Δρ Χαρούλα Αγγελή-Βαλανίδη, οι οποίοι ενέκριναν την πρόταση για εκπόνηση της διδακτορικής μου διατριβής, κάνοντας πολύ σημαντικές και εποικοδομητικές επισημάνσεις, που βελτίωσαν την έρευνα και οι οποίοι ενέκριναν τη διδακτορική μου διατριβή, ως μέλη της πενταμελούς εξεταστικής επιτροπής.

Ευχαριστώ πολύ το Δρ Διομήδη Μαρκουλή και τη Δρ Σοφία-Ελευθερία Γονίδα, οι οποίοι ενέκριναν τη διδακτορική μου διατριβή, κάνοντας στοχευμένες επισημάνσεις, ως μέλη της πενταμελούς εξεταστικής επιτροπής.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ τους γονείς μου, οι οποίοι αποδέχθηκαν τους στόχους μου και με στήριξαν με υπομονή, ανιδιοτέλεια και καρτερικότητα, ώστε να μπορέσω να ολοκληρώσω τη διατριβή αυτή και τις μεταπτυχιακές μου σπουδές.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
Η Θέση του Επιχειρήματος στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.....	10
Η Ενσωμάτωση στη Διδασκαλία της Επιστήμης της Ικανότητας της Επιχειρηματολογίας: Μια Άλλη Εισήγηση	13
Σκοπός της Έρευνας.....	14
Σημασία της Έρευνας.....	15
Καινοτομία της Έρευνας.....	17
Οργάνωση της Διατριβής.....	18
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	19
Σχέση Άτυπου Συλλογισμού και Επιχειρηματολογίας	22
Επιστημολογικές Πεποιθήσεις	24
Αποτελέσματα Ερευνών που Μελέτησαν τα Επιχειρήματα	30
Δυσκολίες Μαθητών για Επιχειρηματολογία.....	30
Επιχειρηματολογία Μαθητών.....	32
Κατηγοριοποίηση των Επιχειρημάτων.....	34
Μεθοδολογικές Επιλογές για τη Μελέτη της Επιχειρηματολογίας	53

Τα Εννοιολογικά Σκίτσα (Concept Cartoons).....	56
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	59
Δείγμα – Πληθυσμός.....	59
Συλλογή Δεδομένων.....	59
Πρώτη Φάση της Έρευνας: Τρία Ερωτηματολόγια	59
Μετάφραση των Ερωτηματολογίων	60
Ερωτηματολόγιο Στάσεων για το Μάθημα της Επιστήμης.....	60
Ερωτηματολόγιο Επιστημολογικού Επιπέδου.....	61
Χορήγηση των Ερωτηματολογίων.....	64
Προοδευτικές Μήτρες.....	65
Χορήγηση του Ερωτηματολογίου.....	66
Δεύτερη Φάση της Έρευνας: Ομαδικές Συνεντεύξεις.....	67
Σύνθεση των Ομάδων	67
Εισαγωγικό Μέρος της Συνέντευξης.....	69
Πρώτο Μέρος της Συνέντευξης.....	71
Δεύτερο Μέρος της Συνέντευξης.....	72
Τρίτο Μέρος της Συνέντευξης.....	72
Τέταρτο Μέρος της Συνέντευξης.....	73
Πιλοτική Έρευνα	74
Ανάλυση Δεδομένων.....	75
Ερευνητικά Ερωτήματα	76

Επιλογή Ποιοτικών και Ποσοτικών Τεχνικών Επεξεργασίας των Ερωτημάτων	76
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	79
Πιλοτική Εφαρμογή της Έρευνας	79
Σειρά Τοποθέτησης Αντικειμένων στα Δοχεία με τα Υγρά.....	80
Έλεγχος της Καταλληλότητας των Δεδομένων από τα Δύο Ερωτηματολόγια	86
Καθορισμός της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας	88
Επίπεδο Επιχειρηματολογίας 0	93
Επίπεδο Επιχειρηματολογίας 1	95
Επίπεδο Επιχειρηματολογίας 2	97
Κατηγοριοποίηση Δεδομένων Επιχειρημάτων Επιπέδου 2	98
Κατηγοριοποίηση Δικαιολογητικών Επιχειρημάτων Επιπέδου 2	108
Επίπεδο Επιχειρηματολογίας 3	127
Ποσοτική Αποτίμηση της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας	130
Παράγοντες που Επηρεάζουν την Επίδοση Επιχειρηματολογίας	137
Βαθμός Συνεργασίας	146
Σύγκριση Δυσκολίας Πειράματος – Συνεργασίας Μαθητών στο Πείραμα ..	156
Πειραματισμός	160
Πρόβλεψη της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας.....	169
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	175
Συζήτηση	190
Εισηγήσεις για Μελλοντικές Έρευνες	195

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	197
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	209
Ερωτηματολόγιο Στάσεων για το Μάθημα της Επιστήμης	210
Ερωτηματολόγιο Επιστημολογικού Επιπέδου	214

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.	Τα Δομικά Στοιχεία Ενός Επιχειρήματος (Toulmin, 1958).....	20
Σχήμα 2.	Ανάλυση Επιστημονικού Επιχειρήματος με Βάση τα Δομικά Στοιχεία του Επιχειρήματος (Russell, 1983).....	22
Σχήμα 3.	Διχοτομικό Κλειδί για Αξιολόγηση της Επάρκειας της Εξήγησης (Sampson & Clark, 2009).....	51
Σχήμα 4.	Διχοτομικό Κλειδί για Αξιολόγηση της Εννοιολογικής Ποιότητας της Εξήγησης (Sampson & Clark, 2009)	51
Σχήμα 5.	Παράδειγμα Εννοιολογικού Σκίτσου	57
Σχήμα 6.	Εννοιολογικό Σκίτσο με Θέμα Φως – Σκιά.....	70
Σχήμα 7.	Μεταφρασμένο και Τροποποιημένο Εννοιολογικό Σκίτσο, που Χρησιμοποιήθηκε στο Εισαγωγικό Μέρος της Συνέντευξης.....	70
Σχήμα 8.	Τα 14 Αντικείμενα της Συνέντευξης.....	71
Σχήμα 9.	Μέσοι Όροι Επίδοσης Επιχειρηματολογίας ανά Τάξη και Γ.Γ.Ι.	138
Σχήμα 10.	Σταθμισμένες Συχνότητες Εμφάνισης Επιπέδων – Επιμέρους Επιπέδων Επιχειρηματολογίας με τη Μεγαλύτερη Διαφοροποίηση ανά Τάξη.....	143
Σχήμα 11.	Σταθμισμένες Συχνότητες Εμφάνισης Επιπέδων – Επιμέρους Επιπέδων Επιχειρηματολογίας με τη Μεγαλύτερη Διαφοροποίηση ανά Ομάδα Γ.Γ.Ι.	144
Σχήμα 12.	Σύγκριση Βαθμού Ευκολίας Πειράματος με Βαθμό Συνεργασίας στο Πείραμα	157

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Σύγκριση Μοντέλων Επιστημολογικής Ανάπτυξης στα Τέλη της Εφηβικής Ηλικίας και στην Ενήλικη Ζωή	26
Πίνακας 2. Επίπεδα Αξιολόγησης Συλλογισμού	36
Πίνακας 3. Επίπεδα Αξιολόγησης της Ποιότητας της Επιχειρηματολογίας των Osborne κ.ά. (2004).....	37
Πίνακας 4. Επίπεδα Αξιολόγησης της Ποιότητας Επιχειρηματολογίας των Dawson και Venville (2009)	40
Πίνακας 5. Ρήτρες Αξιολόγησης Επιμέρους Στοιχείων της Επιχειρηματολογίας. 49	
Πίνακας 6. Πιθανές Αντιδράσεις σε «Ασύμφωνα» (Anomalous) Δεδομένα	52
Πίνακας 7. Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία της Γ.Γ.Ι. των Μαθητών ανά Σύνθεση Ομάδας και ανά Τάξη.....	68
Πίνακας 8. Χρονική Σειρά Εκτέλεσης Πειραμάτων κατά τις Συνεντεύξεις.....	81
Πίνακας 9. Συντελεστές Αξιοπιστίας (Cronbach's α) Παραγόντων Ερωτηματολογίου Στάσεων	86
Πίνακας 10. Συχνότητες και Ποσοστά Μαθητών ανά Επιστημολογικό Επίπεδο ...	88
Πίνακας 11. Κατηγοριοποίηση των Επιχειρημάτων.....	93
Πίνακας 12. Συχνότητες και Ποσοστά Εμφάνισης Επιχειρημάτων ανά Επίπεδο Επιχειρηματολογίας.....	93
Πίνακας 13. Συχνότητες και Ποσοστά Εμφάνισης Κατηγοριών Δεδομένων στα Επιχειρήματα του Επιπέδου 2 της Επιχειρηματολογίας.....	98
Πίνακας 14. Χαρακτηριστικά Κατηγοριών Δικαιολογητικών.....	109

Πίνακας 15. Συχνότητες και Ποσοστά Εμφάνισης Κατηγοριών Δικαιολογητικών στα Επιχειρήματα του Επιπέδου 2 της Επιχειρηματολογίας.....	126
Πίνακας 16. Ομαδοποίηση Κατηγοριών Δεδομένων	133
Πίνακας 17. Ομαδοποίηση Κατηγοριών Δικαιολογητικών	134
Πίνακας 18. Κωδικοποίηση Συνδυασμών Ευρύτερων Κατηγοριών Δεδομένων – Δικαιολογητικών	135
Πίνακας 19. Ποσοτική Αποτίμηση της Επιχειρηματολογίας Συνδυασμών Ευρύτερων Κατηγοριών Δεδομένων – Δικαιολογητικών	136
Πίνακας 20. Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας ανά Τάξη και Ομάδα Γ.Γ.Ι.....	137
Πίνακας 21. Ανάλυση Διασποράς 2 (Τάξη) X 4 (Ομάδα Γ.Γ.Ι.) με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση Επιχειρηματολογίας.....	139
Πίνακας 22. Σύγκριση Μέσων Όρων Επίδοσης Επιχειρηματολογίας Ομάδων Γ.Γ.Ι. Μαθητών	140
Πίνακας 23. Συχνότητες Στρατηγικών Επιχειρηματολογίας ανά Τάξη.....	141
Πίνακας 24. Συχνότητες Στρατηγικών Επιχειρηματολογίας ανά Ομάδα Γ.Γ.Ι.	142
Πίνακας 25. Συχνότητες και Ποσοστά Εμφάνισης Κατηγοριών Συνεργασίας	155
Πίνακας 26. Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία Βαθμού Συνεργασίας ανά Τάξη και Σύνθεση Ομάδας	155
Πίνακας 27. Συχνότητες και Ποσοστά Κατηγοριών Πειραματισμού ανά Μέρος Συνέντευξης.....	162
Πίνακας 28. Συχνότητες και Ποσοστά Κατηγοριών Πειραματισμού ανά Τάξη και ανά Σύνθεση Ομάδας	163
Πίνακας 29. Μέσοι Όροι και Τυπικές Αποκλίσεις Βαθμού Πειραματισμού ανά Τάξη και Ομάδα Γ.Γ.Ι.	165

Πίνακας 30. Ανάλυση Διασποράς 2 (Τάξη) X 3 (Ομάδα Γ.Γ.Ι.) με Εξαρτημένη Μεταβλητή το Βαθμό Πειραματισμού	165
Πίνακας 31. Σύγκριση Μέσων Όρων Βαθμού Πειραματισμού Ομάδων Γ.Γ.Ι. Μαθητών	166
Πίνακας 32. Μέσοι Όροι και Τυπικές Αποκλίσεις Βαθμού Πειραματισμού ανά Επιστημολογικό Επίπεδο.....	167
Πίνακας 33. Σύγκριση Μέσων Όρων Βαθμού Πειραματισμού ανά Επιστημολογικό Επίπεδο.....	168
Πίνακας 34. Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία των Στάσεων των Μαθητών για την Επιστήμη (Kind κ.ά., 2007)	170
Πίνακας 35. Συντελεστές Συσχέτισης Μεταξύ της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας και των Ανεξάρτητων Μεταβλητών της Παλινδρομικής Ανάλυσης.....	171
Πίνακας 36. Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρομική Ανάλυση για την Πρόβλεψη της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας με τη Μέθοδο Βήμα με Βήμα (n=62)	172
Πίνακας 37. Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρομική Ανάλυση για την Πρόβλεψη της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας με τη Μέθοδο Βήμα με Βήμα (n=66)	174

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην καθημερινή ζωή, ο άνθρωπος πολύ συχνά έρχεται αντιμέτωπος με καταστάσεις κατά τις οποίες καλείται ή επιβάλλεται να επιχειρηματολογήσει, να καταλήξει δηλαδή σε ένα συμπέρασμα, αφού λάβει υπόψη του τα υπάρχοντα δεδομένα. Η επιχειρηματολογία αποτελεί αναπόσπαστη και συνεχώς παρούσα διάσταση της ανθρώπινης επικοινωνίας (Infante & Rancer, 1982). Η χρησιμοποίηση επιχειρημάτων δε γίνεται πάντα με σκοπό να πεισθεί ένα τρίτο πρόσωπο, αλλά μπορεί να είναι και μια εσωτερική διαδικασία, η οποία να αφορά το ίδιο το άτομο που επιχειρηματολογεί. Ο άνθρωπος έρχεται αντιμέτωπος τόσο στην προσωπική, όσο και την επαγγελματική του ζωή, με νομικά, ηθικά, πολιτικά, επιστημονικά ή καλλιτεχνικά διλήμματα. Ακόμη, στη λήψη αποφάσεων, είτε αυτές αφορούν τον ίδιο, είτε άλλους, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του δεδομένα, να τα αξιολογεί και να καταλήγει σε κάποιο συμπέρασμα, μία απόφαση που επιλέγεται ή είναι η ενδεικνυόμενη υπό τις περιστάσεις. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, ο άνθρωπος δημιουργεί, σκέφτεται ή συγκροτεί ένα επιχείρημα το οποίο τον βοηθά να επιλύσει μια διλημματική κατάσταση ή τον βοηθά να λάβει μια τεκμηριωμένη απόφαση. Φυσικά ένα επιχείρημα δεν αναπτύσσεται μόνο σε ανάλογες καταστάσεις, αλλά είναι και το κατεξοχήν μέσο επίλυσης διαφωνιών. Όταν δύο ή περισσότερα άτομα διαφωνούν για κάποιο θέμα, τότε ο καθένας προτείνει το/α δικό/α του επιχείρημα/τα με σκοπό να καταλήξουν σε συναίνεση, σε συμφωνία, αν και αυτό δεν είναι πάντα απαραίτητο ή εφικτό.

Στις δημοκρατικές κοινωνίες, η ποιότητα των αποφάσεων που λαμβάνονται από τους πολίτες έχει καθοριστική σημασία (Kolstø, 2001). Επομένως, τα άτομα που συναποτελούν την κοινωνία θα πρέπει να είναι σε θέση να αναζητούν και να αξιοποιούν δεδομένα, όταν πρόκειται να ληφθεί μια απόφαση, να κρίνουν αποφάσεις, όταν αυτές λαμβάνονται από άλλους ή να συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων. Πρέπει επομένως οι πολίτες να είναι σε θέση να αναπτύσσουν τα δικά τους επιχειρήματα και ταυτόχρονα να μπορούν να αξιολογούν τα επιχειρήματα των άλλων.

Ο Αριστοτέλης άρχισε να μελετά συστηματικά το επιχείρημα 2500 χρόνια πριν. Πρώτος αυτός πρότεινε την ιδέα να γίνει διάκριση των αρχών (principles) ενός επιχειρήματος, αφού στις αρχές αυτές θα βασιζόταν η μελέτη του επιχειρήματος. Για τον Αριστοτέλη, οι αρχές αυτές ήταν κοινές για όλες τις επιστήμες. Έτσι προέκυψε η επιστήμη

της Λογικής. Οι άνθρωποι προέβαλλαν ισχυρισμούς και έκριναν ισχυρισμούς άλλων πολύ πριν από τον Αριστοτέλη. Όμως, ο Αριστοτέλης θεωρείται ο θεμελιωτής της Λογικής, επειδή οι προηγούμενοι του δεν είχαν ασχοληθεί με τον καθορισμό κανόνων – αρχών με τις οποίες θα κρινόταν η εγκυρότητα ενός επιχειρήματος (Kneale & Kneale, 1962). Μαζί με τον Αριστοτέλη, φιλόσοφοι, όπως ο Πλάτωνας και ο Σωκράτης, θεωρούσαν πως τα τεκμηριωμένα επιχειρήματα αποτελούσαν τον πυρήνα της σκέψης. Από τότε μέχρι τα μέσα του 20ού αιώνα μ.Χ., η τυπική λογική θεωρήθηκε ως το καλύτερο μοντέλο σκέψης (Kuhn, 1991).

Η Θέση του Επιχειρήματος στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Τίθεται στο σημείο αυτό το ερώτημα της θέσης την οποία κατέχει ή θα πρέπει να κατέχει το επιχείρημα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Μετά το 1950, ως αποτέλεσμα της επανάστασης που σημειώθηκε στα Αναλυτικά Προγράμματα, οι δεξιότητες που εμπλέκονται στην επιστημονική προσέγγιση τέθηκαν ως έμφαση στα Αναλυτικά Προγράμματα, που αναπτύχθηκαν κατά τις δεκαετίες του '60 και του '70 (Tobin & Carie, 1980). Έκτοτε κατέχουν σημαντική θέση σε όλα τα Αναλυτικά Προγράμματα που αναπτύσσονται. Επιστημονική προσέγγιση ή επιστημονική μέθοδος θεωρείται ένα σύνολο ενεργειών, το οποίο αποσκοπεί στην επίλυση ενός προβλήματος που αφορά το φυσικό κόσμο, όπως, για παράδειγμα, το ερώτημα *«Ποιο διαλύεται πιο γρήγορα στο νερό: η ζάχαρη ή το αλάτι;»* Συχνά στην ακολουθία αυτή των ενεργειών, χρειάζεται να γίνει έλεγχος μεταβλητών, εκτέλεση κάποιου/ων πειράματος/άτων, καταγραφή παρατηρήσεων, οργάνωση δεδομένων και εξαγωγή συμπερασμάτων. Δε θα γίνει ασφαλώς απαρίθμηση των επιστημονικών δεξιοτήτων, αφού αυτές δεν αποτελούν στόχο της παρούσας έρευνας. Θα σημειωθεί, όμως, πως, για τα διάφορα προβλήματα στο χώρο της Επιστήμης, κάποιες από τις δεξιότητες της επιστημονικής μεθόδου ενδέχεται να είναι απαραίτητες, άλλες πρέπει να αξιοποιηθούν σε περιορισμένο βαθμό ή άλλες να μην είναι εφαρμόσιμες.

Οι Driver, Newton και Osborne (2000) υποστήριξαν πως είναι εσφαλμένη η αντίληψη ότι υπάρχει μία και μόνη επιστημονική μέθοδος και ότι η Επιστήμη είναι το αποτέλεσμα της σταθερής εφαρμογής – χωρίς φαντασία, σκέψη ή κρίση – μιας ομάδας κανόνων για κάθε κατάσταση που προκύπτει, καθώς αυτή η προοπτική αφαιρεί από τους

μαθητές τις ευκαιρίες να διεισδύουν στις διαδικασίες οικοδόμησης γνώσεων στην Επιστήμη. Η Επιστήμη είναι ασφαλώς κάτι περισσότερο από ένα σύνολο γνώσεων και εννοιών, που πρέπει να αποκτηθούν, και μια μέθοδο-διαδικασία, η επιστημονική, την οποία θα πρέπει οι μαθητές να είναι σε θέση να εφαρμόζουν ορθά. Παράλληλα, οι ίδιοι ερευνητές σημείωσαν ότι προκαλεί έκπληξη το γεγονός πως η εκπαίδευση για την Επιστήμη έχει δώσει πολύ μικρή σημασία στο επίχειρημα, το οποίο αποτελεί κεντρικό χαρακτηριστικό της Επιστήμης.

Πρόσφατες εισηγήσεις, που αφορούν την εκπαίδευση για την Επιστήμη, προτείνουν πως τα σχολεία θα πρέπει να δίνουν μεγαλύτερη προσοχή στη διδασκαλία της φύσης της Επιστήμης και των κοινωνικών της πρακτικών (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl, 2003). Επομένως, η διδασκαλία της Επιστήμης δεν πρέπει να παραγνωρίζει τη διαδικασία με την οποία αναπτύχθηκε και συνεχίζει να αναπτύσσεται η Επιστήμη. Αυτό συμπεριλαμβάνει και άλλα ουσιώδη συστατικά, εκτός από τις γνώσεις και την επιστημονική μέθοδο. Οι Norris και Phillips (2003), για παράδειγμα, απαρίθμησαν τα ακόλουθα συστατικά:

1. Γνώση του περιεχομένου της Επιστήμης και ικανότητα διάκρισης του τι είναι Επιστήμη από το τι δεν είναι Επιστήμη.
2. Κατανόηση της Επιστήμης και των εφαρμογών της.
3. Γνώση του τι μετρά ως Επιστήμη.
4. Ανεξαρτησία στη μάθηση Επιστήμης.
5. Ικανότητα να σκέφτεσαι επιστημονικά.
6. Ικανότητα χρησιμοποίησης της επιστημονικής γνώσης για την επίλυση προβλημάτων.
7. Γνώση της αναγκαιότητας για ενεργό συμμετοχή σε κοινωνικο-επιστημονικά θέματα.
8. Κατανόηση της φύσης της Επιστήμης, συμπεριλαμβανομένων των σχέσεών της με τον πολιτισμό.
9. Εκτίμηση και άνεση με την Επιστήμη, συμπεριλαμβανομένων της περιέργειας και των εξερευνητήσεών της.
10. Γνώση των κινδύνων και των ωφελημάτων που αποκομίζουμε από την Επιστήμη.

11. Ικανότητα κριτικής σκέψης σε ότι αφορά την Επιστήμη.

Τα έντεκα αυτά σημεία θεωρούνται ως απαραίτητα συστατικά στοιχεία του επιστημονικού γραμματισμού (scientific literacy). Επομένως, αν το σχολείο επιδιώκει να «μάθουν» οι μαθητές Επιστήμη, να είναι «επιστημονικά εγγράμματα» άτομα, θα πρέπει να συμπεριλάβει στους στόχους του όλα αυτά τα σημεία.

Από τον κατάλογο των Norris και Phillips (2003), προκύπτει πως το επιχείρημα είναι συνυφασμένο με την Επιστήμη και πρέπει να θεωρείται ως βασικό της συστατικό. Τα σημεία που αναφέρονται στην ικανότητα χρησιμοποίησης της επιστημονικής γνώσης για την επίλυση προβλημάτων (σημείο 6), στη γνώση της αναγκαιότητας για ενεργό συμμετοχή σε κοινωνικά θέματα που έχουν επιστημονική βάση (σημείο 7), στην κατανόηση της φύσης της Επιστήμης (σημείο 8), στη γνώση των κινδύνων και των ωφελημάτων που αποκομίζουμε από την Επιστήμη (σημείο 10) και στην ικανότητα κριτικής σκέψης σε ότι αφορά την Επιστήμη (σημείο 11), έμμεσα παραπέμπουν σε αντικρουόμενες απόψεις ή διλήμματα τα οποία απαιτούν επιχειρηματολογία για να λυθούν, ή άμεσα αναφέρονται σε επιχειρήματα.

Το γεγονός ότι το επιχείρημα είναι συνυφασμένο με την Επιστήμη μπορεί επιφανειακά να φαίνεται ότι εμπεριέχει μια αντίφαση. Η αντίφαση αυτή είναι δικαιολογημένη. Τα παιδιά στο σχολείο συχνά καταλήγουν, μέσα από μια διαδικασία, συνήθως ένα ή περισσότερα πειράματα, σε ένα συμπέρασμα το οποίο θεωρούν αδιαμφισβήτητο. Η Επιστήμη στα σχολεία αντιμετωπίζεται συχνά υπό μια «θετικιστική σκοπιά,» ως ένα θέμα στο οποίο υπάρχουν καθαρές «ορθές απαντήσεις» και όπου τα δεδομένα οδηγούν σε αδιαμφισβήτητα συμφωνημένα συμπεράσματα (Driver κ.ά., 2000). Αυτό διαφέρει πολύ από το πώς η Επιστήμη αναπτύχθηκε και αναπτύσσεται. Ως παράδειγμα, μπορεί κάποιος να πάρει τις αντιλήψεις των ανθρώπων για το σύμπαν και το πώς αυτές διαμορφώθηκαν και εξελίχθηκαν από θεοκρατικές, σε αντιλήψεις οι οποίες έπρεπε να συνάδουν με τις παρατηρήσεις οι οποίες γίνονταν και αφορούσαν τις κινήσεις των πλανητών. Ο άνθρωπος, για να μεταβεί από το ένα εξελικτικό στάδιο στο επόμενο, έπρεπε να επιχειρηματολογήσει με όσους υποστήριζαν την επικρατούσα στην εποχή του άποψη, να παραθέσει στοιχεία και δεδομένα που να τεκμηριώνουν την άποψή του. Επομένως το σημείο των Norris και Phillips (2003), το οποίο αναφέρεται στη φύση της Επιστήμης (σημείο 8), επίσης παραπέμπει άμεσα στο επιχείρημα.

Το ίδιο υποστήριζαν και οι Newton, Driver και Osborne (1999). Γι' αυτούς, η Επιστήμη δεν αφορά μόνο παρατηρήσεις. Η δραστηριότητα «κλειδί» στην Επιστήμη είναι

η αξιολόγηση μιας υπόθεσης υπό το φως διαθέσιμων δεδομένων. Κατ' ακρίβεια, ο επιστήμονας καλείται να διακρίνει, ανάμεσα στις υπάρχουσες εναλλακτικές υποθέσεις, τις περισσότερο πειστικές εξηγήσεις για συγκεκριμένα φαινόμενα στον κόσμο.

Δίνει όμως η εκπαίδευση έμφαση στο επιχείρημα; Σύμφωνα με την έρευνα της Kuhn (1991), οι μαθητές πολύ σπάνια καλούνται να πάρουν θέση και να αναπτύξουν επιχειρήματα που να τεκμηριώνουν τις θέσεις τους.

Η Ενσωμάτωση στη Διδασκαλία της Επιστήμης της Ικανότητας της Επιχειρηματολογίας: Μια Άλλη Εισήγηση

Η Επιστήμη διδάσκεται στις περισσότερες χώρες κυρίως ως ένα σύνολο που αποτελείται από δεδομένα, γενικά αποδεκτές θεωρίες και αλγόριθμους για επίλυση προβλημάτων. Επιπρόσθετα, τα Αναλυτικά Προγράμματα υπερτονίζουν την κάλυψη πολλών θεμάτων – ενοτήτων, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την υποτίμηση της γνώσης που επεκτείνεται και προχωρεί σε βάθος (O'Neill & Polman, 2004).

Αυτό, όμως, διαφέρει από αυτό που πραγματικά είναι η Επιστήμη για έναν επιστήμονα. Ο επιστήμονας, όταν ασχολείται με την Επιστήμη του, ανάμεσα σε άλλα, θα πρέπει να επιχειρηματολογεί. Αναγκάζεται να επιχειρηματολογεί σε πολλά στάδια της εργασίας του και η επιχειρηματολογία που προτείνει έχει μεγάλη σημασία στο αποτέλεσμα της εργασίας του. Πιο συγκεκριμένα, όπως σημειώνουν και οι Driver κ.ά. (2000), ο επιστήμονας πρέπει να επιχειρηματολογεί σε τέσσερις διαφορετικές καταστάσεις: α) με τον εαυτό του, όταν προσπαθεί να σχεδιάσει ένα πείραμα ή να ερμηνεύσει δεδομένα, β) με ομάδες ερευνητών, όπου εναλλακτικές κατευθύνσεις της έρευνας αξιολογούνται υπό το φως των θεωρητικών πλαισίων και της εμπειρικής βάσης στην οποία εργάζονται, γ) με την επιστημονική κοινότητα, μέσω αλληλεπιδράσεων μεταξύ αντικρουόμενων θέσεων και δ) με το κοινό, για να εκθέσει τις θεωρίες του μέσω των μέσων μαζικής ενημέρωσης (περιοδικά, τηλεόραση κτλ.).

Η Simonneaux (2001) εισηγήθηκε μια νέα προσέγγιση, η οποία αποσκοπεί στην ένταξη του επιχειρήματος στην εκπαίδευση για την Επιστήμη, ώστε να διαφοροποιηθεί η υφιστάμενη κατάσταση. Αυτή η προσέγγιση προέκυψε από διάφορες αναλύσεις συστηματικών παρατηρήσεων σε τάξεις, οι οποίες έδειξαν πως ο διάλογος μεταξύ των

παιδιών είναι πολύ πιο αποδοτικός από την επίδειξη ή την επεξήγηση. Οι μελέτες αυτές ασχολήθηκαν, ανάμεσα σε άλλα, με τις στρατηγικές που χρησιμοποιούνται στο επιχείρημα και τις κοινωνικές διαδικασίες οι οποίες λαμβάνουν χώρα κατά τη διαδικασία αξιολόγησης της επιστημονικής γνώσης.

Όταν τα Αναλυτικά Προγράμματα και η διδασκαλία για την Επιστήμη δίνουν έμφαση στην παραγωγή και την αντιπαράθεση επιχειρημάτων, το ενδιαφέρον της διδακτικής πράξης αναμένεται να μετατοπιστεί από την επιφανειακή κάλυψη πολλών θεμάτων στη σε βάθος οικοδόμηση γνωστικών δομών.

Σκοπός της Έρευνας

Η παρούσα έρευνα αποσκοπεί στη διερεύνηση του βαθμού στον οποίο μαθητές της Δ' και της Ε' τάξης του Δημοτικού Σχολείου είναι σε θέση να επιχειρηματολογούν και τη διερεύνηση του βαθμού στον οποίο διάφοροι παράγοντες (τάξη, γενική γνωστική ικανότητα, Επιστημολογικό Επίπεδο, μεταβλητές που προέκυψαν από ερωτηματολόγιο στάσεων για το μάθημα της Επιστήμης και παράγοντες από ποιοτική ανάλυση) σχετίζονται με την ικανότητα των μαθητών να επιχειρηματολογούν. Αποσκοπεί ακόμα στην καταγραφή των χαρακτηριστικών και της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών, των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν, όταν καλούνται να επιχειρηματολογήσουν, συνεργαζόμενοι στο πλαίσιο δυαδικής αλληλεπίδρασης και το πώς αντιμετωπίζουν και αξιοποιούν τη συνεργασία, ώστε να επιχειρηματολογήσουν.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, αναμένεται να διαφανεί το επίπεδο στο οποίο οι μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων του Δημοτικού Σχολείου είναι σε θέση να επιχειρηματολογούν, να εντοπιστούν παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και παράγοντες που δυσκολεύουν τους μαθητές, όταν αυτοί καλούνται να επιχειρηματολογήσουν. Ακόμη, αναμένεται να διαφανεί ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές αντιμετωπίζουν και αξιολογούν διαφορετικές από τις δικές τους απόψεις και το πώς επιχειρηματολογούν, όταν έρθουν αντιμέτωποι με μια διαφορετική από τη δική τους άποψη, ιδιαίτερα όταν συνεργάζονται με συνομηλίκους εντός ολιγομελών ομάδων, για την εκτέλεση διαφόρων δραστηριοτήτων και πειραμάτων σχετικών με το μάθημα της Επιστήμης. Επίσης, αναμένεται να συγκεκριμενοποιηθούν οι τρόποι με τους οποίους

μαθητές Δημοτικού Σχολείου αξιολογούν και αξιοποιούν δεδομένα που λαμβάνονται από πειράματα, τόσο για να διαμορφώνουν τη δική τους άποψη, όσο και για να επιχειρηματολογούν υπέρ της δικής τους άποψης, υπέρ ή κατά των απόψεων άλλων.

Σημασία της Έρευνας

Η έρευνα αυτή επιδιώκει να συνεισφέρει στην κατανόηση της επιχειρηματολογίας που είναι ικανοί να αναπτύσσουν μαθητές Δημοτικού Σχολείου, η οποία, σύμφωνα με την Kuhn (1991) είναι θεμελιώδες συστατικό της κριτικής σκέψης. Για την Kuhn (1991), οι δεξιότητες επιχειρηματολογίας εδράζονται ξεκάθαρα στον πυρήνα της κριτικής σκέψης και συμβάλλουν στις προσπάθειες εντοπισμού των τρόπων με τους οποίους τα σχολεία μπορούν να ενισχύουν τις ικανότητες των μαθητών να σκέφτονται καλύτερα. Λόγω της σημασίας που αποδίδεται στην κριτική σκέψη, αυτή εντάχθηκε ως ένα από τα βασικά συστατικά του τρίτου πυλώνα των Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων της Κύπρου (2012). Σύμφωνα με αυτά, επιδιώκεται η διαμόρφωση του ανθρώπου που θα *«διαθέτει στο υψηλότερο δυνατό επίπεδο τις κομβικές ιδιότητες, ικανότητες και δεξιότητες που απαιτούνται στην κοινωνία του 21^{ου} αιώνα,»* οι οποίες περιλαμβάνουν, ανάμεσα σε άλλες, την κριτική σκέψη.

Η διερεύνηση της ικανότητας επιχειρηματολογίας των μαθητών είναι σημαντική, διότι η επιχειρηματολογία αποτελεί όχι μόνο αναπόσπαστο, αλλά και εξαιρετικά σημαντικό συστατικό στοιχείο της φύσης της Επιστήμης. Η Επιστήμη δε συνίσταται μόνο από τη δημιουργία υποθέσεων, το σχεδιασμό και την εκτέλεση πειραμάτων, τη λήψη δεδομένων από παρατηρήσεις. Από μόνα τους, τα συστατικά αυτά στοιχεία έχουν πολύ μικρή αξία. Η αξία τους αναδεικνύεται μέσα από την αξιοποίησή τους. Αξιοποίηση, η οποία γίνεται μέσα από την επιχειρηματολογία τόσο για τη σχετικότητα, την καταλληλότητα και την επάρκειά τους, όσο και για τον ισχυρισμό, το συμπέρασμα, το οποίο εξάγεται από αυτά και την εγκυρότητα της ερμηνείας, στην οποία καταλήγει κάποιος. Επομένως, τα αποτελέσματα της έρευνας θα συνεισφέρουν στην προσπάθεια βελτίωσης της διδασκαλίας της Επιστήμης, καλλιεργώντας τον επιστημονικό γραμματισμό των μαθητών.

Ιδιαίτερα σημαντική επιδιώκεται να είναι η συνεισφορά της έρευνας στην

κατανόηση της ικανότητας επιχειρηματολογίας, που αναπτύσσουν οι μαθητές, στο πλαίσιο δυνάδων, καθώς, όπως σημειώνει η Kuhn (1991), ο κοινωνικός διάλογος παρέχει έναν τρόπο εξωτερίκευσης των στρατηγικών εσωτερικής σκέψης. Ακόμη, η διερεύνηση της συμπεριφοράς των μαθητών, όταν καλούνται να συνεργαστούν με συνομήλικους, για να επιχειρηματολογήσουν, αναμένεται να συνεισφέρει στην κατανόηση του τρόπου που οι μαθητές αντιλαμβάνονται, διαχειρίζονται και αξιοποιούν τη συνεργασία, αλλά και το πώς αυτοί ανταποκρίνονται, ανάλογα με τη σύνθεση της ομάδας, στην οποία ανήκουν.

Τα αποτελέσματα της έρευνας θα βοηθήσουν στην αναθεώρηση των Αναλυτικών Προγραμμάτων, με σκοπό να δοθεί στην ανάπτυξη της ικανότητας επιχειρηματολογίας η θέση και η βαρύτητα η οποία εκπηγάει από τη σημασία που η επιχειρηματολογία έχει, στην καθημερινότητα των ανθρώπινων κοινωνιών, σε όλα τα επίπεδα: Σε διαπροσωπικό επίπεδο, όταν δύο άτομα συνδιαλέγονται ανταλλάσσοντας απόψεις και επιχειρήματα. Σε επίπεδο μικρών ομάδων, όταν τα μέλη τους συζητούν για κάποιο θέμα. Σε επίπεδο κοινωνικών ομάδων, μικρών (όπως τα άτομα μιας σχολικής κοινότητας) ή μεγάλων (όπως τα άτομα μιας εννορίας, μιας πόλης ή μιας χώρας), όταν ο πολιτικός λόγος διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο και όταν η λήψη αποφάσεων επηρεάζει όλη την κοινωνική ομάδα. Σε όλες τις περιπτώσεις, το κάθε άτομο θα πρέπει να έχει τα απαραίτητα εφόδια για να επιχειρηματολογεί και να κρίνει τα επιχειρήματα άλλων. Τα απαραίτητα εφόδια οφείλει να παρέχει σε όλους το σχολείο, μέσα από ειδικά σχεδιασμένα Αναλυτικά Προγράμματα, κατάλληλα διδακτικά εγχειρίδια και αποτελεσματικές εκπαιδευτικές δράσεις, οι οποίες θα εξυπηρετούν και θα υλοποιούν τους στόχους των Αναλυτικών Προγραμμάτων.

Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να αξιοποιηθούν στο σχεδιασμό προγραμμάτων προϋπηρεσιακής κατάρτισης και ενδοϋπηρεσιακής επιμόρφωσης εκπαιδευτικών. Τα προγράμματα αυτά θα ενημερώνουν τους υποψήφιους και τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς για τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές, όταν καλούνται να επιχειρηματολογήσουν, το επίπεδο επιχειρηματολογίας στο οποίο οι μαθητές μπορούν να φτάσουν και θα δίνουν στους εκπαιδευτικούς – υποψήφιους και εν ενεργεία – απαραίτητα εφόδια, για να σχεδιάζουν και να υλοποιούν οι ίδιοι τις δικές τους εκπαιδευτικές προτάσεις και δράσεις, οι οποίες θα στοχεύουν στην ενίσχυση της επιχειρηματολογίας των μαθητών. Θα τους καθιστά ακόμη ικανούς να αναλαμβάνουν ηγετικό, συντονιστικό ή συμβουλευτικό ρόλο στα σχολεία τους, ώστε η επιχειρηματολογία να αποτελεί διδακτική προτεραιότητα.

Καινοτομία της Έρευνας

Στη βιβλιογραφία υπάρχει πληθώρα προτάσεων αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας. Η παρουσία πολλών διαφορετικών προτάσεων αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας έχει, ως αποτέλεσμα, να μην μπορεί να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των ερευνών, επειδή η καθεμιά αξιολογεί την επιχειρηματολογία με διαφορετικό τρόπο. Η έρευνα προτείνει ένα καινοτόμο μοντέλο αξιολόγησης της ικανότητας επιχειρηματολογίας, το οποίο συνδυάζει δύο γνωστά μοντέλα, και στηρίζεται σε αντικειμενικές μετρήσεις, επιδιώκοντας να είναι πιο έγκυρο, από όσα μοντέλα έχουν προταθεί.

Για τη μέτρηση της ικανότητας επιχειρηματολογίας των μαθητών, σχεδιάστηκαν και εκτελέστηκαν πρωτότυπα σενάρια πειραμάτων βύθισης/πλεύσης, συμβατά με τις σύγχρονες αντιλήψεις για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στο πρώτο σενάριο, εξετάστηκε η διαφοροποίηση της θέσης ισορροπίας αντικειμένων σε νερό με κριτήριο τη μάζα τους, καθώς όλες οι άλλες μεταβλητές, που επηρέαζαν, διατηρήθηκαν σταθερές. Στο δεύτερο σενάριο, εξετάστηκε η διαφοροποίηση της θέσης ισορροπίας αντικειμένων σε νερό με κριτήριο τον όγκο τους, όταν όλες οι άλλες μεταβλητές, οι οποίες επηρεάζουν τη βύθιση/πλεύση των αντικειμένων διατηρούνται σταθερές. Το τρίτο σενάριο, αφορούσε επέκταση των δύο προηγούμενων, καθώς οι δύο μεταβλητές, μάζα και όγκος, συνδυάστηκαν. Το τέταρτο σενάριο ήταν δυσκολότερο των προηγούμενων, επειδή ήταν απαραίτητο για τους μαθητές να αναλάβουν πρωτοβουλίες, σχεδιάζοντας και εκτελώντας δικά τους πειράματα, ώστε να μπορέσουν να διερευνήσουν πώς μία τρίτη μεταβλητή, το είδος του υγρού, επηρεάζει τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων, που τοποθετούνται σε δοχείο με υγρό.

Εντοπίστηκαν παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται με την ικανότητα επιχειρηματολογίας των μαθητών. Οι παράγοντες αυτοί θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο κατά το σχεδιασμό Αναλυτικών Προγραμμάτων, όσο και κατά την εφαρμογή τους στην τάξη, ώστε να ενισχύεται η ικανότητα των μαθητών να επιχειρηματολογούν.

Οργάνωση της Διατριβής

Στο δεύτερο κεφάλαιο της διατριβής γίνεται επισκόπηση της βιβλιογραφίας, η οποία σχετίζεται με την ικανότητα επιχειρηματολογίας. Δίνεται ο ορισμός του επιχειρήματος, και η σχέση του με τον άτυπο συλλογισμό. Παρουσιάζονται έρευνες, οι οποίες ασχολήθηκαν με την επιχειρηματολογία μαθητών, χωρισμένες σε τρεις ομάδες: α) Έρευνες που καταγράφουν τις δυσκολίες, που αντιμετωπίζουν οι μαθητές, όταν καλούνται να επιχειρηματολογήσουν. β) Έρευνες, οι οποίες αξιολογούν τη βελτίωση της επιχειρηματολογίας μαθητών, ως αποτέλεσμα κάποιας διδακτικής παρέμβασης. γ) Έρευνες, που αποσκοπούν στην κατηγοριοποίηση των επιχειρημάτων των μαθητών και στην ιεράρχηση των κατηγοριών αυτών, με κριτήριο την ποιότητα, την εγκυρότητα ή/και την πειστικότητα των επιχειρημάτων, που περιλαμβάνουν.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία, η οποία ακολουθήθηκε στην έρευνα. Πιο συγκεκριμένα, σημειώνονται το δείγμα, τα έργα που χρησιμοποιήθηκαν και ο τρόπος μετάφρασης και χορήγησής τους, και η δομή των συνεντεύξεων, που πραγματοποιήθηκαν. Σημειώνονται, επίσης, τα ερευνητικά ερωτήματα, που απασχόλησαν την έρευνα και αναφέρονται οι αναλύσεις, που έγιναν, ώστε να απαντηθούν.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρατίθενται οι αναλύσεις των δεδομένων της έρευνας και αναφέρονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών.

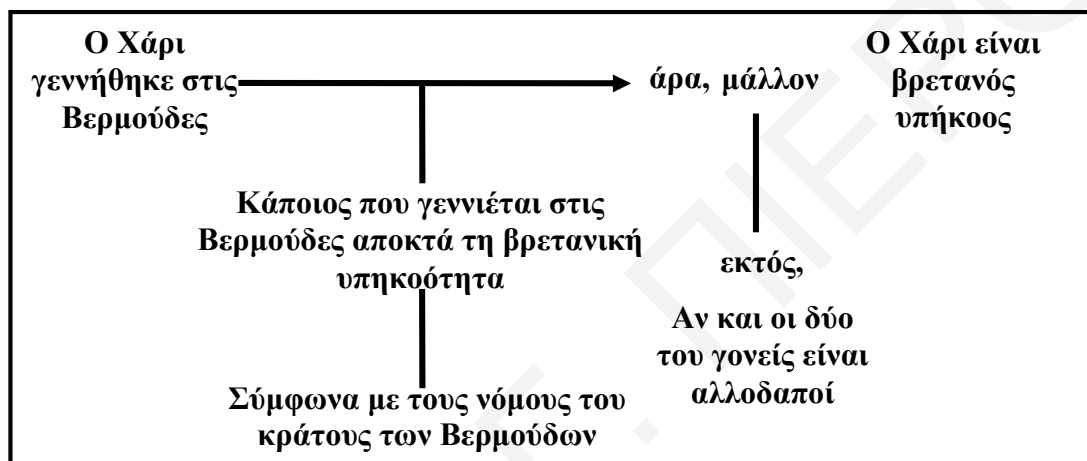
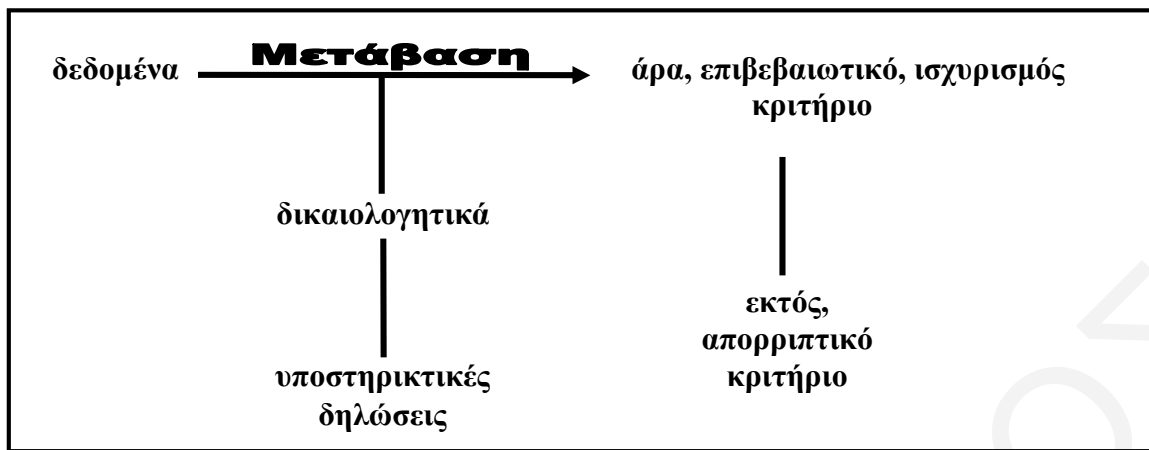
Στο πέμπτο κεφάλαιο σημειώνονται τα συμπεράσματα της έρευνας και γίνονται εισηγήσεις για μελλοντικές έρευνες.

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η ικανότητα της επιχειρηματολογίας μόνο πολύ πρόσφατα έχει συμπεριληφθεί στο ενδιαφέρον της έρευνας και θεωρείται ως πολύ σημαντικό στοιχείο στη μάθηση για την Επιστήμη (Osborne, Erduran, & Simon, 2004). Στη βιβλιογραφία, γίνεται πολύ συχνά αναφορά στον ορισμό που έδωσε ο Toulmin (1958) για το επιχειρήμα. Το βιβλίο του «Οι χρήσεις του επιχειρήματος» (*The Uses of Argument*) θεωρείται ως η αρχή της ανάπτυξης της έννοιας του επιχειρήματος στη σύγχρονη βιβλιογραφία, επειδή επρότεινε τη διάκριση του επιχειρήματος από τη Λογική, όπως αυτή διδασκόταν και συνεχίζει να διδάσκεται. Οι Driver κ.ά. (2000) αναφέρθηκαν συγκεκριμένα στη «θεωρία της επιχειρηματολογίας» (argumentation theory), η οποία άρχισε να αναπτύσσεται με το βιβλίο του Toulmin και βρίσκεται σε διαρκή ανάπτυξη για δεκαετίες. Ο van Eemeren (2003), στον πρόλογο της αναθεωρημένης έκδοσης του βιβλίου του Toulmin (2003), τόνισε ότι ο συγγραφέας πρότεινε με το βιβλίο του μια μάλλον διαδικαστική παρά τυπική εξέταση της εγκυρότητας ενός επιχειρήματος. Στην περίπτωση που ακολουθείται η διαδικαστική εξέταση, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την αξιολόγηση κάθε επιχειρήματος το περιεχόμενο στο οποίο αυτό εντάσσεται. Αντιθέτως, στην περίπτωση που ακολουθείται η τυπική εξέταση, την οποία χρησιμοποιεί η Λογική, θεωρείται πως όλα τα επιχειρήματα μπορούν να κριθούν μέσα από ένα ενιαίο σύστημα κανόνων (norms).

Στην περίπτωση της Λογικής, το περιεχόμενο στο οποίο εντάσσεται ένα επιχειρήμα δεν επηρεάζει την εγκυρότητά του. Επομένως, μπορούν να τίθενται κανόνες ανεξάρτητοι με βάση τους οποίους να κρίνεται η εγκυρότητα του επιχειρήματος. Ο van Eemeren (2003) ισχυρίστηκε επίσης ότι ο Toulmin (1958) πρότεινε πως, κατά την εξέταση της εγκυρότητας ενός επιχειρήματος, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το περιεχόμενο στο οποίο αυτό εντάσσεται. Διαφορετικά κρίνεται, για παράδειγμα, ένα επιχειρήμα νομικής φύσης από ένα επιχειρήμα πολιτικό ή από ένα επιχειρήμα που αφορά το φυσικό κόσμο (επιστημονικό).

Ο Toulmin (1958) καθόρισε επίσης τα βασικά δομικά στοιχεία ενός επιχειρήματος, τα οποία ταυτόχρονα σχηματοποίησε. Αυτά παρουσιάζονται στο Σχήμα 1. Για τον Toulmin (1958), η απλούστερη μορφή ενός επιχειρήματος θεωρείται η μετάβαση, το βήμα, από κάποιο δεδομένο (data) σε έναν ισχυρισμό (claim). Στο Σχήμα 1, το βήμα αυτό



Σχήμα 1. Τα Δομικά Στοιχεία Ενός Επιχειρήματος (Toulmin, 1958)

παρουσιάζεται με τη μορφή ενός βέλους. Όταν η μετάβαση αυτή αμφισβητηθεί, αν υποστηριχθεί δηλαδή πως τα δεδομένα που έχουν χρησιμοποιηθεί δεν οδηγούν στον ισχυρισμό που έχει προταθεί (ίσως επειδή είναι μη σχετικά ή ανεπαρκή), τότε το άτομο που προβάλλει το επιχειρήμα καλείται να παραθέσει κάποια δικαιολογητικά (warrants), τα οποία να καθιστούν τη μετάβαση δικαιολογημένη. Αλλά ακόμη και αυτά τα δικαιολογητικά θα μπορούσε κάποιος να τα αμφισβητήσει. Αν γίνει αυτό, τότε αυτός που επιχειρηματολογεί καλείται να προτείνει κάποια επιπρόσθετα δικαιολογητικά. Αν φυσικά όλα τα δικαιολογητικά που προτείνονται αμφισβητηθούν, τότε δεν είναι δυνατή η εξαγωγή οποιουδήποτε συμπεράσματος. Είναι ενδεχόμενο να γίνει αναφορά και σε κάποιες υποστηρικτικές δηλώσεις (backings), οι οποίες ενισχύουν τα δικαιολογητικά. Οι υποστηρικτικές αυτές δηλώσεις θεωρούνται γενικά αποδεκτές και παρέχουν στήριξη στα δικαιολογητικά. Το τελευταίο δομικό στοιχείο ενός επιχειρήματος είναι εκείνο που θα καθορίσει το βαθμό στον οποίο ο ισχυρισμός που έχει προβληθεί είναι ορθός ή αν είναι λανθασμένος. Αυτό γίνεται με τα επιβεβαιωτικά και τα απορριπτικά κριτήρια (qualifiers και rebuttals), αντίστοιχα.

Ένα επιχείρημα, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα προηγούμενα στοιχεία, θα μπορούσε να είναι το ακόλουθο:

Ο Χάρι γεννήθηκε στις Βερμούδες (data, δεδομένο). Κάποιος που γεννιέται στις Βερμούδες αποκτά τη Βρετανική υπηκοότητα (warrant, δικαιολογητικό) σύμφωνα με τους νόμους του κράτους ή άλλες νομικές διατάξεις (backings, υποστηρικτικές δηλώσεις). Επομένως ο Χάρι μάλλον είναι (qualifier, επιβεβαιωτικό κριτήριο) Βρετανός υπήκοος (claim, ισχυρισμός) (Toulmin, 1958, σελ. 94).

Στην περίπτωση που το επιχείρημα περιλαμβάνει απορριπτικό αντί επιβεβαιωτικό κριτήριο, αυτό μετατρέπεται ως εξής:

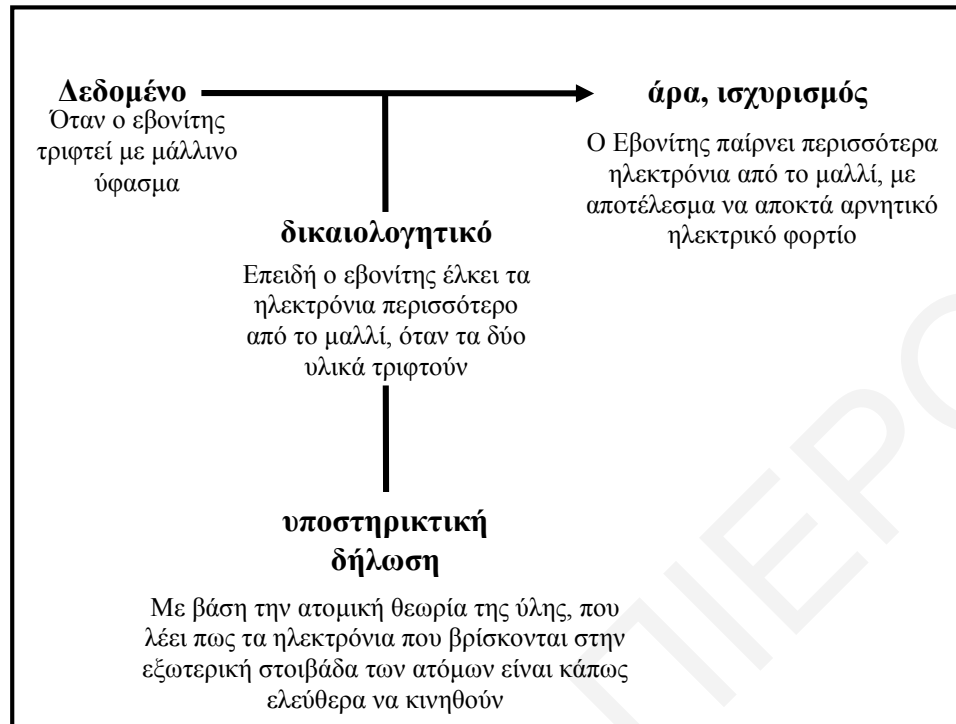
Ο Χάρι γεννήθηκε στις Βερμούδες (data, δεδομένο). Κάποιος που γεννιέται στις Βερμούδες αποκτά τη βρετανική υπηκοότητα (warrant, δικαιολογητικό) σύμφωνα με τους νόμους του κράτους ή άλλες νομικές διατάξεις (backings, υποστηρικτικές δηλώσεις). Επομένως, αν και οι δύο γονείς του είναι αλλοδαποί (rebuttal, απορριπτικό κριτήριο), ο Χάρι δεν είναι βρετανός υπήκοος (claim, ισχυρισμός)» (Toulmin, 1958, σελ. 94).

Πέρα από το παράδειγμα που παρατίθεται στο βιβλίο του Toulmin (1958), το οποίο συναντάται πολύ συχνά στη βιβλιογραφία που αφορά το επιχείρημα, κρίνεται σκόπιμο να παρατεθεί και ένα δεύτερο παράδειγμα, από το χώρο της Επιστήμης. Το παράδειγμα αυτό είναι παρμένο από την ενότητα του στατικού ηλεκτρισμού και αφορά την ηλεκτρική φόρτιση ράβδου εβονίτη με τριβή. Είναι το εξής:

Επειδή ο εβονίτης έλκει τα ηλεκτρόνια περισσότερο από το μαλλί (warrant, δικαιολογητικό), όταν τα δύο υλικά τριφτούν (data, δεδομένο), σύμφωνα με την ατομική θεωρία της ύλης, που λέει πως τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στην εξωτερική στοιβάδα των ατόμων είναι κάπως ελεύθερα να κινηθούν (backing, υποστηρικτική δήλωση), ο εβονίτης παίρνει περισσότερα ηλεκτρόνια από το μαλλί, με αποτέλεσμα να αποκτά αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο (claim, ισχυρισμός)» (Russell, 1983).

Το επιχείρημα αυτό παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.

Ο ορισμός που πρότεινε ο Toulmin (1958) για το επιχείρημα, αν και χρησιμοποιείται από πολλούς ερευνητές, έχει υποστεί κριτική. Αναφέρονται ενδεικτικά οι Driver κ.ά. (2000), οι οποίοι σημείωσαν πως, όταν κάποιος επιχειρηματολογεί, συχνά δεν αναφέρει στοιχεία – μέρη του επιχειρήματός του, όπως τα δικαιολογητικά (warrants), αλλά τα εννοεί. Ακόμη σημείωσαν πως υπάρχει το ενδεχόμενο να μην αναφέρονται όλα τα στοιχεία (points) λεκτικά, καθώς μπορεί κάποιος να κάνει κάποια χειρονομία, να δείξει κάποιο αντικείμενο κτλ.



Σχήμα 2. Ανάλυση Επιστημονικού Επιχειρήματος με Βάση τα Δομικά Στοιχεία του Επιχειρήματος (Russell, 1983)

Σχέση Άτυπου Συλλογισμού και Επιχειρηματολογίας

Οι Brickell, Ferry και Harper (2002) προσδιόρισαν τον άτυπο συλλογισμό (informal reasoning) ως τη διαδικασία που αφορά την αξιολόγηση δεδομένων προκειμένου να υποστηριχθεί ένας ισχυρισμός ή ένα συμπέρασμα στα πλαίσια μιας κατάστασης λύσης προβλήματος. Οι Means και Voss (1996) θεώρησαν τον άτυπο συλλογισμό ως τη διαδικασία που εξαρτάται από κάποιο σκοπό και η οποία εμπεριέχει τη δημιουργία ή την αξιολόγηση, ή και τα δύο, ενός δεδομένου, το οποίο αφορά έναν ισχυρισμό ή ένα συμπέρασμα.

Από τους ορισμούς αυτούς φαίνεται πόσο κοντινές είναι οι έννοιες άτυπος συλλογισμός και επιχειρηματολογία, αφού στον ορισμό τους και οι δύο περιλαμβάνουν τις έννοιες δεδομένα, ισχυρισμός, συμπέρασμα. Τη σχέση των δύο εννοιών εξέτασαν οι van Gelder και Bulka (2000). Γι' αυτούς, ο άτυπος συλλογισμός σχετίζεται στενά με την άτυπη

λογική και την επιχειρηματολογία. Η επιχειρηματολογία είναι η εφαρμογή του άτυπου συλλογισμού σε προσπάθειες επίλυσης φιλονικιών. Για να γίνει πιο σαφής η έννοια του άτυπου συλλογισμού, πρότειναν αντιπαραβολή με τον τυπικό συλλογισμό, ο οποίος παρατηρείται στα μαθηματικά, στην πληροφορική και σε παιχνίδια, όπως το σκάκι. Ο άτυπος συλλογισμός αφορά δραστηριότητες, όπως ο διαχωρισμός αρχικών ισχυρισμών από τους λόγους / αιτίες ή τα δεδομένα που τους υποστηρίζουν, η υποστήριξη ισχυρισμών από λόγους / αιτίες, η αξιολόγηση της ποιότητας των λόγων / αιτιών, η άσκηση κριτικής σε άλλους λόγους / αιτίες, η απόρριψη της αμφισβήτησης κάποιου επιχειρήματος και η ολική αξιολόγηση ενός ισχυρισμού.

Τη στενή σχέση επιχειρηματολογίας – άτυπου συλλογισμού υιοθέτησαν και οι Zohar και Nemet (2002). Γι' αυτούς, η επιχειρηματολογία κατέχει κεντρικό μέρος του άτυπου συλλογισμού και οι δεξιότητες επιχειρηματολογίας αξιοποιούνται συχνά στην καθημερινή ζωή, καθώς οι άνθρωποι συμμετέχουν, ακούν ή αξιολογούν επιχειρήματα. Επομένως, ο άτυπος συλλογισμός είναι ο συλλογισμός που λαμβάνει χώρα έξω από τα τυπικά περιεχόμενα των μαθηματικών και της συμβολικής λογικής. Αφορά το συλλογισμό για τις αιτίες και τις συνέπειες, για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα συγκεκριμένων δηλώσεων ή εναλλακτικών αποφάσεων, που πρέπει να ληφθούν για δεδομένη κατάσταση. Με την άποψη αυτή συμφωνούν αρκετοί ερευνητές, οι οποίοι φαίνεται να συμφωνούν επίσης ότι ο άτυπος συλλογισμός συνήθως παρατηρείται, όταν τα άτομα βρίσκονται στην ανάγκη να πάρουν αποφάσεις ή να κρίνουν καταστάσεις σχετικές με κοινωνικο-επιστημονικά καθημερινά θέματα και σε μη αυστηρά δομημένα και ανοικτού περιεχομένου θέματα ή καταστάσεις (Chang & Chiu, 2008).

Η έρευνα που έγινε σε διάφορα θέματα του αναλυτικού προγράμματος υποστηρίζει την άποψη πως η μελέτη της ικανότητας της επιχειρηματολογίας μπορεί να αξιοποιηθεί ως ένας αποτελεσματικός τρόπος αξιολόγησης του άτυπου συλλογισμού ενός ατόμου (Kuhn, 1991). Αυτό αξιοποίησαν και οι Means και Voss (1996), οι οποίοι έθεσαν ορισμένα ερωτήματα και αξιολόγησαν τον άτυπο συλλογισμό των μαθητών, με βάση τον τρόπο που επιχειρηματολογούν. Καλή επιχειρηματολογία θεωρήθηκε ένδειξη άτυπου συλλογισμού υψηλού επιπέδου. Αυτό ενισχύει τη σημασία που έχουν οι ικανότητες επιχειρηματολογίας στην εκπαίδευση.

Επιστημολογικές Πεποιθήσεις

Η επιστημολογία είναι μια περιοχή της φιλοσοφίας, που ενδιαφέρεται για τη φύση και την αιτιολόγηση της ανθρώπινης γνώσης (Hofer & Pintrich, 1997). Στην ερευνητική βιβλιογραφία, γίνεται ευρέως αποδεκτός ο ορισμός των επιστημολογικών πεποιθήσεων, ως των πεποιθήσεων που έχουν τα άτομα για τη φύση της γνώσης και τις διαδικασίες της μάθησης (Hofer, 2001· Weinstock & Cronin, 2003· Stathopoulou & Vosniadou, 2007· Πολυχρόνη, 2009). Οι Mason και Boscolo (2004) έδωσαν ένα διαφορετικό, πιο επεξηγηματικό ορισμό στις επιστημολογικές πεποιθήσεις, χωρίς, όμως, ο ορισμός τους να διαφοροποιείται ουσιαστικά από τον ορισμό, που γίνεται ευρέως αποδεκτός. Για τους Mason και Boscolo (2004), επιστημολογικές πεποιθήσεις είναι οι πεποιθήσεις για την οργάνωση και την πηγή της γνώσης, η αληθινή αξία της γνώσης και τα κριτήρια τεκμηρίωσης των ισχυρισμών (assertions). Οι επιστημολογικές πεποιθήσεις σχετίζονται με τη μάθηση με διάφορους τρόπους, επηρεάζουν το συλλογισμό και τις κρίσεις μας σε όλη μας τη ζωή και έχουν επιρροές στη διδασκαλία (Hofer, 2001).

Η επιστημολογία σχετίζεται άμεσα με την επιχειρηματολογία, αφού κάποιος, που δεν αναγνωρίζει πως κάθε θέμα – ζήτημα μπορεί εξεταστεί υπό δύο ή περισσότερες οπτικές γωνίες, δεν είναι σε θέση να παράγει πιθανά εναλλακτικά επιχειρήματα, ούτε να νιώθει την ανάγκη να εξηγήσει, γιατί κάποιος μπορεί να επιλέξει μία από τις πιθανές θεωρίες για το θέμα – ζήτημα. Αντιθέτως, κάποιος, που αναγνωρίζει τις απαιτήσεις αυτές της παραγωγής της γνώσης, είναι σε θέση να παράγει επιχειρήματα, τα οποία να στηρίζονται σε τεκμήρια, που παρουσιάζουν το πώς λαμβάνουν υπόψη τις διάφορες εναλλακτικές θεωρίες (Weinstock, Neuman, & Tabak, 2004).

Η πρώτη φορά, που στη βιβλιογραφία καταγράφηκε ο όρος «επιστημολογία,» ήταν το 1950, όταν ο Piaget χρησιμοποίησε τον όρο γενετική επιστημολογία στη θεωρία της γνωστικής ανάπτυξης (Hofer & Pintrich, 1997· Πολυχρόνη, 2009), θέτοντας τη διερεύνηση της ανάπτυξης των εννοιών της γνώσης και της μάθησης του ατόμου στο κέντρο της εργασίας του (Hofer, 2001).

Ως αρχή, όμως, της μελέτης των επιστημολογικών πεποιθήσεων, σύμφωνα με τους περισσότερους ερευνητές, θεωρείται η εργασία του Perry (Hofer, 2001· Weinstock & Cronin, 2003· Πολυχρόνη, 2009). Ακολούθησαν πολλοί ερευνητές, οι οποίοι ασχολήθηκαν με τη μελέτη των επιστημολογικών πεποιθήσεων. Στη βιβλιογραφία, γίνεται αποδεκτή η άποψη ότι οι ερευνητικές εργασίες, που ασχολήθηκαν με τη φύση και τη δομή των

επιστημολογικών πεποιθήσεων, μπορούν να χωριστούν σε τρεις ομάδες (Hofer, 2001· Hofer & Pintrich, 1997· Πολυχρόνη, 2009· Stathopoulou & Vosniadou, 2007): σε όσες αποδέχονται ότι οι επιστημολογικές πεποιθήσεις διαφοροποιούνται εξελικτικά, σε όσες θεωρούν ότι η επιστημολογία αποτελείται από ένα σύστημα μικρού αριθμού, ανεξάρτητων διαστάσεων και σε όσες θεωρούν ότι η επιστημολογία αποτελείται από ένα σύστημα διακριτών, αλλά αλληλένδετων διαστάσεων.

Στην πρώτη ομάδα ερευνών, η οποία είναι και η πολυπληθέστερη, θεωρείται πως τα άτομα, σε ότι αφορά τις πεποιθήσεις τους για τη γνώση και τη μάθηση, αναπτύσσονται μέσα από μια σειρά σταδίων (Hofer, 2001). Για τους ερευνητές, που ακολουθούν τη θεωρία της εξελικτικής διαφοροποίησης της επιστημολογίας, τα άτομα, που εντάσσονται στο χαμηλότερο επίπεδο επιστημολογίας, θεωρούν τη γνώση ως απλή, απόλυτη και βέβαιη. Επομένως, γι' αυτά, η γνώση μπορεί να μεταβιβάζεται από αυθεντίες, όπως ο/η εκπαιδευτικός. Στο άλλο άκρο, τα άτομα, που εντάσσονται στο υψηλότερο επίπεδο επιστημολογίας, συνειδητοποιούν ότι η γνώση είναι λιγότερο βέβαιη, πολυσύνθετη, περιλαμβάνει εμφανώς αντιφατικές πλευρές και διαμορφώνεται με βάση την αξιολόγηση των διαφόρων πλευρών (Πολυχρόνη, 2009). Οι Kuhn, Wang και Li (2010), υποστήριξαν πως, κατά το τέλος της εφηβικής ηλικίας, πολλοί, αλλά όχι όλοι, υιοθετούν την αντικειμενική διάσταση της γνώσης και επιτυγχάνουν να κατανοούν ότι, παρόλο που ο καθένας έχει το δικαίωμα να έχει την άποψή του, μερικές απόψεις είναι περισσότερο ορθές από άλλες, στο βαθμό που στηρίζονται σε επιχειρήματα και τεκμήρια. Η αιτιολόγηση μιας πεποίθησης γίνεται κάτι περισσότερο από μια προσωπική προτίμηση. Στο Επιστημολογικό Επίπεδο, συνεχίζουν οι Kuhn κ.ά. (2011), η κατανόηση συνίσταται από κρίσεις, οι οποίες απαιτούν υποστήριξη σε ένα πλαίσιο από εναλλακτικές απόψεις, τεκμήρια και επιχειρήματα. Στην πρώτη ομάδα των ερευνών, σύμφωνα με τη Hofer (2001), εντάσσονται πέντε κύρια μοντέλα, τα οποία περιγράφουν τα επίπεδα από τα οποία περνούν τα άτομα. Προτάθηκαν από τους: Perry (1970, 1981), Belenky, Clinchy, Goldberger και Tarule (1986), Baxter Magolda (1992), King και Kitchener (1994) και Kuhn (1991). Τα μοντέλα αυτά έχουν παρόμοιες καταβολές και παράλληλες τροχιές, όμως έχουν και σημαντικά σημεία, που τα διαφοροποιούν το καθένα από τα υπόλοιπα (Hofer, 2001). Τη σύγκριση και την αντιπαραβολή των επιπέδων των μοντέλων έκαναν οι Hofer και Pintrich (1997), για να αναδείξουν τόσο τις ομοιότητες, όσο και τις διαφοροποιήσεις των μοντέλων. Αυτή συνοψίζεται στον Πίνακα 1. Όλα τα μοντέλα συγκλίνουν στο ότι τα άτομα, στην αρχή, περνούν μια περίοδο σοβαρού υποκειμενισμού. Αυτή την περίοδο, τη διαδέχεται μια περίοδος, στην οποία το άτομο αναπτύσσει την ικανότητα να αναγνωρίζει τα σχετικά

Πίνακας 1

Σύγκριση Μοντέλων Επιστημολογικής Ανάπτυξης στα Τέλη της Εφηβικής Ηλικίας και στην Ενήλικη Ζωή

Πνευματική και ηθική ανάπτυξη – Intellectual and ethical development (Perry, 1970, 1981)	Γυναικείος τρόπος της γνώσης – Women's ways of knowing (Belenky κ.ά., 1986)	Επιστημολογικός στοχασμός – Epistemological reflection (Baxter Magolda, 1992)	Στοχαστική κρίση – Reflective judgment (King & Kitchener, 1994)	Επιχειρηματικός συλλογισμός – Argumentative reasoning (Kuhn, 1991)
Δυσισμός (Dualism)	Σιωπή (Silence)	Απόλυτη μάθηση (Absolute knowing)	Προ-στοχαστική σκέψη (Pre-reflective thinking)	Επίπεδο της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης (Absolutists)
Πολλαπλότητα (Multiplicity)	Λήψη γνώσης (Received knowledge) Υποκειμενική γνώση (Subjective knowledge)	Μεταβατική μάθηση (Transitional knowing)	Ημι-στοχαστική σκέψη (Quasi-reflective thinking)	Επίπεδο της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης (Multiplists)
Σχετικισμός (Relativism)	Διαδικαστική γνώση (α) Συνδεδεμένη γνώση (β) Χωριστή γνώση (Procedural knowing (a) Connected knowing (b) Separate knowing)	Ανεξάρτητη μάθηση (Independent knowing)		Επίπεδο της υπό Αξιολόγηση Γνώσης (Evaluativists)
Δέσμευση εντός του σχετικισμού (Commitment within relativism)	Οικοδομημένη γνώση (Constructed knowledge)	Γνώση εντός περιεχομένου (Contextual knowing)	Στοχαστική σκέψη (Reflective thinking)	

Hofer και Pintrich (1997)

προτερήματα των διαφόρων οπτικών γωνιών, υπό τις οποίες μπορεί να αντιμετωπίζεται ένα θέμα και αρχίζει να διακρίνει το ρόλο που διαδραματίζουν τα τεκμήρια στην υποστήριξη της άποψης κάποιου. Στο τελευταίο στάδιο, η γνώση οικοδομείται ενεργά από το άτομο, η γνώση και η αλήθεια εξελίσσονται και η μάθηση συντονίζεται με την αιτιολόγηση. Όλοι οι ερευνητές, που έχουν προτείνει αναπτυξιακά μοντέλα επιστημολογίας, τονίζουν πως τα άτομα δεν περνούν αυστηρά, με τη σειρά, από όλα τα επίπεδα επιστημολογίας, από το χαμηλότερο στο υψηλότερο (Hofer, 2001).

Η δεύτερη ομάδα ερευνών άρχισε να αναπτύσσεται με την εργασία της Schommer (1990, 1993), η οποία θεωρεί πως η επιστημολογία αποτελείται από πέντε διαστάσεις: τη σταθερότητα της γνώσης, τη δομή της γνώσης, την πηγή της γνώσης, την ταχύτητα απόκτησης – κατάκτησης της γνώσης και τον έλεγχο απόκτησης – κατάκτησης της γνώσης. Σύμφωνα με τις Stathoroulou και Vosniadou (2007), όσες έρευνες ακολουθούν τη γραμμή της Schommer, θεωρούν την προσωπική επιστημολογία ως ένα σύστημα μικρού αριθμού διαστάσεων, οι οποίες είναι λίγο – πολύ ανεξάρτητες η μία από την άλλη και οι οποίες αναπτύσσονται όχι απαραίτητα συγχρόνως.

Στην τρίτη ομάδα ερευνών, εντάσσονται όσες θεωρούν πως η προσωπική επιστημολογία μπορεί να θεωρείται ως μια προσωπική θεωρία, την οποία κατέχει το άτομο και η οποία αποτελείται από ένα σύστημα διακριτών, αλλά αλληλένδετων διαστάσεων (Stathoroulou & Vosniadou, 2007). Διαφοροποιούνται, δηλαδή, από τις έρευνες της δεύτερης ομάδας στη σύνδεση, που θεωρούν ότι υπάρχει ανάμεσα στις διαφορετικές διαστάσεις, που αποτελούν την επιστημολογία.

Πέρα από τις έρευνες, που ασχολήθηκαν με τη φύση και τη δομή των επιστημολογικών πεποιθήσεων, στην ερευνητική βιβλιογραφία υπάρχουν και άλλες έρευνες, που ασχολήθηκαν με τη σχέση που έχουν οι επιστημολογικές πεποιθήσεις με άλλους παράγοντες. Από μια σύνοψη των ερευνών, που έκαναν οι Weinstock και Cronin (2003), φάνηκε πως υπάρχει σχέση μεταξύ του Επιστημολογικού Επίπεδου και επιπέδου εκπαίδευσης – μόρφωσης, και ότι η εκπαίδευση επηρεάζει την ανάπτυξη της επιστημολογίας των ατόμων. Αντιθέτως, οι Weinstock και Cronin (2003) σημείωσαν πως οι μελέτες, που διερεύνησαν τη σχέση του φύλου με το Επιστημολογικό Επίπεδο, δεν έχουν δώσει σαφή αποτελέσματα για το αν τα δύο φύλα διαφέρουν ως προς τις επιστημολογικές τους πεποιθήσεις. Παρατίθενται στη συνέχεια, ενδεικτικά, τα αποτελέσματα τεσσάρων ερευνών, που διερεύνησαν τη σχέση των επιστημολογικών πεποιθήσεων με διάφορους παράγοντες.

Από την έρευνα των Weinstock και Cronin (2003), η οποία έγινε με 180 υποψήφιους ένορκους, 19 – 73 χρόνων, προέκυψε πως το Επιστημολογικό Επίπεδο και όχι η μόρφωση, η ηλικία ή το φύλο, μπορούσε να προβλέψει την ικανότητα συλλογισμού των ενόρκων και το βαθμό βεβαιότητας για την ετυμηγορία τους. Επίσης, προέκυψε πως το Επιστημολογικό Επίπεδο των συμμετεχόντων σχετιζόταν με τη γενική ικανότητά τους να παράγουν επιτυχή επιχειρήματα. Οι Weinstock και Cronin (2003) βρήκαν πως συγκεκριμένες δεξιότητες συλλογισμού είναι οι καλύτεροι προβλεπτικοί παράγοντες της βασικής και επιτυχούς

επιχειρηματολογίας. Το Επιστημολογικό Επίπεδο, μέσω της επίδρασης που έχει στις επιδόσεις των ατόμων στις δεξιότητες αυτές, επηρεάζει τη γενική ικανότητα των ατόμων να επιχειρηματολογούν.

Επίσης, προέκυψε πως το Επιστημολογικό Επίπεδο, μέσω της προβλεπτικής ικανότητάς του για την ικανότητα συλλογισμού, ήταν καλύτερος προβλεπτικός παράγοντας της ικανότητας επιχειρηματολογίας από τη βεβαιότητα για την ορθότητα της δικαστικής απόφασης και την ποιότητα των τεκμηρίων που χρησιμοποιήθηκαν στην επιχειρηματολογία για τη λήψη της απόφασης.

Η έρευνα των Valanides και Angeli (2005) διερεύνησε τις επιδράσεις της διδασκαλίας των αρχών κριτικής σκέψης στις επιστημολογικές πεποιθήσεις 108 προπτυχιακών φοιτητών, κατά πόσον αυτές οι επιδράσεις είχαν σχέση με μεθόδους διδασκαλίας, που χρησιμοποίησαν και κατά πόσον υπήρχε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των μεθόδων διδασκαλίας και των επιστημολογικών πεποιθήσεων των φοιτητών. Οι συμμετέχοντες μοιράστηκαν, με τυχαίο τρόπο, σε τρεις ισάριθμες ομάδες. Σε κάθε ομάδα, η διδασκαλία των αρχών κριτικής σκέψης έγινε με διαφορετική μέθοδο. Στην πρώτη ομάδα, οι φοιτητές διδάχτηκαν με μια γενική (general) μέθοδο. Ήταν μια μέθοδος διδασκαλίας, ανεξάρτητη από οποιοδήποτε περιεχόμενο. Αρχικά, οι φοιτητές παρακολούθησαν μια βιντεοσκοπημένη διάλεξη και, στη συνέχεια, εργάστηκαν ανά δυάδες, για να αναπτύξουν μια κοινή θέση για κάποιο δοσμένο θέμα.

Στη δεύτερη ομάδα, οι φοιτητές διδάχτηκαν με τη μέθοδο της διάχυσης (infusion). Στην αρχή της διδασκαλίας, οι δυάδες των φοιτητών είχαν κάποιο χρόνο να εργαστούν, για να αναπτύξουν μια κοινή θέση για δοσμένο θέμα, που ήταν το ίδιο με αυτό που δινόταν και στην πρώτη ομάδα. Ακολούθως, οι φοιτητές αναστοχάστηκαν όσα είχαν σκεφτεί και κλήθηκαν να καταγράψουν δικούς τους κανόνες για μια καλή κριτική σκέψη. Έπειτα, οι φοιτητές παρακολούθησαν μια βιντεοσκοπημένη διάλεξη για τις αρχές της κριτικής σκέψης. Τις διαλέξεις που παρακολούθησαν οι φοιτητές της πρώτης και της δεύτερης ομάδας έδινε το ίδιο άτομο, όμως η διάρκεια της διάλεξης, που παρακολούθησαν οι φοιτητές της δεύτερης ομάδας ήταν μικρότερη. Αμέσως μετά, οι δυάδες των φοιτητών ενεπλάκησαν σε ένα κριτικό διάλογο, για να συγκρίνουν και να αντιπαραβάλουν τις αρχές, που παρουσιάστηκαν στη διάλεξη, με αυτές που οι ίδιοι είχαν σκεφτεί.

Στην τρίτη ομάδα, οι φοιτητές διδάχτηκαν με τη μέθοδο της εμβάπτισης (immersion). Οι δύο πρώτες δραστηριότητες, δηλαδή η εργασία στη δυάδα και ο αναστοχασμός, ήταν κοινές με τη δεύτερη ομάδα. Στη συνέχεια, όμως, με τη μαιευτική

μέθοδο διδασκαλίας, οι φοιτητές επαναξιολόγησαν το συλλογισμό τους. Από τα αποτελέσματα της έρευνας, προέκυψε πως οι φοιτητές παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτιωμένη επίδοση, αναφορικά με τις επιστημολογικές τους πεποιθήσεις, μετά τη διδακτική παρέμβαση. Επιπρόσθετα, η μέθοδος διδασκαλίας φάνηκε επίσης να επηρεάζει τις επιστημολογικές πεποιθήσεις των φοιτητών, αφού όσοι διδάχτηκαν με τη μέθοδο της διάχυσης είχαν στατιστικά σημαντική υψηλότερη βελτίωση στις επιστημολογικές τους πεποιθήσεις από όσους διδάχτηκαν με τη γενική μέθοδο.

Στην έρευνα των Mason και Scirica (2006), συμμετείχαν 62 μαθητές Β΄ Γυμνασίου (14 χρόνων). Οι ερευνητές κατέληξαν πως η επιστημολογική κατανόηση ήταν σημαντικός προβλεπτικός παράγοντας για τα τρία συστατικά στοιχεία της επιχειρηματολογίας που εξέτασαν: τη διατύπωση επιχειρήματος, τη διατύπωση αντεπιχειρήματος (counterargument) και τη διατύπωση απορριπτικού κριτηρίου. Στις στατιστικές αναλύσεις για την έρευνά τους, οι Mason και Scirica (2006) είχαν ως συμμεταβλητές τις γνώσεις και το ενδιαφέρον για το θέμα, με το οποίο ασχολούνταν οι συμμετέχοντες στην έρευνα. Από τα αποτελέσματα της έρευνάς τους, προέκυψε πως τα άτομα, που αξιολογήθηκαν στο υψηλότερο Επιστημολογικό Επίπεδο, διατύπωσαν επιχειρήματα, αντεπιχειρήματα και απορριπτικά κριτήρια υψηλότερης ποιότητας από τα άτομα, που αξιολογήθηκαν στο μεσαίο Επιστημολογικό Επίπεδο.

Οι Cho, Lee, & Jonassen (2011) μέτρησαν το επιστημολογικό επίπεδο 120 φοιτητριών με μέσο όρο ηλικίας τα 22 χρόνια ($SD=1.87$) και τις χώρισαν σε δύο ομάδες, μία με άτομα με υψηλό και μία με χαμηλό επιστημολογικό επίπεδο. Ακολούθως, δημιούργησαν, με τυχαία επιλογή, τριάδες φοιτητριών, αποτελούμενες από άτομα από την ίδια ομάδα επιστημολογικού επιπέδου. Με τυχαίο τρόπο, επιλέχθηκαν οι μισές τριάδες. Αυτές, κλήθηκαν να συνεργαστούν, με σκοπό να δημιουργήσουν, από κοινού, ένα επιχειρήμα για δοσμένο θέμα. Οι υπόλοιπες τριάδες κλήθηκαν να συνεργαστούν, με σκοπό να συντάξουν, από κοινού, μία περίληψη για το ίδιο θέμα. Όλες οι τριάδες είχαν στη διάθεσή τους τα ίδια κείμενα, ως βάση για να δημιουργήσουν επιχειρήμα ή περίληψη. Από την έρευνα προέκυψε πως η ομάδα των τριάδων, που κλήθηκαν να δημιουργήσουν επιχειρήμα είχαν στατιστικά σημαντική υψηλότερη επίδοση επιχειρηματολογίας από τις τριάδες, που κλήθηκαν να συντάξουν περίληψη. Προέκυψε, ακόμη, πως δεν υπήρχε κύρια επίδραση των επιστημολογικών πεποιθήσεων στην ποιότητα της επιχειρηματολογίας όσων συμμετείχαν.

Καμιά από τις τέσσερις έρευνες, των οποίων τα αποτελέσματα παρατέθηκαν, δεν

ασχολήθηκε με μαθητές Δημοτικού. Στην ερευνητική βιβλιογραφία, παρατηρείται, σύμφωνα με τους Haerle και Bendixen (2008), έλλειψη σχετικών ερευνών, καθώς πολύ λίγες μελέτες έχουν διερευνήσει την προσωπική επιστημολογία μαθητών Δημοτικών Σχολείων.

Αποτελέσματα Ερευνών που Μελέτησαν τα Επιχειρήματα

Στο σημείο αυτό, γίνεται αναφορά σε αποτελέσματα ερευνών που μελέτησαν τα επιχειρήματα των μαθητών. Πρώτα, αναφέρονται έρευνες που δείχνουν πως οι μαθητές δυσκολεύονται, όταν καλούνται να επιχειρηματολογούν ή όταν βρίσκονται αντιμέτωποι με ένα ή περισσότερα επιχειρήματα, τα οποία θα πρέπει να κρίνουν. Ακολούθως, περιγράφονται έρευνες που προσπάθησαν να απαντήσουν στο ερώτημα «Σε ποιο βαθμό είναι ικανοί οι μαθητές να επιχειρηματολογούν;» Στο τέλος, γίνεται αναφορά σε έρευνες που κατηγοριοποίησαν και αξιολόγησαν τα επιχειρήματα των μαθητών.

Δυσκολίες Μαθητών για Επιχειρηματολογία

Οι Driver κ.ά. (2000), μετά από επισκόπηση της ερευνητικής βιβλιογραφίας, υποστήριξαν πως οι μαθητές παρουσιάζονται «γνωστικά άποροι» στο να χρησιμοποιούν επιχειρήματα «*υπέρ ή κατά*» ή να παρουσιάζουν διαφορετικές πτυχές ενός θέματος, ακόμα και σε περιπτώσεις που γίνεται διδακτική παρέμβαση η οποία στοχεύει στην άρση της αδυναμίας αυτής. Αυτό δε χαρακτηρίζει μόνο τους μαθητές, αφού η έρευνα έδειξε πως άτομα όλων των ηλικιών παρουσιάζουν δυσκολία στη διατύπωση καλά τεκμηριωμένων και βάσιμων επιχειρημάτων (Sadler, 2004).

Ο Zeidler (1997) ανέλυσε τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές, όταν πρέπει να επιχειρηματολογήσουν. Μέσα από μια ανάλυση ερευνών, που η ίδια πραγματοποίησε, συγκέντρωσε τα ακόλουθα πέντε πιθανά λάθη τα οποία κάνουν συχνά οι μαθητές:

1. Θέματα εγκυρότητας (validity concerns). Αυτά είναι από τα πιο πιθανά λάθη των μαθητών. Πολλοί μαθητές μπορούν να αναγνωρίζουν έγκυρες παραγωγικές (deductive) μορφές επιχειρημάτων, στις οποίες το συμπέρασμα προκύπτει αβίαστα από τα δεδομένα, ανεξάρτητα από την ορθότητα των δεδομένων αυτών. Ένα από τα πιο συχνά λάθη των μαθητών είναι όταν ακολουθούν την αντίθετη

οδό, δηλαδή υπολογίζουν ή προβλέπουν από το συμπέρασμα τα δεδομένα. Για παράδειγμα, οι μαθητές μαθαίνουν πως όταν σε ένα οικοσύστημα αυξηθούν τα αρπακτικά, τότε τα τρωκτικά μειώνονται. Αν τους δοθεί ως δεδομένο πως ο πληθυσμός των τρωκτικών μειώθηκε, αυτοί συχνά καταλήγουν στο συμπέρασμα πως η μείωση του πληθυσμού των τρωκτικών οφείλεται στην αύξηση του πληθυσμού των αρπακτικών, παραγνωρίζοντας ή μη εξετάζοντας άλλες πιθανές αιτίες, όπως μια ασθένεια. Στην κατηγορία αυτή των λαθών, η ερευνήτρια κατέταξε και τις περιπτώσεις στις οποίες γίνεται σύγχυση μεταξύ αλήθειας και εγκυρότητας. Οι περιπτώσεις αυτές προκύπτουν, όταν οι προσωπικές πεποιθήσεις είναι ασύμβατες με ένα έγκυρο επιχειρήμα, αφού οι μαθητές αγνοούν, απορρίπτουν ή αποκλείουν τις πληροφορίες που συγκρούονται με τις πεποιθήσεις τους και αποφασίζουν να πουν πως δεν μπορούν να καταλήξουν σε συμπέρασμα. Αν το έκαναν αυτό, θα έπρεπε να απορρίψουν τις αρχικές τους πεποιθήσεις, κάτι που δεν είναι σε θέση να αποδεχθούν.

2. Αφελής κατανόηση της δομής ενός επιχειρήματος. Το λάθος αυτό παρατηρείται, όταν οι μαθητές επιλέγουν μερικά από τα δεδομένα που έχουν στη διάθεσή τους, για να προτείνουν κάποιο επιχειρήμα, αγνοώντας τα υπόλοιπα δεδομένα, τα οποία καθιστούν το επιχειρήμα τους μη έγκυρο. Το λάθος αυτό παρατηρείται και σε περιπτώσεις που οι μαθητές αποδέχονται το επιχειρήμα κάποιου άλλου προσώπου, χωρίς όμως να το αντιπαραβάλουν με το δικό τους, ή χωρίς να επιχειρούν να ερμηνεύσουν τις ασυμβατότητες που προκύπτουν από τα δύο επιχειρήματα. Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές «προστατεύουν» τις δικές τους πεποιθήσεις.
3. Η επίδραση των πυρηνικών πεποιθήσεων (core beliefs) στην επιχειρηματολογία. Καθώς οι μαθητές εμπλέκονται σε ένα διάλογο, αναγκάζονται να αναζητήσουν δικαιολογητικά (warrants) στοιχεία, τα οποία να υποστηρίζουν τους ισχυρισμούς τους. Στην κατηγορία αυτή των λαθών, οι μαθητές αποδέχονται δεδομένα τα οποία δεν είναι συμβατά με τις πεποιθήσεις τους, ενώ στα θέματα εγκυρότητας (κατηγορία 1), τα αγνοούν, τα απορρίπτουν ή τα αποκλείουν. Όμως θεωρούν ότι τα δεδομένα που συμφωνούν με τις πεποιθήσεις τους ή τα δεδομένα που ενισχύουν τους δικούς τους ισχυρισμούς είναι πιο πειστικά. Ταυτόχρονα, οι προηγούμενες βασικές / πυρηνικές πεποιθήσεις των μαθητών λειτουργούν ως ανασταλτικοί παράγοντες στην ικανότητά τους να αξιολογούν τα δεδομένα που

είναι αντίθετα προς τις πεποιθήσεις τους, καθώς και την κριτική που δυνατόν να προταθεί εναντίον των πεποιθήσεών τους.

4. Ανεπαρκής αξιολόγηση δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή, δε γίνεται αναφορά σε «προστασία» των πεποιθήσεων, αφού τα λάθη της κατηγορίας αυτής προκύπτουν, όταν οι μαθητές καλούνται να επιχειρηματολογήσουν για κάποιο θέμα, το οποίο προέρχεται από μια περιοχή στην οποία έχουν λίγες ή καθόλου εμπειρίες. Στην κατηγορία αυτή των λαθών, γίνεται λόγος για την αξιολόγηση ενός δεδομένου ως αποδεκτού ή όχι, και σε αυτή εντάσσονται οι ακόλουθες περιπτώσεις: α) οι μαθητές αναζητούν πολύ λίγες πληροφορίες προκειμένου να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα, β) οι μαθητές υπερεκτιμούν τη συχνότητα σπάνιων γεγονότων τα οποία προκαλούν έκπληξη, γ) οι μαθητές υποτιμούν γεγονότα που παρουσιάζονται συχνά και δ) οι μαθητές τείνουν να μην εμπιστεύονται και να μην κατανοούν πληροφορίες που προέρχονται από στατιστικές αναλύσεις.
5. Εναλλακτική παρουσίαση επιχειρημάτων και δεδομένων. Το λάθος αυτό παρατηρείται, όταν ο συνομιλητής κατέχει την αλήθεια, αλλά την παρουσιάζει στους άλλους με λανθασμένο τρόπο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, στην καλύτερη περίπτωση, υπο-αναπτυγμένα επιχειρήματα και, στη χειρότερη περίπτωση, εναλλακτικό και συνάμα λανθασμένο συλλογισμό.

Επιχειρηματολογία Μαθητών

Όταν οι μαθητές καλούνται να ασχοληθούν, να διατυπώσουν, να υποβάλουν ή να κρίνουν επιχειρήματα, αντιμετωπίζουν πολλές δυσκολίες. Η ερευνητική κοινότητα προσπάθησε και προσπαθεί, με το σχεδιασμό κατάλληλων διδακτικών παρεμβάσεων, να βελτιώσει την ικανότητα επιχειρηματολογίας μαθητών.

Οι Zohar και Nemet (2002) διερεύνησαν την επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης στην ικανότητα επιχειρηματολογίας μαθητών 15 χρόνων (Γ΄ Γυμνασίου). Για το σκοπό αυτό, πήραν δεδομένα τόσο πριν, όσο και μετά από την παρέμβαση, από 186 μαθητές. Από την ανάλυση των δεδομένων πριν από τη διδακτική παρέμβαση, οι ερευνητές κατέγραψαν πως το 90% των μαθητών ήταν σε θέση να διαμορφώνουν απλά επιχειρήματα. Ως απλό επιχείρημα θεωρήθηκε η μετάβαση από κάποιο δεδομένο (data) σε έναν ισχυρισμό (claim), όπως αυτή προτάθηκε από τον Toulmin (1958). Στη συνέχεια, οι

ερευνητές διερεύνησαν την επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης, η οποία εμπειρείχε διδασκαλία ενός θέματος βιολογίας με έμφαση στη διδασκαλία δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας στην πειραματική ομάδα, και διδασκαλία του ίδιου θέματος, αλλά χωρίς να δίνεται έμφαση στη διδασκαλία δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας, στην ομάδα ελέγχου. Μετά από την ανάλυση των δεδομένων που συνέλεξαν, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η διδασκαλία δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας βοήθησε τους μαθητές της πειραματικής ομάδας να έχουν βελτιωμένη επίδοση στο γνωσιολογικό τομέα και αυξημένη ικανότητα να επιχειρηματολογούν, σε σύγκριση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών και αύξηση της συχνότητας των αναφορών σε συγκεκριμένες γνώσεις βιολογίας, όταν αυτοί ανέπτυσαν επιχειρήματα.

Με το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί και η έρευνα των Patronis, Potari και Spiliotopoulou (1999). Συγκεκριμένα, οι ερευνητές διερεύνησαν τα επιχειρήματα μαθητών ηλικίας 14 χρόνων και κατέληξαν στο συμπέρασμα πως οι μαθητές είναι ικανοί να δημιουργούν επιχειρήματα και να καταλήγουν σε αποφάσεις, όταν έχουν άμεση εμπλοκή στην κατάσταση που μελετούν και όταν το θέμα τους αφορά άμεσα. Παρατήρησαν μια μεγάλη ποικιλομορφία στη φύση των επιχειρημάτων των μαθητών, η οποία, κατά τους ίδιους, δεν παρατηρείται συχνά στις τάξεις που διδάσκονται τα Μαθηματικά και η Επιστήμη.

Ποικιλόμορφα επιχειρήματα κατέγραψε στην έρευνά της και η Simonneaux (2001). Η έρευνα έγινε με μαθητές 17 χρόνων (Β΄ Λυκείου) και η οποία αφορούσε το θέμα της ενσωμάτωσης γονιδίων σε ζωντανούς οργανισμούς, ώστε αυτοί να αποκτήσουν συγκεκριμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά.

Επιπρόσθετα σημειώνεται στο σημείο αυτό και η άποψη της Kuhn (1991), η οποία υποστήριξε ότι οι μαθητές έρχονται στο σχολείο με ορισμένες ικανότητες επιχειρηματολογίας παρούσες, αρχικά με απλή μορφή και όχι πλήρως ανεπτυγμένες. Η ερευνήτρια διαπίστωσε συγκεκριμένα πως η ηλικία επηρέαζε τις δεξιότητες επιχειρηματολογίας μέσα σε ένα συγκεκριμένο ηλικιακό διάστημα. Από την ηλικία των οκτώ χρόνων μέχρι την πρώτη και μέση εφηβική ηλικία εντοπίστηκε επίσης σταθερή βελτίωση.

Άλλοι ερευνητές (Osborne κ.ά., 2004) διαπίστωσαν πως, μετά από κατάλληλη διδακτική παρέμβαση, οι συζητήσεις σε τάξεις μαθητών Γυμνασίου (13-15 χρόνων), που έγινε διδακτική παρέμβαση και η οποία στόχευε στην ανάπτυξη της ικανότητας

επιχειρηματολογίας, εμπεριείχαν επιχειρήματα σε ποσοστό 15-32%. Σε προηγούμενη έρευνα, στην οποία δεν περιλαμβανόταν αντίστοιχη διδακτική παρέμβαση, το ποσοστό αυτό ήταν μόλις 2%. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως είναι δυνατή η αλλαγή των συζητήσεων, οι οποίες γίνονται στις τάξεις που διδάσκεται Επιστήμη, από αυταρχικές σε πιο διαλογικές. Ένα δεύτερο συμπέρασμα από την έρευνα αυτή αφορούσε το ρόλο των εκπαιδευτικών. Οι ερευνητές, από την ανάλυση των δεδομένων που συνέλεξαν, συμπέραναν πως η δομή και η οργάνωση του μαθήματος από τον εκπαιδευτικό διαδραματίζει πολύ πιο σημαντικό ρόλο στην επιχειρηματολογία που αναπτύσσεται σε μια τάξη, από το ρόλο που διαδραματίζουν τα οποιαδήποτε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της τάξης.

Οι προηγούμενες έρευνες συγκλίνουν στο συμπέρασμα πως οι μαθητές, στη μεγάλη τους πλειοψηφία, είναι σε θέση να διαμορφώνουν και να αξιολογούν απλά επιχειρήματα. Ταυτόχρονα, από τις έρευνες προκύπτει πως η οργανωμένη και συστηματική διδασκαλία, η οποία δίνει έμφαση στην επιχειρηματολογία, έχει συνήθως θετικές επιδράσεις στην ικανότητα των μαθητών να επιχειρηματολογούν και πως ο ρόλος των εκπαιδευτικών είναι καθοριστικός.

Κατηγοριοποίηση των Επιχειρημάτων

Στην ερευνητική βιβλιογραφία που ασχολείται με την ικανότητα επιχειρηματολογίας, η ανάλυση και η αξιολόγηση των επιχειρημάτων των συμμετεχόντων γίνεται τις περισσότερες φορές με βάση τη θεωρία του Toulmin (1958). Μελετάται, δηλαδή, η δομή των επιχειρημάτων, μέσα από την ανάλυση των επιμέρους στοιχείων του επιχειρήματος: δεδομένων, ισχυρισμών, δικαιολογητικών, υποστηρικτικών δηλώσεων, επιβεβαιωτικών και απορριπτικών κριτηρίων.

Μία από τις έρευνες, στην οποία η ανάλυση και η αξιολόγηση των επιχειρημάτων έγινε με βάση τη θεωρία του Toulmin (1958), ήταν αυτή των Jiménez-Aleixandre, Rodríguez και Duschl (2000). Οι ερευνητές ασχολήθηκαν με μαθητές 15 χρόνων (Γ΄ Γυμνασίου), που παρακολουθούσαν μάθημα Βιολογίας, και οι οποίοι δεν είχαν παρακολουθήσει κάποιο μάθημα που να αφορά ικανότητες επιχειρηματολογίας. Στην έρευνά τους, συμμετείχε το σύνολο μιας τάξης. Οι ερευνητές κατέγραψαν δεδομένα από το σύνολο της τάξης, όταν η τάξη εργαζόταν ως σύνολο, αλλά και δεδομένα από μια ομάδα τεσσάρων κοριτσιών, όταν η τάξη χωριζόταν σε ομάδες. Καταγράφοντας τα στοιχεία των επιχειρημάτων που χρησιμοποίησαν τα κορίτσια της ομάδας, απαρίθμησαν

66 ισχυρισμούς (claims), 21 δικαιολογητικά (warrants), 10 αναφορές σε δεδομένα (data) και 6 υποστηρικτικές δηλώσεις (backings). Δεν κατέγραψαν επιβεβαιωτικά κριτήρια (qualifiers) ή απορριπτικά κριτήρια (rebuttals). Παρατήρησαν ακόμη πως τα δύο από τα μέλη της ομάδας συμμετείχαν κατά 75% στο διάλογο. Τα άλλα δύο άτομα συμμετείχαν στο διάλογο μόνο κατά 25%, προσφέροντας ελάχιστα, είτε επειδή δεν μπορούσαν, είτε επειδή δεν το επιθυμούσαν. Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα για το σύνολο της τάξης, αφού οι ερευνητές παρατήρησαν πως οι ισχυρισμοί ήταν το στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε με τη μεγαλύτερη συχνότητα. Ακολούθησαν, σε συχνότητα, τα δικαιολογητικά.

Οι Means και Voss (1996) έδωσαν τρία έργα, που αφορούσαν θέματα της καθημερινότητας, σε 60 μαθητές τεσσάρων ηλικιών: 11 χρόνων (Ε΄ Δημοτικού), 13 χρόνων (Α΄ Γυμνασίου), 15 χρόνων (Γ΄ Γυμνασίου) και 17 χρόνων (Β΄ Λυκείου). Ζήτησαν από τους μαθητές να προτείνουν λύσεις και να αιτιολογήσουν τις προτάσεις τους. Οι ερευνητές αξιολόγησαν τις προτάσεις των μαθητών ως προς την ποιότητα των επιχειρημάτων που περιελάμβαναν και τις ομαδοποίησαν σε τρεις κατηγορίες: α) απλά επιχειρήματα, τα οποία αποτελούνταν μόνο από μία αιτία (reason) και ένα συμπέρασμα (conclusion), β) σύνθετα επιχειρήματα, τα οποία αποτελούνταν από μία αιτία, ένα συμπέρασμα και ένα ή περισσότερα επιβεβαιωτικά κριτήρια και γ) πολυσύνθετα επιχειρήματα, τα οποία αποτελούνταν από δύο συμπεράσματα, συνήθως ένα επιχείρημα και ένα αντεπιχείρημα (counterargument), περισσότερες από μία αιτίες και περισσότερα από ένα επιβεβαιωτικά κριτήρια. Οι ερευνητές βρήκαν ότι το 25% των 111 απαντήσεων εμπεριείχαν απλά, το 42% σύνθετα και το 33% πολυσύνθετα επιχειρήματα. Η έρευνα αυτή έδειξε πως όσο πιο υψηλή ήταν η επίδοση των μαθητών, τόσο πιο υψηλή ήταν η αναλογία των επιχειρημάτων με πολυσύνθετη δομή που χρησιμοποιούσαν οι μαθητές αυτοί. Η συχνότητα των σύνθετων δομών αυξανόταν με την τάξη, αλλά αυτό δεν παρατηρήθηκε στην περίπτωση των πολυσύνθετων δομών. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η τάξη δε συσχετιζόταν με τη συχνότητα των πολυσύνθετων δομών.

Στη θεωρία του Toulmin (1958) βασίστηκαν και οι Songer, Kelcey και Gotwals (2009), οι οποίοι, μεταξύ άλλων, αξιολόγησαν και το επίπεδο συλλογισμού που σχετίζεται με την οικοδόμηση ερμηνειών βασισμένων σε δεδομένα. Στην έρευνα αυτή, συμμετείχαν μαθητές Στ΄ Δημοτικού (12 χρόνων), οι οποίοι ασχολήθηκαν με τη Βιοποικιλότητα. Οι Songer κ.ά. (2009) αξιολόγησαν το επίπεδο συλλογισμού κάθε μαθητή με βάση κλίμακα τεσσάρων κύριων επιπέδων. Το κάθε επίπεδο αποτελείται από δύο διαβαθμίσεις, με κριτήριο το αν ο μαθητής μπορούσε να φτάσει σε συγκεκριμένο επίπεδο από μόνος του ή

μετά από δομημένη βοήθεια (scaffolding). Τα επίπεδα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2

Επίπεδα Αξιολόγησης Συλλογισμού

Επίπεδο	Χαρακτηριστικά επιπέδου	Με / χωρίς δομημένη βοήθεια (scaffolding)
4	Ο μαθητής είναι σε θέση να οικοδομήσει μια πλήρη επιστημονική ερμηνεία	Χωρίς βοήθεια
4s		Με βοήθεια
3	Ο μαθητής προτείνει κάποιο ισχυρισμό, τον βασίζει σε δεδομένα και προτείνει το πώς ισχυρισμός και δεδομένα συνδέονται	Χωρίς βοήθεια
3s		Με βοήθεια
2	Ο μαθητής προτείνει κάποιο ισχυρισμό και τον βασίζει σε ικανοποιητικά και κατάλληλα δεδομένα	Χωρίς βοήθεια
2s		Με βοήθεια
1	Ο μαθητής προτείνει κάποιο ισχυρισμό	Χωρίς βοήθεια
1s		Με βοήθεια

Songer κ.ά. (2009)

Τη θεωρία του Toulmin (1958) χρησιμοποίησαν και οι Cross, Taasobshirazi, Hendricks και Hickey (2008), για να αναλύσουν τα επιχειρήματα μαθητών. Η ανάλυση αυτή έγινε στα πλαίσια αξιολόγησης ενός προγράμματος, που σχεδιάστηκε ώστε να ωθεί μαθητές μέσης εκπαίδευσης να συνεργάζονται σε μαθήματα Βιολογίας και να οικοδομούν βασικές γνώσεις του μαθήματος. Στην έρευνα, συμμετείχαν δύο τμήματα Α' και Β' Λυκείου που αποτελούνταν από 14 μαθητές και 14 μαθήτριες, οι οποίοι είχαν ηλικία γύρω στα 16 χρόνια. Οι μαθητές αυτοί χωρίστηκαν σε δυάδες και εκτέλεσαν διάφορες δραστηριότητες στους Η.Υ. Ακολούθως, οι δυάδες ενώθηκαν ανά δύο, ώστε να σχηματίσουν ομάδες των τεσσάρων μαθητών, για να εκτελέσουν τις υπόλοιπες δραστηριότητες.

Μετά την πρώτη ανάλυση των δεδομένων, η οποία αποσκοπούσε στον εντοπισμό των δομικών στοιχείων των επιχειρημάτων που χρησιμοποίησαν οι μαθητές στις δυάδες ή τις τετράδες στις οποίες συμμετείχαν, οι Cross κ.ά. (2008) παρατήρησαν πως ορισμένα αποσπάσματα από τους διαλόγους δεν μπορούσαν να κωδικοποιηθούν ικανοποιητικά. Για να μπορούν να κωδικοποιήσουν και τα αποσπάσματα αυτά, ανέπτυξαν τέσσερις επιπρόσθετους κώδικες, προς τα δομικά στοιχεία του επιχειρήματος που καθόρισε ο Toulmin (1958). Οι επιπρόσθετοι αυτοί κώδικες ήταν:

1. Παρακίνηση για έκφραση ισχυρισμού. Στοιχείο του επιχειρήματος στο οποίο ένας συμμετέχων παρακινεί κάποιον από τους υπόλοιπους να εκφράσει τον

ισχυρισμό του για κάποιο συγκεκριμένο θέμα.

2. Παρακίνηση για έκφραση δικαιολογητικού. Στοιχείο του επιχειρήματος κατά το οποίο ένας συμμετέχων παρακινεί κάποιον άλλο να δικαιολογήσει τον ισχυρισμό του για κάποιο συγκεκριμένο θέμα.
3. Ισχυρισμός που προβάλλεται μετά από παρακίνηση. Στοιχείο του επιχειρήματος κατά το οποίο ένας συμμετέχων εκφράζει τον ισχυρισμό του μετά που κάποιος άλλος συμμετέχων τον έχει παρακινήσει.
4. Δικαιολογητικό που προβάλλεται μετά από παρακίνηση. Στοιχείο του επιχειρήματος κατά το οποίο ένας συμμετέχων δικαιολογεί τον ισχυρισμό του μετά από παρακίνηση από κάποιον άλλο συμμετέχοντα.

Οι Osborne κ.ά. (2004) καθόρισαν πέντε επίπεδα επιχειρηματολογίας μαθητών 13-15 χρόνων (Πίνακας 3), στην προσπάθειά τους να αξιολογήσουν την ποιότητα της επιχειρηματολογίας που ανέπτυξαν 12 τριμελείς ή τετραμελείς ομάδες μαθητών/τριών ηλικίας 12 – 14 χρόνων, που διδάσκονταν από 6 εκπαιδευτικούς (2 ομάδες ανά εκπαιδευτικό) κατά τη διάρκεια τεσσάρων μαθημάτων.

Πίνακας 3

Επίπεδα Αξιολόγησης της Ποιότητας
της Επιχειρηματολογίας των Osborne κ.ά. (2004)

Επίπεδο	Ισχυρισμός / Επιχείρημα	Δεδομένα, Δικαιολογητικά ή Υποστηρικτικές Δηλώσεις	Απορριπτικά Κριτήρια
1	Ισχυρισμός που προτείνεται ως αντίθετος ενός άλλου ισχυρισμού	Όχι	Όχι
2	Επιχείρημα	Ναι (ένα ή περισσότερα είδη)	Όχι
3	Επιχείρημα το οποίο εμπεριέχει μια σειρά από ισχυρισμούς	Ναι (ένα ή περισσότερα είδη)	Αναφέρονται περιστασιακά ή/και είναι αδύναμα
4	Ένα ή περισσότερα επιχειρήματα	Ναι (ένα ή περισσότερα είδη)	Ναι, ευδιάκριτο
5	Εκτεταμένα επιχειρήματα	Ναι (ένα ή περισσότερα είδη)	Περισσότερα από ένα

Στο πρώτο επίπεδο κατέτασσαν απλούς ισχυρισμούς, οι οποίοι προτείνονταν ως αντίθετοι ενός άλλου ισχυρισμού, αλλά δε συνοδεύονταν από οποιαδήποτε αναφορά, η

οποία να τεκμηριώνει τον ισχυρισμό. Οι Osborne κ.ά. (2004) διαφώνησαν, δηλαδή, με τον ορισμό του Toulmin (1958), ο οποίος σαφώς προτείνει πως, για να θεωρηθεί μια πρόταση ως επιχείρημα, θα πρέπει να υπάρχει μετάβαση από κάποιο/α δεδομένο/α σε έναν ισχυρισμό. Οι Osborne κ.ά. (2004) αναγνώρισαν πως οι ισχυρισμοί αυτοί δεν μπορούσαν να οδηγήσουν σε κάποια λύση, αλλά ταυτόχρονα σημείωσαν πως αυτοί είναι σημαντικοί, επειδή αποτελούν το πρώτο βήμα μιας διαδικασίας εγκαθίδρυσης της διαφοροποίησης του ατόμου από ένα άλλο άτομο και επομένως την ενδεχόμενη παραγωγή επιχειρήματος. Στο δεύτερο επίπεδο, κατέτασσαν επιχειρήματα τα οποία στηρίζονταν σε κάποιο δεδομένο, δικαιολογητικό και/ή υποστηρικτική δήλωση. Στα επίπεδα 3, 4 και 5 κατέτασσαν επιχειρήματα τα οποία, εκτός από την υποστήριξη κάποιου/ων δεδομένου, δικαιολογητικού και/ή υποστηρικτικής δήλωσης, περιελάμβαναν και απορριπτικό κριτήριο. Στο επίπεδο 3 κατέτασσαν ένα επιχείρημα, όταν το απορριπτικό κριτήριο ήταν αδύναμο ή αναφερόταν περιστασιακά. Στο επίπεδο 4 κατέτασσαν ένα επιχείρημα, όταν το απορριπτικό κριτήριο ήταν ευδιάκριτο. Τέλος, στο επίπεδο 5 κατέτασσαν ένα επιχείρημα, όταν περιελάμβανε περισσότερα του ενός απορριπτικά κριτήρια.

Τα πέντε επίπεδα αξιολόγησης της ποιότητας της επιχειρηματολογίας, οι Osborne κ.ά. (2004) τα καθόρισαν όταν, στην προσπάθειά τους να αξιολογήσουν την επιχειρηματολογία μαθητών/τριών με βάση τα δομικά στοιχεία του επιχειρήματος, όπως αυτά καθορίστηκαν από τον Toulmin (1958), δυσκολεύτηκαν να διακρίνουν τα δεδομένα από τα δικαιολογητικά και τα δικαιολογητικά από τις υποστηρικτικές δηλώσεις, με αποτέλεσμα η αξιοπιστία των αξιολογήσεών τους, σύμφωνα με τους ίδιους, να ήταν φτωχή. Για το λόγο αυτό, αποφάσισαν να μην αξιολογούν με διαφορετικό τρόπο τα δεδομένα, τα δικαιολογητικά και τις υποστηρικτικές δηλώσεις, αλλά να θεωρούν και τα τρία αυτά δομικά στοιχεία του επιχειρήματος ως ισοδύναμες βάσεις στις οποίες στηρίζεται και ενισχύεται κάποιο επιχείρημα. Για τον καθορισμό των επιπέδων αξιολόγησης της ποιότητας της επιχειρηματολογίας, βασίστηκαν σε δύο κύριες διακρίσεις. Η πρώτη αφορούσε το κατά πόσο ένα επιχείρημα περιελάμβανε οποιεσδήποτε βάσεις, δηλαδή δεδομένα, δικαιολογητικά ή υποστηρικτικές δηλώσεις, που να υποστηρίζουν και να ενισχύουν τον ισχυρισμό του. Η δεύτερη αφορούσε το αν ένα επιχείρημα περιείχε και κάποιο απορριπτικό κριτήριο.

Αριθμός ερευνητών υιοθέτησε, σχολίασε ή τροποποίησε τα επίπεδα επιχειρηματολογίας που πρότειναν οι Osborne κ.ά. (2004). Οι Dawson και Venville (2009) άσκησαν κριτική στα επίπεδα αυτά. Στην έρευνά τους, ασχολήθηκαν με μαθητές

Γυμνασίου και Λυκείου, ηλικίας 12 ως 17 χρόνων. Τους συμμετέχοντες χώρισαν σε ομάδες των δύο ή τριών ατόμων και έκαναν συνεντεύξεις διάρκειας 30 ως 60 λεπτών με την κάθε ομάδα. Κατά τις συνεντεύξεις, υπέβαλαν ερωτήσεις σχετικές με κοινωνικο-επιστημονικά θέματα, όπως τη βιοτεχνολογία, την κλωνοποίηση και τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα. Τις συνεντεύξεις ανέλυσαν με βάση δύο άξονες: την επιχειρηματολογία και τον άτυπο συλλογισμό. Για να αναλύσουν τα δεδομένα ως προς τον πρώτο άξονα, ακολούθησαν τη θεωρία του Toulmin (1958). Άσκησαν κριτική στην κατηγοριοποίηση και βαθμολόγηση των επιπέδων επιχειρηματολογίας που πρότειναν οι Osborne κ.ά. (2004), υποστηρίζοντας πως, χρησιμοποιώντας την κατηγοριοποίηση αυτή, μπορούσαν να καταγράψουν και να αξιολογούν μόνο την πολυπλοκότητα της διαδικασίας επιχειρηματολογίας, ενώ δεν μπορούσαν να εντοπίζουν αν οι μαθητές, κατά τη φάση του άτυπου συλλογισμού, χρησιμοποιούσαν συλλογισμό που να συμφωνεί με την εκάστοτε σχετική, διαθέσιμη και αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα γνώση. Υποστήριξαν ακόμη πως, επειδή υπήρχε πρόβλημα με την έλλειψη ευκαιριών έκφρασης απορριπτικών κριτηρίων κατά τη διάρκεια μιας συνέντευξης, η αξιολόγηση της επιχειρηματολογίας, με βάση τα επίπεδα αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας των Osborne κ.ά. (2004) (Πίνακας 3) ήταν μη κατάλληλη, διότι έδινε μεγάλη βαρύτητα στην ύπαρξη ή όχι απορριπτικών κριτηρίων. Το ίδιο πρόβλημα εντοπίστηκε και από τους Sadler και Fowler (2006). Επιπρόσθετα, οι Dawson και Venville (2009) σημείωσαν πως αντιμετώπισαν δυσκολίες στη διάκριση μεταξύ δεδομένων και δικαιολογητικών. Τέλος, σημείωσαν πως, σε ορισμένες περιπτώσεις, δυσκολεύονταν να διακρίνουν αν κάποιο επιχείρημα θα έπρεπε να αξιολογηθεί ως επιπέδου επιχειρηματολογίας 3 ή 4 (των επιπέδων επιχειρηματολογίας των Osborne κ.ά. (2004), Πίνακας 3). Με βάση τις δυσκολίες αυτές, τροποποίησαν τα επίπεδα αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας των Osborne κ.ά. (2004) και πρότειναν ένα νέο σχήμα αξιολόγησης των επιχειρημάτων των μαθητών, κατά το οποίο οι δηλώσεις που περιελάμβαναν δικαιολογητικά και / ή δεδομένα κατηγοριοποιούνταν στο ίδιο επίπεδο. Το σχήμα τους περιελάμβανε τέσσερα επίπεδα, ανάλογα με τα δομικά στοιχεία που περιελάμβανε το κάθε επιχείρημα. Τα επίπεδα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Οι Dawson και Venville (2009) θεωρούσαν ως ισχυρισμό οποιαδήποτε δήλωση, πρόταση ή συμπέρασμα, ως δεδομένο οποιοδήποτε τεκμήριο υποστήριζε τον ισχυρισμό, ως δικαιολογητικό τη συσχέτιση μεταξύ ισχυρισμού – δεδομένου, ως υποστηρικτική δήλωση οποιαδήποτε υπόθεση υποστήριζε το δικαιολογητικό και ως επιβεβαιωτικό κριτήριο οποιαδήποτε προϋπόθεση κάτω από την οποία ο ισχυρισμός ήταν αληθής.

Πίνακας 4

Επίπεδα Αξιολόγησης της Ποιότητας Επιχειρηματολογίας των Dawson και Venville (2009)

Επίπεδο	Ισχυρισμός	Δεδομένο	Δικαιολογητικό	Υποστηρικτική δήλωση	Επιβεβαιωτικό κριτήριο
1	ναι				
2	ναι	ναι ^α	ναι ^α		
3	ναι	ναι	ναι	ναι ^β	ναι ^β
4	ναι	ναι	ναι	ναι	ναι

Σημείωση:

α: Το επιχειρήμα μπορεί να περιλαμβάνει και τα δύο ή το ένα από τα δύο.

β: Το επιχειρήμα περιλαμβάνει μόνο το ένα από τα δύο.

Το ζήτημα της ορθότητας των στοιχείων του επιχειρήματος απασχόλησε και τους Chin και Osborne (2010). Οι ερευνητές έδωσαν ένα βαθμό για κάθε στοιχείο του επιχειρήματος (ισχυρισμός, δεδομένο ή τεκμήριο, δικαιολογητικό, υποστηρικτική δήλωση, επιβεβαιωτικό κριτήριο, αντεπιχείρημα, απορριπτικό κριτήριο), που εκφραζόταν ξεκάθαρα και στηριζόταν επαρκώς. Ακολούθως, πρόσθεσαν τους βαθμούς αυτούς και, στο άθροισμα, που προέκυπτε, πρόσθεσαν ακόμη έναν επιπρόσθετο βαθμό, αν ο ισχυρισμός ήταν ορθός, δηλαδή, αν οι μαθητές έβρισκαν την ορθή απάντηση.

Οι Clark και Sampson (2007) ασχολήθηκαν με το πώς επιχειρηματολογούν οι μαθητές σε επιστημονικά και όχι κοινωνικο-επιστημονικά θέματα. Χρησιμοποίησαν ως βάση τη μεθοδολογία αξιολόγησης επιχειρημάτων των Erduran, Osborne και Simon (2004), οι οποίοι αξιολόγησαν επιχειρήματα μαθητών βάσει των επιπέδων αξιολόγησης της ποιότητας της επιχειρηματολογίας που καθόρισαν οι Osborne κ.ά. (2004) (Πίνακας 3), για να αναλύσουν 8 διαδικτυακές συζητήσεις μαθητών Β΄ Γυμνασίου (ηλικίας 14 χρόνων). Οι συζητήσεις επιλέγηκαν τυχαία από το σύνολο των συζητήσεων που έλαβαν χώρα στα πλαίσια ενός προγράμματος, στο οποίο συμμετείχαν συνολικά 84 μαθητές και μαθήτριες από 4 τμήματα. Περίπου 5 ζεύγη μαθητών συμμετείχαν σε κάθε συζήτηση, που είχε διάρκεια 6 διδακτικές περιόδους (συνολικά 5 ώρες).

Οι Clark και Sampson (2007) άσκησαν κριτική στους Erduran κ.ά. (2004) και διαφοροποιήθηκαν σε ένα σημείο: την αξιολόγηση των απορριπτικών κριτηρίων. Υποστήριξαν πως σε κοινωνικο-επιστημονικά θέματα, όπως αυτά που ασχολήθηκαν οι Erduran κ.ά. (2004), η διαφωνία με ένα ισχυρισμό (π.χ., οι ζωολογικοί κήποι είναι καλοί, επειδή οι άνθρωποι σε αυτούς μπορούν να βλέπουν τα ζώα, κάτι που τους κάνει να θέλουν να τα προστατεύουν) με πρόταση άλλου ισχυρισμού (π.χ., οι ζωολογικοί κήποι είναι

κακοί, επειδή σε αυτούς τα ζώα είναι δυστυχισμένα) χαρακτηρίζεται ως ισχυρισμός που προβάλλεται ως αντίθετος με έναν άλλο ισχυρισμό (counter-claim) και όχι ως απορριπτικό κριτήριο. Η διαφωνία παρουσιάζει μία άλλη οπτική υπό την οποία κάποιος μπορεί να δει την προβληματική κατάσταση (π.χ., οι ζωολογικοί κήποι είναι καλοί;), αλλά δε μειώνει τον αρχικό ισχυρισμό. Σύμφωνα με αυτά, μόνο οι προτάσεις που αντικρούουν τις βάσεις (grounds) στις οποίες οικοδομήθηκε ένα επιχείρημα, μπορούν να χαρακτηριστούν ως απορριπτικά κριτήρια.

Αντιθέτως, οι Clark και Sampson (2007) πρότειναν πως, σε επιστημονικά θέματα, θα πρέπει να θεωρείται ως απορριπτικό κριτήριο κάτι που αντικρούει οποιοδήποτε στοιχείο κάποιου επιχειρήματος. Για παράδειγμα, απορριπτικό κριτήριο στο επιχείρημα «τα αντικείμενα μπορεί να έχουν διαφορετική θερμοκρασία, ακόμα και όταν τα αφήσεις σε ένα τραπέζι για πολύ χρόνο, επειδή, όταν τα ακούμπησα, τα ένιωθα διαφορετικά,» μπορεί να είναι τόσο η πρόταση «τα αντικείμενα θα αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία, όπως το τραπέζι και η μπουκάλα με σόδα στο πείραμα που κάναμε πριν καιρό,» όσο και η πρόταση «νιώθουμε τα αντικείμενα να έχουν διαφορετική θερμοκρασία, ακόμη και όταν έχουν την ίδια, επειδή έχουν διαφορετική θερμική αγωγιμότητα.»

Επειδή ο ορισμός του απορριπτικού κριτηρίου που ακολούθησαν οι Clark και Sampson (2007) περιέλαβε αντιθέσεις στον αρχικό ισχυρισμό ή επιχείρημα, αντιθέσεις στις βάσεις στις οποίες το επιχείρημα οικοδομήθηκε ή αντιθέσεις τόσο στον αρχικό ισχυρισμό ή επιχείρημα, όσο και στις βάσεις στις οποίες το επιχείρημα οικοδομήθηκε, η μεθοδολογία που ακολούθησαν έδινε μεγαλύτερη αξία στις αντιθέσεις αυτές.

Με επιχειρήματα που προβάλλουν οι μαθητές, όταν ασχολούνται με επιστημονικά και όχι κοινωνικο-επιστημονικά, ασχολήθηκαν και σε επόμενο άρθρο τους οι Clark και Sampson (2008). Στο άρθρο αυτό, ανέλυσαν το σύνολο των δεδομένων από 84 μαθητές και μαθήτριες από τέσσερα τμήματα Β΄ Γυμνασίου (ηλικίας 14 χρόνων). Πρότειναν ένα νέο μοντέλο αξιολόγησης των επιχειρημάτων, το οποίο, σύμφωνα με τους ίδιους, ταιριάζει περισσότερο για επιχειρηματολογία που αφορά επιστημονικά ζητήματα, π.χ., θερμική ισορροπία, παρά για επιχειρηματολογία που αφορά κοινωνικο-επιστημονικά προβλήματα. Υποστήριξαν πως το μοντέλο που πρότειναν παρέχει στους ερευνητές ένα συγκεκριμένο αναλυτικό εργαλείο, που εξετάζει πιθανές συνδέσεις μεταξύ της επιχειρηματολογίας και της μάθησης γνώσεων. Οι ίδιοι σημείωσαν πως δε θεωρούν πως το δικό τους μοντέλο υπερέρχει των υπολοίπων αναλυτικών πλαισίων, πάνω στα οποία στηρίχθηκαν, για να το δημιουργήσουν. Ισχυρίστηκαν, όμως, πως παρέχει συγκεκριμένες λειτουργίες, που άλλα

μοντέλα δεν παρέχουν. Το μοντέλο τους συνίσταται στην αρχική κατηγοριοποίηση τριών πτυχών των διαλόγων των μαθητών και στην μετέπειτα βαθμολόγηση του επιπέδου επιχειρηματολογίας με βάση μια κλίμακα που πρότειναν.

Οι τρεις πτυχές των διαλόγων, τις οποίες κατηγοριοποίησαν, ήταν: α) λειτουργία / σκοπός της εισήγησης (discourse move), που μπορεί να είναι για προβολή ισχυρισμού, προβολή ισχυρισμού ως αντίθετου προς ένα άλλο ισχυρισμό, αλλαγή ισχυρισμού, προβολή απορριπτικού κριτηρίου που αντιτίθεται προς τα στοιχεία / βάσεις κάποιου επιχειρήματος, προβολή απορριπτικού κριτηρίου για κάποια θέση, παροχή διευκρίνισης ως απάντηση σε κάποιο απορριπτικό κριτήριο, υποστήριξη κάποιου σχολίου, αναζήτηση διευκρινίσεων, παροχή διευκρίνισης, πρόταση που αφορά οργανωτικά θέματα, ή πρόταση εκτός θέματος, β) ποιότητα της αιτιολόγησης / υποστήριξης κάποιου επιχειρήματος και γ) εννοιολογική ποιότητα του σχολίου (η οποία κρίνεται με βάση την επιστημονική της ακρίβεια).

Μετά από την προηγούμενη ανάλυση, οι ερευνητές κατέταξαν τα επεισόδια που περιείχαν κάποιο επιχειρήμα σε επίπεδα (από 0 ως 5), ανάλογα με την ποιότητά τους, ώστε αυτά να αντικατοπτρίζουν το βαθμό διαφοροποίησης κάποιου επιχειρήματος από ένα άλλο. Τα επίπεδα αυτά ήταν:

Επίπεδο 5: Επιχειρηματολογία που περιέχει πολλαπλά απορριπτικά κριτήρια και τουλάχιστον ένα απορριπτικό κριτήριο που αντιπαρατίθεται προς τις βάσεις (grounds) που χρησιμοποιήθηκαν, για να υποστηριχθεί ένας ισχυρισμός.

Επίπεδο 4: Επιχειρηματολογία που περιέχει πολλαπλά απορριπτικά κριτήρια, που αντιπαρατίθενται προς τις θέσεις ενός ισχυρισμού, αλλά δεν περιλαμβάνουν απορριπτικό κριτήριο που να αντιπαρατίθεται προς τις βάσεις που χρησιμοποιήθηκαν, για να υποστηρίξουν έναν ισχυρισμό.

Επίπεδο 3: Επιχειρηματολογία που α) περιλαμβάνει ισχυρισμούς ή ισχυρισμούς που προβάλλονται ως αντίθετοι προς κάποιο άλλο ισχυρισμό, β) περιλαμβάνει βάσεις, πάνω στις οποίες οικοδομείται ο ισχυρισμός και γ) περιλαμβάνει μόνο ένα απορριπτικό κριτήριο, που αντιπαρατίθεται προς τη θέση του ισχυρισμού.

Επίπεδο 2: Επιχειρηματολογία που περιλαμβάνει ισχυρισμούς ή ισχυρισμούς που προβάλλονται ως αντίθετοι προς κάποιο άλλο ισχυρισμό και βάσεις πάνω στις οποίες οικοδομούνται, αλλά δεν περιλαμβάνει απορριπτικά κριτήρια.

Επίπεδο 1: Επιχειρηματολογία που περιλαμβάνει μόνο έναν απλό ισχυρισμό, που προτείνεται ως αντίθετος κάποιου άλλου ισχυρισμού, χωρίς να αναφέρονται βάσεις πάνω

στις οποίες στηρίζεται ή απορριπτικά κριτήρια.

Επίπεδο 0: Μη διαφοροποίηση.

Τις διαφορετικές πτυχές των διαλόγων που αναπτύσσονται, όταν τα άτομα επιχειρηματολογούν, αξιολογεί και το Σχήμα Κωδίκων Διαλογικής Επιχειρηματολογίας (Conversational Argument Coding Scheme) (στο εξής θα σημειώνεται ως ΣΚΔΕ), που δημιουργήθηκε και αναπτύχθηκε κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, με σκοπό τη διερεύνηση του ρόλου των επιχειρημάτων που αναπτύσσονται σε μια συνομιλία στις διαπροσωπικές σχέσεις και τη λήψη απόφασης από μια ομάδα ατόμων (Aakhus, 2010). Το ΣΚΔΕ παρουσιάστηκε αναλυτικά σε ειδικό τεύχος του περιοδικού *Communication Methods and Measures* το 2010. Αποτελεί μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο ανάλυσης περιεχομένου, για τη διερεύνηση – ανάλυση των επιχειρημάτων σε ένα πλατύ φάσμα, διαφορετικών επικοινωνιακών αλληλεπιδράσεων (Canary & Seibold, 2010). Οι κατηγορίες κωδικών, που περιλαμβάνει το μοντέλο ΣΚΔΕ, αναφορικά με τη γενική οργάνωση των επιχειρημάτων, βασίζονται στη θεωρία του Toulmin (1958).

Η πρώτη μορφή του μοντέλου ΣΚΔΕ δημοσιεύτηκε από τους Canary, Ratledge και Seibold (1982). Οι Canary και Seibold (2010) δημοσίευσαν την αναθεωρημένη μορφή του μοντέλου ΣΚΔΕ. Αυτή προέκυψε μετά από πολλές αναθεωρήσεις του μοντέλου, που αφορούσαν τρεις άξονες: α) την προσθήκη, στην αρχική μορφή του μοντέλου, μετά από αξιολόγηση, νέων κατηγοριών, β) την εγκαθίδρυση κανόνων για το τι θεωρείται μονάδα ανάλυσης και γ) τη δημιουργία πολυσταδιακών διαδικασιών κωδικοποίησης (Meyers & Brashers, 2010).

Σύμφωνα με την αναθεωρημένη μορφή του μοντέλου ΣΚΔΕ (Canary & Seibold, 2010), οι διάλογοι που αναπτύσσονται ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα άτομα, αναλύονται με βάση έξι πτυχές: α) Σημεία Εκκίνησης (Starting Points). Αυτά διακρίνονται σε υποθέσεις (assertions), οι οποίες είναι δηλώσεις, που εκφράζουν μια γνώμη ή μια πεποίθηση και εισηγήσεις (propositions), οι οποίες είναι δηλώσεις, που παρακινούν τα άτομα που συνδιαλέγονται να συζητήσουν ή να πράξουν κάτι. β) Σημεία Ανάπτυξης (Developing Points). Διακρίνονται σε υποστηρικτικές δηλώσεις (elaborations), δηλαδή δηλώσεις που υποστηρίζουν άλλες δηλώσεις παρέχοντας δεδομένα ή διευκρινίσεις, επεξηγήσεις (amplifications), δηλαδή δηλώσεις, που διευκρινίζουν άλλες δηλώσεις και τεκμηριώσεις (justifications), δηλαδή δηλώσεις, οι οποίες παρέχουν κανόνες ή αρχές λογικής, για να υποστηρίξουν την εγκυρότητα άλλων δηλώσεων. γ) Σημεία Σύγκλισης (Convergence Markers). Αυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Τις περιπτώσεις, που το

άτομο συμφωνεί με κάποια δήλωση (agreements) και τις περιπτώσεις, στις οποίες το άτομο σημειώνει ότι αναγνωρίζει και/ή κατανοεί τη δήλωση κάποιου άλλου ατόμου, αλλά δε συμφωνεί με αυτήν (acknowledgements). δ) Παρακινήσεις (Prompters). Αυτές χωρίζονται στις αντιρρήσεις (objections), δηλαδή δηλώσεις, με τις οποίες το άτομο αρνείται την αλήθεια ή την ακρίβεια κάποιας άλλης δήλωσης, στις προκλήσεις (challenges), δηλαδή μηνύματα, που παρουσιάζουν προβλήματα, ερωτήματα ή επιφυλάξεις, που πρέπει να επιλυθούν, ώστε τα άτομα να φτάσουν σε συμφωνία και στις απαντήσεις (responses), δηλαδή δηλώσεις, οι οποίες υποστηρίζουν άλλες δηλώσεις, που είχαν απορριφθεί από κάποιο άτομο. ε) Οριοθετήσεις (Delimiters). Χωρίζονται σε τρεις ομάδες. Τα πλαίσια (frames), που είναι δηλώσεις, οι οποίες παρέχουν το περιεχόμενο και/ή τους όρους (qualification) κάποιας άλλης δήλωσης, τις ασφαλείς ματαιώσεις, (forestall/secure), δηλαδή προσπάθειες για ματαίωση της συζήτησης μέσα από την εύρεση κοινού εδάφους και τις αφαιρετικές ματαιώσεις, (forestall/remove), δηλαδή προσπάθειες για ματαίωση της συζήτησης μέσα από την αποφυγή της συζήτησης ενός σημείου. στ) Μη επιχειρηματολογία (Non-arguables). Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται όλες οι συμπεριφορές, οι οποίες δεν έχουν επιχειρηματολογική λειτουργία.

Σε ότι αφορά την εγκαθίδρυση κανόνων για το τι θεωρείται μονάδα ανάλυσης στο ΣΚΔΕ, οι Meyers και Brashers (2010) σημείωσαν πως στις αρχικές μορφές του μοντέλου, μονάδα ανάλυσης θεωρούνταν οι ολοκληρωμένες προτάσεις και οι διακριτές μη ολοκληρωμένες προτάσεις. Στην τελική μορφή του μοντέλου, αντιθέτως, μονάδα ανάλυσης θεωρήθηκε η μονάδα σκέψης, η οποία ήταν πλήρης. Αυτή ορίστηκε ως η οποιοδήποτε δήλωση, η οποία περιλαμβάνει ένα υποκείμενο, που αναφέρεται ή ξεκάθαρα εννοείται, και ένα κατηγορούμενο/ρήμα, που επίσης μπορεί να αναφέρεται ή να εννοείται ξεκάθαρα. Μπορεί, επιπρόσθετα, να περιλαμβάνει και άλλα στοιχεία, όπως λειτουργικές ανεξάρτητες ρήτρες-όρους, μη περιοριστικές εξαρτώμενες ρήτρες-όρους κ.ό.κ.

Σε ότι αφορά τη δημιουργία πολυσταδιακών διαδικασιών κωδικοποίησης, όταν ακολουθείται το ΣΚΔΕ, οι Meyers και Brashers (2010) σημείωσαν πως αυτή κρίθηκε απαραίτητη, ώστε να αυξηθεί η αξιοπιστία του μοντέλου, η οποία, στις αρχικές του μορφές ήταν χαμηλή. Η πολυσταδιακή κωδικοποίηση των δεδομένων προνοεί τη μελέτη των δεδομένων σε έξι στάδια, στα οποία το άτομο, που κωδικοποιεί, πρέπει να ανατρέχει κατ' επανάληψη στα δεδομένα.

Άλλοι ερευνητές αξιολόγησαν την επιχειρηματολογία μαθητών, εξετάζοντας και αναλύοντας μόνο ορισμένα από τα δομικά στοιχεία του επιχειρήματος που εντόπισε ο

Toulmin (1958). Για παράδειγμα, ο Sandoval (2003) αξιολόγησε τις εξηγήσεις μαθητών Γυμνασίου σε μαθήματα Βιολογίας, που ασχολούνταν με θέματα φυσικής επιλογής (natural selection), με βάση ρήτρα, η οποία έκρινε την ποιότητα του ισχυρισμού και την ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούσαν, για να υποστηρίξουν τον ισχυρισμό. Οι Sandoval και Millwood (2005), ακολουθώντας παρόμοια πορεία, υποστήριξαν πως η ανάλυση της δομής των επιχειρημάτων των μαθητών είναι σημαντική στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές εφαρμόζουν επιθυμητές πρακτικές επιχειρηματολογίας. Όμως, τόνισαν ότι η ανάλυση αυτή θα πρέπει να εμπεριέχει και κρίσεις της ποιότητας των επιχειρημάτων. Στην έρευνά τους (Sandoval & Millwood, 2005), συμμετείχαν 87 μαθητές από τέσσερις τάξεις, χωρισμένοι σε ομάδες των τριών ή τεσσάρων ατόμων, που παρακολουθούσαν εισαγωγικό μάθημα Βιολογίας. Και στην έρευνα αυτή, οι συμμετέχοντες ασχολήθηκαν με προβλήματα φυσικής επιλογής. Οι ερευνητές αξιολόγησαν τις εξηγήσεις των μαθητών ως προς: α) το αν τα προταθέντα τεκμήρια ήταν ικανοποιητικά και β) το επίπεδο της αξιοποίησης των δεδομένων. Σε ότι αφορά το πρώτο κριτήριο, τα τεκμήρια αξιολογήθηκαν με κλίμακα από το 0 ως το 3, στην οποία βαθμός 0 δινόταν, όταν δεν παρέχονταν τεκμήρια ή τα τεκμήρια που παρέχονταν δεν ήταν σχετικά, βαθμός 1 δινόταν, όταν δίνονταν μερικά τεκμήρια, βαθμός 2 δινόταν, όταν γινόταν αναφορά σε βασικά τεκμήρια και βαθμός 3 δινόταν, όταν γινόταν πλήρης αναφορά σε όλα τα σχετικά τεκμήρια. Σε ότι αφορά το δεύτερο κριτήριο, οι ερευνητές καθόρισαν τα εξής επίπεδα: α) Συμπερίληψη. Απλή συμπερίληψη δεδομένων, χωρίς να γίνεται οποιαδήποτε αναφορά σε αυτά. β) Υπόδειξη. Μη περιγραφική αναφορά σε κάποιο δεδομένο. γ) Περιγραφή. Σύνοψη ή περιγραφή των δεδομένων, χωρίς να γίνεται εισήγηση για το πώς αυτά συνδέονται με τους ισχυρισμούς. δ) Εισήγηση (Assertion). Γίνεται εισήγηση που «δείχνει» ή «αποδεικνύει» κάποιον ισχυρισμό, χωρίς οποιαδήποτε διευκρίνιση για το πώς αυτός αποδεικνύεται. ε) Ερμηνεία. Επεξήγηση και υπόδειξη του τρόπου με τον οποίο συγκεκριμένες πτυχές της ερμηνείας σχετίζονται με τον ισχυρισμό.

Παρόμοιο σκεπτικό ακολούθησαν και οι Sadler και Fowler (2006), σε δική τους έρευνα, στην οποία συμμετείχαν 45 άτομα από τρεις ομάδες: μαθητές Λυκείου με διαφόρων επιπέδων γνώσεις γενετικής, φοιτητές με λίγες γνώσεις γενετικής και φοιτητές Επιστήμης με υψηλού επιπέδου γνώσεις γενετικής. Επέλεξαν να αναλύσουν τα επιχειρήματα, τα οποία προέβαλαν οι συμμετέχοντες στην έρευνα κατά τη διάρκεια ατομικών συνεντεύξεων που έκαναν μαζί τους, όχι με βάση την αξιολόγηση της δομής των επιχειρημάτων, αλλά με βάση τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αιτιολογούσαν ένα από τα δομικά στοιχεία του επιχειρήματος: τους ισχυρισμούς (justification of claims). Όπως οι

ίδιοι υποστήριξαν, η αξιολόγηση της επιχειρηματολογίας με βάση το θεωρητικό πλαίσιο του Toulmin (1958) παρουσιάζει προβλήματα, τα οποία εντόπισαν στη δομική ανάλυση των επιχειρημάτων, η οποία απαιτεί τη διάκριση των διαφόρων στοιχείων των επιχειρημάτων (ισχυρισμών, δικαιολογητικών, υποστηρικτικών δηλώσεων κτλ.) με μεγαλύτερο πρόβλημα τη διφορούμενη φύση των επιχειρηματικών δομών που καθορίζονται ή εντοπίζονται από αυτό. Για τους Sadler και Fowler (2006), η διάκριση μεταξύ του τι είναι δεδομένο, δικαιολογητικό ή υποστηρικτική δήλωση, μπορεί να είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, θέτοντας την αξιοπιστία, των βασισμένων στη θεωρία του Toulmin (1958) σχημάτων αξιολογήσεων επιχειρημάτων, σε αμφισβήτηση.

Οι Sadler και Fowler (2006) επέλεξαν να δώσουν έμφαση στην αιτιολόγηση των ισχυρισμών και για δύο ακόμη λόγους: α) η αιτιολόγηση των ισχυρισμών είναι η πιο βασική και κρίσιμη σημασίας πρακτική στην επιχειρηματολογία. Στην απλούστερή της μορφή, η επιχειρηματολογία αφορά την παρουσίαση ενός ισχυρισμού και την υποστήριξη της εγκυρότητας του ισχυρισμού μέσω μιας αιτιολόγησης και β) ο συνδυασμός των δεδομένων ταιριάζει με την ανάλυση των αιτιολογήσεων.

Για την αξιολόγηση της ποιότητας της αιτιολόγησης των ισχυρισμών που οι μαθητές προέβαλλαν, οι Sadler και Fowler (2006) ανέπτυξαν μια σχετική ρήτρα. Η ρήτρα, με παραδείγματα από τα δεδομένα που συνέλεξαν οι ερευνητές, τα οποία αφορούσαν προβλήματα γενετικής μηχανικής, είχε ως εξής:

Βαθμός 0: Μη αιτιολόγηση, π.χ., *«Ναι, νομίζω είναι σωστό.»*

Βαθμός 1: Αιτιολόγηση που δε βασίζεται σε οποιαδήποτε στοιχεία, π.χ., *«Αν μπορούν να κάνουν κάποιο να μην υποφέρει, τότε σίγουρα ναι.»*

Βαθμός 2: Αιτιολόγηση που βασίζεται σε απλά στοιχεία, π.χ., *«Δε νομίζω πως είναι σωστό, επειδή, αν δεν μπορεί να αποκτήσει παιδί... αυτό είναι θέλημα Θεού.»*

Βαθμός 3: Αιτιολόγηση που βασίζεται σε επεξεργασμένα (elaborated) στοιχεία, π.χ.:

Θα δημιουργήσουν περισσότερες διακρίσεις στους ανθρώπους από αυτές που έχουμε σήμερα, τους φτωχούς και τους πλούσιους. Θα έχουμε, για παράδειγμα, έξυπνους και μη έξυπνους. Αυτό θα προκαλέσει πολλά κοινωνιολογικά προβλήματα.

Βαθμός 4: Αιτιολόγηση που βασίζεται σε επεξεργασμένα (elaborated) στοιχεία και περιλαμβάνει πρόταση που αντιτίθεται προς κάποια θέση, π.χ.:

Νομίζω πως γονιδιακές θεραπείες θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται πολύ σπάνια, επειδή, με αυτό που κάνουν, μειώνουν τη διαφορετικότητα. Είναι

σαν να γίνεται μια αντιγραφή του ίδιου – καλού γονιδίου, κάτι που, αν γενικευτεί, θα έχει ως αποτέλεσμα να μην έχουμε αντίγραφα όλων των γονιδίων. Όμως, σε περιπτώσεις που η μόνη θεραπεία είναι η αντικατάσταση κάποιου γονιδίου, τότε αυτό θα ήταν καλό να γίνει... αν δεν υπήρχαν άλλες θεραπείες γι' αυτό, αυτή θα ήταν η μόνη περίπτωση που θα υποστήριζα τη γονιδιακή θεραπεία. Όμως, πιστεύω πως όλες οι άλλες μέθοδοι θα πρέπει να εξαντλούνται, πριν από την αλλαγή των γονιδίων κάποιου.

Μια ομάδα ερευνητών, στην προσπάθειά τους να υπερπηδήσουν τις αδυναμίες που εντοπίζονται, όταν τα επιχειρήματα αξιολογούνται με βάση τη δομή τους, επέλεξε να αξιολογήσει ξεχωριστά διάφορες πτυχές των επιχειρημάτων. Οι έρευνες των McNeill και Krajcik (2007), McNeill (2009), Berland και Reiser (2009), Sampson και Clark (2009) και Sampson, Grooms και Walker (2011) αποτελούν ενδεικτικά παραδείγματα.

Στην έρευνα των McNeill και Krajcik (2007), συμμετείχαν 1034 μαθητές, από 34 τμήματα 8 σχολείων, οι οποίοι διδάσκονταν από 10 εκπαιδευτικούς. Στην ανάλυση, όμως, των δεδομένων, περιλήφθηκαν μόνο 700 από τους μαθητές, οι οποίοι συμπλήρωσαν το σύνολο και των δύο έργων που χορηγήθηκαν: δύο πανομοιότυπα δοκίμια πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, τα οποία περιελάμβαναν 15 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και 4 ερωτήσεις ανοικτού τύπου. Για την αξιολόγηση των ερωτήσεων ανοικτού τύπου, οι ερευνητές ανέπτυξαν κατάλληλες ρήτρες, οι οποίες αξιολογούσαν τρεις επιμέρους τομείς των επιχειρημάτων των μαθητών: τους ισχυρισμούς, την καταλληλότητα των τεκμηρίων και το συλλογισμό. Παρατίθενται δύο παραδείγματα αξιολόγησης επιχειρημάτων των μαθητών. Αυτά αφορούν τις απαντήσεις δύο μαθητών σε μία ερώτηση, στην οποία οι μαθητές έπρεπε να κρίνουν, αν τέσσερα υγρά αποτελούνταν από την ίδια ουσία ή διαφορετική. Στη διάθεσή τους, ώστε να καταλήξουν στην απάντησή τους, είχαν τέσσερις ιδιότητες των υγρών: τη μάζα, το χρώμα, την πυκνότητα και το σημείο τήξης.

Ο μαθητής, που υποστήριξε:

Όχι, τα υγρά δεν αποτελούνται από την ίδια ουσία, επειδή μερικά είναι διαφορετικά και μερικά τα ίδια, όπως το 1 και το 4. Το υγρό 4 έχει διαφορετική μάζα από το υγρό 1. Μερικά δεν έχουν χρώμα, όπως τα υγρά 1, 2 και 4, ενώ το υγρό 3 έχει ασημί χρώμα. Επίσης, τα υγρά 2 και 3 έχουν διαφορετική πυκνότητα από τα υγρά 1 και 2. Τα υγρά 2 και 3 έχουν διαφορετικό σημείο τήξης,

βαθμολογήθηκε με μηδέν και στους τρεις τομείς. Βαθμολογήθηκε με μηδέν στον τομέα «ισχυρισμοί,» επειδή χρησιμοποίησε μη κατάλληλα δεδομένα, στην προσπάθειά του να στηρίξει τον ισχυρισμό του. Υποστήριξε, συγκεκριμένα, πως τα δύο υγρά (1 και 4) αποτελούνται από διαφορετική ουσία, επειδή έχουν διαφορετική μάζα.

Ο μαθητής που είπε:

Και τα τέσσερα υγρά είναι διαφορετικά. Δεν είναι τα ίδια, επειδή η πυκνότητα του 2 και του 3 είναι διαφορετική από την πυκνότητα του 1 και του 4. Το χρώμα του υγρού 3 είναι διαφορετικό από το χρώμα των υγρών 2, 1 και 4. Η μάζα των υγρών 3 και 4 είναι διαφορετική από αυτή των υγρών 1 και 2. Το σημείο τήξης των 1 και 4 είναι διαφορετικό από το σημείο τήξης των 2 και 3. Τα υγρά θα ήταν από την ίδια ουσία, αν είχαν τις ίδιες ιδιότητες,

πήρε βαθμό μηδέν στους τομείς «ισχυρισμοί» και «καταλληλότητα των τεκμηρίων.» Στον τομέα «καταλληλότητα των τεκμηρίων,» πήρε βαθμό μηδέν, επειδή συμπεριέλαβε τη μάζα ως σημαντικό κριτήριο που καθορίζει το αν δύο υγρά αποτελούνται από την ίδια ουσία. Αντιθέτως, πήρε υψηλό βαθμό στον τομέα «συλλογισμός,» επειδή η τελευταία πρόταση περιλαμβάνει ένα ορθό επιστημονικά επιχείρημα: για να αποτελούνται από την ίδια ουσία δύο υλικά, θα πρέπει να έχουν τις ίδιες ιδιότητες.

Από το δεύτερο παράδειγμα, φαίνεται με ποιο τρόπο οι ρήτρες μπορούν να κωδικοποιούν κάθε τομέα ανεξάρτητα από τη βαθμολογία των άλλων δύο τομέων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιτρέπει στους ερευνητές να αξιολογούν ξεχωριστά το πώς κατανοούν οι μαθητές τον κάθε τομέα. Ως μειονέκτημα, οι ερευνητές σημείωσαν πως, με τη μεθοδολογία που ακολούθησαν, δεν κατέληγαν σε ένα συνολικό βαθμό, ο οποίος να αντικατοπτρίζει το επίπεδο στο οποίο ο μαθητής είναι ικανός να επιχειρηματολογεί.

Στην έρευνα της McNeill (2009), συμμετείχαν 6 εκπαιδευτικοί και 568 μαθητές Α΄ Γυμνασίου (ηλικίας 13 χρόνων). Διερευνήθηκε το πώς οι εκπαιδευτικοί υποστηρίζουν την ικανότητα των μαθητών να επιχειρηματολογούν και να μαθαίνουν. Τα θέματα τα οποία δίδαξαν οι εκπαιδευτικοί ήταν: η μελέτη των χημικών ουσιών και των ιδιοτήτων τους, η φύση των χημικών αντιδράσεων και η διατήρηση της μάζας.

Η McNeill και οι συνεργάτες της ανέπτυξαν ρήτρες που αξιολογούσαν την ικανότητα των μαθητών να γράφουν επιστημονικά επιχειρήματα, όταν καλούνται να ερμηνεύσουν φυσικά φαινόμενα (McNeill, 2009). Οι ρήτρες που ανέπτυξαν αξιολογούσαν τόσο την εννοιολογική πληρότητα, όσο και τη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών. Στην αξιολόγηση των επιχειρημάτων μπορούσε ακόμη να μετρηθεί κατά πόσον τα δεδομένα που χρησιμοποιούνταν από τους μαθητές ήταν επιστημονικά ακριβή. Αυτό το έκαναν, επειδή σκοπός της έρευνάς τους ήταν να βοηθήσουν τους μαθητές να γράφουν επιστημονικά επιχειρήματα, που να είναι και επιστημονικά ακριβή και κατάλληλα αιτιολογημένα. Για την αξιολόγηση της δομής των επιχειρημάτων, βαθμολογούσαν ξεχωριστά τρία από τα δομικά στοιχεία του επιχειρήματος: τους ισχυρισμούς, τα δεδομένα

και το συλλογισμό, με κλίμακα από 0 ως 3 για καθένα από τα τρία θέματα τα οποία διδάχθηκαν οι μαθητές. Επομένως, ο μεγαλύτερος βαθμός που μπορούσε να πάρει κάποιος μαθητής σε κάθε τομέα ήταν το 9.

Για να εξαχθεί ο συνολικός βαθμός για κάθε μαθητή, οι βαθμοί, των επιμέρους τομέων (ισχυρισμοί, δεδομένα, συλλογισμός), αθροίζονταν. Επομένως, ο μεγαλύτερος βαθμός που μπορούσε να πάρει ένας μαθητής ήταν το 27.

Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει τις ρήτρες που ανέπτυξαν η McNeill και οι συνεργάτες της (McNeill, 2009).

Πίνακας 5

Ρήτρες Αξιολόγησης Επιμέρους Στοιχείων της Επιχειρηματολογίας

Στοιχείο επιχειρηματολογίας	Βαθμός		
	0	1 και 2	3
Ισχυρισμός	Δεν προβάλλεται ισχυρισμός ή ο ισχυρισμός είναι ακατάλληλος (inaccurate)	Δεν εφαρμόζεται	Κατάλληλος (accurate) και ολοκληρωμένος ισχυρισμός
Δεδομένα	Δεν παρέχονται δεδομένα ή παρέχονται ακατάλληλα δεδομένα (δεδομένα που δεν υποστηρίζουν τον ισχυρισμό)	Παρέχονται κατάλληλα, αλλά ανεπαρκή δεδομένα, για να υποστηριχθεί ο ισχυρισμός. Μπορεί να περιλαμβάνονται και μερικά ακατάλληλα δεδομένα.	Παρέχονται κατάλληλα και επαρκή δεδομένα, για να υποστηριχθεί ο ισχυρισμός.
Συλλογισμός	Δεν εξηγείται ο συλλογισμός ή παρέχεται συλλογισμός που δε συσχετίζει τα δεδομένα με τον ισχυρισμό.	Επαναλαμβάνονται τα δεδομένα και συσχετίζονται με τον ισχυρισμό (επίπεδο 1) και / ή περιλαμβάνονται επιστημονικές αρχές που συνδέουν τα δεδομένα με τον ισχυρισμό, οι οποίες όμως δεν είναι επαρκείς (επίπεδο 2).	Παρέχεται κατάλληλος και ολοκληρωμένος συλλογισμός. Περιλαμβάνει κατάλληλες και επαρκείς επιστημονικές αρχές, που εξηγούν το γιατί τα δεδομένα μπορούν να λειτουργήσουν ως τεκμήρια που να υποστηρίζουν τον ισχυρισμό.

McNeill, 2009

Τις τρεις αυτές πτυχές των επιχειρημάτων αξιολόγησαν και σε δική τους έρευνα οι Berland και Reiser (2009).

Στην έρευνα των Sampson και Clark (2009) συμμετείχαν 168 μαθητές Γυμνασίου ηλικίας 15 ως 17 χρόνων, οι οποίοι παρακολουθούσαν μάθημα Χημείας. Οι μαθητές

χωρίστηκαν, με τυχαίο τρόπο, σε τριάδες αποτελούμενες από μέλη του ίδιου φύλου.

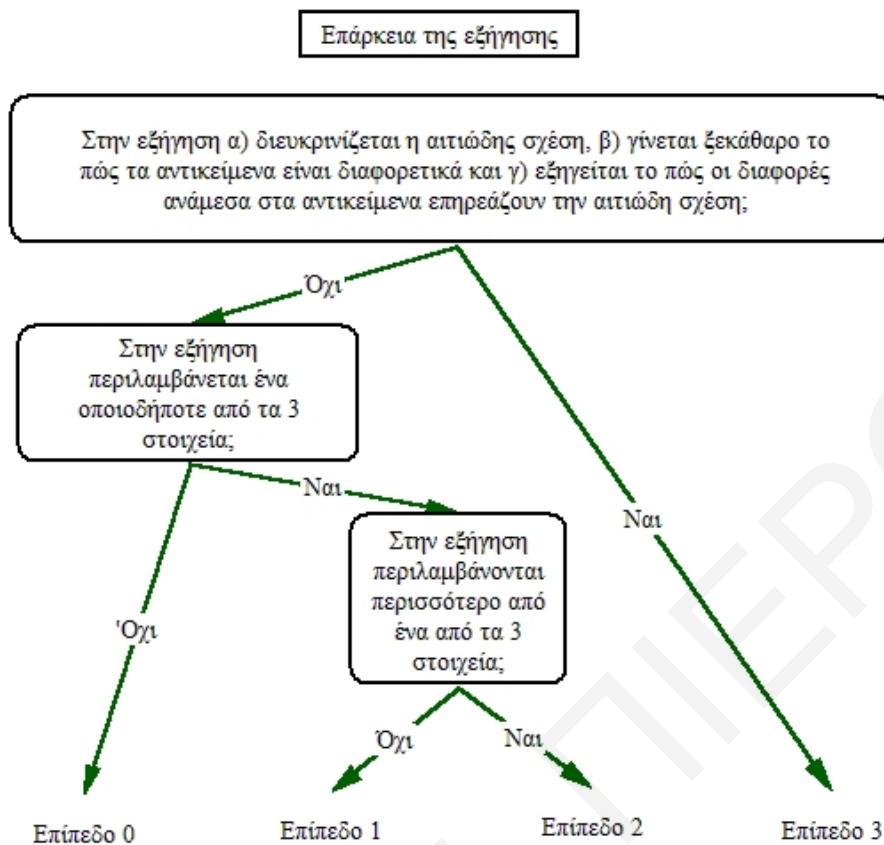
Οι ερευνητές αξιολόγησαν τις ακόλουθες 4 πτυχές των επιχειρημάτων των μαθητών:
α) Επάρκεια της εξήγησης, β) Εννοιολογική ποιότητα της εξήγησης, γ) Ποιότητα των δεδομένων / τεκμηρίων και δ) Επάρκεια του συλλογισμού.

Την επάρκεια της εξήγησης σε ένα επιχείρημα την αξιολόγησαν με βάση το πόσο καλά η εξήγηση απαντούσε στο υπό διερεύνηση ερώτημα. Την εννοιολογική ποιότητα της εξήγησης την αξιολόγησαν ως ακριβή, μη ολοκληρωμένη ή ανακριβή.

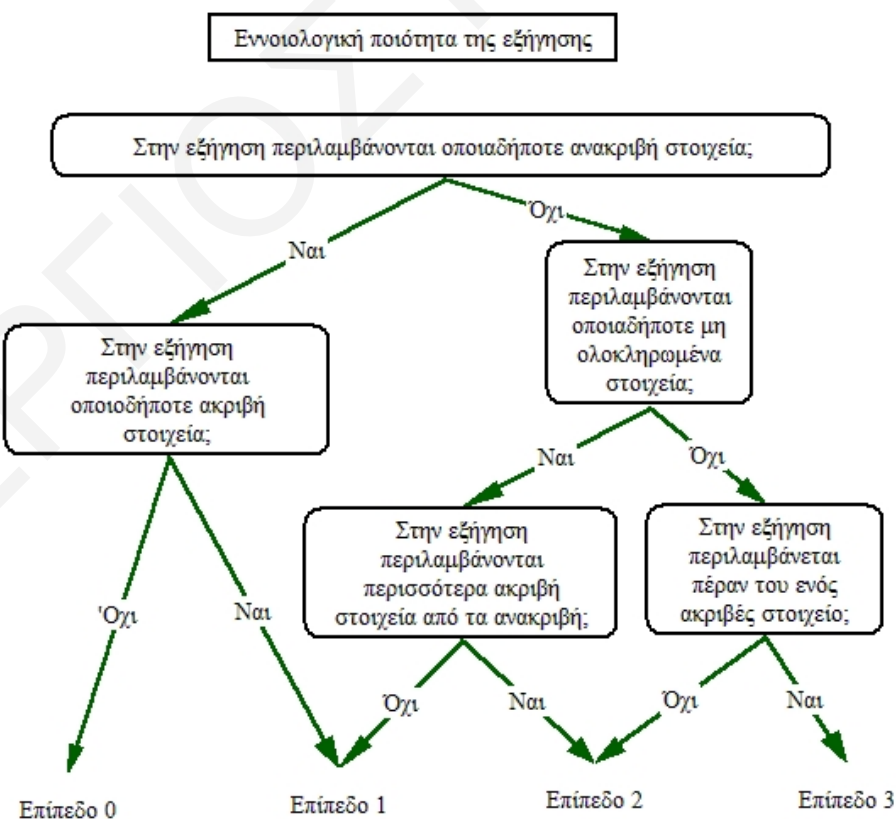
Για να αξιολογήσουν την ποιότητα των δεδομένων / τεκμηρίων, διερευνούσαν αν κατάλληλα και σχετικά δεδομένα χρησιμοποιούνταν, για να υποστηρίξουν μια ερμηνεία. Ως κατάλληλα, ορίστηκαν οι μετρήσεις ή οι παρατηρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για να εξηγήσουν: α) διαφορές στα αντικείμενα, β) τάσεις που παρατηρούνται με την πρόοδο του χρόνου και γ) σχέσεις μεταξύ δύο μεταβλητών. Ως μη κατάλληλα, ορίστηκαν τα δεδομένα / τεκμήρια που αποτελούσαν α) προσωπικά - αυθαίρετα συμπεράσματα (inferences), β) αναφορές / επικλήσεις σε υποθετικά παραδείγματα, γ) αναφορές / επικλήσεις σε περασμένα γεγονότα ή εμπειρίες και δ) αναφορές / επικλήσεις σε αρχές και νόμους (authority figures). Ως σχετικά, χαρακτηρίστηκαν τα δεδομένα αν άμεσα υποστήριζαν μια συγκεκριμένη πτυχή της ερμηνείας.

Αξιολόγησαν την επάρκεια του συλλογισμού εντοπίζοντας το πόσο καλά τα άτομα ή η ομάδα συνέδεε τα δεδομένα με την ερμηνεία και τεκμηρίωνε την επιλογή των δεδομένων. Επαρκής συλλογισμός ορίστηκε ως: α) διευκρίνιση του τρόπου με τον οποίο τα δεδομένα υποστηρίζουν πτυχές της ερμηνείας και β) διευκρίνιση του λόγου γιατί τα δεδομένα μπορούν να αξιοποιηθούν ως τεκμήρια.

Για καθεμιά από τις 4 πτυχές έδωσαν βαθμό με κριτήριο την παρουσία ή την απουσία συγκεκριμένων στοιχείων. Ο βαθμός κυμαινόταν από 0 ως 3. Οι βαθμοί με τους οποίους αξιολόγησαν κάθε επιχείρημα στους τέσσερις τομείς συνδυάζονταν, ώστε να προκύψει ο συνολικός βαθμός κάθε επιχειρήματος. Τα επιχειρήματα, επομένως, βαθμολογήθηκαν σε μία κλίμακα από 0 ως 12. Για να αυξηθεί η αξιοπιστία της αξιολόγησης, οι ερευνητές μείωσαν την επίδραση της υποκειμενικής αξιολόγησης με την ανάπτυξη διχοτομικών κλειδιών, δύο από τα οποία παρουσιάζονται στα Σχήματα 3 και 4. Τα διχοτομικά κλειδιά αποτελούνταν από αριθμό διχοτομικών επιπέδων το καθένα. Σε κάθε επίπεδο, οι ερευνητές αξιολογούσαν κάθε πτυχή του επιχειρήματος με βάση μία ερώτηση, την οποία απαντούσαν θετικά ή αρνητικά, ανάλογα με το επιχείρημα του μαθητή. Ανάλογα με την απάντηση, οι ερευνητές βαθμολογούσαν την πτυχή του



Σχήμα 3. Διχοτομικό Κλειδί για Αξιολόγηση της Επάρκειας της Εξήγησης (Sampson & Clark, 2009)



Σχήμα 4. Διχοτομικό Κλειδί για Αξιολόγηση της Εννοιολογικής Ποιότητας της Εξήγησης (Sampson & Clark, 2009)

επιχειρήματος, που εξετάζαν κάθε φορά, ή οδηγούνταν σε επόμενο διχοτομικό επίπεδο, για να εξετάσουν την ίδια πτυχή του επιχειρήματος, ως προς μία νέα ερώτηση.

Την ίδια μεθοδολογία αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας, με αυτήν των Sampson και Clark (2009), χρησιμοποίησαν και οι Sampson κ.ά. (2011).

Ξεχωριστή θέση στη βιβλιογραφία της επιχειρηματολογίας έχουν οι έρευνες που εξέτασαν τα επιχειρήματα που προβάλλουν οι μαθητές, όταν έρθουν αντιμέτωποι με δεδομένα, τα οποία είναι ασύμφωνα με τις προηγούμενες πεποιθήσεις τους (anomalous). Οι Chinn και Brewer (1993) συνόψισαν τις ψυχολογικές διαδικασίες που επισυμβαίνουν σε τέτοιες καταστάσεις, στις οποίες συχνά ο μαθητής προσπαθεί να προστατεύσει τις πεποιθήσεις του. Αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6

Πιθανές Αντιδράσεις σε «Ασύμφωνα» (Anomalous) Δεδομένα

Τύπος απάντησης	Το άτομο αποδέχεται τα δεδομένα; (accept data)	Το άτομο εξηγεί τα δεδομένα; (explain data)	Το άτομο αλλάζει θεωρίες; (change theories)
Αγνοεί (Ignoring)	Όχι	Όχι	Όχι
Απορρίπτει (Rejecting)	Όχι	Ναι	Όχι
Εξαιρεί (Excluding)	Ναι ή ίσως ^α	Όχι	Όχι
Αναβάλλει (Abeyance)	Ναι	Όχι ακόμα ^β	Όχι
Επανερμηνεύει (Reinterpreting)	Ναι	Ναι	Όχι
Περιφερειακή αλλαγή θεωρίας (Peripheral change)	Ναι	Ναι	Ναι, μερικώς ^γ
Αλλάζει τη θεωρία του (Theory change)	Ναι	Ναι	Ναι ^δ

Σημείωση:

α: Το άτομο είτε αποδέχεται τα δεδομένα ως έγκυρα, είτε παραμένει δύσπιστο σε ότι αφορά την εγκυρότητά τους.

β: Το άτομο αναμένει πως τα δεδομένα θα μπορούν να εξηγηθούν με βάση την υπάρχουσα θεωρία σε κάποια στιγμή στο μέλλον.

γ: Μόνο πεποιθήσεις της «προστατευμένης ζώνης» αλλάζουν.

δ: Αλλάζουν πυρηνικές πεποιθήσεις.

Με την κατηγοριοποίηση των Chinn και Brewer συμφώνησε στην έρευνά του και ο Lin (2007). Όμως εισηγήθηκε πως στις κατηγορίες αυτές, θα έπρεπε να προστεθεί άλλη μία: η αβεβαιότητα σχετικά με την ερμηνεία των δεδομένων.

Η τελευταία γραμμή του Πίνακα 6 αναφέρεται σε αυτό που συχνά επιδιώκεται στην εκπαίδευση της Επιστήμης: την ανατροπή των προηγούμενων λανθασμένων αντιλήψεων

«υπό το φως» νέων δεδομένων και την υιοθέτηση ενός επιστημονικά ορθού μοντέλου ή, αν αυτό δεν είναι δυνατόν, ενός μοντέλου το οποίο θα βρίσκεται πιο κοντά στο επιστημονικό σε σχέση με το προηγούμενο μοντέλο του μαθητή. Στην ερευνητική βιβλιογραφία, αυτό ταυτίζεται με την εννοιολογική αλλαγή και έχει τύχει εκτεταμένης έρευνας τα τελευταία 20-30 χρόνια (Macbeth, 2000. Beeth, 1998. Georghiades, 2000). Ο όρος εννοιολογική αλλαγή αναφέρεται στην ανάπτυξη της κατανόησης του φυσικού κόσμου από μέρους των μαθητών, αφορά δηλαδή τη μετάβαση από την κατανόηση που φέρουν μαζί τους όταν εισέρχονται στην τάξη, σε μια επιστημονικά (πιο) ορθή κατανόηση (Macbeth, 2000). Ο όρος εννοιολογική αλλαγή μπορεί να εκφραστεί και ως η αναδόμηση ή η ανασυγκρότηση των γνωστικών δομών του ατόμου σε πιο ανεπτυγμένες, οι οποίες θα μπορούσαν να ερμηνεύουν φαινόμενα στα οποία οι προηγούμενες δεν μπορούσαν να δώσουν λύση (Georghiades, 2000). Ο Havu-Nuutinen (2005) κατέγραψε τις θεωρίες που έχουν προταθεί, οι οποίες προσπαθούν να μελετήσουν και να αναλύσουν τις διαδικασίες που διαδραματίζονται, όταν γίνεται μια εννοιολογική αλλαγή, αρχίζοντας με τις θεωρίες των Piaget (Διαταραχή της γνωστικής ισορροπίας – θεωρία σταδίων) και Vygotsky (κοινωνική διαδικασία στην οποία η γλώσσα έχει σημαντικό ρόλο, 1962, 1978) και συνεχίζοντας με πολύ γνωστούς ερευνητές, όπως τους Posner, Strike, Hewson και Gertzog (1982), Carey (1985) και Vosniadou (1994).

Μεθοδολογικές Επιλογές για τη Μελέτη της Επιχειρηματολογίας

Ένα άτομο αναπτύσσει επιχειρήματα τόσο μόνο του, όσο και όταν συνδιαλέγεται με άλλους. Μόνο του, όταν καλείται να λάβει μια απόφαση, μέσα από μια διαδικασία αξιολόγησης των διαφόρων πτυχών και επιπτώσεων των εναλλακτικών επιλογών που έχει. Μόνο του, επίσης, στα πλαίσια φιλοσοφικών αναζητήσεων για διάφορα θέματα, που το απασχολούν. Στους διαλόγους του με άλλους, όταν υπάρχουν διαφορετικές απόψεις ή εκτιμήσεις για κάποιο θέμα.

Τις περισσότερες φορές, το άτομο καλείται να επιχειρηματολογήσει στα πλαίσια κάποιου διαλόγου με άλλους, μια και είναι «κοινωνικό ον.» Ειδικότερα, στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών, οι μαθητές/τριες καλούνται να επιχειρηματολογήσουν συχνά, σε πολλές φάσεις της διδακτικής διαδικασίας: στην επιλογή του ερευνητικού ερωτήματος, στο σχεδιασμό του πειράματος, στην επιλογή των κατάλληλων υλικών για κάποιο

πείραμα, στον καθορισμό των μεταβλητών, στις μετρήσεις των φυσικών μεγεθών, στην επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου καταγραφής των μετρήσεων, στην ερμηνεία των μετρήσεων και των παρατηρήσεων, στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, οι μαθητές καλούνται να κάνουν διάφορες επιλογές και να τις αιτιολογήσουν στον/στην εκπαιδευτικό, στην ομάδα στην οποία ανήκουν ή στο σύνολο της τάξης, ανάλογα με το πώς εργάζεται η τάξη. Ακόμη, καλούνται να κάνουν τις επιλογές αυτές άλλοτε προφορικά και άλλοτε γραπτώς. Για να μπορέσουν να αιτιολογήσουν τις επιλογές τους, θα πρέπει να αναπτύξουν πειστικά επιχειρήματα. Σε όλες, επίσης, τις περιπτώσεις, τα επιχειρήματα, που αναπτύσσουν οι μαθητές, μπορεί να έχουν αποδέκτη μόνο τους συμμαθητές τους, μόνο τον/την εκπαιδευτικό ή τους συμμαθητές τους και τον/την εκπαιδευτικό. Είναι, επομένως πολύ σημαντική η κατανόηση του τρόπου και των διαδικασιών σκέψης που ακολουθούν οι μαθητές, όταν καλούνται να επιχειρηματολογήσουν, για να πείσουν τους συμμαθητές τους.

Οι διάφορες περιπτώσεις, στις οποίες οι μαθητές καλούνται να επιχειρηματολογήσουν, έχουν διερευνηθεί από αριθμό ερευνών. Η επιλογή μεθοδολογίας της κάθε έρευνας γίνεται ανάλογα με την περίπτωση που διερευνάται. Αν, για παράδειγμα, προς διερεύνηση είναι η διαφοροποίηση του τρόπου που κάποιος μαθητής επιχειρηματολογεί, ανάλογα με το αν θα εργαστεί στα πλαίσια ολιγομελούς ομάδας ή στα πλαίσια πολυμελούς ομάδας, τότε θα πρέπει να ληφθούν δεδομένα από άτομα, που συνεργάζονται στα πλαίσια των δύο αυτών τύπων ομάδων.

Στη διεθνή βιβλιογραφία, που ασχολείται με την επιχειρηματολογία των μαθητών, αριθμός δημοσιεύσεων ασχολείται με το πώς μαθητές επιχειρηματολογούν ατομικά. Για το λόγο αυτό, οι συμμετέχοντες στις έρευνες, που περιγράφουν οι δημοσιεύσεις αυτές, εργάστηκαν ατομικά. Σημειώνονται οι έρευνες των Yerrick (2000), Means και Voss (1996) και Sadler και Fowler (2006), στις οποίες χρησιμοποιήθηκε η ατομική συνέντευξη, και η έρευνα των Kuhn και Udell (2007), στην οποία χορηγήθηκε γραπτό ερωτηματολόγιο.

Αριθμός άλλων δημοσιεύσεων, ασχολείται με τον τρόπο που οι μαθητές επιχειρηματολογούν, όταν είναι μέλη ολιγομελών ή πολυμελών (π.χ., σύνολο μιας τάξης) ομάδων. Ως παραδείγματα, σημειώνονται οι έρευνες του Sandoval (2003) με τριμελείς ομάδες, των Clark και Sampson (2007, 2008) με δυάδες μαθητών, των Dawson και Venville (2009) με ομάδες αποτελούμενες από δύο ή τρία μέλη, των Cross κ.ά. (2008) με ομάδες αποτελούμενες από δύο ή τέσσερα μέλη, των Jiménez-Aleixandre κ.ά. (2000) με το

σύνολο μιας τάξης και τετραμελείς ομάδες, των Osborne κ.ά. (2004) με τετραμελείς ομάδες, των Sandoval και Millwood (2005) με τριμελείς ή τετραμελείς ομάδες, των Kuhn, Shaw και Felton (2009) με ζεύγη μαθητών και ενηλίκων, της Iordanou (2010) με ζεύγη μαθητών, που είχαν αντίθετες απόψεις για κάποιο θέμα, των Reznitskaya, Kuo, Clark, Miller, Jadallah, Anderson και Nguyen-Jahiel (2009) με ομάδες μαθητών Δ' τάξης Δημοτικού, των Sampson κ.ά. (2011) με μία τετραμελή και πέντε τριμελείς ομάδες, των Katchevich, Hofstein και Mamlok-Naaman (2011), στην οποία οι μαθητές έξι τμημάτων Β' και Γ' Λυκείου εργάστηκαν χωρισμένοι σε τριμελείς ή τετραμελείς ομάδες, στα πλαίσια εργαστηριακών μαθημάτων Χημείας, των Evagorou, Jimenez-Aleixandre και Osborne (2012) με ζεύγη μαθητών, των Chin και Osborne (2010) με ομάδες αποτελούμενες από τρία ως έξι μέλη, των Sampson και Clark (2011) με τριάδες μαθητών και των Gijlers και de Jong (2009) με δυάδες.

Τέλος, άλλες δημοσιεύσεις συνδύασαν την επιχειρηματολογία, που αναπτύσσεται τόσο ατομικά, όσο και στα πλαίσια ομάδας. Σημειώνονται οι έρευνες των Berland και Reiser (2009), στην οποία οι μαθητές επιχειρηματολόγησαν, αρχικά, ατομικά και, στη συνέχεια, στα πλαίσια δυάδων ή ομάδων, των Sampson και Clark (2009), στην οποία οι μαθητές επιχειρηματολόγησαν ατομικά και σε τριάδες, των Zohar και Nemet (2002), στην οποία οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά και σε ομάδες αποτελούμενες από 5 ως 7 μέλη, των Patronis κ.ά. (1999), στην οποία οι μαθητές μιας τάξης εργάστηκαν πρώτα ατομικά, στη συνέχεια σε ομάδες και στο τέλος ως σύνολο, της Simonneaux (2001), όπου οι μαθητές μιας τάξης εργάστηκαν ατομικά και ως σύνολο και των van Amelsfoort, Andriessen και Kanselaar (2007), όπου οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά, μετά σε ζεύγη και στο τέλος ξανά ατομικά.

Οι περισσότερες από τις έρευνες που αναφέρθηκαν και μελέτησαν την επιχειρηματολογία μαθητών, όταν εργάζονταν σε ομάδες, δεν εξέτασαν πιθανές διαφορές στην επιχειρηματολογία μαθητών, ανάλογα με τη σύνθεση της ομάδας, στην οποία αυτοί ανήκαν. Για το λόγο αυτό, ο σχηματισμός των ομάδων γινόταν με τυχαία επιλογή μαθητών στην καθεμιά. Στις υπόλοιπες, που αποτελούν τη μειοψηφία των ερευνών, τέθηκαν περιορισμοί, οι οποίοι μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ομάδες. Οι περιορισμοί στην τυχαία επιλογή, για τον καταρτισμό των ομάδων που συμμετείχαν στις έρευνες, και οι οποίοι αφορούσαν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μαθητών, ήταν: α) Περιορισμοί που αφορούσαν τις αρχικές απόψεις των ατόμων για το υπό εξέταση θέμα. Οι Chin και Osborne (2010) και Iordanou (2010), επέλεξαν να καταρτίσουν ομάδες αποτελούμενες από

άτομα με διαφορετικές αρχικές απόψεις. β) Περιορισμοί που αφορούσαν το φύλο των συμμετεχόντων στις έρευνες. Οι Sampson και Clark (2009, 2011) κατάρτισαν ομάδες αποτελούμενες από άτομα του ίδιου φύλου. γ) Περιορισμοί που αφορούσαν τις επιδόσεις των συμμετεχόντων. Οι Gijlers και de Jong (2009) κατάρτισαν ομάδες αποτελούμενες από άτομα με διαφορετική σχολική επίδοση στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών.

Οι έρευνες, στις οποίες ο καταρτισμός των ομάδων μαθητών έγινε με τυχαία επιλογή, ούτε μπορούσαν, ούτε αποσκοπούσαν να διερευνήσουν ενδεχόμενες διαφορές στην επιχειρηματολογία των μαθητών, ανάλογα με κάποιο/α ιδιαίτερο/α χαρακτηριστικό/ά, που αυτοί έχουν, επειδή κανένα τέτοιο χαρακτηριστικό δεν τέθηκε ως κριτήριο, για τον καταρτισμό των ομάδων, ώστε να μπορεί να διερευνηθεί. Ούτε, όμως, οι υπόλοιπες έρευνες είχαν στα ερευνητικά τους ερωτήματα τη διερεύνηση της πιθανότητας η επιχειρηματολογία κάποιου μαθητή να διαφοροποιείται ανάλογα με τη σύσταση της ομάδας, στην οποία ανήκει.

Τα Εννοιολογικά Σκίτσα (Concept Cartoons)

Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, οι μαθητές παρουσιάζονται συχνά και σε μεγάλο ποσοστό διστακτικοί, όταν καλούνται να επιχειρηματολογήσουν (Driver κ.ά., 2000· Osborne κ.ά., 2004), κάτι που δεν αποτελεί «προνόμιο» των μαθητών, αφού δυσκολίες στην επιχειρηματολογία αντιμετωπίζουν άτομα όλων των ηλικιών (Sadler, 2004). Σε μια προσπάθεια να ενθαρρύνουν τους μαθητές να δημιουργούν και να εκφράζουν επιχειρήματα, οι Keogh, Naylor και Downing (2003) δημιούργησαν τα εννοιολογικά σκίτσα (concept cartoons), θεωρώντας πως αυτά θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση μιας πιθανής στρατηγικής προώθησης της επιχειρηματολογίας.

Τα εννοιολογικά σκίτσα εστιάζονται σε συγκεκριμένα επιστημονικά ερωτήματα (Naylor, Keogh, & Downing, 2007) και χρησιμοποιούν χαρακτήρες - σκίτσα, οι οποίοι συνομιλούν, παρουσιάζοντας τόσο την επιστημονικά αποδεκτή άποψη, όσο και κοινές εναλλακτικές απόψεις που έχουν οι μαθητές, σε ένα οικείο, καθημερινό περιεχόμενο. Χρησιμοποιούν όσο το δυνατό πιο μικρό κείμενο, για να κάνουν τις ιδέες τους προσιτές σε μαθητές με περιορισμένες ικανότητες στην ανάγνωση και την κατανόηση κειμένου. Έχουν

ακόμη ελκυστική όψη (Chin & Teou, 2009). Ένα εννοιολογικό σκίτσο παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Παράδειγμα Εννοιολογικού Σκίτσου
(<http://www.conceptcartoons.com/science/news.htm>)

Στα εννοιολογικά σκίτσα, οι χαρακτήρες παρουσιάζονται να διαφωνούν ανοικτά σχετικά με την επιστημονική κατανόηση μιας κατάστασης. Αυτό κάνει τους μαθητές να είναι πιο πρόθυμοι να εμπλακούν στη συζήτηση και να προσθέσουν τις προσωπικές τους απόψεις (Naylor κ.ά., 2007). Ταυτόχρονα, επειδή προκαλούν το ενδιαφέρον των μαθητών, τα εννοιολογικά σκίτσα παρέχουν ερεθίσματα για στοχευμένες συζητήσεις, όπου ο δισταγμός ή οι όποιες φοβίες έκφρασης της προσωπικής άποψης περιορίζονται, καθώς οι μαθητές μπορούν να αποδώσουν οποιεσδήποτε λανθασμένες ιδέες έχουν στους χαρακτήρες των εννοιολογικών σκίτσων, αντί στους εαυτούς τους. Έχουν ακόμη τη δυναμική να προωθούν την εννοιολογική αλλαγή, καθώς προωθούν τη συζήτηση, μέσα από την οποία εναλλακτικές απόψεις αμφισβητούνται. Επιπρόσθετα, δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές να εκφράζουν τις αμφιβολίες τους και να αντιπαρατίθενται με τις ιδέες άλλων. Ενισχύουν το διάλογο μεταξύ μαθητών και τους βοηθούν να οικοδομούν την επιστημονική γνώση (Chin & Teou, 2009).

Λόγω των χαρακτηριστικών τους, τα εννοιολογικά σκίτσα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια πληθώρα φάσεων της εκπαιδευτικής διαδικασίας: ως μέσα για διαμορφωτική αξιολόγηση, για προώθηση / ενεργοποίηση του λόγου και για επιχειρηματολογία, ως μέρος αξιολόγησης της εργασίας σε ομάδες, ως μέρος αυτο-αξιολόγησης και ως μέσα, για να παρέχουν ανατροφοδότηση στους εκπαιδευτικούς για τις εναλλακτικές απόψεις των μαθητών, ώστε η διδασκαλία να προωθεί την εννοιολογική

αλλαγή (Chin & Teou, 2009).

Το τελευταίο, δηλαδή η προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής, επιτυγχάνεται κυρίως, επειδή τα εννοιολογικά σκίτσα δημιουργούν αρχικά διαταραχή της γνωστικής ισορροπίας ή «εσωτερικά επιχειρήματα,» καθώς πολλές από τις εναλλακτικές απόψεις που αναφέρουν φαίνονται πιθανές, ως προς την ορθότητά τους, στους μαθητές. Στη συνέχεια, ενεργοποιούν τους μαθητές, εμπλέκοντάς τους στην ανάγκη να αποφανθούν για το ποια από τις εναλλακτικές απόψεις που παρουσιάζονται είναι – για τους ίδιους – η ορθή. Στο τέλος, δημιουργούν στους μαθητές την ανάγκη για τεκμηρίωση της επιλογής τους, η οποία τεκμηρίωση θα πρέπει να είναι βασισμένη σε δεδομένα και συλλογισμό, ο οποίος να πηγαίνει πέρα και πάνω από το διάλογο, ο οποίος παρουσιάζεται μέσα από τα εννοιολογικά σκίτσα. Επιπρόσθετα, τα εννοιολογικά σκίτσα δίνουν στην επιχειρηματολογία τη θέση μιας από τις δραστηριότητες που γίνονται σε μια τάξη, καθώς οι ίδιοι οι χαρακτήρες των εννοιολογικών σκίτσων εμπλέκονται σε μια διαδικασία επιχειρηματολογίας (Naylor, Downing, & Keogh, 2001).

Επειδή οι χαρακτήρες των εννοιολογικών σκίτσων επιχειρηματολογούν, οι μαθητές καθίστανται πιο πρόθυμοι να εμπλακούν σε ένα διάλογο εκφράζοντας, ελεύθερα και χωρίς να φοβούνται ή να έχουν οποιεσδήποτε αναστολές, τις προσωπικές τους απόψεις, υποστηρίζοντάς τις με επιχειρήματα. Αυτό φάνηκε να είναι και ένα από τα πρώτα και πιο εμφανή ευρήματα των ερευνητών που ενέπλεξαν στις έρευνές τους τα εννοιολογικά σκίτσα. Συγκεκριμένα, από έρευνες προέκυψε πως οι μαθητές όντως επιχειρηματολογούσαν σε μεγαλύτερα ποσοστά, προσπαθώντας να απαντήσουν στα θέματα που έθιγαν τα εννοιολογικά σκίτσα. Για παράδειγμα, ενώ το ποσοστό του χρόνου που αφιερωνόταν σε συζητήσεις στις ομάδες, όταν οι τάξεις που συμμετείχαν στην έρευνά τους διδάσκονταν με την τυπική μέθοδο, ήταν μικρότερο από το 2%, όταν χρησιμοποιούνταν τα εννοιολογικά σκίτσα, το ποσοστό αυτό ανέβηκε στο 26.5% (Naylor κ.ά., 2007).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα – Πληθυσμός

Στην έρευνα κλήθηκαν να συμμετάσχουν όλοι οι μαθητές της Δ΄ και της Ε΄ τάξης (ηλικίες 10 και 11 χρόνων, αντίστοιχα) ενός Δημοτικού Σχολείου αστικής περιοχής. Στο Σχολείο υπήρχαν δύο τμήματα Δ΄ και δύο τμήματα Ε΄ τάξης. Για να γίνει δυνατή η συμμετοχή των μαθητών, ζητήθηκε η γραπτή έγκριση των γονιών τους. Η έγκριση δόθηκε για το σύνολο των μαθητών της Δ΄ τάξης του Σχολείου (30 μαθητές) και για 36 από τους 38 μαθητές της Ε΄ τάξης. Στην έρευνα, συμμετείχαν όλοι οι μαθητές των οποίων οι γονείς ενέκριναν γραπτώς τη συμμετοχή τους, δηλαδή 66 από τους 68 μαθητές, που φοιτούσαν στην Δ΄ και Ε΄ τάξη του Σχολείου. Πριν από τη διεξαγωγή των δύο φάσεων της έρευνας, διεξήχθη πιλοτική εφαρμογή της σχεδιασθείσας πορείας, στην οποία συμμετείχαν είκοσι ένας μαθητές από μία Γ΄ τάξη του ίδιου σχολείου.

Συλλογή Δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων της έρευνας έγινε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση, έγινε συλλογή δεδομένων για τρία ατομικά χαρακτηριστικά των μαθητών, με τη χρήση ισάριθμων ερωτηματολογίων που περιελάμβαναν ερωτήσεις κλειστού τύπου. Στη δεύτερη φάση, οι ίδιοι μαθητές, αφού χωρίστηκαν σε δυάδες, με κριτήριο τις επιδόσεις τους σε ένα από τα τρία έργα, συμμετείχαν σε συνεντεύξεις, κατά τις οποίες έγιναν προκαθορισμένες δραστηριότητες και εκτελέστηκαν προσχεδιασμένα πειράματα.

Πρώτη Φάση της Έρευνας: Τρία Ερωτηματολόγια

Κατά την πρώτη φάση της έρευνας, χορηγήθηκαν διαδοχικά τρία δομημένα

ερωτηματολόγια στους μαθητές του δείγματος.

Μετάφραση των Ερωτηματολογίων: Τα δύο πρώτα ερωτηματολόγια ήταν στην Αγγλική γλώσσα. Πριν από τη χορήγησή τους, μεταφράστηκαν από τα Αγγλικά στα Ελληνικά. Για να διασφαλιστεί η όσο το δυνατό πλησιέστερη προς τα αρχικά ερωτηματολόγια μετάφραση, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: Αρχικά δύο εκπαιδευτικοί, με μεταπτυχιακό τίτλο, μετέφρασαν τα ερωτηματολόγια από τα Αγγλικά στα Ελληνικά, ο καθένας εργαζόμενος ανεξάρτητα από τον άλλο. Στη συνέχεια, οι δύο μεταφράσεις συγκρίθηκαν τόσο μεταξύ τους, όσο και με τα αρχικά ερωτηματολόγια στην Αγγλική γλώσσα. Την αντιπαραβολή αυτή έκαναν συνεργαζόμενα δύο άτομα, ένας καθηγητής Πανεπιστημίου και ένας εκπαιδευτικός με μεταπτυχιακό τίτλο, για να καταλήξουν σε μια κοινά αποδεκτή μετάφραση. Την κοινά αποδεκτή μετάφραση μετέφρασε από τα Ελληνικά στα Αγγλικά ένας άλλος εκπαιδευτικός με μεταπτυχιακό τίτλο (αντίστροφη μετάφραση). Στο τέλος, τα δύο άτομα που κατέληξαν στην κοινά αποδεκτή μετάφραση, συνέκριναν το αρχικό ερωτηματολόγιο με το ερωτηματολόγιο που προέκυψε από την αντίστροφη μετάφραση στα Αγγλικά, με σκοπό να εντοπίσουν και να αμβλύνουν κάθε ασυμφωνία μεταξύ των δύο ερωτηματολογίων, που προέκυψε από τη διαδικασία της μετάφρασης.

Ερωτηματολόγιο Στάσεων για το Μάθημα της Επιστήμης: Το πρώτο ερωτηματολόγιο (πρώτο έργο) διερευνά τις στάσεις των μαθητών για το μάθημα της Επιστήμης (Παράρτημα). Δημιουργήθηκε από τους Kind, Jones και Barmby (2007), οι οποίοι όρισαν ως στάσεις τα συναισθήματα που έχει ένα πρόσωπο για ένα αντικείμενο (που μπορεί να είναι από ή όχι, π.χ., ένα μάθημα), βασισμένα στις γνώσεις και τις πεποιθήσεις του προσώπου για το αντικείμενο αυτό. Ο ορισμός αυτός των Kind κ.ά. (2007) γίνεται ευρύτερα αποδεκτός από πολλούς ερευνητές, οι οποίοι ασχολούνται με τις στάσεις των ατόμων για τις Φυσικές Επιστήμες (Colclough, 2007· Fraser, Aldridge, & Adolphe, 2010· Colclough, Lock, & Soares, 2011).

Το ερωτηματολόγιο των Kind κ.ά. (2007) αποτελείται από 45 ερωτήσεις τύπου Likert, με πέντε επιλογές: συμφωνώ πολύ, συμφωνώ, ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ, διαφωνώ, διαφωνώ πολύ. Το ερωτηματολόγιο χρησιμοποίησαν αυτούσιο οι Shaw, Harrison, Medley, Sellou, Shallcross, Croker, Williams και Shallcross (2010), ενώ πολλοί ερευνητές βασίστηκαν σε αυτό, για να δημιουργήσουν δικά τους ερωτηματολόγια, στην προσπάθειά τους να μετρήσουν τις στάσεις των ατόμων (Dewitt, Archer, Osborne, Dillon, Willis, & Wong, 2010· Wang, & Berlin, 2010· Topcu, 2010· Dijkstra, & Goedhart, 2010· Varley, Murphy, & Veale, 2011· Murphy, Varley, & Veale, 2011).

Οι Kind κ.ά. (2007) χορήγησαν το ερωτηματολόγιο δύο φορές. Την πρώτη φορά, το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε σε 932 μαθητές ηλικίας 11 ως 14 χρόνων. Τη δεύτερη φορά, το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε σε 668 από τους 932 μαθητές, 4 εβδομάδες μετά την πρώτη χορήγηση. Με βάση τα δεδομένα που συνέλεξαν οι ερευνητές, και μετά από παραγοντικές αναλύσεις, αναδείχθηκαν 7 παράγοντες, όλοι με υψηλό δείκτη αξιοπιστίας (*Cronbach's α* > .7). Οι παράγοντες αυτοί ήταν ίδιοι με τους παράγοντες, που οι ερευνητές είχαν συμπεριλάβει στο θεωρητικό υπόβαθρο και στους οποίους είχαν βασιστεί για να δημιουργήσουν το ερωτηματολόγιο. Οι παράγοντες ήταν: «Μαθαίνοντας Επιστήμη στο σχολείο» (6 ερωτήσεις), «Αυτοεκτίμηση στην Επιστήμη» (7 ερωτήσεις), «Πρακτική εργασία στην Επιστήμη» (8 ερωτήσεις), «Επιστήμη έξω από το σχολείο» (6 ερωτήσεις), «Μελλοντική ενασχόληση με την Επιστήμη» (5 ερωτήσεις), «Σημασία της Επιστήμης» (5 ερωτήσεις) και «Γενικές στάσεις για το σχολείο» (8 ερωτήσεις). Οι ίδιοι επτά παράγοντες προέκυψαν ξεχωριστά από τα δεδομένα και των δύο χορηγήσεων του ερωτηματολογίου. Μία ερώτηση της αρχικής μορφής του ερωτηματολογίου, που δημιούργησαν οι ερευνητές, («*Οι Επιστήμονες έχουν εντυπωσιακές δουλειές,*» ερώτηση 38 στο Παράρτημα) δεν είχε ικανοποιητική φόρτιση σε κανέναν από τους 7 παράγοντες. Για το λόγο αυτό, οι ερευνητές αποφάσισαν να αφαιρέσουν την ερώτηση αυτή από το ερωτηματολόγιό τους. Οι Kind κ.ά. (2007) κατέληξαν, πάλι με βάση τις παραγοντικές αναλύσεις που έκαναν, πως τρεις από τους παράγοντες του θεωρητικού τους υπόβαθρου («Μαθαίνοντας Επιστήμη στο σχολείο,» «Επιστήμη έξω από το σχολείο» και «Μελλοντική ενασχόληση με την Επιστήμη») μπορούσαν να συνδυαστούν και να διαμορφώσουν έναν πιο γενικό παράγοντα, τον οποίο ονόμασαν «Γενικό ενδιαφέρον για την Επιστήμη» (17 ερωτήσεις).

Ερωτηματολόγιο Επιστημολογικού Επιπέδου: Το δεύτερο ερωτηματολόγιο (δεύτερο έργο) δημιουργήθηκε από τους Kuhn, Cheney και Weinstock (2000) και διερευνά το Επιστημολογικό Επίπεδο των ατόμων (Παράρτημα). Μετρά τις επιστημολογικές πεποιθήσεις των ατόμων για τη γνώση, χωρίς να εμπλέκει άλλους παράγοντες – έννοιες, όπως η μάθηση ή η ευφυΐα (Mason, & Scirica, 2006). Κατατάσσει τα άτομα σε ένα από τα ακόλουθα τρία επίπεδα:

1. Επίπεδο της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης: Άτομα που θεωρούν τη γνώση, την αλήθεια, ως μια αντικειμενική οντότητα, η οποία μπορεί να είναι γνωστή με βεβαιότητα (Absolutists).
2. Επίπεδο της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης: Άτομα που μεταφέρουν την έμφαση από το γνωστικό αντικείμενο στο άτομο που κατακτά τη γνώση. Τα

άτομα αυτά υποστηρίζουν πως, επειδή κάθε άτομο μπορεί να προτείνει ισχυρισμούς που να πηγάζουν από τις προσωπικές του απόψεις και επειδή κάθε άτομο έχει το δικαίωμα να έχει τις προσωπικές του απόψεις, όλες οι απόψεις είναι εξίσου ορθές και έχουν την ίδια βαρύτητα (Multiplists). Γι' αυτά, η γνώση, η αλήθεια, δεν μπορεί να είναι ποτέ απόλυτη, αλλά εξαρτάται πάντα από το άτομο. Είναι επομένως υποκειμενική.

3. Επίπεδο της υπό Αξιολόγηση Γνώσης: Άτομα που προσπαθούν να συνδυάσουν την αντικειμενική διάσταση της γνώσης με την αβεβαιότητα για την ορθότητά της, αξιολογώντας τις διαφορετικές απόψεις με βάση τα τεκμήρια στα οποία η καθεμιά βασίζεται, ώστε να καταλήξουν στην αλήθεια (Evaluativists).

Σύμφωνα με τους Mason και Boscolo (2004), το αναπτυξιακό μοντέλο των Kuhn κ.ά. (2000) για τα τρία Επιστημολογικά Επίπεδα είναι ευρέως αποδεκτό. Το ερωτηματολόγιο των Kuhn κ.ά. (2000) χρησιμοποιήθηκε, για την αξιολόγηση του Επιστημολογικού Επιπέδου, από αρκετούς ερευνητές (Mason, & Boscolo, 2004· Kuhn, & Park, 2005· Tabak, & Weinstock, 2005· Mason, & Scirica, 2006· Weinstock, Neuman, & Glassner, 2006·, Mason, Boldrin, & Zurlo, 2006· Nussbaum, Sinatra, & Poliquin, 2008· Cho κ.ά., 2011).

Οι ερευνητές (Kuhn κ.ά., 2000), για τη δημιουργία του ερωτηματολογίου τους, χρησιμοποίησαν άτομα από διαφορετικές ηλικίες. Επέλεξαν άτομα από 7 ομάδες ατόμων. Χρησιμοποίησαν τρεις ομάδες μαθητών: 20 άτομα 10 χρόνων (Δ' τάξη Δημοτικού), 25 άτομα 13 χρόνων (Α' τάξη Γυμνασίου) και 21 άτομα 17 χρόνων (Β' τάξη Λυκείου). Χρησιμοποίησαν ακόμη μία ομάδα 20 ατόμων φοιτητών Πανεπιστημίου 18 – 21 χρόνων και τρεις ομάδες ενηλίκων 25 – 40 χρόνων με διαφορετικά χαρακτηριστικά: 20 άτομα, φοιτητές σε πρόγραμμα κατάρτισης, 18 υψηλόβαθμους επαγγελματίες, που επιλέχθηκαν σε ένα μεταπτυχιακό πρόγραμμα επιπέδου Μάστερ και 5 υποψήφιους διδάκτορες με πλούσιο ακαδημαϊκό υπόβαθρο. Οι ερευνητές επέλεξαν να έχουν ως δείγμα άτομα που να καλύπτουν τόσο ένα ευρύ φάσμα ηλικιών, όσο και ένα ευρύ φάσμα εκπαιδευτικών εμπειριών, επειδή από προηγούμενες έρευνες διαφάνηκε πως η επιστημολογική κατανόηση μπορεί να επηρεάζεται πολύ από την εκπαίδευση που δέχεται το άτομο, από τις εμπειρίες της ζωής και από την ηλικία.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 15 ερωτήσεις, χωρισμένες σε πέντε τομείς: Κρίσεις για προσωπικές απόψεις, Κρίσεις για προσωπικές προτιμήσεις, Κρίσεις αξιών, Κρίσεις για την κοινωνική ζωή και Κρίσεις για το φυσικό κόσμο. Στο ερωτηματολόγιο, οι

ερωτήσεις δεν παρουσιάζονται ομαδοποιημένες, αλλά με τυχαία σειρά.

Κάθε ερώτηση αρχίζει με ένα ζεύγος δηλώσεων, οι οποίες είναι αντιπροσωπευτικές των πεποιθήσεων δύο υποθετικών ατόμων για ένα θέμα. Μετά από κάθε ζεύγος δηλώσεων, παρατίθεται η ερώτηση: *«Μόνο η μια από τις απόψεις μπορεί να είναι σωστή, ή είναι δυνατό και οι δύο να είναι λίγο σωστές;»* και δίνονται οι δύο επιλογές στον ερωτώμενο, για να επιλέξει. Στην περίπτωση που επιλέγει το πρώτο, χαρακτηρίζεται ως άτομο που θεωρεί πως η γνώση είναι αντικειμενική (Επίπεδο της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης, Absolutist). Στην περίπτωση που επιλέγει το δεύτερο, τότε ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει σε μια δεύτερη ερώτηση: *«Μπορεί η μια άποψη να είναι καλύτερη ή πιο σωστή από την άλλη;»* Αμέσως μετά τη δεύτερη ερώτηση, δίνονται στον ερωτώμενο οι επιλογές *«Η μια άποψη μπορεί να είναι πιο σωστή»* και *«Η μια άποψη δεν μπορεί να είναι πιο σωστή από την άλλη.»* Στην περίπτωση που το άτομο επιλέγει το πρώτο, χαρακτηρίζεται ως άτομο που κρίνει τις διαφορετικές απόψεις μετά από αξιολόγηση (Επίπεδο της υπό Αξιολόγηση Γνώσης, Evaluativist), ενώ, στην περίπτωση που επιλέγει το δεύτερο, χαρακτηρίζεται ως άτομο που θεωρεί πως η γνώση είναι υποκειμενική (Επίπεδο της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης, Multiplist). Το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε σε μικρές ομάδες, με κάποιο ερευνητή να είναι διαθέσιμος να απαντήσει σε ερωτήσεις ή διευκρινίσεις, στις περιπτώσεις που οι ερωτώμενοι ήθελαν να θέσουν ή να ζητήσουν, αντίστοιχα. Όλοι οι ερωτώμενοι απάντησαν εύκολα το ερωτηματολόγιο σε 10 – 20 λεπτά.

Ένας συμμετέχων εντασσόταν σε μια από τις τρεις ομάδες για κάθε τομέα ερωτήσεων ξεχωριστά, αν σε δύο τουλάχιστον από τις τρεις ερωτήσεις του τομέα παρουσίαζε την ίδια συμπεριφορά. Σε ελάχιστες περιπτώσεις κάποια άτομα απάντησαν στις τρεις ερωτήσεις κάποιου τομέα με τρεις διαφορετικούς τρόπους. Στις περιπτώσεις που αυτό παρουσιάστηκε, το άτομο χαρακτηρίστηκε ως άτομο που θεωρεί τη γνώση ως υποκειμενική (Επίπεδο της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης), αφού αυτή είναι η ενδιάμεση ομάδα των άλλων δύο (Kuhn κ.ά., 2000). Οι ερευνητές παρατήρησαν ακόμη πως, στη μεγάλη τους πλειοψηφία, οι συμμετέχοντες παρουσίασαν την ίδια συμπεριφορά στους τέσσερις από τους πέντε τομείς που κατέγραψαν. Αφαίρεσαν από τις αναλύσεις τους τα δεδομένα για τον πρώτο τομέα (Κρίσεις για προσωπικές απόψεις), επειδή, όπως υποστήριξαν, πολύ δύσκολα, ως καθόλου, μπορεί κάποιος να συγκρίνει τις προσωπικές απόψεις δύο ατόμων και να αποφασίσει κατά πόσον του ενός είναι μεγαλύτερης αξίας από του άλλου.

Οι Kuhn και Park (2005) τόνισαν ως θετικά του ερωτηματολογίου την απλότητά του, η οποία, παρόλο που έχει ως αναπόφευκτο αποτέλεσμα, να θυσιάζεται η σε βάθος διερεύνηση των επιστημολογικών θεμάτων, το κάνει κατάλληλο για την αξιολόγηση της επιστημολογικής κατανόησης πολλών ειδών κρίσεων και περιεχομένων. Επιπρόσθετα, η απλότητά του έχει ως αποτέλεσμα να το καθιστά καταλληλότερο για παιδιά, σε σύγκριση με τις μακρές και περίπλοκες συνεντεύξεις, οι οποίες, επίσης, χρησιμοποιούνται στην ερευνητική βιβλιογραφία για την αξιολόγηση του Επιστημολογικού Επιπέδου ατόμων. Βασικότερο, όμως, είναι ότι προσφέρει το θεωρητικό πλεονέκτημα της εννοιολογικής και εμπειρικής καθαρότητας για αυτό που μετρά, δηλαδή το Επιστημολογικό Επίπεδο (Kuhn, & Park, 2005).

Χορήγηση των Ερωτηματολογίων: Τα δύο πρώτα ερωτηματολόγια χορηγήθηκαν σε ηλεκτρονική μορφή. Για το σκοπό αυτό, κατασκευάστηκαν λογισμικά προγράμματα για ηλεκτρονικό υπολογιστή που περιελάμβαναν τις δηλώσεις και τις επιλογές των δύο ερωτηματολογίων. Στα λογισμικά που κατασκευάστηκαν ενσωματώθηκαν οι ερωτήσεις των δοκιμίων και οι επιλογές για κάθε ερώτηση. Οι ερωτήσεις παρουσιάζονταν με τυχαία σειρά για το κάθε ερωτηματολόγιο ξεχωριστά. Κατασκευάστηκαν τρεις διαφορετικές «εκδοχές» για το κάθε ερωτηματολόγιο με διαφορετική σειρά ερωτήσεων το καθένα. Αποφασίστηκε να κατασκευαστούν τρεις εκδοχές για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος αφορά τυχόν επίδραση της σειράς των ερωτήσεων στις απαντήσεις των μαθητών (order-effect bias). Ο δεύτερος λόγος σχετίζεται με τη διαρρύθμιση της αίθουσας στην οποία χορηγήθηκαν τα ερωτηματολόγια. Οι μαθητές κάθονταν σε απόσταση τουλάχιστον ενός μέτρου ο ένας από τον άλλο, κάτι που ενδεχομένως να έδινε την ευκαιρία σε κάποιον να παρακολουθεί τις επιλογές κάποιου άλλου, συγκρίνοντας την έκταση του κειμένου των ερωτήσεων και να τις αντιπαραβάλλει με τις δικές του. Η διαφορετική σειρά με την οποία εμφανίζονταν οι ερωτήσεις διασφάλιζε, επιπρόσθετα προς την παρουσία του ερευνητή, την ανεξαρτησία των απαντήσεων των μαθητών. Για τα δύο πρώτα ερωτηματολόγια, σε κάθε σελίδα – οθόνη των λογισμικών, παρουσιάζονταν τρεις ερωτήσεις, ενώ, για το τρίτο ερωτηματολόγιο, κάθε σελίδα – οθόνη των λογισμικών παρουσίαζε μία ερώτηση. Ακολούθως, έγινε η σύνταξη του κώδικα που επέτρεπε στα λογισμικά να παρουσιάζουν τις ερωτήσεις τη μία μετά την άλλη, να αποθηκεύουν τις απαντήσεις του μαθητή σε κάθε ερώτηση και να εκτυπώνουν τις απαντήσεις αυτές, μόλις ο μαθητής ολοκλήρωνε όλες τις ερωτήσεις.

Τα λογισμικά κατασκευάστηκαν με τρόπο, ώστε να διασφαλίζουν ότι κάθε μαθητής

θα απαντούσε σε όλες τις ερωτήσεις κάθε ερωτηματολογίου και ότι, σε κάθε ερώτηση, θα επέλεγε μόνο μία από τις δοθείσες απαντήσεις. Για να επιτευχθεί το πρώτο, τα λογισμικά παρουσίαζαν την εκάστοτε επόμενη ερώτηση, μόνο όταν ο μαθητής απαντούσε στην προηγούμενή της και έκλειναν, ενημερώνοντας παράλληλα το μαθητή, μόνο όταν ολοκληρωνόταν το σύνολο των ερωτήσεων. Τα λογισμικά εμφάνιζαν ένα σύνδεσμο πλοήγησης, για να μπορεί ο μαθητής να μεταβαίνει από τη μία ερώτηση στην επόμενη της, μόνο όταν ο μαθητής απαντούσε στην ερώτηση που εμφανιζόταν στην οθόνη. Μέχρι ο μαθητής να απαντήσει στην ερώτηση, ο σύνδεσμος αυτός δεν ήταν ορατός. Για να επιτευχθεί το δεύτερο, τα λογισμικά δέχονταν μόνο μία επιλογή ως απάντηση. Σε περίπτωση που ο μαθητής επέλεγε κατά λάθος μία από τις απαντήσεις και η απάντηση δεν τον αντιπροσώπευε, ή άλλαζε τη γνώμη του, είχε τη δυνατότητα αλλαγής της επιλογής του, ενώ η προηγούμενη επιλογή του αναιρείτο. Επιπρόσθετα, τα λογισμικά έδιναν την ευκαιρία στο μαθητή, κάθε φορά που αυτός επέλεγε να προχωρήσει σε επόμενη ερώτηση, να αναθεωρεί την απάντησή του στην προηγούμενη ερώτηση, πριν τα λογισμικά παρουσιάσουν την επόμενη. Αυτό κρίθηκε σκόπιμο να γίνει, για να καλυφθεί η περίπτωση που ο μαθητής πατούσε το σύνδεσμο πλοήγησης, που τον οδηγούσε σε επόμενη ερώτηση, κατά λάθος και πριν αυτός ήταν απολύτως σίγουρος πως η επιλογή που έκανε στην προηγούμενη ερώτηση τον αντιπροσώπευε πλήρως.

Προοδευτικές Μήτρες: Στη συνέχεια, δόθηκε το δοκίμιο «Προοδευτικές Μήτρες» του Raven (τρίτο έργο) (Raven's Progressive Matrices) (Raven, 2000). Το δοκίμιο αυτό είναι σε θέση να μετρήσει άμεσα τα δύο κύρια στοιχεία της Γενικής Γνωστικής Ικανότητας (στο εξής θα σημειώνεται ως Γ.Γ.Ι.): α) την ικανότητα να βγάζεις νόημα από μια κατάσταση σύγχυσης, την ικανότητα να δημιουργείς υψηλού επιπέδου, συχνά μη λεκτικά, σχήματα τα οποία διευκολύνουν τη διαχείριση μιας πολύπλοκης κατάστασης και β) την ικανότητα να λαμβάνεις, να επαναφέρεις και να αναπαράγεις πληροφορίες οι οποίες έχουν εξωτερικευτεί και μεταφερθεί από ένα πρόσωπο σε κάποιο άλλο πρόσωπο, μέσω μιας επικοινωνιακής πράξης. Η επιβεβαίωση ότι το δοκίμιο αυτό όντως σχετίζεται με τη Γ.Γ.Ι. ενός ατόμου έγινε από μια σειρά ερευνών (Raven, 2000). Το δοκίμιο αυτό έχει το πλεονέκτημα να είναι ένα καθαρό μέτρο της ικανότητας αναλυτικού συλλογισμού ή ρέουσας νοημοσύνης (analytic or fluid reasoning), αφού η συμπλήρωσή του δεν απαιτεί, ούτε εξαρτάται από οποιεσδήποτε συγκεκριμένες γνώσεις, όπως, για παράδειγμα, «Ποια είναι η πρωτεύουσα της Γαλλίας;» (Prabhakaran, Smith, Desmond, Glover, & Gabrieli, 1997). Ο όρος αναλυτικός συλλογισμός ή ρέουσα νοημοσύνη αναφέρεται στην ικανότητα συλλογισμού και λύσης προβλημάτων, που αφορούν νέες πληροφορίες – καταστάσεις,

χωρίς να βασίζονται σε μια σαφή βάση δηλωτικών γνώσεων, τις οποίες το άτομο μπορεί να αποκτήσει είτε από το Σχολείο, είτε από προηγούμενες εμπειρίες. Αναφέρεται στην ικανότητα χειρισμού του νέου – καινοφανούς, στην ικανότητα προσαρμογής της σκέψης του ατόμου σε ένα νέο πρόβλημα (Carpenter, Just, & Shell, 1990). Ένα άλλο πλεονέκτημα του δοκιμίου αυτού είναι πως μπορεί να απαντηθεί από άτομα όλων των ηλικιών, από άτομα που βρίσκονται στα πρώτα παιδικά χρόνια μέχρι άτομα με προχωρημένη ηλικία, επειδή δεν περιέχει κείμενα. Χρησιμοποιείται ευρέως, ως ερευνητικό εργαλείο, με πληθυσμούς για τους οποίους η χρήση της γλώσσας πρέπει να ελαχιστοποιείται (Carpenter κ.ά., 1990), ώστε να μην επηρεάζει αυτό που επιδιώκεται να μετρηθεί. Επιπρόσθετα, η έκτασή του επιτρέπει τη χορήγησή του σε σπίτια, σχολεία, χώρους εργασίας και εργαστήρια. Ακόμη, είναι εξαιρετικά χρήσιμο για συγκριτικές μελέτες. Έχει όμως το μειονέκτημα να έχει περιορισμένη ικανότητα να διακρίνει τα άτομα που βρίσκονται στα πολύ χαμηλά ή στα πολύ υψηλά επίπεδα (Raven, 2000). Χρησιμοποιήθηκε από έρευνητες για την αξιολόγηση της γνωστικής ικανότητας, επειδή, λόγω της μη ύπαρξης κειμένου, μπορεί να αξιολογεί τη γνωστική ικανότητα των ατόμων ανεξάρτητα από τη λεκτική τους ικανότητα (Weinstock κ.ά., 2006). Έχει χρησιμοποιηθεί σε πάνω από 1600 δημοσιευμένες μελέτες και εφαρμόζεται σε ευρεία έκταση από ψυχολόγους (Raven, 1989).

Χορήγηση του Ερωτηματολογίου: Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας, δημιουργήθηκε λογισμικό για ηλεκτρονικό υπολογιστή με πανομοιότυπες ασκήσεις με αυτές του αυθεντικού δοκιμίου του Raven. Έγινε αρχικά σάρωση των ασκήσεων και, στη συνέχεια, εισαγωγή τους στο υπό κατασκευή λογισμικό. Ακολούθησε η συγγραφή του κώδικα του λογισμικού. Το λογισμικό ζητούσε αρχικά από το μαθητή να γράψει το όνομα και την τάξη του και αμέσως μετά εμφάνιζε την πρώτη άσκηση. Με την εμφάνιση της πρώτης άσκησης, ξεκινούσε ταυτόχρονα η αντίστροφη μέτρηση του διαθέσιμου χρόνου, που ήταν σαράντα λεπτά. Οι μαθητές ενημερώνονταν συνεχώς για το υπόλοιπο του διαθέσιμου χρόνου. Ο μέγιστος χρόνος, που χρειάστηκε κάποιος μαθητής για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, ήταν είκοσι τρία λεπτά. Το λογισμικό αποθήκευε τις απαντήσεις κάθε μαθητή και στο τέλος εκτύπωνε ένα φύλλο με το όνομα του μαθητή, τις απαντήσεις του, την επίδοσή του και το χρόνο τον οποίο χρειάστηκε, για να το συμπληρώσει.

Πριν από τη χορήγηση του δοκιμίου του Raven, γινόταν επίδειξη μικρότερου σε έκταση λογισμικού με παρόμοιες ασκήσεις (οι ασκήσεις αυτές αφορούσαν χρώματα και όχι σχήματα), ώστε οι μαθητές να ενημερωθούν για το τι αναμενόταν από αυτούς να

κάνουν και για να εξοικειωθούν με το περιβάλλον του λογισμικού, με τον τρόπο λειτουργίας του λογισμικού και με το είδος των ασκήσεων που θα καλούνταν να λύσουν και με τον τρόπο που θα απαντούσαν.

Δεύτερη Φάση της Έρευνας: Ομαδικές Συνεντεύξεις

Κατά την πρώτη φάση της έρευνας (χορήγηση των τριών πρώτων έργων), οι μαθητές που συμμετείχαν εργάζονταν ατομικά. Για τη δεύτερη φάση της έρευνας, οι μαθητές χωρίστηκαν σε δυάδες. Με την κάθε δυάδα/ομάδα, έγινε ημι-δομημένη συνέντευξη, στην οποία συζητήθηκε αρχικά ένα εννοιολογικό σκίτσο με θέμα φως – σκιά και εκτελέστηκαν στη συνέχεια δεκαοχτώ πειράματα βύθισης/πλεύσης δεκατεσσάρων ειδικά κατασκευασμένων αντικειμένων, χρησιμοποιώντας δύο διαφανή δοχεία, ένα με νερό και ένα με αλατόνερο. Τα δεκατέσσερα αντικείμενα τοποθετήθηκαν, το ένα μετά το άλλο, στο πρώτο δοχείο, που περιείχε νερό. Ακολούθως, τέσσερα από τα αντικείμενα αυτά, τοποθετήθηκαν στο δεύτερο δοχείο, που περιείχε αλατόνερο. Πριν από την τοποθέτηση κάθε αντικειμένου, οι μαθητές καλούνταν να προβλέψουν τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου στο διαφανές δοχείο με το υγρό (νερό ή αλατόνερο) και να την αιτιολογήσουν. Τα πειράματα εκτελέστηκαν με σκοπό να διαγνωσθεί το επίπεδο ή ο βαθμός στον οποίο οι μαθητές μπορούσαν να επιχειρηματολογούν. Η χρήση της επιχειρηματολογίας σε δυάδα, ως μέσο γνωστικής εμπλοκής υποστηρίζεται από θεωρίες, οι οποίες δίνουν έμφαση στη συμπληρωματικότητα της κοινωνικής με την εσωτερική επιχειρηματολογία (Kuhn κ.ά., 2009). Η επιλογή δυάδων ή ολιγομελών ομάδων υπερτερεί του διαλόγου που αναπτύσσεται όταν η τάξη συζητά ως ολομέλεια, λόγω της ύπαρξης σχετικά περισσότερο συμμετρικών σχέσεων εξουσίας ανάμεσα στα μέλη των ομάδων, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα ένα διάλογο που έχει καλύτερη ροή και σχηματίζεται πιο εύκολα από τη συμμετοχή κάθε μέλους (Radinsky, 2008).

Σύνθεση των Ομάδων: Η σύνθεση των ομάδων έγινε με βάση την επίδοση των μαθητών στο τρίτο έργο («Προοδευτικές Μήτρες»). Πιο συγκεκριμένα, μετά τη συμπλήρωση του τρίτου έργου, οι μαθητές κάθε τάξης ξεχωριστά χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες με βάση τη Γ.Γ.Ι. Η πρώτη ομάδα κάθε τάξης αποτελείτο από άτομα με υψηλή Γ.Γ.Ι. Για να σχηματιστεί η πρώτη ομάδα κάθε τάξης, επιλέχθηκε το 25% των μαθητών της τάξης, με τις υψηλότερες επιδόσεις στο δοκίμιο «Προοδευτικές Μήτρες» του Raven (τρίτο έργο). Η δεύτερη ομάδα κάθε τάξης αποτελείτο από άτομα με χαμηλή Γ.Γ.Ι. Για το σχηματισμό της, επιλέχθηκε το 25% των μαθητών της τάξης, που είχαν τις χαμηλότερες

επιδόσεις στο δοκίμιο «Προοδευτικές Μήτρες» του Raven (τρίτο έργο). Το υπόλοιπο 50% των μαθητών κάθε τάξης χωρίστηκε σε δύο ομάδες για κάθε τάξη με τυχαία επιλογή. Η τυχαία επιλογή επαναλήφθηκε αρκετές φορές και επιλέχθηκε εκείνη κατά την οποία οι δύο ομάδες των μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., για κάθε τάξη ξεχωριστά, είχαν τους πλησιέστερους μέσους όρους. Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις της Γ.Γ.Ι. των ομάδων μαθητών ανά τάξη, με τις δύο ομάδες μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι. να είναι αυτές που τελικά επιλέχθηκαν.

Πίνακας 7

Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία της Γ.Γ.Ι. των Μαθητών
ανά Σύνθεση Ομάδας και ανά Τάξη

Τάξη	Ομάδα Γ.Γ.Ι. Μαθητών											Σύνολο			
	Χαμηλή			Μέση Γ.Γ.Ι.						Υψηλή Γ.Γ.Ι.					
	\bar{x}	SD	n	Συνεργάστηκαν με Χαμηλή Γ.Γ.Ι.			Συνεργάστηκαν με Υψηλή Γ.Γ.Ι.			\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n
Δ'	15.13	3.60	8	28.00	4.57	8	28.86	3.72	7	39.29	3.82	7	27.40	9.50	30
Ε'	21.67	3.50	9	33.56	4.45	9	33.11	3.86	9	43.33	2.55	9	32.92	8.53	36
Σύνολο	18.58	4.81	17	30.94	5.21	17	31.25	4.27	16	41.56	3.69	16	30.41	9.33	66

Επειδή το δοκίμιο «Προοδευτικές Μήτρες» αποτελείται από 60 ερωτήσεις (items), η μεγαλύτερη επίδοση Γ.Γ.Ι., με την οποία μπορεί να βαθμολογηθεί ένα άτομο, είναι 60. Καταγράφηκαν επιδόσεις από 10 ως 47. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 7, ο μέσος όρος των επιδόσεων Γ.Γ.Ι. των μαθητών, οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα ήταν 30.41. Η ομάδα των μαθητών με χαμηλή Γ.Γ.Ι., οι οποίοι φοιτούσαν στην Δ' τάξη, είχαν το χαμηλότερο μέσο όρο Γ.Γ.Ι. (15.13), ενώ το μεγαλύτερο μέσο όρο Γ.Γ.Ι. είχαν οι μαθητές της Ε' τάξης, οι οποίοι αποτέλεσαν την ομάδα με υψηλή Γ.Γ.Ι. (43.33).

Για να διερευνηθεί αν οι διαφορές στους μέσους όρους των δύο ομάδων των μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι. ήταν στατιστικά σημαντικές, διενεργήθηκε ανάλυση διασποράς 2 (τάξη) X 2 (ομάδα μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι.), με εξαρτημένη μεταβλητή τη Γ.Γ.Ι. των μαθητών. Η ανάλυση διασποράς έδειξε πως δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση ανάμεσα στις μεταβλητές τάξη και ομάδα μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι. $F(1, 29) = .198$, $p = .660$. Δεν υπήρχε επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά στους μέσους όρους της Γ.Γ.Ι. των μαθητών των δύο ομάδων, $F(1, 29) = .020$, $p = .889$. Επομένως, θεωρήθηκε πως οι δύο ομάδες μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., για την κάθε τάξη ξεχωριστά, ήταν ισοδύναμες, αναφορικά με τη Γ.Γ.Ι. των μαθητών που τις αποτελούσαν.

Ακολούθως, σχηματίστηκαν δύο τύπων δυάδες για κάθε τάξη: α) ομάδες που αποτελούνταν από ένα άτομο με υψηλή Γ.Γ.Ι. και ένα άτομο από τη μία από τις δύο ομάδες μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι. και β) ομάδες που αποτελούνταν από ένα άτομο από την άλλη ομάδα μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι. και ένα άτομο με χαμηλή Γ.Γ.Ι. Ο σχηματισμός της κάθε δυάδας έγινε με τυχαία επιλογή κάθε μέλους. Δηλαδή, για κάθε τάξη ξεχωριστά, επιλεγόταν τυχαία ένα μέλος από την ομάδα μαθητών με υψηλή Γ.Γ.Ι. και ένα μέλος από τη μία από τις δύο ομάδες μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., μέχρι τη συμπλήρωση όλων των δυάδων. Για κάθε τάξη ξεχωριστά, επιλεγόταν επίσης τυχαία ένα μέλος από την ομάδα μαθητών με χαμηλή Γ.Γ.Ι. και ένα μέλος από την άλλη ομάδα μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., επίσης, μέχρι τη συμπλήρωση όλων των δυάδων.

Εισαγωγικό Μέρος της Συνέντευξης: Η συνέντευξη άρχιζε με την παρουσίαση ενός εννοιολογικού σκίτσου που ασχολείτο με το θέμα φως – σκιά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6, ενώ μεταφράστηκε και τροποποιήθηκε ελαφρώς, όπως ακριβώς φαίνεται στο Σχήμα 7, ώστε να είναι δυνατή και εύκολη η εκτέλεση του σχετικού πειράματος εντός της αίθουσας στην οποία θα διεξαγόταν η συνέντευξη. Δινόταν ένα εννοιολογικό σκίτσο (το ίδιο) σε κάθε συμμετέχοντα. Αφού οι μαθητές μελετούσαν το εννοιολογικό σκίτσο, υποβαλλόταν η ερώτηση: «Ποια είναι η δική σας άποψη;» Μετά τις αρχικές απαντήσεις των μαθητών, ακολουθούσαν διευκρινιστικές ερωτήσεις, ώστε να γίνει ξεκάθαρο το επιχείρημα με το οποίο κάθε συμμετέχων στήριζε τη δική του άποψη. Δεν προτεινόταν από τον ερευνητή η χρήση αντικειμένων για την εκτέλεση του πειράματος, που αναφερόταν στο εννοιολογικό σκίτσο, όμως τα απαιτούμενα υλικά ήταν διαθέσιμα και προσιτά στους μαθητές, για να τα χρησιμοποιήσουν, αν οι ίδιοι εξέφραζαν τη θέληση να το πράξουν ή εισηγούνταν τον πειραματισμό.

Το εννοιολογικό σκίτσο χρησιμοποιήθηκε, για να καθοδηγηθούν οι μαθητές στις διεργασίες που θα ακολουθούσαν κατά τη διάρκεια της πραγματικής συνέντευξης. Ειδικότερα, το εννοιολογικό σκίτσο χρησιμοποιήθηκε, για να γίνει κατανοητό στους μαθητές πως από αυτούς αναμενόταν να εκφράζουν ελεύθερα την άποψή τους, χωρίς να διστάζουν να υποστηρίξουν μια άποψη ή να αντιπαρατεθούν με κάποια άλλη, φοβούμενοι τα οποιαδήποτε σχόλια από μέρους του ερευνητή σχετικά με την ορθότητα των ισχυρισμών τους, αφού τέτοια σχόλια δε θα γίνονταν. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκε και με σκοπό τη δημιουργία κατάλληλου κλίματος εμπιστοσύνης μεταξύ ερευνητή και μαθητών. Οι διάλογοι, που αναπτύχθηκαν κατά το εισαγωγικό μέρος της συνέντευξης, δε χρησιμοποιήθηκαν για τους σκοπούς της έρευνας.

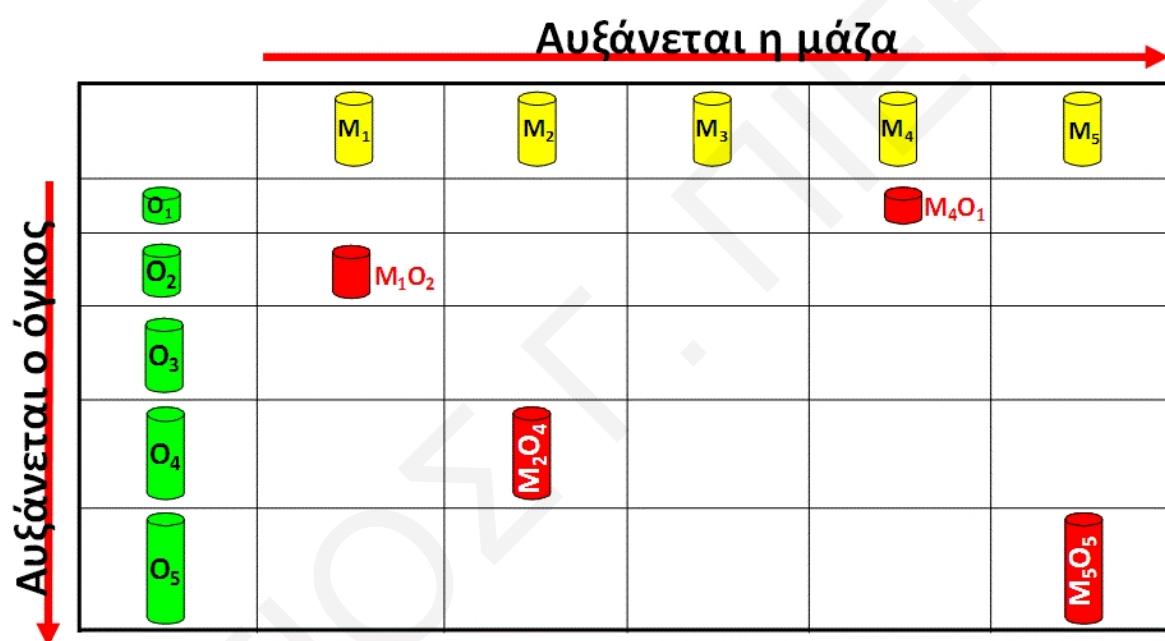


Σχήμα 6. Εννοιολογικό Σκίτσο με Θέμα Φως – Σκιά.
 (http://www.conceptcartoons.com/images/examples-twotrees_02.gif)



Σχήμα 7. Μεταφρασμένο και Τροποποιημένο Εννοιολογικό Σκίτσο, που Χρησιμοποιήθηκε στο Εισαγωγικό Μέρος της Συνέντευξης.

Πρώτο Μέρος της Συνέντευξης: Ακολουθώς παρουσιάζονταν πέντε ειδικά κατασκευασμένα αντικείμενα, με πανομοιότυπη εξωτερική εμφάνιση και διαστάσεις, αλλά διαφορετική μάζα. Τα αντικείμενα αυτά παρουσιάζονται σχηματικά με κίτρινο χρώμα στο Σχήμα 8 και συμβολίζονται με το γράμμα M, ακολουθούμενο από ένα δείκτη από το 1 ως το 5. Αριθμητικά μεγαλύτερος δείκτης δείχνει αντικείμενο με μεγαλύτερη μάζα, ενώ αριθμητικά μικρότερος δείκτης δείχνει αντικείμενο με μικρότερη μάζα. Το αντικείμενο M₁ είχε μάζα 60g, το M₂ είχε μάζα 70g, το M₃ είχε μάζα 85g, το M₄ είχε μάζα 95g και το M₅ είχε μάζα 105g.



Σχήμα 8. Τα 14 Αντικείμενα της Συνέντευξης.

Σημείωση:

- Αντικείμενα με κίτρινο χρώμα: Χρησιμοποιήθηκαν στο πρώτο μέρος της συνέντευξης. Τα αντικείμενα είναι σειροθετημένα (από αριστερά προς δεξιά) κατά αύξουσα τιμή μάζας. Το αντικείμενο με τον κωδικό M₃ είχε «συνολική πυκνότητα» ελάχιστα μικρότερη από την πυκνότητα του νερού. Τα αντικείμενα M₁ και M₂ είχαν μικρότερη μάζα από το αντικείμενο M₃. Τα αντικείμενα M₄ και M₅ είχαν μεγαλύτερη μάζα από το αντικείμενο M₃.
- Αντικείμενα με πράσινο χρώμα: Χρησιμοποιήθηκαν στο δεύτερο μέρος της συνέντευξης. Τα αντικείμενα είναι σειροθετημένα (από πάνω προς τα κάτω) κατά αύξουσα τιμή όγκου. Το αντικείμενο με τον κωδικό O₃ είχε «συνολική πυκνότητα» ελάχιστα μικρότερη από την πυκνότητα του νερού. Τα αντικείμενα O₄ και O₅ είχαν μεγαλύτερο όγκο από το αντικείμενο O₃. Τα αντικείμενα O₁ και O₂ είχαν μικρότερο όγκο από το αντικείμενο O₃.
- Αντικείμενα με κόκκινο χρώμα: Χρησιμοποιήθηκαν στο τρίτο και το τέταρτο μέρος της συνέντευξης.

Τα αντικείμενα είχαν κυλινδρικό σχήμα, ήταν κατασκευασμένα από πλαστικό, ήταν αεροστεγώς κλειστά και στο εσωτερικό τους τοποθετήθηκαν σφαιρίδια μολύβδου. Η

ποσότητα μολύβδου, που τοποθετήθηκε μέσα σε αυτά, καθορίστηκε με τρόπο ώστε η «συνολική» πυκνότητα σε ένα από αυτά (αντικείμενο M_3 στο Σχήμα 8) να είναι ελάχιστα μικρότερη από την πυκνότητα του νερού, στα άλλα δύο μικρότερη από το M_3 (αντικείμενα M_1 και M_2 στο Σχήμα 8) και στα υπόλοιπα δύο (αντικείμενα M_4 και M_5 στο Σχήμα 8) μεγαλύτερη από το M_3 . Για καθένα από τα αντικείμενα ξεχωριστά, ζητείτο από τους μαθητές να προβλέψουν τη θέση στην οποία θα ισορροπούσε, όταν ετοποθετείτο σε διαφανές πλαστικό δοχείο γεμάτο ως τη μέση με νερό, ώστε το ύψος του νερού να είναι μεγαλύτερο από το ύψος των αντικειμένων. Ακολουθούσαν διευκρινιστικές ερωτήσεις, ώστε να είναι ξεκάθαρο το επιχείρημα με βάση το οποίο κάθε μαθητής στήριζε την άποψή του και, στο τέλος, εκτελείτο το πείραμα. Διευκρινίζεται πως το πείραμα εκτελείτο από τους ίδιους τους μαθητές. Δηλαδή, οι ίδιοι οι μαθητές τοποθετούσαν στο δοχείο με το νερό τα αντικείμενα.

Δεύτερο Μέρος της Συνέντευξης: Στη συνέχεια, παρουσιάζονταν άλλα πέντε, ειδικά κατασκευασμένα κυλινδρικά αντικείμενα με ίδια μάζα, αλλά διαφορετικό όγκο. Τα αντικείμενα αυτά παρουσιάζονται σχηματικά με πράσινο χρώμα στο Σχήμα 8 και συμβολίζονται με το γράμμα O , ακολουθούμενο από ένα δείκτη από το 1 ως το 5. Αριθμητικά μεγαλύτερος δείκτης δείχνει αντικείμενο με μεγαλύτερο όγκο, ενώ αριθμητικά μικρότερος δείκτης δείχνει αντικείμενο με μικρότερο όγκο.

Τα πέντε αντικείμενα, που χρησιμοποιήθηκαν στο δεύτερο μέρος της συνέντευξης, είχαν ακριβώς την ίδια μάζα, την ίδια διατομή, αλλά διαφορετικό ύψος και επομένως διαφορετικό όγκο. Η συνολική μάζα του κάθε αντικειμένου ξεχωριστά ήταν 85g. Ένα από αυτά (αντικείμενο O_3 στο Σχήμα 8) είχε ίση μάζα και ίδιες διαστάσεις, άρα και όγκο, με το αντικείμενο M_3 που χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο μέρος της συνέντευξης. Επομένως και αυτού, η «συνολική» πυκνότητα ήταν ελάχιστα μικρότερη από την πυκνότητα του νερού. Δύο (αντικείμενα O_4 και O_5 στο Σχήμα 8) είχαν μεγαλύτερο ύψος από το O_3 και τα άλλα δύο (αντικείμενα O_1 και O_2 στο Σχήμα 8) μικρότερο ύψος από αυτό. Ακολουθείτο η ίδια πορεία με αυτήν που περιγράφηκε στο πρώτο μέρος της συνέντευξης.

Τρίτο Μέρος της Συνέντευξης: Ακολούθως, παρουσιάζονταν τέσσερα διαφορετικά, ειδικά κατασκευασμένα αντικείμενα, με το καθένα να έχει ίση μάζα με ένα διαφορετικό αντικείμενο από αυτά που είχαν χρησιμοποιηθεί στο πρώτο μέρος της συνέντευξης και ίσο όγκο με κάποιο διαφορετικό αντικείμενο από αυτά που είχαν χρησιμοποιηθεί στο δεύτερο μέρος της συνέντευξης. Τα αντικείμενα, που χρησιμοποιήθηκαν στο τρίτο μέρος της συνέντευξης, παρουσιάζονται σχηματικά με

κόκκινο χρώμα στο Σχήμα 8 και συμβολίζονται με τα γράμματα Μ και Ο, ακολουθούμενα και τα δύο από ένα δείκτη. Τα αντικείμενα είχαν: α) ίση μάζα με τη μάζα του αντικειμένου του πρώτου μέρους της συνέντευξης, που είχε τον ίδιο δείκτη με το δείκτη του γράμματος Μ και β) ίσο όγκο με τον όγκο του αντικειμένου του δεύτερου μέρους της συνέντευξης, που είχε τον ίδιο δείκτη με το δείκτη του γράμματος Ο. Στο Σχήμα 8, παρουσιάζονται οι σχέσεις των φυσικών μεγεθών, μάζα και όγκος, των δεκατεσσάρων αντικειμένων. Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 8, κανένα από τα 4 αντικείμενα του τρίτου μέρους δεν ήταν ακριβώς το ίδιο με οποιοδήποτε από τα δέκα αντικείμενα των δύο προηγούμενων μερών της συνέντευξης, πρώτου και δεύτερου. Ακολουθείτο η ίδια πορεία με αυτήν που περιγράφηκε στο πρώτο και το δεύτερο μέρος της συνέντευξης.

Τέταρτο Μέρος της Συνέντευξης: Στο τελευταίο μέρος της συνέντευξης, χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα αντικείμενα του τρίτου μέρους, αλλά τοποθετούνταν σε δεύτερο πλαστικό δοχείο, πανομοιότυπο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο, το δεύτερο και το τρίτο μέρος της συνέντευξης. Το δοχείο ήταν γεμάτο μέχρι τη μέση με αλατόνερο αντί με νερό. Η πορεία που ακολουθείτο ήταν η ίδια με αυτή του πρώτου, δεύτερου και τρίτου μέρους της συνέντευξης.

Πάνω σε όλα τα 14 ειδικά κατασκευασμένα αντικείμενα, που παρουσιάζονταν κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, υπήρχε κολλημένο ένα χαρτόνι, διαφορετικού χρώματος. Οι μαθητές διέκριναν και έκαναν αναφορά στα 14 αντικείμενα με βάση το χρώμα του χαρτονιού. Οι κωδικοί, που σημειώνονται στο Σχήμα 8, δεν είχαν δοθεί στους μαθητές. Όλα τα αντικείμενα, όταν τοποθετούνταν σε νερό ή σε αλατόνερο, ισορροπούσαν σε κατακόρυφη θέση, λόγω των σφαιριδίων μολύβδου που είχαν τοποθετηθεί σε αυτά, ανεξάρτητα από τη θέση στην οποία ισορροπούσαν. Όσα αντικείμενα βυθίζονταν, εφάπτονταν με τον πυθμένα του δοχείου στο οποίο τοποθετούνταν, παραμένοντας όμως κατακόρυφα. Αντιθέτως, όσα αντικείμενα επέπλεαν έφταναν σε διαφορετικό ύψος, εκτός από τα αντικείμενα Μ₃ και Ο₃, τα οποία ήταν πανομοιότυπα, αφού είχαν ίσες μάζες και όγκους. Κανένα αντικείμενο, από όσα βυθίζονταν, δεν αιωρείτο, δηλαδή δεν ισορροπούσε σε κάποιο βάθος του ενός ή του άλλου υγρού.

Στα τέσσερα μέρη της συνέντευξης, ο ερευνητής παρατηρούσε και κατέγραφε τις ενέργειες των μαθητών, όπως ποια αντικείμενα έπαιρναν με τα χέρια τους, ποια τοποθετούσαν στα δοχεία και σε ποια σημεία έδειχναν, όταν έκαναν προβλέψεις.

Πιλοτική Έρευνα

Πριν από τη διεξαγωγή των δύο φάσεων της έρευνας, η σχεδιασθείσα πορεία της έρευνας εφαρμόστηκε πιλοτικά, ώστε να διευκρινιστεί κατά πόσον τα δοκίμια που επιλέχθηκαν θα ήταν κατάλληλα για τους μαθητές που θα συμμετείχαν στην έρευνα. Συγκεκριμένα, η πιλοτική φάση διεξήχθη με είκοσι ένα μαθητές από μία Γ' τάξη του ίδιου σχολείου. Στους μαθητές αυτούς, δόθηκαν τα τρία έργα που περιλαμβάνουν ερωτήσεις κλειστού τύπου. Κατά τη συμπλήρωση των έργων αυτών, οι μαθητές εργάζονταν ατομικά. Στη συνέχεια, οι μαθητές αυτοί χωρίστηκαν σε δυάδες με τυχαίο τρόπο, για να συμμετέχουν σε ομαδικές συνεντεύξεις. Οι συνεντεύξεις αποτελούνταν από τέσσερα μέρη. Στο πρώτο μέρος, οι μαθητές πειραματίστηκαν με τα αντικείμενα M_1 , M_2 , M_3 , M_4 και M_5 (Σχήμα 8), προσπαθώντας να προβλέψουν τη θέση ισορροπίας τους σε δοχείο με νερό. Στο δεύτερο μέρος, πειραματίστηκαν με τα αντικείμενα O_1 , O_2 , O_3 , O_4 και O_5 (Σχήμα 8), προσπαθώντας να προβλέψουν τη θέση ισορροπίας τους στο ίδιο δοχείο με το ίδιο υγρό (νερό). Στο τρίτο μέρος, πειραματίστηκαν με τα αντικείμενα M_1O_2 , M_2O_4 , M_4O_1 και M_5O_5 (Σχήμα 8), προσπαθώντας να προβλέψουν τη θέση ισορροπίας τους, επίσης στο ίδιο δοχείο με το ίδιο υγρό (νερό). Τέλος, στο τέταρτο μέρος, πειραματίστηκαν με τα ίδια αντικείμενα με αυτά που χρησιμοποίησαν στο τρίτο μέρος, αλλά προσπάθησαν να προβλέψουν τη θέση ισορροπίας τους σε δοχείο με αλατόνερο. Τα δύο δοχεία ήταν πανομοιότυπα. Για κάθε μέρος της συνέντευξης, τα αντικείμενα, με τα οποία πειραματιζόνταν οι μαθητές, παρουσιάζονταν όλα μαζί και οι μαθητές επέλεξαν οι ίδιοι τη σειρά με την οποία θα τα χρησιμοποιούσαν. Όμως είχαν δοθεί οι οδηγίες να επιλέγεται μόνο ένα αντικείμενο κάθε φορά, να γίνεται πρώτα πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας του στο υγρό και μετά να εκτελείται το πείραμα.

Τα δεδομένα της πιλοτικής αναλύθηκαν, για να διαφανεί αν ήταν κατάλληλα για την επίτευξη του σκοπού της έρευνας. Όμως δεν εντάχθηκαν στις αναλύσεις των δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά τις δύο φάσεις της έρευνας. Ακόμη, ελέγχθηκε αν τα δοκίμια και οι ερωτήσεις των συνεντεύξεων ήταν κατανοητά από τους μαθητές. Επιπρόσθετα, υπολογίστηκε και ο απαιτούμενος χρόνος για την εκτέλεση διαφόρων δραστηριοτήτων – πειραμάτων και τη χορήγηση των δοκιμίων, κάτι που βοήθησε στην κατάλληλη οργάνωση για την απρόσκοπτη συλλογή των δεδομένων της έρευνας.

Ανάλυση Δεδομένων

Αρχικά, καταγράφηκαν οι απαντήσεις των μαθητών στα δύο πρώτα ερωτηματολόγια: το ερωτηματολόγιο που διερευνά τις στάσεις (Kind κ.ά., 2007) και το ερωτηματολόγιο που ομαδοποιεί τα άτομα ανάλογα με το Επιστημολογικό τους Επίπεδο (Kuhn κ.ά., 2000). Στη συνέχεια, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τους μαθητές στην παρούσα έρευνα με τα αποτελέσματα των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τους εισηγητές των ερωτηματολογίων, για να διαπιστωθεί η καταλληλότητά τους.

Ακολούθως, μετρήθηκε η Γ.Γ.Ι. των μαθητών, με τις «Προοδευτικές Μήτρες» του Raven (2000), και οι μαθητές χωρίστηκαν σε δυάδες, ανάλογα με Γ.Γ.Ι. τους.

Έπειτα, απομαγνητοφωνήθηκαν οι διάλογοι που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων. Οι απαντήσεις των μαθητών στις δραστηριότητες και τα πειράματα, που έγιναν με τα 14 αντικείμενα κατά τις ομαδικές συνεντεύξεις, αξιολογήθηκαν με βάση τους διαφορετικούς τρόπους που έχουν εισηγηθεί και εφαρμοστεί από ερευνητές σε προηγούμενες έρευνες (Jiménez-Aleixandre κ.ά., 2000· Means & Voss, 1996· Songer κ.ά., 2009· Cross κ.ά., 2008· Osborne κ.ά., 2004· Dawson & Venville, 2009· Sadler & Fowler, 2006· Clark & Sampson, 2007, 2008· Canary & Seibold, 2010· Sandoval & Millwood, 2005· McNeill & Krajcik, 2007· McNeill, 2009· Berland & Reiser, 2009· Sampson & Clark, 2009), με σκοπό να επιλεγθεί ο καταλληλότερος συνδυασμός τρόπων. Αποτέλεσμα της ανάλυσης αυτής ήταν δημιουργία ενός νέου μοντέλου αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας, το οποίο έδινε τη δυνατότητα να βαθμολογείται κάθε επιχείρημα, στη βάση αριθμητικής κλίμακας. Το άθροισμα της αξιολόγησης των επιχειρημάτων κάθε μαθητή στα πειράματα που εκτελέστηκαν αντιπροσώπευε την επίδοση επιχειρηματολογίας του μαθητή.

Οι συνεντεύξεις αναλύθηκαν περαιτέρω, ώστε να αναδειχθούν παράγοντες, οι οποίοι επηρέαζαν την επιχειρηματολογία των μαθητών. Στο τέλος, πραγματοποιήθηκαν οι κατάλληλες στατιστικές αναλύσεις, ώστε να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας.

Ερευνητικά Ερωτήματα

1. Είναι κατάλληλα τα ερωτηματολόγια που μετρούν τις στάσεις των μαθητών για το μάθημα της Επιστήμης (Kind κ.ά., 2007) και το Επιστημολογικό Επίπεδο ατόμων (Kuhn κ.ά., 2000) για μαθητές ηλικίας 10 ως 11 χρόνων, οι οποίοι μιλούν Ελληνικά;
2. Υπάρχουν διαφορές στην ικανότητα επιχειρηματολογίας μεταξύ των μαθητών των δύο τάξεων;
3. Υπάρχουν διαφορές στην ικανότητα επιχειρηματολογίας μεταξύ των μαθητών με α) υψηλή Γ.Γ.Ι., β) με χαμηλή Γ.Γ.Ι., γ) με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάζονται με μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. και δ) με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάζονται με μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι.;
4. Υπάρχει αλληλεπίδραση ανάμεσα στις μεταβλητές τάξη και ομάδα Γ.Γ.Ι., αναφορικά με την ικανότητα επιχειρηματολογίας των μαθητών;
5. Ποιοι άλλοι παράγοντες επηρεάζουν την επιχειρηματολογία μαθητών ηλικίας 10 ως 11 χρόνων;
6. Ποια ατομικά χαρακτηριστικά των μαθητών και ποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των πειραμάτων επιδρούν στους παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την επιχειρηματολογία μαθητών ηλικίας 10 ως 11 χρόνων;
7. Σε ποιο βαθμό μπορεί να προβλεφθεί η ικανότητα επιχειρηματολογίας των μαθητών από τις ανεξάρτητες μεταβλητές Γ.Γ.Ι., Επιστημολογικό Επίπεδο, παράγοντες που προέκυψαν από την παραγοντική ανάλυση των Kind κ.ά., (2007) στο ερωτηματολόγιο των στάσεων των μαθητών για το μάθημα της Επιστήμης, και παράγοντες που αναδείχθηκαν κατά την ανάλυση των συνεντεύξεων;

Επιλογή Ποιοτικών και Ποσοτικών Τεχνικών

Επεξεργασίας των Ερωτημάτων

Αρχικά διερευνήθηκε αν τα δύο από τα τρία ερωτηματολόγια, τα οποία ήταν

γραμμένα στην Αγγλική γλώσσα (Kind κ.ά., 2007· Kuhn κ.ά., 2000) μπορούσαν να είναι κατάλληλα και για μαθητές ηλικίας 10 ως 11 χρόνων, οι οποίοι μιλούν Ελληνικά, για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα 1. Για το πρώτο, το ερωτηματολόγιο στάσεων (Kind κ.ά., 2007), μετρήθηκαν οι συντελεστές αξιοπιστίας (*Cronbach's α*) των παραγόντων, οι οποίοι προέκυψαν, όταν οι δημιουργοί του ερωτηματολογίου εφάρμοσαν παραγοντική ανάλυση με δεδομένα, τα οποία συνέλεξαν όταν χορήγησαν το ερωτηματολόγιο οι ίδιοι. Για το δεύτερο, το ερωτηματολόγιο το οποίο μετρά το Επιστημολογικό Επίπεδο των ατόμων (Kuhn κ.ά., 2000), υπολογίστηκε το ποσοστό των μαθητών, των οποίων το Επιστημολογικό Επίπεδο δεν μπορούσε να μετρηθεί, σύμφωνα με τις εισηγήσεις των δημιουργών του ερωτηματολογίου. Το ποσοστό αυτό συγκρίθηκε με το ποσοστό, το οποίο προέκυψε, όταν οι Kuhn κ.ά. (2000) χορήγησαν το ερωτηματολόγιο.

Στη συνέχεια καθορίστηκε η επίδοση επιχειρηματολογίας (στο εξής θα σημειώνεται ως $E_{επ}$) κάθε μαθητή, μέσα από τη σταθερή συγκριτική μέθοδο ανάλυσης (Glaser, 1965· Valanides, 2010) των απομαγνητοφωνημένων συνεντεύξεων.

Ακολούθως εφαρμόστηκε ανάλυση διασποράς 2 (τάξη) X 4 (ομάδα Γ.Γ.Ι.) με εξαρτημένη μεταβλητή την $E_{επ}$, για να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα 2, 3 και 4.

Στο επόμενο στάδιο, για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα 5, αναλύθηκαν ξανά οι απομαγνητοφωνημένες ομαδικές συνεντεύξεις, πάλι με τη σταθερή συγκριτική μέθοδο ανάλυσης (Glaser, 1965· Valanides, 2010), με σκοπό να αναδειχθούν παράγοντες που επηρεάζαν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και παράγοντες που δυσκόλευαν τους μαθητές, όταν αυτοί καλούνταν να επιχειρηματολογήσουν. Ακόμη, διερευνήθηκε το πώς οι μαθητές αντιμετώπιζαν και αξιολογούσαν διαφορετικές από τις δικές τους απόψεις και το πώς επιχειρηματολογούσαν, όταν έρχονταν αντιμέτωποι με μια διαφορετική από τη δική τους άποψη, συνεργαζόμενοι με συνομηλίκους εντός δυάδων, για την εκτέλεση διαφόρων δραστηριοτήτων και πειραμάτων σχετικών με το μάθημα της Επιστήμης. Επίσης, καταγράφηκαν οι τρόποι με τους οποίους μαθητές Δημοτικού Σχολείου αξιολογούσαν και αξιοποιούσαν δεδομένα που λαμβάνονταν από πειράματα, τόσο για να διαμορφώνουν τη δική τους άποψη, όσο και για να επιχειρηματολογούν, υπέρ ή κατά, της δική τους άποψης και των απόψεων άλλων.

Για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα 6, χρησιμοποιήθηκαν αναλύσεις διασποράς, με εξαρτημένες μεταβλητές τους παράγοντες, οι οποίοι εντοπίστηκαν να επηρεάζουν την επιχειρηματολογία μαθητών ηλικίας 10 ως 11 χρόνων και με ανεξάρτητες μεταβλητές ατομικά χαρακτηριστικά των μαθητών και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των

πειραμάτων.

Οι στάσεις των μαθητών, όπως μετρήθηκαν από το ερωτηματολόγιο των στάσεων των μαθητών για το μάθημα της Επιστήμης των Kind κ.ά., (2007), παράγοντες που αναδείχθηκαν από την ανάλυση των συνεντεύξεων, το Επιστημολογικό Επίπεδο και η Γ.Γ.Ι. κάθε μαθητή, χρησιμοποιήθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές σε πολλαπλή παλινδρομική ανάλυση, με εξαρτημένη μεταβλητή την $E_{επ}$ κάθε μαθητή, για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα 7.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πιλοτική Εφαρμογή της Έρευνας

Από την πιλοτική χορήγηση των τριών ερωτηματολογίων, προέκυψε πως αυτά ήταν κατάλληλα για τους μαθητές, αφού η διατύπωση των ερωτημάτων, το λεξιλόγιο που υπήρχε στα ερωτήματα και οι επιλογές που δίνονταν ως απάντηση σε κάθε ερώτηση, ήταν κατανοητά. Ο σχεδιασμός των λογισμικών προγραμμάτων για ηλεκτρονικό υπολογιστή, τα οποία κατασκευάστηκαν με τις ερωτήσεις των δοκιμίων και τις επιλογές για κάθε ερώτηση, ήταν επίσης κατάλληλος, αφού ήταν ευανάγνωστα, λειτουργούσαν χωρίς οποιοδήποτε πρόβλημα και οι μαθητές μπορούσαν να τα χειριστούν μόνοι τους, από την αρχή. Η μόνη βοήθεια, που απαιτήθηκε να δοθεί σε ορισμένους μαθητές, που συμμετείχαν στην πιλοτική φάση, ήταν η αναγραφή των στοιχείων τους (ονοματεπώνυμο και τάξη), επειδή δεν ήταν εξοικειωμένοι με τη θέση των γραμμάτων στο πληκτρολόγιο. Για το λόγο αυτό, αποφασίστηκε όπως προτείνεται στους μαθητές, που θα συμμετείχαν στην κύρια φάση της έρευνας και θα αντιμετώπιζαν παρόμοια δυσκολία, να αναγράφει ο ερευνητής τα στοιχεία τους.

Από την πιλοτική δοκιμή των συνεντεύξεων προέκυψε πως αυτές ήταν χρονοβόρες, με αποτέλεσμα οι μαθητές να παρουσιάζονται κουρασμένοι κατά τα τελευταία στάδια της συνέντευξης και να μην αποδίδουν τόσο καλά, όσο στην αρχή. Επειδή η απόδοση των μαθητών σε όλα τα πειράματα ήταν καθοριστικής σημασίας για τους σκοπούς της έρευνας, αφού από αυτή θα κρινόταν η επιχειρηματολογία τους, αποφασίστηκε όπως συντομευθούν οι συνεντεύξεις και επικεντρωθούν στα πειράματα. Για να γίνει αυτό, περιορίστηκε ο χρόνος που αφιερωνόταν στο εισαγωγικό στάδιο της συνέντευξης για τη συζήτηση του εννοιολογικού σκίτσου. Επιπρόσθετα, αποφασίστηκε η αναγραφή των μαζών των αντικειμένων στο χαρτόνι που ήταν κολλημένο σε αυτά, αντί της δυνατότητας μέτρησης της μάζας των αντικειμένων με ζυγαριά.

Από τις αρχικές αναλύσεις των συνεντεύξεων της πιλοτικής φάσης, προέκυψε πως η δυνατότητα που δόθηκε, να εκτελούν οι μαθητές τα πειράματα με τη σειρά που οι ίδιοι

επέλεξαν, δυσκόλευε τη σύγκριση της επιχειρηματολογίας των μαθητών, αφού, σε κάθε πείραμα, τα διαθέσιμα στοιχεία στα οποία στήριζαν το επιχειρήμα τους ήταν διαφορετικά. Για παράδειγμα, αν στα δύο πρώτα πειράματα του πρώτου ή του δεύτερου μέρους της συνέντευξης, οι μαθητές επέλεξαν να πειραματιστούν με τα δύο αντικείμενα που βυθίζονταν (M_4 , M_5 και O_1 , O_2 , αντίστοιχα), δεν είχαν τη δυνατότητα να εγκαθιδρύσουν το δικαιολογητικό για τη μάζα ή τον όγκο, αντίστοιχα. Αυτό μπορούσε να γίνει μόνο μετά την τοποθέτηση άλλων δύο αντικειμένων που επέπλεαν, επειδή έπρεπε να παρατηρήσουν τη διαφορά στο ύψος της θέσης ισορροπίας δύο αντικειμένων που επιπλέουν. Αποτέλεσμα ήταν να έχουν στη διάθεσή τους το δικαιολογητικό μόνο για το τελευταίο πείραμα του κάθε μέρους της συνέντευξης. Αντιθέτως, αν τα δύο πρώτα πειράματα αφορούσαν δύο αντικείμενα που επιπλέουν, το δικαιολογητικό μπορούσε να εγκαθιδρυθεί αμέσως μετά από τις παρατηρήσεις για το ύψος της θέσης ισορροπίας των αντικειμένων αυτών. Επίσης, ανάλογα με τη σειρά που εκτελούνταν τα πειράματα, ήταν δυνατό να αποκλειστούν ορισμένες προβληματικές καταστάσεις, στις οποίες οι μαθητές άλλων ομάδων θα είχαν την ευκαιρία να επιχειρηματολογήσουν. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που οι μαθητές επέλεξαν να τοποθετήσουν ως αντικείμενο στο πρώτο πείραμα της συνέντευξης το αντικείμενο M_1 , δε θα είχαν την ευκαιρία να διερευνήσουν τι γίνεται με αντικείμενο με μικρότερη μάζα από το M_1 , που επιπλέει σε μεγαλύτερο ύψος. Παρομοίως, αν επέλεξαν να τοποθετήσουν στο πρώτο πείραμα το M_5 , δε θα είχαν την ευκαιρία να διερευνήσουν τι γίνεται με αντικείμενο με μεγαλύτερη μάζα από το M_5 , που έχει τη μεγαλύτερη μάζα και βυθίζεται. Για τους λόγους αυτούς, αποφασίστηκε όπως προκαθοριστεί η σειρά με την οποία θα εκτελούνταν τα πειράματα κάθε μέρους της συνέντευξης.

Σειρά Τοποθέτησης Αντικειμένων στα Δοχεία με τα Υγρά

Στις συνεντεύξεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν κατά τη δεύτερη φάση της έρευνας, τα αντικείμενα τοποθετούνταν στο δοχείο με το νερό (πρώτο, δεύτερο και τρίτο μέρος της συνέντευξης) ή με το αλατόνερο (τέταρτο μέρος της συνέντευξης) με προκαθορισμένη σειρά, για όλες τις ομάδες των μαθητών. Στον Πίνακα 8, παρουσιάζεται η σειρά με την οποία εκτελούνταν τα πειράματα, τα οποία σημειώνονται με το γράμμα Π, ακολουθούμενο από δύο δείκτες και τα αντικείμενα τα οποία χρησιμοποιούνταν στο κάθε πείραμα. Ο πρώτος δείκτης, μετά το γράμμα Π, δηλώνει το μέρος της συνέντευξης, πρώτο ως τέταρτο.

Πίνακας 8

Χρονική Σειρά Εκτέλεσης Πειραμάτων κατά τις Συνεντεύξεις

Πρώτο Μέρος Συνέντευξης					
Σειρά Εκτέλεσης Πειράματος	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	4 ^ο	5 ^ο
Κωδικός Πειράματος	Π _{1,1}	Π _{1,2}	Π _{1,3}	Π _{1,4}	Π _{1,5}
Κωδικός Αντικειμένου	M ₃	M ₂	M ₁	M ₄	M ₅
Δεύτερο Μέρος Συνέντευξης					
Σειρά Εκτέλεσης Πειράματος	6 ^ο	7 ^ο	8 ^ο	9 ^ο	10 ^ο
Κωδικός Πειράματος	Π _{2,1}	Π _{2,2}	Π _{2,3}	Π _{2,4}	Π _{2,5}
Κωδικός Αντικειμένου	O ₃	O ₂	O ₁	O ₄	O ₅
Τρίτο Μέρος Συνέντευξης					
Σειρά Εκτέλεσης Πειράματος	11 ^ο	12 ^ο	13 ^ο	14 ^ο	
Κωδικός Πειράματος	Π _{3,1}	Π _{3,2}	Π _{3,3}	Π _{3,4}	
Κωδικός Αντικειμένου	M ₁ O ₂	M ₂ O ₄	M ₄ O ₁	M ₅ O ₅	
Τέταρτο Μέρος Συνέντευξης					
Σειρά Εκτέλεσης Πειράματος	15 ^ο	16 ^ο	17 ^ο	18 ^ο	
Κωδικός Πειράματος	Π _{4,1}	Π _{4,2}	Π _{4,3}	Π _{4,4}	
Κωδικός Αντικειμένου	M ₁ O ₂	M ₂ O ₄	M ₄ O ₁	M ₅ O ₅	

Ο δεύτερος δείκτης δηλώνει τη σειρά με την οποία εκτελέστηκε το πείραμα στο κάθε μέρος. Όλα τα πειράματα, που εκτελέστηκαν, χαρακτηρίζονται ως πρωτότυπα για τους μαθητές, επειδή οι μαθητές δεν είχαν διδαχθεί την αντίστοιχη γνώση στο σχολείο. Είχαν ασχοληθεί με τη βύθιση – πλεύση αντικειμένων στην Γ΄ τάξη, όμως το περιεχόμενο των πειραμάτων, με τα οποία ασχολήθηκαν, ήταν διαφορετικό, καθώς διερευνούσε τη συμπεριφορά αντικειμένων με διαφορετική σύσταση (π.χ., πλαστικός κύβος, φύλλο δέντρου, γυάλινος βόλος, καρφίτσα) στο νερό. Στην Γ΄ τάξη, οι μαθητές δεν είχαν την ευκαιρία να διερευνήσουν τη διαφορά στη θέση ισορροπίας των αντικειμένων, ελέγχοντας τις μεταβλητές μάζα, όγκος και είδος υγρού, κάτι που γινόταν με την εκτέλεση των πειραμάτων της παρούσας έρευνας.

Στο πρώτο μέρος της συνέντευξης, έγιναν, κατά σειρά, τα πειράματα με τα αντικείμενα M₃ (πείραμα Π_{1,1}), M₂ (πείραμα Π_{1,2}), M₁ (πείραμα Π_{1,3}), M₄ (πείραμα Π_{1,4}) και M₅ (πείραμα Π_{1,5}). Το αντικείμενο M₃, που είχε πυκνότητα ελάχιστα μικρότερη από την πυκνότητα του νερού, όταν ετοποθετείτο στο δοχείο με το νερό, επέπλεε, με το ψηλότερο σημείο του να βρίσκεται ελάχιστα πιο ψηλά από τη στάθμη του νερού. Για την πρόβλεψη της θέσης ισορροπίας του αντικειμένου M₃, του πρώτου αντικειμένου με το

οποίο θα πειραματιζόνταν κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, οι μαθητές δεν είχαν στη διάθεσή τους οποιαδήποτε σχετικά δεδομένα. Το M_2 επέπλεε ψηλότερα από το M_3 . Για την πρόβλεψη της θέσης ισορροπίας του, οι μαθητές μπορούσαν να αξιοποιήσουν, ως δεδομένα, τη διαφορά στη μάζα των δύο αντικειμένων, M_2 και M_3 , και τη θέση ισορροπίας του M_3 . Όμως δεν είχαν στη διάθεσή τους κάποιο δικαιολογητικό, το οποίο να προέκυπτε από τα δεδομένα αυτά. Μπορούσαν μόνο να κάνουν υποθέσεις ή να εισηγηθούν κάποιο επιπρόσθετο δεδομένο ή δικαιολογητικό από εμπειρίες που είχαν πριν από τη συνέντευξη. Αμέσως μετά την εκτέλεση του πειράματος $\Pi_{1,2}$, οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να εγκαθιδρύσουν το πρώτο δικαιολογητικό, που αφορούσε τη μάζα αντικειμένων με ίσο όγκο, που επιπλέουν, όταν τοποθετούνται σε νερό. Δηλαδή, πως όσο πιο μικρή μάζα έχει ένα αντικείμενο, τόσο πιο ψηλή είναι η θέση στην οποία ισορροπεί. Το αντικείμενο M_1 επέπλεε ψηλότερα από το M_2 . Τα αντικείμενα M_4 και M_5 , όταν τοποθετούνταν στο δοχείο με το νερό, βυθίζονταν, δηλαδή ακουμπούσαν στον πυθμένα του δοχείου. Ισορροπούσαν, επομένως στην ίδια θέση. Για το M_4 , οι μαθητές μπορούσαν να αξιοποιήσουν ένα ή περισσότερα δεδομένα από τα τρία πειράματα, που προηγήθηκαν, και το σχετικό με τη μάζα δικαιολογητικό, όμως δεν μπορούσαν να είναι απολύτως βέβαιοι, αν δηλαδή θα αιωρείτο σε κάποιο βάθος ή θα εφάπτετο με τον πυθμένα του δοχείου, αφού δεν είχαν δεδομένα από προηγούμενο πείραμα, στα οποία να στηριχθούν. Αντιθέτως, για το M_5 μπορούσαν να προβλέψουν πως θα εφάπτετο με τον πυθμένα του δοχείου, αξιοποιώντας ως δεδομένο τη θέση ισορροπίας του M_4 .

Στο δεύτερο μέρος της συνέντευξης έγιναν, κατά σειρά, τα πειράματα με τα αντικείμενα O_3 (πείραμα $\Pi_{2,1}$), O_2 (πείραμα $\Pi_{2,2}$), O_1 (πείραμα $\Pi_{2,3}$), O_4 (πείραμα $\Pi_{2,4}$) και O_5 (πείραμα $\Pi_{2,5}$). Το O_3 , όταν ετοποθετείτο στο δοχείο με το νερό, ισορροπούσε στην ίδια, ακριβώς, θέση με το M_3 . Τη θέση ισορροπίας του, οι μαθητές μπορούσαν να προβλέψουν, αν εντόπιζαν την ισότητα στις μάζες και τους όγκους των δύο αντικειμένων. Τα αντικείμενα O_2 και O_1 , όταν τοποθετούνταν στο δοχείο με το νερό, βυθίζονταν, δηλαδή ακουμπούσαν στον πυθμένα του δοχείου. Για τη θέση ισορροπίας του O_2 , οι μαθητές μπορούσαν να αξιοποιήσουν ως δεδομένα τη διαφορά στους όγκους των δύο αντικειμένων και τη θέση ισορροπίας του O_3 . Όμως δεν είχαν στη διάθεσή τους κάποιο δικαιολογητικό, το οποίο να στηριζόταν από τα δεδομένα αυτά. Μπορούσαν μόνο να κάνουν υποθέσεις ή να εισηγηθούν κάποιο επιπρόσθετο δεδομένο ή δικαιολογητικό από εμπειρίες που είχαν πριν από τη συνέντευξη. Αμέσως μετά την εκτέλεση του πειράματος $\Pi_{2,2}$, οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να εγκαθιδρύσουν το δεύτερο δικαιολογητικό, που αφορούσε τον όγκο αντικειμένων με ίση μάζα, που τοποθετούνται σε νερό. Δηλαδή, πως το αντικείμενο O_2

βυθιζόταν επειδή είχε μικρότερο όγκο από το αντικείμενο O_3 . Για τη θέση ισορροπίας του O_1 , οι μαθητές μπορούσαν να αξιοποιήσουν τη θέση ισορροπίας του O_2 και το σχετικό με τον όγκο δικαιολογητικό, ώστε να προβλέψουν πως και αυτό θα βυθιζόταν, αφού δεν μπορούσε να ισορροπήσει σε θέση χαμηλότερη από τον πυθμένα του δοχείου. Το O_4 , όταν ετοποθετείτο στο δοχείο με το νερό, επέπλεε σε ψηλότερη θέση ισορροπίας από το O_3 και το O_5 σε ψηλότερη θέση από το O_4 . Οι μαθητές μπορούσαν να αξιοποιήσουν το αντίστοιχο με τον όγκο δικαιολογητικό και τη θέση ισορροπίας ενός αντικειμένου του δεύτερου μέρους της συνέντευξης, το οποίο βρισκόταν στο δοχείο με το νερό από προηγούμενο πείραμα.

Στο τρίτο μέρος της συνέντευξης έγιναν, κατά σειρά, τα πειράματα με τα αντικείμενα M_1O_2 (πείραμα $\Pi_{3,1}$), M_2O_4 (πείραμα $\Pi_{3,2}$), M_4O_1 (πείραμα $\Pi_{3,3}$) και M_5O_5 (πείραμα $\Pi_{3,4}$). Στην αρχή του τρίτου μέρους της συνέντευξης, οι μαθητές ενημερώνονταν πως μπορούσαν να επαναλάβουν οποιοδήποτε πείραμα, από αυτά που εκτελέστηκαν κατά τα δύο πρώτα μέρη της συνέντευξης, αν οι ίδιοι έκριναν πως η επανάληψη κάποιου πειράματος θα τους βοηθούσε να καταλήξουν στην πρόβλεψή τους. Η εκτέλεση όμως επιπρόσθετου πειράματος δεν ήταν υποχρεωτική. Οι ίδιοι οι μαθητές αποφάσιζαν αν και ποιο/α πείραμα/τα θα επαναλάμβαναν. Για την πρόβλεψη της θέσης ισορροπίας των αντικειμένων του τρίτου μέρους της συνέντευξης δεν ήταν απαραίτητη η εγκαθίδρυση νέου δικαιολογητικού. Ήταν, όμως, απαραίτητη η ορθή αξιοποίηση και των δύο δικαιολογητικών, τα οποία οι μαθητές μπορούσαν να εγκαθιδρύσουν μέσα από τα πειράματα των δύο πρώτων μερών της συνέντευξης. Το γεγονός αυτό καθιστούσε την πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων του τρίτου μέρους της συνέντευξης δυσκολότερη από αυτήν των δύο πρώτων μερών. Η πιο απλή στρατηγική, την οποία μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν, ήταν η διατήρηση της μιας μεταβλητής (μάζα ή όγκος), που επηρέαζε τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων στο νερό, σταθερής και η πρόβλεψη με βάση τη μεταβολή στον όγκο ή τη μάζα των δύο αντικειμένων, αντίστοιχα. Δηλαδή, οι μαθητές μπορούσαν να επιλέξουν ένα από τα αντικείμενα του πρώτου ή του δεύτερου μέρους της συνέντευξης, να τοποθετήσουν το αντικείμενο στο δοχείο με το νερό, ή να θυμηθούν επακριβώς τη θέση στην οποία ισορροπούσε, όταν είχαν εκτελέσει το πείραμα και, στο τέλος, να προβλέψουν. Έτσι, για το M_1O_2 (πείραμα $\Pi_{3,1}$), μπορούσαν να επιλέξουν το M_1 (το οποίο επέπλεε) και να προβλέψουν πως θα ισορροπούσε χαμηλότερα, επειδή είχε μικρότερο όγκο ή το O_2 (το οποίο βυθιζόταν και εφάπτετο στον πυθμένα του δοχείου) και να προβλέψουν πως θα ισορροπούσε στην ίδια – δηλαδή θα βυθιζόταν και θα εφάπτετο και αυτό στον πυθμένα του δοχείου – ή σε ψηλότερη θέση ισορροπίας, επειδή

είχε μικρότερη μάζα. Για το M_2O_4 (πείραμα $\Pi_{3,2}$), μπορούσαν να επιλέξουν το M_2 (το οποίο επέπλεε) και να προβλέψουν πως θα ισορροπούσε ψηλότερα, επειδή είχε μεγαλύτερο όγκο ή το O_4 (το οποίο επέπλεε) και επίσης να προβλέψουν πως θα ισορροπούσε ψηλότερα, επειδή είχε μικρότερη μάζα. Για το M_4O_1 (πείραμα $\Pi_{3,3}$) μπορούσαν να επιλέξουν το M_4 (το οποίο βυθιζόταν και εφάπτετο στον πυθμένα του δοχείου) και να προβλέψουν πως, επίσης, θα βυθιζόταν και θα εφάπτετο του πυθμένα του δοχείου, επειδή είχε μικρότερο όγκο ή το O_1 (το οποίο βυθιζόταν και εφάπτετο στον πυθμένα του δοχείου) και, επίσης, να προβλέψουν πως θα βυθιζόταν και θα εφάπτετο του πυθμένα του δοχείου, επειδή είχε μεγαλύτερη μάζα. Για το M_5O_5 (Πείραμα $\Pi_{3,4}$) μπορούσαν να επιλέξουν το M_5 (το οποίο βυθιζόταν και εφάπτετο στον πυθμένα του δοχείου) και να προβλέψουν πως θα ισορροπούσε στην ίδια θέση ή ψηλότερα, επειδή είχε μεγαλύτερο όγκο ή το O_5 (το οποίο επέπλεε) και να προβλέψουν πως θα ισορροπούσε χαμηλότερα, επειδή είχε μεγαλύτερη μάζα.

Τέλος, στο τέταρτο μέρος της συνέντευξης έγιναν, κατά σειρά, τα πειράματα με τα αντικείμενα M_1O_2 (πείραμα $\Pi_{4,1}$), M_2O_4 (πείραμα $\Pi_{4,2}$), M_4O_1 (πείραμα $\Pi_{4,3}$) και M_5O_5 (πείραμα $\Pi_{4,4}$). Στην αρχή του τέταρτου μέρους της συνέντευξης, οι μαθητές ενημερώνονταν πως μπορούσαν να εκτελέσουν οποιοδήποτε πείραμα ήθελαν, εκτός από εκείνο, για το οποίο καλούνταν να προβλέψουν. Μπορούσαν, δηλαδή, να τοποθετήσουν και στα δύο δοχεία, που περιείχαν νερό ή αλατόνερο, τα 10 αντικείμενα των δύο πρώτων μερών της συνέντευξης ($M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, O_1, O_2, O_3, O_4$ και O_5) και τα 4 υπόλοιπα αντικείμενα, M_1O_2, M_2O_4, M_4O_1 και M_5O_5 , μόνο στο δοχείο με το νερό. Για την πρόβλεψη της θέσης ισορροπίας των αντικειμένων του τέταρτου μέρους της συνέντευξης, οι μαθητές έπρεπε, παράλληλα προς τα δύο εγκαθιδρυμένα, για τη μάζα και τον όγκο, δικαιολογητικά, να εγκαθιδρύσουν και ένα τρίτο, που αφορούσε το είδος του υγρού. Αυτό έπρεπε να γίνει μετά από δική τους σκέψη και εισήγηση. Επιπρόσθετα, οι μαθητές έπρεπε να επιλέξουν και να εκτελέσουν τα κατάλληλα πειράματα, να συλλέξουν τα κατάλληλα δεδομένα και, μέσα από αυτά, να μπορέσουν να καταλήξουν στο δικαιολογητικό. Αντιθέτως, τα δύο πρώτα δικαιολογητικά μπορούσαν να τα εγκαθιδρύσουν μέσα από την προσχεδιασμένη σειρά, με την οποία εκτελούνταν τα πειράματα στα δύο πρώτα μέρη της συνέντευξης.

Τα δύο αυτά στοιχεία, δηλαδή το γεγονός πως τα δικαιολογητικά, που έπρεπε να ληφθούν υπόψη, ήταν τρία και το γεγονός πως το ένα έπρεπε να το εγκαθιδρύσουν από μόνοι τους, καθιστούσε την πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων στο τέταρτο μέρος της συνέντευξης δυσκολότερη από όλες τις προηγούμενες. Οι μαθητές

μπορούσαν να εγκαθιδρύσουν το τρίτο δικαιολογητικό πριν από την πρόβλεψη για το πρώτο αντικείμενο του τέταρτου μέρους (M_1O_2 , πείραμα $\Pi_{4,1}$). Αυτό μπορούσε να γίνει με την τοποθέτηση ενός ή περισσότερων αντικειμένων, από όσα επέπλεαν, και στα δύο δοχεία (με νερό και αλατόνερο) και τη σύγκριση της θέσης ισορροπίας κάθε αντικειμένου σε αυτά. Μπορούσαν να καταλήξουν, δηλαδή, στο συμπέρασμα ότι, στο αλατόνερο, τα αντικείμενα ισορροπούν ψηλότερα από τη θέση ισορροπίας τους στο νερό. Ακολούθως, έπρεπε να τοποθετήσουν ξανά το υπό εξέταση αντικείμενο στο νερό, να σημειώσουν τη θέση ισορροπίας του και να προβλέψουν ανάλογα. Εναλλακτικά, μπορούσαν να ανακαλέσουν από τη μνήμη τους τη θέση στην οποία ισορρόπησε το αντικείμενο, όταν είχαν εκτελέσει το πείραμα στο τρίτο μέρος της συνέντευξης. Τη στρατηγική αυτή μπορούσαν να αξιοποιήσουν σε τρία από τα τέσσερα αντικείμενα του τέταρτου μέρους της συνέντευξης, τα M_1O_2 , M_2O_4 και M_5O_5 . Αντιθέτως, για το M_4O_1 , το οποίο βυθιζόταν και εφάπτετο του δοχείου, όταν ετοποθετείτο στο νερό, οι μαθητές έπρεπε να διατηρήσουν ως σταθερή τη μεταβλητή υγρό και μία από τις άλλες δύο μεταβλητές, μάζα ή όγκο, και να προβλέψουν ανάλογα. Δηλαδή, μπορούσαν να επιλέξουν το αντικείμενο M_4 , να το τοποθετήσουν στο αλατόνερο, να παρατηρήσουν ότι βυθιζόταν και εφάπτετο στον πυθμένα του δοχείου και να προβλέψουν ότι και το M_4O_1 θα ισορροπούσε στην ίδια θέση (θα βυθιζόταν και θα εφάπτετο στον πυθμένα του δοχείου), επειδή είχε μικρότερο όγκο. Εναλλακτικά, μπορούσαν να επιλέξουν το O_1 , να κάνουν την ίδια παρατήρηση και την ίδια πρόβλεψη, αλλά με βάση την πληροφορία ότι είχε μεγαλύτερη μάζα. Σε διαφορετική περίπτωση, αν δηλαδή ακολουθούσαν τη στρατηγική που μπορούσαν να ακολουθήσουν για τα υπόλοιπα τρία αντικείμενα του τέταρτου μέρους, η πρόβλεψή τους δε θα ήταν βέβαιη, αφού υπήρχε το ενδεχόμενο το αντικείμενο είτε να βυθιζόταν στην ίδια θέση με αυτή του νερού, είτε να ισορροπούσε ψηλότερα.

Σε ορισμένα πειράματα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές, πιο σύνθετες στρατηγικές. Η παράθεση του συνόλου των στρατηγικών, που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν, δε θεωρείται σκόπιμο να γίνει.

Το σημαντικότερο όμως σημείο σχετίζεται με τη δυνατότητα που είχαν οι μαθητές να αξιοποιήσουν τα δεδομένα που είχαν ή να επαναλάβουν πειράματα που θα τους οδηγούσαν σε πρόβλεψη και επιχειρηματολογία.

Έλεγχος της Καταλληλότητας των Δεδομένων

από τα Δύο Ερωτηματολόγια

Στο πρώτο στάδιο της ανάλυσης των δεδομένων, διερευνήθηκε η αξιοπιστία των παραγόντων του ερωτηματολογίου που διερευνά τις στάσεις των μαθητών για το μάθημα της Επιστήμης (Kind κ.ά., 2007). Παρόλο που οι ερευνητές, οι οποίοι δημιούργησαν το ερωτηματολόγιο, έλεγξαν την αξιοπιστία των παραγόντων που προέκυψαν από παραγοντικές αναλύσεις, ο έλεγχος αυτός έγινε για την αρχική μορφή του ερωτηματολογίου, που είναι στην Αγγλική γλώσσα και για μεγαλύτερο δείγμα. Στην παρούσα έρευνα, τα ερωτηματολόγια μεταφράστηκαν στην Ελληνική γλώσσα και σε αυτά συμμετείχε μικρότερος αριθμός ατόμων. Κρίθηκε επομένως απαραίτητη η διερεύνηση της αξιοπιστίας των παραγόντων. Στον Πίνακα 9, παρουσιάζονται οι συντελεστές αξιοπιστίας (*Cronbach's α*) των παραγόντων, όπως αυτοί προέκυψαν από τους στατιστικούς ελέγχους που έγιναν με τα δεδομένα της παρούσας έρευνας, αλλά και από τους αντίστοιχους στατιστικούς ελέγχους των Kind κ.ά. (2007).

Πίνακας 9

Συντελεστές Αξιοπιστίας (*Cronbach's α*)
Παραγόντων Ερωτηματολογίου Στάσεων

Παράγοντες	Cronbach's α	
	Αγγλική Γλώσσα ^α	Ελληνική Γλώσσα
Μαθαίνοντας Επιστήμη στο σχολείο	.89	.92
Αυτοεκτίμηση στην Επιστήμη	.85	.85
Πρακτική εργασία στην Επιστήμη	.85	.89
Επιστήμη έξω από το σχολείο	.88	.87
Μελλοντική ενασχόληση με την Επιστήμη	.86	.88
Σημασία της Επιστήμης	.77	.72
Γενικές στάσεις για το σχολείο	.85	.85

Σημείωση:

α: Ο πρώτος αριθμός προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν δύο εβδομάδες πριν από διδακτική παρέμβαση. Ο δεύτερος αριθμός προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν δύο εβδομάδες μετά από διδακτική παρέμβαση.

β: Αποδεκτός συντελεστής αξιοπιστίας.

γ: Μη αποδεκτός συντελεστής αξιοπιστίας.

Από τη σύγκριση των συντελεστών αξιοπιστίας (*Cronbach's α*) των παραγόντων του ερωτηματολογίου των στάσεων (Kind κ.ά., 2007), προκύπτει πως οι δύο πρώτοι

παράγοντες, «Μαθαίνοντας Επιστήμη στο σχολείο» και «Αυτοεκτίμηση στην Επιστήμη,» είχαν ελαφρώς μικρότερο συντελεστή αξιοπιστίας στο δοκίμιο, που ήταν γραμμένο στην Ελληνική γλώσσα, από τους αντίστοιχους συντελεστές του δοκιμίου, που ήταν γραμμένο στην Αγγλική γλώσσα. Όμως και οι δύο παράγοντες είχαν συντελεστή αξιοπιστίας πάνω από .70 (*Cronbach's α* = .71 και *Cronbach's α* = .76, αντίστοιχα). Ο τρίτος παράγοντας, «Πρακτική εργασία στην Επιστήμη,» στο Ελληνικό δοκίμιο, είχε συντελεστή αξιοπιστίας *Cronbach's α* = .63, ο οποίος ήταν κατά πολύ μικρότερος από τους αντίστοιχους συντελεστές του Αγγλικού δοκιμίου (*Cronbach's α* = .85 και *Cronbach's α* = .89, όπως μετρήθηκαν με δεδομένα που λήφθηκαν πριν και μετά από διδακτική παρέμβαση, αντίστοιχα). Οι υπόλοιποι τέσσερις παράγοντες, «Επιστήμη έξω από το σχολείο,» «Μελλοντική ενασχόληση με την Επιστήμη,» «Σημασία της Επιστήμης» και «Γενικές στάσεις για το σχολείο,» στο Ελληνικό δοκίμιο είχαν περίπου τους ίδιους συντελεστές αξιοπιστίας με τους αντίστοιχους του Αγγλικού δοκιμίου. Εκτός από τον παράγοντα «Σημασία της Επιστήμης,» που είχε συντελεστή αξιοπιστίας *Cronbach's α* = .69, οι υπόλοιποι παράγοντες είχαν συντελεστή αξιοπιστίας πάνω από .70. Ο παράγοντας «Σημασία της Επιστήμης,» είχε συντελεστή αξιοπιστίας πολύ κοντά στο .70 και πολύ κοντά στους συντελεστές, οι οποίοι μετρήθηκαν, όταν χορηγήθηκε το Αγγλικό δοκίμιο. Για τους λόγους αυτούς, αποφασίστηκε η συμπερίληψη όλων των παραγόντων του ερωτηματολογίου των στάσεων (Kind κ.ά., 2007), εκτός του τρίτου, «Πρακτική εργασία στην Επιστήμη,» στις αναλύσεις που έγιναν για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων της παρούσας έρευνας.

Το Επιστημολογικό Επίπεδο κάθε μαθητή αξιολογήθηκε σύμφωνα με τις εισηγήσεις των Kuhn κ.ά. (2000), σε ένα από πέντε επίπεδα. Τα τρία από αυτά είναι: Επίπεδο της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης, Επίπεδο της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης και Επίπεδο της υπό Αξιολόγηση Γνώσης. Αυτά αντιστοιχούν στις τρεις επιλογές, οι οποίες δίνονται σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου: «Μόνο η μια άποψη μπορεί να είναι σωστή,» «Η μια άποψη δεν μπορεί να είναι πιο σωστή από την άλλη» και «Η μια άποψη μπορεί να είναι πιο σωστή από την άλλη.» Επιπρόσθετα προς αυτά τα τρία Επίπεδα και επειδή όλα τα άτομα δεν εντάσσονται στο ίδιο Επιστημολογικό Επίπεδο σε όλους τους τομείς της Επιστημολογίας, τους οποίους μετρά το ερωτηματολόγιο, οι Kuhn κ.ά. (2000) ενέταξαν αριθμό ατόμων σε δύο επιπρόσθετα, μεταβατικά Επίπεδα: α) από το Επίπεδο της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης στο Επίπεδο της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης και β) από το Επίπεδο της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης στο Επίπεδο της υπό Αξιολόγηση Γνώσης. Υπενθυμίζεται πως, για την αξιολόγηση του Επιστημολογικού

Επιπέδου ενός ατόμου, ακολουθώντας τις οδηγίες των δημιουργών του ερωτηματολογίου, λήφθηκαν υπόψη μόνο οι τέσσερις από τους πέντε τομείς, τους οποίους μετρά το ερωτηματολόγιο των Kuhn κ.ά. (2000), αφού ο τομέας «Κρίσεις για προσωπικές απόψεις,» εξαιρέθηκε.

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του Επιστημολογικού Επιπέδου των μαθητών, που συμμετείχαν στην έρευνα, παρουσιάζονται στον Πίνακα 10. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 10, τέσσερις μαθητές, ποσοστό 6%, δεν μπορούσαν να ενταχθούν σε κάποιο από τα πέντε επίπεδα. Το ποσοστό αυτό είναι μικρότερο από το αντίστοιχο ποσοστό (17%), το οποίο κατέγραψαν οι Kuhn κ.ά. (2000) και από το ποσοστό (27%), το οποίο κατέγραψαν οι Mason κ.ά. (2006), οι οποίοι χορήγησαν το ερωτηματολόγιο σε 881 Ιταλούς μαθητές (ηλικίας 11, 14, 17 και 19 χρόνων). Επειδή το ποσοστό, που καταγράφηκε στην έρευνα ήταν μικρότερο από τα αντίστοιχα, που καταγράφηκαν στις έρευνες των Kuhn κ.ά. (2000) και Mason κ.ά. (2006), η αξιολόγηση του Επιστημολογικού Επιπέδου των μαθητών κρίθηκε κατάλληλη, για τις αναλύσεις για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων της έρευνας.

Πίνακας 10

Συχνότητες και Ποσοστά Μαθητών ανά Επιστημολογικό Επίπεδο

Επιστημολογικό Επίπεδο	n	Ποσοστό
Της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης	5	8%
Της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης προς τη Σχετική / Υποκειμενική Γνώση (Μεταβατικό)	12	18%
Της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης	10	15%
Της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης προς την υπό Αξιολόγηση Γνώση (Μεταβατικό)	23	35%
Της υπό Αξιολόγηση Γνώσης	12	18%
Μη αξιολογήσιμο	4	6%
Σύνολο	66	100%

Καθορισμός της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας

Ως Επίδοση Επιχειρηματολογίας ($E_{επ}$) ορίστηκε η αριθμητική αποτίμηση της ικανότητας των μαθητών να επιχειρηματολογούν, ώστε υψηλή ικανότητα

επιχειρηματολογίας να αντιστοιχεί με υψηλή $E_{επ}$. Για τον καθορισμό της $E_{επ}$ κάθε μαθητή, χρησιμοποιήθηκε, σε πρώτο στάδιο, η σταθερή συγκριτική μέθοδος ανάλυσης (Glaser, 1965· Valanides, 2010).

Μετά από την ανάγνωση των απομαγνητοφωνημένων συνεντεύξεων, καθορίστηκε ως μονάδα ανάλυσης η επιχειρηματολογία ανά πείραμα. Σε ορισμένα πειράματα, μερικοί μαθητές πρότειναν δύο διαφορετικά επιχειρήματα, προσπαθώντας να καταλήξουν στην πρόβλεψή τους και, σε ελάχιστες περιπτώσεις, περισσότερα από δύο επιχειρήματα. Στις περιπτώσεις αυτές, αποφασίστηκε να λαμβάνεται υπόψη η ποιοτικότερη από τις επιχειρηματολογίες που προτεινόταν και όχι ο μέσος όρος όλων των επιχειρηματολογιών, ούτε η τελευταία προταθείσα επιχειρηματολογία κάθε πειράματος. Δεν επιλέχθηκε να καταγράφεται ο μέσος όρος όλων των επιχειρηματολογιών κάθε πειράματος, αφού για το σκοπό της παρούσας ερευνητικής εργασίας, διερευνάται ο βαθμός στον οποίο μαθητές της Δ' και της Ε' τάξης του Δημοτικού Σχολείου είναι σε θέση να επιχειρηματολογούν, και επομένως αναζητείται το υψηλότερο επίπεδο στο οποίο ο κάθε μαθητής μπορεί να επιχειρηματολογεί. Δεν επιλέχθηκε επίσης να καταγράφεται η τελευταία προταθείσα επιχειρηματολογία κάθε πειράματος, επειδή παρατηρήθηκαν περιπτώσεις στις οποίες μαθητές/τριες, λόγω της αβεβαιότητας που ένιωθαν για την ορθότητα της πρόβλεψής τους, πρότειναν περισσότερες από μία προβλέψεις και αντίστοιχες επιχειρηματολογίες, τη μία μετά την άλλη, χωρίς να προβληματίζονται για την ορθότητα ή την ποιότητά τους.

Ενδεικτικά, σημειώνεται η περίπτωση ενός μαθητή, ο οποίος, αρχικά, έκανε αναφορά σε όλα τα σχετικά δεδομένα από προηγούμενο πείραμα και κατέληξε σε ορθή πρόβλεψη. Όμως, όταν η μαθήτριά που συμμετείχε στην ίδια δυνάδα διαφώνησε και πρότεινε τη δική της πρόβλεψη, πριν τη στηρίξει σε οποιαδήποτε δεδομένα και πριν την αιτιολογήσει, ο πρώτος υποστήριξε αρχικά τη δική του πρόβλεψη, προτείνοντας κάποιο επιχειρήμα, αλλά, αμέσως μετά, προσπάθησε να καταλήξει σε πρόβλεψη που να είναι μεταξύ της δικής του και της πρόβλεψης της συμμαθήτριάς του. Μάλιστα, η δεύτερη πρόβλεψή του ήταν περίπου στο ίδιο ύψος με αυτό της πρόβλεψης της συμμαθήτριάς του και απείχε πολύ από τη δική του αρχική πρόβλεψη. Επιπρόσθετα, την αλλαγή αυτή στην πρόβλεψη δεν προσπάθησε να την τεκμηριώσει, ούτε κάνοντας αναφορά σε κάποιο/α δεδομένο/α, ούτε προτείνοντας κάποιο δικαιολογητικό, όπως φαίνεται από το απόσπασμα της συνέντευξης με τους συγκεκριμένους μαθητές. Η συμπεριφορά του μαθητή καθοδηγήθηκε ίσως από την προσπάθειά του να αποφύγει τη σύγκρουση, τη διαφωνία με τη συμμαθήτριά του και σε μια προσπάθειά του να βρει τη «μέση λύση,» η οποία θα ήταν

και από τους δύο ευκολότερα αποδεκτή, ή από αβεβαιότητα για την ορθότητα της δικής του άποψης.

Σε όλα τα αποσπάσματα από τις συνεντεύξεις με τους μαθητές, με το γράμμα Ε σημειώνεται πάντα ο ερευνητής. Οι ομάδες και οι μαθητές σημειώνονται με ένα συνδυασμό τριών γραμμάτων και ενός αριθμού. Το πρώτο γράμμα δηλώνει την τάξη στην οποία φοιτούσε ο μαθητής / η μαθήτρια. Το γράμμα Δ δηλώνει πως φοιτούσε στην Δ' τάξη και το γράμμα Ε δηλώνει πως φοιτούσε στην Ε' τάξη. Ακολουθεί ένας αριθμός, ο οποίος είναι ο διακριτικός αριθμός της δυάδας των μαθητών, για την τάξη στην οποία φοιτούσαν. Ακολουθούν, μετά από την παύλα, δύο γράμματα. Τα γράμματα αυτά δηλώνουν τη σύνθεση της ομάδας, δηλαδή τη Γ.Γ.Ι. των μελών της. Τα γράμματα ΥΜ δηλώνουν πως η ομάδα αποτελείτο από ένα άτομο με υψηλή Γ.Γ.Ι. και ένα άτομο με μέση Γ.Γ.Ι. Τα γράμματα ΜΧ δηλώνουν πως η ομάδα αποτελείτο από ένα άτομο με μέση Γ.Γ.Ι. και ένα άτομο με χαμηλή Γ.Γ.Ι. Στην περίπτωση που μιλά το ένα μέλος της ομάδας, υπογραμμίζεται το γράμμα που δηλώνει τη Γ.Γ.Ι. του μέλους. Για παράδειγμα, Ε1-ΥΜ είναι η πρώτη ομάδα της Ε' τάξης, η οποία αποτελείτο από μαθήτριες με υψηλή και μέση Γ.Γ.Ι., ενώ Δ1-ΥΜ είναι η πρώτη ομάδα της Δ' τάξης, η οποία αποτελείτο από μαθήτριες με υψηλή και μέση Γ.Γ.Ι. Ο κωδικός Ε10-ΜΧ δηλώνει πως μιλά η μαθήτρια της δέκατης ομάδας της Ε' τάξης, η οποία είχε μέση Γ.Γ.Ι. και πως το άλλο μέλος της ομάδας είχε χαμηλή Γ.Γ.Ι.

Δ13-ΜΧ: [Παίρνει το αντικείμενο Μ₄.]

Δ13-ΜΧ: [Παίρνει το αντικείμενο Μ₄.] Άσε το σε μένα αυτό. Το Μ₄ νομίζω ότι θα πάει πιο κάτω, πιο κάτω από το Μ₃. Θα πάει 3, 4 [καπάκια] κάτω από το Μ₃.

Δ13-ΜΧ: Κάτω από το Μ₃; Κύριε, εγώ λέω ότι θα πάει πιο πάνω.

Ε: Στον Δ13-ΜΧ να μιλάς.

Δ13-ΜΧ: Εγώ λέω ότι θα πάει πιο πάνω, γιατί, πού είναι, πού είναι;

Ε: 85 είναι το Μ₃.

Δ13-ΜΧ: Θα πάει πιο ψηλά από το Μ₃ και από το Μ₁. Μπορεί να πάει λίγο πιο χαμηλά από το Μ₁.

Δ13-ΜΧ: Δε συμφωνώ.

Ε: Για ποιο λόγο;

... ..

Δ13-ΜΧ: Επειδή είναι πιο βαρύ από το ... 85 [=Μ₃] και από το 60 [=Μ₁] και το 70 [=Μ₂], και θα πάει λίγο πιο χαμηλά ή μπορεί να πάει ίσα με το 60 [=Μ₁].

Δ13-ΜΧ: Μπορεί να πάει πιο ψηλά από το 60 [=Μ₁].

Δ13-ΜΧ: Από το 70 [=Μ₂].

Δ13-ΜΧ: Και από το 70 [=Μ₂].

Δ13-ΜΧ: Θα πάει πιο χαμηλά από το 60 [=Μ₁].

Δ13-MX: *Ναι, πιο χαμηλά από το 60 [=M₁]. Περίπου ίσα με το 70 [=M₂] και λίγο πιο ψηλά.*

E: *Για ποιο λόγο;*

Δ13-MX: *Γιατί το M₄ είναι 95 γραμμάρια και δεν είναι το πιο βαρύ. Και αυτό όσα, ε, είναι πιο ελαφριά πηγαίνουν πιο πάνω και αυτό [=M₄] μπορεί να πάει λίγο πιο κάτω από το 70 [=M₂], γιατί είναι πιο βαρύ.*

E: *Βάλτε το.*

Δ13-MX : [Τοποθετεί το αντικείμενο M₄ στο νερό.]

Στη συνομιλία αυτή, ο Δ13-MX έκανε αναφορά σε αριθμό πωμάτων (καπάκια), συγκεκριμένα 3 ή 4. Πολλές φορές στις συνεντεύξεις, πολλοί μαθητές χρησιμοποίησαν το ύψος των πωμάτων των αντικειμένων, ως μη συμβατική μονάδα μέτρησης του μήκους, ώστε να μετρήσουν ή να προσδιορίσουν την πρόβλεψή τους για τη θέση ισορροπίας ενός αντικειμένου πάνω ή κάτω από τη στάθμη του νερού, πάνω ή κάτω από τη θέση ισορροπίας ενός άλλου αντικειμένου ή πάνω από τον πυθμένα του δοχείου.

Από τα αρχικά στάδια της ανάλυσης των δεδομένων, προέκυψε προβληματισμός για τη συζήτηση που διεξήχθη κατά το πρώτο πείραμα με ορισμένες ομάδες (πείραμα Π_{1,1}, Πίνακας 8). Πιο συγκεκριμένα, κάποιοι μαθητές φάνηκε να μην κατανοούν επαρκώς τις δοθείσες από τον ερευνητή οδηγίες, ενώ άλλοι ήταν συγκρατημένοι και φειδωλοί. Για τους λόγους αυτούς, αποφασίστηκε όπως μη συμπεριληφθούν στις αναλύσεις τα δεδομένα από το πρώτο πείραμα.

Ακολούθως, άρχισε η αναζήτηση των κατηγοριών στις οποίες θα μπορούσαν να ομαδοποιηθούν τα επιχειρήματα των μαθητών. Η αναζήτηση έγινε από το σύνολο των συνεντεύξεων. Αρχικά έγινε προσπάθεια να εφαρμοστούν οι ομαδοποιήσεις που εισηγήθηκαν και εφάρμοσαν διάφοροι ερευνητές (Jiménez-Aleixandre κ.ά., 2000· Cross κ.ά., 2008· Means & Voss, 1996· Songer κ.ά., 2009· Osborne κ.ά., 2004· Dawson & Venville, 2009· Clark & Sampson, 2007, 2008· Canary & Seibold, 2010· Sandoval & Millwood, 2005· Sadler & Fowler, 2006· McNeill & Krajcik, 2007· McNeill, 2009· Berland & Reiser, 2009· Sampson & Clark, 2009), για να αξιολογήσουν επιχειρήματα. Από τις προσπάθειες για ομαδοποίηση, προέκυψε πως οι εισηγήσεις των Osborne κ.ά. (2004) και Dawson και Venville (2009) μπορούσαν καλύτερα να εφαρμοστούν στα δεδομένα της παρούσας έρευνας. Οι δύο εισηγήσεις συνδυάστηκαν, με αποτέλεσμα να προκύψει μία νέα κατηγοριοποίηση.

Ξεχωριστά καταγράφηκαν οι περιπτώσεις κατά τις οποίες μαθητές δεν μπόρεσαν να καταλήξουν σε επιχείρημα. Αυτές αποτέλεσαν το επίπεδο 0 της επιχειρηματολογίας. Ως επίπεδο 1 της επιχειρηματολογίας υιοθετήθηκε το πρώτο επίπεδο της επιχειρηματολογίας

των Osborne κ.ά. (2004) και όχι των Dawson και Venville (2009), επειδή στο δεύτερο εντάσσονται οι προτάσεις που αποτελούνται μόνο από ισχυρισμούς, που δεν αποτελούν επιχείρημα, σύμφωνα με τον ορισμό του Toulmin (1958) για το επιχείρημα. Ως επίπεδο 2 της επιχειρηματολογίας, υιοθετήθηκε το δεύτερο επίπεδο της επιχειρηματολογίας των Dawson και Venville (2009), και όχι των Osborne κ.ά. (2004), επειδή στα δεδομένα της παρούσας έρευνας μπορούσε να γίνει διάκριση ανάμεσα στο τι ήταν δικαιολογητικό και τι υποστηρικτική δήλωση. Επιπρόσθετα, τα περιστατικά κατά τα οποία οι μαθητές συμπεριέλαβαν στο επιχείρημά τους υποστηρικτική δήλωση, ήταν όλα ποιοτικότερα όσων δεν περιελάμβαναν, επειδή αυτή χρησιμοποιήθηκε πάντα ως επιπρόσθετο στοιχείο των δεδομένων και των δικαιολογητικών κάποιου επιχειρήματος. Για το λόγο, αυτό κρίθηκε ορθό να αξιολογηθούν τα επιχειρήματα που περιελάμβαναν υποστηρικτική δήλωση σε ανώτερο επίπεδο από όσα δεν περιελάμβαναν, κάτι που στην κατηγοριοποίηση των Osborne κ.ά. (2004) δε γίνεται, αφού αξιολογούνται στο ίδιο επίπεδο. Ως επίπεδο 2, δηλαδή, θεωρήθηκε η απλούστερη μορφή επιχειρήματος, που είναι η μετάβαση από κάποιο/α δεδομένο/α σε έναν ισχυρισμό, χωρίς ή μαζί με την ύπαρξη ενός δικαιολογητικού. Ως επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας, υιοθετήθηκε ένας συνδυασμός των τρίτου και τέταρτου επιπέδων επιχειρηματολογίας των Osborne κ.ά. (2004) και του τρίτου επιπέδου επιχειρηματολογίας των Dawson και Venville (2009). Στην παρούσα έρευνα, καταγράφηκαν ξεκάθαρα απορριπτικά κριτήρια, τα οποία, στην κατηγοριοποίηση των Dawson και Venville (2009) δεν αξιολογούνται. Σε όλες τις περιπτώσεις που οι μαθητές ανέφεραν απορριπτικό κριτήριο, ήταν σαφές πως το επιχείρημα αποκτούσε περισσότερη εγκυρότητα και γινόταν ποιοτικότερο. Κρίθηκε, για το λόγο αυτό, απαραίτητο όπως αξιολογούνται οι περιπτώσεις που οι μαθητές χρησιμοποιούσαν απορριπτικό κριτήριο. Όμως, τα απορριπτικά κριτήρια δεν μπορούσαν να διαχωριστούν σε αδύναμα και ευδιάκριτα, όπως εισηγήθηκαν οι Osborne κ.ά. (2004). Για τους λόγους αυτούς, στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας εντάχθηκαν τα επιχειρήματα που περιελάμβαναν κάποια υποστηρικτική δήλωση (εισήγηση των Dawson και Venville, 2009) ή κάποιο απορριπτικό κριτήριο (εισήγηση των Osborne κ.ά., 2004). Δεν καταγράφηκαν επιχειρήματα που να περιλαμβάνουν περισσότερες από μία υποστηρικτικές δηλώσεις, περισσότερα από ένα απορριπτικά κριτήρια ή και τα δύο. Η κατηγοριοποίηση των επιχειρημάτων, που χρησιμοποιήθηκε, για την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας, παρουσιάζεται στον Πίνακα 11.

Στον Πίνακα 12, παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά εμφάνισης των επιχειρημάτων των μαθητών ανά επίπεδο επιχειρηματολογίας. Στο επίπεδο 0,

Πίνακας 11

Κατηγοριοποίηση των Επιχειρημάτων

Επίπεδο	Ισχυρισμός	Δεδομένο	Δικαιολογητικό	Υποστηρικτική Δήλωση	Απορριπτικό Κριτήριο
0 ^α	όχι / ναι				
1	ναι ^β				
2	ναι	ναι ^γ	ναι ^γ		
3	ναι	ναι	ναι	ναι ^δ	ναι ^δ

Σημείωση:

α: Στο επίπεδο 0 εντάχθηκαν οι περιπτώσεις που οι μαθητές δεν επιχειρηματολόγησαν.

β: Προτείνεται ως αντίθετος ενός άλλου ισχυρισμού, χωρίς να στηρίζεται σε δεδομένα ή δικαιολογητικά.

γ: Το επιχείρημα περιλαμβάνει ένα από τα δύο (μόνο δεδομένο ή μόνο δικαιολογητικό) ή και τα δύο μαζί (και δεδομένο και δικαιολογητικό).

δ: Το επιχείρημα περιλαμβάνει ένα από τα δύο (μόνο υποστηρικτική δήλωση ή μόνο απορριπτικό κριτήριο).

Πίνακας 12

Συχνότητες και Ποσοστά Εμφάνισης Επιχειρημάτων ανά Επίπεδο Επιχειρηματολογίας

Επίπεδο Επιχειρηματολογίας ^α	n	Ποσοστό
0	222	19.79%
1	3	.27%
2	862	76.83%
3	35	3.12%
Σύνολο	1122	100.01% ^β

Σημείωση:

α: Όπως αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.

β: Το άθροισμα της στήλης είναι 100.01% λόγω στρογγυλοποίησης των ποσοστών στο πλησιέστερο εκατοστό.

κατατάχθηκαν 222 επεισόδια, ποσοστό 19.79%. Στο επίπεδο 1, κατατάχθηκαν 3 επεισόδια, ποσοστό .27%. Στο επίπεδο 2, κατατάχθηκαν 862 επεισόδια, ποσοστό 76.83%. Στο επίπεδο 3, κατατάχθηκαν 35 επεισόδια, ποσοστό 3.12%.

Επίπεδο Επιχειρηματολογίας 0:

Στο επίπεδο 0 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11) εντάχθηκαν δύο κατηγορίες επεισοδίων. Αφορούσαν περιπτώσεις κατά τις οποίες οι μαθητές δεν

επιχειρηματολόγησαν. Ως επιχείρημα αποφασίστηκε να υιοθετηθεί η τροποποίηση στον ορισμό του Toulmin (1958), που πρότειναν οι Osborne κ.ά. (2004), δηλαδή η διαφοροποίηση των περιπτώσεων πρότασης ενός ισχυρισμού ως αντίθετου προς έναν άλλο ισχυρισμό από τις περιπτώσεις μη επιχειρηματολογίας. Επομένως, η πρόταση κάποιου ισχυρισμού, ως αντίθετου προς ένα άλλο ισχυρισμό, δεν εντάχθηκε στο επίπεδο 0 της επιχειρηματολογίας.

Στην πρώτη κατηγορία, εντάχθηκαν οι περιπτώσεις που μαθητές δεν αιτιολόγησαν την πρόβλεψή τους για κάποιο πείραμα. Η κατηγορία αυτή ονομάστηκε «Μη Αιτιολόγηση.» Ο ερευνητής προσπαθούσε πάντοτε να παρακινήσει τους μαθητές να προβαίνουν σε πρόβλεψη και να την αιτιολογούν με όσο το δυνατό καλύτερο επιχείρημα. Σημειώθηκαν όμως 69 περιπτώσεις (ποσοστό 6.15%), στις οποίες οι μαθητές παρουσιάστηκαν ιδιαίτερα επιφυλακτικοί ή αδύναμοι να προβλέψουν. Για να μην ασκηθεί υπερβολική πίεση, η οποία μπορούσε να οδηγήσει, στην καλύτερη περίπτωση, σε αρνητικά συναισθήματα για την όλη διαδικασία, ή, στη χειρότερη περίπτωση, σε άρνηση των μαθητών αυτών να συμμετέχουν, επιλέχθηκε να γίνει σεβαστή η επιλογή των μαθητών αυτών να μην προβλέπουν. Ως παράδειγμα, σημειώνεται η περίπτωση της μαθήτριας Δ15-MX, η οποία, στα πείραμα Π_{1,2} και Π_{1,3}, απλά συμφώνησε με τη μαθήτριά Δ15-MX, μετά από σχετική παρακίνηση από τον ερευνητή, εμφανώς βρισκόμενη σε δύσκολη θέση. Για το λόγο αυτό, στο επόμενο πείραμα, το Π_{1,4}, έδωσε την πρόβλεψή της, αλλά, όταν ο ερευνητής κάλεσε και τις δύο να αιτιολογήσουν, αιτιολόγησε τη δική της πρόβλεψη μόνο η Δ15-MX. Παρατίθεται το σχετικό απόσπασμα από τη συνέντευξη. Στην αρχή του αποσπάσματος, η Δ15-MX είπε πως το M₄ «θα κρυφτεί,» δηλαδή προέβλεψε πως θα βυθιζόταν, χωρίς να διευκρινίσει την ακριβή θέση του αντικειμένου. Με το ρήμα «κρυφτεί,» η μαθήτριά δήλωνε πως το αντικείμενο θα ισορροπούσε σε κάποιο βάθος κάτω από την επιφάνεια του νερού, αφού τόσο το νερό, όσο και το δοχείο ήταν διαφανή. Αμέσως μετά, η Δ15-MX προέβλεψε πως το M₄ θα βυθιζόταν, ακουμπώντας στον πυθμένα του δοχείου με το νερό. Η Δ15-MX διαφώνησε και, αμέσως μετά, η Δ15-MX υιοθέτησε την πρόβλεψη της συμμαθήτριάς της. Ακολούθησε η αιτιολόγηση της πρόβλεψης από την Δ15-MX, την οποία η Δ15-MX απλά άκουσε, χωρίς να τοποθετηθεί.

E: Το αντικείμενο M₄, θα καταφέρετε να το βρείτε, δηλαδή να προβλέψετε πού θα πάει; Για ξεκινήστε να σκέφτεστε για το M₄.

Δ15-MX: Θα κρυφτεί.

Δ15-MX: Ναι, θα πάει εντελώς κάτω [στον πυθμένα του δοχείου].

Δ15-MX: Όχι εντελώς κάτω, εδώ [δείχνει τον πυθμένα του δοχείου].

Δ15-MX: μμμμ [=συμφωνώ].

E: *Συνεννοηθείτε και για το λόγο. Να λέτε πάντα και πώς το σκεφτήκατε.*
Δ15-MX: *Αφού το 85 [=M₃] φάνηκε λίγο το άσπρο του [=μικρό τμήμα του πώματος του αντικειμένου], το 95 [=M₄] θα πάει λίγο πιο κάτω.*
E: *Μου δείχνετε έξω από το δοχείο, πού θα πάει;*
Δ15-MX: *[Δείχνει.]*
E: *Θα φαίνεται καθόλου πάνω από το νερό ή δε θα φαίνεται;*
Δ15-MX: *Δε θα φαίνεται.*
E: *Θα είναι ακριβώς κάτω από το νερό, ή θα έχει νερό από πάνω του;*
Δ15-MX: *Ισα – ίσα με το νερό.*

Στη δεύτερη κατηγορία, εντάχθηκαν οι περιπτώσεις κατά τις οποίες κάποιος μαθητής έλεγε απλά και μόνο ότι συμφωνούσε με το επιχείρημα του δεύτερου μέλους της ομάδας στην οποία συμμετείχε. Η κατηγορία αυτή ονομάστηκε «Παθητική Συμφωνία.» Σύμφωνα με τον ορισμό του Toulmin (1958), αλλά και με άλλους ερευνητές (Osborne κ.ά., 2004), οι οποίοι ασχολήθηκαν με την επιχειρηματολογία, οι περιπτώσεις αυτές δε συνιστούν επιχείρημα. Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν 153 περιπτώσεις (ποσοστό 13.64%). Ένα ενδεικτικό απόσπασμα, το οποίο εντάχθηκε στην κατηγορία αυτή, προέρχεται από τη συζήτηση με τις μαθήτριες της ομάδας Δ2-ΥΜ και παρατίθεται στη συνέχεια. Σε αυτό, η μαθήτρια Δ2-ΥΜ απλά συμφώνησε με τη συμμαθήτριά της. Το απόσπασμα ξεκινά με την πρόβλεψη της μαθήτριας Δ2-ΥΜ για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M₁ στο νερό (πείραμα Π_{1,3}). Η ίδια μαθήτρια, παράλληλα με την πρόβλεψή της, παρέθεσε και την αιτιολόγηση στην οποία στηρίχθηκε για να προβλέψει. Ακολούθησε μικρή σιωπή, την οποία διαδέχθηκε η πρόσκληση του ερευνητή προς τη μαθήτρια Δ2-ΥΜ να εκφράσει και η ίδια την άποψή της. Η Δ2-ΥΜ απλά συμφώνησε μονολεκτικά με τα όσα υποστήριξε η συμμαθήτριά της, αναφορικά με τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M₁ στο νερό.

E: *Για να δούμε με το M₁ τι θα γίνει. Θα το βρείτε;*
Δ2-ΥΜ: *Εμ, το M₁, επειδή είναι πιο ελαφρύ, πιστεύω ότι θα πάει, ε... λίγο πιο πάνω, επειδή όσο πιο ελαφρύ είναι νομίζω επιπλέει πιο πολύ.*
... [Μικρή σιωπή.]
E: *Πες κι εσύ, Δ2-ΥΜ στην Δ2-ΥΜ την άποψή σου.*
Δ2-ΥΜ: *Συμφωνώ.*
E: *Ωραία. Βάλτε το στο δοχείο.*

Επίπεδο Επιχειρηματολογίας 1:

Στο επίπεδο 1 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11), εντάχθηκε μία κατηγορία επεισοδίων, στα οποία κάποιος μαθητής απλά διαφωνούσε με το δεύτερο μέλος της ομάδας στην οποία συμμετείχε. Η κατηγορία αυτή ταυτίζεται με το πρώτο επίπεδο αξιολόγησης της ποιότητας της επιχειρηματολογίας των Osborne κ.ά. (2004), όπως αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Στη συνομιλία που ακολουθεί, οι μαθήτριες της ομάδας

Δ2-ΥΜ εκφράζουν τις απόψεις τους για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_2O_4 στο αλατόνερο (Πείραμα Π_{4,2}). Και οι δύο προέβλεψαν αρχικά τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου στο αλατόνερο. Οι προβλέψεις τους ήταν διαφορετικές. Η Δ2-ΥΜ προέβλεψε πως το M_2O_4 θα αιωρείτο λίγο κάτω από την επιφάνεια του υγρού, συγκεκριμένα σε βάθος ίσο με το πάχος «μισού μολυβιού.» Αντίθετα, η Δ2-ΥΜ προέβλεψε πως το M_2O_4 θα επέπλεε πάνω από την επιφάνεια του υγρού, σε ύψος όσο ήταν το πώμα του. Καλούμενες, στη συνέχεια, να αιτιολογήσουν τις προβλέψεις τους, η Δ2-ΥΜ έκανε αναφορά σε σχετική εμπειρία – πείραμα που είχε κατά τη διάρκεια της φοίτησής της στο Νηπιαγωγείο. Αναφέρθηκε στη βύθιση αυγού σε νερό και αλατόνερο. Όμως, δε θυμόταν ορθά το αποτέλεσμα του πειράματος. Σε νερό, το φρέσκο αυγό βυθίζεται, ενώ σε αλατόνερο επιπλέει, μόνο αν η πυκνότητά του είναι μεγαλύτερη από τη συνολική πυκνότητα του φρέσκου αυγού. Η Δ2-ΥΜ, μετά από δεύτερη παρακίνηση που απευθύνθηκε στην ίδια προσωπικά, για να αιτιολογήσει τη δική της πρόβλεψη, απλά σημείωσε πως διαφωνούσε με την Δ2-ΥΜ. Μετά από τρίτη παρακίνηση να αιτιολογήσει την πρόβλεψή της, η μαθήτρια απάντησε πως την αιτιολόγησε, χωρίς όμως να το είχε κάνει.

E: *Ξεκινάμε πάλι με το M_1O_2 .*

Δ2-ΥΜ: [Παίρνει με τα χέρια της το αντικείμενο M_1O_2 .] *E, το M_1O_2 νομίζω ότι στο αλατόνερο θα..., θα πάει εδώ.*

E: *Θα φαίνεται πάνω από το αλατόνερο ή θα είναι σκεπασμένο ολόκληρο με νερό;*

Δ2-ΥΜ: *E, θα σκεπαστεί.*

E: *Πόσο νερό θα έχει από πάνω του;*

... .. Μεγάλη σιγή.

E: *Θα έχει νερό από πάνω του ή θα είναι ίσα – ίσα με το αλατόνερο;*

Δ2-ΥΜ: *Θα έχει.*

E: *Πόσο; Όσο είναι το πάχος ενός μολυβιού, μισού μολυβιού;*

Δ2-ΥΜ: *Μισό μολύβι.*

E: *Η Δ2-ΥΜ τι λέει;*

Δ2-ΥΜ: [Παίρνει το M_1O_2 .] *Νομίζω ότι θα είναι περίπου ως εδώ. [Δείχνει σχεδόν ολόκληρο το καπάκι του M_1O_2 πάνω από την επιφάνεια του αλατόνερου.]*

E: *Είπατε το λόγο;*

Δ2-ΥΜ: *Εγώ, κύριε.*

E: *Στην Δ2-ΥΜ μιλάς.*

Δ2-ΥΜ: *Νομίζω ότι θα βυθιστεί επειδή το νερ., το αλάτι που βάλουμε μέσα, ε, ας πούμε, όπως το αυγό που το βάλουμε, θυμάμαι όταν βάλουμε το αυγό στο Νηπιαγωγείο, βυθίστηκε. Και όταν το βάλουμε σε αυτό το ποτήρι, με το νερό, έστεκε, δηλαδή το αλάτι κάνει το νερό να...*

E: *Θα ακουμπήσει κάτω, τελικά; Ή θα είναι όπως το έδειξες πριν;*

Δ2-ΥΜ: *Θα έρθει εδώ. [Δείχνει ίδια πρόβλεψη.]*

E: *Η Δ2-ΥΜ είπε το λόγο;*

Δ2-ΥΜ: Όχι. Κύριε, εγώ νομίζω ότι θα είναι το αντίθετο από την Δ2-ΥΜ.
Ε: Έδειξες κάτι πριν. Έχεις την ίδια άποψη ή την άλλαξες;
Δ2-ΥΜ: Έχω την ίδια άποψη.
Ε: Είπες και το λόγο;
Δ2-ΥΜ: Ναι
Ε: Είστε σίγουρες;
Δ2-ΥΜ και Δ2-ΥΜ: Ναι
Ε: Βάλτε το.

Επίπεδο Επιχειρηματολογίας 2:

Μετά την αξιολόγηση των επιχειρημάτων των μαθητών, σύμφωνα με τα επίπεδα επιχειρηματολογίας που παρουσιάζονται στον Πίνακα 11, προέκυψε πως η πλειοψηφία των επιχειρημάτων των μαθητών, που συμμετείχαν στην έρευνα, κατατάχθηκε στο επίπεδο 2. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 12, στο επίπεδο 2 της επιχειρηματολογίας εντάχθηκαν 862 επεισόδια, ποσοστό 76.83%.

Από τη σύγκριση του ποσοστού εμφάνισης επιχειρημάτων του επιπέδου 2 με τα αντίστοιχα ποσοστά των υπόλοιπων επιπέδων, αλλά, κυρίως, επειδή στο επίπεδο 2 συμπεριλήφθηκαν επιχειρήματα τα οποία διέφεραν κατά πολύ, ως προς την ποιότητα, την επάρκεια και την πειστικότητά τους, κρίθηκε απαραίτητο όπως τα επιχειρήματα του επιπέδου 2 (Πίνακας 11) ομαδοποιηθούν σε επιμέρους επίπεδα. Με τον τρόπο αυτό θα διασφαλιζόταν η ένταξη επιχειρημάτων με ίδια ή παραπλήσια ποιότητα σε κάθε επιμέρους επίπεδο και η διάκριση ανάμεσα στα επιχειρήματα του επιπέδου 2, με κριτήρια την ποιότητα, την επάρκεια και την πειστικότητά τους.

Για να καθοριστούν τα επιμέρους επίπεδα του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας, επιλέχθηκε να αξιολογούνται και να καταγράφονται ξεχωριστά τα δομικά στοιχεία κάθε επιχειρήματος, δηλαδή τα δεδομένα και τα δικαιολογητικά. Αυτό κρίθηκε προτιμητέο, επειδή η ανάλυση μπορούσε να είναι όσο το δυνατό πιο αντικειμενική. Παρόμοια μέθοδο ακολούθησαν και άλλοι ερευνητές (McNeill & Krajcik, 2007· McNeill, 2009· Sampson & Clark, 2009). Οι ερευνητές αυτοί αξιολόγησαν ξεχωριστά διαφορετικές πτυχές των επιχειρημάτων, ώστε να μπορούν να αξιολογούν πιο αντικειμενικά την επίδοση κάθε συμμετέχοντος στην κάθε πτυχή που αξιολογούσαν.

Αρχικά, επιλέχθηκε αριθμός συνεντεύξεων, οι οποίες αναλύθηκαν επανειλημμένα, χρησιμοποιώντας τη σταθερή συγκριτική μέθοδο (Glaser, 1965· Valanides, 2010), ώστε να προκύψει μια πρώτη κατηγοριοποίηση τόσο για τα δεδομένα, όσο και για τα δικαιολογητικά. Η πρώτη κατηγοριοποίηση εφαρμόστηκε στο σύνολο των

απομαγνητοφωνημένων συνεντεύξεων, με αποτέλεσμα να χρειαστεί να γίνουν περαιτέρω τροποποιήσεις. Η τελική κατηγοριοποίηση έδινε τη δυνατότητα να ομαδοποιούνται στην ίδια κατηγορία δεδομένων ή δικαιολογητικών τα επιχειρήματα των μαθητών που είχαν πολλά όμοια χαρακτηριστικά ως προς τα δεδομένα τα οποία αξιοποιούνταν ή τα δικαιολογητικά τα οποία αναφέρονταν, αντίστοιχα. Για να γίνει αυτό δυνατό, η κατηγοριοποίηση ήταν λεπτομερής, με αποτέλεσμα να προκύψουν πολλές κατηγορίες για τα δύο από τα δομικά στοιχεία του επιχειρήματος, τα δεδομένα και τα δικαιολογητικά.

Κατηγοριοποίηση Δεδομένων Επιχειρημάτων Επιπέδου 2:

Παρουσιάζονται, αρχικά, οι κατηγορίες στις οποίες ομαδοποιήθηκαν τα δεδομένα, που χρησιμοποίησαν οι μαθητές, για να καταρτίσουν και να στηρίξουν τα επιχειρήματά τους. Ο Πίνακας 13 παρουσιάζει τις επτά κατηγορίες, τις συχνότητες και τα ποσοστά εμφάνισης κάθε κατηγορίας δεδομένων στα επιχειρήματα των μαθητών, που εντάχθηκαν στο επίπεδο 2 της επιχειρηματολογίας.

Πίνακας 13

Συχνότητες και Ποσοστά Εμφάνισης Κατηγοριών Δεδομένων
στα Επιχειρήματα του Επιπέδου 2 της Επιχειρηματολογίας

Κατηγορία Δεδομένων	n	Ποσοστό
Άσχετα	1	.12%
Ανακριβή	9	1.04%
Υποκειμενικά	119	13.81%
Μερικά Αντικειμενικά και Υποκειμενικά μαζί	102	11.83%
Ολοκληρωμένα Αντικειμενικά και Υποκειμενικά μαζί	48	5.57%
Μερικά Αντικειμενικά	188	21.81%
Ολοκληρωμένα Αντικειμενικά	395	45.82%
Σύνολο	862	100.01% ^α

Σημείωση:

α: Το άθροισμα της στήλης είναι 100.01% λόγω στρογγυλοποίησης των ποσοστών στο πλησιέστερο εκατοστό.

Στην πρώτη κατηγορία εντάχθηκε μία μόνο περίπτωση, στην οποία ο μαθητής Ε7-ΥΜ έκανε αναφορά σε δεδομένο, το οποίο επηρέαζε ελάχιστα τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου, κάτι που οι μαθητές δεν μπορούσαν να διακρίνουν με τα μάτια τους. Ταυτόχρονα, αγνόησε άλλα δεδομένα, τα οποία ήταν εκείνα που επηρέαζαν τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων, που χρησιμοποιούνταν στα πειράματα. Η κατηγορία αυτή των δεδομένων ονομάστηκε «Άσχετα» (Πίνακας 13). Παρατίθεται το αντίστοιχο απόσπασμα από τη συνέντευξη με την ομάδα Ε7-ΥΜ. Σε αυτό, ο μαθητής Ε7-ΥΜ εστίασε

την προσοχή του στην ποσότητα της κολλητικής ταινίας, η οποία ήταν κολλημένη στα αντικείμενα, για να προβλέψει τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_5 (πείραμα $\Pi_{1,5}$). Προέβλεψε πως το M_5 θα ισορροπούσε σε ψηλότερη θέση ισορροπίας από το M_4 (το οποίο βυθίστηκε), επειδή η ποσότητα της κολλητικής ταινίας του M_5 ήταν συγκριτικά λιγότερη από την αντίστοιχη του M_4 . Ταυτόχρονα, παραγνώρισε τη διαφορά στη μάζα των δύο αντικειμένων, κάτι που επεσήμανε η E7-ΥΜ δύο φορές. Μετά την επισήμανση της διαφοράς στη μάζα των δύο αντικειμένων, M_4 και M_5 , από την E7-ΥΜ, ο E7-ΥΜ, επέμεινε στην άποψη πως η θέση ισορροπίας του M_5 θα επηρεαζόταν από την κολλητική ταινία που υπήρχε σε αυτό, χωρίς να σχολιάσει τη διαφορά στη μάζα των αντικειμένων M_4 και M_5 . Επικεντρώθηκε μόνο σε ένα χαρακτηριστικό, που διαφοροποιούσε τα αντικείμενα, παραγνωρίζοντας οποιοδήποτε άλλο, συγκεκριμένα τη μάζα, για την οποία δεν έκανε οποιοδήποτε σχόλιο, δεν εξέφρασε οποιαδήποτε άποψη, ακόμα και όταν η συμμαθήτριά του επιχειρηματολόγησε, στηριζόμενη σε αυτή.

E7-ΥΜ: [Κουνάει το M_5 .] *Το M_5 θα πάει λίγο πιο πάνω..., γιατί είναι λίγο πιο λίγη κολλητική ταινία.*

E7-ΥΜ: *Κύριε, εγώ νομίζω ότι θα πάει, θα κολλήσει εντελώς [στον πυθμένα του δοχείου].*

E7-ΥΜ: *Είναι περίπου...*

E7-ΥΜ: *Γιατί είναι πιο βαρύ.*

E: *Σας παρακαλώ να μη μιλάτε σε μένα. Να μιλάτε μεταξύ σας.*

E7-ΥΜ: *Εγώ νομίζω δε θα, δε θα πατήσει εντελώς [=δε θα αγγίζει στον πυθμένα του δοχείου].*

E7-ΥΜ: *Εγώ νομίζω ότι θα πατήσει [=θα αγγίζει στον πυθμένα του δοχείου], γιατί είναι πιο βαρύ και, ...*

E7-ΥΜ: *Όμως έχει πιο λίγη κολλητική ταινία από τα άλλα.*

Στη δεύτερη κατηγορία, εντάχθηκαν οι περιπτώσεις στις οποίες οι μαθητές έκαναν αναφορά σε ανακριβή δεδομένα, ενώ, κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, είχαν τη δυνατότητα να συλλέξουν σχετικά δεδομένα με ακρίβεια. Η κατηγορία αυτή ονομάστηκε «Ανακριβή» (Πίνακας 13). Ως παράδειγμα, σημειώνεται η αναφορά της μαθήτριας $\Delta 11-MX$, κατά το πείραμα $\Pi_{2,1}$, σε διαφορά στο ύψος του αντικειμένου O_3 από το ύψος των πέντε αντικειμένων, που χρησιμοποιήθηκαν κατά το πρώτο μέρος της συνέντευξης. Συγκεκριμένα, δήλωσε «Γιατί μπορεί να είναι διαφορετικά από τα άλλα. Ας πούμε το ύψος, να έχουν και διαφορά.» Υπενθυμίζεται πως το O_3 και τα πέντε αντικείμενα του πρώτου μέρους της συνέντευξης (M_1 , M_2 , M_3 , M_4 και M_5) είχαν ίσες διαστάσεις, κάτι το οποίο η μαθήτρια μπορούσε να διαπιστώσει συγκρίνοντας το ύψος των αντικειμένων, τοποθετώντας τα το ένα δίπλα στο άλλο. Επισημαίνεται πως η μαθήτρια $\Delta 11-MX$ φαίνεται να αναγνώριζε πως η αναφορά της σε διαφορά στο ύψος των αντικειμένων πιθανόν να

ήταν λανθασμένη, αφού χρησιμοποίησε τη λέξη «μπορεί» και τη φράση «ας πούμε.» Στη δεύτερη κατηγορία, εντάχθηκαν, δηλαδή, όλες οι περιπτώσεις στις οποίες γινόταν αναφορά σε δεδομένα, τα οποία οι μαθητές μπορούσαν να εξακριβώσουν, αλλά δεν το έκαναν. Η μη εξακρίβωση των δεδομένων μπορούσε να οφείλεται είτε σε αδυναμία των μαθητών να κατανοήσουν την ανάγκη λήψης και αξιοποίησης δεδομένων με ακρίβεια, είτε στην απουσία ή τη μη αξιοποίηση δεξιοτήτων, οι οποίες ήταν απαραίτητες για την ακριβή λήψη δεδομένων. Σε κάθε περίπτωση, η λήψη των δεδομένων χαρακτηριζόταν από προχειρότητα. Ήταν δεδομένα σχετικά, αλλά, λόγω της ανακρίβειάς τους, δεν ήταν ορθά. Στο παράδειγμα, που παρατέθηκε, η μαθήτρια Δ11-MX δεν κατανόησε την ανάγκη λήψης και αξιοποίησης δεδομένων με ακρίβεια.

Στην τρίτη κατηγορία, εντάχθηκαν οι περιπτώσεις στις οποίες οι μαθητές έκαναν αναφορά σε δεδομένα, τα οποία εμπειρείχαν τη δική τους υποκειμενική εκτίμηση, η οποία, τις περισσότερες φορές, ερχόταν σε αντίθεση προς την αντικειμενική μέτρηση του φυσικού μεγέθους με το κατάλληλο όργανο μέτρησης ή με την αντικειμενική μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους με μη συμβατικές μονάδες μέτρησης. Τις περισσότερες φορές, στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν οι περιπτώσεις στις οποίες οι μαθητές προσπάθησαν να συγκρίνουν τη μάζα δύο ή περισσότερων αντικειμένων κρατώντας τα στα χέρια τους, παραγνωρίζοντας την αριθμητική ένδειξη, που ήταν σημειωμένη σε αυτά και υποδηλούσε τη μάζα του αντικειμένου. Όπως είχε εξηγηθεί από την αρχή της συνέντευξης, η αριθμητική ένδειξη αντιπροσώπευε τη μάζα (σε γραμμάρια) κάθε αντικειμένου. Η μέτρηση αυτή έγινε με ζυγαριά, κάτι το οποίο επίσης εξηγήθηκε στους μαθητές. Η κατηγορία αυτή των δεδομένων ονομάστηκε «Υποκειμενικά» (Πίνακας 13). Η λογική των μαθητών αυτών υστερούσε σε ακρίβεια και αντικειμενικότητα, επειδή επηρεαζόταν αρνητικά από τον έμφυτο εγωκεντρισμό τους (Piaget, 1951, σελ 33).

Το παράδειγμα, που ακολουθεί, παρουσιάζει την προσπάθεια των μαθητών της ομάδας Δ14-MX να προβλέψουν τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_1O_2 στο νερό (πείραμα Π_{3,1}). Παρόλο που οι μάζες των αντικειμένων, στα οποία αναφέρθηκαν ήταν γραμμένες πάνω στα αντικείμενα, και οι δύο μαθητές προσπάθησαν να εκτιμήσουν ποιο, κατά τη γνώμη τους, από τα αντικείμενα του δεύτερου μέρους της συνέντευξης είχε την ίδια μάζα με το M_1O_2 . Για το σκοπό αυτό, έπαιρναν στα χέρια τους και ανακινούσαν το M_1O_2 και τα αντικείμενα O_3 , O_2 , O_4 και O_5 . Αυτό το έκαναν, επειδή είχαν την άποψη πως το M_1O_2 θα ισορροπούσε στην ίδια θέση με ένα από τα αντικείμενα του δεύτερου μέρους της συνέντευξης. Επομένως, αναζητούσαν κάποιο, το οποίο θα είχε ίση μάζα με το M_1O_2 .

Μετά από την απόρριψη των αντικειμένων O_3 , O_2 , και O_4 , και οι δύο μαθητές πήραν στα χέρια τους το O_5 και υποστήριξαν πως το τελευταίο (το O_5) είχε ίση μάζα με το M_1O_2 . Αμέσως μετά, και τα δύο μέλη της ομάδας προέβλεψαν πως το M_1O_2 θα ισορροπούσε στην ίδια θέση με το O_5 . Σε όλη τη διάρκεια του διαλόγου των μαθητών, για την πρόβλεψη της θέσης ισορροπίας του αντικειμένου M_1O_2 , οι μαθητές έδειξαν να είναι επηρεασμένοι από το πώς μεταβάλλεται η θέση ισορροπίας ενός αντικειμένου, ανάλογα με τη μάζα του. Επικέντρωσαν την προσοχή τους στη μεταβλητή μάζα, χωρίς να εξετάσουν τη μεταβλητή όγκος, η οποία διαφοροποιείτο εμφανώς στα αντικείμενα, στα οποία έκαναν αναφορά.

E: *Θα ξεκινήσουμε με το M_1O_2 .*

$\Delta 14-M\bar{X}$: *[Κουνάει το M_1O_2 .]*

$\Delta 14-M\bar{X}$: *Νομίζω όπως αυτό [κουνάει το O_3].*

$\Delta 14-M\bar{X}$: *Νομίζω όπως το O_3 [παίρνει το O_2].*

$\Delta 14-M\bar{X}$: *Είναι λίγο πιο βαρύ το O_3 . Νομίζεις ότι το O_2 θα είναι καλύτερο [=θα τον αισθανόμαστε να έχει ίση μάζα με τον M_1O_2];*

$\Delta 14-M\bar{X}$: *Όχι, είναι πολύ χειρότερο. [Κουνάει το O_4]. Αυτό ακριβώς. [Δίνει το O_4 στην $\Delta 14-M\bar{X}$.]*

$\Delta 14-M\bar{X}$: *[Κουνάει το O_4]. Φέρε, το O_5 νομίζω ότι θα είναι καλύτερο.*

$\Delta 14-M\bar{X}$: *[Παίρνει το O_5 .]*

$\Delta 14-M\bar{X}$: *[Κουνάει το O_5] Να το, ναι, είναι καλύτερο.*

$\Delta 14-M\bar{X}$: *Όπως το O_5 , κύριε.*

$\Delta 14-M\bar{X}$: *Θα είναι όπως το O_5 .*

Στην τέταρτη κατηγορία, εντάχθηκαν τα επιχειρήματα μαθητών τα οποία στηρίζονταν σε αριθμό αντικειμενικών και υποκειμενικών δεδομένων. Διευκρινίζεται πως στην κατηγορία αυτή, τα αντικειμενικά δεδομένα δεν ήταν ολοκληρωμένα. Υπήρχαν, δηλαδή, και άλλα αντικειμενικά δεδομένα στη διάθεση των μαθητών, τα οποία, αν λαμβάνονταν υπόψη, θα διαφοροποιούσαν το επιχείρημα ή / και την πρόβλεψή τους. Ως υποκειμενικά δεδομένα χαρακτηρίστηκαν τα δεδομένα τα οποία εμπειρείχαν την υποκειμενική κρίση των μαθητών. Ήταν, δηλαδή, δεδομένα τα οποία οι μαθητές συνέλεξαν χωρίς ορθή επιστημονικά μέτρηση, όπως, για παράδειγμα, σύγκριση ενός φυσικού μεγέθους με συμβατικές ή μη συμβατικές μονάδες μέτρησης. Στην πλειοψηφία τους, τα δεδομένα αυτά αποτελούσαν πρόχειρες εκτιμήσεις για τη διαφορά δύο ή περισσότερων αντικειμένων ως προς κάποιο φυσικό μέγεθος (μάζα ή όγκο). Η κατηγορία αυτή ονομάστηκε «Μερικά Αντικειμενικά και Υποκειμενικά μαζί» (Πίνακας 13). Ένα παράδειγμα επιχειρήματος, το οποίο εντάχθηκε στην τέταρτη κατηγορία, αφορά το επιχείρημα με το οποίο ο μαθητής $\Delta 3-\underline{Y}M$ υποστήριξε την πρόβλεψή του για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_1O_2 στο αλατόνερο (πείραμα $\Pi_{4,1}$). Ο μαθητής επεσήμανε ορθά πως το M_1O_2 ήταν μικρότερο από το M_1 (αντικειμενικό δεδομένο), αλλά η αναφορά

του στη διαφορά μάζας των δύο αντικειμένων ήταν εσφαλμένη, αφού τα δύο αντικείμενα είχαν ίσες μάζες. Ο μαθητής, μόλις είχε ξεκινήσει η συζήτηση, πήρε στα χέρια του τα δύο αντικείμενα (M_1 και M_1O_2) και προσπάθησε να κάνει μια εκτίμηση για το αντικείμενο που είχε τη μεγαλύτερη μάζα, χρησιμοποιώντας τα χέρια του (υποκειμενικό δεδομένο). Επιπρόσθετα, χρησιμοποίησε ακόμη ένα αντικειμενικό δεδομένο, που αφορούσε τη θέση ισορροπίας του M_1 (το οποίο ισορροπούσε στην ψηλότερη θέση από τα 5 αντικείμενα του πρώτου μέρους της συνέντευξης) στο αλατόνερο. Ο μαθητής διαπίστωσε με πείραμα, το οποίο αποφάσισε να εκτελέσει με δική του πρωτοβουλία, για να προβλέψει τη θέση ισορροπίας του υπό εξέταση αντικειμένου (M_1O_2). Δηλαδή, έδειξε να είναι επηρεασμένος από την υποκειμενική του εκτίμηση για τη διαφορά στη μάζα των δύο αντικειμένων. Την πρόβλεψή του τη βάσισε στην εκτίμησή του για τη διαφορά αυτή. Αντιθέτως, την εμφανή διαφορά στους όγκους των δύο αντικειμένων (το M_1O_2 ήταν μικρότερο από το M_1) την ανέφερε απλά. Για παράδειγμα έκανε αναφορά για «το μικρό,» εννοώντας το M_1O_2 , χωρίς όμως να λαμβάνει υπόψη τη διαφορά αυτή για την πρόβλεψή του. Η πρόβλεψή του μπορούσε να είναι πιο ακριβής, αν χρησιμοποιούσε ως αναφορά τη θέση ισορροπίας του M_1O_2 στο νερό, σε συνδυασμό με τις θέσεις ισορροπίας στα δύο υγρά ενός ή περισσότερων αντικειμένων που επέπλεαν στο νερό (M_1, M_2, M_3, O_5, O_4 ή / και O_3).

$\Delta 3$ -ΥΜ: [Παίρνει το M_1O_2 .] [Παίρνει το M_1 και, μετά από λίγο, το τοποθετεί στο δοχείο με το αλατόνερο.] *Θα πάει λίγο πιο κάτω από το M_1 .*

$\Delta 3$ -ΥΜ: *Εγώ λέω ότι θα πάει εντελώς κάτω.*

$\Delta 3$ -ΥΜ: *Γιατί έχει το πιο μικρό μέγεθος.*

$\Delta 3$ -ΥΜ: *Εγώ λέω ότι θα πάει εντελώς κάτω.*

Ε: Ωραία. Μπορείτε να διαφωνείτε. Γίνεται να μη συμφωνήσετε, αλλά πείτε και το λόγο και μετά να το βάλουμε μέσα στο αλατόνερο.

$\Delta 3$ -ΥΜ: *Ε, γιατί το μικρό [M_1O_2] είναι πιο βαρύ και θα πάει εδώ. Κάπου εδώ.*

Ε: Άρα θα φαίνεται το στρογγυλό τμήμα από το καπάκι μόνο.

$\Delta 3$ -ΥΜ: *Ναι*

$\Delta 3$ -ΥΜ: *Εγώ λέω ότι έχει πιο πολύ βάρος και θα πάει πιο κάτω.*

Ε: Ωραία. Τελειώσαμε;

$\Delta 3$ -ΥΜ και $\Delta 3$ -ΥΜ: *Ναι.*

Στην πέμπτη κατηγορία, περιλήφθηκαν τα επιχειρήματα των μαθητών, τα οποία στηρίχθηκαν στο σύνολο των σχετικών για την πρόβλεψη αντικειμενικών δεδομένων, αλλά και σε υποκειμενικά δεδομένα. Η κατηγορία αυτή των δεδομένων ονομάστηκε «Ολοκληρωμένα Αντικειμενικά και Υποκειμενικά μαζί» (Πίνακας 13). Ως παράδειγμα, σημειώνεται η πρόβλεψη της θέσης ισορροπίας του αντικειμένου M_2O_4 στο νερό (πείραμα $\Pi_{3,2}$) του μαθητή $\Delta 6$ -ΥΜ. Στο απόσπασμα από τη συνέντευξη με την ομάδα $\Delta 6$ -ΥΜ, είναι

έκδηλη η προσπάθεια του Δ6-ΥΜ να προβλέψει στηριζόμενος στην προσωπική του εκτίμηση για τη σχέση που είχαν οι μάζες των αντικειμένων M_2 και M_2O_4 , ενώ παράλληλα συνέλεξε ή έκανε αναφορά σε όλα τα σχετικά, για ορθή πρόβλεψη, αντικειμενικά δεδομένα. Στην αρχή του αποσπάσματος, ο Δ6-ΥΜ επιχείρησε πρόβλεψη στηριζόμενος μόνο σε ένα υποκειμενικό δεδομένο, που αφορούσε την εκτίμηση που έκανε για τη μάζα του υπό εξέταση αντικειμένου, όταν το πήρε στα χέρια του, χωρίς να την αντιπαραβάλει με τη μάζα οποιουδήποτε άλλου αντικειμένου. Στη συνέχεια, έστρεψε την προσοχή του στη μάζα του αντικειμένου (αντικειμενικό δεδομένο). Αμέσως μετά, τοποθέτησε το M_2 στο νερό (αντικειμενικό δεδομένο) και έκανε αναφορά στη διαφορά στον όγκο που τα δύο αντικείμενα είχαν (αντικειμενικό δεδομένο). Έπειτα, πήρε ξανά στα χέρια του το υπό εξέταση αντικείμενο δύο φορές (υποκειμενικό δεδομένο), προσπαθώντας να εκτιμήσει τη μάζα του (υποκειμενικό δεδομένο), και ανέφερε την ίδια πρόβλεψη. Στο τέλος της συζήτησης, όταν κλήθηκε να στηρίξει την πρόβλεψή του, έκανε αναφορά τόσο στη διαφορά στους όγκους των δύο αντικειμένων (αντικειμενικό δεδομένο), όσο και στη διαφορά στις μάζες (υποκειμενικό δεδομένο), την οποία εκτίμησε λανθασμένα, αφού τα δύο αντικείμενα είχαν ίσες μάζες. Επομένως δεν ήταν σε θέση να διακρίνει πότε κάποιο δεδομένο είναι αντικειμενικό και επομένως έγκυρο, και πότε υποκειμενικό και επομένως αμφισβητήσιμο.

Δ6-ΥΜ: [Παίρνει το M_2O_4 .] *Εγώ, Δ6-ΥΜ, [προβλέπω ότι θα είναι] έτσι μισό, μισό καπάκι [ψηλότερα].*

Δ6-ΥΜ: [Παίρνει στα χέρια της τα M_2O_4 και M_2 και προσπαθεί να συγκρίνει τη μάζα τους].

Δ6-ΥΜ: *Το M_2O_4 , πόσο είναι αυτό; 85; 70. [Τοποθετεί το M_2 στο νερό]. Αυτό που πήγε είναι πιο μεγάλο; Ναι.*

Δ6-ΥΜ: *Ναι.*

Δ6-ΥΜ: [Παίρνει το M_2O_4 .] *Σημαίνει, κύριε, θα έρθει εδώ.*

Δ6-ΥΜ: [Παίρνει το M_2O_4 .] *Θα έρθει λίγο πιο ψηλά από εδώ.*

Δ6-ΥΜ: [Παίρνει το M_2O_4 .] *Αυτό θα έρθει λίγο πιο ψηλά, κύριε, ε, Δ6-ΥΜ.*

Δ6-ΥΜ: [Παίρνει ξανά στα χέρια της τα M_2O_4 και M_2 και προσπαθεί να συγκρίνει τη μάζα τους.] *Ε, λίγο πιο ψηλά από αυτό [δείχνει το M_2].*

E: *Δείξετε έξω από το δοχείο.*

Δ6-ΥΜ: *Έτσι, κύριε, λίγο πιο πάνω [από το M_2]. Ίσα με την πέννα [= όσο είναι το πάχος μιας πέννας ψηλότερα].*

E: *Για ποιο λόγο;*

Δ6-ΥΜ: *Ε, επειδή, κύριε... επειδή αυτό, κύριε είναι πιο ψηλό, είναι πιο ελαφ., βαρύ και θα είναι έτσι.*

E: *Άρα μια πέννα πάνω από το M_2 .*

Δ6-ΥΜ: *Ναι.*

Η έκτη κατηγορία αφορά τα επιχειρήματα στα οποία οι μαθητές χρησιμοποιούσαν μόνο αντικειμενικά δεδομένα, όμως δε χρησιμοποιούσαν όλα τα σχετικά για την

πρόβλεψη αντικειμενικά δεδομένα. Η μη συμπερίληψη όλων των σχετικών με την πρόβλεψη αντικειμενικών δεδομένων συνιστά αδυναμία των μαθητών να αναζητήσουν, να εντοπίσουν και να αναγνωρίσουν το σύνολο των διαθέσιμων, σχετικών δεδομένων. Συνιστά επίσης αδυναμία των μαθητών να διαπιστώσουν πως αξιοποιούν μόνο μερικά από τα διαθέσιμα, σχετικά δεδομένα, τα οποία όμως δεν είναι ολοκληρωμένα. Μπορεί, παράλληλα να συνιστά και αδυναμία των μαθητών να διαχειριστούν μεγάλο αριθμό δεδομένων, με αποτέλεσμα να ωθούνται σε πρόβλεψη με μικρότερο αριθμό δεδομένων. Δηλαδή, κάποιοι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να διαχειρίζονται περιορισμένο αριθμό δεδομένων. Πέρα από τον αριθμό αυτό, οι μαθητές αυτοί, αδυνατούν να χειριστούν επιπρόσθετα δεδομένα, με αποτέλεσμα να καταλήγουν σε πρόβλεψη με τον αριθμό των δεδομένων, που μπορούν να διαχειριστούν. Η συμπερίληψη, όμως, μόνο αντικειμενικών δεδομένων και, ιδιαίτερα, η μη συμπερίληψη οποιουδήποτε άλλου είδους μη αντικειμενικών δεδομένων, συνιστά επιτυχή διαφοροποίηση των μαθητών αυτών από τους μαθητές των οποίων τα επιχειρήματα εντάχθηκαν στις προηγούμενες πέντε κατηγορίες (κατηγορίες 1, 2, 3, 4 και 5, Πίνακας 13).

Η έκτη κατηγορία δεδομένων διαφέρει από την τέταρτη κατηγορία στη μη συμπερίληψη υποκειμενικών δεδομένων. Ονομάστηκε «Μερικά Αντικειμενικά» (Πίνακας 13). Το απόσπασμα, από τη συζήτηση που έγινε με το μαθητή E12-MX και τη μαθήτριά E12-MX για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_4O_1 στο αλατόνερο (πείραμα Π_{4,3}), αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας. Και οι δύο χρησιμοποίησαν μόνο αντικειμενικά δεδομένα, για να προβλέψουν τη θέση ισορροπίας του M_4O_1 στο νερό (το οποίο βυθιζόταν, ακουμπώντας στον πυθμένα του δοχείου) και τις διαφορές στις θέσεις ισορροπίας των αντικειμένων M_1O_2 και M_2O_4 στο νερό και στο αλατόνερο (και τα δύο επέπλεαν, ισορροπούσαν στο αλατόνερο λίγο ψηλότερα από τη θέση στην οποία ισορροπούσαν στο νερό). Συγκεκριμένα η E12-MX ανέφερε «Αυτά [Δείχνει τα M_1O_2 και M_2O_4], όπως είδαμε, πηγαινάν πιο πάνω...» Αν και στο αρχικό στάδιο της συζήτησης η E12-MX προέβλεψε πως το M_4O_1 θα βυθιζόταν, ακουμπώντας τον πυθμένα του δοχείου, την πρόβλεψή της αυτή, που ήταν ορθή, δε στήριξε σε κάποιο αντικειμενικό δεδομένο. Αυτό θα μπορούσε, για παράδειγμα, να ήταν η θέση ισορροπίας του M_4 στο αλατόνερο, δεδομένο το οποίο δεν είχε εντοπιστεί μέχρι τη στιγμή που έγινε η αναφορά, αλλά που η μαθήτριά είχε τη δυνατότητα να εντοπίσει, αν το επέλεγε. Τελικά και η E12-MX συμφώνησε με την πρόβλεψη του E12-MX, χρησιμοποιώντας όπως και η άλλη μαθήτριά, μόνο αντικειμενικά, αλλά όχι ολοκληρωμένα, δεδομένα.

E12-MX: Ένα λεπτό να δω.
 E12-MX: Βάλε το μέσα.
 E12-MX: [Τοποθετεί το M_4O_1 στο δοχείο με το νερό.] Αυτό πέφτει εδώ [=στον πυθμένα του δοχείου].
 E12-MX: Πέφτει εδώ.
 E12-MX: Σημαίνει.
 E12-MX: Άρα θα μείνει... εκεί [και το M_4O_1];
 E12-MX: Όχι.
 E12-MX: Το βρήκα! Το βρήκα!
 E12-MX: Ως εδώ, θα είναι αυτό, και από κάτω θα έχει περισσότερο νερό [=λίγο ψηλότερα από τον πυθμένα του δοχείου].
 E12-MX: Όχι, όχι, όχι, όχι, όχι.
 E12-MX: Πες κι εσύ μια γνώμη, για να...
 E12-MX: Εγώ νομίζω, κύριε, ότι θα πάει κάτω.
 E12-MX: Άλλη.
 E12-MX: Όπως εδώ.
 E12-MX: Εγώ λέω ότι θα έχει περισσότερο νερό από κάτω.
 [Μη σχετική με το πείραμα συζήτηση.]
 E: Θέλετε να κάνετε κάποια άλλη σκέψη ή έχετε τελειώσει;
 E12-MX: Ναι, θα κάνουμε άλλη σκέψη.
 E: Αν θέλετε.
 E12-MX: Αυτά [Δείχνει τα M_1O_2 και M_2O_4], όπως είδαμε, πήγαιναν πιο πάνω... αυτό [το M_4O_1] μπορεί να πάει λίγο πιο πάνω, περίπου. Κύριε, μπορεί να...
 E12-MX: Δεν πρέπει να βιάζεται ο επιστήμονας.
 E12-MX: Ένα περίπου εδώ, κύριε... έτσι, εδώ.
 E12-MX: Ναι, ναι, συμφωνώ. Ένα περίπου, ένα εκατοστό.
 E12-MX: Διαφορά.
 E12-MX: Διαφορά από αυτό.
 E12-MX: Δηλαδή πιο ψηλά.
 E: Εδώ, στο νερό ακουμπάει κάτω [στον πυθμένα]. Εκεί [στο αλατόνερο] θα είναι ένα εκατοστόμετρο πιο ψηλά;
 E12-MX: Ναι.
 E12-MX: Η 2-3 [εκατοστόμετρα].
 E: Τελειώσατε;
 E12-MX: Ναι.
 E12-MX: Ναι.

Στην έβδομη και τελευταία κατηγορία δεδομένων εντάχθηκαν τα επιχειρήματα των μαθητών, τα οποία στηρίχθηκαν σε επαρκή δεδομένα, τα οποία ήταν αντικειμενικά. Η κατηγορία αυτή των δεδομένων ονομάστηκε «Ολοκληρωμένα Αντικειμενικά» (Πίνακας 13). Στη διάθεση των μαθητών ενδεχομένως να υπήρχαν και άλλα αντικειμενικά δεδομένα. Όμως η χρήση επιπρόσθετων σχετικών αντικειμενικών δεδομένων δε θα επηρέαζε την πρόβλεψη, ούτε θα την έκανε πιο ακριβή. Μπορούσαν να αξιοποιηθούν και αυτά είτε ως επιβεβαιωτικά, είτε ως εναλλακτικά, προς τα δεδομένα που οι μαθητές είχαν αξιοποιήσει, για να προβλέψουν. Τα επιχειρήματα, που εντάχθηκαν στην κατηγορία αυτή, αναφορικά με το είδος των δεδομένων στα οποία στηρίζονταν, συνιστούν την

ποιοτικότερη κατηγορία δεδομένων του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας. Ανάλογα με το πείραμα, και για να χαρακτηριστούν ως ολοκληρωμένα και να ενταχθούν στην έβδομη κατηγορία, τα δεδομένα μπορούσαν να διαφέρουν πολύ. Υπήρξαν πειράματα, για τα οποία τα απαραίτητα δεδομένα ήταν λίγα και ήδη διαθέσιμα στους μαθητές από προηγούμενα πειράματα, ενώ υπήρξαν και πειράματα για τα οποία τα απαραίτητα δεδομένα ήταν πολλά. Από αυτά άλλα ήδη διαθέσιμα και άλλα τα οποία οι μαθητές έπρεπε να συλλέξουν, πραγματοποιώντας οι ίδιοι κάποια επιπρόσθετα πειράματα, μετά από δική τους σκέψη και πρωτοβουλία. Ακολουθούν στη συνέχεια δύο αποσπάσματα, ένα από το κάθε είδος.

Στο πρώτο απόσπασμα, ο μαθητής Δ8-MX προέβλεψε πως το αντικείμενο M_1 (πείραμα Π_{1,3}) επιπλέει ψηλότερα από το M_2 , επειδή έχει λιγότερη μάζα. Αξιοποίησε, δηλαδή, όλα τα διαθέσιμα σχετικά αντικειμενικά δεδομένα, όπως τη διαφορά στις μάζες του M_1 από τα υπόλοιπα αντικείμενα του πρώτου μέρους της συνέντευξης και τη θέση ισορροπίας του M_2 (δεδομένου ότι είχαν τον ίδιο όγκο). Θα μπορούσε, επιπρόσθετα, να κάνει αναφορά στη διαφορά στη μάζα και στη διαφορά στη θέση ισορροπίας των αντικειμένων M_3 και M_2 . Αν το έκανε αυτό, η πρόβλεψή του δε θα έπρεπε να διαφοροποιηθεί, ούτε θα γινόταν πιο ακριβής.

E: Για να δούμε για το M_1 . Θα το βρείτε πού θα ισορροπήσει κι αυτό;

Δ8-MX: [Κουνάει το M_1 .] Νομίζω ότι θα βγει και πιο πάνω ακόμα.

Δ8-MX: Ναι.

Δ8-MX: Και μπορεί και να επιπλέει. Θα βγει πιο πάνω, ε, ελάχιστο θα αγγίζει μέσα στο νερό.

E: Δεν είμαι εδώ. Μεταξύ σας μιλάτε.

Δ8-MX: Το M_1 θα είναι πιο πάνω από, από το M_2 . Θα είναι πιο πάνω. Δε θα, θα είναι έξω από τη...

Δ8-MX: Ναι.

E: Και για ποιο λόγο να πείτε.

Δ8-MX: Γιατί είναι πιο ελαφρύ από τα άλλα. Συμφωνείς;

Δ8-MX: Ναι.

Το δεύτερο απόσπασμα, προέρχεται από τη συζήτηση των μαθητών της ομάδας Δ10-MX για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_2O_4 στο αλατόνερο (πείραμα Π_{4,2}). Αρχικά, τα μέλη της ομάδας επέλεξαν να πειραματιστούν με το M_2 , που είχε ίση μάζα με το υπό διερεύνηση αντικείμενο (M_2O_4), αλλά μικρότερο όγκο. Τοποθέτησαν το M_2 τόσο στο νερό, όσο και στο αλατόνερο και παρατήρησαν ότι το M_2 ισορροπούσε σε διαφορετική θέση στα δύο υγρά. Η διαφορά στη θέση ισορροπίας του αντικειμένου στα υγρά, μετρήθηκε χρησιμοποιώντας το καπάκι του αντικειμένου ως μη συμβατική μονάδα μέτρησης του ύψους στο οποίο το αντικείμενο ισορροπούσε πάνω από τη στάθμη των δύο υγρών. Η χρήση μη συμβατικής μονάδας μέτρησης φάνηκε να δυσκολεύει τους μαθητές,

αφού δεν μπορούσαν να καταλήξουν με βεβαιότητα αν το ύψος πάνω από τη στάθμη των δύο υγρών ήταν «1.5 καπάκι» ή «1 και κάτι.» Έπειτα τοποθέτησαν το M_2O_4 στο νερό και σημείωσαν τη θέση ισορροπίας του. Στη συνέχεια πραγματοποίησαν ξανά τα πειράματα με το M_2 και σημείωσαν και πάλι τη διαφορά στη θέση ισορροπίας του στα δύο υγρά, σε μια προσπάθεια να υπερβούν τη δυσκολία που αντιμετώπισαν. Στο τέλος, πριν οριστικοποιήσουν την πρόβλεψή τους, ο Δ10-MX ανέφερε τη διαφορά στη θέση ισορροπίας του M_1O_2 στα δύο υγρά (του αντικειμένου που χρησιμοποιήθηκε στο προηγούμενο πείραμα) και σημείωσε πως αυτή ήταν ίση με τη διαφορά στη θέση ισορροπίας του M_2 στα δύο υγρά. Οι μαθητές, επομένως, αξιοποίησαν όλα τα αντικειμενικά δεδομένα. Η αξιοποίηση δεδομένων στην επιχειρηματολογία τους θα μπορούσε να ενταχθεί στην έβδομη κατηγορία και με λιγότερα δεδομένα. Για παράδειγμα, ακόμα και αν δε γινόταν η σύγκριση ανάμεσα στις διαφορές στη θέση ισορροπίας των αντικειμένων M_2 και M_2O_4 στα δύο υγρά, η πρόβλεψή τους θα ήταν η ίδια. Θα εντασσόταν, επίσης, στην έβδομη κατηγορία, αν επέλεγαν να εκτελέσουν και άλλα πειράματα με αντικείμενα που επέπλεαν (M_1 , M_3 , O_5 , O_4 ή / και O_3) και να σημειώσουν τη διαφορά στη θέση ισορροπίας των αντικειμένων αυτών στα δύο υγρά.

- Δ10-MX: [Παίρνει το M_2O_4 .] *Χμ.*
 Δ10-MX: *Φέρε το άλλο [δείχνει το M_2] να σκεφτούμε έτσι, όπως σκεφτήκαμε [στο προηγούμενο πείραμα].*
 Δ10-MX: *Βάλε το στο αλάτι [= αλατόνερο] πρώτα.*
 Δ10-MX: *Ποιο είναι το παλιό;*
 E: *Το παλιό, της πρώτης ομάδας, είναι αυτό [= M_2].*
 Δ10-MX: *Έλα να το ρίζουμε, κύριε [Ρίχνει το M_2 στο νερό]. Μας έδειξε; Κύριε, αυτά πόσα είναι;*
 E: *Εσείς να πείτε.*
 Δ10-MX: *1.5 καπάκι.*
 Δ10-MX: *Ναι.*
 Δ10-MX: *1.5. Να το ρίζουμε, κύριε, αυτό και στην άλλη [Ρίχνει το M_2 στο αλατόνερο]. 1.5 [στο νερό], κύριε, εδώ πόσα είναι; 1.5;*
 Δ10-MX: *Όχι.*
 E: *Άστε το να σταματήσει.*
 Δ10-MX: *2. Όχι, 1 και κάτι.*
 Δ10-MX: *1.5. 1.5 κύριε.*
 E: *Περιμένω να πείτε τι προβλέπετε για το M_2O_4 .*
 Δ10-MX: *1.5. Όχι, κύριε, εννοώ αυτό είναι 1.5;*
 E: *Εγώ δεν είμαι εδώ.*
 Δ10-MX: *[Γελάει].*
 Δ10-MX: *Άιντε, κύριε. 1.5 [Ρίχνει το M_2 στο νερό].*
 Δ10-MX: *Εδώ πρέπει να είναι 1... 1.5 και κάτι.*
 Δ10-MX: *1.5 απ' εδώ, 1 και κάτι. Εδώ να ρίζουμε [Ρίχνει το M_2O_4 στο νερό].*
 Δ10-MX: *Όχι, έχει πολλή διαφορά.*

Δ10-ΜΧ: Έχει 3 καπάκια, κύριε, είναι αυτό.
 Δ10-ΜΧ: Όχι 3 καπάκια.
 Δ10-ΜΧ: 3.
 Δ10-ΜΧ: 2.5.
 [Συζητούν το ύψος στο οποίο ισορροπεί το M_2O_4 στο νερό χρησιμοποιώντας μη συμβατικές μονάδες μέτρησης (καπάκι αντικειμένου).]
 Δ10-ΜΧ: [Ρίχνει το M_2 στο νερό.] Αυτό ένα και κάτι. [Ρίχνει το M_2 στο αλατόνερο]. Εδώ βρίσκει 1.5.
 Δ10-ΜΧ: Έχεις δίκαιο.
 Δ10-ΜΧ: 1.5. [Ρίχνει το M_2O_4 στο νερό.] Εδώ θα είναι 3 και κάτι εδώ [προβλέπει τη θέση ισορροπίας του M_2O_4 στο αλατόνερο].
 Δ10-ΜΧ: Ναι.
 Δ10-ΜΧ: 3 και κάτι, κύριε.
 Δ10-ΜΧ: Δύο λεπτά, περίμενε, μην το ρίξεις.
 Δ10-ΜΧ: 3 και κάτι, κύριε.
 Δ10-ΜΧ: Όχι, λίγο πιο κάτω. 3 νομίζω.
 Δ10-ΜΧ: Όχι, 3 και κάτι. Δες το εδώ, ρε.
 Δ10-ΜΧ: Πόσο ήρθε;
 Δ10-ΜΧ: Δες το εδώ [αναφέρεται στη θέση ισορροπίας του M_2O_4 στο νερό], 3.
 Δ10-ΜΧ: Κύριε, κάτι παρατήρησα τώρα. Το αλάτι σήκωνε το..., μισό [καπάκι] πιο πάνω.
 Ε: Ποιο;
 Δ10-ΜΧ: Το αλάτι, ε, ...
 Ε: Ποιο πράγμα σήκωνε;
 Δ10-ΜΧ: Σήκωνε τα παρα., το [δείχνει το M_2 και το M_1O_2].
 Δ10-ΜΧ: Εδώ πόσο βρήκαμε; 3 [αναφέρεται στη θέση ισορροπίας του M_2O_4 στο νερό]. Εδώ τρ., τέσ., 3.5, κύριε εδώ [προβλέπει τη θέση ισορροπίας του M_2O_4 στο αλατόνερο].
 Δ10-ΜΧ: Συμφωνώ.
 Δ10-ΜΧ: 3.5.
 Ε: Τελειώσατε;
 Δ10-ΜΧ: Ναι.
 Ε: Είστε σίγουροι;
 Δ10-ΜΧ: Ναι.

Κατηγοριοποίηση Δικαιολογητικών Επιχειρημάτων Επιπέδου 2:

Κάθε επιχείρημα του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11) κατατάχθηκε, ακολούθως, και σε μια δεύτερη κατηγορία, ανάλογα με τον τρόπο αξιοποίησης των σχετικών με την πρόβλεψη της θέσης ισορροπίας ενός αντικειμένου δικαιολογητικών. Σχηματίστηκαν δεκατέσσερις κατηγορίες, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 14. Μέσα από τη σταθερή συγκριτική μέθοδο ανάλυσης (Glaser, 1965· Valanides, 2010), και με γνώμονα τη διάκριση των δικαιολογητικών ανάλογα με την ποιότητά τους, προέκυψε πως τα δικαιολογητικά, που χρησιμοποιήθηκαν

Πίνακας 14

Χαρακτηριστικά Κατηγοριών Δικαιολογητικών

Κατηγορία		1 ^α	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Φύση	Μη Εγκαθιδρυμένο															
	Χωρίς δυνατότητα εγκαθίδρυσης												*			
	Με δυνατότητα εγκαθίδρυσης				^ β					*	^	^			*	
	Εγκαθιδρυμένο		* β	+ β	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Αξιοποίηση	Αγνοεί			+	+				*		*	^	*			
	Μη αξιολογήσιμο γ				^					*		^	*	*		
	Λανθασμένο		*	*	*	*										
	Αδυνατεί να αξιοποιήσει						*									
	Υποβαθμίζει							*								
	Σωστό						+	+	+	+	+	+	+			+

Σημείωση:

α: Στην κατηγορία 1 εντάχθηκαν τα επιχειρήματα στα οποία δεν αναφέρθηκαν καθόλου δικαιολογητικά.

β: Κάθε σύμβολο (+, * και ^) αντιπροσωπεύει διαφορετικό είδος δικαιολογητικού.

γ: Τα μη εγκαθιδρυμένα δικαιολογητικά, όταν λαμβάνονταν υπόψη, δεν κρίνονταν ως προς την ποιότητα της αξιοποίησής τους, επειδή δεν είχαν εγκαθιδρυθεί.

από τους μαθητές, μπορούσαν να αξιολογηθούν υπό δύο οπτικές γωνίες, τη φύση τους και τον τρόπο αξιοποίησής τους από τους μαθητές. Διευκρινίζεται πως στον Πίνακα 14, κάθε σύμβολο, «+», «*» ή «^» μπορεί να αντιπροσωπεύει ένα ή περισσότερα δικαιολογητικά. Αυτό έγινε, επειδή κάθε κατηγορία σχηματίστηκε με κριτήριο το είδος των χαρακτηριστικών των δικαιολογητικών που χρησιμοποιούνταν σε κάθε επιχείρημα, ανεξάρτητα από τον αριθμό τους, επειδή, όπως αναφέρεται και στο σκοπό της παρούσας ερευνητικής εργασίας, ζητούμενο είναι η καταγραφή των χαρακτηριστικών και της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών.

Ως προς τη φύση τους, τα δικαιολογητικά μπορούσαν να ενταχθούν σε δύο κατηγορίες, τα εγκαθιδρυμένα και τα μη εγκαθιδρυμένα. Ως εγκαθιδρυμένα χαρακτηρίζονταν τα δικαιολογητικά, όταν μπορούσαν να προκύψουν από ένα τουλάχιστον σχετικό πείραμα, που είχε εκτελεστεί, είτε σε προηγούμενο στάδιο της συνέντευξης, είτε στο ίδιο στάδιο, μετά από πρόταση των μαθητών. Ως μη εγκαθιδρυμένα χαρακτηρίζονταν τα δικαιολογητικά, όταν αποτελούσαν προσωπικές θεωρίες – υποθέσεις των μαθητών, οι οποίες δε στηρίζονταν σε οποιοδήποτε δεδομένο από τα πειράματα που είχαν εκτελεστεί μέχρι εκείνο το σημείο κατά τη διάρκεια της συνέντευξης. Τα μη εγκαθιδρυμένα

αποτελούνταν από δύο υποκατηγορίες: α) όσα μπορούσαν να εγκαθιδρυθούν τη στιγμή που αναφέρονταν, μέσα από κατάλληλο, επιπρόσθετο πείραμα, το οποίο οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να προτείνουν και να εκτελέσουν, αλλά δεν το πρότειναν, ούτε το εκτέλεσαν και β) όσα δεν μπορούσαν να εγκαθιδρυθούν, λόγω απουσίας δεδομένων. Η απουσία δεδομένων οφειλόταν στους περιορισμούς της συνέντευξης και, πιο συγκεκριμένα, στην προκαθορισμένη σειρά με την οποία τα αντικείμενα τοποθετούνταν στο υγρό ή την έλλειψη σχετικών υλικών.

Ως προς τον τρόπο αξιοποίησής τους, τα δικαιολογητικά μπορούσαν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: σε όσα οι μαθητές αγνοούσαν και σε όσα λάμβαναν υπόψη. Η δεύτερη κατηγορία αποτελείται από πέντε υποκατηγορίες: α) Οι μαθητές μπορούσαν να λάβουν υπόψη τους κάποιο δικαιολογητικό, αλλά να το αξιοποιήσουν λανθασμένα, είτε επειδή δεν το θυμούνταν ορθά, είτε επειδή είχαν καταλήξει σε λανθασμένο δικαιολογητικό. Δηλαδή, άλλο δικαιολογητικό προέκυπτε από τα δεδομένα και άλλο οι μαθητές ανέφεραν ή υποστήριζαν ότι ίσχυε. Διευκρινίζεται πως οι μαθητές δεν είχαν τη δυνατότητα να καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους μετά την εκτέλεση του κάθε πειράματος. Όμως, γινόταν σαφές σε αυτούς πως είχαν τη δυνατότητα να επαναλάβουν κάποιο πείραμα, αν σε κάποιο στάδιο της συνέντευξης έκριναν απαραίτητο να το επαναλάβουν, είτε επειδή δε θυμούνταν το αποτέλεσμα του, είτε για οποιοδήποτε άλλο λόγο. Είχαν, για το σκοπό αυτό, δίπλα τους όλα τα αντικείμενα που είχαν χρησιμοποιηθεί σε όλα τα προηγούμενα πειράματα και διευκρινιζόταν από τον ερευνητή πως είχαν τη δυνατότητα να επαναλαμβάνουν οποιοδήποτε πείραμα επιθυμούσαν, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή αυτά ήθελαν. β) Οι μαθητές έκαναν αναφορά σε κάποιο δικαιολογητικό, όμως δεν το λάμβαναν καθόλου υπόψη στην αιτιολόγησή τους. Αξιοποιούσαν, αντί αυτού, κάποιο άλλο. Φάνηκαν, επομένως, αδύνατοι να αξιοποιήσουν κάποιο δικαιολογητικό, ενώ, ταυτόχρονα, έμεναν προσκολλημένοι σε κάποιο άλλο. γ) Οι μαθητές, αν και ανέφεραν κάποιο δικαιολογητικό, εντούτοις θεωρούσαν πως αυτό είχε μικρότερη συνεισφορά στο αποτέλεσμα του πειράματος από κάποιο άλλο δικαιολογητικό. Επομένως το «υποβάθμιζαν.» δ) Οι μαθητές αξιοποιούσαν ορθά το δικαιολογητικό. ε) Οι μαθητές αγνοούσαν ή λάμβαναν υπόψη κάποιο μη εγκαθιδρυμένο δικαιολογητικό, ανεξάρτητα από το αν είχαν τη δυνατότητα και τα μέσα να το εγκαθιδρύσουν ή όχι. Προτιμήθηκε να μην ενταχθούν σε μια από τις προηγούμενες τέσσερις κατηγορίες τα δικαιολογητικά αυτά και να μην αξιολογηθούν ως προς την αξιοποίησή τους, επειδή η ορθότητα των δικαιολογητικών αυτών, όπως φανερώνει και ο χαρακτηρισμός τους, δεν μπορούσε να αξιολογηθεί βάσει ενός ή περισσότερων αποτελεσμάτων σχετικών πειραμάτων.

Στην πρώτη κατηγορία δικαιολογητικών (Πίνακας 14), εντάχθηκαν τα περιστατικά κατά τα οποία οι μαθητές, προσπαθώντας να καταλήξουν στην πρόβλεψή τους, έκαναν αναφορά σε κάποια δεδομένα και προέβλεπαν, αλλά δεν εξηγούσαν το πώς από τα δεδομένα κατέληγαν στην πρόβλεψή τους, αναφέροντας κάποιο δικαιολογητικό. Το επιχείρημα του μαθητή E5-ΥΜ, στο απόσπασμα από τη συνομιλία που ακολουθεί, εντάχθηκε στην κατηγορία αυτή. Αφορά την πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_5O_5 στο νερό (πείραμα Π_{3,4}). Σε αυτό, ο μαθητής E5-ΥΜ προέβλεψε, αρχικά, πως το υπό εξέταση αντικείμενο θα βυθιζόταν, ακουμπώντας στον πυθμένα του δοχείου, κάνοντας αναφορά στη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_4 , το οποίο επίσης βυθιζόταν. Στη συνέχεια, συμφώνησε με την πρόβλεψη του E5-ΥΜ, που υποστήριξε ότι το αντικείμενο θα καλυπτόταν ολόκληρο με νερό, αλλά δε θα ακουμπούσε στον πυθμένα του δοχείου και συμφώνησαν και οι δύο πως θα ισορροπούσε ψηλότερα. Αμέσως μετά, ο E5-ΥΜ εκτέλεσε δύο πειράματα με δική του πρωτοβουλία, τοποθέτησε τα αντικείμενα O_5 και O_3 στο νερό. Όμως δεν ανέφερε ούτε το λόγο που τα τοποθέτησε, ούτε οποιοδήποτε δεδομένο το οποίο συνέλεξε ή συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε από τα πειράματα που εκτέλεσε. Έπειτα, ο ερευνητής κάλεσε τους δύο μαθητές να αιτιολογήσουν την πρόβλεψή τους, κάτι που έκανε μόνο ο E5-ΥΜ. Στη συνέχεια, ο ερευνητής διευκρίνισε πως ο μαθητής E5-ΥΜ αιτιολόγησε την πρόβλεψή του, αλλά ο μαθητής E5-ΥΜ όχι και τον κάλεσε να αιτιολογήσει και εκείνος την πρόβλεψή του. Ο E5-ΥΜ αγνόησε την προτροπή του ερευνητή και εστίασε την προσοχή του και πάλι στην πρόβλεψη, για να διευκρινίσει πως ο ίδιος προέβλεπε πως το M_5O_5 θα ισορροπούσε λίγο πιο ψηλά από τη θέση στην οποία ο E5-ΥΜ προέβλεπε για το ίδιο αντικείμενο. Σε όλη, δηλαδή, τη διάρκεια της συζήτησης για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_5O_5 στο νερό, ο E5-ΥΜ συνέλεξε κάποια δεδομένα, προέβη σε προβλέψεις, αλλά δεν αιτιολόγησε τις προβλέψεις του, παρόλο που κλήθηκε δύο φορές από τον ερευνητή και παρόλο που ο συμμαθητής του αιτιολόγησε τη δική του πρόβλεψη. Η προσοχή του ήταν συνεχώς και αποκλειστικά εστιασμένη στον πρόβλεψη της θέσης ισορροπίας του υπό εξέταση αντικειμένου. Παράλληλα, αγνόησε τις προτροπές του ερευνητή να αιτιολογήσει τη δική του πρόβλεψη και απέφυγε να σχολιάσει ή να τοποθετηθεί απέναντι στην αιτιολόγηση του συμμαθητή του. Δηλαδή, στο επιχείρημά του δεν μπορούσε να διευκρινιστεί ο τρόπος με τον οποίο τα δεδομένα συνδέονταν με τον ισχυρισμό του, ο τρόπος με τον οποίο από τα δεδομένα, κατέληξε στη συγκεκριμένη πρόβλεψη και όχι σε κάποια άλλη. Σημειώνεται πως, το πείραμα Π_{3,4}, από το οποίο είναι παρμένο το απόσπασμα που παρατίθεται, ήταν το δέκατο τέταρτο στη σειρά και πως ο μαθητής E5-ΥΜ είχε αιτιολογήσει τις προβλέψεις του στα

δώδεκα από τα δεκατρία προηγούμενα πειράματα.

E5-ΥΜ: [Προσπαθεί να συγκρίνει τις μάζες των M_5O_5 και M_4 με τα χέρια του.] [Τοποθετεί το M_4 στο νερό.]

E5-ΥΜ: *Κύριε, θα πάει κι αυτό [δείχνει το M_5O_5] κάτω, όπως αυτό [δείχνει το M_4].*

E5-ΥΜ: *Όχι, όχι, όχι.*

E5-ΥΜ: *Όχι, κύριε, κύριε, κύριε.*

E5-ΥΜ: *Θα πάει εδώ, κύριε.*

E5-ΥΜ: *Δε θα πάει εντελώς κάτω.*

E5-ΥΜ: *Δε θα πάει φουλ κάτω, θα πάει πιο πάνω από το κάτω [= τον πυθμένα]. Εγώ είμαι σίγουρος, πάντως. Είπα το λόγο.*

E: *Πείτε και το λόγο.*

E5-ΥΜ: *Επειδή έχει πάρα πολύ αέρα. Ο αέεεερας! Θα πάει πάνω, κύριε, κάπου εδώ [δείχνει το αντικείμενο να βυθίζεται και να απέχει ίση απόσταση από τον πυθμένα του δοχείου και την επιφάνεια του νερού].*

E5-ΥΜ: *Μμ, κι εγώ, κύριε, έτσι. [Τοποθετεί το O_5 στο νερό.] [Τοποθετεί το O_3 στο νερό].*

E5-ΥΜ: *Ε, κάπου εκεί, ρε [δείχνει τη θέση ισορροπίας του O_5], ρε E5-ΥΜ, μα 85 [κάνει αναφορά στη μάζα του O_5]. Κύριε, εδώ.*

E: *Άρα. Πριν έλεγες μέσα στη μέση.*

E5-ΥΜ: *Όχι, εδώ, εδώ. Οπωσδήποτε εδώ [Δείχνει λίγο πιο πάνω από τη μέση του νερού]. Σίγουρα. Δε με νοιάζει.*

E: *Ο E5-ΥΜ τι λέει;*

E5-ΥΜ: *Κι εγώ έτσι πιστεύω.*

E: *Ο E5-ΥΜ είπε το λόγο. Ο E5-ΥΜ;*

E5-ΥΜ: *Τον είπα, κύριε.*

E5-ΥΜ: *Ένα λεπτό, εδώ λες εσύ;*

E5-ΥΜ: *Ναι.*

E: *Όχι, λίγο πιο πάνω είπε ο E5-ΥΜ.*

E5-ΥΜ: *Λίγο πιο πάνω.*

E5-ΥΜ: [Δείχνει.]

E5-ΥΜ: *Πάνω, ρε. Εκεί.*

E5-ΥΜ: *Εγώ πιστεύω ότι θα βγει εδώ πάνω.*

E: *Ο E5-ΥΜ λέει ένα καπάκι κάτω από το νερό [= τη στάθμη του νερού], ο E5-ΥΜ λέει μισό καπάκι κάτω από το νερό [= τη στάθμη του νερού].*

Είστε σίγουροι για την απάντησή σας;

E5-ΥΜ: *Ναι.*

Η δεύτερη κατηγορία δικαιολογητικών στον Πίνακα 14, περιλαμβάνει τα επιχειρήματα στα οποία οι μαθητές αιτιολογούσαν την πρόβλεψή τους, χρησιμοποιώντας ένα ή περισσότερα δικαιολογητικά με λανθασμένο τρόπο. Σύμφωνα με πειράματα, τα οποία είχαν εκτελεσθεί σε κάποια προηγούμενη χρονική στιγμή, από την οποία αναφερόταν το δικαιολογητικό, το δικαιολογητικό που χρησιμοποίησαν οι μαθητές θα έπρεπε να τους οδηγήσει σε μια πρόβλεψη, ενώ αυτοί, αξιοποιώντας το λανθασμένο, οδηγήθηκαν σε διαφορετική πρόβλεψη. Δεν επιχειρήθηκε να γίνει διάκριση αναφορικά με τους λόγους για τους οποίους οι μαθητές αξιοποιούσαν δικαιολογητικά με λανθασμένο

τρόπο κάθε φορά. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η λανθασμένη αξιοποίηση οφειλόταν στο ότι οι μαθητές δεν έκαναν, ή δεν ήταν σε θέση να κάνουν, τους απαραίτητους συλλογισμούς, συνδυάζοντας δεδομένα από δύο τουλάχιστον πειράματα, ώστε να εγκαθιδρύνουν ένα σωστό δικαιολογητικό. Άλλες φορές, οι μαθητές εστίαζαν την προσοχή τους σε διαφορετικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων ή σε διαφορετικά δεδομένα, με αποτέλεσμα να καταλήγουν σε λανθασμένο δικαιολογητικό. Υπήρξαν και οι περιπτώσεις κατά τις οποίες μαθητές απλά ξέχασαν ή αγνόησαν κάποιο δικαιολογητικό, το οποίο είχε εγκαθιδρυθεί προηγουμένως. Στο απόσπασμα από τη συζήτηση με την ομάδα E15-MX, η E15-MX προέβλεψε πως το αντικείμενο M_4 (πείραμα $\Pi_{1,4}$) θα ισορροπούσε σε θέση ψηλότερη από το M_1 (είπε «*πιο πάνω από το M_1* »), επειδή είχε μεγαλύτερη μάζα (είπε «*είναι πιο βαρύ*»). Από τα αποτελέσματα των τριών πειραμάτων, που προηγήθηκαν ($\Pi_{1,1}$, $\Pi_{1,2}$ και $\Pi_{1,3}$) και δεδομένου ότι τα αντικείμενα M_3 , M_2 και M_1 είχαν ίσο όγκο, προέκυπτε πως όσο πιο μικρή είναι η μάζα ενός αντικειμένου, τόσο πιο ψηλή είναι η θέση στην οποία ισορροπεί. Η E15-MX προέβλεψε αξιοποιώντας το δικαιολογητικό με λανθασμένο τρόπο, αναφέροντας ότι όσο πιο μεγάλη είναι η μάζα ενός αντικειμένου, τόσο πιο ψηλή είναι η θέση στην οποία ισορροπεί, αφού το M_1 επέπλεε ψηλότερα από το M_2 και το M_2 ψηλότερα από το M_3 , ενώ το M_1 είχε μικρότερη μάζα από το M_2 και το M_2 μικρότερη μάζα από το M_3 .

E15-MX: *Πιο πάνω από το M_1 .*

E: *Γιατί;*

E15-MX: *Γιατί, ε... πες το.*

E: *Ορίστε;...*

E15-MX: *Κύριε, είναι πιο βαρύ [το M_4] και θα πάει πάνω.*

Στην τρίτη κατηγορία, εντάχθηκαν τα επιχειρήματα στα οποία οι μαθητές αξιοποίησαν ένα ή περισσότερα δικαιολογητικά με λανθασμένο τρόπο και ταυτόχρονα αγνόησαν ένα ή περισσότερα δικαιολογητικά, τα οποία επηρέαζαν τη θέση ισορροπίας του υπό διερεύνηση αντικειμένου. Στη συζήτηση με την ομάδα Δ7-YM, ο Δ7-YM προέβλεψε τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου O_4 (πείραμα $\Pi_{2,4}$) και την αιτιολόγησε εξηγώντας πως το O_4 θα ισορροπούσε ψηλότερα από το O_3 επειδή είχε, από τη μια, μεγαλύτερη μάζα, αλλά είχε, από την άλλη, την ικανότητα να μας «ξεγελάει,» σύμφωνα με τη δική του έκφραση. Ο μαθητής παραγνώρισε το δεδομένο πως τα δύο αντικείμενα είχαν διαφορετικό όγκο, αφού δεν έκανε οποιαδήποτε αναφορά στη διαφορά στους όγκους, το ύψος ή το μέγεθος των δύο αντικειμένων. Επομένως αγνόησε το αντίστοιχο δικαιολογητικό. Ταυτόχρονα, έκανε λανθασμένη αναφορά σε διαφορά στις μάζες των δύο αντικειμένων (υπενθυμίζεται πως τα O_4 και O_3 είχαν ίσες μάζες) και ισχυρίστηκε πως ψηλότερα θα

ισορροπούσε το O_4 , το οποίο είχε μεγαλύτερη μάζα. Χρησιμοποίησε, δηλαδή, το δικαιολογητικό για τη μάζα λανθασμένα, αφού υποστήριξε πως ψηλότερα θα ισορροπούσε το αντικείμενο που ο ίδιος θεωρούσε ότι είχε τη μεγαλύτερη μάζα, ενώ από τα πειράματα, τα οποία είχαν διεξαχθεί στο πρώτο μέρος της συνέντευξης, προέκυπτε το αντίθετο.

$\Delta 7$ - $\underline{Y}\underline{M}$: *Εγώ λέω ότι θα πάει πιο πάνω από το ... O_3 .*

$\Delta 7$ - $\underline{Y}\underline{M}$: [Ρίχνει το M_1 στο νερό.] *Εγώ λέω ότι θα πάει εντελώς πάνω.*

$\Delta 7$ - $\underline{Y}\underline{M}$: *Κι εγώ ότι θα πάει, έτσι είπα, θα πάει, δε θα πάει εντελώς, θα πάει, δώσε μου το να δω, θα πάει περίπου τόσο [δείχνει έξω από το δοχείο το αντικείμενο να ισορροπεί περίπου 2 καπάκια ψηλότερα από τη στάθμη του νερού].*

$\Delta 7$ - $\underline{Y}\underline{M}$: *Ε, κι εγώ περίπου τόσο σαν το, όχι, όχι. Μπορεί να πάει τόσο [δείχνει έξω από το δοχείο το αντικείμενο να ισορροπεί περίπου δυόμιση καπάκια ψηλότερα από τη στάθμη του νερού].*

$\Delta 7$ - $\underline{Y}\underline{M}$: *Δυόμιση.*

E: *Είπες το λόγο; Δε θυμάμαι.*

$\Delta 7$ - $\underline{Y}\underline{M}$: *Δεν είπα. Ε ...*

$\Delta 7$ - $\underline{Y}\underline{M}$: *Να πω το λόγο;*

$\Delta 7$ - $\underline{Y}\underline{M}$: *Γιατί, ε, όπως πήγε και το O_3 , το 85 [= που ζυγίζει 85 γραμμάρια], το O_3 πήγε λίγο πιο πάνω [από τη στάθμη του νερού], γιατί αυτό, το O_4 , είναι πιο βαρύ και μπορεί να μας ξεγελάσει, όμως. Να το βάλω;*

Στην τέταρτη κατηγορία, εντάχθηκε μόνο ένα επιχείρημα, το οποίο χρησιμοποιήθηκε από το μαθητή $E14$ - $\underline{M}\underline{X}$. Στο επιχείρημά του, ο μαθητής διαχειρίστηκε τα δικαιολογητικά που χρησιμοποίησε με τρεις διαφορετικούς τρόπους: ένα δικαιολογητικό χρησιμοποίησε με λανθασμένο τρόπο, αγνόησε άλλο και ανέφερε ένα μη εγκαθιδρυμένο δικαιολογητικό, το οποίο είχε τη δυνατότητα να εγκαθιδρύσει, αλλά δεν το έκανε. Στη συνέντευξη με την ομάδα $E14$ - $\underline{M}\underline{X}$, που παρουσιάζεται στη συνέχεια, ο μαθητής $E14$ - $\underline{M}\underline{X}$ προσπάθησε να προβλέψει και να αιτιολογήσει την πρόβλεψή του για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_1O_2 στο αλατόνερο (Πείραμα $\Pi_{4,1}$). Στην αρχή ο συνομιλητής του, $E14$ - $\underline{M}\underline{X}$, έκανε μια αναφορά σε γεγονός από την καθημερινή ζωή: τη θέση ισορροπίας αντικειμένων στη θάλασσα. Αμέσως μετά, ο $E14$ - $\underline{M}\underline{X}$ εισηγήθηκε την τοποθέτηση δύο αντικειμένων, ένα σε κάθε δοχείο. Του M_1 στο αλατόνερο και του M_1O_2 στο νερό. Με την εισήγησή του αυτή φαίνεται να αναγνώριζε την πιθανότητα το είδος του υγρού να επηρεάζει τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων ή, τουλάχιστον, ήθελε να εξετάσει την πιθανότητα αυτή. Όμως το πείραμα που πρότεινε δεν ήταν κατάλληλο, για να εγκαθιδρυθεί το δικαιολογητικό, επειδή σε αυτό μεταβάλλονται τόσο το αντικείμενο όσο και το υγρό. Άρα ο μαθητής παρουσιάστηκε να έχει αδυναμίες στη δεξιότητα του ελέγχου μεταβλητών. Εγκαθίδρυση του σχετικού με το είδος του υγρού δικαιολογητικού (δηλαδή, πως ένα αντικείμενο που επιπλέει στο νερό, αν τοποθετηθεί σε αλατόνερο, επιπλέει σε πιο

ψηλή θέση), μπορούσε να γίνει, για παράδειγμα, με την τοποθέτηση του ίδιου αντικειμένου που επιπλέει και στα δύο υγρά. Η διαφορά στους όγκους των δύο αντικειμένων, M_1 και M_1O_2 , καθιστούσε το προτεινόμενο από το μαθητή πείραμα μη κατάλληλο. Επιπρόσθετα, δεν εφάρμοσε ούτε την εισήγησή του, πριν καταλήξει σε πρόβλεψη. Επομένως, το σχετικό με το είδος του υγρού δικαιολογητικό, ο E14-MX, το ανέφερε, αλλά δεν το εγκαθίδρυσε, παρόλο που είχε τη δυνατότητα αυτή. Από την εισήγησή του, για εκτέλεση του πειράματος (M_1 στο αλατόνερο και M_1O_2 στο νερό), προκύπτει επίσης πως ο μαθητής ούτε επεσήμανε, ούτε έλαβε υπόψη, τη διαφορά στους όγκους των δύο αντικειμένων. Στο τέλος, ο E14-MX υποστήριξε πως το υπό διερεύνηση αντικείμενο θα βυθιζόταν, ακουμπώντας τον πυθμένα του δοχείου. Συμπλήρωσε μάλιστα ότι θα συμπεριφερόταν όπως οι μικροί κόκκοι του αλατιού, που φαίνονταν στον πυθμένα του δοχείου με το αλατόνερο, εξηγώντας με λανθασμένο τρόπο «επειδή αυτά είναι ελαφριά.» Δηλαδή, χρησιμοποίησε με λανθασμένο τρόπο το δικαιολογητικό για τη μάζα, αφού υποστήριξε πως τα ελαφριά αντικείμενα βυθίζονται. Επομένως, ο συλλογισμός του μαθητή E14-MX κρίνεται λανθασμένος, αφού δεν αξιοποίησε ορθά κανένα από τα τρία δικαιολογητικά, τα οποία έπρεπε να λάβει υπόψη του, για να προβλέψει.

E14-MX: *Το αλάτι, στη θάλασσα, παίρνει πάνω τα πράγματα, ό,τι και να είναι.*

E14-MX: *Κύριε, E14-MX, να κάνουμε αυτό που είναι 60 [= M_1O_2] και αυτό που είναι 60 [= M_1]. Αυτό [= M_1] να το βάλουμε μέσα στο αλατόνερο και αυτό [= M_1O_2] εδώ [= στο δοχείο με το νερό], να δούμε τι θα βγει. Εντάξει;*

E14-MX: *Κύριε, νομίζω, αυτό [= M_1O_2], πάλι θα βγει πάνω.*

E14-MX: *Όχι, κάτω.*

... .. [Συζήτηση για τη θέση ισορροπίας διάφορων αντικειμένων στη θάλασσα].

E14-MX: *Κύριε, θα πάει κάτω, κύριε, γιατί άλλο το νερό αυτό και άλλο το νερό που πήραμε με το αλάτι, κύριε κι εγώ ξέρω ότι οι πετρούλες μέσα στο αλάτι, κύριε, να το, όπως αυτά, τα βλέπεις [=κόκκοι αλατιού στον πυθμένα], γιατί δεν πήγαν, αν τα βάζαμε εδώ θα επέπλεαν [= όχι]; E, εκείνο δε θα κάτσει κάτω [= δε θα βυθιστεί, ακουμπώντας στον πυθμένα του δοχείου];*

E14-MX: *Εντάξει, να δούμε.*

E14-MX: *Εγώ ψηφίζω κάτω.*

E: *Ωραία. Ο E14-MX;*

E14-MX: *Κι εγώ κάτω.*

E: *Γιατί;*

E14-MX: *Επειδή αυτά, κύριε, είναι ελαφριά, ε...*

E: *Ωραία. Κατάλαβα. Είστε σίγουροι;*

E14-MX: *Ναι.*

Στην πέμπτη κατηγορία (Πίνακας 14), περιλήφθηκαν όσα επιχειρήματα περιείχαν

δύο ειδών εγκαθιδρυμένα δικαιολογητικά, σωστά και λανθασμένα. Στη συνέντευξη με την ομάδα Δ11-MX, που ακολουθεί, η μαθήτρια Δ11-MX υποστήριξε την πρόβλεψή της, πως το αντικείμενο M_1O_2 θα ισορροπούσε σε θέση χαμηλότερη από το αντικείμενο M_1 στο νερό (πείραμα Π_{3,1}), επειδή είχε μικρότερο όγκο (ορθό δικαιολογητικό), αλλά και μικρότερη μάζα (λανθασμένο δικαιολογητικό). Τη διαφορά στη μάζα επανέλαβε και δεύτερη φορά, αμέσως μετά, ισχυριζόμενη πως το M_1O_2 ήταν ελαφρύτερο από το M_1 . Το σχετικό με τον όγκο δικαιολογητικό ήταν ορθό, επειδή το υπό εξέταση αντικείμενο ήταν μικρότερο από το M_1 . Επομένως, ορθά η Δ11-MX προέβλεψε πως θα ισορροπούσε σε χαμηλότερη θέση. Αντιθέτως, το σχετικό με τη μάζα δικαιολογητικό ήταν λανθασμένο, αφού, σύμφωνα με την Δ11-MX, το M_1O_2 θα ισορροπούσε χαμηλότερα από το M_1 , επειδή ήταν «πιο ελαφρύ.» Σύμφωνα με το δικαιολογητικό, που είχε εγκαθιδρυθεί στο πρώτο μέρος της συνέντευξης, αν δύο αντικείμενα έχουν ίσους όγκους και επιπλέον, χαμηλότερα ισορροπεί το αντικείμενο με τη μεγαλύτερη μάζα. Διευκρινίζεται πως το επιχείρημα εντάσσεται στην πέμπτη κατηγορία (Πίνακας 14) κρινόμενο ως προς τα δικαιολογητικά που περιλαμβάνει, ανεξάρτητα από τα δεδομένα. Η μαθήτρια Δ11-MX, στο συγκεκριμένο επιχείρημα, στηρίχθηκε σε λανθασμένο δεδομένο, διότι τα αντικείμενα, στα οποία αναφέρθηκε (M_1 και M_1O_2) είχαν ίσες μάζες.

E: Θα ξεκινήσουμε με το M_1O_2 .

Δ11-MX: [Παίρνει το M_1O_2].

Δ11-MX: 60 [γραμμάρια]. Έχει άλλο 60; [Τοποθετεί το M_1 στο νερό].

Περίπου...

Δ11-MX: X, χ...

Δ11-MX: Περίπου εδώ πρέπει;

E: Μπορείς να το αφήσεις μέσα, μέχρι να τελειώσει το πρώτο παιχνίδι [= Πείραμα].

Δ11-MX: [Παίρνει το M_2O_4].

E: Άσε τώρα το M_2O_4 . Το M_1O_2 πού θα πάει;

Δ11-MX: Ένα, δύο [καπάκια], όχι, έλα να σου πω τι νομίζω. Κύριε, μπορούμε να το πάρουμε [δείχνει το M_1];

E: Ασφαλώς. Ό,τι θέλετε κάνετε με τα προηγούμενα.

Δ11-MX: [Συγκρίνει τις μάζες των M_1 και M_1O_2 με τα χέρια της]. Δες, δεν είναι πιο βαρύ αυτό από αυτό; Αυτό μπορεί να πάει λίγο πιο κάτω, νομίζω.

Δ11-MX: [Συγκρίνει τις μάζες των M_1 και M_1O_2 με τα χέρια της]. Ναι, αυτό μπορεί...

Δ11-MX: Να το βάλουμε μέσα να δούμε τη διαφορά [Τοποθετεί το M_1 στο νερό]. Και να το βάλουμε και αυτό [το M_1O_2] μέσα.

E: Περίμενε. Δε δικαιούσαι να το βάλεις. Είναι το παιχνίδι [= Πείραμα].

Δ11-MX: Δηλαδή;

E: Πρέπει πρώτα να προβλέψετε πού θα πάει, να πείτε και το λόγο.

Δ11-MX: Μπορεί να πάει λίγο πιο κάτω [το M_1O_2], επειδή είναι και πιο μικρό και λίγο πιο ελαφρύ.

$\Delta 11\text{-}\underline{\text{MX}}$: *Ναι.*

$\Delta 11\text{-}\underline{\text{MX}}$: *Ελαφρύ.*

Η έκτη κατηγορία (Πίνακας 14) περιλαμβάνει τα επιχειρήματα των μαθητών, στα οποία όλα τα σχετικά εγκαθιδρυμένα δικαιολογητικά αναφέρθηκαν από τους μαθητές, όμως, κάποια από αυτά αξιοποιήθηκαν ορθά, ενώ οι μαθητές δεν αξιοποίησαν τα υπόλοιπα. Σημειώνεται, ακολούθως, το επιχείρημα που χρησιμοποίησε η μαθήτρια $\Delta 15\text{-}\underline{\text{MX}}$, για να αιτιολογήσει την πρόβλεψή της για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_1O_2 στο νερό (πείραμα $\text{P}_{3,1}$). Τα απαραίτητα, για μια έγκυρη επιχειρηματολογία, δικαιολογητικά στο πείραμα ήταν η μάζα και ο όγκος. Η μαθήτρια προέβλεψε πως το M_1O_2 θα βυθιζόταν στον πυθμένα του δοχείου, όπως και το αντικείμενο O_2 , επειδή είχαν περίπου ίσο όγκο (ορθό δικαιολογητικό), παρόλο που οι μάζες τους ήταν διαφορετικές (δικαιολογητικό, το οποίο η μαθήτρια αναφέρει, χωρίς να μπορεί να το αξιοποιήσει). Αναγνώρισε απλά τη διαφορά στη μάζα των δύο αντικειμένων και το ότι αυτή επηρέαζε τη θέση ισορροπίας κάποιου αντικειμένου, αλλά δεν την αξιοποίησε στην πρόβλεψή της. Ο τρόπος σκέψης της μαθήτριας δεν είναι επαρκής, αφού αξιοποίησε ορθά μόνο το ένα δικαιολογητικό, ενώ το άλλο όχι. Αυτό φαίνεται και από την πρόβλεψη στην οποία κατέληξε, και η οποία ήταν λανθασμένη, επειδή το αντικείμενο M_1O_2 επέπλεε.

$\Delta 15\text{-}\underline{\text{MX}}$: *Περίπου. Όχι. Με το O_2 . Ίσα με το O_2 . Το O_2 πήγε λίγο, άγγιξε εντελώς κάτω, και το... M_1O_2 θα αγγίζει εντελώς κάτω. Ε, γιατί, όταν το O_2 , που είναι περίπου ίσα – ίσα [αναφορά στον όγκο], αλλά δε ζυγίζει το ίδιο, θα πάει εντελώς κάτω.*

Στην έβδομη κατηγορία (Πίνακας 14), περιλήφθηκαν τα επιχειρήματα που περιείχαν εγκαθιδρυμένα δικαιολογητικά, τα οποία οι μαθητές αξιοποίησαν με δύο τρόπους. Ένα ή περισσότερα δικαιολογητικά χρησιμοποιήθηκαν με ορθό τρόπο και ένα ή περισσότερα δικαιολογητικά υποβαθμίστηκαν. Σημειώνεται ακολούθως η αιτιολόγηση της πρόβλεψης του μαθητή $\text{E}7\text{-}\underline{\text{YM}}$ για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_2O_4 στο νερό (πείραμα $\text{P}_{3,2}$). Ο μαθητής σημείωσε και τα δύο σχετικά δικαιολογητικά, τα οποία, όμως, οδηγούσαν σε διαφορετική πρόβλεψη το καθένα. Από το ένα δικαιολογητικό (μεγαλύτερος όγκος) προέκυπτε πως το M_2O_4 θα ισορροπούσε σε ψηλότερη θέση από το υπό αναφορά αντικείμενο (M_1O_2), επειδή είχε μεγαλύτερο όγκο. Από το άλλο δικαιολογητικό (μεγαλύτερη μάζα) προέκυπτε πως το M_2O_4 θα ισορροπούσε σε χαμηλότερη θέση, επειδή είχε μεγαλύτερη μάζα. Τελικά υποστήριξε πως το M_2O_4 θα ισορροπούσε σε ψηλότερη θέση, λαμβάνοντας υπόψη το πρώτο δικαιολογητικό και υποβαθμίζοντας την επίδραση του δεύτερου στην πρόβλεψή του. Ο μαθητής δεν εφάρμοσε

ορθά τον έλεγχο των μεταβλητών, αφού το αντικείμενο, στο οποίο στηρίχθηκε, για να προβλέψει (M_1O_2), διέφερε τόσο ως προς τη μάζα όσο και ως προς τον όγκο, από το υπό εξέταση αντικείμενο (M_2O_4). Επειδή τα δύο δικαιολογητικά οδηγούσαν σε αντίθετη πρόβλεψη, δεν μπορούσε να καταλήξει σε μη αμφισβητήσιμη πρόβλεψη, με αποτέλεσμα να αναγκαστεί να υποβαθμίσει το ένα δικαιολογητικό, για να μπορέσει να στηριχθεί στο άλλο, το οποίο θεώρησε ότι υπερίσχυε.

E7-ΥΜ: Γιατί θα, είναι μακρύ και έχει 70 [γραμμάρια]. Γιατί αν επιπλέει αυτό, το M_1O_2 , που είναι τόσο [αναφορά στον όγκο] και έχει 60 [γραμμάρια] και επιπλέει έτσι, το M_2O_4 , που είναι πιο μακρύ και έχει και 70 [γραμμάρια], ε, θα επιπλέει παραπάνω [=πιο ψηλά].

Η όγδοη κατηγορία (Πίνακας 14) αφορά επιχειρήματα, στα οποία οι μαθητές χρησιμοποίησαν δικαιολογητικά με δύο τρόπους. Ένα ή περισσότερα δικαιολογητικά χρησιμοποιήθηκαν ορθά και ένα ή περισσότερα αγνοήθηκαν. Ως παράδειγμα, σημειώνεται η άποψη των μαθητριών της ομάδας E2-ΥΜ στο πείραμα Π_{3,1} με το αντικείμενο M_1O_2 . Χρησιμοποίησαν ως δεδομένο τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_1 (το οποίο επέπλεε) και αναγνώρισαν πως τα δύο αντικείμενα είχαν ίση μάζα, με αποτέλεσμα να προβλέψουν πως το M_1O_2 θα ισορροπούσε στην ίδια θέση με το M_1 . Δηλαδή, υποστήριξαν πως δύο αντικείμενα με ίσες μάζες ισορροπούν στην ίδια θέση, όταν τοποθετηθούν σε δοχείο με νερό. Το δικαιολογητικό, που αξιοποίησαν, και αφορούσε τη μάζα, αξιολογήθηκε ως ορθό, παρόλο που η πρόβλεψη των μαθητριών της ομάδας E2-ΥΜ ήταν λανθασμένη, επειδή η αξιολόγησή του έγινε ανεξάρτητα από την αξιολόγηση του δεύτερου δικαιολογητικού, που έπρεπε να ληφθεί υπόψη, και αφορούσε τον όγκο. Το δεύτερο δικαιολογητικό, οι μαθήτριες το αγνόησαν, παρόλο που ήταν μεγάλη και εμφανής η διαφορά στον όγκο των δύο αντικειμένων, γεγονός που καθιστά τον τρόπο σκέψης τους ελλιπή, το επιχειρήμά τους αμφισβητήσιμο και, τελικά, την πρόβλεψή τους λανθασμένη, όπως προκύπτει από την ακόλουθη συνομιλία.

E2-ΥΜ: 60 [γραμμάρια είναι η μάζα του M_1]; Κύριε, γίνεται να βάλουμε στο νερό;

E: Ό,τι θέλετε δικαιούστε.

E2-ΥΜ: Είναι πιο βαρύ.

E2-ΥΜ: Αυτό [το M_1] είναι πάνω [από τη στάθμη του νερού], τόσο πράγμα [δείχνει].

E2-ΥΜ: Βάλε το, να δούμε [Τοποθετεί το M_1 στο νερό].

E2-ΥΜ: Ε, ένα...

E2-ΥΜ: Άρα συμφωνούμε.

E: Πού θα πάει, δηλαδή; Δεν έχω καταλάβει τι συμφωνήσατε.

E2-ΥΜ: Όπως αυτό [δείχνει τον M_1]. Θα έχει δύο άσπρα [καπάκια].

E: Πάνω από την επιφάνεια του νερού;

E2-YM και E2-YM: *Nai.*

E: *Γιατί;*

E2-YM: *E, γιατί είναι το ίδιο με το άλλο το 60 [= M₁].*

E2-YM: *Nai.*

Η επόμενη κατηγορία, η ένατη (Πίνακας 14), περιλαμβάνει τα επιχειρήματα των μαθητών, τα δικαιολογητικά των οποίων αντιμετωπίστηκαν με δύο τρόπους. Όσα δικαιολογητικά ήταν ήδη εγκαθιδρυμένα, χρησιμοποιήθηκαν με ορθό τρόπο αλλά δεν εγκαθιδρύθηκαν άλλα, τα οποία επηρέαζαν τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων και τα οποία οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να εγκαθιδρύσουν με κάποια σχετικά πειράματα. Ένα παράδειγμα με επίχειρημα αυτής της ομάδας περιγράφεται στη συνέχεια. Η μαθήτρια Δ13-MX χρησιμοποίησε ως δεδομένο τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M₁ (που επέπλεε στην ψηλότερη θέση από τα πέντε αντικείμενα του πρώτου μέρους της συνέντευξης) στο αλατόνερο, για να προβλέψει τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M₁O₂ στο αλατόνερο στο πείραμα Π_{4,1}. Η μαθήτρια ορθά επέλεξε το M₁ ως σημείο αναφοράς, αφού αυτό είχε την ίδια μάζα με το υπό διερεύνηση αντικείμενο. Επίσης, πρόβλεψε με ορθό τρόπο πως το M₁O₂ θα είχε θέση ισορροπίας χαμηλότερη από αυτήν του M₁, επειδή είχε μικρότερο όγκο. Είπε, χαρακτηριστικά, «ο λόγος είναι, γιατί είναι πιο μικρό.» Ακόμη, ορθά επέλεξε να τοποθετήσει το M₁ στο αλατόνερο και όχι στο νερό, αφού το είδος του υγρού επηρέαζε τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων. Το τελευταίο, όμως, δεν το διερεύνησε, παρόλο που είχε τη δυνατότητα να το διερευνήσει, και η μαθήτρια έκανε μια μερικώς ορθή πρόβλεψη. Η πρόβλεψή της μπορούσε να γινόταν πιο ακριβής, αν, μέσα από σχετικά πειράματα (την τοποθέτηση ενός η περισσότερων αντικειμένων που επιπλέουν και στα δύο υγρά), εγκαθίδρυε το σχετικό με το είδος του υγρού δικαιολογητικό και ταυτόχρονα χρησιμοποιούσε ως σημείο αναφοράς τη θέση του M₁O₂ στο νερό. Ο συλλογισμός της μαθήτριας είναι ελλιπής, διότι παραγνώρισε ένα δικαιολογητικό, το οποίο επηρέαζε τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου. Η πρόβλεψή της ήταν ανακριβής, επειδή, σύμφωνα με όσα υποστήριξε, το M₁O₂ θα μπορούσε να ισορροπεί σε οποιοδήποτε ύψος χαμηλότερα από το M₁, μέχρι και να εφάπτεται με τον πυθμένα του δοχείου. Αντιθέτως, η ορθή επιχειρηματολογία θα έπρεπε να λαμβάνει υπόψη και ορθά τα τρία δικαιολογητικά, μάζα, όγκο και είδος νερού.

Δ13-MX: *Δικαιούμαστε να το ρίξουμε να δούμε;*

E: *Nai. Σας είπα: οποιοδήποτε πείραμα θα σας βοηθήσει, δικαιούστε να το κάνετε.*

Δ13-MX: *Πού να το βάλουμε, στο αλάτι [= αλατόνερο];*

Δ13-MX: *[Τοποθετεί το M₁ στο αλατόνερο].*

Δ13-ΜΧ: *Να δούμε τι θα δούμε, μμμ... .. μπορεί να πάει... πιο κάτω από το 60 [= M₁].*
 Δ13-ΜΧ: *Ναι.*
 Ε: *Ο λόγος ποιος είναι;*
 Δ13-ΜΧ: *Ο λόγος είναι, γιατί είναι πιο μικρό, παρόλο που έχουν τον ίδιο αριθμό [γραμμαρίων] και είναι πιο μικρό.*
 Ε: *Μου δείχνετε έξω από το δοχείο πού θα πάει;*
 Δ13-ΜΧ: *Περίμενε.*
 Δ13-ΜΧ: *Περίπου, κύριε, εδώ.*
 Δ13-ΜΧ: *Εδώ, εδώ, περίπου εδώ.*
 Ε: *Θα φαίνεται ολόκληρο το άσπρο καπάκι; Πιο πολύ ή πιο λίγο;*
 Δ13-ΜΧ: *Το μισό.*

Στη δέκατη κατηγορία (Πίνακας 14), εντάχθηκαν όσα επιχειρήματα χρησιμοποίησαν οι μαθητές αξιοποιώντας με τρεις διαφορετικούς τρόπους τα σχετικά δικαιολογητικά. Ένα εγκαθιδρυμένο δικαιολογητικό αξιοποιήθηκε σωστά, άλλο εγκαθιδρυμένο αγνοήθηκε και ένα τρίτο, μη εγκαθιδρυμένο, το οποίο είχαν τη δυνατότητα να εγκαθιδρύνουν μέσα από κάποιο πείραμα, δε λήφθηκε υπόψη. Στο παράδειγμα, που ακολουθεί, ο μαθητής Δ3-ΥΜ, όταν κλήθηκε να προβλέψει τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M₄O₁ στο αλατόνερο (πείραμα Π_{4,3}), επέλεξε να βασιστεί στη θέση ισορροπίας του αντικειμένου O₂ στο νερό (το οποίο βυθιζόταν, ακουμπώντας στον πυθμένα του δοχείου), δικαιολόγησε την πρόβλεψή του, χρησιμοποιώντας ορθά το σχετικό με τον όγκο των δύο αντικειμένων (O₂ και M₄O₁) δικαιολογητικό και προέβλεψε πως θα ισορροπούσε στην ίδια θέση, αφού είχε μεγαλύτερο όγκο. Όμως αγνόησε εντελώς το αντίστοιχο με τη μάζα δικαιολογητικό, που είχε εγκαθιδρυθεί σε προηγούμενη χρονική στιγμή, παρόλο που σημείωσε τη διαφορά στη μάζα ενός άλλου αντικειμένου, του O₁, το οποίο είχε ίση μάζα με το αντικείμενο με τη θέση του οποίου βάσισε το επιχειρήμα του (το O₂). Ταυτόχρονα, παραγνώρισε τη διαφορά μεταξύ των δύο υγρών, δηλαδή το νερό στο οποίο τοποθέτησε το O₂ και το αλατόνερο, στο οποίο έπρεπε να τοποθετηθεί το υπό διερεύνηση αντικείμενο.

Δ3-ΥΜ: [Παίρνει το M₄O₁].
 Δ3-ΥΜ: [Παίρνει το M₄O₁].
 Δ3-ΥΜ: [Παίρνει το O₁.] *Να το βάλουμε;*
 Δ3-ΥΜ: *Είναι 85 αυτό [το O₁].*
 Ε: *Δυνατά να μιλάτε.*
 Δ3-ΥΜ: *Το... [τοποθετεί το O₂ στο νερό] Εγώ λέω ότι το M₄O₁ θα πάει ως εδώ που πήγε το O₂.*
 Δ3-ΥΜ: *Κι εγώ όπως το...*
 Ε: *Να πείτε και γιατί.*
 Δ3-ΥΜ: *Ε, γιατί είναι πιο μικρό σε μέγεθος από αυτό [δείχνει το O₂] και δεν έχει άλλο.*
 Ε: *Εντάξει; Αν είστε σίγουροι, να το βάλετε.*

Στην ενδέκατη κατηγορία (Πίνακας 14), εντάχθηκαν τα επιχειρήματα που χρησιμοποίησαν οι μαθητές, τα οποία περιείχαν τριών ειδών δικαιολογητικά. Ένα εγκαθιδρυμένο ορθά, αγνόησαν άλλο εγκαθιδρυμένο και έλαβαν υπόψη τους ένα μη εγκαθιδρυμένο, το οποίο, όμως δεν προσπάθησαν να εγκαθιδρύσουν, παρόλο που είχαν τη δυνατότητα αυτή. Στο παράδειγμα που ακολουθεί, η μαθήτρια E7-YM προβλέπει και αιτιολογεί την πρόβλεψή της για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_1O_2 στο αλατόνερο (πείραμα Π_{4,1}). Η μαθήτρια στηρίχθηκε στη θέση ισορροπίας του αντικειμένου O_2 , που βυθιζόταν, στο αλατόνερο και προέβλεψε πως και το M_1O_2 θα ισορροπούσε στην ίδια θέση, δηλαδή στον πυθμένα του δοχείου. Την πρόβλεψή της αιτιολόγησε, ισχυριζόμενη πως τα δύο αντικείμενα ήταν τα ίδια. Επομένως, έλαβε ορθά υπόψη της το αντίστοιχο με τον όγκο δικαιολογητικό, όμως ταυτόχρονα αγνόησε το αντίστοιχο με τη μάζα δικαιολογητικό, αφού καμιά αναφορά δεν έκανε στη διαφορά στις μάζες των δύο αντικειμένων. Επίσης, έλαβε υπόψη της το αντίστοιχο με το είδος του υγρού δικαιολογητικό, διατηρώντας σταθερή τη μεταβλητή υγρό, αφού, ως βάση για την πρόβλεψή της, αξιοποίησε τη θέση ισορροπίας αντικειμένου (O_2) στο αλατόνερο. Όμως, δεν προσπάθησε να εγκαθιδρύσει τον τρόπο με τον οποίο το δικαιολογητικό επηρέαζε τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων που επιλέουν, χρησιμοποιώντας σχετικά πειράματα. Δεν ανέφερε σε κανένα στάδιο την πιθανότητα το είδος του υγρού να επηρεάζει τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων. Η μαθήτρια είχε ελέγξει επιτυχώς τις μεταβλητές είδος νερού και όγκος αντικειμένου, διατηρώντας τις σταθερές. Όμως η σκέψη της κρίνεται ανεπαρκής, διότι παραγνώρισε τη διαφορά στις μάζες των δύο αντικειμένων, γεγονός που την οδήγησε σε λανθασμένη πρόβλεψη, αφού το αντικείμενο M_1O_2 επέπλεε.

E7-YM: [Τοποθετεί το O_2 στο αλατόνερο.] *Γίνεται να το βάλω αυτό;*

E: *Το M_1O_2 ;*

E7-YM: *Όχι, όχι, όχι.*

E: *Επειδή είναι το πείραμα.*

... .. [Στο σημείο αυτό, ο E7-YM εκφράζει τις σκέψεις του. Η E7-YM επαναλαμβάνει απλά την πρόβλεψή της 2 φορές].

E7-YM: *Εγώ, νομίζω κύριε, ότι θα πάει ως κάτω.*

E: *Πείτε το λόγο ο καθένας.*

E7-YM: *Αν το πρώτο [= O_2] πήγε, αν το ίδιο πήγε ως κάτω, αυτό [= M_1O_2] δε θα πάει;*

Στη δωδέκατη κατηγορία (Πίνακας 14), εντάχθηκαν όσα επιχειρήματα περιελάμβαναν ένα ή περισσότερα δικαιολογητικά, τα οποία δεν είχαν εγκαθιδρυθεί μέχρι τη στιγμή που αναφέρθηκαν, ούτε δινόταν η δυνατότητα στους μαθητές να τα εγκαθιδρύσουν, εκτελώντας κάποια πειράματα. Η μεγάλη πλειοψηφία των επιχειρημάτων,

που εντάχθηκαν στην κατηγορία αυτή, σημειώθηκαν σε δύο πειράματα: το δεύτερο του πρώτου μέρους της συνέντευξης ($\Pi_{1,2}$) και το δεύτερο του δεύτερου μέρους της συνέντευξης ($\Pi_{2,2}$). Στα πειράματα αυτά, το κοινό στοιχείο ήταν ότι από τα αποτελέσματά τους, και συγκρίνοντας τα με τα αποτελέσματα των αμέσως προηγούμενων πειραμάτων, $\Pi_{1,1}$ και $\Pi_{2,1}$ αντίστοιχα, οι μαθητές μπορούσαν να εγκαθιδρύσουν ένα δικαιολογητικό για πρώτη φορά. Το πρώτο παράδειγμα προέρχεται από τη συνέντευξη με τη μαθήτρια $\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$ και το μαθητή $\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$. Οι μαθητές προσπάθησαν να προβλέψουν τη θέση ισορροπίας του αντικείμενου M_2 στο νερό (Πείραμα $\Pi_{1,2}$) και να αιτιολογήσουν την πρόβλεψή τους. Ισχυρίστηκαν πως το M_2 θα επέπλεε ψηλότερα από το M_3 , επειδή είχε μικρότερη μάζα. Το δικαιολογητικό που χρησιμοποίησαν ήταν ορθό, όμως δεν είχε εγκαθιδρυθεί μέσα από δεδομένα τα οποία είχαν συλλεχθεί προηγουμένως, κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, ούτε σημείωσαν κάτι άλλο, το οποίο να εγκαθιδρύει το δικαιολογητικό τους. Παρομοίως, η μαθήτρια $\Delta 9\text{-}\underline{M}\underline{X}$, υποστήριξε πως το αντικείμενο O_2 , στο πείραμα $\Pi_{2,2}$, θα ισορροπούσε σε χαμηλότερη θέση από το αντικείμενο O_3 , επειδή είχε μικρότερο όγκο. Το δικαιολογητικό που χρησιμοποίησε ήταν λανθασμένο, αλλά ούτε κι αυτό δεν είχε εγκαθιδρυθεί προηγουμένως μέσα από σχετικά δεδομένα. Η σκέψη της $\Delta 9\text{-}\underline{M}\underline{X}$ παρουσιάζεται στο δεύτερο απόσπασμα, που ακολουθεί. Τα παραδείγματα αυτά φαίνονται στη συνέχεια και αναφέρονται στη συνέντευξη με την ομάδα $\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$ για το πείραμα $\Pi_{1,2}$ και στη συνέντευξη με την ομάδα $\Delta 9\text{-}\underline{M}\underline{X}$ για το πείραμα $\Pi_{2,2}$.

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: [Παίρνει το M_2].

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: Όχι, κύριε, λέω ότι θα κάτσει έτσι.

E: Όχι σε μένα. Μιλάς στην $\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$.

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: Νομίζω ότι θα κάτσει εδώ, πιο μεγάλο [= πιο ψηλά από το M_3].

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: Εγώ νομίζω ότι θα μείνει.

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: Έτσι.

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: Εδώ.

E: Απ' ότι βλέπω είναι σχεδόν όλο το καπάκι του πάνω από το νερό.

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$ και $\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: Ναι.

E: Αλλά όχι ολόκληρο.

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$ και $\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: Ναι.

E: Πείτε και το λόγο. Πώς το σκεφτήκατε;

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: Επειδή, κύριε, αυτό [= M_2].

E: Μη μιλάς σε μένα.

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: Επειδή αυτό [= Το M_2]...

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: Είναι πιο ελαφρύ [= Το M_2 είναι πιο ελαφρύ από το M_3].

$\Delta 6\text{-}\underline{Y}\underline{M}$: Είναι πιο ελαφρύ και... θα ανέβει πιο πάνω.

$\Delta 9\text{-}\underline{M}\underline{X}$: [Παίρνει το O_2 .] Νομίζω εγώ ότι θα πάει λίγο πιο πάνω...

E: Από;

$\Delta 9\text{-}\underline{M}\underline{X}$: Από το O_3 , γιατί είναι λίγο πιο χαμηλό [= έχει μικρότερο ύψος].

Στη δωδέκατη κατηγορία, εντάχθηκε και μικρός αριθμός επιχειρημάτων από άλλα πειράματα. Πρόκειται για επιχειρήματα στα οποία οι μαθητές εστίαζαν την προσοχή τους όχι στις μεταβλητές που επηρέαζαν τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων στα υγρά, αλλά σε άλλα στοιχεία, που δεν επηρέαζαν τη θέση ισορροπίας. Τα στοιχεία αυτά δεν μπορούσαν να ελεγχθούν, ώστε να εγκαθιδρυθούν ή όχι τα δικαιολογητικά, που ανέφεραν, λόγω έλλειψης υλικών ή επειδή οι μαθητές δεν πρότειναν κατάλληλα πειράματα, με τα οποία θα μπορούσαν να ελέγξουν την ορθότητά τους. Ως παράδειγμα, αναφέρεται ο μαθητής Δ7-ΥΜ, ο οποίος προέβλεψε και αιτιολόγησε την πρόβλεψή του για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_1 στο νερό (πείραμα Π_{1,3}). Ο μαθητής επιχειρηματολόγησε πως το M_1 θα ισορροπούσε σε χαμηλότερη θέση από τα αντικείμενα M_2 και M_3 , παρόλο που ήταν ελαφρύτερο. Αυτό το στήριξε ισχυριζόμενος πως, επειδή το M_1 είναι πάρα πολύ ελαφρύ, δε θα είχε την ικανότητα να κρατηθεί σε ψηλή θέση ισορροπίας (ψηλότερα από τα M_2 και M_3), με αποτέλεσμα να «πάει κάτω,» κατά την έκφρασή του.

Δ7-ΥΜ: Επειδή είναι πολύ ελαφρύ, και δεν μπορεί να κρατήσει τον εαυτό του από πάνω από το νερό, γι' αυτό θα πάει κάτω.

Η δέκατη τρίτη κατηγορία (Πίνακας 14) αποτελείτο από επιχειρήματα στα οποία περιλαμβάνονταν ένα ή περισσότερα δικαιολογητικά μη εγκαθιδρυμένα, τα οποία, παρόλο που οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να εγκαθιδρύσουν δεν το έκαναν. Για παράδειγμα, η μαθήτρια Ε3-ΥΜ και ο μαθητής Ε3-ΥΜ συζητούσαν για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_1O_2 στο αλατόνερο (πείραμα Π_{4,1}). Και οι δύο προέβλεψαν τη θέση του M_1O_2 με επιχείρημα του οποίου το δικαιολογητικό εντάχθηκε στη δέκατη τρίτη κατηγορία. Η Ε3-ΥΜ ισχυρίστηκε πως το M_1O_2 θα είχε την ίδια θέση ισορροπίας στα δύο υγρά, νερό και αλατόνερο, άρα θεώρησε πως το είδος του υγρού δε θα επηρέαζε τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων που επέπλεαν. Αντιθέτως, ο Ε3-ΥΜ υποστήριξε πως το M_1O_2 , στο αλατόνερο, θα ισορροπούσε σε χαμηλότερη θέση ισορροπίας από τη θέση στην οποία ισορροπούσε στο νερό, αποδίδοντας τη διαφορά αυτή σε κάποια ενέργεια του αλατιού. Είπε χαρακτηριστικά «θα το πάρει λίγο κάτω.» Και οι δύο εξέφρασαν κάποιο δικαιολογητικό, που αφορούσε το είδος του υγρού, διαφορετικό ο καθένας, αλλά τα δικαιολογητικά ήταν λανθασμένα. Όμως κανένας από τους δύο δεν εισηγήθηκε κάποιο πείραμα, με το οποίο θα μπορούσε να ελέγξει την ορθότητα του δικαιολογητικού που πρότεινε.

Ε3-ΥΜ: Εγώ λέω δύο τρίτα περίπου. Δύο τρίτα. Δύο τρίτα.

E: Θα φαίνονται τα δύο τρίτα από το καπάκι πάνω από την επιφάνεια του νερού;

E3-ΥΜ: Ναι. Δύο τρίτα του ενός. Είπα το λόγο. Γιατί, επειδή το αλάτι...

E3-ΥΜ: Εγώ νομίζω όπως, όπως είναι μέσα στο νερό.

E: Πείτε το λόγο ο ένας στον άλλο, να δούμε αν θα συμφωνήσετε.

E3-ΥΜ: Εγώ νομίζω ότι το αλάτι θα είναι πιο βαρύ. Το αλάτι θα έχει, θα έχει εκείνο το χιλιοστό που θα είναι πιο πάνω και θα το πάρει λίγο κάτω.

Στην τελευταία κατηγορία, τη δέκατη τέταρτη (Πίνακας 14), εντάχθηκαν τα επιχειρήματα των μαθητών, στα οποία αναφέρθηκαν και αξιοποιήθηκαν ορθά όλα τα σχετικά με τη θέση ισορροπίας ενός αντικειμένου σε υγρό, δικαιολογητικά. Αν κάποιο από αυτά δεν ήταν ήδη εγκαθιδρυμένο, οι μαθητές εκτέλεσαν σχετικά πειράματα, ώστε να το εγκαθιδρύνουν και μετά προέβλεψαν τη θέση ισορροπίας του υπό εξέταση αντικειμένου. Αναφέρονται στη συνέχεια, δύο παραδείγματα.

Στο πρώτο παράδειγμα, ένα μόνο ορθό δικαιολογητικό, ήταν ικανοποιητικό για τη διαμόρφωση ποιοτικής και πλήρους επιχειρηματολογίας, με αποτέλεσμα μια ορθή πρόβλεψη. Οι μαθήτριες της ομάδας Δ1-ΥΜ προέβλεψαν πως το αντικείμενο M_1 (πείραμα Π_{1,3}) θα ισορροπούσε σε ψηλότερη θέση από το αντικείμενο M_2 , επειδή είχε μικρότερη μάζα. Υπενθυμίζεται πως τα δύο αντικείμενα είχαν ίσους όγκους.

Δ1-ΥΜ: Το M_1 θα πάει...

Δ1-ΥΜ: Ελάχιστα πιο...

Δ1-ΥΜ και Δ1-ΥΜ: Πάνω.

Δ1-ΥΜ: Από το M_2 .

Δ1-ΥΜ: Κάπου εδώ θα πάει.

Δ1-ΥΜ: Λίγο πιο πάνω.

E: Πείτε και το λόγο.

Δ1-ΥΜ: Γιατί είναι πιο ελαφρύ από το M_2 .

Δ1-ΥΜ: Ναι.

Στο δεύτερο παράδειγμα, παρουσιάζεται ο συλλογισμός των μαθητριών της ομάδας E8-ΥΜ, σχετικά με την πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_1O_2 στο αλατόνερο (πείραμα Π_{4,1}). Στην αρχή, οι δύο μαθήτριες τοποθέτησαν το αντικείμενο M_1 στα δύο υγρά, το νερό και το αλατόνερο, και προσπάθησαν να μετρήσουν, με μη συμβατικές μονάδες μέτρησης, το ύψος στο οποίο αυτό ισορροπούσε. Τοποθέτησαν και δεύτερη φορά το αντικείμενο στα δύο υγρά και συζήτησαν για αρκετή ώρα, χρησιμοποιώντας διάφορους τρόπους για να μετρήσουν το ύψος. Στο τέλος κατέληξαν σε ορθή μέτρηση, εγκαθιδρύνοντας, με τη διαδικασία αυτή, ένα νέο δικαιολογητικό, που αφορούσε το είδος του υγρού. Έπειτα, τοποθέτησαν το M_1O_2 στο νερό και, χρησιμοποιώντας ως βάση τη θέση ισορροπίας του, προέβλεψαν ορθά τη θέση ισορροπίας

του στο αλατόνερο. Η Ε8-ΥΜ προέβλεψε πως θα ισορροπούσε «ένα βαθμό πιο πάνω,» ενώ η Ε8-ΥΜ «πολύ λίγο,» συγκεκριμενοποιώντας, αμέσως μετά, πως εννοούσε «ένα εκατοστό.» Διατήρησαν, με τον τρόπο αυτό, σταθερές τις άλλες δύο μεταβλητές (μάζα και όγκο), που επηρεάζουν τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων στα υγρά. Επομένως, τα σχετικά με τα δύο φυσικά μεγέθη δικαιολογητικά, που ήταν ήδη εγκαθιδρυμένα από πριν, αξιολογήθηκαν ορθά.

Ε8-ΥΜ: Μπορούμε να βάλουμε...

Ε8-ΥΜ: Κύριε...

Ε8-ΥΜ: Το M_1 εδώ μέσα στο αλάτι;

Ε: Ό,τι πειράματα...

Ε8-ΥΜ: Βάλτο.

Ε: Θέλετε να κάνετε, δικαιούστε...

Ε8-ΥΜ: Βάλτο, βάλτο.

Ε8-ΥΜ: [Τοποθετεί το M_1 στο νερό].

Ε: Αλλά να είστε σίγουρες για την απάντηση.

Ε8-ΥΜ: [Τοποθετεί το M_1 στο αλατόνερο.] Ένα λεπτό, να δω.

Ε8-ΥΜ: Το ίδιο πράγμα είναι... Όχι, αυτό.

Ε8-ΥΜ και Ε8-ΥΜ: Βγαίνει πιο πάνω.

Ε8-ΥΜ: Μέσα στο αλατόνερο.

... .. [Επαναλαμβάνουν τα δύο πειράματα, M_1 στα δύο υγρά, και προσπαθούν να μετρήσουν πόσο πιο ψηλά από τη στάθμη του κάθε υγρού ισορροπεί το αντικείμενο. Συζητούν αρκετά, προσπαθώντας να είναι ακριβείς στις μετρήσεις τους.]

Ε8-ΥΜ: Ναι, πηγαίνει πιο πάνω στο αλατόνερο.

Ε8-ΥΜ: Ναι.

Ε: Ωραία.

Ε8-ΥΜ: Άρα αυτό [δείχνει το M_1O_2], κύριε, γίνεται να το βάλουμε εδώ [δείχνει το δοχείο με το νερό], μέσα αυτό;

Ε: Οποιοδήποτε πείραμα θέλετε...

Ε8-ΥΜ: Ρίξε το εδώ.

Ε: Δικαιούστε, εκτός από εκείνο που σας ρωτώ. Πρέπει να πείτε πρώτα ότι έχετε τελειώσει, ότι είστε σίγουρες...

Ε8-ΥΜ: Βάλε τα και τα δύο [M_1 και M_1O_2] εδώ μέσα [δοχείο με νερό].

Ε: Και ύστερα να κάνετε το πείραμα.

Ε8-ΥΜ: Αυτό [M_1O_2] κάθετα πιο...

Ε8-ΥΜ: Πηγαίνει ως το άσπρο καπάκι.

... .. [Συζητούν αρκετά, προσπαθώντας να κάνουν όσο το δυνατό πιο ακριβή μέτρηση, με μη συμβατικές μονάδες μέτρησης, για το ύψος στο οποίο ισορροπεί το M_1O_2 πάνω από τη στάθμη του νερού.]

Ε8-ΥΜ: Αυτό [= M_1O_2] πάει ως το άσπρο καπάκι, κατάλαβες;

Ε: Μέσα στο νερό, εννοείς, το M_1O_2 .

Ε8-ΥΜ: Εκεί [= αλατόνερο] θα πάει ένα βαθμό πιο πάνω.

Ε8-ΥΜ: Όχι ένα βαθμό ακριβώς. Λίγο. Πολύ λίγο.

Ε8-ΥΜ: Εγώ νομίζω ένα βαθμό. Έτσι, τόσο.

Ε8-ΥΜ: Ένα εκατοστό.

Ε: Για ποιο λόγο;

Ε8-ΥΜ: Ναι, ένα εκατοστό.

E8-ΥΜ: *Επειδή, κύριε, όταν το βάλεις αυτό [= M₁] μέσα στο, φτάνει ως το 2, όταν το βάλεις εκεί [=στο νερό]. Ενώ...*
 Ε: *Στο αλατόνερο...*
 E8-ΥΜ: *Όταν το βάλεις εκεί, πάει ένα βαθμό πιο πάνω.*
 Ε: *Ωραία.*
 E8-ΥΜ: *Και αυτό [δείχνει το M₁O₂].*
 Ε: *Το M₁O₂;*
 E8-ΥΜ: *Νομίζω πως θα πάει ακόμα 1 βαθμό.*
 E8-ΥΜ: *Ως εδώ [δείχνει λίγο ψηλότερα από τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου στο νερό].*

Οι συχνότητες και τα ποσοστά εμφάνισης κάθε κατηγορίας δικαιολογητικών, που χρησιμοποίησαν οι μαθητές στα επιχειρήματά τους, τα οποία εντάχθηκαν στο επίπεδο 2 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11), παρουσιάζονται στον Πίνακα 15.

Πίνακας 15

Συχνότητες και Ποσοστά Εμφάνισης Κατηγοριών
 Δικαιολογητικών στα Επιχειρήματα
 του Επιπέδου 2 της Επιχειρηματολογίας

Κατηγορία Δικαιολογητικών ^α	n	Ποσοστό
1	32	3.71%
2	16	1.86%
3	17	1.97%
4	1	.12%
5	16	1.86%
6	8	.93%
7	18	2.09%
8	188	21.81%
9	18	2.09%
10	15	1.74%
11	7	.81%
12	98	11.37%
13	19	2.20%
14	409	47.45%
Σύνολο	862	100.01% ^β

Σημείωση:

α: Όπως αυτή παρουσιάζεται στον Πίνακα 14.

β: Το άθροισμα της στήλης είναι 100.01% λόγω στρογγυλοποίησης των ποσοστών στο πλησιέστερο εκατοστό.

Από τον Πίνακα 15, προκύπτει πως σχεδόν στα μισά επιχειρήματα, ποσοστό 47.45%, του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας, οι μαθητές αξιοποίησαν ορθά όλα τα σχετικά δικαιολογητικά. Όμως στα υπόλοιπα επιχειρήματα, που ήταν περισσότερα από τα μισά επιχειρήματα, του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας, οι μαθητές δεν αξιοποίησαν

ορθά όλα τα σχετικά για την πρόβλεψη δικαιολογητικά. Αντιθέτως, τα επιχειρήματά τους περιελάμβαναν διάφορες μορφές μη αποδεκτών ή ανεπαρκών δικαιολογητικών, γεγονός που επηρέαζε αρνητικά το συλλογισμό τους και την ποιότητα των επιχειρημάτων τους.

Επίπεδο Επιχειρηματολογίας 3:

Στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11), εντάχθηκαν επιχειρήματα τα οποία, εκτός από δεδομένα και δικαιολογητικά, περιείχαν υποστηρικτικές δηλώσεις ή απορριπτικά κριτήρια. Μέσα από τη σταθερή συγκριτική μέθοδο ανάλυσης (Glaser, 1965· Valanides, 2010) προέκυψε πως, στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας, εντάσσονταν τρεις κατηγορίες επεισοδίων.

Η πρώτη κατηγορία αφορούσε τις περιπτώσεις επιχειρημάτων, στα οποία περιλαμβανόταν, εκτός από δεδομένο/α και δικαιολογητικό/ά, και υποστηρικτική δήλωση. Σε αυτήν εντάχθηκαν 23 επιχειρήματα (ποσοστό 2.05%). Στην πρώτη κατηγορία, εντάχθηκαν όσα επιχειρήματα αφορούσαν επιτυχημένη προσπάθεια συνδυασμού των δύο μεταβλητών, μάζας (m) και όγκου (V), συνήθως με τη μορφή του λόγου $\frac{m}{V}$, σε μια προσπάθεια των μαθητών να αιτιολογήσουν τη θέση ισορροπίας όλων ή πολλών αντικειμένων κάθε μέρους της συνέντευξης. Η προσπάθεια αυτή των μαθητών πλησιάζει πολύ το παράγωγο φυσικό μέγεθος «πυκνότητα.» Ως παράδειγμα, παρατίθενται αποσπάσματα από τις συνεντεύξεις, που έγιναν με δύο ομάδες. Το πρώτο προέρχεται από τη συνέντευξη με την ομάδα E9-YM. Σε αυτό, η μαθήτρια E9-YM \underline{M} επιχείρησε πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_4O_1 στο νερό (πείραμα Π $_{3,3}$). Για να αιτιολογήσει την πρόβλεψή της ότι το M_4O_1 θα βυθιζόταν, έκανε αναφορά στη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_4 (το οποίο βυθιζόταν, ακουμπώντας στον πυθμένα του δοχείου) και, παράλληλα, συνέκρινε τα δύο αντικείμενα (M_4 και M_4O_1). Ισχυρίστηκε πως και το M_4O_1 θα βυθιζόταν, επειδή ήταν πιο «συμμαζεμένο,» και όχι μόνο πιο μικρό από το O_1 , κάτι το οποίο ανέφερε αμέσως προηγουμένως. Με τη λέξη «συμμαζεμένο» προσπάθησε να συνδυάσει και τη μάζα και όχι να κάνει αναφορά μόνο στη διαφορά στον όγκο των δύο αντικειμένων. Θεώρησε ότι τα δύο αντικείμενα είχαν ίσες μάζες ή ήταν αρχικά τα ίδια, δηλαδή είχαν ίση μάζα και όγκο. Αλλά το M_4O_1 είχε συμπακνωθεί, με κάποια διαδικασία, ώστε να είναι πιο συμμαζεμένο από το O_1 . Είπε, συγκεκριμένα, «Επειδή αυτό [δείχνει το M_4] είναι πιο μεγάλο. Αυτό [δείχνει το M_4O_1] είναι πιο μικρό, πιο συμμαζεμένο.»

Το δεύτερο απόσπασμα προέρχεται από τη συνέντευξη με την ομάδα E4-ΥΜ και αποτελείται από δύο μέρη. Σε αυτό, φαίνεται η επιχειρηματολογία της μαθήτριας E4-ΥΜ σε δύο διαδοχικά πειράματα, τα Π_{2,3} και Π_{2,4} με τα αντικείμενα O₁ και O₄, αντίστοιχα. Η μαθήτρια χρησιμοποίησε δύο εκφράσεις, για να συγκρίνει την πυκνότητα δύο ή περισσότερων αντικειμένων. Στο πρώτο μέρος του αποσπάσματος, από το πείραμα Π_{2,3}, χρησιμοποίησε την έκφραση «*πιο μαζί*,» για να δηλώσει πως το περιεχόμενο του O₁ είχε μεγαλύτερη πυκνότητα από τα περιεχόμενα των O₂ και O₃. Στο δεύτερο μέρος του αποσπάσματος, από το πείραμα Π_{2,4}, χρησιμοποίησε την έκφραση «*αραιώνει περισσότερο*,» για να δηλώσει πως το περιεχόμενο του αντικειμένου O₄ είχε μικρότερη πυκνότητα από το περιεχόμενο των προηγούμενων αντικειμένων, O₁, O₂ και O₃. Έπειτα, για να γίνει πιο κατανοητή, η ίδια μαθήτρια κατέληξε στη γενίκευση πως, αν δύο ή περισσότερα αντικείμενα έχουν την ίδια μάζα (χρησιμοποίησε την έκφραση «*ίδια κιλά*»), τότε όσο πιο μεγάλο όγκο έχει (χρησιμοποίησε την έκφραση «*όσο πιο ψηλός*») το ένα από τα δύο, τόσο πιο ψηλά είναι η θέση στην οποία ισορροπεί.

Από το πείραμα Π_{2,3}:

E4-ΥΜ: *Κύριε, γιατί είναι πιο μικρό [το αντικείμενο O₁ από τα O₂ και O₃] και επειδή τα... εκείνο που έχει μέσα, κύριε, είναι πιο μαζί [=συμπυκνωμένο] και θα βαρέσει περισσότερο και θα πέσει [=θα βυθιστεί].*

Από το πείραμα Π_{2,4}:

E4-ΥΜ: *Κύριε, ανακάλυψα και γιατί, κύριε. Εκείνο που έχει μέσα [αναφορά στο αντικείμενο O₄] αραιώνει περισσότερο.*

E4-ΥΜ: *Ναι.*

E4-ΥΜ: *Και...*

E: *Χμ.*

E4-ΥΜ: *Όσο πιο ψηλός είσαι, και, ας πούμε, είσαι τα ίδια κιλά.*

E4-ΥΜ: *Όπως εσένα, κύριε.*

E4-ΥΜ: *Με τον άλλο, κύριε, έχεις όσα κιλά είσαι εσύ, κύριε, έχει και έναν που είναι τόσος. Εκείνος που είναι τόσος.*

E: *Πιο κοντός, εννοείς.*

E4-ΥΜ: *Ναι, κύριε θα πέσει από κάτω...*

E4-ΥΜ: *Φαίνεται πιο...*

E4-ΥΜ: *Ενώ εσύ θα είσαι από πάνω, δεν είναι;*

Ο τρόπος, με τον οποίο επιχειρηματολόγησαν οι μαθήτριες E9-ΥΜ και E4-ΥΜ υπερτερεί των επιχειρηματολογιών, οι οποίες εντάχθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα, επειδή πρόκειται για επιτυχημένες προσπάθειες συνδυασμού των δύο θεμελιωδών φυσικών μεγεθών, μάζας και όγκου, σε ένα αναλογικό σχήμα, το οποίο ταυτίζεται με το παράγωγο

φυσικό μέγεθος πυκνότητα. Αντιθέτως, η επιτυχέστερη μορφή επιχειρηματολογίας, η οποία εντάχθηκε στο επίπεδο 2 της επιχειρηματολογίας, αφορούσε την αξιοποίηση ολοκληρωμένων, αντικειμενικών δεδομένων (Πίνακας 13) και σωστών όλων των σχετικών δικαιολογητικών (Πίνακας 14). Σε αυτή, γινόταν επιτυχής έλεγχος των μεταβλητών, οι οποίες επηρέαζαν τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων. Δηλαδή, διατηρούνταν σταθερές δύο από τις τρεις μεταβλητές (μάζα, όγκος και είδος υγρού) και μεταβαλλόταν η τρίτη.

Οι άλλες δύο κατηγορίες, που εντάχθηκαν στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας, περιείχαν επιχειρήματα, στα οποία συμπεριλαμβάνονταν απορριπτικά κριτήρια. Στη μία, τα απορριπτικά κριτήρια αφορούσαν δεδομένα, ενώ στην άλλη, αφορούσαν δικαιολογητικά.

Στη μία από αυτές, που εντάχθηκε στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11), εντάχθηκε 1 επιχείρημα (ποσοστό 0.09%), το οποίο περιελάμβανε απορριπτικό κριτήριο που αφορούσε δεδομένο. Ακολουθεί το σχετικό απόσπασμα από τη συνέντευξη με την ομάδα E12-MX. Σε αυτό, ο μαθητής E12-MX και η μαθήτρια E12-MX συζητούσαν για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου O₂ στο νερό, στο δεύτερο μέρος της συνέντευξης (πείραμα Π_{2,2}). Ο μαθητής E12-MX αιτιολόγησε την πρόβλεψή του, ισχυριζόμενος πως το αντικείμενο O₃ είχε μεγαλύτερη μάζα από το O₂, λέγοντας «είναι λίγο πιο βαρύ.» Η μαθήτρια E12-MX, όμως, διαφώνησε αμέσως, λέγοντας «δεν είναι» και σημείωσε πως τα δύο αντικείμενα δε διέφεραν ως προς τη μάζα τους, αλλά ως προς τον όγκο τους, με το O₃ να έχει μεγαλύτερο όγκο από το O₂, λέγοντας «είναι πιο ψηλό.»

E12-MX: [Παίρνει το O₂.] Αυτό θα, θα, νομίζουμε όλο το άσπρο καπάκι θα είναι πάνω.

E12-MX: Όλο το άσπρο καπάκι. Όλο το καπάκι θα είναι πάνω λόγω ότι αυτό, το O₃, είναι λίγο πιο βαρύ, σημαίνει αυτό...

E12-MX: Δεν είναι. Είναι πιο ψηλό.

Στην άλλη κατηγορία, που εντάχθηκε στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11), εντάσσονταν όσα επιχειρήματα περιελάμβαναν απορριπτικά κριτήρια, που αφορούσαν κάποιο δικαιολογητικό. Σε αυτήν εντάχθηκαν 11 επιχειρήματα (ποσοστό 0.98%). Το απόσπασμα, που ακολουθεί, προέρχεται από τη συζήτηση των μαθητριών της ομάδας E15-MX για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M₅ στο νερό, στο πρώτο μέρος της συνέντευξης (πείραμα Π_{1,5}). Η συζήτηση ξεκίνησε με τη μαθήτρια E15-MX να προβλέπει πως το M₅ θα επέπλεε ψηλότερα από όλα τα υπόλοιπα αντικείμενα του πρώτου μέρους της συνέντευξης. Η E15-MX διαφώνησε και, ακολούθως, οι δύο μαθήτριες επέμειναν στην άποψή τους, χωρίς να αιτιολογήσουν τη διαφωνία τους. Στη συνέχεια, η

E15-MX προσπάθησε να στηρίξει την άποψή της, κάνοντας αναφορά στη σχέση των μαζών των αντικειμένων M_5 και M_4 και προβάλλοντας, παράλληλα, το δικαιολογητικό πως, επειδή ήταν πιο μεγάλη η μάζα, θα είχε χαμηλότερη θέση ισορροπίας το υπό εξέταση αντικείμενο, κάτι που δε συμφωνούσε με την αρχική πρόβλεψη της E15-MX. Μετά την εισήγηση του δικαιολογητικού, που είχε το ρόλο απορριπτικού κριτηρίου, αφού λέχθηκε από την E15-MX, για να απορρίψει την πρόβλεψη της συμμαθήτριάς της, η E15-MX πείσθηκε και άλλαξε την αρχική της πρόβλεψη, υιοθετώντας την πρόβλεψη της E15-MX.

E15-MX: [Παίρνει το M_5].

E15-MX: *Θα βγει εντελώς πάνω [γελάει].*

E15-MX: *Όχι.*

E15-MX: *Ναι.*

E15-MX: *Όχι.*

E15-MX: *Ναι.*

E15-MX: *Αφού το 95, το M_4 πήγε πιο κάτω. Ας πούμε, είναι πιο βαρύ. Και αυτό, που είναι ακόμα πιο βαρύ, θα πάει πιο κάτω. Θα πάει κάτω.*

E15-MX: *Αφού δεν έχει άλλο πιο κάτω.*

E15-MX: *Όχι. Θα πάει κάτω.*

E15-MX: *Θα πάει κάτω.*

Οι δύο κατηγορίες, οι οποίες εντάχθηκαν στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας και περιείχαν απορριπτικό κριτήριο, συνίστανται από επιχειρήματα, τα οποία υπερτερούν σε ποιότητα όλων των επιχειρημάτων των χαμηλότερων επιπέδων. Οι μαθητές, οι οποίοι τα εισηγήθηκαν, προέβηκαν σε συλλογισμό υψηλού επιπέδου, αφού όχι μόνο επέλεξαν ολοκληρωμένα, αντικειμενικά δεδομένα (Πίνακας 13) και αξιοποίησαν σωστά όλα τα σχετικά δικαιολογητικά (Πίνακας 14), είχαν, επιπρόσθετα, διακρίνει τη λανθασμένη αναφορά σε δεδομένο/α ή τη λανθασμένη αξιοποίηση δικαιολογητικού/ών, την οποία είχαν κάνει οι μαθητές, με τους οποίους συνεργάζονταν. Με τον τρόπο αυτό προσπάθησαν να εξηγήσουν στο/στη συμμαθητή/τρια τους το λάθος στη σκέψη τους και να τους διορθώσουν, συμβάλλοντας θετικά στην απόδοση της δυνάδας, στην οποία ανήκαν. Έδειξαν, παράλληλα, σιγουριά και βεβαιότητα για την ορθότητα της δικής τους επιχειρηματολογίας.

Ποσοτική Αποτίμηση της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας

Μετά την ανάλυση των συνεντεύξεων και την κατηγοριοποίηση των επιχειρημάτων των μαθητών, αναζητήθηκε η καλύτερη μέθοδος ποσοτικής αποτίμησης του κάθε

επιχειρήματος. Τα επιχειρήματα των επιπέδων 0 και 1 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11) αξιολογήθηκαν με βαθμό 0. Το επίπεδο 0 αξιολογήθηκε με βαθμό 0, επειδή σε αυτό εντάχθηκαν τα επεισόδια στα οποία οι μαθητές δεν επιχειρηματολόγησαν. Το επίπεδο 1 αξιολογήθηκε επίσης με βαθμό 0, επειδή η έκφραση αντίθεσης προς κάποια θέση, από μόνη της, όταν δηλαδή δε στηρίζεται σε οποιαδήποτε στοιχεία, δε συνιστά, σύμφωνα με τη θεωρία του Toulmin (1958), επιχείρημα.

Για να αποτιμηθεί ποσοτικά η $E_{επ}$ κάθε επιχειρήματος του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11), αποφασίστηκε όπως οι κατηγορίες των δεδομένων και των δικαιολογητικών ομαδοποιηθούν σε ευρύτερες κατηγορίες δεδομένων και δικαιολογητικών, αντίστοιχα, ώστε ο αριθμός των συνδυασμών να μειωθεί. Η απόφαση αυτή λήφθηκε, επειδή ο αριθμός των συνδυασμών των κατηγοριών των δεδομένων και των δικαιολογητικών, οι οποίες προέκυψαν από τη σταθερή συγκριτική μέθοδο ανάλυσης (Glaser, 1965· Valanides, 2010), ήταν πολύ μεγάλος και επειδή κάποιοι συνδυασμοί αντιπροσωπεύονταν με πολύ μικρές συχνότητες εμφάνισης. Ως προϋπόθεση για την ομαδοποίηση τέθηκε η διασφάλιση ότι παρόμοια επιχειρηματολογία θα είχε την ίδια ποσοτική αποτίμηση. Αυτό έγινε δυνατό με την ομαδοποίηση όσων συνδυασμών είχαν μικρή συχνότητα εμφάνισης με άλλους, που είχαν παρόμοια επιχειρηματολογία, ώστε να είναι δυνατή η ποσοτική τους αποτίμηση.

Αρχικά, ομαδοποιήθηκαν και ιεραρχήθηκαν ξεχωριστά οι κατηγορίες τόσο των δεδομένων όσο και των δικαιολογητικών, σε ευρύτερες κατηγορίες δεδομένων και δικαιολογητικών, αντίστοιχα, με βάση την ομοιότητα των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους. Η ομαδοποίηση σε ευρύτερες κατηγορίες έγινε με κριτήριο την ποιοτική εγγύτητα των δεδομένων και των δικαιολογητικών. Κατά τη διαδικασία της ομαδοποίησης, προέκυψε προβληματισμός τόσο για το πόσες θα ήταν οι ευρύτερες κατηγορίες, όσο και για το ποιες κατηγορίες θα εντάσσονταν στην κάθε ευρύτερη κατηγορία. Ο προβληματισμός αφορούσε τις κατηγορίες και των δύο στοιχείων του επιχειρήματος, των δεδομένων και των δικαιολογητικών. Για παράδειγμα, η έκτη κατηγορία δεδομένων, «Μερικά Αντικειμενικά» (Πίνακας 13), μπορούσε: α) να αποτελεί από μόνη της μια ευρύτερη κατηγορία δεδομένων, β) να ενταχθεί στην ίδια ευρύτερη κατηγορία με την τέταρτη κατηγορία δεδομένων, «Μερικά Αντικειμενικά και Υποκειμενικά μαζί» (Πίνακας 13), επειδή, στα επιχειρήματα και των δύο κατηγοριών, εντάσσεται αριθμός αντικειμενικών δεδομένων, αλλά όχι ολοκληρωμένα ή γ) να ενταχθεί στην ίδια ευρύτερη κατηγορία με την έβδομη κατηγορία δεδομένων, «Ολοκληρωμένα Αντικειμενικά»

(Πίνακας 13), επειδή, στα επιχειρήματα και των δύο κατηγοριών, εντάσσονται μόνο αντικειμενικά δεδομένα και καθόλου υποκειμενικά. Αποφασίστηκε όπως καταγραφούν όλες οι ομαδοποιήσεις δεδομένων και δικαιολογητικών, οι οποίες ικανοποιούσαν το κριτήριο της ποιοτικής εγγύτητας των επιμέρους κατηγοριών που τις αποτελούσαν.

Στη συνέχεια, οι ευρύτερες κατηγορίες δεδομένων και δικαιολογητικών ιεραρχήθηκαν θεωρητικά με κριτήριο την ποιότητα των δεδομένων και των δικαιολογητικών, αντίστοιχα, που περιείχαν.

Οι ευρύτερες κατηγορίες που προέκυψαν από την ομαδοποίηση των δεδομένων συνδυάστηκαν με τις ευρύτερες κατηγορίες που προέκυψαν από την ομαδοποίηση των δικαιολογητικών. Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής ήταν η δημιουργία συνδυασμών ευρύτερων κατηγοριών δεδομένων – ευρύτερων κατηγοριών δικαιολογητικών. Οι συνδυασμοί ήταν αριθμητικά ίσοι με το γινόμενο του αριθμού των ευρύτερων κατηγοριών των δεδομένων επί τον αριθμό των ευρύτερων κατηγοριών των δικαιολογητικών.

Έπειτα, καταγράφηκαν οι προβλέψεις των μαθητών για τη θέση ισορροπίας κάθε αντικειμένου ξεχωριστά. Οι προβλέψεις αυτές βαθμολογήθηκαν με βαθμό 1, όταν ήταν ορθές και με βαθμό 0, όταν ήταν λανθασμένες. Ορθές χαρακτηρίστηκαν, όταν συμφωνούσαν με το αποτέλεσμα του πειράματος, το οποίο εκτελείτο αμέσως μετά, και λανθασμένες, όταν δε συμφωνούσαν. Ακολούθως, βρέθηκε ο μέσος όρος του βαθμού των προβλέψεων για κάθε συνδυασμό ευρύτερων κατηγοριών δεδομένων και δικαιολογητικών, όπως αυτές προέκυψαν μετά τη διαδικασία της θεωρητικής ομαδοποίησής τους. Στη συνέχεια, οι συνδυασμοί ευρύτερων κατηγοριών δεδομένων και δικαιολογητικών σειροθετήθηκαν με κριτήριο το μέσο όρο του βαθμού των προβλέψεων, που αντιστοιχούσε στον κάθε συνδυασμό. Στο τέλος, έγινε αντιπαραβολή της σειροθέτησης αυτής με τη θεωρητική ιεράρχηση, που προηγήθηκε.

Η διαδικασία, ξεκινώντας από τη θεωρητική ιεράρχηση των κατηγοριών των δεδομένων και των κατηγοριών των δικαιολογητικών, με κριτήριο την ποιότητα των δεδομένων και των δικαιολογητικών, αντίστοιχα, που περιείχαν, μέχρι τη σειροθέτηση των συνδυασμών, επαναλήφθηκε για όλες τις ομαδοποιήσεις δεδομένων και δικαιολογητικών, οι οποίες ικανοποιούσαν το κριτήριο της ποιοτικής εγγύτητας των κατηγοριών, που τις αποτελούσαν.

Επιλέχθηκε τελικά η σειροθέτηση, στην οποία η αντιστοίχιση του μέσου όρου των ορθών προβλέψεων με τους συνδυασμούς ευρύτερων κατηγοριών δεδομένων και δικαιολογητικών, συνέπιπτε με τη θεωρητική τους ιεράρχηση.

Η τελική ομαδοποίηση των δεδομένων παρουσιάζεται στον Πίνακα 16. Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 16, οι κατηγορίες των δεδομένων ομαδοποιήθηκαν σε τρεις ευρύτερες κατηγορίες. Στην πρώτη ευρύτερη κατηγορία, εντάχθηκαν τα χαμηλότερου επιπέδου δεδομένα. Αυτά ήταν τα ανακριβή και τα άσχετα. Η πρώτη ευρύτερη κατηγορία δεδομένων ονομάστηκε «Μη Αποδεκτά.» Στη δεύτερη ευρύτερη κατηγορία, εντάχθηκαν όλες οι κατηγορίες των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν από τους μαθητές, οι οποίες περιελάμβαναν μη απόλυτα επιτυχή προσπάθεια εκ μέρους των μαθητών για αξιοποίηση δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, εντάχθηκαν οι κατηγορίες στις οποίες τα δεδομένα ήταν: α) μόνο υποκειμενικά, β) συνδυασμός υποκειμενικών με αντικειμενικά (μερικά ή ολοκληρωμένα) και γ) μόνο αντικειμενικά, αλλά όχι ολοκληρωμένα. Η δεύτερη ευρύτερη κατηγορία δεδομένων ονομάστηκε «Μερικώς Αποδεκτά.» Στην τρίτη ευρύτερη κατηγορία, εντάχθηκε η τελευταία κατηγορία δεδομένων, η οποία αφορούσε την αξιοποίηση ολοκληρωμένων και αντικειμενικών δεδομένων. Η τρίτη ευρύτερη κατηγορία κατηγοριών δεδομένων ονομάστηκε «Ολοκληρωμένα.»

Πίνακας 16

Ομαδοποίηση Κατηγοριών Δεδομένων

A/A	Ευρύτερη Κατηγορία Δεδομένων	Κατηγορίες Δεδομένων
1 ^η	Μη Αποδεκτά	Άσχετα Ανακριβή Υποκειμενικά
2 ^η	Μερικώς Αποδεκτά	Μερικά Αντικειμενικά και Υποκειμενικά μαζί Ολοκληρωμένα Αντικειμενικά και Υποκειμενικά μαζί Μερικά Αντικειμενικά
3 ^η	Ολοκληρωμένα	Ολοκληρωμένα Αντικειμενικά

Η τελική ομαδοποίηση των δικαιολογητικών παρουσιάζεται στον Πίνακα 17. Οι κατηγορίες των δικαιολογητικών ομαδοποιήθηκαν σε τέσσερις ευρύτερες κατηγορίες. Στην πρώτη, η οποία ονομάστηκε «Μη Αποδεκτά,» εντάχθηκαν η κατηγορία κατά την οποία οι μαθητές δε συμπεριέλαβαν δικαιολογητικό στο επιχειρήμα τους (κατηγορία 1 στον Πίνακα 14), όλες οι κατηγορίες που περιελάμβαναν ένα ή περισσότερα λανθασμένα δικαιολογητικά (κατηγορίες 2, 3, 4 και 5 στον Πίνακα 14), και οι κατηγορίες κατά τις οποίες οι μαθητές δεν αξιοποίησαν ένα δικαιολογητικό ή το υποβάθμισαν, παρόλο που έκαναν αναφορά σε αυτό (κατηγορίες 6 και 7 στον Πίνακα 14). Στη δεύτερη ευρύτερη κατηγορία, η οποία ονομάστηκε «Συνδυασμός Ορθών και Μη Αποδεκτών,» εντάχθηκαν

Πίνακας 17

Ομαδοποίηση Κατηγοριών Δικαιολογητικών

A/A	Ευρύτερη Κατηγορία Δικαιολογητικών	Χαρακτηριστικά Δικαιολογητικών	Κατηγορία / ες ^α
1 ^η	Μη Αποδεκτά	Καθόλου, λανθασμένα ή προβληματική αξιοποίηση	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
2 ^η	Συνδυασμός Ορθών και Μη Αποδεκτών	Μερικά ορθά	8, 9, 10, 11
3 ^η	Μη Εγκαθιδρυμένα	Μη εγκαθιδρυμένα	12, 13
4 ^η	Ορθά, Ολοκληρωμένα	Όλα ορθά	14

Σημείωση: α= Όπως αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 14.

όλες οι περιπτώσεις, στις οποίες οι μαθητές αξιοποίησαν ορθά ένα ή περισσότερα δικαιολογητικά, αλλά, κάποιο ή κάποια άλλα δικαιολογητικά τα αγνόησαν ή, ενώ είχαν τη δυνατότητα να τα εγκαθιδρύνουν, δεν το έκαναν (κατηγορίες 8, 9, 10 και 11 στον Πίνακα 14). Στην τρίτη ευρύτερη κατηγορία, η οποία ονομάστηκε «Μη Εγκαθιδρυμένα,» εντάχθηκαν όλες οι κατηγορίες, που περιελάμβαναν μόνο μη εγκαθιδρυμένα δικαιολογητικά (κατηγορίες 12 και 13 στον Πίνακα 14), είτε οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να τα εγκαθιδρύνουν, αλλά δεν το έκαναν, είτε δεν είχαν τη δυνατότητα αυτή. Στην τέταρτη ευρύτερη κατηγορία, η οποία ονομάστηκε «Ορθά, Ολοκληρωμένα,» εντάχθηκε μία κατηγορία (κατηγορία 14 στον Πίνακα 14), η οποία αφορούσε τα επιχειρήματα κατά τα οποία το σύνολο των δικαιολογητικών που έπρεπε να ληφθούν υπόψη, ώστε να προκύψει ορθή πρόβλεψη, λήφθηκαν υπόψη ορθά από τους μαθητές.

Από το συνδυασμό των τριών ευρύτερων κατηγοριών δεδομένων (Πίνακας 16) με τις τέσσερις ευρύτερες κατηγορίες δικαιολογητικών (Πίνακας 17) προέκυψαν 12 συνδυασμοί, οι οποίοι αντιστοιχούσαν σε 12 επιμέρους επίπεδα του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11). Οι συνδυασμοί αυτοί κωδικοποιήθηκαν και παρουσιάζονται στον Πίνακα 18. Κάθε κωδικός αρχίζει με το γράμμα Σ, το οποίο ακολουθείται από δύο δείκτες. Ο πρώτος δείκτης αντιπροσωπεύει την ευρύτερη κατηγορία δεδομένων με τον ίδιο αριθμό, όπως αυτή παρουσιάζεται στον Πίνακα 16, και ο δεύτερος δείκτης αντιπροσωπεύει την ευρύτερη κατηγορία δικαιολογητικών με τον ίδιο αριθμό, όπως αυτή παρουσιάζεται στον Πίνακα 17. Για παράδειγμα, ο κωδικός Σ_{1,2} αντιστοιχεί με την 1^η ευρύτερη κατηγορία δεδομένων του Πίνακα 16, δηλαδή την κατηγορία «Μη

Πίνακας 18

Κωδικοποίηση Συνδυασμών Ευρύτερων Κατηγοριών Δεδομένων – Δικαιολογητικών

		Ευρύτερες Κατηγορίες Δεδομένων		
		Μη Αποδεκτά	Μερικώς Αποδεκτά	Ολοκλη- ρωμένα
Ευρύτερες Κατηγορίες Δικαιολογητικών	Μη Αποδεκτά	$\Sigma_{1,1}$	$\Sigma_{2,1}$	$\Sigma_{3,1}$
	Συνδυασμός Ορθών και Μη Αποδεκτών	$\Sigma_{1,2}$	$\Sigma_{2,2}$	$\Sigma_{3,2}$
	Μη Εγκαθιδρυμένα	$\Sigma_{1,3}$	$\Sigma_{2,3}$	$\Sigma_{3,3}$
	Ορθά, Ολοκληρωμένα	$\Sigma_{1,4}$	$\Sigma_{2,4}$	$\Sigma_{3,4}$

Αποδεκτά» δεδομένα και τη 2^η ευρύτερη κατηγορία δικαιολογητικών του Πίνακα 17, δηλαδή την κατηγορία «Συνδυασμός Ορθών και Μη Αποδεκτών» δικαιολογητικών. Ο κωδικός $\Sigma_{2,1}$ αντιστοιχεί με τη 2^η ευρύτερη κατηγορία δεδομένων του Πίνακα 16, δηλαδή την κατηγορία «Μερικώς Αποδεκτά» δεδομένα και την 1^η ευρύτερη κατηγορία δικαιολογητικών του Πίνακα 17, δηλαδή την κατηγορία «Μη Αποδεκτά» δικαιολογητικά.

Στον Πίνακα 19, παρουσιάζεται η ποσοτική αποτίμηση της επιχειρηματολογίας κάθε συνδυασμού ευρύτερων κατηγοριών δεδομένων – δικαιολογητικών. Από τον Πίνακα 19, προκύπτει πως κάθε ποιοτικότερη ευρύτερη κατηγορία δεδομένων αξιολογείται ποσοτικά με μεγαλύτερο βαθμό από κάθε λιγότερο ποιοτική ευρύτερη κατηγορία δεδομένων. Το ίδιο ισχύει και για τις ευρύτερες κατηγορίες των δικαιολογητικών. Εξαιρέση αποτέλεσαν δύο συνδυασμοί ευρύτερων κατηγοριών δεδομένων – δικαιολογητικών, οι $\Sigma_{1,2}$ και $\Sigma_{1,4}$ (όπως αυτοί κωδικοποιήθηκαν στον Πίνακα 18), οι οποίοι αξιολογήθηκαν με βαθμό 0, βαθμός που ήταν ίσος με το βαθμό του συνδυασμού $\Sigma_{1,1}$ και μικρότερος από το βαθμό του συνδυασμού $\Sigma_{1,3}$. Αυτό αποδίδεται στο μικρό αριθμό των επιχειρημάτων που εντάχθηκαν στους συνδυασμούς αυτούς. Συγκεκριμένα, στο συνδυασμό $\Sigma_{1,2}$ εντάχθηκαν 2 επιχειρήματα και στο συνδυασμό $\Sigma_{1,4}$ εντάχθηκε 1 επιχείρημα. Επειδή οι αριθμοί των επιχειρημάτων που εντάχθηκαν στους συνδυασμούς που δεν ακολουθούσαν την υιοθετημένη αρχή πως κάθε ποιοτικότερος συνδυασμός αξιολογείται ποσοτικά με μεγαλύτερο βαθμό από κάθε λιγότερο ποιοτικό συνδυασμό, ήταν πολύ μικρός, συγκριτικά με τον αριθμό των επιχειρημάτων του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας (862 επιχειρήματα, Πίνακας 12), αποφασίστηκε όπως υιοθετηθεί η συγκεκριμένη ομαδοποίηση και η αντίστοιχη ποσοτική της αποτίμηση.

Πίνακας 19

Ποσοτική Αποτίμηση της Επιχειρηματολογίας Συνδυασμών Ευρύτερων Κατηγοριών Δεδομένων – Δικαιολογητικών

		Ευρύτερες Κατηγορίες Δεδομένων		
		Μη Αποδεκτά	Μερικώς Αποδεκτά	Ολοκλη- ρωμένα
Ευρύτερες Κατηγορίες Δικαιολογητικών	Μη Αποδεκτά	.00	.27	.44
	Συνδυασμός Ορθών και Μη Αποδεκτών	.00	.36	.50
	Μη Εγκαθιδρυμένα	.17	.48	.61
	Ορθά, Ολοκληρωμένα	.00	.52	1.00

Για να αποτιμηθεί ποσοτικά η $E_{επ}$ κάθε επιχειρήματος του επιπέδου 3 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11), ακολουθήθηκαν δύο διαδικασίες, ανάλογα με τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων του επιπέδου. Στα επιχειρήματα που περιλαμβάνονταν υποστηρικτική δήλωση, αυτή βαθμολογείτο επιπρόσθετα προς την αξιολόγηση του επιχειρήματος. Και τα δύο, επιχείρημα και υποστηρικτική δήλωση, βαθμολογούνταν με τη βαθμολόγηση που προέκυψε από τη διαδικασία ποσοτικής αποτίμησης των επιχειρημάτων του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας. Μετά, οι δύο βαθμοί προστίθεντο, για να προκύψει ο βαθμός του επιχειρήματος. Με τη διαδικασία αυτή, το δικαιολογητικό είχε προσθετική αξία προς το επιχείρημα του μαθητή. Στα επιχειρήματα που περιλαμβάνονταν απορριπτικό κριτήριο, ανεξάρτητα από το αν αυτό αφορούσε δεδομένο ή δικαιολογητικό, βαθμολογούνταν και πάλι δύο στοιχεία. Το πρώτο αφορούσε το ίδιο το επιχείρημα του μαθητή, που ανέφερε το απορριπτικό κριτήριο. Το επιχείρημα βαθμολογείτο επίσης με τη βαθμολόγηση που προέκυψε από τη διαδικασία ποσοτικής αποτίμησης των επιχειρημάτων του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας. Επιπρόσθετα, βαθμολογείτο η διαφορά στην επιχειρηματολογία του δεύτερου μαθητή της ομάδας, πριν και μετά την αναφορά του απορριπτικού κριτηρίου. Η διαφορά στις δύο μετρήσεις αντιπροσώπευε τη βελτίωση στην επιχειρηματολογία του δεύτερου μαθητή. Αυτή οφειλόταν στην αναφορά, από τον πρώτο μαθητή, του απορριπτικού κριτηρίου. Η βελτίωση αυτή προστίθετο στο βαθμό με τον οποίο αξιολογείτο το επιχείρημα του πρώτου μαθητή, επειδή αυτός την ενεργοποίησε, με το απορριπτικό κριτήριο που ανέφερε. Ο μέσος όρος των βαθμών των επιχειρημάτων των μαθητών, που εντάχθηκαν στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας, αντιπροσώπευε την ποσοτική αποτίμηση των επιχειρημάτων του επιπέδου. Αυτός ήταν 1.43.

Στο τέλος, βρέθηκε το άθροισμα της ποσοτικής αποτίμησης των επιχειρημάτων κάθε

μαθητή ξεχωριστά στα 17 από τα 18 πειράματα, αφού, το πρώτο πείραμα εξαιρέθηκε από τις αναλύσεις. Όπως αναφέρθηκε, μερικοί μαθητές φάνηκε αρχικά να μην κατανοούν επαρκώς τις δοθείσες από τον ερευνητή οδηγίες, ενώ άλλοι ήταν συγκρατημένοι και φειδωλοί. Το άθροισμα αυτό αντιπροσώπευε την $E_{\text{επ}}$ του μαθητή. Επομένως, η $E_{\text{επ}}$, για κάθε μαθητή/τρια, μπορούσε να κυμανθεί από 0 (αν η επιχειρηματολογία του/της σε όλα τα πειράματα αξιολογείτο με 0) μέχρι 24.31 (αν η επιχειρηματολογία του/της σε όλα τα πειράματα αξιολογείτο με το μέγιστο δυνατό βαθμό, δηλαδή 1.43).

Παράγοντες που Επηρεάζουν την Επίδοση Επιχειρηματολογίας

Στον Πίνακα 20, παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία της $E_{\text{επ}}$ των μαθητών, που συμμετείχαν στην έρευνα, ανά τάξη και ομάδα Γ.Γ.Ι., ενώ στο Σχήμα 9, παρουσιάζονται οι μέσοι όροι της $E_{\text{επ}}$ των μαθητών ανά τάξη και ομάδα Γ.Γ.Ι.

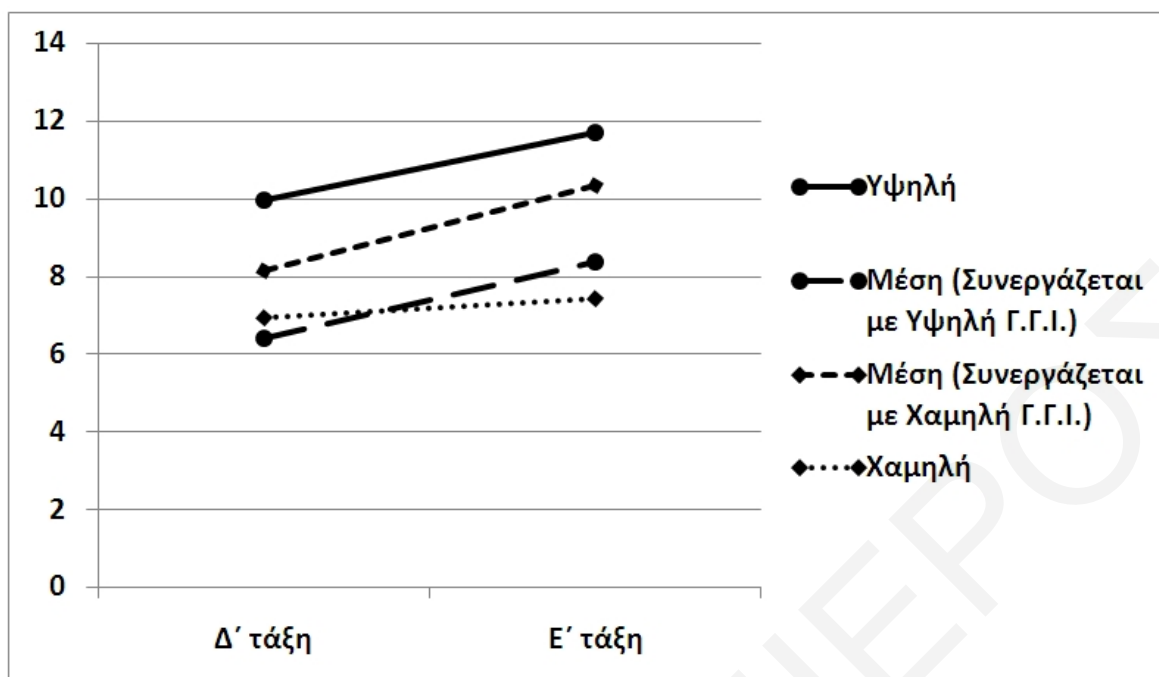
Πίνακας 20

Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας ανά Τάξη και Ομάδα Γ.Γ.Ι.

Γ.Γ.Ι. Μαθητή	Τάξη						Σύνολο		
	Δ'			Ε'					
	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n
Χαμηλή	6.94	3.67	8	7.41	3.08	9	7.20	3.27	17
Μέση (Συνεργάζεται με Χαμηλή Γ.Γ.Ι.)	8.14	3.59	8	10.35	1.96	9	9.31	2.97	17
Μέση (Συνεργάζεται με Υψηλή Γ.Γ.Ι.)	6.39	2.25	7	8.39	4.17	9	7.51	3.51	16
Υψηλή	9.97	1.60	7	11.72	2.41	9	10.96	2.22	16
Σύνολο	7.84	3.13	30	9.47	3.35	36	8.73	3.33	66

Σημείωση: Η Επίδοση Επιχειρηματολογίας μπορούσε να κυμανθεί από 0 – 24.31.

Από τον Πίνακα 20 και το Σχήμα 9 προκύπτει πως οι μαθητές της Ε' τάξης είχαν μεγαλύτερο μέσο όρο $E_{\text{επ}}$ από τους μαθητές της Δ' τάξης. Η παρατήρηση αυτή, εκτός από το σύνολο των μαθητών των δύο τάξεων, ισχύει και για την κάθε ομάδα Γ.Γ.Ι. ξεχωριστά, στην οποία εντάχθηκαν οι μαθητές. Παρουσιάζονται ξεχωριστά οι μέσοι όροι της $E_{\text{επ}}$ των δύο ομάδων μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., δηλαδή της μίας ομάδας μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάστηκαν με μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι. και της άλλης ομάδας μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάστηκαν με μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. Αυτό έγινε, επειδή οι



Σχήμα 9. Μέσοι Όροι Επίδοσης Επιχειρηματολογίας ανά Τάξη και Γ.Γ.Ι.

μέσοι όροι της $E_{\varepsilon\pi}$ των δύο αυτών ομάδων παρουσίαζαν μεγάλη διαφορά μεταξύ τους, αλλά μικρότερη διαφορά, ο καθένας ξεχωριστά, με το μέσο όρο $E_{\varepsilon\pi}$ μιας από τις άλλες δύο ομάδες Γ.Γ.Ι. μαθητών. Οι μέσοι όροι της $E_{\varepsilon\pi}$ ανά ομάδα Γ.Γ.Ι. ήταν, κατά αύξουσα σειρά, 7.20 για την ομάδα μαθητών με χαμηλή Γ.Γ.Ι., 7.51 για την ομάδα μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάστηκαν με μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι., 9.31 για την ομάδα μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάστηκαν με μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι. και 10.96 για την ομάδα μαθητών με υψηλή Γ.Γ.Ι. (Πίνακας 20). Η σειροθέτηση των ομάδων Γ.Γ.Ι. μαθητών που σημειώθηκε, ισχύει εκτός από το σύνολο των μαθητών, που συμμετείχαν, και στους μαθητές της Ε' τάξης. Στους μαθητές της Δ' τάξης, υπήρξε μια διαφοροποίηση στη σειρά των ομάδων, με κριτήριο το μέσο όρο της $E_{\varepsilon\pi}$. Μικρότερο μέσο όρο $E_{\varepsilon\pi}$ είχαν οι μαθητές με μέση Γ.Γ.Ι., που συνεργάζονταν με μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. και, αμέσως μεγαλύτερο, οι μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι. Οι υπόλοιπες δύο ομάδες της Δ' τάξης κατατάχθηκαν, με κριτήριο το μέσο όρο $E_{\varepsilon\pi}$, όπως και οι μαθητές της Ε' τάξης, αλλά και το σύνολο των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 9.

Για να διερευνηθεί αν οι διαφορές στους μέσους όρους της $E_{\varepsilon\pi}$, ήταν στατιστικά σημαντικές, διενεργήθηκε ανάλυση διασποράς 2 (τάξη) X 4 (ομάδα Γ.Γ.Ι.), με εξαρτημένη μεταβλητή την $E_{\varepsilon\pi}$. Πριν από τη διενέργεια της ανάλυσης διασποράς, ελέγχθηκε αν υπάρχει ομοιογένεια στις διασπορές των ομάδων (homogeneity of variance). Αυτό έγινε με το Levene's test of equality of error variances, το οποίο έδειξε πως δεν υπήρχε στατιστικά

σημαντική διαφορά στις διασπορές των ομάδων $F(7, 58) = .178$, $p = .178$. Επομένως, μπορούσε να θεωρηθεί πως υπήρχε ομοιογένεια στις διασπορές των ομάδων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς παρουσιάζονται στον Πίνακα 21.

Πίνακας 21

Ανάλυση Διασποράς 2 (Τάξη) X 4 (Ομάδα Γ.Γ.Ι.)
με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση Επιχειρηματολογίας

Ανεξάρτητη Μεταβλητή	SS	df	MS	F	η^2	Επίπεδο Σημαντικότητας
Διορθωμένο Μοντέλο	198.20	7	28.32	3.15		.007
Intercept	4903.71	1	4903.71	544.81		.000
Γ.Γ.Ι. (Α)	143.77	3	47.92	5.32	.201	.003
Τάξη (Β)	42.15	1	42.15	4.68	.059	.035
Αλληλεπίδραση						
A X B	7.62	3	2.54	.28	.011	.838
Λάθος	522.05	58	9.00			
Σύνολο						
Σύνολο	5749.60	66				
Διορθωμένο Σύνολο	720.25	65				

Σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (Πίνακας 21), δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση ανάμεσα στις μεταβλητές ομάδα Γ.Γ.Ι. και τάξη, αναφορικά με την $E_{\text{επ}}$ των μαθητών $F(3, 58) = .28$, $p = .838$. Υπήρχαν, όμως, στατιστικά σημαντικές διαφορές στους μέσους όρους της $E_{\text{επ}}$ ανάλογα με την ομάδα Γ.Γ.Ι. των μαθητών, $F(3, 58) = 5.32$, $p = .003$, $\eta^2 = .201$ και ανάλογα με την τάξη των μαθητών, $F(1, 58) = 4.68$, $p = .035$, $\eta^2 = .059$.

Ακολούθησαν έλεγχοι post-hoc με τις μεθόδους LSD και Scheffe, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 22.

Από τον έλεγχο post-hoc, με τη μέθοδο LSD (Πίνακας 22), προέκυψε πως η διαφορά στο μέσο όρο της $E_{\text{επ}}$ των μαθητών με υψηλή Γ.Γ.Ι. ήταν στατιστικά σημαντική, σε επίπεδο $p < .005$, από το μέσο όρο της $E_{\text{επ}}$ των μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., που συνεργάστηκαν με μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. (δηλαδή των μαθητών με τους οποίους συνεργάστηκαν) και σε επίπεδο $p < .001$, από το μέσο όρο της $E_{\text{επ}}$ των μαθητών με χαμηλή Γ.Γ.Ι. Αντιθέτως, δεν ήταν στατιστικά σημαντική η διαφορά του μέσου όρου της $E_{\text{επ}}$ της ίδιας ομάδας μαθητών, από το μέσο όρο της $E_{\text{επ}}$ των μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάστηκαν με μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι. Στατιστικά σημαντική, σε επίπεδο $p < .05$, ήταν και η διαφορά

Πίνακας 22

Σύγκριση Μέσων Όρων Επίδοσης
Επιχειρηματολογίας Ομάδων Γ.Γ.Ι. Μαθητών

	Ομάδα Γ.Γ.Ι. (Α)	Ομάδα Γ.Γ.Ι. (Β)	Διαφορά Μέσων Όρων Επίδοσης Επιχειρηματολογίας (Α-Β)
LSD	Υψηλή	Μέση – Υψηλή ^α	3.45***
		Μέση – Χαμηλή ^β	1.65
		Χαμηλή	3.76****
	Μέση – Υψηλή	Μέση – Χαμηλή	-1.80
		Χαμηλή	.32
	Μέση – Χαμηλή	Χαμηλή	2.11*
Scheffe	Υψηλή	Μέση – Υψηλή	3.45*
		Μέση – Χαμηλή	1.65
		Χαμηλή	3.76**
	Μέση – Υψηλή	Μέση – Χαμηλή	-1.80
		Χαμηλή	.32
	Μέση – Χαμηλή	Χαμηλή	2.11

Σημείωση:

- α: Ομάδα μαθητών με Μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάζονται με μαθητές με Υψηλή Γ.Γ.Ι.
 β: Ομάδα μαθητών με Μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάζονται με μαθητές με Χαμηλή Γ.Γ.Ι.
 *: Η διαφορά στους μέσους όρους είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < .05$
 **: Η διαφορά στους μέσους όρους είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < .01$
 ***: Η διαφορά στους μέσους όρους είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < .005$
 ****: Η διαφορά στους μέσους όρους είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < .001$

στο μέσο όρο της $E_{\text{επ}}$ των μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., που συνεργάστηκαν με μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι., από το μέσο όρο της $E_{\text{επ}}$ των μαθητών με χαμηλή Γ.Γ.Ι. (δηλαδή των μαθητών με τους οποίους συνεργάστηκαν). Συνοπτικά, στατιστικά σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν: α) μεταξύ της ομάδας μαθητών με υψηλή Γ.Γ.Ι. και της ομάδας με χαμηλή Γ.Γ.Ι. και β) μεταξύ των δύο ζευγαριών ομάδων μαθητών, οι οποίες συνεργάστηκαν. Της ομάδας με υψηλή Γ.Γ.Ι. από την ομάδα με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάστηκαν με μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. και της ομάδας με χαμηλή Γ.Γ.Ι. από την ομάδα με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάστηκαν με μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι. Σε όλες τις περιπτώσεις, η ομάδα με την υψηλότερη Γ.Γ.Ι. είχε μεγαλύτερο μέσο όρο $E_{\text{επ}}$ από την ομάδα με τη χαμηλότερη Γ.Γ.Ι.

Από τον έλεγχο post-hoc, με τη μέθοδο Scheffe (Πίνακας 22), αναδείχθηκαν ως στατιστικά σημαντικές οι ίδιες διαφορές στους μέσους όρους της $E_{\text{επ}}$ των μαθητών των ομάδων με αυτές που αναδείχθηκαν με τη μέθοδο LSD, εκτός από τη διαφορά στο μέσο όρο της $E_{\text{επ}}$ των μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάστηκαν με μαθητές με χαμηλή

Γ.Γ.Ι. από το μέσο όρο της $E_{\text{επ}}$ των μαθητών με χαμηλή Γ.Γ.Ι. ($p = .250$).

Στη συνέχεια έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης διασποράς με τα αποτελέσματα της ποιοτικής αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας των μαθητών. Στον Πίνακα 23, καταγράφονται οι συχνότητες εμφάνισης κάθε επιπέδου επιχειρηματολογίας ανά τάξη, και στον Πίνακα 24, οι συχνότητες εμφάνισης κάθε επιπέδου επιχειρηματολογίας ανά ομάδα Γ.Γ.Ι. Ειδικότερα, για το επίπεδο 2 της επιχειρηματολογίας (Πίνακας 11), παρουσιάζονται ξεχωριστά οι συχνότητες για το καθένα από τα 12 επιμέρους επίπεδα, που αντιστοιχούν στους 12 συνδυασμούς ευρύτερων ομάδων κατηγοριών δεδομένων – δικαιολογητικών (Πίνακας 18).

Πίνακας 23

Συχνότητες Στρατηγικών Επιχειρηματολογίας ανά Τάξη

Επίπεδο Επιχειρηματολογίας ^α	Ποσοτική Αποτίμηση Επιπέδου	Τάξη				Σύνολο
		Δ'		Ε'		
Επιμέρους Επίπεδο		n	Σταθμισμένα ^γ	n	Σταθμισμένα	n
0	.00	112	3.73	110	3.06	222
1	.00	2	.07	1	.03	3
Σ _{1,1} ^β	.00	0	.00	1	.03	1
Σ _{1,2}	.00	0	.00	2	.06	2
Σ _{1,4}	.00	1	.03	0	.00	1
Σ _{1,3}	.17	3	.10	3	.08	6
Σ _{2,1}	.27	28	.93	36	1.00	64
Σ _{2,2}	.36	120	4.00	100	2.78	220
Σ _{3,1}	.44	26	.87	17	.47	43
Σ _{2,3}	.48	19	.63	21	.58	40
Σ _{3,2}	.50	2	.07	4	.11	6
Σ _{2,4}	.52	59	1.97	74	2.06	133
Σ _{3,3}	.61	26	.87	45	1.25	71
Σ _{3,4}	1.00	103	3.43	172	4.78	275
3	1.43	9	.30	26	.72	35
Σύνολο		510	17.00	612	17.01 ^δ	1122

Σημείωση:

α: Τα 12 επιμέρους επίπεδα του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας σειροθετήθηκαν με κριτήριο την ποσοτική τους αποτίμηση (Πίνακας 19), από το χαμηλότερο στο υψηλότερο.

β: Συνδυασμοί ευρύτερων ομάδων κατηγοριών δεδομένων – δικαιολογητικών, όπως κωδικοποιήθηκαν στον Πίνακα 18.

γ: Η στάθμιση έγινε επειδή οι συμμετέχοντες ανά τάξη δεν ήταν ισάριθμοι. Προέκυψε από τη διαίρεση της συχνότητας εμφάνισης κάθε επιπέδου διά τον αριθμό των συμμετεχόντων, που ήταν 30 για την Δ' τάξη και 36 για την Ε' τάξη.

δ: Το άθροισμα της στήλης είναι 17.01 λόγω στρογγυλοποίησης των σταθμίσεων στο πλησιέστερο εκατοστό.

Πίνακας 24

Συχνότητες Στρατηγικών Επιχειρηματολογίας ανά Ομάδα Γ.Γ.Ι.

Επίπεδο Επιχειρημα- τολογίας ^α	Ποσο- τική Αποτί- μηση Επιπέ- δου	Ομάδα Γ.Γ.Ι.								Σύνολο n	
		Χαμηλή		Μέση, Συνεργάζεται με Χαμηλή		Μέση, Συνεργάζεται με Υψηλή		Υψηλή			
		n	Στ. γ	n	Στ.	n	Στ.	n	Στ.		
0	.00	87	5.12	40	2.35	78	4.88	17	1.06	222	
1	.00	0	.00	0	.00	2	.13	1	.06	3	
	Σ _{1,1} ^β	.00	0	.00	1	.06	0	.00	0	.00	1
	Σ _{1,2}	.00	0	.00	0	.00	2	.13	0	.00	2
	Σ _{1,4}	.00	0	.00	0	.00	0	.00	1	.06	1
	Σ _{1,3}	.17	2	.12	3	.18	0	.00	1	.06	6
	Σ _{2,1}	.27	23	1.35	14	.82	15	.94	12	.75	64
2	Σ _{2,2}	.36	58	3.41	53	3.12	46	2.88	63	3.94	220
	Σ _{3,1}	.44	10	.59	15	.88	11	.69	7	.44	43
	Σ _{2,3}	.48	7	.41	13	.76	11	.69	9	.56	40
	Σ _{3,2}	.50	0	.00	0	.00	4	.25	2	.13	6
	Σ _{2,4}	.52	24	1.41	45	2.65	29	1.81	35	2.19	133
	Σ _{3,3}	.61	13	.76	24	1.41	14	.88	20	1.25	71
	Σ _{3,4}	1.00	61	3.59	74	4.35	51	3.19	89	5.56	275
3	1.43	4	.24	7	.41	9	.56	15	.94	35	
Σύνολο		289	17.00	289	16.99 ^δ	272	17.03 ^ε	272	17.00	1122	

Σημείωση:

α: Τα 12 επιμέρους επίπεδα του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας σειροθετήθηκαν με κριτήριο την ποσοτική τους αποτίμηση (Πίνακας 19), από το χαμηλότερο στο υψηλότερο.

β: Συνδυασμοί ευρύτερων ομάδων κατηγοριών δεδομένων – δικαιολογητικών, όπως κωδικοποιήθηκαν στον Πίνακα 18.

γ: Με τη συντομογραφία Στ. δηλώνεται η λέξη «Στάθμιση.» Η στάθμιση έγινε επειδή οι συμμετέχοντες ανά ομάδα Γ.Γ.Ι. δεν ήταν ισάριθμοι. Προέκυψε από τη διαίρεση της συχνότητας εμφάνισης κάθε επιπέδου διά τον αριθμό των συμμετεχόντων. Ήταν 17 για τις ομάδες με Χαμηλή Γ.Γ.Ι. και με Μέση Γ.Γ.Ι., που συνεργάζονταν με Χαμηλή Γ.Γ.Ι. Ήταν 16 για τις ομάδες με Υψηλή Γ.Γ.Ι. και με Μέση Γ.Γ.Ι., που συνεργάζονταν με Υψηλή Γ.Γ.Ι.

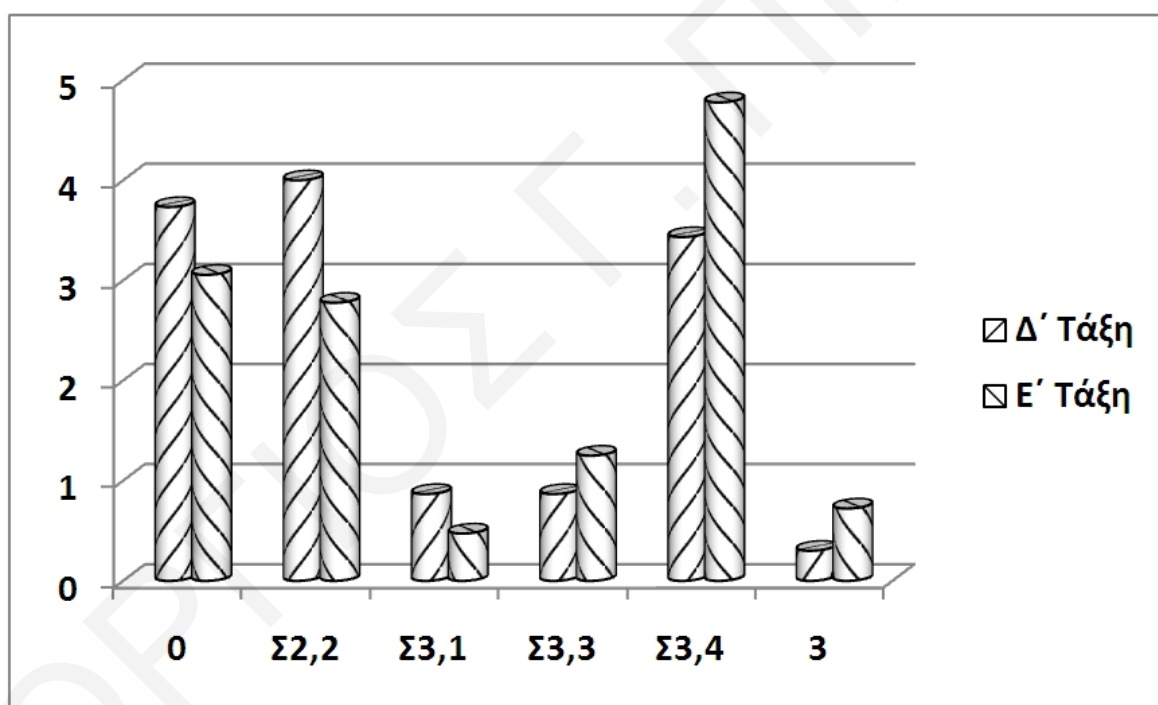
δ: Το άθροισμα της στήλης είναι 16.99 λόγω στρογγυλοποίησης των σταθμίσεων στο πλησιέστερο εκατοστό.

ε: Το άθροισμα της στήλης είναι 17.03 λόγω στρογγυλοποίησης των σταθμίσεων στο πλησιέστερο εκατοστό.

Επειδή οι αριθμοί των μαθητών, που συμμετείχαν στην έρευνα, τόσο ανά τάξη, όσο και ανά ομάδα Γ.Γ.Ι., ήταν διαφορετικοί, στους Πίνακες 23 και 24, παρουσιάζονται και σταθμισμένες οι συχνότητες που καταγράφηκαν. Η στάθμιση στον Πίνακα 23 έγινε με τη διαίρεση της συχνότητας εμφάνισης κάθε επιπέδου ή επιμέρους επιπέδου επιχειρηματολογίας διά τον αριθμό των μαθητών της τάξης, που ήταν 30 για την Δ' τάξη και 36 για την Ε' τάξη. Η στάθμιση στον Πίνακα 24 έγινε με τη διαίρεση της συχνότητας εμφάνισης κάθε επιπέδου ή επιμέρους επιπέδου επιχειρηματολογίας διά τον αριθμό των μαθητών της ομάδας Γ.Γ.Ι. Ο αριθμός αυτός ήταν 17 για τις ομάδες μαθητών με: α) χαμηλή Γ.Γ.Ι. και β) με μέση Γ.Γ.Ι., που συνεργάζονταν με μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι.

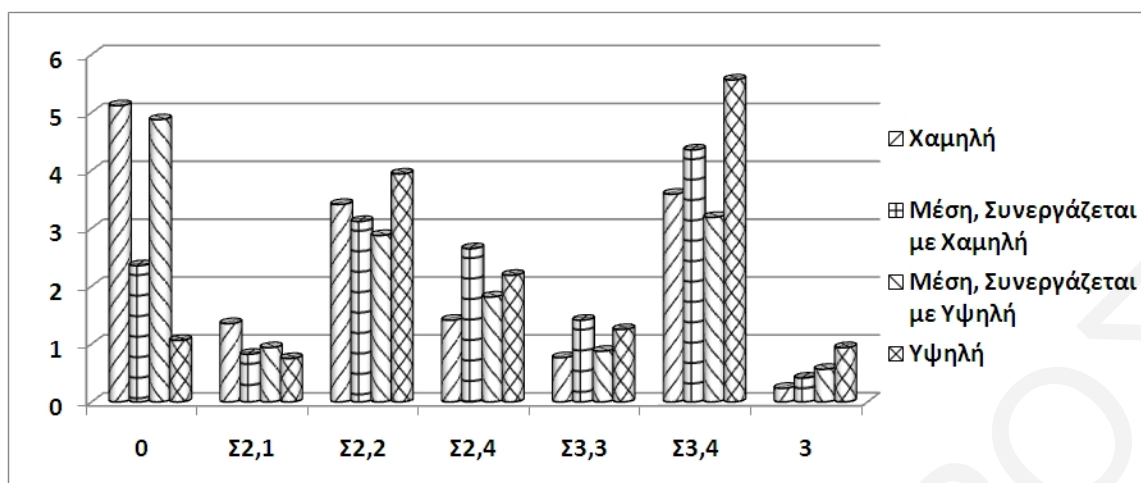
Ήταν 16 για τις ομάδες μαθητών με: α) υψηλή Γ.Γ.Ι. και β) με μέση Γ.Γ.Ι., που συνεργάζονταν με μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι.

Για τη σύγκριση των σταθμισμένων συχνοτήτων εμφάνισης κάθε επιπέδου ή επιμέρους επιπέδου επιχειρηματολογίας ανά τάξη και ανά ομάδα Γ.Γ.Ι., επιλέχθηκαν τα επίπεδα και τα επιμέρους επίπεδα, στα οποία οι ομάδες μαθητών διαφοροποιήθηκαν περισσότερο από τις υπόλοιπες. Οι σταθμισμένες συχνότητες εμφάνισης των στρατηγικών επιχειρηματολογίας, στις οποίες οι μαθητές της Δ΄ τάξης διαφοροποιήθηκαν περισσότερο από τους μαθητές της Ε΄ τάξης, παρουσιάζονται στο Σχήμα 10. Οι σταθμισμένες συχνότητες εμφάνισης των τεσσάρων ομάδων Γ.Γ.Ι., στις οποίες οι μαθητές διαφοροποιήθηκαν περισσότερο, ανάλογα με την ομάδα, στην οποία είχαν ενταχθεί, παρουσιάζονται στο Σχήμα 11.



Σχήμα 10. Σταθμισμένες Συχνότητες Εμφάνισης Επιπέδων – Επιμέρους Επιπέδων Επιχειρηματολογίας με τη Μεγαλύτερη Διαφοροποίηση ανά Τάξη.

Από τη σύγκριση των σταθμισμένων συχνοτήτων εμφάνισης των επιπέδων και των επιμέρους επιπέδων επιχειρηματολογίας με τη μεγαλύτερη διαφοροποίηση ανά τάξη (Σχήμα 10), προκύπτει πως καταγράφηκαν περισσότερες περιπτώσεις επιχειρημάτων, που εντάχθηκαν στο επίπεδο 0 και στα επιμέρους επίπεδα Σ_{2,2} και Σ_{3,1}, από μαθητές της Δ΄ τάξης, σε σύγκριση με τις περιπτώσεις επιχειρημάτων, που εντάχθηκαν στα ίδια επίπεδα –



Σχήμα 11. Σταθμισμένες Συχνότητες Εμφάνισης Επιπέδων – Επιμέρους Επιπέδων Επιχειρηματολογίας με τη Μεγαλύτερη Διαφοροποίηση ανά Ομάδα Γ.Γ.Ι.

επιμέρους επίπεδα, από μαθητές της Ε΄ τάξης. Αντιθέτως, στα επιμέρους επίπεδα Σ_{3,3} και Σ_{3,4}, και στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας, καταγράφηκαν περισσότερες περιπτώσεις επιχειρημάτων από μαθητές της Ε΄ τάξης, σε σύγκριση με τους μαθητές της Δ΄ τάξης. Λαμβάνοντας υπόψη την ποσοτική αποτίμηση κάθε επιπέδου και επιμέρους επιπέδου (Πίνακας 19), προκύπτει πως τα περισσότερα επιχειρήματα των χαμηλότερων επιπέδων – επιμέρους επιπέδων της επιχειρηματολογίας, προέρχονταν από μαθητές της Δ΄ τάξης, ενώ τα περισσότερα επιχειρήματα των υψηλότερων επιπέδων – επιμέρους επιπέδων της επιχειρηματολογίας, προέρχονταν από μαθητές της Ε΄ τάξης.

Συγκρίνοντας τις σταθμισμένες συχνότητες εμφάνισης των επιπέδων – επιμέρους επιπέδων της επιχειρηματολογίας ανά ομάδα Γ.Γ.Ι., με τη μεγαλύτερη διαφοροποίηση (Σχήμα 11), παρατηρείται πως, στα περισσότερα επίπεδα – επιμέρους επίπεδα, οι μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι. και οι μαθητές με μέση Γ.Γ.Ι., που συνεργάστηκαν με μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι., εμφανίστηκαν να επιχειρηματολογούν με παρόμοιο τρόπο. Η επιχειρηματολογία τους διαφοροποιήθηκε από την επιχειρηματολογία των μαθητών με υψηλή Γ.Γ.Ι. και των μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., που συνεργάστηκαν με μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι. Αυτό παρατηρήθηκε στο επίπεδο 0 και στα επιμέρους επίπεδα Σ_{2,1} Σ_{2,4} Σ_{3,3} και Σ_{3,4}. Δηλαδή, φάνηκε να υπάρχει διαφοροποίηση ανάλογα με τη θέση ή το ρόλο ενός μαθητή εντός της ομάδας. Πιο συγκεκριμένα, διαφοροποιήθηκαν οι δύο ομάδες μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι. Η ομάδα που συνεργάστηκε με μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι., που στην ομάδα είχε το ρόλο του ατόμου με την υψηλότερη Γ.Γ.Ι., παρουσιάστηκε με επιχειρηματολογία που έμοιαζε περισσότερο με την επιχειρηματολογία των μαθητών με υψηλή Γ.Γ.Ι., που επίσης είχε το ρόλο του ατόμου με την υψηλότερη Γ.Γ.Ι. στην ομάδα. Αντιθέτως, η ομάδα που

συνεργάστηκε με μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι., που στην ομάδα είχε το ρόλο του ατόμου με τη χαμηλότερη Γ.Γ.Ι., παρουσιάστηκε με επιχειρηματολογία που έμοιαζε περισσότερο με την επιχειρηματολογία των μαθητών με χαμηλή Γ.Γ.Ι., που επίσης είχε το ρόλο του ατόμου με τη χαμηλότερη Γ.Γ.Ι. στην ομάδα.

Λαμβάνοντας υπόψη την ποσοτική αποτίμηση κάθε επιπέδου – επιμέρους επιπέδου επιχειρηματολογίας (Πίνακας 19) και συγκρίνοντάς την με το πώς συμπεριφέρθηκαν οι μαθητές, ανάλογα με το ρόλο που είχαν στην ομάδα, προκύπτει πως οι μαθητές που είχαν το ρόλο του ατόμου με τη χαμηλότερη Γ.Γ.Ι. στην ομάδα, είχαν προτείνει τα περισσότερα επιχειρήματα, που αποτιμήθηκαν με τους χαμηλότερους βαθμούς (επίπεδο 0 και επιμέρους επίπεδο $\Sigma_{2,1}$). Αντιθέτως, τα περισσότερα επιχειρήματα, που αποτιμήθηκαν με τους μεγαλύτερους βαθμούς (επιμέρους επίπεδα $\Sigma_{2,4}$, $\Sigma_{3,3}$ και $\Sigma_{3,4}$) προτάθηκαν από μαθητές, που στην ομάδα είχαν το ρόλο του μαθητή με την υψηλότερη Γ.Γ.Ι. Η διαφοροποίηση της επιχειρηματολογίας των μαθητών, ανάλογα με το ρόλο που αυτοί είχαν στην ομάδα, ίσχυσε στα περισσότερα, αλλά όχι σε όλα τα επίπεδα – επιμέρους επίπεδα της επιχειρηματολογίας. Δεν ίσχυσε στο επιμέρους επίπεδο $\Sigma_{2,2}$ του επιπέδου 2 (Πίνακας 18) και στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας. Η διαφοροποίηση που παρατηρήθηκε στο επιμέρους επίπεδο $\Sigma_{2,2}$ αποδίδεται στο ότι αυτό βρισκόταν στη μέση, σε ότι αφορά την ποσοτική αποτίμηση του βαθμού επιχειρηματολογίας του, σε σχέση με τα υπόλοιπα επίπεδα και επιμέρους επίπεδα. Σε όσα επίπεδα και επιμέρους επίπεδα αποτιμήθηκε η επιχειρηματολογία με μικρότερο βαθμό από το επιμέρους επίπεδο $\Sigma_{2,2}$, με μεγαλύτερες σταθμισμένες συχνότητες παρουσιάστηκαν οι μαθητές, που στην ομάδα είχαν το ρόλο του μαθητή με τη χαμηλότερη Γ.Γ.Ι. Αντιθέτως, σε όσα επίπεδα και επιμέρους επίπεδα αποτιμήθηκε η επιχειρηματολογία με μεγαλύτερο βαθμό από το επιμέρους επίπεδο $\Sigma_{2,2}$, με μεγαλύτερες σταθμισμένες συχνότητες παρουσιάστηκαν οι μαθητές, που στην ομάδα είχαν το ρόλο του μαθητή με την υψηλότερη Γ.Γ.Ι. Δηλαδή, η διαφοροποίηση του επιμέρους επιπέδου $\Sigma_{2,2}$ αποδίδεται στο ότι αυτό λειτούργησε ως το ενδιάμεσο επίπεδο, στο οποίο οι μαθητές δεν είχαν αποδώσει ανάλογα με το ρόλο τους στην ομάδα. Τέλος, σε ότι αφορά το επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας, αυτό φάνηκε να μην ακολουθεί τη διαφοροποίηση των μαθητών, ανάλογα με το ρόλο τους στην ομάδα, επειδή αυτό ήταν το υψηλότερο. Φάνηκε η επιχειρηματολογία του υψηλότερου επιπέδου να είναι πιο πιθανό να εμφανιστεί, όχι ανάλογα με το ρόλο του μαθητή στην ομάδα, αλλά ανάλογα με τη σύνθεση της ομάδας. Εμφανίστηκε με μεγαλύτερη σταθμισμένη συχνότητα στις ομάδες, που αποτελούνταν από μαθητές με υψηλή και μέση Γ.Γ.Ι. και με μικρότερη σταθμισμένη συχνότητα στις ομάδες, που αποτελούνταν από μαθητές με μέση και χαμηλή Γ.Γ.Ι. Θα πρέπει, όμως, να σημειωθεί

πως, αναφορικά με το επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας, οι επισημάνσεις που έγιναν στηρίχθηκαν σε μικρές συχνότητες εμφάνισης. Συγκεκριμένα, καταγράφηκαν 7 επιχειρήματα μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., που συνεργάστηκαν με μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι. και 9 επιχειρήματα μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., που συνεργάστηκαν με μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. (Πίνακας 24).

Βαθμός Συνεργασίας

Από την αρχή της συνέντευξης, τονιζόταν στους μαθητές πως αναμενόταν από αυτούς να συνεργάζονται, ώστε να απαντούν στις ερωτήσεις του ερευνητή. Επανάληψη της προτροπής για συνεργασία γινόταν και σε κατοπινά στάδια της συνέντευξης, όταν αυτό κρινόταν αναγκαίο. Σε μερικές ομάδες, η προτροπή για συνεργασία έγινε μόνο μία φορά, ενώ σε άλλες ομάδες, χρειάστηκε να επαναληφθεί λίγες ή πολλές φορές. Γινόταν, παράλληλα, σαφές πως ήταν επιτρεπτό και αποδεκτό να μη συμφωνούν πάντοτε. Επίσης, γινόταν σαφές πως δεν ήταν υποχρεωτική η συνεργασία ανάμεσα στα μέλη των ομάδων.

Για να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο τα μέλη της κάθε ομάδας συνεργάστηκαν, χρησιμοποιήθηκε και πάλι η σταθερή συγκριτική μέθοδος ανάλυσης (Glaser, 1965· Valanides, 2010). Κάθε πείραμα αποτέλεσε ένα επεισόδιο και χαρακτηρίστηκε ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο τα μέλη των ομάδων συνεργάστηκαν. Τα επεισόδια εντάχθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες. Διευκρινίζεται πως, στην περίπτωση της διερεύνησης του βαθμού συνεργασίας, οι μαθητές αξιολογούνταν ως ομάδα (ένα άτομο δεν μπορεί να συνεργάζεται μόνο του), ενώ στην περίπτωση της διερεύνησης της επιχειρηματολογίας, αξιολογείτο η επιχειρηματολογία του κάθε μαθητή ξεχωριστά.

Στην πρώτη κατηγορία, εντάχθηκαν τα περιστατικά στα οποία οι συμμετέχοντες είχαν από την αρχή την ίδια άποψη, συμμετέχοντας και οι δύο στη συζήτηση. Η κατηγορία αυτή ονομάστηκε «Συμφωνία από την Αρχή.» Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν δύο ειδών περιστατικά. Παρατίθενται, ακολούθως, δύο παραδείγματα, ένα από κάθε είδος, παρμένα από τη συνέντευξη με την ομάδα E10-MX, για να διευκρινιστεί πότε θεωρήθηκε πως και τα δύο μέλη μιας ομάδας είχαν την ίδια άποψη και συμμετείχαν και τα δύο στη συζήτηση.

Στο πρώτο παράδειγμα, το ένα μέλος της ομάδας συμπληρώνει και συγκεκριμενοποιεί όσα λέει το άλλο μέλος της ομάδας. Προέρχεται από τη συζήτηση για

την πρόβλεψη της θέσης ισορροπίας του αντικειμένου O_3 στο νερό (πείραμα $\Pi_{2,1}$). Στην αρχή, η μαθήτρια $E10-MX$ προέβλεψε πως το O_3 θα επέπλεε και, αμέσως μετά, η $E10-MX$ διευκρίνισε πόσο μέρος του αντικειμένου θα βρισκόταν πάνω από τη στάθμη του νερού. Στη συνέχεια, όταν κλήθηκαν να αιτιολογήσουν την πρόβλεψή τους, η $E10-MX$ ανέφερε (σε γραμμάρια) τη μάζα του αντικειμένου και η $E10-MX$ συμπλήρωσε τη συμμαθήτριά της, αναφέροντας το διακριτικό χρώμα του χαρτονιού που ήταν κολλημένο στο O_3 , ώστε η αιτιολόγησή τους να είναι πιο σαφής.

$E10-MX$: Θα είναι λίγο πάνω.

$E10-MX$: Θα φαίνεται μόνο αυτό πάνω [δείχνει στρογγυλό τμήμα από καπάκι].

$E10-MX$: Ναι.

E: Είπατε και λόγο; Συμφωνείτε;

$E10-MX$: Επειδή...

$E10-MX$: Επειδή πριν που βάλαμε το 85 [= γραμμάρια]...

$E10-MX$: Το κόκκινο [= M_3].

$E10-MX$: Ναι, το κόκκινο [= M_3] το 85, φαινόταν λίγο πάνω. Και αυτό [δείχνει το O_3] είναι 85 [γραμμάρια] και θα πάει στην ίδια θέση.

Στο δεύτερο παράδειγμα, τα μέλη της ίδιας ομάδας ($E10-MX$) μιλάνε ταυτόχρονα, λέγοντας τα ίδια λόγια. Προέρχεται από τη συζήτηση για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_4O_1 στο νερό (πείραμα $\Pi_{3,3}$). Σε αυτό, οι δύο μαθήτριες ανέφεραν ταυτόχρονα τόσο την πρόβλεψη (λέγοντας «κάτω»), όσο και την αιτιολόγησή τους (λέγοντας «επειδή είναι κοντό και βαρύ»), χρησιμοποιώντας ακριβώς τα ίδια λόγια.

E: Το M_4O_1 ;

$E10-MX$: [M_4O_1] Αυτό θα πάει...

$E10-MX$ και $E10-MX$: Κάτω [= στον πυθμένα του δοχείου].

$E10-MX$: Εντελώς κάτω.

$E10-MX$: Ναι.

$E10-MX$: Πάτο [= στον πυθμένα του δοχείου].

$E10-MX$ και $E10-MX$: Επειδή είναι κοντό και βαρύ.

Στη δεύτερη κατηγορία, εντάχθηκαν οι περιπτώσεις, κατά τις οποίες, το ένα από τα δύο μέλη της ομάδας, απλά και μόνο συμφωνούσε με οτιδήποτε έκανε ή έλεγε το δεύτερο μέλος της ομάδας. Η κατηγορία αυτή ονομάστηκε «Παθητική Συμφωνία» και διαφοροποιείται από την προηγούμενη, επειδή μόνο το ένα από τα δύο μέλη της ομάδας ενεργεί, προτείνει και εισηγείται, ενώ το άλλο συμφωνεί με το πρώτο, χωρίς να έχει οποιαδήποτε συνεισφορά στην όλη διαδικασία. Στο απόσπασμα από το πείραμα $\Pi_{2,1}$, η μαθήτρια $\Delta 15-MX$ συμπεριφέρθηκε ακριβώς με αυτό τον τρόπο. Μάλιστα, ενώ στην αρχή η μαθήτρια $\Delta 15-MX$ προέβλεψε κάτι και αμέσως μετά κάτι διαφορετικό, η $\Delta 15-MX$ συμφώνησε μονολεκτικά και με τις δύο προβλέψεις της συμμαθήτριάς της. Αυτό το έκανε,

παρόλο που καμιά από τις δύο δεν αιτιολόγησε, γιατί θεωρούσε σωστή τη μία και λανθασμένη την άλλη πρόβλεψη. Στη συνέχεια, και οι δύο έδειξαν με σχετική κίνηση της κεφαλής τους πως δεν μπορούσαν να αιτιολογήσουν την πρόβλεψή τους. Στο τέλος, η Δ15-MX δεν τοποθετήθηκε απέναντι στην αιτιολόγηση που ανέφερε η συμμαθήτριά της, όταν και οι δύο κλήθηκαν, για δεύτερη φορά, να αιτιολογήσουν την πρόβλεψή τους.

Δ15-MX: Πού να το βάλουμε [εννοεί: προβλέψουμε]; Μέσα στη μέση;

Δ15-MX: Συμφωνώ.

Δ15-MX: Όχι. Ε... θα φαίνεται λίγο το άσπρο του [= το καπάκι]. Ναι. Δεν είναι;

Δ15-MX: Ναι.

E: Πείτε και το λόγο.

Δ15-MX: Γιατί, ... εμ... .. γιατί...

E: Δεν ξέρετε το λόγο;

Δ15-MX και Δ15-MX: [Άρνηση με κίνηση της κεφαλής].

E: Δεν μπορείτε να πείτε πώς σκεφτήκατε;

Δ15-MX: Πριν το 85 [= M₃] πήγε... Όχι. Ναι. Υποθέτω είναι ίσα – ίσα.

E: Εντάξει; Βάλτε το.

Στην κατηγορία «Παθητική Συμφωνία,» εντάχθηκαν οι περισσότερες από τις περιπτώσεις της αντίστοιχης κατηγορίας της επιχειρηματολογίας των μαθητών (δεύτερη κατηγορία του επιπέδου 0 της επιχειρηματολογίας, Πίνακας 11). Όμως, οι δύο κατηγορίες δεν ταυτίζονται, επειδή, σε ορισμένα πειράματα, μαθητές συμφώνησαν απλά με το επιχείρημα που πρότεινε ο συνομιλητής τους, αλλά προηγουμένως είχαν οι ίδιοι συμμετοχή στη συλλογή δεδομένων ή/και τη διαμόρφωση πρόβλεψης. Στο ακόλουθο απόσπασμα από τη συνέντευξη με την ομάδα E1-YM, σημειώνεται μια τέτοια περίπτωση. Το ένα από τα δύο μέλη της ομάδας E1-YM, η μαθήτρια E1-YM, ενώ συμμετείχε, μαζί με την E1-YM, στη διαδικασία για εξεύρεση κοινής πρόβλεψης για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M₁O₂ στο αλατόνερο (πείραμα Π_{4,1}), τελικά απλά συμφώνησε με τη συμμαθήτριά της, όταν αυτή αιτιολόγησε την κοινή πρόβλεψη, λέγοντας μονολεκτικά «Ναι.» Το απόσπασμα αυτό μπήκε στην κατηγορία «Παθητική Συμφωνία» της επιχειρηματολογίας, αλλά όχι στην αντίστοιχη κατηγορία της συνεργασίας, επειδή η E1-YM διαφώνησε δύο φορές, στην αρχή του αποσπάσματος της συνέντευξης, με την E1-YM αναφορικά με το ύψος στο οποίο η δεύτερη προέβλεπε πως θα ισορροπούσε. Η E1-YM προέβλεπε πως το πάνω μέρος του αντικειμένου θα βρισκόταν ψηλότερα και η E1-YM χαμηλότερα από τη στάθμη του αλατόνερου. Από το διάλογο που είχαν οι δύο μαθήτριες, προκύπτει πως η μία άκουγε την εισήγηση της άλλης και προσπαθούσε, ανεπιτυχώς, να την πείσει για την ορθότητα της δικής της πρόβλεψης. Αυτό, όμως, δεν έγινε κατορθωτό, κατά τη διάρκεια της απλής διαφωνίας που είχαν. Επιτεύχθηκε όταν η E1-YM εισηγήθηκε

και εκτέλεσε σχετικό πείραμα (M_1 στο αλατόνερο). Τοποθέτησε το M_1 στο νερό (το οποίο επέπλεε ψηλότερα από τα υπόλοιπα τέσσερα αντικείμενα του πρώτου μέρους της συνέντευξης) και επεσήμανε τη διαφορά στους όγκους των αντικειμένων M_1 και M_1O_2 , λέγοντας «είναι πιο κοντό,» αναφερόμενη στο M_1O_2 . Όταν η E1-ΥΜ αιτιολόγησε την πρόβλεψή της, πως το M_1O_2 θα ισορροπούσε χαμηλότερα από το M_1 , χρησιμοποιώντας ορθά το δικαιολογητικό για τον όγκο, η E1-ΥΜ αποδέχθηκε την επιχειρηματολογία της συμμαθήτριάς της και συμφώνησε μαζί της.

E1-ΥΜ: Το M_1O_2 . [Παίρνει το M_1O_2] Ναι. Έχουμε 60 [γραμμάρια], είναι πιο ελαφρύ, υποτίθεται. Τα ελαφριά θα βγαίνουν πάνω. Αλλά πριν δεν έβγαιναν έτσι. Τι να πούμε;

E1-ΥΜ: Στο αλάτι θα βγαίνει...

E1-ΥΜ: Πιο πάνω από το νερό ή πιο κάτω; Θα το πάρει πάνω το αλάτι;

E1-ΥΜ: Λίγο πιο κάτω από αυτό [δείχνει την επιφάνεια του αλατόνερου].

E1-ΥΜ: Εγώ νομίζω, πάλι [=όμως], νομίζω ότι θα βγει... πιο... .. πόσο να βγει;

E1-ΥΜ: Ας πούμε... λίγο πιο κάτω. Έτσι. [Δείχνει λίγο χαμηλότερα από την προηγούμενη δική της ένδειξη].

E1-ΥΜ: Έχει άλλο 60; Να το δούμε; [παίρνει το M_1] Αυτό είναι και πιο ψηλό. [Τοποθετεί το M_1 στο αλατόνερο] Αυτό βγαίνει πάνω, αλλά είναι πιο ψηλό. Άρα αυτό [= M_1O_2] νομίζω ότι, επειδή είναι πιο κοντό...

E1-ΥΜ: [Παίρνει το M_1O_2] Σωστό, M_1O_2 ...

E1-ΥΜ: Επειδή είναι πιο κοντό, θα βγει πιο, θα χαμη... θα κατεβεί πιο χαμηλά από εδώ.

E1-ΥΜ: Ναι.

E1-ΥΜ: Αποφασίσαμε.

Η τρίτη κατηγορία αποτελείται από τα περιστατικά στα οποία οι μαθητές εξέφρασαν διαφορετικές προβλέψεις, χωρίς να κάνουν οποιαδήποτε προσπάθεια για εξεύρεση κοινής πρόβλεψης και χωρίς να μπαίνουν στη διαδικασία προβληματισμού, ώστε να κρίνουν τις δύο διαφορετικές απόψεις, με σκοπό να εξετάσουν την ορθότητα της καθεμιάς. Η κατηγορία αυτή ονομάστηκε «Παράλληλοι Μονόλογοι.» Οι μαθητές επέδειξαν συμπεριφορά, η οποία χαρακτηρίστηκε από εγωκεντρισμό, αφού δεν επιχειρήσαν να πείσουν το άλλο μέλος της ομάδας για την ορθότητα των νοητικών τους κρίσεων (Piaget, 1951, σελ. 29). Το απόσπασμα από τη συνέντευξη με την ομάδα Δ7-ΥΜ είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας. Αφορά τη συζήτηση που έγινε για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου O_3 στο νερό (πείραμα Π_{2,1}). Τα μέλη της ομάδας, καθ' όλη τη διάρκεια της συζήτησης, εξέφραζαν απλά και μόνο, ο καθένας τη δική του άποψη, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τη διαφορετική άποψη που εξέφραζε ο άλλος. Ενισχυτικά της αδιαφορίας που επέδειξαν για τη διαφορετική άποψη, είναι: α) Η επανάληψη της λέξης «εγώ,» από το μαθητή Δ7-ΥΜ, δείχνοντας, με τον τρόπο αυτό, πως η πρόβλεψη στην

οποία προέβαινε ήταν δική του και ανήκε σε αυτόν. Από τη συμπεριφορά του αυτή, προκύπτει πως ο μαθητής επέλεξε να εργαστεί μόνος του, ανεξάρτητα από το συμμαθητή του. β) Η αρχή της συνομιλίας, κατά την οποία ο ένας μαθητής μιλούσε διακόπτοντας τον άλλο και συνέχιζε την πρότασή του αμέσως μετά, από το σημείο από το οποίο τον είχε διακόψει ο συμμαθητής του. Ο Δ7-ΥΜ απευθυνόταν στον ερευνητή, ρωτώντας τον αν μπορούσε να τοποθετήσει το αντικείμενο M_3 στο νερό, για να θυμηθεί τη θέση ισορροπίας του, ενώ ο Δ7-ΥΜ προέβαινε σε πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου O_3 . Από τη συμπεριφορά τους αυτή, προκύπτει πως και οι δύο μαθητές της ομάδας Δ7-ΥΜ εργάζονταν μόνοι τους, ο ένας ανεξάρτητα από τον άλλο, χωρίς να προσπαθούν ούτε να ακούσουν αυτά που εισηγείτο και υποστήριζε ο άλλος, ούτε να πείσουν τον άλλο για τις δικές τους απόψεις. γ) Ο λόγος με τον οποίο αιτιολόγησαν την πρόβλεψή τους. Ο Δ7-ΥΜ εστίασε την αιτιολόγησή του στο γεγονός ότι τα O_1 και O_3 είχαν ίση μάζα, ενώ ο Δ7-ΥΜ στο γεγονός ότι τα ίδια αντικείμενα είχαν διαφορετικό όγκο. Δηλαδή, και στην περίπτωση της αιτιολόγησης, οι δύο μαθητές εργάστηκαν ο ένας ανεξάρτητα από τον άλλο και αδιαφορώντας για τη διαφορετική γνώμη του άλλου, αφού ούτε έλαβαν υπόψη την αιτιολόγηση του συμμαθητή τους, ούτε προσπάθησαν να τον πείσουν για την ορθότητα της δικής τους αιτιολόγησης.

Δ7-ΥΜ: Εγώ ξέρω πού θα πάει, ε...

Δ7-ΥΜ: Κύριε, το ξέχασα το άλλο...

Δ7-ΥΜ: Ε, εγώ λέω, γιατί είναι το μεσαίο, θα πάει...

Δ7-ΥΜ: Κύριε, μπορώ να...

Δ7-ΥΜ: Πάει λίγο πάνω, λίγο πάνω...

Δ7-ΥΜ: Βάλω το M_3 να δω πού ήταν;

Ε: Αφού σας είπα, δικαιούστε.

Δ7-ΥΜ: [Τοποθετεί το M_3 στο νερό.]

Δ7-ΥΜ: Θα πάει λίγο πάνω.

Δ7-ΥΜ: Ένα λεπτό. Εντάξει.

Δ7-ΥΜ: Έτσι λέω. Θα πάει λίγο πάνω, όπως αυτό.

Δ7-ΥΜ: Ως πάνω; Εντάξει, τώρα να δω το μέγεθος. [Συγκρίνει τα μήκη των M_3 και O_3 .] Θα είναι ίσα-ίσα.

Δ7-ΥΜ: Θα πάει όπως [Συγκρίνει τα μήκη των O_3 και O_1].

Δ7-ΥΜ: Ίσα-ίσα με το M_3 , που ήταν...

Ε: Ο λόγος ποιος είναι;

Δ7-ΥΜ: Γιατί, ε, ε, ε, είναι λίγο, το O_3 είναι πιο μεγάλο από το O_1 . Γι' αυτό, γιατί, ε, ε, έχουν την ίδια βαρ., ούτε αυτό είναι πιο μεγάλο ούτε αυτό.

Ε: Πιο βαρύ;

Δ7-ΥΜ: Βαρύ, δηλαδή, όμως είναι, ε, το μέγεθος είναι ψηλό αυτό. Αυτό είναι κοντό.

Δ7-ΥΜ: Βρήκα κάτι. Εγώ λέω ότι το 85 [O_3] θα πάει όπως το 85 [M_3] το άλλο που...

Δ7-ΥΜ: Βρήκαμε στο άλλο πράγμα. Κι εγώ έτσι είπα.

Δ7-ΥΜ: Κι εγώ.

Ε: Άκουσα το λόγο σου. Εσύ;

Δ7-ΥΜ: Κύριε, επειδή σίγουρα είναι 85 [γραμμάρια] και είναι ίδια τα μεγέθη τους. Αποκλείεται να πάει κάτω ή να πάει πάνω [= πιο κάτω ή πιο πάνω από το M_3].

Η τέταρτη κατηγορία αποτελείται από τις περιπτώσεις, στις οποίες οι μαθητές συνεργάστηκαν κατά τη διάρκεια ενός πειράματος. Η κατηγορία αυτή ονομάστηκε «Συνεργασία.» Για να ενταχθεί στην κατηγορία αυτή ένα επεισόδιο, ήταν αρκετό και τα δύο μέλη της δυάδας να συνεισφέρουν ξεκάθαρα σε οποιοδήποτε στάδιο του πειράματος: τη συλλογή δεδομένων, την επιλογή των κατάλληλων δεδομένων, την αξιοποίηση των δεδομένων, την πρόβλεψη ή την αιτιολόγηση της πρόβλεψης. Αυτό κρίθηκε αναγκαίο επειδή, στις περισσότερες περιπτώσεις, η συνεργασία δεν ήταν δυνατό να εντοπιστεί ξεκάθαρα σε όλη τη διάρκεια της συζήτησης για κάποιο πείραμα, αφού, φυσιολογικά, σε κάποια σημεία, το ένα από τα δύο μέλη της ομάδας εισηγείτο κάτι, όπως, για παράδειγμα, την πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας ενός αντικειμένου, ενώ το δεύτερο μέλος, που είχε την ίδια άποψη, απλά συμφωνούσε, επειδή δεν μπορούσε να εισηγηθεί κάτι διαφορετικό, όταν συμφωνούσε, ή να προσθέσει κάτι, όταν η πρόβλεψη ήταν ακριβής.

Η τέταρτη κατηγορία αποτελείται από δύο υποκατηγορίες, ανάλογα με το αν τα μέλη της δυάδας, κατέληγαν τελικά σε συμφωνία ή είχαν διαφορετική άποψη. Η διαφορετική άποψη σχετιζόταν με την πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας του υπό εξέταση αντικειμένου ή με τον τρόπο αιτιολόγησης της πρόβλεψης. Οι δύο υποκατηγορίες ονομάστηκαν «Συνεργασία, Συμφωνία» και «Συνεργασία, Διαφωνία,» αντίστοιχα. Στα επόμενα δύο αποσπάσματα, παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό επεισόδιο για την κάθε υποκατηγορία.

Το πρώτο παράδειγμα, προέρχεται από τη συνέντευξη με την ομάδα Ε8-ΥΜ και αφορά την πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου O_3 στο νερό (πείραμα $\Pi_{2,1}$). Τα μέλη της ομάδας (δύο μαθήτριες) αρχικά, διαφώνησαν για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου. Μόλις ανέφερε την πρόβλεψή της η καθεμιά, η άλλη εξέφρασε αμέσως τη διαφωνία της και εισηγήθηκε μια διαφορετική πρόβλεψη. Η Ε8-ΥΜ πρότεινε κάποιο δικαιολογητικό και έκανε αναφορά και σε κάποιο άλλο αντικείμενο, για να εξηγήσει στην Ε8-ΥΜ το λόγο για τον οποίο διαφωνούσε. Συγκεκριμένα, έκανε αναφορά στο αντικείμενο O_1 και υποστήριξε πως αυτό θα βυθιζόταν, επειδή ήταν πιο μικρό και, επομένως, είχε μεγαλύτερη μάζα από το υπό εξέταση αντικείμενο (O_3), χρησιμοποιώντας τα δύο φυσικά μεγέθη, μάζα και όγκο, χωρίς να τα διακρίνει και θεωρώντας ότι το ένα επηρέαζε το άλλο. Διευκρινίζεται πως η διαφορά στον όγκο, που σημείωσε η Ε8-ΥΜ ήταν ορθή, όμως, η διαφορά στη μάζα ήταν λανθασμένη, διότι τα δύο αντικείμενα (O_1 και O_3)

είχαν ίσες μάζες. Στη συνέχεια, πρότεινε τη δική της πρόβλεψη, υποστηρίζοντας πως το O_3 θα αιωρείτο στη μέση του βάθους του υγρού. Η E8-ΥΜ δέχθηκε το επιχειρήμα της συμμαθήτριάς της και αναγνώρισε ότι η δική της πρόβλεψη δεν ήταν ορθή. Όμως, διαφώνησε με την πρόβλεψη της E8-ΥΜ και πρότεινε ελαφρώς διαφορετική πρόβλεψη από την πρόβλεψη της συμμαθήτριάς της. Και η E8-ΥΜ προέβλεψε πως το αντικείμενο θα βυθιζόταν, αλλά σε λίγο ψηλότερη θέση από τη θέση, την οποία προέβλεψε η E8-ΥΜ. Την πρόβλεψη της E8-ΥΜ συμμερίστηκε και η E8-ΥΜ. Μετά από τη συμφωνία στην πρόβλεψη, η E8-ΥΜ κλήθηκε να αιτιολογήσει και η ίδια την πρόβλεψή της. Η μαθήτριά δεν αρκέστηκε να συμφωνήσει απλά με το επιχειρήμα της συμμαθήτριάς της, αλλά το επανέλαβε, θεωρώντας και αυτή πως τα δύο φυσικά μεγέθη, μάζα και όγκος, επηρέαζαν το ένα το άλλο. Και για τις δύο μαθήτριες, όσο πιο μικρός ήταν ο όγκος ενός αντικειμένου, τόσο πιο «βαρύ» ήταν το αντικείμενο αυτό.

E8-ΥΜ: *E...* [Παίρνει το O_3].

E8-ΥΜ: *Περίμενε.*

E8-ΥΜ: *Νομίζουμε πως θα έρθει πάλι.* [Δείχνει την πρόβλεψή της].

E8-ΥΜ: *Όχι.*

E8-ΥΜ: *Κάπως έτσι εδώ.*

E8-ΥΜ: *Εγώ δε συμφωνώ, γιατί αυτό είναι πιο μικρό. Να έχει βάρος, θα πάει κάτω, εντελώς κάτω.*

E: *E8-ΥΜ, όταν λες «αυτό» εννοείς το O_1 ;*

E8-ΥΜ: *Το O_1 θα κάτσει εντελώς κάτω. Αυτό, το O_2 θα πάει...*

E8-ΥΜ και E8-ΥΜ: *Λίγο πιο πάνω.*

E8-ΥΜ: *Άρα αυτό [δείχνει O_3] περίπου μέσα στη μέση. Περίπου έτσι ως εδώ.*

E8-ΥΜ: *Όχι, δεν νομίζω κάτι τέτοιο. Νομίζω κάτι τέτοιο.* [Δείχνει την πρόβλεψή της].

E8-ΥΜ: *Ως εκεί, περίπου. Όχι εντελώς κάτω.*

E: *Άρα συμφωνείτε, τελικά;*

E8-ΥΜ και E8-ΥΜ: *Ναι.*

E: *Δηλαδή, θα φαίνεται πάνω από την επιφάνεια του νερού ή δε θα φαίνεται;*

E8-ΥΜ και E8-ΥΜ: *Δε θα φαίνεται.*

E: *Μόλις που δε θα φαίνεται;*

E8-ΥΜ και E8-ΥΜ: *Ναι.*

E: *Η E8-ΥΜ είπε το λόγο. Η E8-ΥΜ;*

E8-ΥΜ: *Επειδή αυτό είναι πιο μικρό και πιο βαρύ, θα κάτσει κάτω, αυτό είναι...*

E: *Ωραία, για τον ίδιο λόγο;*

E8-ΥΜ: *Ναι.*

Το δεύτερο παράδειγμα προέρχεται από τη συνέντευξη με την ομάδα Δ1-ΥΜ και αφορά την πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου M_1O_2 στο νερό (πείραμα Π_{3,1}). Στη συνομιλία, τα μέλη της ομάδας (δύο μαθήτριες), προσπάθησαν να καταλήξουν σε πρόβλεψη, αναφέροντας αρχικά κάπως αόριστες θέσεις ισορροπίας. Ανέφεραν πως

ανέμεναν να ισορροπήσει λίγο χαμηλότερα από το M_1 . Υπενθυμίζεται πως το M_1 ήταν το αντικείμενο που ισορροπούσε ψηλότερα από όλα τα αντικείμενα του πρώτου μέρους της συνέντευξης. Ακολούθως συγκεκριμενοποίησαν την πρόβλεψή τους, υιοθετώντας η καθεμιά διαφορετική πρόβλεψη: η $\Delta 1-\underline{Y}M$ προέβλεψε πως το αντικείμενο θα βυθιζόταν, ακουμπώντας τον πυθμένα του δοχείου, ενώ η $\Delta 1-\underline{Y}M$ προέβλεψε πως θα ισορροπούσε λίγο πιο ψηλά από τον πυθμένα. Στη συνέχεια και οι δύο προσπάθησαν να εξηγήσουν, η μία στην άλλη, χρησιμοποιώντας κάποιο επιχείρημα, γιατί θεωρούσαν τη δική τους πρόβλεψη ορθή. Η $\Delta 1-\underline{Y}M$ τόνισε πως όλα τα προηγούμενα αντικείμενα που βυθίστηκαν, ακουμπούσαν στον πυθμένα του δοχείου, ενώ η $\Delta 1-\underline{Y}M$ έκανε αναφορά στη μάζα του υπό εξέταση αντικειμένου. Τη θεωρούσε όχι τόσο μεγάλη, όσο δύο αντικειμένων της ίδιας ομάδας: των M_4O_1 και M_5O_5 . Στη συνέχεια, επανέλαβαν τρεις φορές η καθεμιά την πρόβλεψή τους, η $\Delta 1-\underline{Y}M$ επανέλαβε και δεύτερη φορά το επιχείρημά της, χωρίς όμως να καταλήξουν σε κοινή πρόβλεψη.

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Δικαιούμαστε να πάρουμε;

E: Οποιοδήποτε θέλετε από την 1η και τη 2η σειρά.

$\Delta 1-\underline{Y}M$: [Τοποθετεί το M_1 στο νερό]. [Προσπαθεί να συγκρίνει τη μάζα των M_1O_2 και M_1 με τα χέρια της.] Το βάρος. Αυτό θα πάει λίγο πιο κάτω.

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Θα πάει λίγο πιο κάτω αυτό... νομίζω ότι θα πάει εντελώς κάτω. Όπως τα άλλα... αυτό πήγε πάνω, εκείνο κάτω, εκείνο κάτω, εκείνο εντελώς πάνω.

$\Delta 1-\underline{Y}M$: [Προσπαθεί ξανά να συγκρίνει τη μάζα των M_1O_2 και M_1 με τα χέρια της.] Δεν ξέρω. Νομίζω ότι θα πάει λίγο πιο κάτω από το M_3 .

$\Delta 1-\underline{Y}M$: E, ναι.

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Αλλά όχι εντελώς κάτω.

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Εγώ νομίζω ότι θα πάει εντελώς κάτω, γιατί τα άλλα που είδαμε, ήταν και κατά βάρος, κάποια έβγαιναν πάνω, κάποια έβγαιναν κάτω.

$\Delta 1-\underline{Y}M$ και $\Delta 1-\underline{Y}M$: [Προσπαθούν να συγκρίνουν τη μάζα των αντικειμένων της τρίτης σειράς με τα χέρια τους.]

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Αυτό είναι πολύ βαρύ και αυτό. [Δείχνει τα M_4O_1 και M_5O_5 .]

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Είναι βαρύ;

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Εγώ νομίζω ότι θα πάει κάπου εδώ... αλλά όχι εντελώς κάτω. Να το βάλουμε να δούμε;

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Κι εγώ νομίζω κάτι έτσι, αλλά εγώ νομίζω ότι θα πάει λίγο πιο κάτω.

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Ναι, λίγο πιο κάτω, αλλά όχι εντελώς κάτω.

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Νομίζω ότι θα πάει κάπου εδώ.

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Κάπου... τελειώσαμε.

E: Για να δούμε. Δεν έχω καταλάβει την πρόβλεψή σας, γιατί είπατε πολλά πράγματα. Πρέπει να καταλήξετε σε ένα.

$\Delta 1-\underline{Y}M$: E, περίπου θα πάει κάπου εδώ. Πρέπει να πάει.

E: $\Delta 1-\underline{Y}M$, άσε τα άλλα. Να δούμε τώρα το M_1O_2 και θα ασχοληθούμε μετά με τα άλλα.

$\Delta 1-\underline{Y}M$: Πιο κάτω από αυτό.

E: Άρα να έχει νερό από πάνω του ίσο με δύο άσπρα καπάκια. Η Δ1-ΥΜ;
Δ1-ΥΜ: Εγώ νομίζω ότι θα πάει εντελώς κάτω, επειδή όπως τα άλλα που
 κάναμε.
E: Εντάξει. Τελειώσαμε;
Δ1-ΥΜ: Ναι.

Και στα δύο παραδείγματα, που εντάχθηκαν στην κατηγορία «Συνεργασία,» ήταν εμφανής η αλληλεπίδραση των μελών των ομάδων μέσα από τη συζήτηση, η προσπάθεια, επιτυχημένη ή αποτυχημένη, να καταλήξουν σε κοινή πρόβλεψη, ο σεβασμός της άποψης του συνομιλητή και η προθυμία για αλλαγή της προσωπικής άποψης, μετά από την αξιολόγηση της άποψης του άλλου μέλους της ομάδας. Η αλληλεπίδραση των μελών των ομάδων ήταν το κριτήριο με το οποίο αξιολογήθηκαν τα επεισόδια – πειράματα ως προς το αν τα μέλη των ομάδων συνεργάζονταν ή δε συνεργάζονταν.

Στον Πίνακα 25, παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά εμφάνισης κάθε κατηγορίας συνεργασίας. Το ποσοστό εμφάνισης της πρώτης κατηγορίας συνεργασίας (κατηγορία «Συμφωνία από την Αρχή»), ήταν 32% (Πίνακας 25), και αντιστοιχεί στις περιπτώσεις στις οποίες δεν προέκυπτε ανάγκη για συνεργασία, επειδή τα μέλη της ομάδας παρουσιάζονταν να έχουν από την αρχή την ίδια άποψη, επομένως δεν αναγκάζονταν να συζητήσουν ή να συνεργαστούν για τις προβλέψεις τους. Τα ποσοστά εμφάνισης των κατηγοριών «Παθητική Συμφωνία» και «Παράλληλοι Μονόλογοι» αντιστοιχούν στις περιπτώσεις που οι μαθητές, αν και τους δινόταν η ευκαιρία να συνεργαστούν, εντούτοις δε συνεργάζονταν. Στην κατηγορία «Παθητική Συμφωνία,» το ένα μέλος της ομάδας παρουσιαζόταν χωρίς δική του άποψη και υιοθετούσε χωρίς προβληματισμό τις εισηγήσεις του άλλου μέλους, ενώ στην κατηγορία «Παράλληλοι Μονόλογοι,» τα μέλη των ομάδων πρότειναν το καθένα το δικό του επιχείρημα, διαφωνώντας το ένα με το άλλο, χωρίς να επιδιώκουν να γεφυρώσουν τη διαφωνία σε οποιοδήποτε στάδιο. Το άθροισμα των ποσοστών των κατηγοριών αυτών ήταν 34% (Πίνακας 25). Το ποσοστό εμφάνισης της τέταρτης κατηγορίας (κατηγορία «Συνεργασία») ήταν 34% (Πίνακας 25). Από τη σύγκριση των ποσοστών προκύπτει πως περίπου στο ένα τρίτο των πειραμάτων, οι μαθητές δεν είχαν την ευκαιρία να συνεργαστούν, επειδή είχαν από την αρχή την ίδια άποψη. Στα υπόλοιπα δύο τρίτα των πειραμάτων, στα οποία οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να συνεργαστούν, οι μαθητές συνεργάστηκαν ή επέλεξαν να μη συνεργαστούν σε ίσα ποσοστά.

Ορίστηκε ακολούθως, ως βαθμός συνεργασίας κάθε ομάδας (στο εξής θα σημειώνεται ως $B_{\text{συν}}$), το πηλίκο του αθροίσματος των επεισοδίων κατά τα οποία τα μέλη

Πίνακας 25

Συχνότητες και Ποσοστά Εμφάνισης Κατηγοριών Συνεργασίας

Κατηγορία Συνεργασίας	n	Ποσοστό
Συμφωνία από την Αρχή	180	32%
Παθητική Συμφωνία	115	20%
Παράλληλοι Μονόλογοι	77	14%
Συνεργασία ^α	189	34%
	(161 + 28) ^β	(29% + 5%) ^γ
Σύνολο	561	100%

Σημείωση:

α: Συνίσταται από το άθροισμα των κατηγοριών «Συμφωνία, Συνεργασία» και «Συμφωνία, Διαφωνία.»

β: Ο πρώτος αριθμός αντιστοιχεί στην υποκατηγορία «Συνεργασία, Συμφωνία.» Ο δεύτερος αριθμός αντιστοιχεί στην υποκατηγορία «Συνεργασία, Διαφωνία.»

γ: Το πρώτο ποσοστό αντιστοιχεί στην υποκατηγορία «Συνεργασία, Συμφωνία.» Το δεύτερο ποσοστό αντιστοιχεί στην υποκατηγορία «Συνεργασία, Διαφωνία.»

μιας ομάδας συνεργάστηκαν διά τον αριθμό των πειραμάτων, που ήταν 17. Υπενθυμίζεται πως, σε όλες τις αναλύσεις των δεδομένων, δε συμπεριλήφθηκε το πρώτο πείραμα (Π_{1,1}). Ως επεισόδια συνεργασίας θεωρήθηκαν όλα όσα εντάχθηκαν στην κατηγορία «Συνεργασία,» ανεξάρτητα από το αν, στο τέλος, τα μέλη της ομάδας κατέληγαν σε κοινή πρόβλεψη ή αιτιολόγηση, δηλαδή συμφωνούσαν (υποκατηγορία «Συνεργασία, Συμφωνία») ή σε διαφορετική πρόβλεψη ή αιτιολόγηση, δηλαδή διαφωνούσαν (υποκατηγορία «Συνεργασία, Διαφωνία»). Επομένως, ο υψηλότερος βαθμός B_{συν}, τον οποίο μπορούσε να πάρει μια ομάδα, ήταν ίσος με το 1. Ο χαμηλότερος βαθμός B_{συν} ήταν 0. Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των B_{συν}, ανά τάξη και σύνθεση ομάδας, παρουσιάζονται στον Πίνακα 26.

Πίνακας 26

Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία Βαθμού Συνεργασίας
ανά Τάξη και Σύνθεση Ομάδας

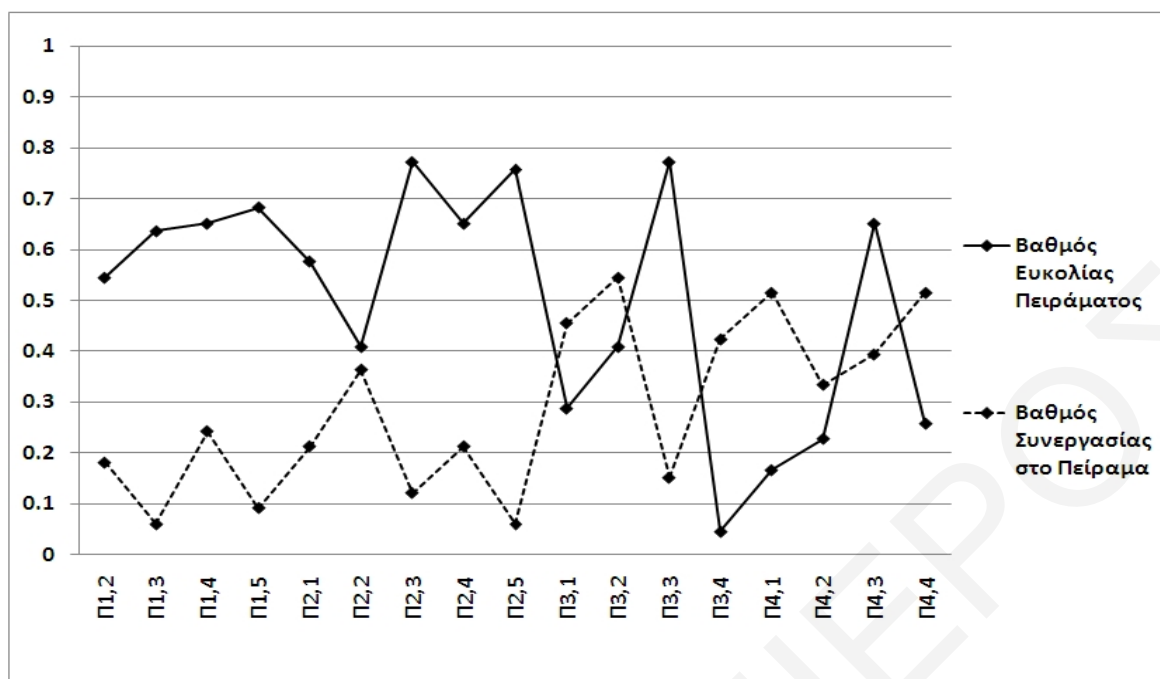
Τάξη	Μέση και Χαμηλή Γ.Γ.Ι.			Υψηλή και Μέση Γ.Γ.Ι.			Σύνολο		
	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n
Δ'	.31	.21	8	.27	.21	7	.29	.20	15
Ε'	.30	.23	9	.45	.15	9	.38	.20	18
Σύνολο	.30	.21	17	.37	.19	16	.34	.20	33

Από τον Πίνακα 26, προκύπτει πως οι ομάδες της Ε΄ τάξης, που αποτελούνταν από άτομα με υψηλή και μέση Γ.Γ.Ι. είχαν συνεργαστεί περισσότερο από τις υπόλοιπες ομάδες (τις ομάδες της Ε΄ τάξης, που αποτελούνταν από άτομα με μέση και χαμηλή Γ.Γ.Ι. και τους δύο τύπους ομάδων της Δ΄ τάξης). Για να διερευνηθεί αν οι διαφορές στους μέσους όρους των $B_{\text{συν}}$ των ομάδων ανά τάξη και ανά σύνθεση ομάδας ήταν στατιστικά σημαντικές, διενεργήθηκε ανάλυση διασποράς 2(τάξη) X 2(ομάδα Γ.Γ.Ι.) με εξαρτημένη μεταβλητή το $B_{\text{συν}}$. Η ανάλυση διασποράς έδειξε πως δεν υπήρχε ούτε αλληλεπίδραση $F(1, 29) = 1.85$, $p = .184$, ούτε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους των $B_{\text{συν}}$ των μαθητών ανά τάξη $F(1,29) = 1.55$, $p = .223$ ή ανά σύνθεση ομάδας $F(1,29) = .62$, $p = .436$.

Σύγκριση Δυσκολίας Πειράματος – Συνεργασίας Μαθητών στο Πείραμα

Ως βαθμός ευκολίας κάθε πειράματος (στο εξής θα σημειώνεται ως $B_{\varepsilon,\pi}$), ορίστηκε το πηλίκο του αθροίσματος των ορθών προβλέψεων των μαθητών για το κάθε πείραμα διά τον αριθμό των μαθητών, που συμμετείχαν στην έρευνα, δηλαδή διά 66. Ο $B_{\varepsilon,\pi}$, επομένως, μπορούσε να κυμανθεί από το 0 ως το 1. $B_{\varepsilon,\pi} = 0$ για κάποιο πείραμα σημαίνει πως κανένας μαθητής δεν έκανε ορθή πρόβλεψη για το συγκεκριμένο πείραμα, ενώ $B_{\varepsilon,\pi} = 1$ για κάποιο πείραμα σημαίνει πως όλοι οι μαθητές έκαναν ορθή πρόβλεψη. Με τον ίδιο τρόπο υπολογίστηκε και ο βαθμός συνεργασίας των ομάδων για το κάθε πείραμα (στο εξής θα σημειώνεται ως $B_{\text{συν},\pi}$). Δηλαδή, ως $B_{\text{συν},\pi}$ ορίστηκε το πηλίκο του αθροίσματος των ομάδων οι οποίες συνεργάστηκαν σε κάθε πείραμα ξεχωριστά, διά τον αριθμό των ομάδων, που συμμετείχαν στην έρευνα, δηλαδή 33. Ο $B_{\text{συν},\pi}$, επομένως, μπορούσε και αυτός να κυμανθεί από το 0 ως το 1. $B_{\text{συν},\pi} = 0$ για κάποιο πείραμα σημαίνει πως καμιά ομάδα δε συνεργάστηκε στο συγκεκριμένο πείραμα, ενώ $B_{\text{συν},\pi} = 1$ για κάποιο πείραμα σημαίνει πως όλες οι ομάδες συνεργάστηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα. Οι $B_{\text{συν},\pi}$ και $B_{\varepsilon,\pi}$ σε κάθε πείραμα παρουσιάζονται στο Σχήμα 12.

Όπως φαίνεται και από τους $B_{\varepsilon,\pi}$ (Σχήμα 12), για τους μαθητές ήταν ευκολότερα όλα τα πειράματα του πρώτου μέρους της συνέντευξης (υπενθυμίζεται πως από τις στατιστικές αναλύσεις εξαιρέθηκε το πρώτο πείραμα, $\Pi_{1,1}$), τέσσερα από τα πέντε πειράματα του δεύτερου μέρους της συνέντευξης (εκτός από το $\Pi_{2,2}$), ένα πείραμα από το τρίτο μέρος ($\Pi_{3,3}$) και ένα πείραμα από το τέταρτο μέρος ($\Pi_{4,3}$) της συνέντευξης. Τα πειράματα αυτά είχαν $B_{\varepsilon,\pi}$ μεγαλύτερο από .5, δηλαδή περισσότεροι από τους μισούς μαθητές, που συμμετείχαν στην έρευνα, έκαναν για τα πειράματα αυτά ορθή πρόβλεψη.



Σχήμα 12. Σύγκριση Βαθμού Ευκολίας Πειράματος με Βαθμό Συνεργασίας στο Πείραμα

Η συγκριτικά με τα υπόλοιπα πειράματα ευκολία, που συνάντησαν οι μαθητές στα πειράματα του πρώτου και του δεύτερου μέρους της συνέντευξης, αποδίδεται σε δύο παράγοντες.

Ο πρώτος παράγοντας σχετίζεται με το ότι στο πρώτο μέρος της συνέντευξης, οι μαθητές είχαν να διαχειριστούν μόνο μία μεταβλητή, η οποία ήταν η διαφορά στις μάζες των αντικειμένων. Οι μαθητές μπορούσαν να καταλήξουν σε έναν «κανόνα,» που εξέταζε μόνο τη μάζα των αντικειμένων και προέβαιναν σε πρόβλεψη αξιοποιώντας τον. Ενδεικτικά σημειώνεται ο «κανόνας» που ανέφερε η μαθήτρια Ε15-ΜΧ στο πείραμα Π_{1,4}. Είπε: «[Το Μ₃], που είναι λίγο πιο βαρύ, πάει πιο μέσα. Ενώ τα άλλα [τα Μ₁ και Μ₂] που είναι πιο ελαφριά, πάνε πιο πάνω.» Η ορθή διαχείριση του «κανόνα,» πως τα βαριά αντικείμενα βυθίζονται και τα ελαφριά επιπλέουν, ήταν ικανή να τους βοηθήσει να προβλέπουν ορθά στις περισσότερες περιπτώσεις, ανεξάρτητα από το αν ο «κανόνας,» κρινόμενος από επιστημονική σκοπιά, είναι ελλιπής, επειδή δεν ξεκαθαρίζει ότι ο όγκος και το είδος του υγρού πρέπει να είναι ελεγχόμενες μεταβλητές. Όμως, τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων του πρώτου μέρους της συνέντευξης (που είχαν ίσους όγκους) και η μη αλλαγή στο υγρό, επέτρεπε την αξιοποίησή του.

Όσα αναφέρθηκαν για τα πειράματα του πρώτου μέρους της συνέντευξης, ισχύουν και για το πείραμα Π_{2,1} του δεύτερου μέρους, αφού το αντικείμενο που χρησιμοποιήθηκε

σε αυτό (O_3) ήταν πανομοιότυπο με το αντικείμενο του $\Pi_{1,1}$, του πρώτου μέρους (M_3), άρα και αυτό είχε ίσο όγκο με τα υπόλοιπα αντικείμενα του πρώτου μέρους. Τα πειράματα $\Pi_{2,3}$, $\Pi_{2,4}$ και $\Pi_{2,5}$ του δεύτερου μέρους της συνέντευξης, αναδείχθηκαν επίσης εύκολα για τους μαθητές, επειδή και σε αυτά ένας απλός «κανόνας» ήταν αρκετός, ώστε να καταλήγουν σε ορθή πρόβλεψη. Σημειώνεται, ως παράδειγμα, ο «κανόνας» που ανέφερε η ίδια μαθήτρια (E15-MX) στο πείραμα $\Pi_{2,4}$. Η μαθήτρια είπε: «Όσο πιο μεγάλο είναι το... μέγεθος, πρέπει τόσο πιο πολύ να πηγαίνει πάνω.» Ο «κανόνας» αυτός εστιάζεται μόνο στη διαφορά στον όγκο των αντικειμένων (διαφορά, η οποία εύκολα μπορούσε να γίνει αντιληπτή, επειδή τα αντικείμενα είχαν ίση διατομή, επομένως οποιαδήποτε διαφορά στο ύψος τους αντιπροσώπευε διαφορά και στους όγκους τους). Επιστημονικά κρινόμενος, είναι ελλιπής, επειδή δεν ξεκαθαρίζει ότι η μάζα και το είδος του υγρού πρέπει να είναι ελεγχόμενες μεταβλητές. Όμως, τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων του δεύτερου μέρους της συνέντευξης και η μη αλλαγή στο είδος του υγρού επέτρεπαν την αξιοποίηση του «κανόνα», αφού τα αντικείμενα είχαν ίσες μάζες και το υγρό (νερό) ήταν πάντα το ίδιο, επομένως μάζα και είδος υγρού ήταν σταθερά.

Η μη συμπερίληψη του πειράματος $\Pi_{2,2}$ στα εύκολα αποδίδεται στο γεγονός ότι ο «κανόνας» που οι μαθητές αξιοποίησαν στο πρώτο μέρος της συνέντευξης είναι πιο οικείος στην καθημερινή ζωή, ενώ, τον «κανόνα» που μαθητές αξιοποίησαν στο δεύτερο μέρος της συνέντευξης, οι περισσότεροι έπρεπε να «ανακαλύψουν» κατά τη διάρκεια της συνέντευξης. Αυτό έγινε, τις περισσότερες φορές, μετά το πείραμα $\Pi_{2,2}$ και τη σύγκριση των θέσεων ισορροπίας των αντικειμένων O_3 και O_4 , που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα $\Pi_{2,1}$ και $\Pi_{2,2}$. Μπορεί, επίσης, να συνδέεται με τη δυσκολία, την οποία κατέγραψε ο Piaget (1964), όταν διερευνούσε την ικανότητα παιδιών να αντιλαμβάνονται πως η μάζα και ο όγκος μιας ποσότητας παραμένουν σταθερά, όταν η ποσότητα αυτή αλλάζει σχήμα και ο οποίος εντόπισε πως πρώτα τα παιδιά κατακτούν την έννοια της διατήρησης της μάζας και μετά την έννοια διατήρησης του όγκου. Αν και η παρούσα έρευνα δεν ασχολήθηκε με την έννοια διατήρησης των δύο φυσικών μεγεθών, οι μαθητές παρουσιάστηκαν να δυσκολεύονται περισσότερο με τον όγκο παρά με τη μάζα, κάτι το οποίο καταγράφηκε και από τον Piaget (1964).

Τέλος, η συμπερίληψη των πειραμάτων $\Pi_{3,3}$ και $\Pi_{4,3}$ στα εύκολα, αποδίδεται στην ευκολία για την πρόβλεψη της θέσης ισορροπίας του αντικειμένου M_4O_1 , που χρησιμοποιήθηκε σε αυτά, σε σύγκριση με τη θέση ισορροπίας των υπολοίπων αντικειμένων, που χρησιμοποιήθηκαν στο τρίτο και το τέταρτο μέρος της συνέντευξης. Το

αντικείμενο M_4O_1 , που χρησιμοποιήθηκε στα δύο πειράματα, βυθιζόταν. Αυτό, οι μαθητές μπορούσαν να το προβλέψουν αξιοποιώντας μόνο ένα δικαιολογητικό, τη μάζα του αντικειμένου, και τον αντίστοιχο «κανόνα» από το πρώτο μέρος της συνέντευξης, παραγνωρίζοντας άλλους παράγοντες που επηρεάζουν τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων στα υγρά. Αυτό ήταν δυνατό, επειδή και το δεύτερο δικαιολογητικό, που αφορούσε τον όγκο του αντικειμένου, οδηγούσε στην ίδια πρόβλεψη, δηλαδή πως το αντικείμενο θα βυθιζόταν. Επομένως, ακόμα και αν αγνοούσαν τον όγκο, οι μαθητές μπορούσαν να καταλήξουν σε ορθή πρόβλεψη. Όταν οι μαθητές έκαναν το ίδιο σε άλλα πειράματα, στα οποία έπρεπε να ληφθεί υπόψη και ο όγκος των αντικειμένων, οι μαθητές δεν μπορούσαν να καταλήξουν σε ορθή πρόβλεψη. Για τον ίδιο λόγο, οι μαθητές μπορούσαν να καταλήξουν σε ορθή πρόβλεψη, αν αξιοποιούσαν μόνο το δικαιολογητικό για τον όγκο των αντικειμένων και αγνοούσαν το δικαιολογητικό για τη μάζα.

Ο δεύτερος παράγοντας σχετίζεται με το σχεδιασμό της δομής της συνέντευξης. Συγκεκριμένα, στα δύο πρώτα μέρη της συνέντευξης, ήταν προκαθορισμένη η σειρά με την οποία εκτελούνταν τα πειράματα και οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους, μετά την εκτέλεση των δύο πρώτων πειραμάτων κάθε μέρους, όλα τα απαραίτητα δεδομένα και δικαιολογητικά, ώστε να προβούν σε ορθή πρόβλεψη. Οι μαθητές έπρεπε να εντοπίσουν τα κατάλληλα δικαιολογητικά και δεδομένα και να τα αξιοποιήσουν ορθά. Αντιθέτως, στο τρίτο και στο τέταρτο μέρος της συνέντευξης, οι μαθητές δεν είχαν στη διάθεσή τους όλα τα απαραίτητα δεδομένα. Είχαν μόνο μερικά, όσα είχαν συλλέξει στα προηγούμενα στάδια της συνέντευξης και χρειάζονταν επιπρόσθετα. Αυτά, έπρεπε οι ίδιοι να τα συλλέξουν, μέσα από σχετικά πειράματα, που επίσης οι ίδιοι έπρεπε να προτείνουν. Επιπρόσθετα, στα πειράματα του τέταρτου μέρους, οι μαθητές έπρεπε να διερευνήσουν αν το είδος του υγρού επηρέαζε τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων και να εγκαθιδρύσουν το δικαιολογητικό για το είδος του υγρού, μέσα από πειράματα τα οποία οι ίδιοι έπρεπε να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν. Αυτά είχαν ως αποτέλεσμα η πρόβλεψη για τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων του τρίτου και του τέταρτου μέρους της συνέντευξης να είναι δυσκολότερη από την αντίστοιχη του πρώτου και του δεύτερου μέρους. Επίσης καθιστούσαν την πρόβλεψη για τα πειράματα του τέταρτου μέρους δυσκολότερη από την πρόβλεψη για τα πειράματα του τρίτου μέρους.

Από το Σχήμα 12, προκύπτει πως υπήρχε τάση για μεγαλύτερη συνεργασία, ανάμεσα στις δυάδες, όταν τα πειράματα ήταν πιο δύσκολα. Όσο πιο δύσκολο ήταν για τους μαθητές να καταλήξουν σε ορθή πρόβλεψη, τόσο μεγαλύτερη ανάγκη για συνεργασία

έδειχναν. Η παρατήρηση αυτή ενισχύεται και από το συντελεστή συσχέτισης των δύο βαθμών. Οι δύο βαθμοί ($B_{\text{συν,π}}$ και $B_{\text{ε,π}}$) είχαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση $r = -.794$, $p = 000$. Το αρνητικό πρόσημο στο συντελεστή συσχέτισης των δύο βαθμών δηλώνει πως όσο πιο μεγάλος είναι ο ένας από τους δύο βαθμούς, τόσο πιο μικρός είναι ο άλλος, ενώ όσο πιο μικρός είναι ο ένας, τόσο πιο μεγάλος είναι ο άλλος. Η παρατήρηση αυτή ενισχύεται και από τη σύγκριση των πειραμάτων στα οποία οι μαθητές συνεργάστηκαν περισσότερο ή λιγότερο με την ευκολία των πειραμάτων αυτών. Οι μαθητές συνεργάστηκαν περισσότερο, κατά σειρά $B_{\text{συν,π}}$, ξεκινώντας από το πείραμα στο οποίο συνεργάστηκαν περισσότερο, στα $\Pi_{3,2}$, $\Pi_{4,4}$, $\Pi_{4,1}$, $\Pi_{3,1}$ και $\Pi_{3,4}$. Οι μαθητές δυσκολεύτηκαν περισσότερο, κατά σειρά δυσκολίας, ξεκινώντας από το δυσκολότερο, στα $\Pi_{3,4}$, $\Pi_{4,1}$, $\Pi_{4,2}$, $\Pi_{4,4}$, και $\Pi_{3,1}$. Δηλαδή, στα τέσσερα από τα πέντε πιο δύσκολα ($\Pi_{3,4}$, $\Pi_{4,1}$, $\Pi_{4,4}$, και $\Pi_{3,1}$), για τους μαθητές, πειράματα, οι μαθητές συνεργάστηκαν περισσότερο. Επιπρόσθετα, οι μαθητές συνεργάστηκαν λιγότερο, κατά σειρά $B_{\text{συν,π}}$, ξεκινώντας από το πείραμα στο οποίο συνεργάστηκαν λιγότερο, στα $\Pi_{2,5}$, $\Pi_{1,3}$, $\Pi_{1,5}$, $\Pi_{2,3}$ και $\Pi_{3,3}$. Βρήκαν πιο εύκολα, κατά σειρά ευκολίας, ξεκινώντας από το ευκολότερο, τα πειράματα $\Pi_{2,3}$, $\Pi_{3,3}$, $\Pi_{2,5}$, $\Pi_{1,5}$ και $\Pi_{1,4}$. Δηλαδή, οι μαθητές συνεργάστηκαν λιγότερο στα τέσσερα από τα πέντε πειράματα, τα οποία βρήκαν πιο εύκολα ($\Pi_{2,3}$, $\Pi_{3,3}$, $\Pi_{2,5}$ και $\Pi_{1,5}$).

Πειραματισμός

Από τη σύγκριση του $B_{\text{ε,π}}$ με το $B_{\text{συν,π}}$ προέκυψε πως η ανάγκη για συλλογή δεδομένων, μέσα από το σχεδιασμό και την εκτέλεση κατάλληλων πειραμάτων στο τρίτο και το τέταρτο μέρος της συνέντευξης, ήταν ένας παράγοντας που δυσκόλεψε τους μαθητές και ο παράγοντας αυτός διερευνήθηκε περαιτέρω. Για το σκοπό αυτό, ως μονάδα ανάλυσης – επεισόδιο ορίστηκε, όπως και στην περίπτωση της διερεύνησης του $B_{\text{συν}}$, η συζήτηση που έγινε σε κάθε πείραμα ξεχωριστά από κάθε ομάδα. Το κάθε μέλος αξιολογήθηκε ξεχωριστά από το άλλο και η διερεύνηση αφορούσε μόνο το τρίτο και το τέταρτο μέρος της συνέντευξης. Η μη συμπερίληψη του πρώτου και του δεύτερου μέρους της συνέντευξης έγινε, επειδή, στα μέρη αυτά, οι μαθητές δεν είχαν την ευκαιρία να εισηγηθούν και να εκτελέσουν κάποιο νέο πείραμα. Μπορούσαν μόνο να επαναλάβουν κάποιο/α, που είχε/αν ήδη προηγηθεί, αφού τα πειράματα στα πρώτα δύο μέρη της συνέντευξης ήταν προκαθορισμένα. Τα επεισόδια χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες

πειραματισμού, ανάλογα με τη θέση που είχε το πείραμα στο επεισόδιο. Στην πρώτη κατηγορία πειραματισμού, εντάχθηκαν όσα επεισόδια δεν περιελάμβαναν εισήγηση και εκτέλεση πειράματος από τους μαθητές. Σε αυτά, οι μαθητές προέβλεπαν τη θέση ισορροπίας του υπό εξέταση αντικειμένου, χωρίς να εκτελούν κάποιο πείραμα, για να συλλέξουν δεδομένα και να καταλήξουν σε ορθά τεκμηριωμένη πρόβλεψη. Αξιοποιούσαν δεδομένα από πειράματα που είχαν ήδη εκτελεστεί σε προηγούμενο μέρος της συνέντευξης ή δεν αξιοποιούσαν δεδομένα. Η πρώτη κατηγορία πειραματισμού ονομάστηκε «Μηδενική Ανάγκη για Πειραματισμό.»

Στη δεύτερη κατηγορία πειραματισμού εντάχθηκαν τα επεισόδια στα οποία, αρχικά, το ένα ή και τα δύο μέλη της ομάδας έδρασαν με τον ίδιο τρόπο με αυτόν που έδρασαν οι μαθητές στην πρώτη κατηγορία πειραματισμού. Όμως, στη συνέχεια, οι μαθητές εκτέλεσαν ένα ή περισσότερα πειράματα για διάφορους λόγους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι μαθητές ένιωσαν κάποια αβεβαιότητα, δεν ήταν σίγουροι για την πρόβλεψή τους, επειδή διαφώνησαν, και με την εκτέλεση κάποιου πειράματος επεδίωξαν να πείσουν το συνομιλητή τους για την ορθότητα της δικής τους πρόβλεψης, ή εκτέλεσαν πειράματα όταν κλήθηκαν από τον ερευνητή να αιτιολογήσουν την πρόβλεψή τους. Η δεύτερη κατηγορία πειραματισμού ονομάστηκε «Δευτερογενής Ανάγκη για Πειραματισμό.»

Στην τρίτη κατηγορία πειραματισμού, εντάχθηκαν τα επεισόδια εκείνα στα οποία οι μαθητές, πρώτα εκτελούσαν ένα ή περισσότερα πειράματα και στη συνέχεια διαμόρφωναν, εισηγούνταν και υποστήριζαν την πρόβλεψή τους. Η τρίτη κατηγορία πειραματισμού ονομάστηκε «Πρωτογενής Ανάγκη για Πειραματισμό.»

Στον Πίνακα 27, παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των τριών κατηγοριών πειραματισμού ανά μέρος συνέντευξης και συνολικά. Από τα δεδομένα του Πίνακα 27, προκύπτει πως, σχεδόν στα δύο τρίτα των πειραμάτων που εκτελέστηκαν με το σύνολο των ομάδων, ποσοστό 64%, στο σύνολο του τρίτου και του τέταρτου μέρους της συνέντευξης, οι μαθητές επέδειξαν ανάγκη για πειραματισμό, πρωτογενή ή δευτερογενή, 47% και 17%, αντίστοιχα. Στα υπόλοιπα πειράματα, ποσοστό 36%, οι μαθητές προέβλεψαν χωρίς να εκτελέσουν οποιοδήποτε πείραμα. Συγκρίνοντας τα ποσοστά των τριών κατηγοριών πειραματισμού ανά μέρος συνέντευξης, παρατηρείται αύξηση στο ποσοστό των περιπτώσεων που οι μαθητές εκτέλεσαν κάποιο πείραμα πριν προβλέψουν, κατηγορία «Πρωτογενής Ανάγκη για Πειραματισμό,» στο τέταρτο μέρος της συνέντευξης, συγκριτικά με το ποσοστό της ίδιας κατηγορίας στο τρίτο μέρος. Οι άλλες δύο κατηγορίες, «Μηδενική Ανάγκη για Πειραματισμό» και «Δευτερογενής Ανάγκη για Πειραματισμό,»

Πίνακας 27

Συχνότητες και Ποσοστά Κατηγοριών Πειραματισμού
ανά Μέρος Συνέντευξης

Ανάγκη για Πειραματισμό	Τρίτο Μέρος της Συνέντευξης		Τέταρτο Μέρος της Συνέντευξης		Σύνολο	
	n	Ποσοστό	n	Ποσοστό	n	Ποσοστό
Μηδενική	56	42%	39	30%	95	36%
Δευτερογενής	29	22%	16	12%	45	17%
Πρωτογενής	47	36%	77	58%	124	47%
Σύνολο	132	100%	132	100%	264	100%

παρατηρήθηκαν σε μικρότερο ποσοστό στο τέταρτο μέρος από ότι στο τρίτο μέρος της συνέντευξης. Η αύξηση στα ποσοστά της κατηγορίας «Πρωτογενής Ανάγκη για Πειραματισμό» αποδίδεται σε δύο λόγους: α) Στο τρίτο μέρος της συνέντευξης, οι μαθητές καλούνταν να πειραματιστούν με αντικείμενα που διέφεραν, ως προς τον όγκο, ως προς τη μάζα ή ως προς και τα δύο φυσικά μεγέθη με τα υπόλοιπα αντικείμενα των δύο πρώτων μερών της συνέντευξης. Στο πρώτο μέρος τα αντικείμενα διέφεραν μόνο ως προς τη μάζα και στο δεύτερο μέρος διέφεραν μόνο ως προς τον όγκο. Ήταν δυσκολότερη η πρόβλεψη στο τρίτο μέρος, επειδή οι μαθητές έπρεπε να λάβουν υπόψη και τα δύο φυσικά μεγέθη, μάζα και όγκο. Εναλλακτικά, όμως, οι μαθητές μπορούσαν να επιλέξουν κάποιο αντικείμενο, που να έχει ίσο το ένα από τα δύο φυσικά μεγέθη με το υπό εξέταση αντικείμενο, και να προβληματιστούν βάσει της διαφοράς που είχαν τα δύο αντικείμενα ως προς το δεύτερο φυσικό μέγεθος, κάτι που έκαναν και στα δύο πρώτα μέρη της συνέντευξης, με αποτέλεσμα η πρόβλεψη να έχει παρόμοιο βαθμό δυσκολίας με τον αντίστοιχο βαθμό δυσκολίας των δύο πρώτων μερών της συνέντευξης. Καλούνταν επίσης να προβλέψουν τη θέση ισορροπίας του αντικειμένου στο ίδιο υγρό, το νερό. Αντιθέτως, στο τέταρτο μέρος της συνέντευξης, οι μαθητές έπρεπε, επιπρόσθετα στα όσα καλούνταν να κάνουν στο τρίτο μέρος της συνέντευξης, να λάβουν υπόψη τους και τη διαφορά στο είδος του υγρού, που ήταν αλατόνερο. β) Όπως προκύπτει από το Σχήμα 12, οι μαθητές είχαν χαμηλά επίπεδα ορθών προβλέψεων στα δύο τελευταία μέρη της συνέντευξης. Οι $B_{ε,π}$ στα έξι από τα οκτώ πειράματα του τρίτου και του τέταρτου μέρους της συνέντευξης, εκτός από τα $\Pi_{3,3}$ και $\Pi_{4,3}$, ήταν κάτω από .5, που σημαίνει πως στα πειράματα αυτά, οι περισσότεροι μαθητές είχαν λανθασμένη πρόβλεψη. Οι λανθασμένες προβλέψεις οδηγούσαν τους μαθητές στην αναζήτηση τρόπων, οι οποίοι θα τους βοηθούσαν να προβλέψουν ορθά στα επόμενα πειράματα. Ο πειραματισμός ήταν ένας από τους τρόπους

αυτούς. Επομένως, όσο προχωρούσε η συνέντευξη, οι μαθητές παρουσιάζονταν πιο πρόθυμοι να εισηγηθούν και να εκτελέσουν κάποιο πείραμα.

Στον Πίνακα 28, παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των τριών κατηγοριών πειραματισμού ανά τάξη και ανά σύνθεση ομάδας ξεχωριστά.

Πίνακας 28

Συχνότητες και Ποσοστά Κατηγοριών Πειραματισμού
ανά Τάξη και ανά Σύνθεση Ομάδας

Ανάγκη για Πειραματισμό	Τάξη				Σύνθεση Ομάδας			
	Δ΄		Ε΄		Μέση και Χαμηλή Γ.Γ.Ι.		Υψηλή και Μέση Γ.Γ.Ι.	
	n	Ποσοστό	n	Ποσοστό	n	Ποσοστό	n	Ποσοστό
Μηδενική	46	38%	49	34%	64	47%	31	24%
Δευτερογενής	17	14%	28	19%	21	15%	24	19%
Πρωτογενής	57	48%	67	47%	51	38%	73	57%
Σύνολο	120	100%	144	100%	136	100%	128	100%

Από τη σύγκριση των ποσοστών των τριών κατηγοριών ανά τάξη, προκύπτει πως οι μαθητές των δύο τάξεων δεν έδειξαν να διαφοροποιούνται πολύ ως προς την τάση για πειραματισμό, αφού τα ποσοστά, ανά κατηγορία, διέφεραν από 1% ως 5%. Το ίδιο ισχύει και για την περίπτωση της κατηγορίας «Δευτερογενής Ανάγκη για Πειραματισμό,» ανάμεσα στους δύο τύπους ομάδων που συμμετείχαν στην έρευνα. Αντιθέτως, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη διαφοροποίηση στα ποσοστά των δύο τύπων ομάδων μαθητών (ομάδες που αποτελούνταν

από μαθητές με μέση και χαμηλή Γ.Γ.Ι. και ομάδες που αποτελούνταν από μαθητές με υψηλή και μέση Γ.Γ.Ι.), που συμμετείχαν στη συνέντευξη, στις κατηγορίες «Μηδενική Ανάγκη για Πειραματισμό» και «Πρωτογενής Ανάγκη για Πειραματισμό.» Πιο συγκεκριμένα, οι ομάδες που αποτελούνταν από μαθητές με υψηλή και μέση Γ.Γ.Ι. πειραματίστηκαν πολύ περισσότερο από τις ομάδες που αποτελούνταν από μαθητές με μέση και χαμηλή Γ.Γ.Ι. Τα ποσοστά των περιπτώσεων, που εντάχθηκαν στην κατηγορία «Πρωτογενής Ανάγκη για Πειραματισμό» ήταν 57% και 38%, αντίστοιχα. Είχαν, δηλαδή, διαφορά 19%. Η τάση για πειραματισμό προέκυψε να είναι ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, που διαφοροποιούσε τις ομάδες που αποτελούνταν από μαθητές με υψηλή και μέση Γ.Γ.Ι. από τις ομάδες που αποτελούνταν από μαθητές με μέση και χαμηλή Γ.Γ.Ι. Οι τελευταίες αμφιταλαντεύονταν ανάμεσα στην ανάγκη για πειραματισμό και στην υποβάθμιση του πειραματισμού, αφού σχεδόν στις μισές περιπτώσεις, ποσοστό 47%, δεν πειραματίστηκαν

(κατηγορία «Μηδενική Ανάγκη για Πειραματισμό,» Πίνακας 28) και στις υπόλοιπες, ποσοστό 53%, πειραματίστηκαν (κατηγορίες «Πρωτογενής Ανάγκη για Πειραματισμό» και «Δευτερογενής Ανάγκη για Πειραματισμό»).

Ακολούθως, ορίστηκε ως βαθμός πρωτογενούς ανάγκης πειραματισμού κάθε μαθητή (στο εξής θα σημειώνεται ως $B_{πειρ}$) το πηλίκο των πειραμάτων στα οποία ο μαθητής εισηγήθηκε και εκτέλεσε τουλάχιστον ένα πείραμα πριν από την εισήγηση οποιασδήποτε πρόβλεψης για τη θέση ισορροπίας κάποιου αντικειμένου, διά τον αριθμό των πειραμάτων του τρίτου και του τέταρτου μέρους της συνέντευξης, δηλαδή 8. Δηλαδή, ο $B_{πειρ}$ προέκυπτε από το πηλίκο του αθροίσματος των πειραμάτων, στα οποία ο μαθητής έδειξε «Πρωτογενή Ανάγκη για Πειραματισμό» διά 8. Αποφασίστηκε η μη συμπερίληψη των περιπτώσεων, στις οποίες οι μαθητές επέδειξαν «Δευτερογενή Ανάγκη για Πειραματισμό,» επειδή ζητούμενο ήταν η αξιολόγηση της αυθόρμητης, αυθεντικής και πρωτογενούς τάσης των μαθητών να αξιοποιούν τον πειραματισμό για τις προβλέψεις τους και να αξιολογούν τα δεδομένα, που συλλέγονται ως χρήσιμα, αξιόλογα και σημαντικά. Διευκρινίζεται πως, για τον υπολογισμό του $B_{πειρ}$, οι μαθητές κάθε ομάδας αξιολογήθηκαν ξεχωριστά, ανάλογα με τη συμπεριφορά τους, ως προς το $B_{πειρ}$ και όχι ως ομάδα. Ένας μαθητής εντασσόταν στην κατηγορία «Πρωτογενής Ανάγκη για Πειραματισμό,» αν εισηγείτο, συμμετείχε ή εκτελούσε κάποιο πείραμα, πριν προβεί σε πρόβλεψη. Αν η εισήγηση και η εκτέλεση γινόταν μόνο από το ένα από τα δύο μέλη της ομάδας, χωρίς το άλλο να συμμετέχει, στην κατηγορία «Πρωτογενής Ανάγκη για Πειραματισμό,» εντασσόταν μόνο το πρώτο μέλος.

Στον Πίνακα 29, καταγράφονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις του $B_{πειρ}$ ανά τάξη και ομάδα Γ.Γ.Ι. Από τα δεδομένα, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 29, προκύπτει πως οι μαθητές της Δ' τάξης είχαν υψηλότερο μέσο όρο $B_{πειρ}$ από τους μαθητές της Ε' τάξης (.41 και .34, αντίστοιχα, Πίνακας 29). Μεγαλύτερη διαφορά καταγράφηκε μεταξύ των τριών ομάδων Γ.Γ.Ι. μαθητών (μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι., μαθητές με μέση Γ.Γ.Ι. και μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι.). Πιο συγκεκριμένα, ο μέσος όρος του $B_{πειρ}$ των μαθητών της ομάδας με χαμηλή Γ.Γ.Ι. ήταν .25, της ομάδας με μέση Γ.Γ.Ι. ήταν .32 και της ομάδας με υψηλή Γ.Γ.Ι. ήταν .60 (Πίνακας 29). Για να διερευνηθεί, αν οι διαφορές στους μέσους όρους που παρατηρήθηκαν ήταν στατιστικά σημαντικές, διενεργήθηκε ανάλυση διασποράς 2 (τάξη) X 3 (ομάδα Γ.Γ.Ι.), με εξαρτημένη μεταβλητή το $B_{πειρ}$. Πριν από τη διενέργεια της ανάλυσης διασποράς, ελέγχθηκε αν υπάρχει ομοιογένεια στις διασπορές των ομάδων (homogeneity of variance). Αυτό έγινε με το Levene's test of equality of error variances, το οποίο έδειξε πως δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά

Πίνακας 29

Μέσοι Όροι και Τυπικές Αποκλίσεις
Βαθμού Πειραματισμού ανά Τάξη και Ομάδα Γ.Γ.Ι.

Γ.Γ.Ι. Μαθητή	Τάξη						Σύνολο		
	Δ'			Ε'			\bar{x}	SD	n
	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n			
Χαμηλή	.34	.35	8	.17	.22	9	.25	.29	17
Μέση	.37	.32	15	.28	.27	18	.32	.29	33
Υψηλή	.57	.37	7	.62	.36	9	.60	.36	16
Σύνολο	.41	.34	30	.34	.33	36	.37	.33	66

στις διασπορές των ομάδων $F(5, 60) = 1.393, p = .240$. Επομένως, μπορούσε να θεωρηθεί πως υπήρχε ομοιογένεια στις διασπορές των ομάδων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς παρουσιάζονται στον Πίνακα 30.

Πίνακας 30

Ανάλυση Διασποράς 2 (Τάξη) X 3 (Ομάδα Γ.Γ.Ι.)
με Εξαρτημένη Μεταβλητή το Βαθμό Πειραματισμού

Ανεξάρτητη Μεταβλητή	SS	df	MS	F	η^2	Επίπεδο Σημαντικότητας
Διορθωμένο Μοντέλο	1.40	5	.28	2.89		.021
Intercept	9.09	1	9.09	93.78		.000
Τάξη (A)	.08	1	.08	.82	.011	.369
Γ.Γ.Ι. (B)	1.11	2	.55	5.70	.156	.005
Αλληλεπίδραση A X B	.11	2	.06	.58	.015	.563
Λάθος	5.82	60	.10			
Σύνολο	16.31	66				
Διορθωμένο Σύνολο	7.22	65				

Από τον Πίνακα 30, προκύπτει πως δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές, τάξη και ομάδα Γ.Γ.Ι., αναφορικά με το $B_{\text{πειρ}}$ των μαθητών $F(2, 60) = .58, p = .563$. Προκύπτει, επιπρόσθετα, πως η διαφορά στους μέσους όρους του $B_{\text{πειρ}}$ των δύο τάξεων δεν ήταν στατιστικά σημαντική, αφού δεν υπάρχει κύρια επίδραση της μεταβλητής «τάξη» $F(1, 60) = .82, p = .369$. Αντιθέτως, επειδή προέκυψε κύρια επίδραση της μεταβλητής «ομάδα Γ.Γ.Ι.» $F(2, 60) = 5.70, p = .005, \eta^2 = .156$, διενεργήθηκαν έλεγχοι post-hoc με τις μεθόδους LSD και Scheffe, για να διαπιστωθεί ποιες από τις διαφορές στους μέσους όρους του $B_{\text{πειρ}}$ των τριών ομάδων Γ.Γ.Ι.

των μαθητών ήταν στατιστικά σημαντικές. Τα αποτελέσματα των ελέγχων post-hoc παρουσιάζονται στον Πίνακα 31.

Πίνακας 31

Σύγκριση Μέσων Όρων Βαθμού Πειραματισμού
Ομάδων Γ.Γ.Ι. Μαθητών

	Ομάδα Γ.Γ.Ι. (A)	Ομάδα Γ.Γ.Ι. (B)	Διαφορά Μέσων Όρων Επίδοσης Επιχειρηματολογίας (A-B)
LSD	Υψηλή	Μέση	.28**
		Χαμηλή	.35**
	Μέση	Χαμηλή	.07
Scheffe	Υψηλή	Μέση	.28*
		Χαμηλή	.35**
	Μέση	Χαμηλή	.07

Σημείωση:

*: Η διαφορά στους μέσους όρους είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < .05$

** : Η διαφορά στους μέσους όρους είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < .01$

Από τον Πίνακα 31, προκύπτει πως η διαφορά στο μέσο όρο του $B_{\text{πειρ}}$ της ομάδας με υψηλή Γ.Γ.Ι. από το μέσο όρο του $B_{\text{πειρ}}$ της ομάδας με μέση Γ.Γ.Ι. ήταν στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < .01$, σύμφωνα με τη μέθοδο LSD και σε επίπεδο $p < .05$, σύμφωνα με τη μέθοδο Scheffe. Επίσης, προκύπτει πως η διαφορά στο μέσο όρο του $B_{\text{πειρ}}$ της ομάδας με υψηλή Γ.Γ.Ι. από το μέσο όρο του $B_{\text{πειρ}}$ της ομάδας με χαμηλή Γ.Γ.Ι. ήταν στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < .01$, σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους. Αντιθέτως, η διαφορά στο μέσο όρο του $B_{\text{πειρ}}$ της ομάδας με μέση Γ.Γ.Ι. από το μέσο όρο του $B_{\text{πειρ}}$ της ομάδας με χαμηλή Γ.Γ.Ι. δεν ήταν στατιστικά σημαντική, κάτι που, επίσης, προέκυψε και από τις δύο μεθόδους ελέγχου. Από τα αποτελέσματα αυτά, προκύπτει πως η ομάδα των μαθητών με υψηλή Γ.Γ.Ι. διαφοροποιήθηκε από τις υπόλοιπες δύο ομάδες, ως προς την αναγκαιότητα που είχε να συλλέξει δεδομένα από πειράματα πριν προβεί σε πρόβλεψη. Η ομάδα των μαθητών με υψηλή Γ.Γ.Ι. επέλεξε περισσότερες φορές, πρώτα να εκτελέσει κάποιο πείραμα και μετά να προβλέψει, από τις άλλες δύο ομάδες μαθητών, με μέση και χαμηλή Γ.Γ.Ι., οι οποίες δε διαφοροποιήθηκαν η μία από την άλλη. Οι μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. ένιωθαν περισσότερο την ανάγκη να στηρίξουν τις προβλέψεις τους σε δεδομένα που θα έπαιρναν από τα πειράματα από τους υπόλοιπους μαθητές.

Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η σχέση της πρωτογενούς ανάγκης για πειραματισμό με το Επιστημολογικό Επίπεδο των μαθητών, όπως αυτό μετρήθηκε με το ερωτηματολόγιο των Kuhn κ.ά. (2000). Για να διερευνηθεί αυτό, έγινε σύγκριση των μέσων όρων του $B_{\text{πειρ}}$

των μαθητών ανάλογα με το Επιστημολογικό τους Επίπεδο. Στον Πίνακα 32 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των μαθητών των πέντε επιστημολογικών επιπέδων (τριών κύριων και δύο μεταβατικών). Από τη σύγκριση των μέσων όρων, παρατηρείται πως όσο πιο υψηλό είναι το Επιστημολογικό Επίπεδο, τόσο πιο μεγάλος είναι ο μέσος όρος του $B_{πειρ}$ των μαθητών του επιπέδου, με το χαμηλότερο επίπεδο (της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης) να έχει μέσο όρο $B_{πειρ}$.13 και το υψηλότερο Επίπεδο (της υπό Αξιολόγηση Γνώσης) .54 (Πίνακας 32).

Πίνακας 32

Μέσοι Όροι και Τυπικές Αποκλίσεις
Βαθμού Πειραματισμού ανά Επιστημολογικό Επίπεδο

Επιστημολογικό Επίπεδο	Βαθμός Πειραματισμού	
	\bar{x}	SD
Της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης	.13	.15
Της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης προς τη Σχετική / Υποκειμενική Γνώση (Μεταβατικό)	.23	.33
Της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης	.30	.28
Της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης προς την υπό Αξιολόγηση Γνώση (Μεταβατικό)	.46	.30
Της υπό Αξιολόγηση Γνώσης	.54	.35
Μη αξιολογήσιμο		
Σύνολο	.38 ^α	.33 ^α

Σημείωση: α = Αφορούν τους 62 μαθητές, των οποίων το Επιστημολογικό Επίπεδο μπορούσε να αξιολογηθεί.

Έπειτα πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς με ανεξάρτητη μεταβλητή το Επιστημολογικό Επίπεδο και εξαρτημένη μεταβλητή το $B_{πειρ}$, για να διαπιστωθεί αν οι διαφορές, που παρατηρήθηκαν ανάμεσα τους μέσους όρους του $B_{πειρ}$ των πέντε επιστημολογικών επιπέδων, ήταν στατιστικά σημαντικές. Διευκρινίζεται ότι στην ανάλυση αυτή συμμετείχαν οι 62 από τους 66 μαθητές, επειδή των υπολοίπων 4 μαθητών το Επιστημολογικό Επίπεδο δεν μπορούσε να διευκρινιστεί (Πίνακας 10). Πριν από τη διενέργεια της ανάλυσης διασποράς, η ύπαρξη ομοιογένειας στις διασπορές των ομάδων (homogeneity of variance) ελέγχθηκε με το Levene's test of equality of error variances. Από τον έλεγχο προέκυψε πως δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στις διασπορές των ομάδων $F(4, 57) = 1.301, p = .281$. Επομένως, μπορούσε να θεωρηθεί πως υπήρχε ομοιογένεια στις διασπορές των ομάδων. Από την ανάλυση διασποράς προέκυψε πως υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους $B_{πειρ}$ των επιστημολογικών επιπέδων των μαθητών $F(4, 57) = 2.94, p = .028, \eta^2 = .171$. Για να διευκρινιστεί ανάμεσα σε ποιους μέσους όρους υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές,

διενεργήθηκαν έλεγχοι post-hoc με τις μεθόδους LSD και Scheffe, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 33.

Πίνακας 33

Σύγκριση Μέσων Όρων Βαθμού Πειραματισμού
ανά Επιστημολογικό Επίπεδο

Επιστημολογικό Επίπεδο (A)		Επιστημολογικό Επίπεδο (B)	Διαφορά Μέσων Όρων Βαθμού Πειραματισμού (A-B)
LSD	ΑξΓ ^α	ΣχΓ ^β προς ΑξΓ	.08
		ΣχΓ	.24
	ΣχΓ προς ΑξΓ	ΑπΓ ^γ προς ΣχΓ	.31*
		ΑπΓ	.41*
		ΑπΓ προς ΣχΓ	.23*
	ΣχΓ	ΑπΓ	.33*
		ΑπΓ προς ΣχΓ	.07
		ΑπΓ	.17
	ΑπΓ προς ΣχΓ	ΑπΓ	.10
	Scheffe	ΑξΓ	ΣχΓ προς ΑξΓ
ΣχΓ			.24
ΣχΓ προς ΑξΓ		ΑπΓ προς ΣχΓ	.31
		ΑπΓ	.41
		ΑπΓ προς ΣχΓ	.23
ΣχΓ		ΑπΓ	.33
		ΑπΓ προς ΣχΓ	.07
		ΑπΓ	.17
ΑπΓ προς ΣχΓ		ΑπΓ	.10

Σημείωση:

*: Η διαφορά στους μέσους όρους είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο $p < .05$

α: Επιστημολογικό Επίπεδο της υπό Αξιολόγηση Γνώσης.

β: Επιστημολογικό Επίπεδο της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης.

γ: Επιστημολογικό Επίπεδο της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης

Από τον Πίνακα 33, σύμφωνα με τη μέθοδο LSD, προκύπτει πως στατιστικά σημαντικές, σε επίπεδο $p < .05$, ήταν οι διαφορές των μέσων όρων $B_{πειρ}$ των δύο υψηλότερων Επιστημολογικών Επιπέδων (το Επίπεδο της υπό Αξιολόγηση Γνώσης και το μεταβατικό Επίπεδο της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης προς την υπό Αξιολόγηση Γνώση) με τους μέσους όρους $B_{πειρ}$ και των δύο χαμηλότερων Επιστημολογικών Επιπέδων (το Επίπεδο της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης και το μεταβατικό Επίπεδο της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης προς τη Σχετική / Υποκειμενική Γνώση). Οι διαφορές αυτές αναδείχθηκαν στατιστικά σημαντικές μόνο με τη μέθοδο LSD. Αντιθέτως, με τη μέθοδο Scheffe, δεν αναδείχθηκαν στατιστικά σημαντικές.

Οι μέσοι όροι $B_{πειρ}$ των δύο υψηλότερων Επιστημολογικών Επιπέδων (το Επίπεδο

της υπό Αξιολόγηση Γνώσης και το μεταβατικό Επίπεδο της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης προς την υπό Αξιολόγηση Γνώση) μεταξύ τους, των δύο χαμηλότερων Επιστημολογικών Επιπέδων (το Επίπεδο της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης και το μεταβατικό Επίπεδο της Απόλυτης / Αντικειμενικής Γνώσης προς τη Σχετική / Υποκειμενική Γνώση) μεταξύ τους και του μεσαίου Επιπέδου (της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώση) με όλα τα υπόλοιπα τέσσερα Επίπεδα, δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε όταν ο έλεγχος έγινε με τη μέθοδο LSD, ούτε όταν ο έλεγχος έγινε με τη μέθοδο Scheffe.

Από τη σύγκριση των διαφορών των μέσων όρων $B_{πειρ}$ των πέντε Επιστημολογικών Επιπέδων, προκύπτει πως οι μαθητές, οι οποίοι εντάχθηκαν στα δύο υψηλότερα Επιστημολογικά Επίπεδα διαφοροποιήθηκαν από τους μαθητές, οι οποίοι εντάχθηκαν στα δύο χαμηλότερα Επιστημολογικά Επίπεδα, ως προς την ανάγκη τους να συγκεντρώσουν δεδομένα από πειράματα, τα οποία οι ίδιοι πρότειναν, πριν προβούν σε πρόβλεψη.

Πρόβλεψη της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας

Για να διερευνηθεί αν η $E_{επ}$ μπορούσε να προβλεφθεί, πραγματοποιήθηκε πολλαπλή παλινδρομική ανάλυση με εξαρτημένη μεταβλητή την $E_{επ}$ και ανεξάρτητες μεταβλητές τη Γ.Γ.Ι., το $B_{συν}$, το $B_{πειρ}$, το Επιστημολογικό Επίπεδο, και τους παράγοντες που προέκυψαν από την παραγοντική ανάλυση των Kind κ.ά. (2007) στο ερωτηματολόγιο των στάσεων των μαθητών για το μάθημα της Επιστήμης, οι οποίοι είχαν ικανοποιητικό δείκτη αξιοπιστίας *Cronbach's α* (Πίνακας 9).

Στον Πίνακα 34, παρουσιάζονται τα γενικά χαρακτηριστικά της κατανομής των παραγόντων, οι οποίοι προέκυψαν από τις παραγοντικές αναλύσεις των εισηγητών του ερωτηματολογίου στάσεων (Kind κ.ά., 2007). Επειδή δεν αποτελούνταν όλοι οι παράγοντες κάθε ερωτηματολογίου από τον ίδιο αριθμό ερωτήσεων και για να μπορεί να γίνει εκτίμηση για τις στάσεις των μαθητών, σημειώθηκε στον Πίνακα 34 και το μέσο εύρος (mid-range) κάθε παράγοντα. Το μέσο εύρος κάθε παράγοντα ισούται με το γινόμενο του πλήθους των ερωτήσεων του παράγοντα επί τον αριθμό 3, ο οποίος αντιστοιχούσε στην κωδικοποίηση για την ενδιάμεση από τις 5 επιλογές, τις οποίες οι μαθητές είχαν, όταν καλούνταν να εκφράσουν την άποψή τους για κάθε ερώτηση, που

Πίνακας 34

Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία των Στάσεων των Μαθητών
για την Επιστήμη (Kind κ.ά., 2007)

	\bar{x}	SD	Min	Max	Mid-range ^a
Μαθαίνοντας Επιστήμη στο σχολείο	11.83	4.14	6	24	18
Αυτοεκτίμηση στην Επιστήμη	15.15	5.13	7	30	21
Επιστήμη έξω από το σχολείο	12.70	4.93	6	27	18
Μελλοντική ενασχόληση με την Επιστήμη	13.95	5.19	5	25	15
Σημασία της Επιστήμης	10.41	3.46	5	20	15
Γενικές στάσεις για το σχολείο	15.94	6.25	8	40	24

Σημείωση:

n = 66.

Παρουσιάζονται μόνο οι παράγοντες, οι οποίοι είχαν ικανοποιητικό δείκτη αξιοπιστίας (Πίνακας 9).

α: Mid-range, μέσο εύρος. Είναι το γινόμενο του πλήθους των ερωτήσεων κάθε παράγοντα επί τον αριθμό 3, που αντιστοιχούσε στη μεσαία από τις πέντε επιλογές απαντήσεων, τις οποίες οι μαθητές είχαν.

ήταν η επιλογή «ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.» Με τον αριθμό 1 κωδικοποιήθηκε η επιλογή «διαφωνώ πολύ,» με τον αριθμό 2 κωδικοποιήθηκε η επιλογή «διαφωνώ,» με τον αριθμό 4 κωδικοποιήθηκε η επιλογή «συμφωνώ» και με τον αριθμό 5 κωδικοποιήθηκε η επιλογή «συμφωνώ πολύ» του ερωτηματολογίου (Kind κ.ά., 2007). Για όσες ερωτήσεις περιείχαν αρνητικές φράσεις (π.χ. «Βρίσκω την Επιστήμη δύσκολη»), η αρίθμηση αντιστράφηκε, κάτι που έκαναν και εισηγήθηκαν οι δημιουργοί του ερωτηματολογίου (Kind κ.ά., 2007).

Οι μαθητές παρουσιάστηκαν να έχουν αρνητικές στάσεις σε όλους τους παράγοντες του ερωτηματολογίου στάσεων (Kind κ.ά., 2007), αφού σε όλους ο μέσος όρος ήταν μικρότερος από το μέσο εύρος (Πίνακας 34).

Στον Πίνακα 35, παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της $E_{επ}$ και των ανεξάρτητων μεταβλητών της παλινδρομικής ανάλυσης. Στατιστικά σημαντικοί, σε επίπεδο $p < .01$, με την εξαρτημένη μεταβλητή, $E_{επ}$, αναδείχθηκαν μόνο οι συντελεστές συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών $\Gamma.Γ.Ι.$, $B_{συν}$ και $B_{πειρ}$. Καμία από τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές, οι οποίες αφορούσαν το Επιστημολογικό Επίπεδο και τις στάσεις των μαθητών για το μάθημα της Επιστήμης, δεν είχε στατιστικά σημαντικό συντελεστή συσχέτισης με την $E_{επ}$. Από τον Πίνακα 35, προκύπτει ακόμη, ότι όλοι οι συντελεστές συσχέτισης των παραγόντων του ερωτηματολογίου στάσεων (Kind κ.ά., 2007) ήταν στατιστικά σημαντικοί σε επίπεδο $p < .01$, εκτός από το συντελεστή συσχέτισης του

Πίνακας 35

Συντελεστές Συσχέτισης Μεταξύ της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας και των
Ανεξάρτητων Μεταβλητών της Παλινδρομικής Ανάλυσης

Μεταβλητές ^α	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Επίδοση Επιχειρηματολογίας										
2. Γενική Γνωστική Ικανότητα	.497**									
3. Βαθμός Συνεργασίας	.355**	.165								
4. Βαθμός Πειραματισμού	.461**	.267*	.269*							
5. Επιστημολογικό Επίπεδο	.226	.351**	.282*	.410**						
6. Μαθαίνοντας Επιστήμη στο σχολείο	.127	.328**	.141	-.143	.088					
7. Αυτοεκτίμηση στην Επιστήμη	-.122	.082	-.155	-.281*	-.214	.584**				
8. Επιστήμη έξω από το σχολείο	.023	.318**	.044	-.163	-.131	.668**	.537**			
9. Μελλοντική ενασχόληση με την Επιστήμη	.168	.364**	.127	-.096	-.001	.583**	.411**	.674**		
10. Σημασία της Επιστήμης	-.034	.203	-.052	-.287*	-.105	.526**	.427**	.622**	.438**	
11. Γενικές στάσεις για το σχολείο	-.105	.196	.036	-.205	-.153	.573**	.591**	.611**	.470**	.204

Σημείωση:

α: Παρουσιάζονται μόνο οι παράγοντες, οι οποίοι είχαν κανονιστικό δείκτη αξιοπιστίας (Πίνακας 9)

παράγοντα «Γενικές στάσεις για το σχολείο» με τον παράγοντα «Σημασία της Επιστήμης.» Οι συσχετίσεις μεταξύ των παραγόντων του ερωτηματολογίου αποτελούν ένδειξη για τη συνοχή του ερωτηματολογίου, δηλαδή ότι αυτό μετρά παράγοντες με εννοιολογική εγγύτητα.

Στην παλινδρομική ανάλυση, η οποία έγινε για να διερευνηθεί αν η $E_{\text{επ}}$ μπορούσε να προβλεφθεί από τις ανεξάρτητες μεταβλητές Γ.Γ.Ι., $B_{\text{συν}}$, $B_{\text{πειρ}}$, Επιστημολογικό Επίπεδο, και παράγοντες που προέκυψαν από την παραγοντική ανάλυση των Kind κ.ά. (2007) στο ερωτηματολόγιο των στάσεων των μαθητών για το μάθημα της Επιστήμης, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Βήμα με Βήμα (*Stepwise*). Για να εισαχθεί μια ανεξάρτητη μεταβλητή στο μοντέλο, τέθηκε ως κριτήριο το επίπεδο σημαντικότητας του δείκτη F για τη μεταβλητή αυτή (*partial F*) να ήταν $p < .05$. Για την εξαίρεση μιας μεταβλητής από το μοντέλο, τέθηκε ως κριτήριο το επίπεδο σημαντικότητας του δείκτη F για τη μεταβλητή αυτή (*partial F*) να ήταν $p > .10$. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 36.

Πίνακας 36

Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρομική Ανάλυση για την
Πρόβλεψη της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας
με τη Μέθοδο Βήμα με Βήμα (n=62)

	R	R ²	R ² adj.	ΔR ² adj.	B	β	F
Βήμα 1	.502	.252	.240	.240			20.255*
a					3.150		
Γ.Γ.Ι.					.184	.502	
Βήμα 2	.610	.372	.351	.111			17.460*
a					2.799		
Γ.Γ.Ι.					.149	.406	
Βαθμός Πειραματισμού					3.726	.359	
Βήμα 3	.652	.425	.395	.044			14.284*
a					1.941		
Γ.Γ.Ι.					.137	.375	
Βαθμός Πειραματισμού					3.238	.312	
Βαθμός Συνεργασίας					3.959	.239	

Σημείωση:

* $p < .001$

Γ.Γ.Ι. = Γενική Γνωστική Ικανότητα

Σύμφωνα με την παλινδρομική ανάλυση, η $E_{επ}$ των μαθητών μπορεί να προβλεφθεί από τις μεταβλητές Γ.Γ.Ι., $B_{πειρ}$ και $B_{συν}$, με την ακόλουθη εξίσωση:

$$E_{επ} = 1.941 + .137 \times \Gamma.\Gamma.I. + 3.238 \times B_{πειρ} + 3.959 \times B_{συν}$$

Η, όταν οι συντελεστές σταθμιστούν, με την εξίσωση:

$$E_{επ} = .375 \times \Gamma.\Gamma.I. + .312 \times B_{πειρ} + .239 \times B_{συν}$$

Οι τρεις μεταβλητές (Γ.Γ.Ι., $B_{πειρ}$ και $B_{συν}$), μπορούν να προβλέψουν το 39.5% της διασποράς, αφού $R^2_{adj} = .395$, $F(3, 61) = 14.284$, $p < .001$. Από τη στατιστική ανάλυση, αποκλείστηκαν 4 μαθητές, οι μαθητές των οποίων το Επιστημολογικό Επίπεδο δεν μπορούσε να αξιολογηθεί (Πίνακας 10). Επειδή το Επιστημολογικό Επίπεδο δεν εντάχθηκε στο μοντέλο, το οποίο προέκυψε από την παλινδρομική ανάλυση, αποφασίστηκε να παρουσιαστούν και τα αποτελέσματα της παλινδρομικής ανάλυσης, χωρίς η μεταβλητή Επιστημολογικό Επίπεδο να είναι μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Σε αυτή την περίπτωση, στην ανάλυση συμπεριλαμβάνονταν όλοι οι μαθητές, οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα (66 μαθητές). Και σε αυτή την παλινδρομική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Βήμα με Βήμα (*Stepwise*). Τα αποτελέσματα της πολλαπλής παλινδρομικής ανάλυσης, όταν το Επιστημολογικό Επίπεδο δεν ήταν μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές, παρουσιάζονται στον Πίνακα 37.

Το μοντέλο που προέκυψε στο Βήμα 1 της παλινδρόμησης εξηγούσε το 23.5% της διασποράς της $E_{επ}$. Στο μοντέλο αυτό, η μόνη ανεξάρτητη μεταβλητή, που μπορούσε να προβλέπει την $E_{επ}$ ήταν η Γ.Γ.Ι. Στο μοντέλο που προέκυψε στο Βήμα 2 της παλινδρόμησης εντάχθηκε, επιπρόσθετα προς τη Γ.Γ.Ι., η ανεξάρτητη μεταβλητή $B_{πειρ}$, με αποτέλεσμα να εξηγείται ένα επιπρόσθετο ποσοστό 10.8% της διασποράς. Στο μοντέλο που προέκυψε στο Βήμα 3 της παλινδρόμησης εντάχθηκε, επιπρόσθετα προς τη Γ.Γ.Ι. και το $B_{πειρ}$, η ανεξάρτητη μεταβλητή $B_{συν}$, με αποτέλεσμα να εξηγείται ένα επιπρόσθετο ποσοστό 3.2% της διασποράς. Επομένως, η $E_{επ}$ μπορούσε να προβλεφθεί από τις μεταβλητές Γ.Γ.Ι. του μαθητή, το $B_{πειρ}$ και το $B_{συν}$. Συγκεκριμένα, οι τρεις μεταβλητές μπορούσαν να προβλέψουν το 37.5% της διασποράς, αφού $R^2_{adj} = .375$, $F(3, 65) =$

Πίνακας 37

Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρομική Ανάλυση για την
 Πρόβλεψη της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας
 με τη Μέθοδο Βήμα με Βήμα (n=66)

	R	R ²	R ² adj.	ΔR ² adj.	B	β	F
Βήμα 1	.497	.247	.235	.235			21.001*
a					3.339		
Γ.Γ.Ι.					.177	.497	
Βήμα 2	.603	.363	.343	.108			17.982*
a					3.051		
Γ.Γ.Ι.					.144	.403	
Βαθμός Πειραματισμού					3.535	.354	
Βήμα 3	.636	.404	.375	.032			14.009*
a					2.309		
Γ.Γ.Ι.					.136	.381	
Βαθμός Πειραματισμού					3.026	.303	
Βαθμός Συνεργασίας					3.374	.210	

Σημείωση:

* $p < .001$

Γ.Γ.Ι. = Γενική Γνωστική Ικανότητα

14.009, $p < .001$. Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 37 προκύπτει πως η $E_{επ}$ ενός μαθητή μπορεί να προβλεφθεί από τη Γ.Γ.Ι., το $B_{πειρ}$ και το $B_{συν}$ με την ακόλουθη εξίσωση:

$$E_{επ} = 2.309 + .136 \times \text{Γ.Γ.Ι.} + 3.026 \times B_{πειρ} + 3.374 \times B_{συν}$$

Η, όταν οι συντελεστές σταθμιστούν, με την εξίσωση:

$$E_{επ} = .381 \times \text{Γ.Γ.Ι.} + .303 \times B_{πειρ} + .210 \times B_{συν}$$

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έρευνα σκόπευε να αξιολογήσει την ικανότητα επιχειρηματολογίας μαθητών Δημοτικού Σχολείου σε σχέση με την τάξη (ηλικία) και τη Γενική Γνωστική Ικανότητα (Γ.Γ.Ι.) των μαθητών, όπως αυτή μετρήθηκε με το μη λεκτικό δοκίμιο «Προοδευτικές Μήτρες» του Raven (2000), ενώ, συμπληρωματικά, εντοπίστηκαν και εξετάστηκαν και άλλοι παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη της ικανότητας των μαθητών να επιχειρηματολογούν.

Για την επίτευξη του σκοπού της έρευνας, σχεδιάστηκαν τέσσερα πρωτότυπα σενάρια πειραμάτων βύθισης/πλεύσης αντικειμένων σε δύο υγρά, συμβατά με τις σύγχρονες αντιλήψεις για τη διδασκαλία της Επιστήμης στο Δημοτικό Σχολείο. Η βύθιση/πλεύση αντικειμένων σε υγρό επιλέχθηκε ως θέμα των σεναρίων, ώστε να είναι ευκολότερη η διάκριση της ορθότητας των τεκμηρίων, τα οποία μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη θεμελίωση ενός επιχειρήματος.

Με βάση τις επιδόσεις των μαθητών Δ΄ και Ε΄ τάξης στις «Προοδευτικές Μήτρες» του Raven (2000), οι 66 μαθητές του τελικού δείγματος της έρευνας χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες, μία ομάδα με υψηλή, δύο ισοδύναμες ομάδες με μέση και μία ομάδα με χαμηλή Γ.Γ.Ι. Ακολούθως, διαχωρίστηκαν σε 33 δυάδες δύο διαφορετικών τύπων. Για το σχηματισμό των δυάδων του πρώτου τύπου, επιλεγόταν τυχαία ένας μαθητής από την ομάδα με υψηλή Γ.Γ.Ι. και ένας μαθητής από τη μία ομάδα με μέση Γ.Γ.Ι., ενώ, για τις δυάδες του δεύτερου τύπου, επιλεγόταν τυχαία ένας μαθητής από την άλλη ομάδα με μέση Γ.Γ.Ι. και ένας μαθητής από την ομάδα με χαμηλή Γ.Γ.Ι.

Στη συνέχεια, ο ερευνητής πραγματοποίησε ημιδομημένη συνέντευξη με την κάθε δυάδα ξεχωριστά. Στις συνεντεύξεις, χρησιμοποιήθηκαν πειράματα βύθισης/πλεύσης δεκατεσσάρων ειδικά κατασκευασμένων αντικειμένων σε δύο διαφανή δοχεία, γεμάτα μέχρι τη μέση με ένα υγρό, νερό ή αλατόνερο. Οι μαθητές κάθε δυάδας κλήθηκαν να συνεργαστούν, με σκοπό να προβλέπουν τη θέση ισορροπίας κάθε αντικειμένου σε δοχείο με υγρό, και να επιχειρηματολογούν, ώστε να αιτιολογούν και να υποστηρίζουν την πρόβλεψή τους και, στη συνέχεια, να εκτελούν το πείραμα, δηλαδή να τοποθετούν το αντικείμενο στο υγρό, ώστε να επιβεβαιώνουν ή να απορρίπτουν την πρόβλεψή τους. Με την πρόοδο της συνέντευξης, οι μαθητές είχαν σταδιακά στη διάθεσή τους περισσότερα

δεδομένα, γεγονός που τους επέτρεπε να κάνουν πιο ακριβείς προβλέψεις. Τα πειράματα κάθε σεναρίου ακολουθούσαν προκαθορισμένη σειρά, ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των επιχειρημάτων όλων των μαθητών για κάθε πείραμα ξεχωριστά, αφού είχαν πάντοτε στη διάθεσή τους τα ίδια τεκμήρια, ώστε να στηρίζουν την πρόβλεψή τους, προτείνοντας κάποιο επιχείρημα.

Τα πειράματα των τεσσάρων σεναρίων ήταν κατάλληλα για τους μαθητές, αφού δεν προαπαιτούσαν γνώσεις και στηρίζονταν στις καθημερινές εμπειρίες που είχαν οι μαθητές. Οι μαθητές μπορούσαν, για παράδειγμα, να συλλέγουν δεδομένα με τα οποία μπορούσαν να επιβεβαιώνουν ή να απορρίπτουν τις προβλέψεις τους, για τις οποίες έπρεπε επίσης να επιχειρηματολογούν. Σταδιακά, μπορούσαν επίσης να εγκαθιδρύουν λιγότερο ή περισσότερο αδιάσειστα δικαιολογητικά. Για το σκοπό αυτό, οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να προβλέπουν και να επιχειρηματολογούν σε 18 συνολικά περιπτώσεις, αλλά για την αξιολόγηση της επιχειρηματολογίας των μαθητών αξιοποιήθηκαν μόνο οι 17, αφού εξαιρέθηκε, για διάφορους λόγους, η πρώτη περίπτωση.

Η διαδικασία αυτή και τα αντίστοιχα πειράματα προκάλεσαν και διατήρησαν σε υψηλό βαθμό το ενδιαφέρον των μαθητών και υποβοηθήσαν τη γνωστική εμπλοκή και την ενεργό συμμετοχή τους. Αυτό φάνηκε και από το ποσοστό των περιπτώσεων στις οποίες οι μαθητές δεν προέβλεψαν το αποτέλεσμα κάποιου πειράματος, με συνέπεια να μην επιχειρηματολογήσουν μόνο σε 69 περιπτώσεις από το σύνολο των 1122, που αναλύθηκαν (αριθμός ο οποίος προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του αριθμού των 17 πειραμάτων, με τον αριθμό 66 που ήταν οι μαθητές), ή ποσοστό περίπου 6%. Το μικρό αυτό ποσοστό αποτελεί ένδειξη της καταλληλότητας των πειραμάτων για το επίπεδο γνωστικής ανάπτυξης των μαθητών 10 ως 11 χρόνων. Ταυτόχρονα, φανερώνει και την τάση των μαθητών να απαντούν σε ερωτήσεις, έστω κι αν δεν είναι βέβαιοι για την ορθότητα της απάντησής τους. Η δήλωση άγνοιας ή αδυναμίας να απαντήσουν δεν ήταν, για τους περισσότερους, μία από τις επιλογές τους, αφού στο 94% των περιπτώσεων (1053 από τις 1122 περιπτώσεις) έδωσαν συγκεκριμένη απάντηση. Τα πειράματα ήταν επίσης κατάλληλα για την επίτευξη του σκοπού της έρευνας, διότι έδιναν την ευκαιρία στους μαθητές να προβληματίζονται, να κάνουν προβλέψεις και να υποστηρίζουν τις προβλέψεις τους, προτείνοντας δικά τους επιχειρήματα.

Επιπρόσθετα, η απλότητα και η συντομία της εκτέλεσης των πειραμάτων, αλλά και η δυνατότητα εύκολων και ασφαλών (οπτικών κυρίως) παρατηρήσεων, έδιναν σε κάθε μαθητή την ευκαιρία να επιχειρηματολογεί σε 17 συνολικά καταστάσεις, που εμφάνιζαν

σταδιακά αυξανόμενο βαθμό δυσκολίας. Τα πειράματα, τα οποία εκτελέστηκαν στο πρώτο και στο δεύτερο μέρος των συνεντεύξεων, ήταν ευκολότερα, αφού οι μαθητές έπρεπε να διαχειρίζονται και να εξετάζουν πώς επηρεάζεται η βύθιση/πλεύση των αντικειμένων από μία μόνο μεταβλητή των αντικειμένων, τη μάζα ή τον όγκο, αντίστοιχα. Οι μαθητές μπορούσαν επίσης να εγκαθιδρύουν τα απαραίτητα δικαιολογητικά για την πρόβλεψή τους με βάση τα αποτελέσματα, τα οποία εκτελούνταν στα δύο πρώτα μέρη της συνέντευξης. Προέκυψε μάλιστα ότι οι μαθητές εγκαθίδρυναν ευκολότερα το δικαιολογητικό για τη μάζα, στο πρώτο μέρος της συνέντευξης, σε σχέση με το δικαιολογητικό για τον όγκο, στο δεύτερο μέρος της συνέντευξης. Η δυσκολία αυτή ενδεχομένως να συνδέεται με τη μεγαλύτερη δυσκολία την οποία αντιμετωπίζουν οι μαθητές αναφορικά με την έννοια διατήρησης του όγκου, σε σχέση με την έννοια διατήρησης της μάζας, κάτι το οποίο καταγράφηκε από τον Piaget (1964). Η ερευνητική μαρτυρία από την παρούσα έρευνα επιβεβαιώνει σε κάποιο βαθμό τις απόψεις του Piaget (1964) για τις δυσκολίες που αντιμετωπίζονται από άτομα μικρής ηλικίας για τη διατήρηση της μάζας και του όγκου, ενώ προκύπτει ότι, για ορισμένα άτομα, οι δυσκολίες αυτές διατηρούνται και στις ηλικίες των 10-11 χρόνων, παρά τις διαφορετικές απόψεις του Piaget (1964). Με την έρευνα, διαπιστώθηκε επίσης ότι ανάλογες δυσκολίες αντιμετωπίζονται και στο φαινόμενο βύθισης/πλεύσης με την τάση να αντιμετωπίζουν οι μαθητές μεγαλύτερες δυσκολίες με τη μεταβλητή όγκος, παρά με τη μεταβλητή μάζα. Με βάση τα ποιοτικά αποτελέσματα προκύπτει εύκολα το συμπέρασμα ότι η ικανότητα διατήρησης της μάζας και του όγκου είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για την πρόβλεψη βύθισης/πλεύσης ενός αντικειμένου σε υγρό.

Τα πειράματα, τα οποία εκτελέστηκαν στο τρίτο μέρος της συνέντευξης, ήταν δυσκολότερα των προηγούμενων πειραμάτων, επειδή σε αυτά οι μαθητές έπρεπε οι ίδιοι να επιλέγουν μεταξύ κατάλληλων και μη κατάλληλων δεδομένων, ώστε να προβλέπουν και να επιχειρηματολογούν, ενώ έπρεπε να διαχειρίζονται δύο μεταβλητές (τη μάζα και τον όγκο) που επηρεάζουν τη βύθιση/πλεύση των αντικειμένων στο ίδιο υγρό. Τέλος, τα πειράματα, τα οποία εκτελέστηκαν στο τέταρτο μέρος της συνέντευξης, είχαν ακόμη μεγαλύτερη δυσκολία από τα πειράματα του τρίτου μέρους, επειδή οι μαθητές έπρεπε να διαχειρίζονται εκτός από τη μάζα και τον όγκο των αντικειμένων και το διαφορετικό είδος του υγρού (διαφορετική πυκνότητα). Ήταν επομένως απαραίτητο να διερευνούν και την πιθανότητα το είδος του υγρού να επηρεάζει τη βύθιση/πλεύση των αντικειμένων, σχεδιάζοντας και εκτελώντας κατάλληλα πειράματα, από τα αποτελέσματα των οποίων μπορούσε να εγκαθιδρυθεί το δικαιολογητικό για την επίδραση του είδους (πυκνότητας)

του υγρού.

Για τη μέτρηση της Επίδοσης Επιχειρηματολογίας ($E_{επ}$) των μαθητών, η έρευνα βασίστηκε στη θεωρία και στον ορισμό του Toulmin (1958) για το επιχειρήμα και τα δομικά του στοιχεία, όπως και η πλειοψηφία άλλων δημοσιευμένων ερευνών που ασχολήθηκαν με την επιχειρηματολογία (Jiménez-Aleixandre κ.ά., 2000· Means & Voss, 1996· Songer κ.ά., 2009· Cross κ.ά., 2008· Osborne κ.ά., 2004· Dawson & Venville, 2009· Clark & Sampson, 2007, 2008). Παρόλο που οι έρευνες αυτές καθοδηγήθηκαν από τη θεωρία του Toulmin (1958), σε αυτές προτάθηκαν πολύ διαφορετικοί τρόποι αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας. Κάθε ερευνητής προσπάθησε να διαμορφώσει μια ρήτρα αξιολόγησης, κατάλληλη για τα δεδομένα της έρευνάς του, με στόχο την επαρκή και αξιόπιστη αξιολόγησή τους. Η κάθε προσπάθεια εξυπηρετούσε μόνο τους στόχους της συγκεκριμένης έρευνας, καθιστώντας τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των ερευνών δύσκολη, αμφισβητήσιμη ή ακόμη και αδύνατη, αφού η αξιολόγηση της επιχειρηματολογίας δε στηρίζεται στα ίδια ακριβώς κριτήρια και δε χρησιμοποιούνται κοινές ρήτρες αξιολόγησης.

Αναδεικνύεται, επομένως, η ανάγκη για δημιουργία ενός μοντέλου αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας, το οποίο να είναι ευρύτερα αποδεκτό, ώστε να χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της επιχειρηματολογίας από ολόκληρη την επιστημονική κοινότητα, με αποτέλεσμα να μπορούν να γίνονται έγκυρες και ασφαλείς συγκρίσεις μεταξύ των πορισμάτων των διαφόρων ερευνών. Ένα κοινό μοντέλο αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας πρέπει να χαρακτηρίζεται, στο μέγιστο δυνατό βαθμό, από αντικειμενικότητα, ενώ οποιαδήποτε υποκειμενικά στοιχεία υπεισέρχονται στην αξιολόγηση των επιχειρημάτων θα πρέπει σταδιακά να υποβαθμίζονται. Η σταδιακά αυξανόμενη αντικειμενικότητα ενός κοινά αποδεκτού μοντέλου θα μπορούσε να οδηγήσει σε ένα μοντέλο εφαρμόσιμο σε ποικίλες καταστάσεις επιχειρηματολογίας, αποκαθιστώντας τη δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων των διαφόρων ερευνών, που ασχολούνται με την επιχειρηματολογία, και συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός συνεκτικού σώματος γνώσης για το θέμα.

Με βάση αυτήν την προοπτική, η παρούσα έρευνα ανέπτυξε και προτείνει ένα νέο μοντέλο αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας. Το μοντέλο αυτό συνδυάζει δύο προηγούμενες εισηγήσεις αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας (Osborne κ.ά., 2004· Dawson & Venville, 2009), οι οποίες στηρίζονται στο διαχωρισμό των επιχειρημάτων σε διακριτές κατηγορίες ή επίπεδα, 5 και 4, αντίστοιχα. Στο προτεινόμενο μοντέλο,

χρησιμοποιούνται τέσσερα επίπεδα, 0, 1, 2 και 3, ενώ ένα από αυτά (το επίπεδο 2) διαχωρίζεται σε δώδεκα επιμέρους επίπεδα, αφού σε αυτό εντάσσονταν επιχειρήματα, τα οποία διέφεραν πολύ ως προς την ποιότητα, την πληρότητα και την πειστικότητά τους. Το προτεινόμενο μοντέλο λαμβάνει υπόψη την πληρότητα και την ορθότητα των στοιχείων κάθε επιχειρήματος, κάτι που θεωρείται ως απαραίτητο στοιχείο της αξιολόγησης των επιχειρημάτων (Dawson & Venville, 2009· Chin & Osborne, 2010). Επιπρόσθετα, το προτεινόμενο μοντέλο ιεραρχεί τόσο τα επίπεδα, όσο και τα επιμέρους επίπεδα, με βάση το αποτέλεσμα της αντιπαραβολής της θεωρητικής αξιολόγησης της ποιότητας των επιχειρημάτων με την αξιολόγηση που προκύπτει από την ορθότητα και την ακρίβεια της κάθε πρόβλεψης που συνδέεται με την αντίστοιχη επιχειρηματολογία. Η αντιπαραβολή αυτή προσδίδει στη θεωρητική αξιολόγηση, η οποία περιλαμβάνει πάντα υποκειμενικά στοιχεία, περισσότερη αντικειμενικότητα, αφού συνυπολογίζει την ορθότητα και την ακρίβεια της κάθε επιχειρηματολογίας (πρόβλεψης).

Τέλος, η αξιοποίηση της ορθότητας κάθε επιχειρηματολογίας (πρόβλεψης) κάθε επιπέδου ή επιμέρους επιπέδου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας κλίμακας αναλογικής μορφής, αντί μιας κατηγοριακής κλίμακας, ώστε αυτή να μπορεί να αντιπροσωπεύει καλύτερα την ποιότητα των επιχειρημάτων. Επομένως, για την αξιολόγηση κάθε επιπέδου – επιμέρους επιπέδου στο προτεινόμενο μοντέλο, εγκαταλείπεται η κατηγοριακή κλίμακα, που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις προηγούμενες έρευνες. Η προσπάθεια αυτή είναι απόλυτα δικαιολογημένη, αφού κάθε ποσοτική αποτίμηση από την αντιστοίχιση επιπέδων επιχειρηματολογίας με μία ακολουθία αριθμών (1, 2, 3, κτλ.) δεν είναι απόλυτα δικαιολογημένη. Αυτό ίσχυε στην περίπτωση των εισηγήσεων αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας, που προτάθηκαν από τους Osborne κ.ά. (2004) και τους Dawson και Venville (2009), αλλά δεν μπορεί να αποδώσει ορθά πόσο καλύτερη είναι μία επιχειρηματολογία, ανάλογα με το επίπεδο στο οποίο ταξινομείται. Για παράδειγμα, ένα επίχειρημα, που ταξινομείται στο επίπεδο 3 δεν είναι απαραίτητα 3 φορές καλύτερο από ένα επίχειρημα που ταξινομείται στο επίπεδο 1.

Σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο, τα επιχειρήματα των επιπέδων 0 και 1 της επιχειρηματολογίας αξιολογήθηκαν με βαθμό 0, επειδή σε αυτά οι μαθητές δεν επιχειρηματολόγησαν (επίπεδο 0) ή απλά εξέφρασαν αντίθεση προς κάποια θέση, η οποία από μόνη της, όταν δηλαδή δε στηρίζεται σε οποιαδήποτε στοιχεία, δε συνιστά, σύμφωνα με τη θεωρία του Toulmin (1958), επίχειρημα (επίπεδο 1). Τα επιχειρήματα του υψηλότερου επιμέρους επιπέδου του επιπέδου 2 της επιχειρηματολογίας στηρίζονταν σε

πλήρη και αντικειμενικά δεδομένα, καθώς και πλήρη και ορθά δικαιολογητικά. Για το λόγο αυτό, αξιολογήθηκαν με βαθμό 1, επειδή είχαν ως αποτέλεσμα να προβλέπουν πάντα ορθά τα αποτελέσματα των πειραμάτων. Τα επιχειρήματα των υπόλοιπων επιμέρους επιπέδων του επιπέδου 2 υστερούσαν σε ποιότητα ή σε επάρκεια ή και στα δύο, και αξιολογήθηκαν με βαθμό μικρότερο από 1. Ο βαθμός αυτός γινόταν μικρότερος, ανάλογα με τις αδυναμίες (υστέρηση) του επιχειρήματος για ορθή πρόβλεψη, κάτι που μπορούσε να ελεγχθεί στη συνέχεια με αντικειμενικές παρατηρήσεις. Τα επιχειρήματα, τα οποία εμπλουτίζονταν από κάποια υποστηρικτική δήλωση ή κάποιο απορριπτικό κριτήριο, δηλαδή όσα ταξινομήθηκαν στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας, αξιολογήθηκαν με βαθμό 1.43, αφού για τη συγκεκριμένη έρευνα δεν εντοπίστηκαν επιμέρους επίπεδα για τα επιχειρήματα του συγκεκριμένου επιπέδου.

Επομένως, η μέγιστη Επίδοση Επιχειρηματολογίας ($E_{επ}$), με την οποία μπορούσε κάποιος μαθητής να αξιολογηθεί στην έρευνα, ήταν το γινόμενο του μέγιστου βαθμού με τον οποίο μπορούσε ένα επιχείρημα να αξιολογηθεί (1.43) επί τον αριθμό των επιχειρημάτων (17), δηλαδή 24.31. Όσα επιχειρήματα αξιολογήθηκαν με βαθμό μικρότερο από 1 υστερούσαν και μπορούσαν να αμφισβητηθούν, με βάση τα πραγματικά πειραματικά αποτελέσματα, τα οποία ήταν διαθέσιμα τη χρονική στιγμή κατά την οποία προτεινόταν το επιχείρημα. Το ποσοστό των επιχειρημάτων αυτής της μορφής ήταν 72,37% και αναδεικνύει το χαμηλό επίπεδο και τις αδυναμίες, που παρουσιάζουν οι μαθητές ηλικίας 10 ως 11 χρόνων, όταν επιχειρηματολογούν, ακόμη και όταν έχουν στη διάθεσή τους όλα τα απαραίτητα δεδομένα και δικαιολογητικά. Το χαμηλό επίπεδο επιχειρηματολογίας των μαθητών προκύπτει εύκολα και από το μέσο όρο της $E_{επ}$ των μαθητών, οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα. Λαμβάνοντας υπόψη τη μέγιστη τιμή της $E_{επ}$ των μαθητών (24.31), η μέση τιμή της $E_{επ}$, που ήταν μόνο 8.73, αντιπροσώπευε μόνο το 35.9% της μέγιστης επίδοσης, όπως προσδιορίστηκε στην παρούσα έρευνα. Επιπρόσθετα, πολύ μικρό ποσοστό επιχειρημάτων των μαθητών (3.12%) κατατάχθηκε στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας και αξιολογήθηκε με βαθμό 1.43, δηλαδή ήταν επιχειρήματα, τα οποία περιελάμβαναν επιπρόσθετα στοιχεία (υποστηρικτικές δηλώσεις ή απορριπτικά κριτήρια), που εμπλούτιζαν και καθιστούσαν τα επιχειρήματα πιο έγκυρα.

Από την ανάλυση διασποράς, με εξαρτημένη μεταβλητή την $E_{επ}$ και ανεξάρτητες μεταβλητές την τάξη (ηλικία) και την ομάδα Γ.Γ.Ι., προέκυψε πως υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ των δύο ηλικιών (τάξεων), όσο και μεταξύ των 4 ομάδων Γ.Γ.Ι. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις

επιχειρηματολογίας για τους μαθητές της Ε΄ τάξης σε σύγκριση με τους μαθητές της Δ΄ τάξης. Η διαφοροποίηση των δύο τάξεων ως προς την $E_{\text{επ}}$ ήταν επίσης εμφανής και από τη σύγκριση των συχνοτήτων εμφάνισης των διαφόρων στρατηγικών επιχειρηματολογίας ανά τάξη, όπως προέκυψαν από την ποιοτική ανάλυση των συνεντεύξεων. Για παράδειγμα, περισσότεροι μαθητές της Δ΄ τάξης χρησιμοποίησαν στρατηγικές που αξιολογήθηκαν με χαμηλότερους βαθμούς, ενώ περισσότεροι μαθητές της Ε΄ τάξης χρησιμοποίησαν στρατηγικές που αξιολογήθηκαν με τους υψηλότερους βαθμούς.

Σε ότι αφορά τις διαφορές μεταξύ των τεσσάρων ομάδων Γ.Γ.Ι., στατιστικά καλύτερες επιδόσεις επιχειρηματολογίας είχαν οι μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι., τόσο σε σύγκριση με τους μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι., όσο και σε σύγκριση με τους μαθητές με μέση Γ.Γ.Ι. με τους οποίους συνεργάστηκαν. Οι μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. δεν είχαν όμως στατιστικά καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με τους μαθητές με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάστηκαν όμως με μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι. Επίσης, στατιστικά καλύτερες επιδόσεις επιχειρηματολογίας από τους μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι. είχαν μόνο οι μαθητές με μέση Γ.Γ.Ι., οι οποίοι συνεργάστηκαν μαζί τους, αλλά όχι οι μαθητές με μέση Γ.Γ.Ι. που συνεργάστηκαν με μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. Δεν εντοπίστηκαν όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ άλλων ομάδων με διαφορετική γνωστική ικανότητα, παρόλο που ήταν εμφανής η τάση να έχουν πάντοτε καλύτερες επιδόσεις επιχειρηματολογίας οι μαθητές με υψηλότερη Γ.Γ.Ι.

Εντοπίστηκε επομένως μια διαφοροποίηση στις $E_{\text{επ}}$ των μαθητών, ανάλογα με τη σύνθεση της δυάδας και το ρόλο που ο κάθε μαθητής αναλάμβανε στη δυάδα, που φάνηκε να σχετίζεται με τη Γ.Γ.Ι. των μαθητών. Αναλυτικότερα, ο μαθητής με την υψηλότερη Γ.Γ.Ι. σε κάθε δυάδα υπερείχε του μαθητή με τη χαμηλότερη Γ.Γ.Ι. Στις δυάδες με άτομα με υψηλή και μέση Γ.Γ.Ι., υπερείχαν τα άτομα με υψηλή Γ.Γ.Ι. και στις δυάδες με άτομα με μέση και χαμηλή, υπερείχαν τα άτομα με μέση Γ.Γ.Ι. Δηλαδή, οι μαθητές με μέση Γ.Γ.Ι. συμπεριφέρθηκαν διαφορετικά, ανάλογα με το άλλο μέλος της δυάδας. Έτσι, όταν τα άτομα με μέση Γ.Γ.Ι. συνεργάζονταν με άτομο με υψηλή Γ.Γ.Ι. άφηναν την πρωτοβουλία στο μέλος με την υψηλότερη Γ.Γ.Ι. και είχαν κυρίως παθητικό ρόλο. Όπως φάνηκε από την ποιοτική ανάλυση των συνεντεύξεων, οι μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. είχαν την ισχυρή τάση να αναλαμβάνουν την πρωτοβουλία της διαδικασίας για την καθοδήγηση της διερεύνησης. Με ανάλογο τρόπο, οι μαθητές με μέση Γ.Γ.Ι. είχαν την ισχυρή τάση να αναλαμβάνουν αυτοί την πρωτοβουλία για την καθοδήγηση της διερεύνησης και είχαν μεγαλύτερη συνεισφορά στη δυάδα από τους μαθητές με χαμηλή Γ.Γ.Ι. (στις δυάδες οι

οποιές αποτελούνταν από μαθητές με μέση και χαμηλή Γ.Γ.Ι.). Επομένως, η επιχειρηματολογία των μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι. επηρεάστηκε από τη σύνθεση της δυάδας και την τάση που εντοπίστηκε να αναλαμβάνουν την πρωτοβουλία οι μαθητές με την υψηλότερη Γ.Γ.Ι.

Η διαφοροποίηση αυτή συγκλίνει με τις θεωρητικές αναλύσεις των αλληλεπιδράσεων μεταξύ περισσότερο και λιγότερο ανταγωνιστικών συνεργατών, όπως υποστηρίζονται με βάση τη θεωρία του Vygotsky (Kuhn κ.ά., 2009). Η ανάληψη διαφορετικών ρόλων από τους συμμετέχοντες σε μια ομάδα καταγράφηκε και στην έρευνα του Radinsky (2008), στην οποία διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές Στ' τάξης (12 χρόνων), που εργάστηκαν σε ολιγομελείς ομάδες στα πλαίσια ενός μαθήματος Γεωγραφίας, είχαν την τάση να αναλαμβάνουν δύο αντίθετους ρόλους, που χαρακτηρίστηκαν ως ρόλοι είτε του ανταγωνιστή για την αρχηγία, είτε του σιωπηλού παρευρισκόμενου. Οι ίδιοι ρόλοι εντοπίστηκαν και στην παρούσα έρευνα, παρόλο που σε ορισμένες δυάδες, οι μαθητές συνεργάστηκαν κάποτε σε μικρότερο και κάποτε σε μεγαλύτερο βαθμό και έκταση.

Από την ποιοτική ανάλυση των συνεντεύξεων, με βάση τη σταθερή συγκριτική μέθοδο ανάλυσης (Glaser, 1965· Valanides, 2010), διαπιστώθηκε επίσης πως ο βαθμός συνεργασίας των ομάδων σχετιζόταν με την $E_{επ}$ των μαθητών. Από την αρχή των συνεντεύξεων, οι μαθητές ενημερώνονταν πως αναμενόταν από αυτούς να συνεργάζονται σε όλα τα στάδια της συνέντευξης, με σκοπό να συνδιαμορφώνουν κοινή απάντηση (πρόβλεψη και αιτιολόγηση της πρόβλεψης), αν αυτό ήταν δυνατό, ή να επεξηγούν ο ένας στον άλλο τον τρόπο σκέψης τους, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που διαφωνούσαν. Περίπου στο ένα τρίτο των πειραμάτων, οι μαθητές δεν είχαν την ευκαιρία να συνεργαστούν, αφού, από την αρχή της συζήτησης του πειράματος, είχαν την ίδια άποψη. Στα υπόλοιπα δύο τρίτα των πειραμάτων, η συνεργασία ήταν όμως εφικτή, αλλά παρατηρήθηκε μόνο στα μισά από τα πειράματα αυτά, ενώ στα υπόλοιπα οι μαθητές δε συνεργάστηκαν. Στις περιπτώσεις που οι μαθητές δε συνεργάστηκαν, επέδειξαν δύο διαφορετικές συμπεριφορές: α) Ο ένας μαθητής της δυάδας αναλάμβανε την πρωτοβουλία και την ευθύνη της απάντησης, ενώ ο άλλος απλά δήλωνε πως συμφωνούσε και περιοριζόταν σε παθητική παρακολούθηση του πρώτου μαθητή. β) Οι μαθητές της δυάδας εξέφραζαν διαφορετικές απόψεις, χωρίς όμως να προσπαθούν να καταλήγουν σε κοινή απάντηση, επιδεικνύοντας πλήρη αδιαφορία για την αντίθετη άποψη, αφού δεν έδειχναν διάθεση για γνήσια επικοινωνία και αμοιβαία προσπάθεια για συμβιβασμό ή αναζήτηση κοινά αποδεκτής θέσης με βάση τα αντικειμενικά δεδομένα που είχαν στη διάθεσή τους.

Αντίθετα, ο κάθε μαθητής επέμενε στον τρόπο με τον οποίο ο ίδιος κατανοούσε τα πειράματα, εκδηλώνοντας συμπεριφορά η οποία χαρακτηριζόταν έντονα από εγωκεντρισμό (Piaget, 1951).

Με τις διάφορες ποιοτικές κυρίως αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, εντοπίστηκε επίσης ότι ο βαθμός δυσκολίας των πειραμάτων επηρέαζε την προθυμία των μαθητών για συνεργασία. Η παρατήρηση αυτή ενισχύεται από το συντελεστή συσχέτισης μεταξύ του βαθμού δυσκολίας ενός πειράματος και του βαθμού συνεργασίας μεταξύ των μελών μιας ομάδας ($r = -.794$, $p = 001$), ο οποίος ήταν στατιστικά σημαντικός. Αυτό αποτελεί ένδειξη πως όσο πιο δύσκολη ήταν μια πρόβλεψη (πείραμα), τόσο μεγαλύτερος ήταν και ο βαθμός συνεργασίας στις δυάδες. Φάνηκε δηλαδή ότι το αίσθημα της αβεβαιότητας για την ορθότητα μιας πρόβλεψης, όταν το πείραμα ήταν δύσκολο, υποβοηθούσε τη συνεργασία μεταξύ των δύο μαθητών της δυάδας. Αντιθέτως, όταν το πρόβλημα ήταν εύκολο, οι μαθητές προτιμούσαν να εργαστούν ατομικά, αποφεύγοντας κάθε είδους συνεργασία ή ακόμη και επικοινωνία με το άλλο μέλος της δυάδας.

Από την ποιοτική ανάλυση των συνεντεύξεων, διαπιστώθηκε επίσης ότι η ικανότητα επιχειρηματολογίας των μαθητών σχετιζόταν και με την προθυμία τους να εισηγούνται και να εκτελούν πειράματα, που σχετίζεται άμεσα με την αναγνώριση της αξίας των αντικειμενικών πειραματικών δεδομένων. Ο παράγοντας αυτός ονομάστηκε πρωτογενής ανάγκη για πειραματισμό. Υπήρχε μάλιστα σαφής διαφοροποίηση των μαθητών ως προς την πρωτογενή ανάγκη για πειραματισμό, ανάλογα με τη Γ.Γ.Ι. τους. Πιο συγκεκριμένα, μόνο οι μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. υπερέιχαν των μαθητών των άλλων τριών ομάδων, αναφορικά με την αξιοποίηση των πειραμάτων για μια τεκμηριωμένη επιχειρηματολογία. Οι διαφοροποιήσεις αυτές αποδίδονται τόσο στην ικανότητα των μαθητών με υψηλή Γ.Γ.Ι. να σκέφτονται και να εισηγούνται πειράματα, τα οποία ενδεχομένως να τους βοηθούσαν να επιλύσουν μια προβληματική κατάσταση, όσο και στο ότι αναγνώριζαν τη συγκριτικά μεγαλύτερη σημασία των πειραματικών δεδομένων, σε σχέση με τις δικές τους υποκειμενικές εκτιμήσεις. Οι μαθητές των ομάδων με μέση και χαμηλή Γ.Γ.Ι. ήταν αντιθέτως λιγότερο ικανοί να σχεδιάζουν και να εισηγούνται πειράματα για τη συλλογή πειραματικών δεδομένων, ως αντιστάθμισμα των δικών τους υποκειμενικών εκτιμήσεων. Επομένως, επέλεξαν να επιχειρηματολογούν με βάση μόνο τα διαθέσιμα στοιχεία, τα οποία όμως δεν ήταν πάντα επαρκή. Οι μαθητές με υψηλή Γ.Γ.Ι. ένιωθαν επίσης περισσότερο την ανάγκη να διερευνούν υποθέσεις για παράγοντες, οι οποίοι πιθανόν να επηρέαζαν το θέμα με το οποίο ασχολούνταν, και σχεδίαζαν, εισηγούνταν και εκτελούσαν

πειράματα, πριν να αποδεχθούν ή να απορρίψουν τις υποθέσεις τους και να υποστηρίξουν την επιχειρηματολογία τους.

Η πρωτογενής ανάγκη των μαθητών για πειραματισμό φάνηκε επίσης ότι σχετιζόταν με το Επιστημολογικό τους Επίπεδο, αφού προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις των μαθητών των δύο υψηλότερων Επιστημολογικών Επιπέδων από τους μαθητές των δύο χαμηλότερων Επιστημολογικών Επιπέδων. Οι μαθητές των δύο χαμηλότερων Επιστημολογικών Επιπέδων δεν έδειξαν να κατανοούν τη συνεισφορά και τη σημασία των πειραματικών δεδομένων, αφού κάθε πρόβλεψη είναι εντελώς αδύνατη, χωρίς τη συλλογή πληροφοριών ή την ανάκληση σχετικών δεδομένων από τη μακροπρόθεσμη μνήμη. Αρκετοί μάλιστα μαθητές αδυνατούσαν να σχεδιάζουν κάποιο πείραμα, το οποίο θα τους βοηθούσε στην πρόβλεψή τους, με αποτέλεσμα να προβλέπουν είτε χωρίς δεδομένα, είτε με όσα δεδομένα είχαν στη διάθεσή τους, τα οποία δεν ήταν όμως πάντοτε επαρκή, ιδιαίτερα στο τρίτο και στο τέταρτο μέρος της συνέντευξης.

Το αποτέλεσμα αυτό βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τα χαρακτηριστικά των Επιστημολογικών Επιπέδων, όπως αυτά καθορίστηκαν από τους Kuhn κ.ά. (2000). Άτομα, που ανήκουν στο υψηλότερο Επιστημολογικό Επίπεδο, δε θεωρούν την αλήθεια ούτε απόλυτη, ούτε υποκειμενική, και αξιολογούν τις διαφορετικές απόψεις με βάση τα τεκμήρια στα οποία η καθεμιά βασίζεται, ώστε να καταλήγουν σε περισσότερο αξιόπιστα συμπεράσματα. Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση πειραμάτων για τη συλλογή δεδομένων ήταν για τους μαθητές, που εντάχθηκαν στο υψηλότερο Επιστημολογικό Επίπεδο (της υπό Αξιολόγηση Γνώσης), αλλά και για όσους εντάχθηκαν στο μεταβατικό Επίπεδο προς το υψηλότερο Επιστημολογικό Επίπεδο (της Σχετικής / Υποκειμενικής Γνώσης προς την υπό Αξιολόγηση Γνώση), το μέσο που τους βοηθούσε να συλλέγουν δεδομένα – τεκμήρια, τα οποία θα αξιολογούσαν, με σκοπό η πρόβλεψή τους να είναι όσο το δυνατό πιο αξιόπιστη. Μόνο για όσους μαθητές βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα επιστημολογικής ανάπτυξης, τα επιχειρήματα αποκτούν νόημα και ενθαρρύνουν την έντονη γνωστική προσπάθειά τους (Kuhn & Udell, 2007).

Η αναλυτική καταγραφή των δεδομένων και των δικαιολογητικών, που χρησιμοποιούσαν οι μαθητές, ανέδειξε ορισμένα από τα χαρακτηριστικά της σκέψης τους, τις λανθασμένες επιλογές και τις αδυναμίες τους. Αναφορικά με την αξιοποίηση δεδομένων, παρατηρήθηκαν περιπτώσεις μαθητών που χρησιμοποιούσαν άσχετα ή ανακριβή δεδομένα. Οι μεγαλύτερες όμως δυσκολίες που αντιμετώπιζαν οι μαθητές, αφορούσαν τη σαφή διάκριση των υποκειμενικών από τα αντικειμενικά δεδομένα, καθώς

και τη συγκριτική υπεροχή και πειστικότητα των αντικειμενικών δεδομένων, τα οποία υπαγορεύουν σταδιακή υποχώρηση του εγωκεντρισμού που χαρακτηρίζει μαθητές μικρής ηλικίας. Με ανάλογο τρόπο, επηρέαζε και η ικανότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν ότι τα δεδομένα που είχαν στη διάθεσή τους δεν ήταν πάντοτε επαρκή και ότι έπρεπε να εκτελούν σχετικά πειράματα για τη συλλογή των συμπληρωματικών δεδομένων που, σε αρκετές περιπτώσεις, ήταν απαραίτητα.

Ως υποκειμενικά δεδομένα χαρακτηρίστηκαν όσα λαμβάνονταν από τους μαθητές, χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις τους, και ως αντικειμενικά όσα λαμβάνονταν μέσα από τη σύγκριση δύο αντικειμένων μεταξύ τους, για κάποιο φυσικό μέγεθος, όπως η σύγκριση του ύψους δύο αντικειμένων, όταν αυτά τοποθετούνταν το ένα δίπλα στο άλλο, ή η πραγματική διαφορά μάζας των αντικειμένων, σε αντιδιαστολή με κάθε άλλη υποκειμενική, και ίσως παραπλανητική, εκτίμηση της μάζας. Αρκετοί μαθητές δεν ήταν σε θέση να διακρίνουν τότε κάποιο δεδομένο είναι αντικειμενικό (και επομένως αξιόπιστο) και τότε υποκειμενικό (και επομένως αμφισβητήσιμο). Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις, θεωρούσαν τα υποκειμενικά δεδομένα, που λάμβαναν χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις τους, ως υπέρτερα των αντικειμενικών δεδομένων. Η συμπεριφορά αυτή αποτελεί ένδειξη ότι η εγωκεντρική σκέψη (Piaget, 1924) μπορεί να εντοπίζεται και σε μαθητές ηλικίας 10 ως 11 χρόνων. Οι μαθητές αυτοί επέλεγαν να θεωρούν τις υποκειμενικές τους εκτιμήσεις περισσότερο αξιόπιστες (Piaget, 1978).

Αναφορικά με την επάρκεια των αντικειμενικών δεδομένων, που οι μαθητές έπρεπε να λαμβάνουν υπόψη, για να επιχειρηματολογούν, αυτή παρατηρήθηκε μόνο σε όσα επιχειρήματα αξιολογήθηκαν με βαθμό 1 ή μεγαλύτερο. Αυτά ήταν τα επιχειρήματα, που εντάχθηκαν στο υψηλότερο επιμέρους επίπεδο του επιπέδου 2 (Πίνακας 13), τα οποία αξιολογήθηκαν με βαθμό 1 και τα επιχειρήματα του επιπέδου 3 (Πίνακας 12), τα οποία αξιολογήθηκαν με βαθμό 1.43. Σε κανένα από τα υπόλοιπα επιμέρους επίπεδα του επιπέδου 2 (Πίνακας 13) ή στα επίπεδα 0 και 1 (Πίνακας 12), που αξιολογήθηκαν με βαθμό μικρότερο από 1, δεν αξιοποιήθηκαν πλήρη και αντικειμενικά δεδομένα. Πλήρη και αντικειμενικά δεδομένα καταγράφηκαν περίπου στο 38.32% του συνόλου των πειραμάτων, ενώ στο υπόλοιπο, περίπου 61.68% των πειραμάτων, υπήρχε ελλιπής, προβληματική ή καθόλου αξιοποίηση δεδομένων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην *«αφελή κατανόηση της δομής ενός επιχειρήματος»*, όπως καταγράφηκε και από το Zeidler (1997, σελ. 488). Η παρούσα έρευνα φανερώνει και την έκταση της συγκεκριμένης δυσκολίας για μαθητές ηλικίας 10 ως 11 χρόνων και συμφωνεί με την παρατήρηση των Dawson και

Venville (2009) ότι, στη δική τους έρευνα, οι περισσότεροι μαθητές δε χρησιμοποιούσαν οποιαδήποτε δεδομένα, ή χρησιμοποιούσαν μόνο απλά δεδομένα, για την τεκμηρίωση της επιχειρηματολογίας τους. Η αφελής κατανόηση της δομής ενός επιχειρήματος μπορεί να αποδοθεί μερικώς και στην ανεπαρκή αξιολόγηση δεδομένων (Zeidler, 1997).

Η μη αναζήτηση συμπληρωματικών δεδομένων μπορεί να οφείλεται επίσης και στην τάση των μαθητών για επιλεκτική αξιοποίηση των δεδομένων, δηλαδή τη χρησιμοποίηση μόνο δεδομένων που υποστηρίζουν την άποψή τους και την παράβλεψη άλλων δεδομένων που την αντικρούουν (Evaγoτου κ.ά., 2012), χωρίς να αποκλείονται και περιπτώσεις αδυναμίας αριθμού μαθητών να αναζητούν όλα τα σχετικά δεδομένα ή να αναζητούν οποιαδήποτε δεδομένα. Οι Sampson και Clark (2011) διαπίστωσαν παρόμοια αδυναμία ανάμεσα σε μαθητές της δικής τους έρευνας, ενώ τα αποτελέσματα της έρευνάς τους έδειξαν ότι η αδυναμία αυτή ήταν χαρακτηριστικό μόνο των ομάδων με χαμηλή επιστημονική επιχειρηματολογία.

Εντοπίστηκε επίσης ότι αρκετοί μαθητές αντιμετώπιζαν δυσκολίες και σε σχέση με την αξιοποίηση διάφορων δικαιολογητικών. Ορθά και πλήρη δικαιολογητικά αξιοποιήθηκαν από τους μαθητές μόνο σε όσα επιχειρήματα αξιολογήθηκαν με βαθμό 1 ή μεγαλύτερο, δηλαδή στα επιχειρήματα που εντάχθηκαν στο υψηλότερο επιμέρους επίπεδο του επιπέδου 2 (Πίνακας 15), τα οποία αξιολογήθηκαν με βαθμό 1 και στα επιχειρήματα του επιπέδου 3 (Πίνακας 12), τα οποία αξιολογήθηκαν με βαθμό 1.43. Αντιθέτως, όσα επιχειρήματα αξιολογήθηκαν με βαθμό μικρότερο από 1, υστερούσαν σε ότι αφορά την αξιοποίηση των απαραίτητων για την κάθε πρόβλεψη δικαιολογητικών. Δηλαδή, πλήρη και ορθά δικαιολογητικά καταγράφηκαν σε ποσοστό 39,57% του συνόλου των επιχειρημάτων της έρευνας, ενώ, στις υπόλοιπες περιπτώσεις – επιχειρήματα, οι μαθητές παρουσίαζαν διάφορες δυσκολίες, αναφορικά με την αξιοποίηση των δικαιολογητικών που είχαν εγκαθιδρυθεί. Ορισμένοι μαθητές αγνοούσαν, για παράδειγμα, κάποιο δικαιολογητικό ή άλλοι μαθητές δεν κατανοούσαν πως δύο ή περισσότερα δικαιολογητικά μπορούν να έχουν αντίθετη επίδραση στη θέση ισορροπίας των αντικειμένων σε ένα υγρό, με αποτέλεσμα να χρειάζεται να αξιοποιούν τον έλεγχο μεταβλητών στην πρόβλεψη και την επιχειρηματολογία τους. Εντοπίστηκαν επίσης περιπτώσεις όπου οι μαθητές απλά υποβάθμιζαν κάποιο δικαιολογητικό ή δεν μπορούσαν να χειριστούν περισσότερα από 1 δικαιολογητικά. Σε άλλες περιπτώσεις, ορισμένοι μαθητές αξιοποιούσαν με λανθασμένο τρόπο κάποιο δικαιολογητικό για διάφορους λόγους. Οι δυσκολίες αυτές συνοψίζονται σε αυτό που ο Zeidler (1997) χαρακτήρισε ως «αφελή κατανόηση της δομής ενός

επιχειρήματος» (σελ. 488). Υπήρχαν επίσης και μαθητές οι οποίοι, ενώ ανέφεραν κάποιο δικαιολογητικό και επομένως αναγνώριζαν πως αυτό επηρέαζε το αποτέλεσμα του πειράματος, δεν το αξιολογούσαν στην επιχειρηματολογία τους, καθώς δεν ήταν σε θέση να συνυπολογίζουν τη διαφορετική επίδραση δύο ή περισσότερων δικαιολογητικών. Συχνά όμως οι μαθητές δεν ήταν σε θέση να εγκαθιδρύουν αξιόπιστα δικαιολογητικά, επειδή δεν είχαν στη διάθεσή τους επαρκή δεδομένα και δεν μπορούσαν να εισηγηθούν κατάλληλα πειράματα για τη συλλογή των απαραίτητων συμπληρωματικών δεδομένων.

Οι αδυναμίες των μαθητών να αναζητούν, να εντοπίζουν, να συλλέγουν, να αναφέρουν και να διαχειρίζονται ορθά όλα τα απαραίτητα δεδομένα και δικαιολογητικά, ώστε να προτείνουν ένα επιστημονικά έγκυρο επιχείρημα, μπορούν να αποδοθούν σε διάφορους γνωστικούς παράγοντες (π.χ., περιορισμένη γνωστική ανάπτυξη, εγωκεντρική σκέψη κ.ά.) ή ακόμα και σε καθαρά συναισθηματικούς παράγοντες, οι οποίοι δε μελετήθηκαν ή αναδείχθηκαν έμμεσα από την ποιοτική ανάλυση των συνεντεύξεων, όπως η τάση αποφυγής της αντιπαράθεσης με το άλλο μέλος της δυάδας. Για παράδειγμα, ορισμένοι μαθητές δεν ήταν σε θέση να χειρίζονται μεγάλο αριθμό δεδομένων και δικαιολογητικών, ή δεν ήταν σε θέση να εφαρμόζουν ορθά τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών. Οι μαθητές αυτοί εστίαζαν την προσοχή τους μόνο στον ένα παράγοντα/μεταβλητή (π.χ., τη μάζα) και αγνοούσαν στην πρόβλεψη και την επιχειρηματολογία τους άλλες μεταβλητές (π.χ., τον όγκο ή το είδος του υγρού) που μπορούσαν να επηρεάζουν τη θέση ισορροπίας των αντικειμένων σε ένα υγρό. Η αδυναμία αυτή αναδείχθηκε και από τη μεγάλη διαφορά στο βαθμό ευκολίας των πειραμάτων με τα αντικείμενα M_4O_1 και M_5O_5 , στο τρίτο και στο τέταρτο μέρος των συνεντεύξεων. Η πρόβλεψη για το πρώτο αντικείμενο (M_4O_1) ήταν ευκολότερη, επειδή τα δικαιολογητικά και για τους δύο παράγοντες, μάζα και όγκος, οδηγούσαν στην ίδια πρόβλεψη, με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε ορθή πρόβλεψη και χωρίς έλεγχο μεταβλητών. Αντιθέτως, η πρόβλεψη για το δεύτερο αντικείμενο (M_5O_5) ήταν δυσκολότερη, αφού τα δικαιολογητικά για τους δύο παράγοντες οδηγούσαν σε αντίθετη πρόβλεψη, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητος ο έλεγχος μεταβλητών για ορθή πρόβλεψη.

Αναφορικά με τους μη γνωστικούς παράγοντες, εντοπίστηκαν περιπτώσεις στις οποίες η επιχειρηματολογία επηρεάστηκε εμφανώς από την τάση μαθητών να αποφεύγουν την αντιπαράθεση με το άλλο μέλος της δυάδας τους. Για παράδειγμα, υπήρχαν μαθητές που εφάρμοζαν τη στρατηγική του «μέσου όρου,» τροποποιώντας την πρόβλεψη και την αντίστοιχη επιχειρηματολογία τους, ώστε να πλησιάζουν προς την επιχειρηματολογία του

άλλου μέλους της δυάδας τους. Η συμπεριφορά αυτή σχετίζεται με άτομα που κατατάσσονται σε μεσαίο επιστημολογικό επίπεδο (Kuhn κ.ά., 2000), τα οποία υποστηρίζουν πως όλες οι απόψεις έχουν την ίδια βαρύτητα, αφού όλοι έχουν το δικαίωμα να έχουν άποψη. Όσοι μαθητές υιοθέτησαν τη στρατηγική του «μέσου όρου» δεν αναζητούσαν το βαθμό εγκυρότητας κάθε επιχειρηματολογίας, ούτε προσπαθούσαν να αντιπαραβάλουν και να συγκρίνουν τα στοιχεία, στα οποία στηριζόταν η κάθε επιχειρηματολογία, ώστε να κρίνουν την ορθότητά της. Αντίθετα, έτειναν να θεωρούν ως ισοδύναμες και ισάξιες τις δύο απόψεις και επέλεγαν να καταλήγουν σε μια τρίτη μέση θέση μεταξύ των δύο αρχικών.

Ένας άλλος συναισθηματικός παράγοντας, που φάνηκε να επηρεάζει την ικανότητα επιχειρηματολογίας των μαθητών, ήταν η αβεβαιότητα για την ορθότητα των απόψεών τους. Ορισμένοι μαθητές δεν ήταν σταθεροί στις απόψεις τους, επειδή δεν είχαν σε υψηλό βαθμό το αίσθημα της βεβαιότητας και επομένως χαρακτηρίζονταν από χαμηλή αυτοεικόνα, με αποτέλεσμα τον έντονο επηρεασμό τους από την πρόβλεψη και την επιχειρηματολογία του δεύτερου μέλους της δυάδας. Οι μαθητές αυτοί διαφοροποιούσαν συχνά τις απόψεις τους, χωρίς όμως να τις αντιπαραβάλλουν με τις απόψεις των συμμαθητών τους, συνυπολογίζοντας οποιαδήποτε δεδομένα ή δικαιολογητικά.

Ορισμένες από τις ενδείξεις της ποιοτικής ανάλυσης των συνεντεύξεων δεν επιβεβαιώθηκαν, χωρίς όμως να αναιρεθούν, από την παλινδρομική ανάλυση, η οποία εφαρμόστηκε με εξαρτημένη μεταβλητή την $E_{επ}$ των μαθητών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής έδειξαν ότι η $E_{επ}$ των μαθητών μπορούσε να προβλεφθεί από τη Γ.Γ.Ι., το βαθμό στον οποίο οι μαθητές είχαν την ανάγκη να εκτελούν πειράματα, πριν προβούν σε πρόβλεψη ($B_{πειρ}$) και το βαθμό συνεργασίας που αναπτύχθηκε στις δυάδες των μαθητών ($B_{συν}$). Οι τρεις αυτές μεταβλητές εξηγούσαν 23.5%, 10.8% και 3.2%, της διασποράς της $E_{επ}$ των μαθητών, αντίστοιχα, ενώ το συνολικό ποσοστό που μπορούσε να εξηγηθεί ήταν 37.5%. Αντιθέτως, το Επιστημολογικό Επίπεδο και οι στάσεις των μαθητών να μάθουν Επιστήμη δεν είχαν στατιστικά σημαντική προβλεπτική ικανότητα για την $E_{επ}$ των μαθητών.

Δύο άλλες έρευνες, που εξέτασαν τη σχέση του Επιστημολογικού Επιπέδου με την ικανότητα επιχειρηματολογίας, κατέληξαν σε αντίθετα μεταξύ τους αποτελέσματα. Τα συμπεράσματα της έρευνας των Cho κ.ά. (2011) δεν υποστηρίζουν την επίδραση του επιστημολογικού επιπέδου των ατόμων στην ικανότητα επιχειρηματολογίας τους, όπως και η παρούσα έρευνα. Χρησιμοποιώντας το ερωτηματολόγιο των Kuhn κ.ά. (2000) για

την αξιολόγηση του επιστημολογικού επιπέδου των μαθητών, δεν εντόπισαν κύρια επίδραση των επιστημολογικών πεποιθήσεων στην ποιότητα της επιχειρηματολογίας όσων συμμετείχαν, όταν πραγματοποίησαν ανάλυση διασποράς.

Αντιθέτως, οι Mason και Scirica (2006) κατέγραψαν διαφοροποίηση στα τρία στοιχεία της επιχειρηματολογίας που εξέτασαν (τη δημιουργία επιχειρήματος, τη δημιουργία αντεπιχειρήματος (counterargument) και τη δημιουργία απορριπτικού κριτηρίου), ανάλογα με το Επιστημολογικό Επίπεδο των συμμετεχόντων στην έρευνά τους. Όμως, οι Mason και Scirica (2006), ενώ χρησιμοποίησαν το ερωτηματολόγιο των Kuhn κ.ά. (2000), για να μετρήσουν το Επιστημολογικό Επίπεδο, η αξιολόγηση του επιστημολογικού επιπέδου δεν ακολούθησε τις εισηγήσεις των Kuhn κ.ά. (2000). Ο διαφορετικός τρόπος αξιολόγησης του επιστημολογικού επιπέδου, που υιοθετήθηκε από τους Mason και Scirica (2006), είχε ως αποτέλεσμα να μην καταταχθεί κανένας από τους 62 συμμετέχοντες στο χαμηλότερο Επιστημολογικό Επίπεδο. Η κατάταξη ατόμων στο χαμηλότερο Επιστημολογικό Επίπεδο καταγράφηκε, εκτός από την παρούσα έρευνα, και σε άλλες έρευνες (Mason κ.ά., 2006· Weinstock κ.ά., 2006) στις οποίες συμμετείχαν, μεταξύ άλλων, και μαθητές ηλικίας 11 και 13 χρόνων, αντίστοιχα, δηλαδή ηλικιών ίσων ή μεγαλύτερων από τις ηλικίες των μαθητών της παρούσας έρευνας. Η διαφοροποίηση των ευρημάτων των Mason και Scirica (2006) από αυτά της παρούσας έρευνας ίσως να οφείλεται στη διαφορετική μεθοδολογία αξιολόγησης του Επιστημολογικού Επιπέδου, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η κατάληξη σε οριστικά συμπεράσματα. Στην παρούσα έρευνα, το Επιστημολογικό Επίπεδο δεν αποτελούσε προβλεπτικό παράγοντα για την $E_{επ}$, αλλά υπήρχαν ενδείξεις ότι το Επιστημολογικό Επίπεδο επηρεάζει έμμεσα την επιχειρηματολογία, αφού είχε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με το βαθμό πρωτογενούς ανάγκης των μαθητών για πειραματισμό ($B_{πειρ}$), ο οποίος μπορούσε να προβλέψει σε στατιστικά σημαντικό βαθμό την $E_{επ}$. Το συμπέρασμα αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της έρευνας των Weinstock κ.ά. (2004), τα οποία εισηγούνται πως υπάρχει έμμεση διασύνδεση μεταξύ της επιστημολογικής κατανόησης και των δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας. Για τους ερευνητές αυτούς, η επιστημολογική επάρκεια λειτουργεί ως αναγκαιότητα (αναγκαία συνθήκη), αλλά όχι ως επαρκής παράγοντας (ικανή συνθήκη) για την ανάπτυξη δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας. Η έμμεση διασύνδεση του Επιστημολογικού Επιπέδου με την επιχειρηματολογία καταγράφηκε και στην έρευνα των Weinstock και Cronin (2003), οι οποίοι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το Επιστημολογικό Επίπεδο των ατόμων επηρεάζει όλες τις σχετικές με την επιχειρηματολογία δεξιότητες, και επομένως και τη γενική ικανότητα των ατόμων να

επιχειρηματολογούν.

Συζήτηση

Οι μαθητές, οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα, παρουσιάστηκαν να έχουν μειωμένη ικανότητα επιχειρηματολογίας, παρόλο που η ικανότητα αυτή είναι πολύ σημαντική για τους μαθητές τόσο κατά τη φοίτησή τους στο Σχολείο, όσο και όταν ενηλικιωθούν. Η πλειοψηφία των μαθητών ήταν σε θέση να δημιουργήσει και να εισηγηθεί μόνο απλά επιχειρήματα. Πολύ μικρός αριθμός μαθητών κατάφερε να προτείνει επιχειρήματα υψηλότερου επιπέδου. Αντιμέτωπος, επίσης, μεγάλες δυσκολίες, όταν τα απαραίτητα τεκμήρια δεν ήταν άμεσα διαθέσιμα, αλλά έπρεπε να επιλεγούν (όταν υπήρχαν και μη κατάλληλα), και ακόμα μεγαλύτερες δυσκολίες, όταν έπρεπε εκτελεστούν κατάλληλα πειράματα για τη συλλογή τους, ώστε να τεκμηριώνεται πλήρως η επιχειρηματολογία. Αναδεικνύεται, επομένως, δικαιολογημένος προβληματισμός τόσο για τους στόχους των Αναλυτικών Προγραμμάτων, όσο και για τις μεθόδους διδασκαλίας με τις οποίες επιδιώκεται η επίτευξή τους. Τα συνολικά αποτελέσματα της έρευνας πιστοποιούν την αδυναμία του Κυπριακού Εκπαιδευτικού συστήματος, τουλάχιστον στο επίπεδο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, να ιεραρχήσει τις ικανότητες επιχειρηματολογίας ως πρωταρχική επιδίωξή του. Η υστέρηση που παρατηρείται για την καλλιέργεια ικανοποιητικού επιπέδου επιχειρηματολογίας για μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και η συνακόλουθη απουσία επιστημολογικής, γνωστικής, κοινωνικής και συναισθηματικής ανάπτυξης των μαθητών προοιωνίζουν τις σημαντικές επιδράσεις που μπορούν να δημιουργηθούν στα άλλα επίπεδα του εκπαιδευτικού συστήματος. Το εκπαιδευτικό σύστημα είναι επιφορτισμένο με τη βασική ευθύνη για την προετοιμασία των μαθητών με κατάλληλες δεξιότητες επιχειρηματολογίας, οι οποίες δε φαίνεται να είναι ανεξάρτητες από άλλους τομείς που συνδέονται άμεσα με την ολόπλευρη ανάπτυξη των ατόμων, όπως η επιστημολογική και η συναισθηματική τους ανάπτυξη.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε η διασύνδεση της ικανότητας επιχειρηματολογίας με γνωστικούς, με συναισθηματικούς, αλλά και με κοινωνικούς παράγοντες, οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην ανάπτυξη και την εφαρμογή Αναλυτικών Προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών. Η ανάπτυξη της ικανότητας επιχειρηματολογίας, εκτός από στόχος των Αναλυτικών Προγραμμάτων, μπορεί να

καταστεί και το μέσο, με το οποίο μπορεί να υποκινηθεί και η πολύπλευρη ανάπτυξη των μαθητών, αφού τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν με σαφήνεια ότι οι ικανότητες επιχειρηματολογίας δεν είναι ανεξάρτητες από διάφορες γνωστικές δεξιότητες, όπως ο έλεγχος μεταβλητών, η διατήρηση της μάζας και του όγκου ή το επιστημολογικό των μαθητών, που πρέπει αποτελούν κυρίαρχες επιδιώξεις του μαθήματος της Επιστήμης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και όχι μόνο. Η συναισθηματική ανάπτυξη των μαθητών και η καλλιέργεια θετικής αυτοεικόνας και κριτικής διάθεσης που απορρίπτουν την παθητική αποδοχή και συμμόρφωση με τις απόψεις άλλων, πρέπει επίσης να συνυπολογίζονται ως κύριες επιδιώξεις κάθε δημοκρατικού εκπαιδευτικού συστήματος. Η καλλιέργεια κοινωνικών δεξιοτήτων και πνεύματος συνεργασίας δεν πρέπει επίσης να αγνοούνται από τα εκπαιδευτικά συστήματα, αφού αποτελούν μονόδρομο για τη δημιουργία ενεργών μελών της κοινωνίας των πολιτών, ιδιαίτερα στη σημερινή παγκοσμιοποιημένη κοινωνία και την κυριαρχία των μέσων επικοινωνίας, αφού τα άτομα δεν πρέπει να καταδικάζονται σε παθητικούς καταναλωτές πληροφοριών και άκριτους αποδεκτές απόψεων και πληροφοριών από άτομα ή ομάδες που κατέχουν κυρίαρχη θέση στην κοινωνική πραγματικότητα.

Χωρίς αμφιβολία, η παρατηρηθείσα διαφοροποίηση των $E_{επ}$, ανάλογα με την τάξη και τη Γ.Γ.Ι. των μαθητών, δεν μπορούν να μη λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την εφαρμογή αναθεωρημένων Αναλυτικών Προγραμμάτων, που θα στοχεύουν την υποβοήθηση της ανάπτυξης της επιχειρηματολογίας στα μαθήματα όχι μόνο των Φυσικών Επιστημών, αλλά του συνολικού εκπαιδευτικού συστήματος, αφού απαιτείται συστηματικός συντονισμός των προσπαθειών για την υλοποίηση των στόχων κάθε εκπαιδευτικής προσπάθειας. Στις αναθεωρημένες αυτές προσπάθειες πρέπει απαραίτητα να συνυπολογίζονται και άλλοι παράγοντες, όπως, για παράδειγμα, το Επιστημολογικό Επίπεδο των μαθητών, που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την ικανότητα των μαθητών να επιχειρηματολογούν. Η ανάπτυξη άλλων προαπαιτούμενων ικανοτήτων που μπορούν να ενισχύουν την επιχειρηματολογία των μαθητών δεν πρέπει επίσης να παραγνωρίζονται αλλά να επιδιώκεται η ανάπτυξή τους με κατάλληλα σχεδιασμένες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις. Μερικές από τις ικανότητες που είναι απαραίτητες για την κατανόηση του φαινομένου της βύθισης/πλεύσης αντικειμένων σε υγρά, όπως η διατήρηση της μάζας και του όγκου, και ο έλεγχος μεταβλητών, είχαν άμεση επίδραση στις ικανότητες επιχειρηματολογίας των μαθητών. Η συχνή επομένως εμπλοκή των μαθητών σε επιχειρηματολογία μπορεί να ενεργήσει και ως τρόπος διάγνωσης του τρόπου σκέψης των μαθητών και των τυχόν εναλλακτικών αντιλήψεων τους για διάφορα θέματα.

Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν στη συνέχεια για κατάλληλες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις για την ορθή οικοδόμηση γνωστικών δομών. Η ενσωμάτωση συχνών ευκαιριών επιχειρηματολογίας στη διδακτική/μαθησιακή διαδικασία αποδοκιάζει με έμπρακτο τρόπο τη μονόδρομη διάδοση πληροφοριών και υιοθετεί κυρίως οικοδομιστικές προσεγγίσεις σε όλο το φάσμα της διδακτικής/μαθησιακής διαδικασίας.

Οι προτάσεις αυτές ενισχύονται, αφού τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ικανότητα επιχειρηματολογίας των μαθητών συνδέεται ακόμα και με σημαντικούς συναισθηματικούς και κοινωνικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, η χαμηλή αυτοεικόνα των μαθητών δε τους επέτρεπε να έχουν ασταθείς απόψεις, με αποτέλεσμα να εκδηλώνεται έντονα η τάση ορισμένων μαθητών για συμμόρφωση με τις απόψεις άλλων και η τάση αποφυγής της διαφορετικής και τεκμηριωμένης, σε ορισμένες περιπτώσεις, άποψής τους. Οι παράγοντες αυτοί πρέπει να συνυπολογίζονται κατά την εφαρμογή των Αναλυτικών Προγραμμάτων, αφού επηρεάζουν τη συμπεριφορά, τη δράση, τις επιλογές και την ανταπόκριση των μαθητών στα θέματα που εξετάζονται και την οικοδόμηση γνωστικών δομών που συνήθως ακολουθεί. Η ανάπτυξη της συναισθηματικής νοημοσύνης των μαθητών θεωρείται ουσιαστικό συστατικό της γενικής ανάπτυξης του ατόμου, αφού προσδίδει τα απαραίτητα εφόδια για τη συναισθηματική του ισορροπία και το εφοδιάζει με τις απαραίτητες αντιστάσεις, ώστε να μην αποδέχεται, χωρίς προβληματισμό, οτιδήποτε προτείνεται από οποιαδήποτε μορφή εξουσίας. Η συνεπής αυτή προσπάθεια μπορεί να ενεργοποιεί τις κριτικές ικανότητες κάθε ατόμου, ώστε να εξετάζει με κριτική διάθεση οποιαδήποτε άποψη, και να την υιοθετεί ή να την απορρίπτει, ανάλογα με τα δικά του κριτήρια.

Σε ανάλογα συμπεράσματα οδηγεί και η διαπίστωση ότι και διάφοροι κοινωνικοί παράγοντες σχετίζονται επίσης με την επιχειρηματολογία. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκε διαφοροποίηση στις $E_{\text{επ}}$ των μαθητών με μέση Γ.Γ.Ι., ανάλογα με τη σύνθεση της ομάδας, στην οποία ανήκαν, η οποία σχετιζόταν με την ανάληψη διαφορετικών ρόλων από τους μαθητές κάθε δυάδας. Η διαφοροποίηση των μαθητών, ανάλογα με τη σύνθεση της ομάδας και η ανάληψη ρόλων, θα πρέπει επομένως να λαμβάνονται υπόψη τόσο για την ανάπτυξη νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων Φυσικών Επιστημών, όσο και για την υλοποίησή τους με κατάλληλες διδακτικές πρακτικές. Ο τρόπος με τον οποίο καταρτίζονται, για παράδειγμα, ομάδες μαθητών για συνεργατική μάθηση ή εργαστηριακή εργασία σχετίζεται άμεσα με την ανάληψη διαφορετικών ρόλων από τους μαθητές. Ο σχηματισμός και η δημιουργία ομάδων μπορεί επομένως να βοηθήσει, ώστε να δίνονται κατάλληλες ευκαιρίες στους μαθητές, για να αναλαμβάνουν αποδοτικούς,

εποικοδομητικούς και παραγωγικούς ρόλους στις ομάδες τους, αναβαθμίζοντας τη συμβολή τους στη μαθησιακή διαδικασία. Αυτό μπορεί να γίνεται με τη συχνή διαφοροποίηση στη σύνθεση των ομάδων, τόσο με την αλλαγή της σύνθεσης των ομάδων, όσο και με τη διαφοροποίηση του αριθμού των μελών τους, ώστε οι ρόλοι του σιωπηλού παρευρισκόμενου ή του ανταγωνιστή για την αρχηγία να μην παγιώνονται.

Η έρευνα αναδεικνύει και προτείνει χαρακτηριστικά, τα οποία θα πρέπει να έχουν οι εκπαιδευτικές παρεμβάσεις, που θα αποσκοπούν όχι μόνο στη βελτίωση της ικανότητας των μαθητών να επιχειρηματολογούν, αλλά θα υποβοηθούν και την ολόπλευρη ανάπτυξή τους. Τα διαβαθμισμένης δυσκολίας σενάρια πειραμάτων, που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα, μπορούν να εφαρμοστούν και σε πολλές άλλες περιοχές / θέματα των Αναλυτικών Προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών, με αποτέλεσμα να διευρύνεται το φάσμα των νέων καινοτόμων διδακτικών εφαρμογών είτε σε καθαρά επιστημονικά θέματα, όπως, για παράδειγμα, η φωτεινότητα λαμπτήρων, ανάλογα με τον αριθμό τους και τον τρόπο σύνδεσής τους σε ένα κύκλωμα, είτε και σε ευαίσθητα κοινωνικο-επιστημονικά θέματα, όπως, για παράδειγμα οι επιδράσεις στο περιβάλλον από την κατασκευή ενός δρόμου, ανάλογα με το πλάτος, τη διαδρομή, τα υλικά της κατασκευής του ή άλλους παράγοντες. Οι προτάσεις αυτές επιδιώκουν να διευρύνουν το φάσμα των σεναρίων ή πειραμάτων που μπορούν να αξιοποιηθούν, ώστε οι μαθητές να έχουν ποικίλες ευκαιρίες για αυθεντική επιχειρηματολογία, με αποτέλεσμα τη σταδιακή βελτίωση της ικανότητας επιχειρηματολογίας τους, μέσα από τη συχνή επαφή, την αναζήτηση και την αξιοποίηση στοιχείων για μια τεκμηριωμένη επιχειρηματολογία. Οι δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι μαθητές για αναζήτηση επαρκών στοιχείων, η ανάγκη για πειραματισμό και η εγκαθίδρυση κριτηρίων αξιολόγησης και τεκμηρίωσης της επιχειρηματολογίας προϋποθέτουν συχνή και επαναλαμβανόμενη εμπλοκή σε ανάλογες και αυθεντικές καταστάσεις. Η ενασχόληση των μαθητών με την επιχειρηματολογία και η συστηματική υποβοήθηση της προσπάθειάς τους με εποικοδομητική ανατροφοδότηση μπορεί να αναπτύξει τη δημιουργικότητα και την προθυμία τους για ανάληψη δικών τους πρωτοβουλιών, με τις οποίες μπορούν να διευρύνουν τη σκέψη τους και να έχουν την προθυμία να διερευνούν πολλές και διαφορετικές υποθέσεις, με τις οποίες μπορεί να αποκτήσουν τελικά κριτική και εποικοδομητική στάση για πολλά κοινωνικά δρώμενα.

Λαμβάνοντας υπόψη τις οδηγίες προς τους μαθητές για συνεργασία, η συχνότητα των περιπτώσεων στις οποίες απουσίαζε η συνεργασία, πρέπει να αποτελέσει σημείο έντονου προβληματισμού για το συνολικό εκπαιδευτικό σύστημα της Κύπρου, αφού οι

σκοποί που διακηρύσσονται υπογραμμίζουν την αναγκαιότητα για «προαγωγή της συνεργασίας,» ενώ και ένας από τους ειδικότερους στόχους του μαθήματος της Επιστήμης διακηρύσσει ότι οι μαθητές πρέπει «να συνεργάζονται με άλλα παιδιά της ομάδας τους για την εκτέλεση μιας εργασίας» (Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, 1996, σελ. 17 και 145). Παρά τις διακηρύξεις της επίσημης εκπαιδευτικής πολιτικής, η συνεργασία δε φαίνεται ότι είναι στοιχείο της μαθησιακής κουλτούρας που επικρατεί, αφού αρκετοί μαθητές υιοθετούσαν παθητική στάση ή ενεργούσαν ανταγωνιστικά, δηλαδή με ακριβώς αντίθετη συμπεριφορά από αυτή που επίσημα και θεωρητικά επιδοκιμάζεται.

Η συνεργασία δεν μπορεί να θεωρείται μια απλή επιδίωξη των Αναλυτικών Προγραμμάτων, αφού είναι απαραίτητο συστατικό της ζωής των ανθρώπινων κοινωνιών, οι οποίες ονομάζονται κοινωνίες, επειδή σε αυτές οι άνθρωποι έχουν κάποια κοινά (π.χ., στόχους, συμφέροντα, επιδιώξεις, προσπάθειες, δράσεις). Σε όλες τις πτυχές των ανθρώπινων κοινωνιών, η συνεργασία μπορεί να έχει μεγάλη θετική συνεισφορά στην πρόοδο και την ανάπτυξή τους. Επομένως, για κάθε εκπαιδευτικό σύστημα, η θεωρητική διακήρυξη για την ανάπτυξη πνεύματος και δεξιοτήτων συνεργασίας δεν μπορεί να δικαιολογηθεί, αν δεν επιτυγχάνεται με τρόπο που οι αυριανοί πολίτες να επιδεικνύουν έμπρακτα την υιοθέτηση κουλτούρας συνεργασίας.

Καταληκτικά, κάθε εκπαιδευτική βαθμίδα πρέπει να παρέχει στους μαθητές πολλαπλές ευκαιρίες και δυνατότητες να συνεργάζονται, ώστε σταδιακά να αποκτούν και τα απαραίτητα εφόδια αλλά και τις στάσεις που απαιτούνται για μια εποικοδομητική και αποδοτική συνεργασία. Η όλη σχολική εργασία θα πρέπει να διαπνέεται από πνεύμα συνεργασίας, ώστε οι μαθητές να συνειδητοποιούν την αξία της συνεργασίας. Οι ευκαιρίες επιχειρηματολογίας πρέπει επίσης να χαρακτηρίζονται από συμβατότητα με το αντιληπτικό επίπεδο των μαθητών, χωρίς όμως να υποβαθμίζεται πέραν του δέοντος ο βαθμός δυσκολίας, αφού φάνηκε από την έρευνα ότι ο υψηλός βαθμός δυσκολίας ενός πειράματος μπορεί να ενεργοποιεί περισσότερο την ανάγκη των μαθητών να αναζητούν από κοινού τη λύση ενός προβλήματος. Αντιθέτως, όταν το πρόβλημα είναι αρκετά εύκολο, οι μαθητές τείνουν να αποφεύγουν τη συνεργασία, στερούμενοι έτσι των πλεονεκτημάτων και των δυνατοτήτων που προσφέρει σε σχέση με την απλή ατομική προσπάθεια.

Εισηγήσεις για Μελλοντικές Έρευνες

Η παρούσα έρευνα ασχολήθηκε με την επιχειρηματολογία μαθητών ηλικίας 10 ως 11 χρόνων και τον εντοπισμό ή την εξέταση παραγόντων που την επηρεάζουν. Οι μαθητές συνεργάστηκαν σε δυάδες για την πρόβλεψη της θέσης βύθισης – πλεύσης αντικειμένων σε υγρά, για να τεκμηριώσουν την επιχειρηματολογία τους, ανάλογα με τις διαθέσιμες πληροφορίες. Η επιχειρηματολογία των μαθητών μελετήθηκε μέσα από τις συζητήσεις τους πριν ή μετά την εκτέλεση σχετικών πειραμάτων. Μέσα από την ανάλυση των συζητήσεων, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο αξιολόγησης της επιχειρηματολογίας των μαθητών, το οποίο αξιοποιούσε το βαθμό ορθότητας της πρόβλεψης. Το μοντέλο αυτό αποκλίνει από απλές κατηγοριακές κλίμακες που χρησιμοποιήθηκαν σε προηγούμενες προσπάθειες και επιδιώκει την αξιολόγηση της επιχειρηματολογίας με αναλογικής μορφής κλίμακα. Το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να αξιοποιηθεί σε άλλες έρευνες, οι οποίες θα αποσκοπούν στη μελέτη και αξιολόγηση της επιχειρηματολογίας, ώστε να διευκρινιστεί και να βελτιωθεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία του. Η εξέταση της καταλληλότητας του μοντέλου μπορεί να επεκταθεί σε έρευνες στις οποίες μαθητές θα εργάζονται ατομικά και σε ομάδες με περισσότερα από δύο μέλη, σε έρευνες στις οποίες θα συμμετέχουν μαθητές μικρότερων ή μεγαλύτερων ηλικιών και ενήλικες. Μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί σε έρευνες στις οποίες η επιχειρηματολογία θα διερευνηθεί με διαφορετικά πειραματικά σενάρια με ανάλογη δομή και δυνατότητες ή και μέσα από την εξέταση κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων. Η διερεύνηση της δυνατότητας εντοπισμού επιμέρους επιπέδων και στο επίπεδο 3 της επιχειρηματολογίας, όπως εντοπίστηκαν στο επίπεδο 2 θεωρείται ενδιαφέρουσα, αφού, στην παρούσα έρευνα, ο πολύ μικρός αριθμός επιχειρημάτων που εντάχθηκε στο επίπεδο 3, απέκλειε αυτή τη δυνατότητα. Αντίθετα, η συμμετοχή ατόμων μεγαλύτερων ηλικιών, ή η αξιοποίηση διαφορετικών πειραματικών σχεδιασμών, μπορεί να βοηθήσει στην επέκταση του μοντέλου και του εύρους της αντίστοιχης κλίμακας (0-1.43), ώστε να αξιολογείται η επιχειρηματολογία ανώτερων επιπέδων και σε διαφορετικά σενάρια.

Από την έρευνα προέκυψε πως οι μαθητές με μέση Γ.Γ.Ι. συμπεριφέρθηκαν διαφορετικά, ανάλογα με τη σύνθεση της ομάδας, στην οποία είχαν ενταχθεί, αναλαμβάνοντας διαφορετικούς ρόλους. Η παρατήρηση αυτή θα πρέπει να διερευνηθεί με συστηματικό τρόπο, ώστε να μπορεί ελεγχθεί κατά πόσον μπορεί να γενικευτεί, ανεξάρτητα από ηλικία και γενική γνωστική ικανότητα (υψηλή και χαμηλή). Θα πρέπει

επίσης να διερευνηθεί η ανάληψη ρόλων σε ομάδες, οι οποίες θα αποτελούνται από άτομα με διαφορετικά γνωστικά ή άλλα χαρακτηριστικά, όπως, η εσωστρέφεια/εξωστρέφεια, η γνωστική ανάπτυξη, το επιστημολογικό επίπεδο κλπ. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα έχει και η διερεύνηση του τρόπου ανάληψης ρόλων από τα άτομα, τα οποία θα συμμετέχουν σε δυάδες ή πολυπληθέστερες ομάδες.

Από την αναλυτική καταγραφή των δεδομένων και των δικαιολογητικών, τα οποία χρησιμοποίησαν οι μαθητές, φάνηκαν τα χαρακτηριστικά της σκέψης τους, οι δυσκολίες, οι αδυναμίες και οι λανθασμένες επιλογές που έκαναν. Προκύπτει ανάγκη για διερεύνηση, μέσα από επίσης αναλυτική καταγραφή δεδομένων και δικαιολογητικών, αντίστοιχων δυσκολιών και αδυναμιών, τις οποίες αντιμετωπίζουν μαθητές μικρότερων και μεγαλύτερων ηλικιών. Επίσης, προκύπτει ανάγκη για διερεύνηση δυσκολιών και αδυναμιών, τις οποίες αντιμετωπίζουν μαθητές τόσο σε άλλα επιστημονικά θέματα, όσο και σε κοινωνικο-επιστημονικά θέματα.

Η έρευνα διερεύνησε τη δυνατότητα μόνο ενός περιορισμένου αριθμού παραγόντων (ηλικία, Γ.Γ.Ι. κ.ά.) να επηρεάζουν την ικανότητα επιχειρηματολογίας των μαθητών. Οι παράγοντες αυτοί δεν εξαντλούν τους παράγοντες, οι οποίοι σχετίζονται με την επιχειρηματολογία. Θεωρείται, επομένως, αναγκαίο να διερευνηθεί αν η επιχειρηματολογία των μαθητών σχετίζεται και με πολλούς άλλους παράγοντες, όπως το φύλο, οι φιλίες ή άλλες διαπροσωπικές σχέσεις, το ενδιαφέρον κλπ., ώστε να διευρυνθεί η βάση της ερευνητικής μαρτυρίας και να είναι δυνατή η οριστικοποίηση καταληκτικών συμπερασμάτων για το άκρως σημαντικό θέμα της επιχειρηματολογίας. Ανάλογες προσπάθειες πρέπει να απασχολούν όχι μόνο τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, αφού η επιχειρηματολογία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη φύση της επιστήμης, αλλά και άλλα θέματα που ενδιαφέρονται ή σχετίζονται με την πολιτότητα και τα απαραίτητα γνωστικά, κοινωνικά και συναισθηματικά εφόδια του ενεργού πολίτη σε κάθε δημοκρατική κοινωνία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aakhus, M. (2010). Introduction to the special issue on coding argument in social interaction. *Communication Methods and Measures*, 4, 1-6.
- Baxter Magolda, M. B. (1987). The affective dimension of learning: Faculty-student relationships that enhance intellectual development. *College Student Journal*, 21, 46-58.
- Beeth, M. E. (1998). Facilitating conceptual change learning: The need for teachers to support metacognition. *Journal of Science Teacher Education*, 9, 49-61.
- Belenky, M. F., Clinchy, B. M., Goldberger, N. R., & Tarule, J. M. (1986). *Women's ways of knowing: The development of self, voice and mind*. New York: Basic Books.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93, 26-55.
- Brickell, G., Ferry, B., & Harper, B. (2002). *Developing informal reasoning skills in ill-structured environments. A case study into problem-solving strategies*.
<http://www.ascilite.org.au/conferences/auckland02/proceedings/papers/094.pdf>
- Canary, D. J., & Seibold, D. R. (2010). Origins and development of the conversational argument coding scheme. *Communication Methods and Measures*, 4, 7-26.
- Canary, D. J., Ratledge, N. T., & Seibold, D. R. (1982). *Argument and group decision making: Development of a coding scheme*. Paper presented at the annual meeting of the Speech Communication Association, Louisville, KY.
- Carpenter, P. A., Just, M. A., & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: A theoretical account of the processing in the Raven progressive matrices test. *Psychological Review*, 97, 404-431.

- Chang, S. N., & Chiu, M. H. (2008). Lakatos' scientific research programmes as a framework for analysing informal argumentation about socio-scientific issues. *International Journal of Science Education, 30*, 1753-1773.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science. *Journal of Research in Science Teaching, 47*, 883-908.
- Chin, C., & Teou, L. Y. (2009). Using concept cartoons in formative assessment: Scaffolding students' argumentation. *International Journal of Science Education, 31*, 1307-1332.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research, 63*, 1-49.
- Cho, Y. H., Lee, J., & Jonassen, D. H. (2011). The role of tasks and epistemological beliefs in online peer questioning. *Computers & Education, 56*, 112-126.
- Clark, D. B., & Sampson, V. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environment to relate structure, grounds, and conceptual quality. *Journal of Science Teacher Education, 45*, 293-321.
- Clark, D. B., & Sampson, V. D. (2007). Personally-seeded discussions to scaffold online argumentation. *International Journal of Science Education, 29*, 253-277.
- Colclough, N. D. (2007). *Trainee teachers and ionising radiation: Understandings, attitudes and risk assessments. a descriptive study in one institution*. (Unpublished doctoral dissertation, University of Birmingham, Birmingham, United Kingdom) Retrieved from <http://etheses.bham.ac.uk/55/>
- Colclough, N. D., Lock, R., & Soares, A. (2011). Pre-service teachers' subject knowledge of and attitudes about radioactivity and ionising radiation. *International Journal of Science Education, 33*. 423-446.

- Cross, D., Taasoobshirazi, G., Hendricks, S., & Hickey, D. T. (2008). Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities. *International Journal of Science Education, 30*, 837-861.
- Dawson, V., & Venville, G. J. (2009). High-school students' informal reasoning and argumentation about biotechnology: An indicator of scientific literacy? *International Journal of Science Education, 31*, 1421-1445.
- Dewitt, J., Archer, L., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). High aspirations but low progression: The science aspirations-careers paradox amongst minority ethnic students. *International Journal of Science and Mathematics Education, 9*, 243-271.
- Dijkstra, E., & Goedhart, M. (2010). Evaluation of Carboschools. Students', teachers' and scientists' opinions on authentic science projects in a european context. Informally published manuscript, University of Groningen, Groningen, The Netherlands. Retrieved from <http://www.rug.nl/fmns-research/ido/publications/2010>
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education, 84*, 287-312.
- Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2004). The role of argumentation in developing scientific literacy. In K. Boersma, O. deJong, H. Eijkelhof, and M. Goedhart (Eds.), *Research and the Quality of Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Evagorou, M., Jimenez-Aleixandre, M., & Osborne, J. (2012). 'Should we kill the grey squirrels?' A study exploring students' justifications and decision-making. *International Journal of Science Education, 34*, 401-428.
- Fraser, B. J., Aldridge, J. M., & Adolphe, F. S. G. (2010). A cross-national study of secondary science classroom environments in Australia and Indonesia. *Research in Science Education, 40*, 551-571.

- Georghiades, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: Focusing on transfer, durability, and metacognition. *Educational Research, 42*, 119-139.
- Gijlers, H., & de Jong, T. (2009). Sharing and confronting propositions in collaborative inquiry learning. *Cognition and Instruction, 27*, 239-268.
- Glaser, B. G. (1965). The constant comparative method of qualitative analysis. *Social Problems, 12*, 436-445.
- Haerle, F. C., & Bendixen, L. D. (2008). Personal epistemology in elementary classrooms: A conceptual comparison of Germany and the United States and a guide for future cross-cultural research. *Knowing, Knowledge and Beliefs: Epistemological Studies across Diverse Cultures* (pp. 1-10). The Netherlands: Springer.
- Havu-Nuutinen, S. (2005). Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective. *International Journal of Science Education, 27*, 259-279.
- Hofer, B. K. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching. *Journal of Educational Psychology Review, 13*, 353-382.
- Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research, 67*, 88-140.
- Infante, D. & Rancer, A. (1982). A conceptualization and measure of argumentativeness. *Journal of Personality Assessment, 46*, 72-80.
- Iordanou, K. (2010). Developing argument skills across scientific and social domains. *Journal of Cognition and Development, 11*, 293-327.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "Doing science": Argument in high school genetics. *Science Education, 84*, 757-792.

- Katchevich, D., Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2011). Argumentation in the chemistry laboratory: Inquiry and confirmatory experiments. *Research in Science Education*, doi: 10.1007/s11165-011-9267-9.
- Keogh, B., Naylor, S., & Downing, B. (2003). Children's interactions in the classroom: Argumentation in primary science. *Paper Presented at the European Science Education Research Association Conference*. Noordwijkerhout, the Netherlands.
- Kind, P., Jones, K., & Barmby, P. (2007). Developing attitudes towards science measures. *International Journal of Science Education*, 29, 871-893.
- King, P. M., & Kitchener, K. S. (1994). *Developing reflective judgment: Understanding and promoting intellectual growth and critical thinking in adolescents and adults*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Kneale, W., & Kneale, M. (1962). *The development of logic (Eleventh impression)*. Oxford: Clarendon Press.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85, 291-310.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kuhn, D., & Park, S. (2005). Epistemological understanding and the development of intellectual values. *International Journal of Educational Research*, 43, 111-124.
- Kuhn, D., & Udell, W. (2007). Coordinating own and other perspectives in argument. *Thinking & Reasoning*, 13, 90-104.
- Kuhn, D., Cheney, R., & Weinstock, M. (2000). The development of epistemological understanding. *Cognitive Development*, 15, 309-328.
- Kuhn, D., Shaw, V., & Felton, M. (2009). Effects of dyadic interaction on argumentive reasoning. *Cognition and Instruction*, 15, 287-315.
- Kuhn, D., Wang, Y., & Li, H. (2010). Why argue? Developing understanding of the purposes and values of argumentive Discourse. *Discourse Processes*, 48, 26-49.

- Lin, J. Y. (2007). Responses to anomalous data obtained from repeatable experiments in the laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 506-528.
- Macbeth, D. (2000). On an actual apparatus for conceptual change. *Science Education*, 84, 228-264.
- Mason, L., & Boscolo, P. (2004). Role of epistemological understanding and interest in interpreting a controversy and in topic-specific belief change. *Contemporary Educational Psychology*, 29, 103-128.
- Mason, L., & Scirica, F. (2006). Prediction of students' argumentation skills about controversial topics by epistemological understanding. *Learning and Instruction*, 16, 492-509.
- Mason, L., Boldrin, A., & Zurlo, G. (2006). Epistemological understanding in different judgment domains: Relationships with gender, grade level, and curriculum. *International Journal of Educational Research*, 45, 43-56.
- McNeill, K. (2009). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. *Science Education*, 93, 233-268.
- McNeill, K., & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M. C. Lovett, and P. Shah (Eds.), *Thinking With Data: The Proceedings of the 33rd Carnegie Symposium on Cognition*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Means, M. L., & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction*, 14, 139-178.
- Meyers, R. A., & Brashers, D. (2010). Extending the conversational argument coding scheme: Argument categories, units, and coding procedures. *Communication Methods and Measures*, 4, 27-45.

- Murphy, C., Varley, J., & Veale, O. (2011). I'd rather they did experiments with us... than just talking: Irish children's views of primary school science. *Research in Science Education*, doi: 10.1007/s11165-010-9204-3
- Naylor, S., Downing, B., & Keogh, B. (2001). An empirical study of argumentation in primary science, using concept cartoons as the stimulus. *Paper Presented at the 3rd Conference of the European Science Education Research Association Conference*. Thessaloniki, Greece.
- Naylor, S., Keogh, B., & Downing, B. (2007). Argumentation and primary science. *Research in Science Education*, 37, 17-39.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 553-576.
- Norris, S. P., & Phillips, A. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87, 224-240.
- Nussbaum, E. M., Sinatra, G. M., & Poliquin, A. (2008). Role of epistemic beliefs and scientific argumentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 30, 1977-1999.
- O'Neill, D. K., & Polman, J. L. (2004). Why educate "Little scientists?" Examining the potential of practice-based scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 234-266.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "Ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 994-1020.

- Patronis, T., Potari, D., & Spiliotopoulou, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: Implications for teaching. *International Journal of Science Education, 21*, 745-754.
- Perry, W. G. (1970). Forms of intellectual and ethical development in the college years: A scheme. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Perry, W. G. (1981). Cognitive and ethical growth: The making of meaning. In A. Chickering, A. (Ed), *The Modern American College*, San Francisco: Jossey-Bass.
- Piaget, J. (1924). *Le jugement et le raisonnement chez l'enfant*. Lausanne – Paris: Delachaux et Niestlé S. A.
- Piaget, J. (1951). *The child's conception of the world*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1964). Development and learning. In R. E. Ripple and V. N. Rockcastle (Eds.), *Piaget Rediscovered: A report of the Conference on Cognitive Studies and Curriculum Development*. (pp. 7-20). Ithaca (New York): Cornell University.
- Piaget, J. (1978). *La formation du symbole chez l'enfant*. Lausanne (Suisse) – Paris: Delachaux et Niestlé S.A.
- Prabhakaran, V., Smith, J. A. L., Desmond, J. E., Glover, G. H., & Gabrieli, J. D. E. (1997). Neural substrates of fluid reasoning: An fMRI study of neocortical activation during performance of the Raven's progressive matrices test. *Cognitive Psychology, 33*, 43-63.
- Radinsky, J. (2008). Students' roles in group-work with visual data: A site of science learning. *Cognition and Instruction, 26*, 145-194.
- Raven, J. (1989). The Raven progressive matrices: A review of national norming studies and ethnic and socioeconomic variation within the United States. *Journal of Educational Measurement, 26*, 1-16.
- Raven, J. (2000). The Raven's progressive matrices: Change and stability over culture and time. *Cognitive Psychology, 41*, 1-48.

- Reznitskaya, A., Kuo, L., Clark, A., Miller, B., Jadallah, M., Anderson, R., & Nguyen-Jahiel, K. (2009). Collaborative reasoning: A dialogic approach to group discussions. *Cambridge Journal of Education, 39*, 29-48.
- Russel, T. L. (1983). Analyzing arguments in science classroom discourse: Can teachers' questions distort scientific authority? *Journal of Research in Science Teaching, 20*, 27-54.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching, 41*, 513-536.
- Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education, 90*, 986-1004.
- Sampson, V., & Clark, D. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education, 93*, 448-484.
- Sampson, V., & Clark, D. B. (2011). A comparison of the collaborative scientific argumentation practices of two high and two low performing groups. *Research in Science Education, 41*, 63-97.
- 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*, 217-257.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences, 12*, 5-51.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction, 23*, 23-55.
- Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology, 82*, 498-504.
- Schommer, M. (1993). Epistemological development and academic performance among secondary students. *Journal of Educational Psychology, 85*, 406-411.

- Shaw, A. J., Harrison, T. G., Medley, M. I., Sellou, L., Shallcross, K. L., Croker, S. J., Williams, S. J., & Shallcross, D. E. (2010). University-School partnerships: Polymer chemistry days run at a University for 14-15 year olds and their impact on attitudes to Science. *Acta Didactica Napocensia*, 3, 19-26.
- Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23, 903-927.
- Songer, N. B., Kelcey, B., & Gotwals, A. W. (2009). How and when does complex reasoning occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 610-631.
- Stathopoulou, Ch., & Vosniadou, St. (2007). Exploring the relationship between physics-related epistemological beliefs and physics understanding. *Contemporary Educational Psychology*, 32, 255-281.
- Tabak, I., & Weinstock, M. P. (2005). Knowledge is knowledge is knowledge? The relationship between personal and scientific epistemologies. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 5, 307-328.
- Tobin, K. G., & Capie, W. (1980). Teaching process skills in the middle school. *School Science and Mathematics*, 80, 590-600.
- Topcu, M. S. (2010). Development of attitudes towards socioscientific issues scale for undergraduate students. *Evaluation & Research in Education*, 23, 51-67.
- Toulmin, S. (2003). *The uses of argument* (Updated Edition). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Valanides, N., & Angeli, Ch. (2005). Effects of instruction on changes in epistemological beliefs. *Contemporary Educational Psychology*, 30, 314-330.

- Valanides, N. (2010). Analysis of interview data using the constant comparative method. In S. Rodrigues (Ed.), *Using analytical frameworks for classroom research* (pp. 59-71). NY: Routledge.
- van Amelsvoort, M., Andriessen, J., & Kanselaar, G. (2007). Representational tools in computer-supported collaborative argumentation-based learning: How dyads work with constructed and inspected argumentative diagrams. *The Journal of the Learning Sciences, 16*, 485-521.
- van Gelder, T., & Bulka, A. (2000). *Reason! : Improving informal reasoning skills*. <http://www.arts.unimelb.edu.au/~tgelder/papers/ACEC2000.pdf>
- Varley, J. P., Murphy, C., & Veale, O. (2011). At the crossroads: The impact of new Irish science curricula on first year post-primary students. *Research in Science Education, 41*. Retrieved January 8, 2012, from <http://www.springerlink.com/content/c88t67607438x1t5/>
- Wang, T., & Berlin, D. (2010). Construction and validation of an instrument to measure Taiwanese elementary students' attitudes toward their science class. *International Journal of Science Education, 32*, 2413-2428.
- Weinstock, M. P., Neuman, Y., & Glassner, A. (2006). Identification of informal reasoning fallacies as a function of epistemological level, grade level, and cognitive ability. *Journal of Educational Psychology, 89*, 327-341.
- Weinstock, M., & Cronin, M. A. (2003). The everyday production of knowledge: Individual differences in epistemological understanding and juror-reasoning skill. *Applied Cognitive Psychology, 17*, 161-181.
- Weinstock, M., Neuman, Y. & Tabak, I. (2004). Missing the point or missing the norms? Epistemological norms as predictors of students' ability to identify fallacious arguments. *Contemporary Educational Psychology, 29*, 77-94.

- Yerrick, R. K. (2000). Lower track science students' argumentation and open inquiry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 807-838.
- Zeidler, D. L. (1997). The central role of fallacious thinking in science education. *Science Education*, 81, 483-496.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35-62.
- Πολυχρόνη, Φ. (2009). Επιστημολογικές πεποιθήσεις: Διερεύνηση της δομής και της σχέσης τους με τη σχολική επίδοση σε μαθητές Λυκείου. *Ψυχολογία*, 16, 321-341.
- Τα Νέα Αναλυτικά Προγράμματα. (2012). <http://www.nap.pi.ac.cy/>. Retrieved January 8, 2012, from <http://www.nap.pi.ac.cy/>
- Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, (1996). *Αναλυτικά Προγράμματα Δημοτικής Εκπαίδευσης στα Πλαίσια της Εννιάχρονης Εκπαίδευσης* (Αναθεωρημένη Έκδοση).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Γ. ΠΙΕΡΟΣ

Ερωτηματολόγιο Στάσεων για το Μάθημα της Επιστήμης

Στα Αγγλικά

1. We learn interesting things in science lessons.
2. I look forward to my science lessons.
3. Science lessons are exciting.
4. I would like to do more science at school.
5. I like Science better than most other subjects at school.
6. Science is boring.
7. I find science difficult.
8. I am just not good at Science.
9. I get good marks in Science.
10. I learn Science quickly.
11. Science is one of my best subjects.
12. I feel helpless when doing Science.
13. In my Science class, I understand everything.
14. Practical work in science is exciting.

Στα Ελληνικά

- Μαθαίνουμε ενδιαφέροντα πράγματα στα μαθήματα της Επιστήμης.
- Αναμένω με ευχαρίστηση τα μαθήματα Επιστήμης.
- Τα μαθήματα Επιστήμης είναι εντυπωσιακά.
- Θα ήθελα να κάνω περισσότερες φορές Επιστήμη στο σχολείο.
- Μου αρέσει η Επιστήμη περισσότερο από τα πιο πολλά μαθήματα στο σχολείο.
- Η Επιστήμη είναι ανιαρή.
- Βρίσκω την Επιστήμη δύσκολη.
- Απλά δεν είμαι καλός/ή στην Επιστήμη.
- Παίρνω καλούς βαθμούς στην Επιστήμη.
- Μαθαίνω Επιστήμη γρήγορα.
- Η Επιστήμη είναι ένα από τα καλύτερά μου μαθήματα.
- Νιώθω αβοήθητος/η όταν κάνω Επιστήμη.
- Στο μάθημα της Επιστήμης τα καταλαβαίνω όλα.
- Τα πειράματα στην Επιστήμη είναι συναρπαστικά.

15. I like science practical work because you don't know what will happen. Μου αρέσουν τα πειράματα στην Επιστήμη επειδή δε γνωρίζεις τι θα γίνει.
16. Practical work in science is good because I can work with my friends. Τα πειράματα στην Επιστήμη είναι καλά επειδή μπορώ να συνεργάζομαι με τους/τις φίλους/ες μου.
17. I like practical work in science because I can decide what to do myself. Μου αρέσουν τα πειράματα στην Επιστήμη, επειδή μπορώ να αποφασίζω τι να κάνω μόνος/η μου.
18. I would like more practical work in my science lessons. Θα προτιμούσα να είχαμε περισσότερα πειράματα στα μαθήματα της Επιστήμης.
19. We learn science better when we do practical work. Μαθαίνουμε καλύτερα την Επιστήμη όταν κάνουμε πειράματα.
20. I look forward to doing science practicals. Αναμένω με ευχαρίστηση να ασχοληθώ με πειράματα στην Επιστήμη.
21. Practical work in science is boring. Τα πειράματα στην Επιστήμη είναι ανιαρά.
22. I would like to join a science club. Θα ήθελα να γίνω μέλος σε ένα όμιλο Επιστήμης.
23. I like watching science programmes on TV. Μου αρέσει να βλέπω προγράμματα στην τηλεόραση με θέματα από την Επιστήμη.
24. I like to visit science museums. Μου αρέσει να επισκέπτομαι μουσεία Επιστήμης.
25. I would like to do more science activities outside school. Θα ήθελα να κάνω περισσότερες δραστηριότητες που έχουν σχέση με την Επιστήμη εκτός του σχολείου.
26. I like reading science magazines and books. Μου αρέσει να διαβάζω περιοδικά και βιβλία Επιστήμης.
27. It is exciting to learn about new things happening in science. Είναι συναρπαστικό να μαθαίνεις για νέα πράγματα που συμβαίνουν στην Επιστήμη.
28. I would like to study more science in the future. Θα ήθελα να μελετήσω περισσότερη Επιστήμη στο μέλλον.

- | | |
|---|---|
| 29. I would like to study science at university. | Θα ήθελα να σπουδάσω Επιστήμη στο Πανεπιστήμιο. |
| 30. I would like to have a job working with science. | Θα ήθελα να έχω ένα επάγγελμα που να έχει σχέση με Επιστήμη. |
| 31. I would like to become a science teacher. | Θα ήθελα να γίνω δάσκαλος/α Επιστήμης. |
| 32. I would like to become a scientist. | Θα ήθελα να γίνω Επιστήμονας. |
| 33. Science and technology is important for society. | Η Επιστήμη και η Τεχνολογία είναι σημαντικές για την κοινωνία. |
| 34. Science and technology makes our lives easier and more comfortable. | Η Επιστήμη και η Τεχνολογία κάνουν τη ζωή μας πιο εύκολη και άνετη. |
| 35. The benefits of science are greater than the harmful effects. | Τα οφέλη από την Επιστήμη είναι περισσότερα από τις αρνητικές συνέπειες. |
| 36. Science and technology are helping the poor. | Η Επιστήμη και η Τεχνολογία βοηθούν τους φτωχούς. |
| 37. There are many exciting things happening in science and technology. | Συμβαίνουν εντυπωσιακά πράγματα στο χώρο της Επιστήμης και της Τεχνολογίας. |
| 38. Scientists have exciting jobs. | Οι Επιστήμονες έχουν εντυπωσιακές δουλειές. |
| 39. I really like school. | Μου αρέσει πραγματικά το σχολείο. |
| 40. I would recommend this school. | Θα συνιστούσα αυτό το σχολείο (σε άλλους μαθητές/τριες). |
| 41. I find school boring. | Το σχολείο το βρίσκω ανιαρό. |
| 42. I feel that I belong in this school. | Νιώθω ότι ανήκω σε αυτό το σχολείο. |
| 43. Most of the time I wish I wasn't in school at all. | Τις περισσότερες φορές θα προτιμούσα να μην ήμουν καθόλου στο σχολείο. |
| 44. I get on well with most of my teachers. | Τα πάω καλά με τους περισσότερους δασκάλους μου. |
| 45. I am normally happy when I am in school. | Συνήθως είμαι ευτυχισμένος/η όταν είμαι στο σχολείο. |

46. I work as hard as I can in school.

Εργάζομαι όσο σκληρά μπορώ στο
σχολείο.

(Kind, Jones, & Barmby, 2007)

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Γ. ΠΙΕΡΟΣ

Ερωματολόγιο Επιστημολογικού Επιπέδου

Στα Αγγλικά

1. Robin says warm summer days are nicest.
Chris says cool autumn days are nicest.
2. Robin says the stew is spicy.
Chris says the stew is not spicy at all.
3. Robin thinks weddings should be held in the afternoon.
Chris thinks weddings should be held in the evening.
4. Robin thinks the first piece of music they listen to is better.
Chris thinks the second piece of music they listen to is better.
5. Robin thinks the first painting they look at is better.
Chris thinks the second painting they look at is better.
6. Robin thinks the first book they both read is better.
Chris thinks the second book they both read is better.

Στα Ελληνικά

- Ο Λουκάς υποστηρίζει πως οι ζεστές μέρες του καλοκαιριού είναι οι ωραιότερες.
Ο Κυριάκος υποστηρίζει πως οι δροσερές μέρες του φθινοπώρου είναι οι ωραιότερες.
- Ο Λουκάς υποστηρίζει πως το στιφάδο είναι καυτερό φαγητό.
Ο Κυριάκος υποστηρίζει πως το στιφάδο δεν είναι καθόλου καυτερό φαγητό.
- Ο Λουκάς νομίζει ότι οι γάμοι πρέπει να γίνονται το απόγευμα.
Ο Κυριάκος νομίζει ότι οι γάμοι πρέπει να γίνονται το βράδυ.
- Ο Λουκάς νομίζει ότι το πρώτο τραγούδι που ακούνε είναι καλύτερο.
Ο Κυριάκος νομίζει ότι το δεύτερο τραγούδι που ακούνε είναι καλύτερο.
- Ο Λουκάς νομίζει ότι ο πρώτος ζωγραφικός πίνακας που κοιτάζουν είναι καλύτερος.
Ο Κυριάκος νομίζει ότι ο δεύτερος ζωγραφικός πίνακας που κοιτάζουν είναι καλύτερος.
- Ο Λουκάς νομίζει ότι είναι καλύτερο το πρώτο βιβλίο που διαβάζουν και οι δύο.
Ο Κυριάκος νομίζει ότι είναι καλύτερο το δεύτερο βιβλίο που διαβάζουν και οι δύο.

7. Robin thinks people should take responsibility for themselves.
Chris thinks people should work together to take care of each other.
8. Robin thinks lying is wrong.
Chris thinks lying is permissible in certain situations.
9. Robin thinks the government should limit the number of children families are allowed to have to keep the population from getting too big.
Chris thinks families should have as many children as they choose.
10. Robin has one view of why criminals keep going back to crime.
Chris has a different view of why criminals keep going back to crime.
11. Robin thinks one book's explanation of why the Crimean wars began is right.
Chris thinks another book's explanation of why the Crimean wars began is right.
12. Robin agrees with one book's explanation of how children learn language.
Chris agrees with another book's explanation of why children learn language.
- Ο Λουκάς νομίζει ότι οι άνθρωποι πρέπει να είναι υπεύθυνοι για τους εαυτούς τους.
Ο Κυριάκος νομίζει ότι οι άνθρωποι πρέπει να συνεργάζονται, για να φροντίζει ο ένας τον άλλον.
- Ο Λουκάς νομίζει πως το να λες ψέματα είναι λάθος.
Ο Κυριάκος νομίζει πως το ψέμα επιτρέπεται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις.
- Ο Λουκάς νομίζει ότι η κυβέρνηση πρέπει να μειώσει τον αριθμό παιδιών που θα επιτρέπονται σε κάθε οικογένεια έτσι ώστε να μην αυξάνεται πολύ ο πληθυσμός.
Ο Κυριάκος νομίζει ότι οι οικογένειες μπορούν να κάνουν όσα παιδιά θέλουν.
- Ο Λουκάς έχει μια άποψη γιατί οι εγκληματίες διαπράττουν συνεχώς εγκλήματα.
Ο Κυριάκος έχει διαφορετική άποψη γιατί οι εγκληματίες διαπράττουν συνεχώς εγκλήματα.
- Ο Λουκάς νομίζει ότι η εξήγηση που δίνει ένα βιβλίο για το λόγο που ξεκίνησαν οι Κριμαϊκοί πόλεμοι είναι σωστή.
Ο Κυριάκος νομίζει ότι η εξήγηση που δίνει ένα άλλο βιβλίο για το λόγο που ξεκίνησαν οι Κριμαϊκοί πόλεμοι είναι σωστή.
- Ο Λουκάς συμφωνεί με την εξήγηση που δίνει ένα βιβλίο για το πώς τα παιδιά μαθαίνουν μια γλώσσα.
Ο Κυριάκος συμφωνεί με την εξήγηση που δίνει ένα άλλο βιβλίο για το πώς τα παιδιά μαθαίνουν μια γλώσσα.

13. Robin believes one book's explanation of what atoms are made of.
Chris believes another book's explanation of what atoms are made of.
14. Robin believes one book's explanation of how the brain works.
Chris believes another book's explanation of how the brain works.
15. Robin believes one mathematician's proof of the math formula is right.
Chris believes another mathematician's proof of the math formula is right.
- Ο Λουκάς πιστεύει στην εξήγηση που δίνει ένα βιβλίο για το πώς είναι φτιαγμένα τα άτομα.
Ο Κυριάκος πιστεύει στην εξήγηση που δίνει ένα άλλο βιβλίο για το πώς είναι φτιαγμένα τα άτομα.
- Ο Λουκάς πιστεύει στην εξήγηση που δίνει ένα βιβλίο για τη λειτουργία του εγκεφάλου.
Ο Κυριάκος πιστεύει στην εξήγηση που δίνει ένα άλλο βιβλίο για τη λειτουργία του εγκεφάλου.
- Ο Λουκάς πιστεύει ότι η απόδειξη ενός μαθηματικού τύπου (εξίσωση) από έναν Μαθηματικό είναι η σωστή.
Ο Κυριάκος πιστεύει ότι η απόδειξη ενός μαθηματικού τύπου (εξίσωση) από έναν άλλο Μαθηματικό είναι η σωστή.

(Kuhn, Cheney, & Weinstock, 2000)