



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης και παραγωγή

διδασκτικού υλικού»

Α΄ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ



**ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ
«ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ» ΜΕ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΙΣ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ
ΠΑΙΔΙΩΝ**

ΤΕΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΡΤΙΟΣ 2008

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μου εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Χριστίνα Σολομωνίδου που ήταν η επιβλέπουσα της εργασίας για την συνεργασία, ουσιαστική καθοδήγηση και υποστήριξη που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της έρευνας αυτής.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τη δεύτερη επιβλέπουσα της διπλωματικής μου εργασίας κ. Ελένη Σταυρίδου, για την υποστήριξη και την όλη συνεργασία σε όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις συναδέλφους Γκαραγκούνη Φαίη και Καραγγελή Ανθή για την πολύτιμη βοήθειά τους που με προθυμία πρόσφεραν στη διεξαγωγή της έρευνας, καθώς και τους/ις δασκάλους/ες που πήραν μέρος σ' αυτή και βοήθησαν στην επιτυχή ολοκλήρωση της. Οι διευθυντές των σχολείων που πραγματοποιήθηκε η έρευνα και οι εκπαιδευτικοί των τάξεων ήταν οι εξής:

Κοντούλης Ηλίας (Διευθυντής του Δημοτικού Σχολείου Ιωλκού)
Καργαδούρος Νικόλαος (δάσκαλος του Δημοτικού Σχολείου Ιωλκού)
Κάρλος Παναγιώτης (δάσκαλος του Δημοτικού Σχολείου Ιωλκού)

Σιμούλης Ηλίας (Διευθυντής του 21^{ου} Δημοτικού Σχολείου Βόλου)
Βαλασσά Αγλαΐα (δασκάλα του 21^{ου} Δημοτικού Σχολείου Βόλου)
Ζαχαρής Αριστείδης (δάσκαλος του 21^{ου} Δημοτικού Σχολείου Βόλου)
Θειακούλης Νικόλαος(δάσκαλος του 21^{ου} Δημοτικού Σχολείου Βόλου)
Νταμπεγλιώτης Χαράλαμπος (δάσκαλος του 21^{ου} Δημοτικού Σχολείου Βόλου)

Παντελής Γιαννίτσης (Διευθυντής του 31^{ου} Δημοτικού Σχολείου Βόλου)
Μίγα Χαρούλα (δασκάλα του 31^{ου} Δημοτικού Σχολείου Βόλου)
Φηύγα Νίκη (δασκάλα του 31^{ου} Δημοτικού Σχολείου Βόλου)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο :.....	10
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ	
ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ - ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ.....	10
1.1 Εισαγωγή.....	10
1.2 Ανασκόπηση των ιδεών των παιδιών για το φως και τις αλληλεπιδράσεις του με την ύλη	11
1.3 Ανασκόπηση των ιδεών των παιδιών για τον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε....	15
1.4 Ιστορικά μοντέλα μηχανισμών της όρασης	20
1.5 Σύγκριση των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών με τα αντίστοιχα ιστορικά μοντέλα για την όραση.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο.....	27
ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ.....	27
2.1 Εισαγωγή.....	27
2.2 Από τον συμπεριφορισμό στον κοινωνικό εποικοδομητισμό.....	27
2.3 Η εποικοδομητική προσέγγιση της μάθησης	28
2.4 Το νέο μαθησιακό περιβάλλον.....	29
2.5 Εποικοδομητισμός και τεχνολογικά εμπλουτισμένα περιβάλλοντα μάθησης...	31
2.6 Αποτελέσματα ερευνών – μελετών για τη χρήση τεχνολογίας στην μάθηση των Φ.Ε. και συγκεκριμένα του φαινομένου της ανάκλασης και της διάχυσης του φωτός	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο.....	42
ΕΡΕΥΝΑ.....	42
3.1 Υποθέσεις της έρευνας.....	42
3.2 Στόχοι.....	42
3.3 Δείγμα.....	44
(στην Ε' τάξη εισάγεται για πρώτη φορά στη διδασκόμενη ύλη το μάθημα των Φυσικών Επιστημών και ιδιαίτερα η ενότητα της Οπτικής),.....	44
3.4 Διδακτικά υλικά και έργα.....	45
3.5 Εργαλεία συλλογής ερευνητικών δεδομένων – Διαδικασία	49
3.6 Μέθοδος ανάλυσης, κατηγοροποίησης και επεξεργασίας ερευνητικών δεδομένων	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο.....	53
Η ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ	
ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ.....	53
4.1 Εισαγωγή.....	53
4.2 Σχεδίαση τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης.....	54
4.3 Η τεχνική ανάπτυξη του περιβάλλοντος μάθησης.....	57
4.4 Η χρήση του μοντέλου των ακτίνων (Ray model) στην εφαρμογή	60
ΑΝΑΚΛΑΣΗ –ΔΙΑΧΥΣΗ	60
4.5 Περιγραφή της εφαρμογής «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ»	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο.....	70
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	70
5.1 Εισαγωγή.....	70
5.2 Αποτελέσματα από την επεξεργασία των απαντήσεων του αρχικού ερωτηματολογίου.	71

5.3 Σύγκριση των απαντήσεων του αρχικού ερωτηματολογίου σε σχέση με την τάξη και το φύλο	88
5.4 Σύγκριση των απαντήσεων του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού ερωτηματολογίου της Ε' τάξης.	94
5.5 Σύγκριση των απαντήσεων των παιδιών της Στ' τάξης στο αρχικό ερωτηματολόγιο με αυτές στο τελικό.	108
5.6 Ποιοτική ανάλυση των συμπεριφορών των μαθητών/-τριών της Π.Ο. κατά τη διδασκαλία.....	122
5.7 Σύνοψη	124
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο	128
ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	128
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	137
Ελληνόγλωσση.....	137
Ξενόγλωσση	139
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	149
Αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός.....	149
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2	153
Φυλλάδια εργασίας για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός	153
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3	162
Η εφαρμογή ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ στον Η/Υ.....	162
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4	171
Φύλο παρατήρησης συμπεριφορών	171
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5	184
Σχέδια μαθητών/-τριών για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός	184

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία προτείνει μια εποικοδομητική διδακτική προσέγγιση του φαινομένου της Ανάκλασης και της Διάχυσης του φωτός, σε ένα τεχνολογικά πλούσιο μαθησιακό περιβάλλον στην Ε΄ και ΣΤ΄ τάξη του Δημοτικού Σχολείου. Αρχικά περιγράφεται η έρευνα που ανέχνευσε με γραπτό ερωτηματολόγιο τις αρχικές ιδέες και αντιλήψεις 140 μαθητών/-τριών Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού για το φαινόμενο Ανάκλαση-Διάχυση του φωτός και τη λειτουργία της όρασης. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία σχεδίασης ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού, το οποίο περιλαμβάνει τα ακόλουθα: α) την εφαρμογή «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ» η οποία σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του κοινωνικού εποικοδομητισμού β) την ενότητα Ανάκλαση –Διάχυση του εκπαιδευτικού λογισμικού Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. και γ) μια προσομοίωση (applets) από ένα δικτυακό τόπο. Αναπτύχθηκε επίσης, έντυπο συνοδευτικό υλικό που αποτελούνταν από φύλλα εργασίας, με κατάλληλες δραστηριότητες στον Η/Υ. Η διδασκαλία με τη χρήση του ψηφιακού και έντυπου αυτού υλικού πραγματοποιήθηκε σε 4 τάξεις Δημοτικού Σχολείου και έλαβαν μέρος 81 μαθητές/-τριες. Επίσης, άλλες/οι 59 μαθητές/-τριες έλαβαν μέρος σε παραδοσιακή διδασκαλία του θέματος. Όλα τα παιδιά απάντησαν σε τελικό ερωτηματολόγιο που ήταν το ίδιο με το αρχικό. Διαπιστώθηκε ότι η εννοιολογική αλλαγή που επιτεύχθηκε στους/ις μαθητές/-τριες των πειραματικών ομάδων υπήρξε στατιστικά σημαντική σε αντίθεση με τους/ις μαθητές/-τριες των ομάδων ελέγχου που παρουσίασαν μικρή βελτίωση στις απόψεις τους.

Λέξεις κλειδιά: Τεχνολογικά πλούσιο περιβάλλον, εποικοδομητισμός, εννοιολογική αλλαγή ανάκλαση-διάχυση του φωτός, γεωμετρικό μοντέλο, μαθητές/-τριες δημοτικού

SUMMARY

The aim of this study is to present a constructive teaching approach for the phenomenon of Light Reflection and Diffusion, in a technologically rich learning environment, in which 81 5th and 6th grade students took place. Initially, we present a survey, which was conducted in 140 primary school students, by using a written questionnaire, in order to find out their prior ideas about Light Reflection and Diffusion, and vision. Then, we describe the design of a digital educational material, which includes: a) a software application entitled “Reflection and Diffusion” which was developed based on social constructivism, b) the educational software Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. and c) an applet simulation found on the web. Appropriate printed educational material was also developed consisted by written worksheets in which a number of computer-based activities were proposed. The new learning environment and the educational material was implemented in 4 primary school classes during a two hour experimental instruction session in which 81 students participated. Also, another 59 primary students took part in an traditional teaching approach of the same subject. After the instruction all the students answered the same questionnaire, which was the same as the initial one they had answered before instruction. Data analysis revealed, that students of the experimental group achieved statistically better performance and manifested conceptual change of the initial alternative conceptions. On the contrary, the control group students presented only a minimal evolution in their ideas.

Keywords: Technologically rich environment, constructivism, conceptual change, reflection of light, geomctric model, elementary students

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό τα παιδιά, πριν ακόμα έρθουν στο σχολείο, έχουν διαμορφώσει μια άποψη για τα φυσικά φαινόμενα και έχουν δώσει τη δική τους ερμηνεία γι' αυτά. Οι ιδέες αυτές έχουν μια παγκοσμιότητα και συγκροτούν διάφορα ερμηνευτικά μοντέλα που καταγράφονται στη διεθνή βιβλιογραφία με διάφορους όρους, όπως «εναλλακτικές ιδέες» ή «παρανοήσεις», «προϋπάρχουσες ιδέες», «αυθόρμητες αντιλήψεις», «διαισθητικές ιδέες», «επιστήμη των παιδιών», «αναπαραστάσεις» ή ως «νοητικά μοντέλα» (Κόκκοτας, 1997). Σύμφωνα με την Driver (1989), αυτές οι ιδέες είναι συχνά αντιφατικές σε σχέση με την επιστημονική σκέψη, ενώ μερικές είναι τόσο καλά εδραιωμένες που δεν αλλάζουν με τη διδασκαλία. Έτσι είναι δυνατόν οι μαθητές/-τριες στις εξετάσεις να εφαρμόζουν τις επιστημονικές ιδέες για τη λύση των προβλημάτων, αλλά να αδυνατούν να τις εφαρμόσουν εκτός σχολείου για να ερμηνεύσουν τα φυσικά φαινόμενα (Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 2000).

Τις τελευταίες δεκαετίες πλήθος ερευνών διεξήχθησαν για να καταγράψουν τις ιδέες αυτές σε μαθητές/-τριες πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίες όπως αποδεικνύεται, έχουν τα εξής χαρακτηριστικά: α) είναι ίδιες ή διαφέρουν ελάχιστα, ακόμα και όταν οι έρευνες αναφέρονται σε χώρες με διαφορετικά εκπαιδευτικά συστήματα, διαφορετική γλώσσα κλπ., β) οι ιδέες παραλληλίζονται με απόψεις που έχουν διατυπωθεί σε παλαιότερες περιόδους ανάπτυξης/εξέλιξης των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.), γ) πολλές από τις αρχικές ιδέες δεν αλλάζουν εύκολα, παρ' όλο που οι μαθητές/-τριες συνεχίζουν τις σπουδές τους. Συχνά συνδυάζουν τις απόψεις τους με την επιστημονική γνώση που διδάχτηκαν, συνθέτοντας μια ποικιλία απόψεων για τα φυσικά φαινόμενα, δ) δεν εκδηλώνονται άμεσα κατά τη διδασκαλία στη τάξη, γιατί λειτουργούν στο υπόβαθρο της σκέψης των μαθητών/-τριών. Οι δάσκαλοι/άλες αντιλαμβάνονται την εκδήλωσή τους στις λανθασμένες απαντήσεις των παιδιών, μόνο όταν είναι ενημερωμένοι/ες για τις εναλλακτικές τους ιδέες στις Φ.Ε. (Βλάχος, 2004).

Η αναζήτηση των χαρακτηριστικών της προϋπάρχουσας γνώσης έχει αποδώσει σημαντικά και αξιόπιστα αποτελέσματα και αποτέλεσε ένα από τα πρώτα σημαντικά επιτεύγματα της εποικοδομητικής προσέγγισης της μάθησης (Cobern, 1993 αναφορά από Βλάχος, 2004). Τα «λάθη» επομένως, λαμβάνονται υπόψη και αξιοποιούνται στο σχεδιασμό της διδακτικής στρατηγικής. Οι μαθητές/-τριες, μέσω της γνωστικής

σύγκρουσης, οδηγούνται στην αναδιοργάνωση των προϋπάρχουσων ιδεών, και οικοδομούν ένα νέο σύστημα επιστημονικών γνώσεων που θα λειτουργεί ικανοποιητικά, όχι μόνο στο πλαίσιο του σχολείου, αλλά και στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής (Σταυρίδου & Σολομωνίδου, 1998).

Όσον αφορά στην Οπτική και τα φαινόμενα του φωτός, όπως η ανάκλαση, καθώς και πώς αντιλαμβάνονται τα παιδιά τον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε, έχουν γίνει αρκετές έρευνες που αφορούν τις ιδέες των παιδιών (Stead & Osborne, 1980, Anderson & Karrqvist, 1983, Guesne, 1985, Fetherstonhaugh & Treagust, 1992, Osborne et al, 1990, Boyes & Stanisstreat, 1991). Όλοι οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι ιδέες των παιδιών δεν είναι ξεκαθαρισμένες, ενώ έχουν αποκαλυφθεί κάποια σαφή μοντέλα και αντιλήψεις για την «όραση» παρόμοιες με αυτές των αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων (Πυθαγορίων, Ατομιστών, Αριστοτέλη και άλλων). Διαπιστώθηκε, επίσης σε διεθνές επίπεδο ότι οι αρχικές ιδέες των μαθητών/-τριών στην ηλικία των 10–15 ετών, μετά από παραδοσιακή διδασκαλία συνεχίζουν να υπάρχουν και οι μαθητές/-τριες συνεχίζουν να έχουν τις παρανοήσεις σχετικά με το πώς αντιλαμβάνονται το φως και το φαινόμενο της ανάκλασης (Driver et all, 1994). Αυτό σημαίνει ότι δεν έχουν αναδειχθεί οι πεποιθήσεις τους για να δημιουργηθούν οι απαραίτητες προϋποθέσεις που θα οδηγήσουν στην άρση των παρανοήσεων (Vosniadou, 1994).

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω για να πετύχουμε την οικοδόμηση των εννοιών, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα κατάλληλα διαμορφωμένο περιβάλλον, σύμφωνα με τις αρχές της Εποικοδομητικής Διδακτικής Μεθοδολογίας, όπου το περιεχόμενο που πρόκειται να μελετηθεί, πρέπει να «επινοηθεί» και να συν-διαμορφωθεί με βάση τόσο την επιστημονική γνώση, όσο και τις αρχικές ιδέες των παιδιών (Ραβάνης, 1999 αναφορά από Σολομωνίδου, 2006). Επίσης, ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη διδασκαλία και μπορεί να κάνει την εποικοδομητική προσέγγιση εφικτότερη είναι ένα περιβάλλον τεχνολογικά εμπλουτισμένο, στο οποίο περιλαμβάνονται πολυμέσα, υπερμέσα, προσομοιώσεις, διαδίκτυο, μαθησιακά σενάρια, στοιχεία βοήθειας και ανάδρασης κ.λπ. (Wilson, 1997, Mergel, 1998 αναφορά από Karagiorgi & Symeou 2005).

Η παρούσα εργασία προτείνει μια εποικοδομητική προσέγγιση μιας διδακτικής ενότητας για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός που απευθύνεται σε μαθητές/-τριες της Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου. Συγκεκριμένα, μετά τη

διερεύνηση των αρχικών ιδεών των παιδιών και τη σύγκριση αυτών με αντιλήψεις που έχουν διατυπωθεί σε παλαιότερες περιόδους, θα σχεδιαστεί και θα υλοποιηθεί διδακτική παρέμβαση σε τεχνολογικά ενισχυμένο περιβάλλον μάθησης, με στόχο να βοηθήσει τους/ις μαθητές/-τριες να δημιουργήσουν αποδεκτά επιστημονικές απόψεις για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός. Η επιλογή του συγκεκριμένου φαινομένου έγινε εξαιτίας της σημαντικότητάς του στην ενότητα της Οπτικής: Δεν μπορεί κάποιος να κατανοήσει το σχηματισμό ειδώλων των αντικειμένων (όχι αυτόφωτων), όπως π.χ. στη φωτογραφία, χωρίς αυτή την πρωταρχική ιδέα. Η ανάκλαση και διάχυση του φωτός είναι κατά κάποιον τρόπο, ένα προαπαιτούμενο για την κατανόηση της όρασης (Driver-Guesne & Tiberghien, 1993) και θεωρείται αναγκαίο να βοηθηθούν οι μαθητές/-τριες να κατανοήσουν τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η συλλογή πληροφοριών μέσω των αισθήσεών μας (Langley, Ronen & Eylon, 1997). Επίσης, η ενότητα «Φως» ήταν η πρώτη προτίμηση κοριτσιών και αγοριών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση με μεγάλη διαφορά ανάμεσα σε διάφορες ενότητες των Φυσικών Επιστημών που θα ήθελαν να διδαχθούν (Qualter, 1993, Smail, 1987 αναφορά από Langley, Ronen & Eylon, 1997).

Παρακάτω γίνεται μια σύντομη περιγραφή της δομής της εργασίας, με αναφορά στα περιεχόμενα του κάθε κεφαλαίου.

Στο 1^ο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται ανασκόπηση της διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας και καταγράφονται οι ιδέες-απόψεις των μαθητών/-τριών για τις έννοιες και τα φαινόμενα του φωτός, και ειδικότερα του φαινομένου της ανάκλασης και της διάχυσης, καθώς και του πώς αντιλαμβάνονται τα παιδιά τον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε. Γίνεται επίσης σύγκριση αυτών των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/-τριών με αντιλήψεις και αντίστοιχα ιστορικά μοντέλα μηχανισμών της όρασης.

Στο 2^ο κεφάλαιο περιγράφονται: α) το θεωρητικό πλαίσιο με βάση του οποίου σχεδιάστηκε η διδακτική παρέμβαση. Γίνεται σύντομη αναφορά στις διάφορες θεωρίες μάθησης που επηρέασαν τις σύγχρονες αντιλήψεις για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Κατόπιν τούτου υπογραμμίζεται η σημασία του κοινωνικού εποικοδομητισμού στη διδασκαλία και μάθηση των εννοιών και η λειτουργία ενός νέου

μαθησιακού περιβάλλοντος που είναι εποικοδομητικό, συνεργατικό και λειτουργεί με τη ενσωμάτωση των Τ.Π.Ε. στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Στο 3^ο κεφάλαιο περιγράφονται τα μεθοδολογικά στοιχεία που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να διεξαχθεί η έρευνα: στόχοι, υποθέσεις, διαδικασία, διδακτικά εργαλεία, κριτήρια για την ανάλυση των απαντήσεων και των σχημάτων των παιδιών των πειραματικών ομάδων στο αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο.

Στο 4^ο κεφάλαιο περιγράφεται η σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού με τη βοήθεια εκπαιδευτικών λογισμικών (με εφαρμογή σε περιβάλλον Toolbook και το λογισμικό Μ.Α.Θ.Η.ΜΑ), καθώς και τη χρήση ενός δικτυακού τόπου, με σκοπό να αντιμετωπιστούν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/-τριών και να οικοδομηθούν οι επιστημονικά αποδεκτές απόψεις μέσα σε ένα μαθητο-κεντρικό, γνωσιοκεντρικό και τεχνολογικά εμπλουτισμένο περιβάλλον μάθησης.

Με τη βοήθεια του προγράμματος Toolbook προσομοιώνονται αυθεντικές καταστάσεις καθημερινής ζωής, και κατόπιν να γίνεται μοντελοποίηση αυτών με βάση τα επιστημονικά μοντέλα της ανάκλασης και της διάχυσης. Επίσης έχουν ενσωματωθεί κατάλληλες μαθησιακές δραστηριότητες. Για την οικοδόμηση των ιδεών χρησιμοποιείται η τεχνική της «άγκυρας» (anchored instruction), (Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1991). Οι δραστηριότητες γίνονται στο περιβάλλον του λογισμικού με κατάλληλα αναπτυγμένα φύλλα εργασίας.

Στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την έρευνα, η ανάλυση των απαντήσεων και των σχημάτων, η σύγκριση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτών με βάση την εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών/-τριών των πειραματικών ομάδων και των ομάδων ελέγχου, καθώς και του εκπαιδευτικού υλικού.

Στο 6^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνα, καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ - ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

1.1 Εισαγωγή

Οι κυριότεροι λόγοι που οδηγούν τη διδασκαλία των Φ.Ε. σε ανεπιτυχή μαθησιακά αποτελέσματα είναι η αποτυχία των δασκάλων να αναγνωρίσουν και να λάβουν υπόψη αρχικές ιδέες των παιδιών για φυσικά και βιολογικά φαινόμενα στο σχεδιασμό εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. «Όταν οι προϋπάρχουσες ιδέες αναγνωρίζονται και ειδικές στρατηγικές υιοθετούνται για να επέλθει η εννοιολογική αλλαγή, η επιτυχία είναι δεδομένη» (Osborne & Freyberg, 1985, Ramadas & Driver, 1989 αναφορά από Segal & Cosgrove, 1993 σελ.288).

Η θεωρία του Ausubel που άσκησε επιρροή στην έρευνα και τη διδασκαλία των Φ.Ε. περιγράφει με λεπτομέρειες τη φύση και το ρόλο των εννοιών, καθώς και τη σημασία της προϋπάρχουσας γνώσης στη μάθηση. Θεωρεί τα υποκείμενα ως συμμετέχοντα ενεργά στη δόμηση των δικών τους νοημάτων. Ο ψυχολόγος αυτός έκανε τη διάκριση μεταξύ της απομνημονευτικής μάθησης και της μάθησης με σημασία. Κατ' αυτόν για να υπάρξει μάθηση με σημασία απαιτούνται: α) κατάλληλα έργα, β) σχετική προϋπάρχουσα γνώση, και γ) ομάδα από διαδικασίες μάθησης με σημασία. Σήμερα θεωρούμε τη μάθηση ως ενεργητική διαδικασία κατά την οποία τα άτομα δομούν τα δικά τους νοήματα από τις πληροφορίες που τους παρέχονται και όχι ως μια γνήσια δεκτική ή μεταδοτική διαδικασία. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, συνυπολογίζονται χαρακτηριστικά του υποκειμένου, όπως προϋπάρχουσα γνώση, ικανότητες, στάσεις κ.λπ. Είναι μια συνεχής διαδικασία αλληλεπιδράσεων, κατά τις οποίες αυτό που μαθαίνει το άτομο επηρεάζεται από αυτό που έχει μάθει νωρίτερα, και αυτό θα επηρεαστεί από αυτό με τη σειρά του που θα μάθει αύριο (Κόκκοτας, 1997).

Ιδέες των παιδιών που αφορούν το φως, την όραση και διάφορα φαινόμενα Οπτικής έχουν γίνει αντικείμενο ερευνών τις τελευταίες δεκαετίες σε διάφορες χώρες και σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες. Το πλαίσιο στο οποίο πραγματοποιήθηκε η διερεύνηση

αυτών των ιδεών περιλάμβανε επίδειξη οπτικών φαινομένων και προφορικές ή γραπτές περιγραφές φαινομένων. Οι μέθοδοι απόκτησης αυτών περιλάμβαναν συνεντεύξεις με άτομα και ομάδες μαθητών/-τριών που εξέφραζαν τις απόψεις τους σε προφορικές απαντήσεις και σχεδιαστικά έργα (Langley, Ronen & Eylon, 1997). Η διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών αποτέλεσε αρχικά το επιστημονικό ενδιαφέρον και μετά μετακινήθηκε στο σχεδιασμό κατάλληλων διδακτικών στρατηγικών για την καλύτερη κατανόηση των φαινομένων Οπτικής.

Στη συνέχεια περιγράφονται οι βασικές αρχικές ιδέες των μαθητών/-τριών γενικά για το φως, για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός, καθώς και για το πώς αντιλαμβάνονται τα παιδιά τον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε, έτσι όπως καταγράφονται στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία.

Επίσης, επιχειρείται η σύγκριση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/-τριών με αντιλήψεις και αντίστοιχα ιστορικά μοντέλα μηχανισμών της όρασης.

1.2 Ανασκόπηση των ιδεών των παιδιών για το φως και τις αλληλεπιδράσεις του με την ύλη

Ερευνητές έχουν μελετήσει τις ιδέες των παιδιών για τη φύση του φωτός αναλύοντας απαντήσεις που δόθηκαν: α) σε ερωτηματολόγια (Anderson & Karrqvist, 1983), β) κατά τη διάρκεια προσομοιώσεων σε υπολογιστές (Reiner, 1998), γ) σε κλινικές συνεντεύξεις (Goldberg & McDermott, 1987, Guesne, 1985), δ) σε διαλόγους στην τάξη (Brickhouse, 1994, Fetherstonhaugh & Treagust, 1992) και ε) σε εκθέσεις μουσείων (Rice & Feher, 1987). Οι αντιλήψεις αυτές αναφέρονται: α) στο αν το φως είναι μια στατική οντότητα που γεμίζει το διάστημα ή κάτι που ταξιδεύει, β) πώς το φως αλληλεπιδρά με τα αντικείμενα και με άλλες πηγές φωτός, και γ) πώς οι άνθρωποι βλέπουν τα αυτόφωτα και ετερόφωτα αντικείμενα.

Σύμφωνα με την έρευνα της Guesne (1985), η πλειοψηφία των μαθητών/-τριών ηλικίας 11-12 ετών ταυτίζει το φως με την πηγή του ή το αποτέλεσμά του (τα φωτεινά 'μπαλώματα' στο έδαφος). Οι ιδέα αυτή επηρεάζει, όπως είναι φυσικό, τα παιδιά να αντιληφθούν το φαινόμενο της ανάκλασης και γενικά τις αλληλεπιδράσεις του φωτός με την ύλη. Στις έρευνές της η Guesne ανακάλυψε ότι τα περισσότερα παιδιά δεν έχουν

ιδέα για το τι συμβαίνει όταν το φως πέφτει πάνω σε έναν καθρέφτη. Αυτό οφείλεται στη δυσκολία τους να αντιληφθούν ότι το φως είναι μια οντότητα στο χώρο. Σύμφωνα με τις απαντήσεις τους, το φως μένει μέσα στον καθρέφτη, ενώ στο χαρτί μένει πάνω σ' αυτό (ύπαρξη φωτεινής κηλίδας). Άλλα παιδιά πάλι υποστήριξαν ότι το φως φεύγει από το φακό πέφτει πάνω στο καθρέφτη και 'πηδάει' (η ιδέα της ανάκλασης είναι παρούσα στα παιδιά αυτής της ηλικίας αν και αυτή η ιδέα αποτελούσε εξαίρεση στις συνεντεύξεις). Αυτή η αντίληψη προέρχεται κατευθείαν από την εμπειρία τους: με τον καθρέφτη μπορείς να ρίξεις το φως στα μάτια κάποιου άλλου, ενώ με το χαρτί το πιο φανερό αποτέλεσμα γίνεται πάνω στο χαρτί. Αυτό μπορεί να συνδεθεί και με την αντίληψη που επίσης επικρατεί στην ηλικία αυτή ότι φως σημαίνει ισχυρό φως. Όταν δεν είναι αρκετά έντονο, ώστε να είναι αντιληπτό, δεν υφίσταται πλέον.

Από την ηλικία των 12-14 ετών οι ιδέες των παιδιών διαφοροποιούνται, καθώς αναγνωρίζουν το φως ως οντότητα στο χώρο που υπάρχει μεταξύ της πηγής του φωτός και του αποτελέσματος του φωτισμού. Παρ' όλο που τα παιδιά αυτά δέχονται ότι το φως μπορεί να ανακλάται από συνήθη αντικείμενα, είναι δυνατόν να απωθηθεί όταν, για παράδειγμα, η άμεση αίσθηση μπορεί να οδηγήσει σε άλλη θεώρηση της κατάστασης. Αυτό όμως το φαινόμενο είναι καθοριστικό για την κατανόηση του φαινομένου του σχηματισμού των ειδώλων που με τη σειρά του είναι προαπαιτούμενο για την κατανόηση της όρασης.

Επίσης, τα παιδιά αυτής της ηλικίας είναι δύσκολο να ερμηνεύσουν το 'λουτρό του ηλιακού φωτός' στο οποίο βρισκόμαστε στη διάρκεια της ημέρας. Η γήινη μέρα οφείλεται στη διάχυση του φωτός στην ατμόσφαιρα. Παρ' όλο που έχουν αντιληφθεί το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός από τα στερεά, δεν τους είναι εύκολο να καταλάβουν το ίδιο φαινόμενο ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του φωτός με τα συστατικά του αέρα (Driver, Guesne & Tiberghien, 1993).

Όσον αφορά τη διάδοση του φωτός, η Driver και συνεργάτες (Driver et al., 1985) υποστηρίζουν ότι οι μαθητές/-τριες 8-11 ετών αναπαριστούν τη διάδοση, χρησιμοποιώντας τις ευθύγραμμες ακτίνες, ακόμα και όταν δεν ξέρουν ότι το φως ταξιδεύει κατά μήκος αυτών των ακτίνων. Οι περισσότεροι/ες μαθητές/-τριες, στην προσπάθειά τους να αναπαραστήσουν σχεδιαστικά το φως, συνήθως χρησιμοποιούν γραμμές (π.χ. όταν θέλουν να ζωγραφίσουν τον ήλιο, κάνουν έναν κύκλο και ευθείες

γραμμές ακτινωτά από αυτόν). Επιπλέον, πολλά παιδιά τοποθετούν στη σωστή θέση την πηγή φωτός, ένα αντικείμενο και τη σκιά του, κάτι που δείχνει ότι καταλαβαίνουν πως το φως διαδίδεται ευθύγραμμα.

Η Thiberghien και συνεργάτες (Thiberghien et al., 1980 αναφορά από Raftopoulos, Kalyfommatou, Constantinou, 2005) πήραν συνέντευξη από μαθητές/-τριες 10-11 ετών και 13-14 ετών για να διερευνήσουν τις ιδέες των παιδιών για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός σε καθρέφτη. Διαπίστωσαν ότι οι νεότεροι/ες μαθητές/-τριες δεν εξέφρασαν κάποιες ιδέες για το φαινόμενο αυτό, γιατί δεν μπορούσαν να προσδιορίσουν το φως ως οντότητα που διαδίδεται στο χώρο. Στη πλειοψηφία τους τα μεγαλύτερα παιδιά ανέφεραν ότι ο καθρέφτης απεικονίζει το φως που στέλνει ο φακός. Όταν ο φακός στέλνει το φως επάνω σε ένα άλλο αντικείμενο, οι μαθητές/-τριες είπαν ότι ο φακός αφήνει το φως και 'κάθεται' πάνω στο αντικείμενο.

Αργότερα οι Andersson και Kattqvist (1983), κάνοντας έρευνα σε 166 μαθητές/-τριες στη Σουηδία, ηλικίας 12-15, διαπίστωσαν ότι μόνο το 30% πιστεύει ότι το φως είναι κάτι φυσικό που υπάρχει στο χώρο και ταξιδεύει στο χρόνο και στο χώρο. Αυτό δείχνει ότι η διδασκαλία της Γεωμετρικής Οπτικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση δεν είναι αποτελεσματική, και ότι οποιαδήποτε προσπάθεια διδασκαλίας της Οπτικής σε ανώτερο επίπεδο (σωματιδιακή και κυματική μορφή φωτός) μπορεί να συγκριθεί με την προσπάθεια κάποιου «να χτίσει ένα σπίτι, χωρίς τις κατάλληλες βάσεις» (Andersson & Kattqvist 1983, σελ.398). Οι ίδιοι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η παρανόηση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι στην καθημερινή γλώσσα των Άγγλων η λέξη 'φως' ταυτίζεται με την πηγή που το παράγει (π.χ. ο ηλεκτρικός λαμπτήρας).

Κάνοντας όμοιες έρευνες οι Fetherstonhaugh και Treagust (1992) σε 100 παιδιά, ηλικίας 13-15 ετών, διαπίστωσαν ανάλογα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, το 1/4 των παιδιών θεώρησαν ότι το φως παραμένει στον καθρέφτη κατά τη διάρκεια της ανάκλασης και το 1/2 ότι τα είδωλα θα μπορούσαν να βρίσκονταν σε δυο θέσεις. Για το λόγο αυτό πρότειναν μια καινοτομική διδασκαλία που έχει στόχο την εννοιολογική αλλαγή, με βάση τους τέσσερις όρους του Posner et al. (1982), δηλαδή: δυσαρέσκεια για τις υπάρχουσες ιδέες και οι νέες να είναι καταληπτές, εύλογες και καρποφόρες.

Η Driver και οι συνεργάτες (Driver et al., 2000) αναφέρονται στην ερευνητική μελέτη των Anderson και Smith (1984) στην οποία το 60% ενός δείγματος 227 μαθητών/-τριών ηλικίας 9–15 ετών ανέφερε ότι το φως αναπηδά στους καθρέφτες, αλλά όχι σε άλλα αντικείμενα. Μόνο το 20% του δείγματος ανέφερε ότι αναπηδά και από τα αδιαφανή αντικείμενα, ενώ μόνο το 2% ανέφερε ότι το φως διαχέεται.

Οι Watts και Gilbert (1985 αναφορά από Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 2000) ομαδοποίησαν τις ιδέες των παιδιών για το φως και κατέληξαν σε επτά νοητικά μοντέλα. Συγκεκριμένα οι μαθητές/-τριες έχουν τις ακόλουθες κατηγορίες αντιλήψεων για το τι είναι φως:

Φυσικό φως (ambient light): γίνεται διάκριση μεταξύ του διάχυτου ‘φωτός της ημέρας’ και του απευθείας φωτός από μια πηγή.

Σύνθετο φως (composite light): οι μαθητές/-τριες περιγράφουν το φως ως προς τα χαρακτηριστικά του (απλή οντότητα, αίτιο, αποτέλεσμα, ένταση).

Διπλό φως (de-coupled light): το ‘φως’ είναι τελείως διαφορετικό από τη διαδικασία του ‘βλέπω’.

Τεχνητό φως (illuminative light): τα παιδιά δίνουν έμφαση στη χρησιμότητα του φωτός, δηλαδή έχει σχεδιαστεί σκόπιμα για να μας επιτρέπει να βλέπουμε.

Τροποποιημένο φως (modal light): ανάλογα με τα διαφορετικά αποτελέσματά του αναγνωρίζονται διαφορετικά είδη φωτός.

Εμφανές φως (obvious light): φως θεωρείται ότι αποτελεί ιδιότητα μόνο των μεγάλων ισχυρών φωτιζόμενων σωμάτων.

Αναδύομενο φως (projected light): ταυτίζεται με ουσία που προβάλλεται και μερικές φορές μεταφέρει χρώματα.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των ερευνών, θα λέγαμε ότι τα παιδιά ηλικίας 7- 15 ετών δεν έχουν ξεκαθαρισμένες ιδέες για το φως και τις αλληλεπιδράσεις του με την ύλη. Η πλειοψηφία αυτών:

- ταυτίζει το φως με την πηγή ή το αποτέλεσμα
- αναπαραστούν τη διάδοση του φωτός χρησιμοποιώντας ευθύγραμμες ακτίνες, ακόμα και όταν δεν ξέρουν ότι το φως ταξιδεύει κατά μήκος αυτών των ακτίνων
- πιστεύει ότι όταν το φως πέφτει σε έναν καθρέφτη, αυτό παραμένει πάνω του ή (πιο σπάνια αναπηδά, αλλά δε συμβαίνει το ίδιο για άλλα αντικείμενα)

- δεν μπορούν να ερμηνεύσουν το ‘λουτρό του ηλιακού φωτός’ στο οποίο βρισκόμαστε στη διάρκεια της ημέρας

1.3 Ανασκόπηση των ιδεών των παιδιών για τον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε

«Η κατανόηση της λειτουργίας της ‘Όρασης’ διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο στην εκμάθηση της Γεωμετρικής Οπτικής. Μας καθιστά ικανούς/ες να ανιχνεύουμε την πορεία του φωτός, να προσδιορίζουμε αντικείμενα και είδωλα και να ερμηνεύουμε σχέδια που σχετίζονται με φαινόμενα της διάδοσης του φωτός και τις αλληλεπιδράσεις του με την ύλη» (Langley, Ronen & Eylon, 1997, σελ.400).

Οι ιδέες των παιδιών για την όραση έχουν αποτελέσει αντικείμενο διάφορων ερευνών που διεξήχθησαν σε διαφορετικές ομάδες ηλικίας σε διάφορες χώρες κατά τη διάρκεια των προηγούμενων τριών δεκαετιών. Το πλαίσιο στο οποίο πραγματοποιήθηκαν αυτές οι έρευνες περιλάμβανε την επίδειξη επιλεγμένων οπτικών φαινομένων και τη λεκτική ή/και διαγραμματική περιγραφή αυτών. Οι μέθοδοι εκμείωσης των ιδεών περιελάμβαναν συνεντεύξεις ατόμων και ομάδων, λεκτικές απαντήσεις μαθητών/-τριών και σχέδια αυτών.

Σε ερευνά της η Guesne (1985) πήρε συνέντευξη από 20 μαθητές/-τριες ηλικίας 14 ετών και διαπίστωσε ότι οι περισσότεροι/ες αναγνωρίζουν ότι το φως αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη της όρασης. Ιδιαίτερα για τα αυτόφωτα σώματα τα παιδιά χρησιμοποιούν το μοντέλο του ‘φωτός που φτάνει στο μάτι’, ενώ για τα ετερόφωτα σώματα χρησιμοποιούν το μοντέλο του ‘ενεργού ματιού’ (οι ακτίνες φτάνουν στο αντικείμενο από το μάτι). Τη διαφοροποίηση αυτή διαπίστωσε και ο Jung (1987) σε ερευνά του σε παιδιά ηλικίας 12-14 ετών: «Το φως από τα αυτόφωτα σώματα είναι ισχυρό, εκθαμβωτικό και βλάπτει τα μάτια, ενώ τα φωτιζόμενα αντικείμενα είναι ο στόχος της όρασης» (Jung, 1987, σελ. 269).

Οι Andersson και Karrqvist (1983) ερεύνησαν την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο βλέπουμε 166 μαθητών/-τριών της Σουηδίας, ηλικίας 12 ως 15 ετών. Διαπίστωσαν ότι το 40% περίπου χρησιμοποιούσαν την ιδέα της ‘Οπτικής ακτίνας’ σε ένα

τουλάχιστον από τα τρία προβλήματα που είχαν κληθεί να λύσουν, ενώ μόνο το 10% έκανε χρήση της ίδιας ιδέας για τα ετερόφωτα σώματα.

Οι Ramadas και Driver (1989) ανέφεραν παρόμοια συμπεράσματα μετά από μια μεγάλης κλίμακας έρευνα σε 456 μαθητές/-τριες 13-15 ετών για το φως. Συγκεκριμένα τους/ις ζητήθηκε να ερμηνεύσουν τι συμβαίνει ανάμεσα στα μάτια ενός κοριτσιού και ενός βιβλίου. Μόνο το 31% του δείγματος υιοθέτησε το 'δεκτικό μοντέλο' (reception model), δηλαδή την ιδέα ότι ακτίνες που φεύγουν από το βιβλίο πάνε στο μάτι. Η πλειοψηφία του δείγματος πρότεινε το μοντέλο του 'ενεργού ματιού' (active eye), όπου οι ακτίνες φεύγουν από το μάτι και πάνε στο βιβλίο. Αρκετά παιδιά δεν αναγνώρισαν την αναγκαιότητα του φωτός για την όραση και είπαν ότι ήταν δυνατό να δουν ακόμα και στο σκοτάδι (Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 2000).

Οι Osborne και συνεργάτες (Osborne et al., 1990) διερεύνησαν τις ιδέες που έχουν 64 παιδιά Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (ηλικίας 7-11 ετών) για το φως και την όραση. Διαπίστωσαν ότι το 35% του δείγματός τους δεν έδωσε καμία εξήγηση για τον τρόπο που βλέπουμε. Η εξήγηση της όρασης δεν προβλημάτισε τα παιδιά, αφού το ότι «βλέπουμε με τα μάτια μας» τους/ις ήταν αρκετό για να εξηγήσουν τα φαινόμενα όπου εμπλέκεται το φως. Πάνω από μισά παιδιά συνέδεσαν το μάτι με το αντικείμενο. Μερικές φορές υπήρχε κατεύθυνση σ' αυτή τη σύνδεση από το μάτι προς το αντικείμενο. Άλλα πάλι προσπάθησαν να εναρμονίσουν την ιδέα του 'ενεργού ματιού' με το φως που είναι απαραίτητο στην όραση, και σχεδίασαν τη γραμμή από τη φωτεινή πηγή προς το μάτι και έπειτα προς το αντικείμενο. Άλλα πάλι υποδείκνυαν δυο συνδέσεις με κατεύθυνση από την πηγή και από το μάτι προς το αντικείμενο. Η επιστημονική άποψη έγινε αποδεκτή από μια μικρή μειοψηφία.

Στις παραπάνω έρευνες υπήρξαν κάποιες ενδείξεις ότι το επιστημονικό μοντέλο (E.M.) γινόταν αποδεκτό σε μεγαλύτερο ποσοστό καθώς αυξάνονταν η ηλικία, εξαρτώμενο όμως από το είδος των ερωτημάτων. Δηλαδή το E.M. γινόταν αποδεκτό όταν οι μαθητές/-τριες εξηγούσαν πώς είδαν μια πηγή φωτός στον καθρέφτη, παρά όταν εξηγούσαν πώς είδαν ένα βιβλίο. Αυτές οι ιδέες, σύμφωνα με την Guesne (1985), δεν εξαρτώνται απλά και μόνο από την ηλικία, παρ' όλο που φαίνεται μια εξέλιξη στα μοντέλα που χρησιμοποιούν στις ηλικίες μεταξύ 7 και 15 ετών.

Οι Bendall, Goldberg, και Galili (1993) σε έρευνά τους σε υποψήφιους δασκάλους σχετικά με τις απόψεις τους για την όραση, τις σκιές και τα είδωλα σε καθρέφτη, με

συνεντεύξεις και διαγράμματα, έδειξαν ότι επικρατούν ανάλογες αντιλήψεις με αυτές των παιδιών. Επίσης, οι λεκτικές και διαγραμματικές περιγραφές εξαρτώνται και από τον τρόπο που εμπλέκονταν το φαινόμενο της όρασης, δηλαδή οι περιγραφές άλλαζαν με το περιεχόμενο των ερωτήσεων (για αυτόφωτο ή ετερόφωτο αντικείμενο) (Langley, Ronen & Eylon, 1997).

Σε μια άλλη έρευνα των Winer et al. (1996) διαπιστώθηκε ότι όταν οι έρευνες γίνονταν με συνεντεύξεις και τα παιδιά απαντούσαν προφορικά, οι απαντήσεις τους έδειχναν ότι υιοθετούσαν το 'δεκτικό μοντέλο' (reception model) σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι όταν στις έρευνες ζητούνταν απλά να σχεδιάσουν την πορεία των ακτίνων για να περιγράψουν τον τρόπο που βλέπουμε.

Αξιοσημείωτα είναι τα αποτελέσματα της έρευνας που έκανε η Selley (1996) σε σχολείο στα περίχωρα του Λονδίνου. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 28 παιδιά ηλικίας 11 ετών και επαναλήφθηκε στα ίδια παιδιά μετά από 15 μήνες. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα, η ερευνήτρια διαπίστωσε ότι το ποσοστό των μαθητών/-τριών που είχαν υιοθετήσει το μοντέλο της εκπομπής ακτίνων από το μάτι (Emission model), είχε αυξηθεί στη δεύτερη μέτρηση. Το γεγονός αυτό μπορεί να γίνει κατανοητό, έχοντας υπόψη την εποικοδομητική θεωρία που υποστηρίζει ότι ο άνθρωπος οικοδομεί την γνώση του αρχικά από τις εμπειρίες του διαμορφώνοντας την 'αλήθεια' έτσι όπως τον εξυπηρετεί. Στην περίπτωση της όρασης φαίνεται ότι το μοντέλο 'εκπομπής' (emission model) εξυπηρετεί καλύτερα τους/ις μαθητές/-τριες, από ό,τι το 'δεκτικό μοντέλο' (reception model) και γίνεται ευρέως αποδεκτό για δυο κυρίως λόγους (Selley, 1996, σελ. 722):

1. Η ψυχολογικά συνειδητοποιημένη προσπάθεια που συνοδεύει την πράξη της όρασης (διεύθυνση του βλέμματος και εστίαση στο αντικείμενο).
2. Το λογικό συμπέρασμα από την εμπειρία ότι το αντικείμενο και όχι το μάτι είναι αυτό που πρέπει να φωτιστεί.

Τα παραπάνω είχαν διαπιστώσει σε έρευνές τους οι Guesne (1985) και Andersson και Karpqvist (1983), όπου εστίασαν στην επιρροή των λεκτικών μεταφορών που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή γλώσσα, με αποτέλεσμα να ενισχύεται το ενεργητικό μοντέλο του ματιού 'Emission model' π.χ. «ρίξε το βλέμμα σου...», «διαπεραστικά μάτια», «εστιάστε στο αντικείμενο», κ.λπ. Επιπροσθέτως, κόμικς και παιδικό ήρωες που διαθέτουν ακτίνες X (X-Ray vision) και διαπερνούν τους τοίχους,

ενισχύουν το μοντέλο αυτό. Οι La Roza et al. (1984) ανέλυσαν δεδομένα από 63 μαθητές/-τριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης 16-17 ετών και διαπίστωσαν ότι είναι πολύ δύσκολο να βρεθούν οι συνθήκες εκείνες, ώστε να αντιμετωπιστεί το μοντέλο αυτό, εξαιτίας της δυναμικής του.

Μελέτες που έγιναν μετά τη διδασκαλία σε ενότητες της Οπτικής (Goldberg & MacDermott, 1987, Bendall, Goldberg & Galili, 1993, Eylon, Ronen & Ganiel, 1996) έχουν αποκαλύψει μια εμμονή των προϋπάρχουσων ιδεών, σχετικά με την διάδοση του φωτός και άλλα φαινόμενα Οπτικής. Μαθητές/-τριες που είχαν διδαχθεί τη μέθοδο γραφικής αναπαράστασης αντιμετώπιζαν δυσκολίες στη γενίκευση του γεωμετρικού μοντέλου και αδυνατούσαν να αναπαραστήσουν την πραγματική διάδοση του φωτός στα υλικά (φαινόμενο ανάκλασης, διάχυσης, διάθλασης), ιδιαίτερα στο πλαίσιο της όρασης. Επομένως, οποιαδήποτε εκπαιδευτική προσέγγιση που περιορίζεται στο φορμαλισμό δεν μπορεί να προκαλέσει την αναθεώρηση των προγενέστερων ιδεών που σχετίζονται με την εμπειρία των παιδιών από τον πραγματικό κόσμο.

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι το σημερινό αποδεκτό επιστημονικό μοντέλο κατά το οποίο το φως εκπέμπεται από τα αυτόφωτα σώματα και μερικώς επανεκπέμπεται από τα φωτισμένα ετερόφωτα σώματα (βλ. Σχήμα1), υιοθετείται από ένα πολύ μικρό ποσοστό μαθητών/-τριών. Οι προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών θα μπορούσαν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

1. Ένας μεγάλος αριθμός παιδιών και ιδιαίτερα των νεώτερων δεν αποδίδει καμία σχέση μεταξύ του φωτός, του αντικειμένου και του ματιού. Βλέπουμε, γιατί «τα μάτια μας δίνουν τη δυνατότητα αυτή» ή «γιατί τα αντικείμενα είναι φωτεινά» ή «γιατί απλά φωτίζονται». Αυτά τα είδη των ερμηνειών συνήθως προκύπτουν από μαθητές/-τριες που δεν αναγνωρίζουν το φως ως ανεξάρτητη φυσική οντότητα που διαβιβάζεται από την πηγή φωτός στον τελικό δέκτη. Διάφορες έρευνες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι μαθητές/-τριες αυτοί/ες επικεντρώνονται περισσότερο στις πηγές φωτός ή στις φωτεινές περιοχές ανάκλασης, αποκλείοντας την παρουσία φωτός στο χώρο (Tiberghien et al., 1980, για ηλικίες 10–12 ετών, Andersson & Karrqvist, 1983, για ηλικίες 12–15 ετών, Osborne et al., 1993, για ηλικίες 7–11 ετών, Ravanis, 1999, για ηλικίες 5–7 ετών Ravanis et al., 2002, για ηλικίες 10 ετών).

2. Μια δεύτερη κατηγορία ερμηνειών προσδιορίζει τη μετάβαση του φωτός από την πηγή στα αντικείμενα, χωρίς παροχή λεπτομερειών του ρόλου του φωτός στην οπτική διαδικασία. Το φως ανάβει και κάνει το αντικείμενο να γίνεται ορατό, δηλαδή το μάτι αποκτά έναν παθητικό ρόλο στην όλη διαδικασία. Τα παιδιά που υιοθετούν τέτοιες ερμηνείες δεν έχουν κατανοήσει ότι το φως πρέπει να ανακλαστεί στο αντικείμενο για να εμφανιστεί το είδωλο στο μάτι. Πολλά από τα παιδιά αυτά λένε ότι το φως ταξιδεύει από μια πηγή φωτός σε ένα αντικείμενο και παραμένει εκεί (Private Universe Project in Science, 2007).

3. Στην κατηγορία αυτή οι μαθητές/-τριες παρουσιάζουν ερμηνείες στηριγμένες σε κάποιο ακαθόριστο και ανακριβή μηχανισμό. Οι αντιλήψεις παρουσιάζονται σχηματικά, είτε ως 'λουτρό του ηλιακού φωτός' που γεμίζει το χώρο και κάνει δυνατή την όραση, είτε με οπτικά διαγράμματα συνδέοντας γραμμές μεταξύ τους σχηματίζοντας δυαδική σύνδεση ή το κλασικό τρίγωνο χωρίς κατεύθυνση: πηγή-αντικείμενο-μάτι. (Andersson & Smith, 1982, για ηλικίες 10 ετών, Watts, 1985, για ηλικίες 13–14 ετών, Hosson & Kaminski, 2002, για ηλικίες 9 και 18 ετών).

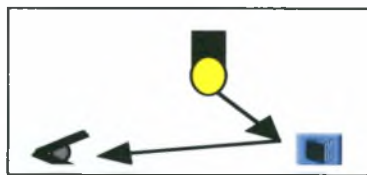
4. Οι ερμηνείες των μαθητών/-τριών στην κατηγορία αυτή αποδίδουν τη λειτουργία της όρασης σε ένα συγκεκριμένο μηχανισμό που χαρακτηρίζεται από καθορισμένες κατευθυντικές αλληλεπιδράσεις (Guesne 1976, για ηλικίες 13 ετών, Boyes & Stanisstreet 1991, για ηλικίες 11–16 ετών). Έχουν αναγνωριστεί έξι τέτοια μοντέλα (Dedes, 2005) που χαρακτηρίζονται από τον τρόπο που τα παιδιά καταγράφουν σχηματικά τις κατευθυνόμενες ακτίνες τη στιγμή που κοιτάζουν ένα ετερόφωτο αντικείμενο.

Συγκεκριμένα:

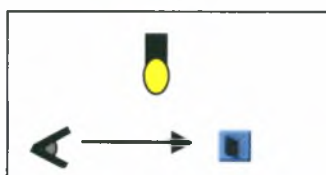
4.1 Μοντέλο απλής εκπομπής. Το μάτι αποκτά ένα ρόλο εκπομπού που κατέχει μια ανεξάρτητη φωτεινότητα η οποία καθιστά περιττή την παρουσία της πηγής φωτός, εφ' όσον «μπορούμε να δούμε ακόμη και στο σκοτάδι όταν τα μάτια μας συνηθίσουν για λίγο διάστημα το σκοτάδι» (βλ. Σχήμα 2).

4.2 Μοντέλο συνεταιριστικής εκπομπής. Το αντικείμενο καθίσταται το επίκεντρο της διαδικασίας της όρασης από τη στιγμή που ταυτόχρονα φωτίζεται, τόσο από την πηγή, όσο και από το μάτι (βλ. Σχήμα 3).

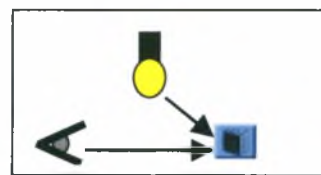
4.3 Μοντέλο υποκινούμενης εκπομπής. Αυτό το μοντέλο δηλώνει τη μετάβαση του φωτός άμεσα από την πηγή στο μάτι, όπου είτε απεικονίζεται το αντικείμενο, είτε υποκινεί μια δευτεροβάθμια εκπομπή από το μάτι στο αντικείμενο (βλ. Σχήμα 4).



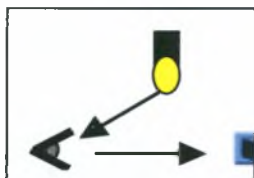
Σχήμα 1: Επιστημονικό μοντέλο



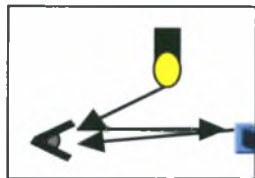
Σχήμα 2: Μοντέλο απλής Εκπομπής



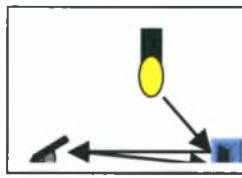
Σχήμα 3: Μοντέλο συνεταιριστικής εκπομπής



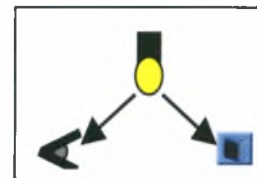
Σχήμα 4: Μοντέλο υποκινούμενης εκπομπής



Σχήμα 5: Μοντέλο υποκινούμενης εκπομπής με ανάκλαση



Σχήμα 6: Δευτερεύον μοντέλο υποδοχής-εκπομπής



Σχήμα 7: Διπλός φωτισμός

4.4 Μοντέλο υποκινούμενης εκπομπής με ανάκλαση. Αυτό έρχεται ως διαδοχή του τελευταίου μοντέλου. Το φως από το μάτι ανακλάται στην επιφάνεια του αντικειμένου και επιστρέφει στο μάτι μεταφέροντας την οπτική αίσθηση (βλ. Σχήμα 5).

4.5 Δευτερεύον μοντέλο υποδοχής-εκπομπής. Η πηγή φωτίζει το σώμα και στη συνέχεια το φως ανακλάται στο μάτι. Ως εδώ, το μοντέλο είναι σύμφωνο με το επιστημονικό. Εντούτοις, δεδομένου ότι αυτός ο συλλογισμός δεν ικανοποιεί τα παιδιά, αυτός συμπληρώνεται από μια νέα εκπομπή από το μάτι (βλ. Σχήμα 6).

4.6 Διπλός φωτισμός. Η πηγή φωτίζει ταυτόχρονα και το μάτι και το αντικείμενο.

1.4 Ιστορικά μοντέλα μηχανισμών της όρασης

Η Οπτική θεωρείται ως ένα από τα παλαιότερα κεφάλαια της Φυσικής. Πολλοί αιώνες παρήλθαν από την εποχή που καταγράφηκαν οι πρώτες ιδέες των αρχαίων Ελλήνων σχετικά με τα φαινόμενα Οπτικής, μέχρι τον Al Haytham και αργότερα τους Descartes, Newton και Huygens. Έτσι έχει αναπτυχθεί ένα πλούσιο ιστορικό αρχείο ανάπτυξης των ιδεών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σχεδιασμό της διδασκαλίας (Mihás & Andreadis, 2005).

Όπως υποστηρίζουν αρκετοί ερευνητές (Galili & Hazan, 2001, Matthews, 1992, Seroglou & Koumaras, 2001), οι μαθητές/-τριες ερχόμενοι/ες σε επαφή με ιστορικές επιστημονικές ιδέες, εκτιμούν καλύτερα την επιστημονική μεθοδολογία, κατανοούν καλύτερα τις επιστημονικές θεωρίες που γεννιούνται, ωριμάζουν και αναθεωρούνται αναπτύσσουν ευαισθησία και ενδιαφέρον και αποκτούν θετική στάση απέναντι στις

Φυσικές Επιστήμες. Επιπλέον πολλοί/ές μαθητές/-τριες αναγνωρίζουν τις δικές τους σκέψεις στην ιστορία των ιδεών και των θεωριών που διατυπώνονται και αντικρούονται, ιδιαίτερα στην Οπτική (Meheut & Psillos, 2004).

Η Οπτική είναι περιορισμένη σήμερα σε ένα καθορισμένο επιστημονικό πλαίσιο και είναι πλαισιωμένη από μια καθορισμένη σειρά φυσικών φαινομένων που σχετίζονται με το φως. Εντούτοις, για τους επιστήμονες και τους φιλόσοφους της αρχαιότητας, η Οπτική αντιπροσώπευε πολύ περισσότερα από αυτό. Εμφανίστηκε ως θεμελιώδης ενότητα για τις Φυσικές Επιστήμες, «το κλειδί που θα ξεκλειδωνε την πόρτα της φύσης και θα αποκάλυπτε τα ενδότατα μυστικά της» (Lindberg, 1976, σελ. ix). Το φως, πέρα από το ότι θεωρούνταν κοσμογονικό (ένα από τα θεμελιώδη συστατικά για τη δημιουργία του κόσμου), δεν ήταν εύκολο και να εξεταστεί. Η πλειοψηφία των πρώτων θεωριών στην Οπτική είχε να κάνει, σχεδόν αποκλειστικά, με τη διαδικασία της όρασης, όπου το φως δε διαδραμάτιζε πάντα ένα συγκεκριμένο ρόλο. Η Οπτική έγινε επιστήμη του φωτός τον 11ο αιώνα, με τις εκτενείς εργασίες του Άραβα Al- Haytham (965-1040) (γνωστό στο Μεσαίωνα ως Alhazen).

Η πιο πρόωρη αντίληψη του ματιού ως ενεργού παράγοντα στη διαδικασία της όρασης ήταν συνδεδεμένη με την πυθαγορική φιλοσοφία. Ο Αρχύτας, ο Ταράντιος (435–365 π.Χ.) πίστευε ότι η όραση είναι αποτέλεσμα «αόρατης φωτιάς» που εκπέμπεται από το μάτι, η οποία όταν έρχεται σε επαφή με το αντικείμενο μας βοηθά να αντιληφθούμε το σχήμα του και τα χρώματά του (Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2007). Ανάλογα ο Αλκμέωνας ο Κροτωνιάτης, μαθητής του Πυθαγόρα (5^ο αιώνα π.Χ.), υποστηρίζει ότι το μάτι έχει κάτι σαν φωτιά μέσα του και όταν κάποιος/α εστιάζει σε ένα αντικείμενο στέλνει αυτές τις «ακτίνες φωτιάς» και χτυπούν το αντικείμενο. Αυτό επιτρέπει μια διπλή ερμηνεία: ή η «φωτιά» πηγαίνει να συναντήσει το αντικείμενο και επιστρέφει έπειτα για να διαμορφώσει ένα είδωλο στο μάτι ή το ερέθισμα που λαμβάνεται από τον παρατηρητή αντιπροσωπεύομενο από το είδωλο επιστρέφεται στο αντικείμενο για επιβεβαίωση. Σε κάθε περίπτωση αναφέρεται σε εκπομπή κάποιας ακτινοβολίας που πραγματοποιεί διαδοχικά δύο αντίστροφες κινήσεις που έχουν ως αφετηρία του είτε το μάτι, είτε το αντικείμενο (Dedes, 2005).

Οι 'Ατομιστές' προσπάθησαν να διατυπώσουν μια φυσική ερμηνεία της διαδικασίας της όρασης καταλήγοντας σε εντελώς αντίθετο αίτιο, από τους Πυθαγόρειους. Ο Λεύκιππος ο Μιλήσιος (490–400 π.Χ.) εισήγαγε την ιδέα ότι κάθε ορατό αντικείμενο

παράγει συνεχώς και στέλνει στις ψυχές μας, μέσω του ματιού, κάτι που το αντιπροσωπεύει, μια σωματική εικόνα, ένα ‘είδωλον’. Αυτή η εικόνα αποκολλάται από την επιφάνεια του σώματος που διατηρεί τη μορφή της, το χρώμα και όλες τις άλλες ιδιότητες (Ronchi, 1956 αναφορά από Dedes, 2005).

Σύμφωνα με τον Δημόκριτο (470–380 π.Χ.) ο αέρας μεταξύ του ματιού και του ορατού αντικειμένου δημιουργεί μια απεικόνιση του αντικειμένου ως αποτέλεσμα κάποιου είδους πίεσης που δημιουργείται από το αντικείμενο και τον παρατηρητή, δεδομένου ότι κάθε σώμα εκπέμπει συνεχώς το ‘είδωλόν’ του. Κατόπιν, ο αέρας φέρνει την εικόνα στα μάτια.

Ο Εμπεδοκλής (490–430 π.Χ.) δήλωνε ότι κάθε σώμα εκπέμπει στοιχειώδη μόρια φωτιάς (ακτινοβολία), πάνω στα οποία είναι καταγραμμένες οι πληροφορίες για την επιφάνειά του. Για να διαβαστούν αυτές οι πληροφορίες, το μάτι διαβιβάζει μια λεπτή ‘οπτική ακτίνα’ που αισθάνεται κατά κάποιο τρόπο την ακτινοβολία του σώματος και επιστρέφει στο άτομο μέσω του ευαίσθητου μέρους του ματιού (Park 1997, σελ. 35 αναφορά από Dedes, 2005).

Η πρώτη πλήρης και συστηματική μελέτη της λειτουργίας της Όρασης βρίσκεται στις εργασίες του Αριστοτέλη (384–322 π.Χ.) που σταθερά απορρίπτει τις προηγούμενες θεωρίες για τις οπτικές ακτίνες, όπως και την ιδέα των ‘Ατομιστών’ για σωματίδια (είδωλα) που εκπορεύονται από σώματα, και δηλώνει ότι η παρουσία του φωτός είναι μοναδική προϋπόθεση για την Όραση. Δεδομένου ότι δε δέχονταν την ‘εκπομπή’ (είτε από το αντικείμενο στο μάτι, είτε το αντίθετο), εστίασε την προσοχή του στο ‘μέσο’, μεταξύ του παρατηρητή και του ορατού αντικειμένου. Στο ‘μέσο’, δηλαδή το διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στο μάτι και στο αντικείμενο, βρίσκεται το ‘διαφανές’, μια οντότητα ή δύναμη που χαρακτηρίζει τον αέρα ή το νερό, και το φως είναι κατάσταση αυτού του ‘διαφανούς’ που προκύπτει από την παρουσία της φωτιάς ή άλλων αυτόφωτων σωμάτων. Ο Αριστοτέλης δηλαδή, θέτει την προϋπόθεση της φωτεινότητας του ‘μέσου’, ενός ‘λουτρού φωτός’, το οποίο αποτελεί μέσο μεταφοράς της Οπτικής πληροφορίας, μεταφερόμενη από το σώμα στο μάτι, κατά τη διάρκεια μιας διαταραχής (Mihas & Andreadis, 2005).

Σε Έλληνες φιλόσοφους-μαθηματικούς συναντάμε πάλι το πυθαγορικό μοντέλο της ‘εκπομπής’ που καθιερώνεται αυτή τη φορά σε καθαρά γεωμετρική βάση. Η θεωρία τους βασίζεται σε μια γενική παραδοχή: μονοδιάστατες οπτικές ακτίνες, με μοναδική ιδιότητα να εκπέμπονται από τα μάτια και να φθάνουν στο αντικείμενο, είναι αρκετές να δημιουργήσουν το οπτικό αίσθημα της παρουσίας του αντικειμένου στο χώρο. Κανένας από αυτούς, με εξαίρεση τον Πτολεμαίο, δεν λαμβάνει υπόψη είτε τη φύση αυτών των ακτίνων, είτε το ρόλο του φωτός στη διαδικασία της λειτουργίας της Όρασης. Ο Ευκλείδης (3^ο αιώνα π.Χ.) αγνοούσε συστηματικά οποιαδήποτε φυσική πτυχή στη διαδικασία αυτή. Αυτός, καθώς επίσης και διάδοχοι του από τον Χέρωνα (1^ο αιώνα π.Χ.) μέχρι τον Θέωνα (4^ο αιώνα μ.Χ), θεωρούσαν την Οπτική ως κλάδο της εφαρμοσμένης γεωμετρίας, και υπό αυτήν τη μορφή δεν μπορεί να ασχοληθεί, παρά μόνο με τη χωρική διάσταση της αίσθησης της όρασης. Οι «γεωμετριστές» δεν αρνούνται τον αναμφισβήτητο ρόλο του φωτός και των χρωμάτων, απλά δεν το λαβαίνουν υπόψη (Lejeune 1948, σελ. 172 αναφορά από Dedes, 2005).

Ο Πτολεμαίος (2^ο αιώνα μ.Χ) ήταν ο μόνος μαθηματικός που «είδε» την Οπτική κάτω από ένα ευρύτερο πρίσμα. Θεώρησε το φως που εκπέμπεται από μια πηγή και την «οπτική ακτινοβολία» ως μια ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται στο χώρο. Κατά την άποψή του, όπως και για τον Αριστοτέλη, τα χρώματα θα πρέπει να θεωρηθούν το αντικείμενο της όρασης, όπως η οσμή για την όσφρηση ή ο ήχος για την ακοή. Η επίδραση των χρωμάτων πάνω στα σώματα δίνουν τα λογικά χαρακτηριστικά τους (μέγεθος, σχήμα, και χωρική τοποθέτηση). Η λειτουργία της όρασης πραγματοποιείται κάτω από την αλληλεπίδραση τριών παραγόντων: την οπτική ακτινοβολία, τα χρώματα και το εξωτερικό φως που αποτελούν τα χαρακτηριστικά της φωτεινότητας. Το φως διαδραματίζει έναν διπλό ρόλο σε αυτήν την διαδικασία: Ενεργοποιεί τόσο την οπτική ακτινοβολία, όσο και την ορατότητα των χρωμάτων.

Αναμφισβήτητα οι ιδέες του Πτολεμαίου αποτέλεσαν σταθμό στην ιστορία της Οπτικής, φέρνοντας σημαντική πρόοδο σε θέματα, όπως η φύση του φωτός ή η συμβολή του στη διαδικασία της όρασης. Παρ’ όλα αυτά, δέσμιος των παραδοσιακών αντιλήψεων δεν προχώρησε παραπέρα. Μερικούς αιώνες αργότερα ο Al-Haytham θα προσδιορίσει το φως ως το μόνο που μεσολαβεί μεταξύ του ματιού και του αντικειμένου, θεωρώντας τις οπτικές ακτίνες ως θεωρητικές γεωμετρικές γραμμές και καθαρά μαθηματικά

σύμβολα, χωρίς φυσική υπόσταση, χρήσιμες για την επίδειξη ιδιοτήτων της όρασης ως αποτέλεσμα της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός (Lindberg 1976).

Τέλος ο Johannes Kepler (1571–1630), ξεκινώντας από τους βασικούς στόχους και τα κριτήρια της Θεωρίας του Al- Haytham, διαμόρφωσε μια επιτυχή λύση στο πρόβλημα της διαδικασίας της όρασης. Κατασκεύασε τη θεωρία της υποδοχής του φωτός στο μάτι (reception theory), αποδίδοντας την αίσθηση της όρασης, στην οπτική απεικόνιση του ειδώλου μέσα στο μάτι ως ανεστραμμένη εικόνα ανεξάρτητα από τον παρατηρητή. Το αντικείμενο σχηματοποιείται με την εστίαση όλου του εκπεμπόμενου φωτός από το αντικείμενο στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδή (Kepler 1600/2000, σελ.179–191 αναφορά από Dedes, 2005, Renaissance and Early Modern Optics, 2007).

Συνοψίζοντας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι τρεις ήταν οι κύριες αντιλήψεις που κυριαρχούσαν από την εποχή της αρχαιότητας μέχρι την εποχή του Πτολεμαίου σχετικά με το φως και την όραση. Θεωρούνταν ότι αυτή επιτυγχάνεται όταν:

A) φωτεινές ακτίνες στέλνονται από το μάτι στο αντικείμενο,

B) σωματίδια που συνθέτουν σωματικές εικόνες (είδωλα) εκπέμπονται από το αντικείμενο και μπαίνουν στο μάτι,

Γ) το φως ενεργοποιεί το ‘διαφανές’ που εντοπίζεται ανάμεσα στην πηγή και το αντικείμενο.

1.5 Σύγκριση των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών με τα αντίστοιχα ιστορικά μοντέλα για την όραση

Συγκρίνοντας τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών με τα πρώτα μοντέλα μηχανισμών για την όραση, διαπιστώνουμε ότι υπάρχουν πολλές ομοιότητες:

1. Δεν αναγνωρίζεται το φως ως ανεξάρτητη φυσική οντότητα που διαβιβάζεται από την πηγή φωτός στον τελικό δέκτη. Η όραση είναι δυνατή είτε με εκπομπή οπτικών ακτίνων από το υποκείμενο, όπως υποστήριζαν οι Πυθαγόρειοι, είτε δεχόμενοι σωματικές εικόνες (είδωλα), όπως υποστήριζαν οι ‘Ατομιστές’. Πολλοί/ες μαθητές/-τριες έχουν την ίδια αντίληψη, δίνοντας αφηρημένες και διφορούμενες απαντήσεις για τη λειτουργία της όρασης, στις οποίες το φως δεν παίζει κανένα ρόλο (βλ. 1^η, 2^η κατηγορία σελ. 18-19).

2. Δίνεται σημασία στο ενδιάμεσο, μεταξύ του υποκειμένου και του αντικειμένου. Στις θεωρίες του Αριστοτέλη το φως αποτελεί τον αναπόφευκτο όρο για το σχηματισμό ενός στατικού και φωτεινού ‘μέσου’ που επιτρέπει τη μετάδοση οπτικών πληροφοριών. Ανάλογη αντίληψη των παιδιών φαίνεται να υπάρχει όταν τα παιδιά αναφέρονται στο ‘λουτρό φωτός’ (βλ. 3^η κατηγορία, σελ. 19).

3. Η απόδοση του διπλού ρόλου (εκπέμπει και δέχεται) του ματιού των Αλκμέωνα, Δημόκριτου και Εμπεδοκλή, προσομοιάζει με το τέταρτο και πέμπτο σχέδιο της τέταρτης κατηγορίας των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών (βλ. 4.4 και 4.5 κατηγορία, σελ. 20)

4. Ο διπλός φωτισμός ως αντίληψη των παιδιών κατά την οποία η πηγή φωτίζει ταυτόχρονα και το μάτι και το αντικείμενο. Στη θεωρία του Πτολεμαίου βλέπουμε το φως να ενεργοποιεί τόσο την οπτική ακτινοβολία, όσο και την ορατότητα των αντικειμένων (βλ. 4.6 κατηγορία, σελ. 20).

Γενικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι κυριαρχούν δυο κοινά χαρακτηριστικά στις αντιλήψεις των παιδιών και των ιστορικών μοντέλων για το φως.

Το πρώτο αφορά τον ενεργό ρόλο του ματιού το οποίο θεωρείται ως αναπόφευκτος παράγοντας στη διαδικασία της όρασης. Στις πέντε από τις έξι ομαδοποιημένες κατηγορίες διαγραμμάτων των μαθητών/-τριών, όπου αποτυπώνεται κατεύθυνση, βλέπουμε τον ενεργό ρόλο του ματιού (οι ακτίνες φεύγουν από το μάτι). Παρατηρούμε ότι, όσον αφορά την εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών, ο ρόλος του ενεργού ματιού κατέχει κυρίαρχη θέση για μια περίοδο 2.000 ετών. Αξιοσημείωτο είναι ότι παρά τη μεγάλη απήχηση της θεωρίας του Al-Haytham, μερικοί μελετητές του μεσαίωνα (R. Grosseteste, R. Bacon και J. Pecham) εξακολουθούσαν να δέχονται ότι ένα είδος σωματιδίων εκπέμπονται από το μάτι προκειμένου να ‘δούμε’, δίνουν δηλαδή ένα δευτερεύοντα ρόλο στο μάτι (Lindberg, 1976). Στα μέσα του 17^{ου} αιώνα ο Descartes υποστήριξε ότι οι γάτες για παράδειγμα μπορούν και βλέπουν στο σκοτάδι γιατί εκπέμπουν ένα είδος ακτινοβολίας από τα μάτια τους (Maitte, 1981 αναφορά από Dedes, 2005).

Το δεύτερο αφορά τον παθητικό ρόλο του ματιού. Στην περίπτωση αυτή πιστεύεται ότι οι εικόνες ή τα χρώματα εισέρχονται στο μάτι, αλλά όχι και το φως (Andersson & Karrqvist 1983, Gallili & Hazan 2001) αντίληψη που θυμίζει την υλική εκπομπή των ‘Ατομιστών’.

Εξετάζοντας αυτές τις ομοιότητες, μπορεί κάποιος να οδηγηθεί στο συμπέρασμα ότι τα επιστημονικά ιστορικά πρότυπα και οι αντιλήψεις των παιδιών είναι ταυτόσημες και υπάρχει ένα είδος αντιστοιχίας μεταξύ τους. Παρ' όλα αυτά, οι ερμηνείες που δίνουν τα παιδιά για τη διαδικασία της λειτουργίας της όρασης είναι ασαφείς και απροβλημάτιστες (Osborn et al., 1993), ενώ οι επιστημονικές θεωρίες των ιστορικών αναπτύσσονται σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο. Δηλαδή όταν τα παιδιά αποδίδουν τη λειτουργία της όρασης στην κίνηση που αρχίζει από τα μάτια ή επικαλούνται κάτι ανάλογο, τα παιδιά έχουν στο νου τους ένα αφηρημένο μηχανισμό για κάτι που συνδέει το μάτι με το αντικείμενο, χωρίς να είναι σε θέση να διευκρινίσουν αν αυτό είναι φως ή κάτι άλλο. Επίσης, κατά τη διάρκεια των πειραματικών παρεμβάσεων στους/ις μαθητές/-τριες, παρατηρούμε πολλές φορές ένα παιδί να χρησιμοποιεί διαφορετικές ερμηνείες για το ίδιο φαινόμενο ανάλογα με το πλαίσιο της πειραματικής παρέμβασης ή τον τρόπο που θέτονται οι ερωτήσεις (Winer et al., 1996, Driver, et al., 1985). Τα ιστορικά επιστημονικά μοντέλα αναπτύχθηκαν σε ένα πλαίσιο διαφορετικό από αυτό των παιδιών. Το σύγχρονο κοινωνικό υπόβαθρο παρέχει στα παιδιά και τη γνώση και την εμπειρία για να διαμορφώσουν τις δικές τους αντιλήψεις για τα φαινόμενα που οι επιστήμονες τους προηγούμενους αιώνες αγνοούσαν (Gauld, 1991).

Το κύριο συμπέρασμα που μπορεί να εξαχθεί είναι ότι οι εννοιολογικές ερμηνείες του παρελθόντος μπορούν να εντοπιστούν στο εννοιολογικό πλαίσιο των σημερινών μαθητών/-τριών. Η αντιπαράθεση των επιχειρημάτων που εξέφραζαν οι επιστήμονες στο παρελθόν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας ενός συγκεκριμένου θέματος μπορεί να διευκολύνει μια αναδιοργάνωση στην υπάρχουσα γνωστική δομή των παιδιών και να προωθήσει την εννοιολογική αλλαγή (Monk & Osborn, 1997). Κατά συνέπεια η ιστορία της επιστήμης μπορεί να γίνει ένας χρήσιμος οδηγός που θα οδηγήσει τους ερευνητές και τους/ις εκπαιδευτικούς να εντοπίσουν μερικές από τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών.

ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται το θεωρητικό πλαίσιο με βάση το οποίο σχεδιάστηκε η διδακτική παρέμβαση. Γίνεται σύντομη αναφορά στις διάφορες θεωρίες μάθησης που επηρέασαν τις σύγχρονες αντιλήψεις για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Στη συνέχεια παραθέτονται τα χαρακτηριστικά των εποικοδομητικών περιβαλλόντων μάθησης με τη χρήση νέων τεχνολογιών και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ερευνών - μελετών για τη χρήση τεχνολογίας στη μάθηση των Φ.Ε. και συγκεκριμένα του φαινομένου της ανάκλασης και της διάχυσης του φωτός. Υπογραμμίζεται η σημασία του κοινωνικού εποικοδομητισμού στη διδασκαλία και μάθηση των εννοιών και η λειτουργία ενός νέου μαθησιακού περιβάλλοντος που είναι εποικοδομητικό, συνεργατικό και λειτουργεί με τη ενσωμάτωση των Τ.Π.Ε. στην εκπαιδευτική διαδικασία.

2.2 Από τον συμπεριφορισμό στον κοινωνικό εποικοδομητισμό

Σε παγκόσμια κλίμακα η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) φαίνεται ότι βρίσκεται σε τροχιά αλλαγών, όσον αφορά την ακολουθούμενη μεθοδολογία. Οι αλλαγές αυτές υπαγορεύονται τόσο από την ανάγκη να προσαρμοστούν οι Φυσικές Επιστήμες στις νέες κοινωνικές απαιτήσεις, όσο από καινούρια ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τη μάθηση επιστημονικών εννοιών των Φυσικών Επιστημών (Duit & Treagust, 1998).

Στις αρχές του αιώνα, ο συμπεριφορισμός ήταν η κυρίαρχη θεωρία μάθησης. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η μάθηση είναι αλλαγή στη συμπεριφορά του υποκειμένου, λόγω των εμπειριών που δοκιμάζει. Στους νεώτερους χρόνους τα πειράματα του Ρανλν με τους σκύλους και του Thorndike με τις γάτες ενδυνάμωσαν την αξία της εμπειρίας στη μάθηση. Στα μέσα της δεκαετίας του '50 τα μαθησιακά αποτελέσματα της διδασκαλίας των Φ.Ε. ήταν φτωχά, γεγονός που οδήγησε στην αλλαγή των αναλυτικών προγραμμάτων που αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν στη

δεκαετία του 60-70 (Duit & Treagust, 1998). Το θεωρητικό πλαίσιο που αναπτύχθηκαν τα περισσότερα από τα αναλυτικά προγράμματα βασίστηκαν στη θεωρία του Bruner και στην ανακαλυπτική μέθοδο για τη διδασκαλία και τη μάθηση (Ράπτης και Ράπτη, 1999). Άλλες θεωρίες που ήρθαν στο προσκήνιο στα τέλη της δεκαετίας του '60 ήταν η θεωρία του Piaget και αυτή του Ausubel (1968). Ο Piaget εισήγαγε τα στάδια της νοητικής ανάπτυξης και υποστήριξε ότι η μάθηση εξαρτάται από τις πράξεις του υποκειμένου. Η θεωρία του Ausubel που άσκησε επιρροή στην έρευνα και τη διδασκαλία των Φ.Ε., περιγράφει με λεπτομέρειες τη φύση και το ρόλο των εννοιών, καθώς και τη σημασία της προϋπάρχουσας γνώσης στη μάθηση. Η ιδέα της εποικοδόμησης της γνώσης άρχισε να αναδύεται στους χώρους της ψυχολογίας, της φιλοσοφίας, της επιστήμης και της παιδαγωγικής.

Σύμφωνα με τη νέα θεώρηση των πραγμάτων, κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση, παίζουν οι ιδέες που έχουν τα παιδιά για τα φυσικά φαινόμενα, πριν τα διδαχτούν στο σχολείο. Η γνώση είναι μια συνεχής και ενεργητική διαδικασία, εξαρτώμενη από τις προϋπάρχουσες γνώσεις, στάσεις και αξίες των μαθητών/-τριών που μπορεί να περιλαμβάνουν εννοιολογική αλλαγή, δηλαδή αναδιοργάνωση της υπάρχουσας γνώσης όταν είναι ανάγκη να επινοηθούν καινούριες γνωστικές δομές για να ερμηνεύσουν τις καινούριες πληροφορίες (Κόκκοτας, 2002).

2.3 Η εποικοδομητική προσέγγιση της μάθησης

Στο πλαίσιο της εποικοδομητικής προσέγγισης οι απόψεις για τη μάθηση ποικίλουν από την ακραία εκδοχή του ριζοσπαστικού εποικοδομητισμού που θεωρεί την μάθηση ως εξατομικευμένη και η οποία υποστηρίζεται κυρίως από τους Driver και Erickson ως τη μάθηση ως αποτέλεσμα κοινωνικής αλληλεπίδρασης που υποστηρίζεται από τη Solomon και Sutton (Βλάχος, 2004). Κοινός παρονομαστής σε όλη την ποικιλία των προσεγγίσεων που έχουν προταθεί από τους υποστηρικτές ή έχουν προσδιοριστεί από τους επικριτές της Εποικοδόμησης μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι (Βλάχος 2004):

- Η έμφαση στην προϋπάρχουσα γνώση και τη γνωστική στρατηγική.
- Η μη μετάδοση, αλλά η κατασκευή της γνώσης.
- Η εξέλιξη των γνώσεων.
- Η αξιολόγηση των γνώσεων μέσα από τη χρονική διάρκεια κατά την οποία ικανοποιούν τις ανάγκες για τις οποίες παρήχθησαν.

Οι ιδέες λοιπόν των παιδιών αποτελούν ολοκληρωμένα και με εσωτερική συνοχή νοητικά σχήματα ερμηνείας του κόσμου που τα περιβάλλει (Βοσνιάδου & Brewer, 1994). Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την κοινωνική διάσταση της γνώσης οφείλεται σε μεγάλο βαθμό και στη θεωρία του Vygotsky που επισήμανε ότι το κοινωνικό πλαίσιο-περιβάλλον του παιδιού παίζει σημαντικό ρόλο στη μάθηση εννοιών. Η μάθηση είναι ατομική υπόθεση, αλλά δεν πραγματοποιείται στην απομόνωση. Ο Vygotsky τόνιζε τη σημασία της αλληλεπίδρασης στο διαπροσωπικό επίπεδο, και ιδιαίτερα το ρόλο του λόγου δασκάλου/ας και μαθητή/ριας. Η Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης προσδιορίζει μια ζώνη δυνατοτήτων που το παιδί μπορεί να αναπτύξει αν βοηθηθεί κατάλληλα από κάποιο ενήλικο ή πιο έμπειρο άτομο. Κατά τους Grea & Viard (1995 αναφορά από Βλάχο, 2004), οι οποίοι συντάσσονται με τις θέσεις του Vygotsky για την κοινωνική διάσταση της γνώσης, η μάθηση θεωρείται ως ιδιοποίηση της γνώσης που υπάρχει και χρησιμοποιείται στον κοινωνικό περίγυρο.

Ανάλογες απόψεις διατυπώθηκαν και από άλλους/ες ερευνητές/ριες που τόνισαν το ρόλο του κοινωνικού πλαισίου στη δημιουργία ‘γνωστικής σκαλωσιάς’ που συντελεί στην επίτευξη μαθησιακών αποτελεσμάτων από το άτομο ανώτερον από αυτά που θα πετύχαινε μόνο του. Επισημαίνεται η σπουδαιότητα της δραστηριότητας εντός της ομάδας, όπου το παιδί μαθαίνει μέσα από την κοινωνική αλληλεπίδραση. Κάτω από αυτές τις επιδράσεις άρχισε να κατακτά έδαφος ο κοινωνικός εποικοδομητισμός, μια προέκταση της εποικοδομητικής θεωρίας για τη μάθηση, στην οποία καθοριστικό ρόλο παίζει το κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο στην οικοδόμηση της γνώσης στις Φυσικές Επιστήμες.

2.4 Το νέο μαθησιακό περιβάλλον

Σύμφωνα με τις αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού, προτείνεται ένα περιβάλλον με αλληλεπιδραστικό χαρακτήρα. Τα παιδιά εργάζονται σε μικρές ομάδες, έτσι ώστε κάθε παιδί να συμμετέχει σε συλλογικές δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί με ακρίβεια. Οι μαθητές/-τριες φέρνουν εις πέρας το έργο τους, χωρίς την άμεση και απευθείας επίβλεψη και παρέμβαση του/ης εκπαιδευτικού (Σταυρίδου, 2000, Cohen, 1994). Τα θετικά αποτελέσματα της συνεργατικής μάθησης οφείλονται, σύμφωνα με το Slavin (1995) στους ακόλουθους παράγοντες: α) αλλαγές των κινήτρων

που συνδέονται με τις δομές της επιβράβευσης ή του στόχου κάτω από τον οποίο οι μαθητές/-τριες λειτουργούν, β) αλλαγές της κοινωνικής συνοχής, όπου τα αποτελέσματα της μάθησης στην επίδοση επιτυγχάνονται μέσω της συνεκτικότητας της ομάδας, γ) ανάπτυξη, σύμφωνα με τη οποία η αλληλεπίδραση γύρω από τα μαθησιακά έργα αυξάνει την κατανόηση σημαντικών εννοιών, και δ) στο περιβάλλον γνωστικής επεξεργασίας που απαιτεί οι εμπλεκόμενοι/ες να επεξεργάζονται τις γνωστικές τους δομές σε ένα κοινωνικό πλαίσιο.

Διάφορες έρευνες πάνω στην αλληλεπίδραση των μελών μιας ομάδας έχουν φανερώσει ότι οι γνωστικές συγκρούσεις που εκδηλώνονται κατά τη διάρκεια ομαδικών δραστηριοτήτων διευκολύνουν γνωστικές επιδόσεις ανώτερες των ατομικών. Επίσης, η ομαδικοσυνεργατικότητα προωθεί την μαθησιακή διαδικασία τόσο για τους ‘καλούς’ μαθητές/-τριες, όσο και για τους ‘αδύνατους’ (Mungy & Doise, 1978). Η διδασκαλία οφείλει να ενισχύει την εμπλοκή του/ης μαθητή/ριας στην οικοδόμηση της γνώσης και στην ανάπτυξη της σκέψης, κοινής και διαλεκτικής μέσα από συνεργατικές συνθετικές, δημιουργικές δραστηριότητες, το περιεχόμενο των οποίων παρουσιάζεται με αυθεντική μορφή, ώστε να προωθεί τη δημιουργία αναπαραστάσεων στους/ις μαθητές/-τριες και να συμβάλει στη μάθηση με τη διαμεσολάβηση διαφόρων εργαλείων και μέσων, όπως για παράδειγμα οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε.) (Goldman, 1997).

Οι Τ.Π.Ε. μπορούν να λειτουργήσουν ως γνωστικά εργαλεία διερεύνησης και αναδιοργάνωσης της σκέψης των μαθητών/-τριών ως ‘πνευματικοί συνεργάτες’ που θα έχουν τη δυνατότητα να μοιραστούν το γνωστικό φορτίο και να συνεισφέρουν σε μαθησιακές δραστηριότητες (Salomon, 1993). Παρ’ όλο που ο Vygotsky βέβαια επικεντρώθηκε στο ρόλο της γλώσσας και όχι της τεχνολογίας, οι εξελίξεις στη τεχνολογία και στον τρόπο επικοινωνίας με τη χρήση του διαδικτύου, καθώς και η αύξηση της αλληλεπίδρασης των ατόμων μέσα από διαδικτυακές εφαρμογές, έφεραν στο προσκήνιο την αναγκαιότητα για σύμπλευση της θεωρίας του Vygotsky και της τεχνολογίας στην εκπαίδευση (Σολομωνίδου, 2006).

2.5 Εποικοδομητισμός και τεχνολογικά εμπλουτισμένα περιβάλλοντα μάθησης

Τη προηγούμενη δεκαετία, μια ξαφνική αύξηση του ενδιαφέροντος παρατηρήθηκε στη χρήση των τεχνολογικών καινοτομιών στην τάξη, μαζί με την αυξανόμενη χρήση του Διαδικτύου και άλλες ψηφιακές τεχνολογίες (Reiser, 2002 αναφορά από Nanjappa & Grant, 2003). Συγχρόνως, η εμφάνιση νέων εναλλακτικών προσεγγίσεων στον τομέα της εκπαίδευσης και της διδασκαλίας, όπως γνωστικών και εποικοδομητικών θεωριών, έγιναν η αιτία να γίνουν σε γενικές γραμμές αποδεκτές καινοτομικές πρακτικές στο πλαίσιο της θεωρίας του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού (Instructional Design), παρεκκλίνοντας αισθητά από παραδοσιακές πρακτικές που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του συμπεριφορισμού, όπως η επανάληψη, η αξιοπιστία, η επικοινωνία και ο έλεγχος (Σολομωνίδου, 2006, Nanjappa & Grant, 2003).

Οι θεωρητικοί του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού έπρεπε να προσαρμόσουν τα μοντέλα σχεδίασης τα οποία ακολουθούσαν ως τότε, στις αρχές και τις παραδοχές της νέας εποικοδομητικής θεωρίας, παρουσιάζοντας νέες προσεγγίσεις που θα επέφεραν μεταρρυθμίσεις στη δημόσια εκπαίδευση (Σολομωνίδου, 2006, Anderson, Reder & Simon, 1996, Brown, Collins & Duguid, 1989). Αναμφίβολα, το πώς θα χρησιμοποιηθούν οι τεχνολογίες στη μαθησιακή διαδικασία εξαρτάται από τη θεωρία μάθησης που τα στηρίζει. Οι αντιλήψεις για τη διδασκαλία και τη μάθηση επηρεάζουν όλους τους παράγοντες που εμφανίζονται στη διαδικασία ξεκινώντας από το σχεδιασμό των απαιτούμενων τεχνικών προδιαγραφών των υπολογιστών, τη χρήση και την ενσωμάτωση των υπολογιστικών τεχνολογιών στην τάξη, μέχρι την απόφαση για τον τρόπο διείσδυσης της χρήσης τους στο Αναλυτικό Πρόγραμμα (Κόκκοτας, 2004).

Η τεχνολογία στην εκπαίδευση, σύμφωνα με τους Jonassen, Peck και Wilson (1999), έχει σχέση με το «πλάνο και το περιβάλλον που εμπλέκονται οι μαθητές/-τριες» (σελ. 12). Συνεπώς, ο εποικοδομητισμός και η τεχνολογία, επικεντρώνονται στη δημιουργία τέτοιων περιβαλλόντων μάθησης. Οι Hannfin και Hill (2002 αναφορά από Nanjappa & Grant, 2003) απεικονίζουν αυτά τα μαθησιακά περιβάλλοντα ως πλαίσιο που οι εμπλεκόμενοι συνεργάζονται και υποστηρίζουν ο ένας τον άλλον, καθώς

χρησιμοποιούν εργαλεία και πηγές μάθησης στην επίτευξη μαθησιακών στόχων και στη λύση προβλημάτων.

Εστιάζοντας στον/ην εκπαιδευόμενο/η, η χρήση της τεχνολογίας μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση εννοιών και ανάπτυξη ικανοτήτων, προσφέροντας ένα γνωστικό εργαλείο που υποστηρίζει τις γνωστικές και μεταγνωστικές διαδικασίες. Οι Duffy και Cunningham (1996) δηλώνουν ότι η τεχνολογία θεωρείται ως αναπόσπαστο τμήμα της γνωστικής δραστηριότητας. Αυτή την άποψη συμμερίζονται και άλλοι ερευνητές (π.χ. Jonassen, 1994, Lajoie, 2000). Η παραδοσιακή άποψη που θεωρούσε την εκπαιδευτική τεχνολογία ως μεταφορέα γνώσης και επικοινωνίας αντικαθίσταται με τον ενεργητικό ρόλο των εμπλεκόμενων στη μάθηση με τη βοήθεια των τεχνολογιών. Οι τεχνολογίες, και πρώτιστα οι υπολογιστές, βοηθούν τους/ις μαθητές/-τριες να χτίζουν τις βάσεις των γνώσεων, οι οποίες «θα δεσμεύσουν τους εκπαιδευόμενους και θα τους οδηγήσουν σε πιο ουσιαστική και μεταβιβάσιμη γνώση... Οι μαθητευόμενοι λειτουργούν ως σχεδιαστές, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία ως εργαλεία για πρόσβαση σε πληροφορίες, ερμηνεία και οργάνωση των προσωπικών γνώσεών τους και ανταλλαγή απόψεων με άλλους» (Jonassen, 1994, σελ. 2).

Ο ρόλος του/ης δασκάλου/ας ως 'διευκολυντή' θεωρείται κυρίαρχος στο πλαίσιο της εποικοδομητικής διδασκαλίας (Witfelt, 2000, Richards, 1998). Σε μια τέτοια διδασκαλία ο/η εκπαιδευτικός διαμορφώνει το πλαίσιο στο οποίο συνεργατικές και συνεταιριστικές μέθοδοι υποστηρίζονται. Παράλληλα, η ύπαρξη τεχνολογικά υποστηριζόμενων περιβαλλόντων μάθησης ενισχύει εποικοδομητικές στρατηγικές, διευθετώντας προβληματικές καταστάσεις, όπου οι μαθητές/-τριες οικοδομούν τη γνώση τους συνδέοντας την προηγούμενη με τη νέα γνώση (Jonassen, 1999).

Εντούτοις, η με οποιοδήποτε τρόπο χρήση της τεχνολογίας στην τάξη δεν εγγυάται πάντα τα επιθυμητά αποτελέσματα. Οι Rakes et al. (1999) αναφέρουν ότι πολλοί εκπαιδευτικοί, θέλοντας να εντάξουν την τεχνολογία στη διαδικασία της μάθησης, χρησιμοποιούν στην τάξη λογισμικά συμπεριφορικού τύπου (πρακτικής και εξάσκησης) ή απλά παρέχουν μόνο διαδικτυακές πηγές πληροφοριών. Μια από τις ανεπιθύμητες συνέπειες των εφαρμογών αυτών είναι η ανάπτυξη της 'αδρανούς γνώσης' (δεν κατανοείται, αλλά αποστηθίζεται και δε μεταβάλλει την προϋπάρχουσα), όπως

χαρακτηριστικά την αποκάλεσε ο Whitehead (1929 αναφορά από Σολομωνίδου, 2006) και η καλλιέργεια *παθητικής στάσης* στη μαθησιακή διαδικασία. Παρ' όλα αυτά η σχεδίαση πολυμεσικών περιβαλλόντων μάθησης επηρεάζεται και σήμερα από ισχυρά θεωρητικά ρεύματα, όπως οι συμπεριφορικές και συστημικές προσεγγίσεις που συμβάλλουν στη γρήγορη απόκτηση ορισμένων βασικών δεξιοτήτων, οι οποίες κατατάσσονται χαμηλά στη νοητική κλίμακα (Σολομωνίδου, 2006).

Τα τελευταία χρόνια, με την επιδίωξη για ενσωμάτωση των Τ.Π.Ε. στην εκπαιδευτική κοινότητα, έχουν διατυπωθεί μια σειρά από διδακτικές προσεγγίσεις για τη χρήση τους που υιοθετούν κοινωνικο-εποικοδομητικές και κοινωνικο-πολιτισμικές προοπτικές (Stahl, 2002), όπως αυτή που στηρίζεται στους υπολογιστές και στη συνεργατική μάθηση (CSCL), η οποία σύμφωνα με τον Koschmann (1996), θεωρείται ως το επικρατέστερο παράδειγμα στην εκπαιδευτική διαδικασία με τη χρήση νέων τεχνολογιών.

Επιγραμματικά, τα χαρακτηριστικά των εποικοδομητικών περιβαλλόντων μάθησης θα μπορούσαν να δοθούν ως εξής (Jonassen, 1991, 1994, 1999, Wilson & Cole, 1991, Duffy & Cunningham, 1996, Κάββουρα, 2005, Kanuka, H., & Anderson αναφορά από Σολομωνίδου, 2006):

- Δημιουργία πραγματικών αυθεντικών περιβαλλόντων και όχι προκατασκευασμένων εκπαιδευτικών αλληλουχιών, μέσα σε πλαίσια που έχουν νόημα για τα παιδιά για τη μελέτη περιπτώσεων (authentic environment).
- Αναπαράσταση της φυσικής πολυπλοκότητας του πραγματικού κόσμου με αποφυγή της συνήθους υπεραπλούστευσης της γνώσης του/ης ειδικού, πρόβλεψη σύνθετων και απλών προβλημάτων σε προσομοιωμένα 'αυθεντικά' πλαίσια και με διαφορετικές προοπτικές, και προσαρμογή της υπό μελέτη ύλης στο επίπεδο των μαθητών/-τριών με εστίαση σε ρεαλιστικές προσεγγίσεις και όχι σε ακαδημαϊκά πλαίσια μάθησης (complex environment).
- Παρουσίαση αυθεντικών καταστάσεων και προβλημάτων που συνδέονται με το πραγματικό πλαίσιο της διδασκαλίας και όχι με το αφαιρετικό πλαίσιο, ώστε να επιτυγχάνεται η θεμελίωση της μάθησης σε ένα πλούσιο αυθεντικό περιβάλλον λύσης προβλημάτων (problem solving environment).

- Προσανατολισμός των μαθητών/-τριών ώστε να είναι ενεργοί παράγοντες της ίδιας τους της μάθησης, να χειρίζονται δηλαδή εργαλεία και αντικείμενα και να σκέπτονται τις ενέργειες που κάνουν (active/manipulative environment).
- Εστίαση στην οικοδόμηση και όχι στην αναπαραγωγή, ενδυνάμωση της κατασκευής γνώσης που εξαρτάται τόσο από το πλαίσιο όσο και από το περιεχόμενο.
- Παροχή ευκαιριών και εργαλείων στους/ις μαθητές/-τριες για την ενσωμάτωση νέων ιδεών στην προϋπάρχουσα γνώση για την ερμηνεία των πολλαπλών όψεων του κόσμου και για την οικοδόμηση του νοήματος και της σημασίας πραγμάτων και εννοιών (constructive environment).
- Πρόβλεψη διαδικασιών ελέγχου και τόνωση της πρακτικής του αναστοχασμού των μαθητών/-τριών πάνω σε ό,τι κάνουν, σε όποιες αποφάσεις παίρνουν, όποιες απαντήσεις δίνουν και όποιες στρατηγικές ακολουθούν, ώστε να επιτυγχάνεται εσωτερικός έλεγχος της μάθησης από το/η μαθητή/ρια και να χρησιμοποιείται η αξιολόγηση ως ένα εργαλείο αυτο-ανάλυσης και προόδου (reflective environment).
- Ο/η εκπαιδευτικός είναι βοηθός και αναλυτής των στρατηγικών που χρησιμοποιούνται για τη λύση προβλημάτων και χρησιμοποιεί τα λάθη ως ένα μηχανισμό ανάδρασης για την εμπάθυνση της κατανόησης εκ μέρους τους (teacher as coach).

2.6 Αποτελέσματα ερευνών – μελετών για τη χρήση τεχνολογίας στην μάθηση των Φ.Ε. και συγκεκριμένα του φαινομένου της ανάκλασης και της διάχυσης του φωτός

Η σημασία της χρήσης εκπαιδευτικών λογισμικών και γενικότερα της νέας τεχνολογίας έχει επισημανθεί από πολλούς ερευνητές για την προαγωγή της εννοιολογικής αλλαγής. Η υποστήριξη της μάθησης, μέσω της χρήσης λογισμικού και ψηφιακού υλικού, παράλληλα με την κατάλληλη ανάπτυξη υπολογιστικής και δικτυακής υποδομής στο σχολείο, θεωρείται από παιδαγωγικής άποψης ως επιβεβλημένη ανάγκη. Ο βιωματικός τρόπος μάθησης αποτελεί για τις Φ.Ε. τον αποτελεσματικότερο τρόπο σε σχέση με τις αφηρημένες κατασκευές και προσεγγίσεις παραδοσιακής μορφής. Πιστεύεται ότι οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε.) προσφέρουν τον πιο δυναμικό και συμπληρωματικό ως προς το βιωματικό, τρόπο προσέγγισης στη μάθηση των Φ.Ε. Ο ισχυρισμός αυτός στηρίζεται στα εξής (Κόκκοτας, 2004): α) στη

διαδραστικότητα των εφαρμογών, β) στην αξιοποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/-τριών από τα εκπαιδευτικά λογισμικά. Οι μαθητές/-τριες μπορούν να εξετάζουν τις βασικές έννοιες που εισάγει το πρόγραμμα και να τις συγκρίνουν με τις δικές τους απόψεις. Έτσι μπορούν να διατυπώνουν και να ελέγχουν υποθέσεις ανασκευάζοντας τις ιδέες τους επιλύοντας την ασυμφωνία που προκύπτει (Ταο & Gunstone, 1999, Zietsman-Hewson, 1986), γ) στη συνεχή προσπάθεια για δημιουργία εύκολων και αποτελεσματικότερων εργαλείων επικοινωνίας (διαδίκτυο, τηλεδιάσκεψη κ.ά.). δ) στις δυνατότητες για εξ αποστάσεως εκπαίδευση.

Ωστόσο η τεχνολογία, όπως προαναφέρθηκε, δεν εγγυάται αποτελεσματική μάθηση. Σύμφωνα με τον Papert (1991 αναφορά από Κόκκοτα, 2004), δεν είναι αρκετό να ενσωματωθεί απλά και μόνο η τεχνολογία στις τρέχουσες πρακτικές, αλλά να χρησιμοποιηθεί για να μετασχηματίσει την πράξη. Θα πρέπει να αποτελεί το εργαλείο υποστήριξης και όχι το σημείο εστίασης της μαθησιακής διαδικασίας. Για το λόγο αυτό η χρήση της τεχνολογίας των υπολογιστών στην υποστήριξη της μαθησιακής διαδικασίας αντιμετωπίστηκε με επιφύλαξη, εφόσον είναι δύσκολο να τεκμηριωθεί και να ποσοτικοποιηθεί καθιστώντας το ρόλο των υπολογιστών στην τάξη αμφισβητήσιμο (Clark, 1994). Άλλοι πάλι ερευνητές θεώρησαν ότι η εποικοδομητική θεωρία αξιοποιεί τις τεχνολογίες για να έχει μεγαλύτερη απήχηση στη διαδικασία της μάθησης (Duffy & Cunningham 1996 αναφορά από Nanjappa & Grant, 2003).

Για το λόγο αυτό, αρκετές φορές παρουσιάζονται αντικρουόμενα αποτελέσματα ερευνών πάνω στην αποτελεσματικότητα των Τ.Π.Ε. στη διδασκαλία και καθιστούν δύσκολη τη γενίκευση αυτών (Schacter, 1999). Σύμφωνα με τους Roschelle et al., (2000) τρεις είναι οι λόγοι που οδηγούν σ' αυτά τα αποτελέσματα: α) Υπάρχει μεγάλη ποικιλία λογισμικών που χρησιμοποιούνται στα σχολεία, στηριγμένα σε διάφορες θεωρίες, καθώς και ποικιλία στον τρόπο χρήσης αυτών, ώστε τα διαφορετικά αποτελέσματα ερευνών να μην εκπλήσσουν, β) Η επιτυχημένη χρήση τεχνολογίας στα σχολεία συνοδεύεται και από αλλαγές στο εκπαιδευτικό σύστημα, στην αξιολόγηση και επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών και στο Αναλυτικό Πρόγραμμα, ώστε τα ερευνητικά ευρήματα να μην οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στη χρήση της τεχνολογίας και γ) Έρευνες μακροχρόνιες που λαβαίνουν υπόψη όλες τις παραμέτρους είναι δαπανηρές και δύσκολες να πραγματοποιηθούν (Roschelle, et al., 2000, σελ. 78).

Εντούτοις, δυο πρόσφατες σχετικά ανασκοπήσεις της επίδρασης των Τ.Π.Ε. στη διδασκαλία των Φ.Ε. (Murphy, 2003, Osborne & Hennessy, 2003) επιγραμματικά αναφέρουν ότι:

- Οι μαθητές/-τριες δείχνουν αυξημένο ενδιαφέρον κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων με Τ.Π.Ε. για μάθηση στις Φ.Ε.
- Οι δραστηριότητες εκτελούνται με γρήγορο και ευχάριστο τρόπο
- Οι Τ.Π.Ε. μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως 'σκαλωσιές' και εργαλεία μάθησης
- Η χρήση πολυμεσικών εφαρμογών που παρέχουν τη δυνατότητα για οπτικοποίηση και χειρισμό εννοιών και μοντέλων, όπως είναι οι προσομοιώσεις, αυξάνουν τις πιθανότητες κατανόησης των επιστημονικών ιδεών
- Οι Τ.Π.Ε. με κατάλληλο χειρισμό βελτιώνουν την ποιότητα των δεδομένων στα οποία έχουν πρόσβαση οι μαθητές/-τριες. Οι πληροφορίες μέσω διαδικτύου είναι επίκαιρες και δεδομένα που προέρχονται από μετρήσεις είναι μεγάλης ακρίβειας
- Πολλές εφαρμογές των ΤΠΕ μπορούν να γίνουν και εκτός τάξης ή εργαστηρίου
- Βάζουν τις βάσεις για πραγματοποίηση εμπειρικών ερευνών, μέσα και έξω από την τάξη
- Δίνεται η δυνατότητα στους/ις εκπαιδευτικούς να δομήσουν πλούσια μαθησιακά περιβάλλοντα.

Συγκεκριμένες έρευνες για τα αποτελέσματα της χρήσης λογισμικών στη διδασκαλία της Φυσικής αναφέρουν τη βελτίωση στην ανάπτυξη γραφικών αναπαραστάσεων, αλλαγή στάσης απέναντι στις Φ.Ε. και κατανόηση επιστημονικών ιδεών.

Για παράδειγμα, μελέτη που διεξάχθηκε από τους Morkos & Tinker το 1987 σε 125 μαθητές πρώτης και δευτέρας Γυμνασίου, έδειξε ότι η χρήση λογισμικών MBL (Microcomputer-Based Laboratory) αύξησε την ικανότητα των μαθητών/-τριών να ερμηνεύουν και να χρησιμοποιούν γραφικές αναπαραστάσεις σε ποσοστό 81%. Ανάλογα αποτελέσματα διαπίστωσαν οι Nachmias & Linn (1987) σε έρευνα με 249 παιδιά δευτέρας γυμνασίου.

Μια μετα-ανάλυση πάνω από 90 ερευνών πραγματοποιήθηκε από τον Kulik (1994) σχετικά με τη χρήση Η/Υ στα σχολεία. Στα συμπεράσματά του κατέληξε ότι οι μαθητές/-τριες μαθαίνουν γρηγορότερα, αποκτούν θετική στάση απέναντι στη διδασκαλία των Φ.Ε. και αξιοποιούν περισσότερο την τάξη για να μάθουν.

Έρευνα των Osmundson, Chung, Herl και Klein (1999) με βάση την οποία έδειξε ότι η συμβολή των λογισμικών επιδρά θετικά στην εννοιολογική κατανόηση στις Φυσικές Επιστήμες από τους/ις μαθητές/-τριες και προχωρώντας παραπέρα έδειξε πως δάσκαλοι/λες, χωρίς προηγούμενη τεχνολογική εμπειρία, έκαναν τη διδασκαλία πιο αποτελεσματική.

Οι White και Frederiksen το 1998 έκαναν έρευνα σχετικά με τη χρήση του λογισμικού 'Thinker Tools Inquiry Curriculum', κατασκευασμένο από αυτούς (1994), για τη διδασκαλία μεταγνωστικών ικανοτήτων στη Νευτώνεια Φυσική στο Γυμνάσιο. Η έρευνα έγινε σε 12 αστικές τάξεις, πρώτης, δευτέρας και τρίτης γυμνασίου των Όκλαντ και Μπέρκλεϊ στην Καλιφόρνια. Εξετάστηκαν διαφορές στην ανάπτυξη ικανοτήτων, στο φύλο, σε μαθητές/-τριες διαφορετικού επιπέδου και διαφορετικής τάξης. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά ως προς την απόκτηση απαιτούμενων ικανοτήτων. Οι μεταγνωστικές αυτές ικανότητες είναι απαραίτητες για την εξάλειψη διαφορών σε επίπεδο απόδοσης μεταξύ μαθητών/-τριών, τη σύνδεση εννοιών, νόμων και μοντέλων με τη λύση καθημερινών προβλημάτων, κ.ά. Συγκεκριμένα το 68% μαθητών/-τριών τάξεων Γυμνασίου απάντησαν επιτυχώς σε τεστ που δόθηκε, σε αντίθεση με το 50% παιδιών Λυκείου που δεν χρησιμοποίησαν το λογισμικό.

Έρευνα σχετικά με τα αποτελέσματα της χρήσης νέων τεχνολογιών και ιδιαίτερα της χρήσης εκπαιδευτικών λογισμικών έγινε από τους Roschelle et al. το 2000. Η έρευνα περιλάμβανε σύγχρονη βιβλιογραφική ανασκόπηση, μελέτες ερευνητών (πάνω από 80), παραπομπές σε άρθρα, έρευνες με εκπαιδευτικούς, με μαθητές/-τριες και μετα-αναλύσεις ερευνών. Οι αναφορές γινόταν για τα αποτελέσματα της χρήσης των ΤΠΕ σε παιδιά όλων των ηλικιών, από την προσχολική ηλικία μέχρι την τρίτη Λυκείου (Year 12). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι Τ.Π.Ε. αποτελούν απαραίτητο εκπαιδευτικό εργαλείο για: α) ενεργή εμπλοκή μαθητών/-τριών, β) συνεργατική μάθηση, γ) συχνή και άμεση ανατροφοδότηση, δ) ενεργοποίηση σε πραγματικά πλαίσια (Real-World Contexts).

Μια άλλη έρευνα σχετικά με τη χρησιμότητα των προσομοιώσεων πραγματοποιήθηκε από τον Steinberg (2000) σε ενότητα της 'Δυναμικής' και συγκεκριμένα όταν μελετάται η συμπεριφορά των σωμάτων τη στιγμή που κινούνται

υπό την επήρεια της αντίστασης του αέρα. Στην έρευνα συμμετείχαν 199 μαθητές/-τριες Λυκείου, αφού είχαν ολοκληρώσει το κεφάλαιο της Κινηματικής και τους Νόμους του Νεύτωνα. Η πειραματική ομάδα είχε στη διάθεσή της εκπαιδευτική εφαρμογή προσομοίωσης σε υπολογιστή με δραστηριότητες αλληλεπιδραστικού τύπου που ήταν σχεδιασμένη από την Physics Education Research Group του Πανεπιστημίου Maryland. Στην ομάδα ελέγχου γινόταν η διδασκαλία με δραστηριότητες αλληλεπιδραστικού χαρακτήρα, αλλά χωρίς τη βοήθεια προσομοιώσεων. Τα αποτελέσματα των διδασκαλιών συγκρίθηκαν και, όπως αναφέρει ο ερευνητής ήταν πολύ καλύτερα αυτά της πειραματικής ομάδας από αυτά της ομάδας ελέγχου και ανάλογα άλλων ερευνών σε ενότητες όπως: κινηματική (Hewson, 1985), ηλεκτρικά κυκλώματα (Lea et al., 1996), κυματική (Grayson, 1996), και μοντέρνα φυσική (Steinberg et al., 1996). Ο Steinberg (2000) αποδίδει τα αποτελέσματα αυτά στη δυνατότητα που έχουν οι μαθητές/-τριες, μέσω των προσομοιώσεων, να εμπλακούν ενεργά, σε αντίθεση με αυτούς/ες που γίνονται μάρτυρες μόνο μιας παρουσίασης του φαινομένου. Οι μαθητές/-τριες έχουν τη δυνατότητα να κάνουν προβλέψεις, να οργανώσουν πειραματικά σχέδια, να απαντούν σε ερωτήσεις και διαλέγουν ποιο μοντέλο να χρησιμοποιήσουν. Μερικές προσομοιώσεις επιτρέπουν να εισαχθούν ανακριβείς απαντήσεις, για να διαπιστώσουν οι μαθητές/-τριες στη συνέχεια τη μη αποτελεσματικότητα των λύσεών τους, όπως για παράδειγμα οι Grayson και McDermott, (1996 αναφορά από Steinberg, 2000) που περιγράφουν μια προσομοίωση, όπου οι μαθητές/-τριες οργανώνουν μια πειραματική κατάσταση που νομίζουν ότι αντιστοιχεί στη δοθείσα κινηματική γραφική παράσταση, αλλά στην πορεία αντιλαμβάνονται τη διαφορά και διορθώνουν την εργασία τους.

Μια ανάλογη έρευνα για να αξιολογηθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα της διδασκαλίας της τριβής με τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά» πραγματοποιήθηκε από το Π. Αθηνών, Εργαστήριο Γνωσιακής Επιστήμης και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (Κουκουτσάκης, Μητρόπουλος, Σαμαράκου, Γρηγοριάδου, Βοσνιάδου, 2004) σε μαθητές/-τριες Λυκείου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, επιτεύχθηκε: α) αυξημένη συμμετοχή και ενδιαφέρον στο μάθημα, ακόμα και των μαθητών/-τριών που είχαν σχετική δυσκολία στη χρήση του λογισμικού, β) αναθεώρηση των απόψεων μετά τη διδασκαλία, γ) κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη στατική και την οριακή τριβή.

Έρευνα για την αξιολόγηση μαθησιακού αποτελέσματος της χρήσης του λογισμικού Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. στην ενότητα «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ» έγινε από τις Καλατζή και Σολομωνίδου (2006) σε 60 παιδιά της Α΄ και Β΄ Γυμνασίου. Η επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι υπήρξαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα με τη χρήση του λογισμικού σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία.

Ειδικότερα για την ενότητα της Οπτικής, έχουν σχεδιαστεί και εφαρμοστεί στην τάξη λογισμικά όπως το «Phenopt» και το «Ray». Προσπάθησαν με τη χρήση αυτών, να αντιμετωπίσουν προβλήματα που ανέδειξαν διάφορες έρευνες σχετικά με την ικανότητα των μαθητών/-τριών να αναπαριστάνουν και να ερμηνεύουν διαγράμματα ή να προβλέπουν φαινόμενα Οπτικής (Goldberg & McDermott, 1986, 1987). Ο ρόλος που παίζει η διαίσθηση και οι προϋπάρχουσες ιδέες στην ερμηνεία των διαγραμμάτων είναι σημαντικός και τα αποτελέσματα γίνονται εμφανή ακόμα και μετά από τη διδασκαλία της Οπτικής στο σχολείο. Πολλές από αυτές τις δυσκολίες φαίνονται να προκύπτουν από τις παρανοήσεις που δημιουργούνται από τον τρόπο που προσεγγίζεται η «φύση των ακτίνων» (Galili et al., 1991, 1993). Οι μαθητές/-τριες συγχέουν συχνά το μοντέλο με την πραγματικότητα, έχουν δυσκολίες στην αναπαράσταση πραγματικών φαινομένων και η σχέση που δημιουργείται μεταξύ της χρήσης των 'ακτίνων' και εννοιών της Οπτικής είναι συχνά ακαθόριστη μετά τη διδασκαλία της Οπτικής.

Το λογισμικό «Phenopt» σχεδιάστηκε από τον Helmut F. Mikelskis (University of Potsdam) για την Physics Academic Software (PAS) που συνεργάζεται με το American Institute of Physics (AIP), το American Physical Society (APS) και το American Association of Physics Teachers για παιδιά Γυμνασίου. Είναι μέρος ενός εκπαιδευτικού πακέτου που ονομάζεται «Optics Phenomena». Αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στην τάξη, γιατί εισάγει τους/ις μαθητές/-τριες σε βασικές έννοιες της Γεωμετρικής Οπτικής. Επίσης βοηθά στην αποφυγή παρανοήσεων των φαινομένων, δίνοντας τη δυνατότητα στους/ις μαθητές/-τριες να παρατηρούν τα φαινόμενα σε μια σειρά 17 θεματικών εννοιών. Ιδιαίτερα στις ενότητες «1. Reflection by Plane Mirror» και «15. Diffuse Reflection» του «phenOpt V.2.0» οι μαθητές/-τριες έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν τη γωνία του κατόπτρου και το είδος της επιφάνειας πάνω στην οποία πέφτει η ακτίνα και να παρατηρούν την κατεύθυνσή της μετά την ανάκλαση. Αξιολογήσεις του παραπάνω λογισμικού έδειξαν ότι πέρα από τα αναμενόμενα θετικά

αποτελέσματα σε τεστ κατανόησης των φαινομένων, ιδιαίτερα σημαντικά ήταν η αλλαγή στάσης των μαθητών/-τριών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες και η αύξηση του ενδιαφέροντος και των κινήτρων τους για μάθηση.

Το λογισμικό RAY αποτελεί ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον για τη Γεωμετρική Οπτική. Περιλαμβάνει ένα ευέλικτο πρόγραμμα προσομοίωσης με τη βοήθεια ‘ακτίνων’, διάφορα γραφικά εργαλεία, καθώς και πάνω από 100 μαθησιακές δραστηριότητες και 30 αλληλεπιδραστικές επιδείξεις παρουσίασης και εξήγησης των κυριότερων εννοιών, αρχών και φαινομένων που αφορούν φαινόμενα της Οπτικής. Επιτρέπει στα παιδιά να κάνουν προβλέψεις, να συνυπολογίζουν διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν τα φαινόμενα, να σχεδιάζουν και να μελετούν πολύπλοκα συστήματα που διαφορετικά θα απαιτούνταν μακροχρόνιους και κουραστικούς υπολογισμούς. Εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το 1991, και από τότε έχει αξιολογηθεί, τροποποιηθεί και κυκλοφορήσει σε βελτιωμένες εκδόσεις. Για παράδειγμα, θωρήθηκε αναγκαίο να εισαχθεί η ενότητα της «Όρασης» σε εισαγωγικό αρχικά στάδιο (Ronen et al., 1993).

Δυο έρευνες (Eylon, Ronen & Ganiel, 1996) πραγματοποιήθηκαν για να αξιολογηθεί η προσφορά του στη μαθησιακή διαδικασία. Στην πρώτη ερευνηθήκε αν το περιβάλλον «RAY» διευκολύνει τη μελέτη της Οπτικής όταν οι συνθήκες χρήσης του είναι περιορισμένες, δηλαδή υπήρξε ένας υπολογιστής στην τάξη και το λογισμικό «RAY» χρησιμοποιήθηκε από το δάσκαλο ως ‘έξυπνος πίνακας’ στη διδασκαλία. Συγκρίθηκαν μαθησιακά αποτελέσματα της πειραματικής ομάδας (N=32) ηλικίας 15 ετών που διδάχθηκαν την «Οπτική» με τη χρήση του λογισμικού, με αυτά της ομάδας ελέγχου (N= 29) της ίδιας ηλικίας χωρίς τη χρήση του. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με T-test, και διαπιστώθηκε μεγάλη διαφορά στις δοθείσες απαντήσεις των δυο ομάδων ($p < 0,05$). Ο αριθμός των μη απαντημένων ή λανθασμένων απαντήσεων της ομάδας ελέγχου ήταν πολύ μεγαλύτερος από αυτόν της πειραματικής ομάδας. Επιπλέον, στη σχεδίαση διαγραμμάτων, στην κατανόηση βασικών εννοιών και στην επίλυση προβλημάτων που είχαν σχέση με την πραγματικότητα, τα αποτελέσματα ήταν συγκριτικά υπέρ της πειραματικής ομάδας.

Η δεύτερη μελέτη περιέλαβε τρεις ομάδες: Την πειραματική ομάδα (N=12), όπου κάθε μαθητής/-τρια είχε στη διάθεσή του/ης τη βοήθεια του λογισμικού για τη λύση προβλημάτων, μια ομάδα σύγκρισης (N=25), όπου τα παιδιά πραγματοποίησαν τις ίδιες δραστηριότητες με χαρτί και μολύβι αφού προηγουμένως είχαν διδαχθεί την

ενότητα με τη βοήθεια λογισμικού, και μια τρίτη (N=38) που έλυσε τις ίδιες δραστηριότητες έχοντας διδαχθεί την ενότητα με τον παραδοσιακό τρόπο. Συνολικά τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια με εκείνα της πρώτης μελέτης. Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ της πειραματικής ομάδας και η παρατηρούμενη διαφορά μεταξύ της δεύτερης και τρίτης ομάδας δείχνει τη συμβολή του λογισμικού στη διευθέτηση επίλυσης προβληματικών καταστάσεων.

Παρουσιάζει επομένως, ιδιαίτερο ενδιαφέρον το να μελετηθούν εκτενέστερα οι ιδέες για την ανάκλαση και διάχυση του φωτός στη χώρα μας, έτσι ώστε να αντιμετωπιστούν αφενός οι αντιλήψεις και αφετέρου οι ιδιαίτερες δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι Έλληνες/ίδες μαθητές/-τριες στην οικοδόμηση των παραπάνω εννοιών. Επιπλέον, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη του πλαισίου, αλλά και των προϋποθέσεων μέσα στο οποίο είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί μια αποτελεσματική διδασκαλία, ώστε οι μαθητές/-τριες να δημιουργήσουν αποδεκτά επιστημονικές απόψεις για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός, ώστε να τις χρησιμοποιούν στην ερμηνεία των φαινομένων και καταστάσεων που οφείλονται στα φαινόμενα αυτά, όπως το ‘λουτρό φωτός’ της ημέρας στην ατμόσφαιρα της γης και τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η όραση.

ΕΡΕΥΝΑ

3.1 Υποθέσεις της έρευνας

Οι υποθέσεις της παρούσας έρευνας είναι ότι μέσα σε ένα μαθησιακό περιβάλλον τεχνολογικά ενισχυμένο, κάνοντας χρήση Τ.Π.Ε. (λογισμικά, δικτυακός τόπος) και την εκτέλεση ενός απλού πειράματος, συνοδευόμενα από κατάλληλα σχεδιασμένα φύλλα εργασίας, είναι δυνατόν οι μαθητές/-τριες της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης να αλλάξουν τις αρχικές εναλλακτικές τους ιδέες και συγκεκριμένα είναι δυνατόν:

1. Να μην ταυτίζουν πλέον το φως με την πηγή ή το αποτέλεσμα του, αλλά να το θεωρήσουν ως μια οντότητα που βρίσκεται στο χώρο.
2. Να ερμηνεύουν με επιστημονικά αποδεκτό τρόπο την ανάκλαση και τη διάχυση του φωτός, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε.
3. Να αποκτήσουν αποδεκτές αναπαραστάσεις στο πειραματικό επίπεδο για το φαινόμενο της ανάκλασης και της διάχυσης του φωτός.
4. Να είναι σε θέση να αναπαριστούν γραφικά τα δυο φαινόμενα.
5. Να κατανοήσουν το γεωμετρικό μοντέλο πάνω στο οποίο στηρίζεται το φαινόμενο της ανάκλασης.
6. Να είναι σε θέση να προβλέπουν πότε συμβαίνει το φαινόμενο της ανάκλασης και πότε της διάχυσης.
7. Να κατανοήσουν ότι μπορούμε να βλέπουμε τα αντικείμενα γύρω μας χάρη στις φωτεινές ακτίνες που διαχέονται όταν προσπίπτουν σε αυτά.
8. Να ερμηνεύουν καθημερινές καταστάσεις που οφείλονται στα φαινόμενα αυτά.

3.2 Στόχοι

Με βάση τα παραπάνω θεωρήθηκε αναγκαίο να διερευνηθεί αν μια διδακτική παρέμβαση εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου σε τεχνολογικά ενισχυμένο περιβάλλον μάθησης θα βοηθήσει μαθητές/-τριες της Ε' και της ΣΤ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου να δημιουργήσουν αποδεκτά επιστημονικές απόψεις για το

φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός, ώστε να τις χρησιμοποιούν στην ερμηνεία των φαινομένων και προβληματικών καταστάσεων που οφείλονται στα φαινόμενα αυτά.

Ειδικότερα επιδιώχθηκε:

α) Να αναδειχτούν και να καταγραφούν οι ιδέες των παιδιών για το φως, την ανάκλαση και διάχυση του φωτός και τη λειτουργία της όρασης και να γίνει σύγκριση των ιδεών μαθητών/-τριών της Ε' τάξης με αυτές των παιδιών της ΣΤ' τάξης.

β) Να διερευνηθεί αν η προσδοκούμενη εννοιολογική αλλαγή και κατανόηση των φαινομένων της ανάκλασης και της διάχυσης του φωτός είχε ως αποτέλεσμα την υιοθέτηση του επιστημονικού μοντέλου στον τρόπο που κατανοούν τη λειτουργία της όρασης.

γ) Να διερευνηθεί η συμβολή της χρήσης των Τ.Π.Ε. στο να δημιουργούν οι μαθητές/-τριες απόψεις επιστημονικά αποδεκτές για τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάχυσης, επιτυγχάνοντας έτσι την εννοιολογική αλλαγή, όσον αφορά τις παρανοήσεις στις αρχικές εναλλακτικές τους ιδέες, οι οποίες ανιχνεύτηκαν από το ερωτηματολόγιο (βλ. Παράρτημα 1) που απάντησαν πριν τη διδασκαλία.

δ) Να αξιολογηθεί το διαμορφούμενο μαθησιακό περιβάλλον (λογισμικά, φύλλα δραστηριοτήτων, μοντέλα προσομοίωσης, ομαδοσυνεργατική διδασκαλία) ως προς το πώς οι αρχικές αντιλήψεις των παιδιών αναδύονται, πώς διαμορφώνονται και πώς τροποποιούνται κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης αναδεικνύοντας παράλληλα τις παρερμηνείες και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών.

ε) Να διαπιστωθεί αν υπάρχουν τυχόν δυσκολίες που αντιμετωπίζουν τα παιδιά, όπως για παράδειγμα στη σύνδεση της πραγματικότητας και των αναπαραστάσεων, η μετάβαση δηλαδή από τα πειραματικά δεδομένα με τη χρήση αντικειμένων στο μαθηματικό φορμαλισμό.

στ) Να διερευνηθεί αν η χρήση των Τ.Π.Ε. μέσα σε ένα περιβάλλον συνεργατικής μάθησης δημιουργεί νέες στάσεις, όπως ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων, συνεργασίας, αλληλοβοήθειας, αυτοεκτίμησης και θετικής στάσης απέναντι στη μάθηση.

ζ) Να διερευνηθεί η στάση των μαθητών/-τριών απέναντι στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, αν δηλαδή οι μαθητές/-τριες επικεντρώνουν την προσοχή τους στον χειρισμό των πλήκτρων, γενικά στα λειτουργικά του χαρακτηριστικά ή αν

χρησιμοποιείται πραγματικά ως εργαλείο μάθησης (συζήτηση και σκέψη πριν περάσουν στη χρήση πλήκτρου αναστοχασμός και προετοιμασία για την επόμενη κίνησή τους).

3.3 Δείγμα

(στην Ε' τάξη εισάγεται για πρώτη φορά στη διδασκόμενη ύλη το μάθημα των Φυσικών Επιστημών και ιδιαίτερα η ενότητα της Οπτικής),

Στη έρευνα αυτή συμμετείχαν 140 παιδιά Ε' και ΣΤ' τάξης, από τρία δημοτικά σχολεία του Βόλου. Συγκεκριμένα για την Ε' τάξη την πειραματική ομάδα αποτέλεσαν 35 παιδιά, 20 αγόρια και 15 κορίτσια του 21^{ου} Δημοτικού Σχολείου Βόλου, ενώ την ομάδα ελέγχου αποτέλεσαν 25 παιδιά, 15 αγόρια και 10 κορίτσια, του 31^{ου} Δημοτικού σχολείου Βόλου και του Δημοτικού Σχολείου του Δήμου Ιωλκού.

Για την ΣΤ' τάξη, την πειραματική ομάδα αποτέλεσαν 46 παιδιά, 18 αγόρια και 28 κορίτσια, του 21^{ου} Δημοτικού Σχολείου Βόλου, ενώ την ομάδα ελέγχου αποτέλεσαν 34 παιδιά, 18 αγόρια και 16 κορίτσια, του 31^{ου} Δημοτικού σχολείου Βόλου και του Δημοτικού Σχολείου του Δήμου Ιωλκού.

Στην Ε' τάξη το μάθημα των Φυσικών Επιστημών εισάγεται για πρώτη φορά στη διδασκόμενη ύλη και ιδιαίτερα η ενότητα της Οπτικής. Την περίοδο που πραγματοποιήθηκε η έρευνα (Απρίλιος 2007) δεν είχαν διδαχθεί την ενότητα «Ανάκλαση και διάχυση του φωτός». Η ενότητα αυτή μέχρι το 2005 διδάσκονταν στην ΣΤ' τάξη, ενώ από το 2006 διδάσκεται στην Ε' τάξη. Ως εκ τούτου, η ΣΤ' τάξη δε διδάχθηκε την ενότητα αυτή, ούτε προβλέπονταν να διδαχθεί τη χρονιά της έρευνας. Οι εκπαιδευτικοί των τάξεων αυτών δέχτηκαν να διδάξουν την ενότητα αυτή με τον παραδοσιακό τρόπο, όπως ακριβώς διδάσκονταν μέχρι πέρυσι.

Ο χωρισμός των ομάδων στις πειραματικές ομάδες έγινε σε συνεργασία με τον υπεύθυνο εκπαιδευτικό της τάξης και με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι όσον το δυνατόν μικτές ως προς το φύλο, το επίπεδο επίδοσης των μαθητών/-τριών, και το ενδιαφέρον που έδειχναν για τις Φυσικές Επιστήμες. Σε κάθε ομάδα υπήρχε τουλάχιστον ένας/μία μαθητής/-τρια που είχε στοιχειώδεις γνώσεις Η/Υ.

3.4 Διδακτικά υλικά και έργα

Τα διδακτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: α) οι υπολογιστές του εργαστηρίου, β) εφαρμογή «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ» που σχεδιάστηκε ειδικά για τη διδασκαλία αυτή (αναπτύσσεται εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο), και υλοποιήθηκε σε περιβάλλον Toolbook (βλ. Εικόνα 1) και εγκαταστάθηκε στους υπολογιστές γ) το σενάριο «Ανάκλαση σε κάτοπτρο» της ενότητας «ΟΠΤΙΚΗ» του λογισμικού Φυσική Γυμνασίου ή «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» (βλ. Εικόνα 2) που εγκαταστάθηκε στους υπολογιστές, δ) ο δικτυακός τόπος <http://www.micro.magnet.fsu.edu/primer/java/reflection/specular/index.html> και ε) ειδικά σχεδιασμένα φυλλάδια εργασίας (βλ. Παράρτημα 2).

A. Με την εφαρμογή «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ» επιχειρείται να προσομοιωθούν αυθεντικές καταστάσεις καθημερινής ζωής, και κατόπιν να γίνει μοντελοποίηση αυτών με βάση τα επιστημονικά μοντέλα της ανάκλασης και της διάχυσης, ενσωματώνοντας κατάλληλες δραστηριότητες. Για την οικοδόμηση των ιδεών χρησιμοποιείται η τεχνική της «άγκυρας». Οι δραστηριότητες γίνονται στο περιβάλλον του λογισμικού και σε φύλλα εργασίας. Η περιγραφή της εφαρμογής γίνεται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 1: Εισαγωγική οθόνη της εφαρμογής «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ»



Εικόνα 2: Το περιβάλλον εργασίας της ενότητας «Ανάκλαση σε κάτοπτρο» του λογισμικού Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.

B. Το εκπαιδευτικό λογισμικό «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» είναι ένα ολοκληρωμένο μαθησιακό περιβάλλον για τη μάθηση στις θεματικές ενότητες Μηχανική ανάκλαση-διάθλαση, Θερμότητα, Ηλεκτρισμός, Μοντέλα & Άτομα. Ο σχεδιασμός του βασίζεται στην εποικοδομητική αντίληψη για τη μάθηση (Driver & Oldham, 1986) και τις σύγχρονες αρχές σχεδίασης (Σολομωνίδου, 2003).

Δίνει έμφαση στην εμπλοκή του παιδιού σε αυθεντικές δραστηριότητες, λαμβάνει υπόψη τις αναπαραστάσεις του για τον πραγματικό κόσμο, υποστηρίζει τη δημιουργική του δραστηριότητα, παρέχει κατάλληλη βοήθεια και καθοδήγηση όπου χρειάζεται. Πολύ σημαντική θεωρείται η υποκίνηση του ενδιαφέροντος και η ενεργός συμμετοχή του παιδιού κατά τη χρήση του λογισμικού. Δίνεται η δυνατότητα να μελετηθούν θεματικές ενότητες μέσα από προσομοιώσεις αυθεντικών πειραματικών καταστάσεων, με βάση πειράματα που πραγματοποιούνται σε ένα εργαστήριο π.χ. Οπτικής, ηλεκτρισμού, θερμότητας, κ.λπ. (Σολομωνίδου, 2003).

Η ενότητα «Ανάκλαση – διάθλαση» του λογισμικού έχει αναπτυχθεί με στόχο να βοηθήσει τα παιδιά να αναπτύξουν επιστημονικά ικανοποιητικές απόψεις σε σχέση με τις θεμελιώδεις έννοιες της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, της ανάκλασης και της διάθλασης (Σολομωνίδου, Σταυρίδου, Γρηγοριάδου, Μητρόπουλος, Ρηγούτσος & Σαμαράκου, 2000, Σολομωνίδου & Σταυρίδου, 2004).

Το περιβάλλον εργασίας της ενότητας προσομοιώνει ένα εργαστήριο Γεωμετρικής Οπτικής. Ο/η μαθητής/-τρια καθοδηγείται να κάνει προβλέψεις, να τις επαληθεύει και να ελέγχει τις ιδέες του/ης, ώστε μέσα από τις προτεινόμενες δραστηριότητες να οδηγηθεί στην κατανόηση των βασικών εννοιών της Γεωμετρικής Οπτικής. Για το σκοπό αυτό, του/ης παρέχεται η δυνατότητα να παρατηρεί σε χωριστό παράθυρο το αντίστοιχο κάθε φορά δυναμικό γεωμετρικό μοντέλο που αναπαριστά το φαινόμενο που μελετά. Μπορεί να μεταβάλλει με συνεχή τρόπο τις γωνίες των κατόπτρων και να παρατηρεί την κατεύθυνση της φωτεινής δέσμης μετά από ανάκλαση σε κάτοπτρο. Επιπλέον, προσφέρει μια ευχάριστη δραστηριότητα που βοηθά το/η μαθητή/ρια να συνειδητοποιήσει την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός, ένα παιχνίδι που προσομοιώνει τη διάδοση του φωτός σε ένα λαβύρινθο. Το φως ανακλάται πάνω σε μικρά κάτοπτρα, τα οποία με κατάλληλο χειρισμό με το ποντίκι μπορούν να στρέφονται, ώστε το φως να ανακλάται πάνω τους και να διαδίδεται προς μια επιθυμητή κατεύθυνση.

Το εκπαιδευτικό λογισμικό «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε για τη Β' και Γ' Γυμνασίου στο πλαίσιο του έργου ΟΔΥΣΣΕΙΑ του ΥπεΠΘ Σειρήνες: «Αναδιατύπωση και Εκσυγχρονισμός των Προγραμμάτων Σπουδών στον Τομέα των Φυσικών Επιστημών με Σύγχρονη Παραγωγή Διδακτικού Υλικού». Στη σχεδίαση και την υλοποίηση του έργου συμμετείχαν τα Πανεπιστήμια Αθηνών και Θεσσαλίας, η εταιρεία Πληροφορική 01 και η Ελληνογαλλική Σχολή «Ο άγιος Παύλος»

(Σολομωνίδου, 2003). Οι πρώτες αξιολογήσεις έδειξαν ότι είχε θετικά αποτελέσματα η εφαρμογή του λογισμικού σε μαθητές/-τριες Γυμνασίου και Δημοτικού (Καλαντζή και Σολομωνίδου, 2007, Μόκιας, 2007, Καζανίδου και Σταυρίδου 2007), καθώς και σε παιδιά με συμπτώματα διαταραχής ελλειμματικής προσοχής με ή χωρίς υπερκινητικότητα (Γκαραγκούνη-Αραίου & Σολομωνίδου, 2005).

Γ. Η σύνδεση με το δικτυακό τόπο <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/reflection/specular/index.html> προσφέρει μια επιπλέον αναπαράσταση των φαινομένων, επιτρέποντας την ενεργό εμπλοκή των παιδιών στην υλοποίηση εικονικών πειραμάτων. Ο δικτυακός τόπος υλοποιήθηκε από την Optical Microscopy Division του Εθνικού Εργαστηρίου Μαγνητικών Πεδίων (National High Magnetic Field Laboratory) των ΗΠΑ σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο της Φλόριντα υπό την εποπτεία του Michael W. Davidson, καθηγητή-ερευνητή του Πανεπιστημίου που ασχολείται εδώ και 25 χρόνια με προσομοιώσεις και φωτογραφίσεις σε επίπεδο μικρόκοσμου. Πλήθος αναφορές στην προσφορά αυτού του δικτυακού τόπου έχουν δημοσιευτεί κατά καιρούς που επισημαίνουν τη σημασία των προσομοιώσεων στο μικροσκοπικό επίπεδο για την κατανόηση φυσικών εννοιών και φαινομένων (*School Science Review, Journal of Geological Education, Journal of Biological Photography, Scientific American*, κ.λπ.)

Δ. Για να επιτευχθούν οι στόχοι της διδασκαλίας σχεδιάστηκαν φύλλα εργασίας τα οποία συνόδευαν τις δραστηριότητες των μαθητών/-τριών στο περιβάλλον των λογισμικών και στο δικτυακό τόπο (βλ. Παράρτημα 2).

Κατά την επιλογή των δραστηριοτήτων και τη σύνταξη των οδηγιών λήφθηκαν υπόψη σύγχρονες απόψεις για τη μάθηση που προωθούν: α) την εμπλοκή των μαθητών/-τριών σε πολλαπλές νοητικές διεργασίες (πρόβλεψη, σύγκριση, ερμηνείες, διεξαγωγή συμπερασμάτων) β) την προώθηση της συνεργασίας, της συζήτησης, της αλληλοβοήθειας γ) τη δημιουργία πολλαπλών αναπαραστάσεων μέσα από παρατηρήσεις των φαινομένων από την καθημερινή ζωή, καθώς και προσομοιώσεων.

Συγκεκριμένα, οι πρώτες πέντε δραστηριότητες συνόδευαν την εφαρμογή «ΑΝΑΚΛΑΣΗ- ΔΙΑΧΥΣΗ» με στόχο την ενεργοποίηση του ενδιαφέροντος, για την ερμηνεία συγκεκριμένων καθημερινών καταστάσεων που εμπλέκεται το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του λογισμικού Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. οι μαθητές/-τριες εισάγονται στο γεωμετρικό μοντέλο και εμπλέκονται σε τέσσερις

δραστηριότητες για την κατανόησή του. Οι επόμενες έξι δραστηριότητες πραγματοποιούνται στο περιβάλλον της εφαρμογής «ΑΝΑΚΛΑΣΗ- ΔΙΑΧΥΣΗ» με στόχο την κατανόηση του φαινομένου της διάχυσης του φωτός, τη διάκριση των δυο φαινομένων και την κατανόηση του τρόπου που λειτουργεί η όραση. Στην έβδομη δραστηριότητα τα παιδιά συνδέονται με τον δικτυακό τόπο που προαναφέρθηκε και εμπλέκονται στην προσομοίωση των δυο φαινομένων. Τέλος, ζητείται από τους/ις μαθητές/-τριες να εκτελέσουν ένα πείραμα με απλά υλικά, να καταγράψουν τα συμπεράσματά τους και να ολοκληρωθεί με τον τρόπο αυτό η μαθησιακή διαδικασία.

Αναλυτικά, μέσα από τις δραστηριότητες στα φύλλα εργασίας (βλ. Παράρτημα 2) και τις δραστηριότητες στην εφαρμογή «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ» στον υπολογιστή (βλ. Παράρτημα 3) επιδιώχθηκε:

1. Να προβληματιστούν οι μαθητές/-τριες για καθημερινά φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω μας και οφείλονται στην ανάκλαση του φωτός (βλ. δραστηριότητα Α1, στο Παράρτημα 2 και οθόνη 2 της εφαρμογής στο Παράρτημα 3).
2. Να προκληθεί το ενδιαφέρον τους με ένα καθημερινό παιχνίδι (το μπαλάκι), ώστε αργότερα να συγκρίνουν την πορεία του κατά την πρόσκρουσή του σε ένα καθρέφτη, με την πορεία των ακτίνων που ανακλώνται σε λεία επιφάνεια και να κατανοήσουν ευκολότερα το γεωμετρικό μοντέλο πάνω στο οποίο στηρίζεται το φαινόμενο της ανάκλασης (βλ. δραστηριότητα Α2, Α3, Α4, στο Παράρτημα 2, και οθόνη 3, 4, 5 της εφαρμογής στο Παράρτημα 3).
3. Να αποσαφηνίσουν και να διαχωρίσουν την έννοια της πηγής φωτός από την έννοια του φωτός, έχοντας υπόψη αποτελέσματα ερευνών πάνω στις ιδέες των παιδιών, σύμφωνα με τα οποία τα παιδιά ταυτίζουν το φως με την πηγή του ή το αποτέλεσμά του (βλ. δραστηριότητα Α5 στο Παράρτημα 2, και οθόνη 6, 7 της εφαρμογής στο Παράρτημα 3).
4. Να διακρίνουν σε ποιες επιφάνειες έχουμε το φαινόμενο της ανάκλασης (βλ. οθόνη 7 της εφαρμογής στο Παράρτημα 3)
5. Να κατανοήσουν το γεωμετρικό μοντέλο πάνω στο οποίο στηρίζεται το φαινόμενο, έτσι ώστε να μπορούν να το αναπαριστάνουν γραφικά (βλ.

δραστηριότητα Β1, Β2, Β3, Β4, Γ1 στο Παράρτημα 2 και οθόνη 8, 9, 10 της εφαρμογής στο Παράρτημα 3).

6. Να αντιληφθούν ότι η διάχυση του φωτός είναι πολλαπλές ανακλάσεις σε ανώμαλη επιφάνεια (βλ. δραστηριότητα Γ2, Γ3, Γ4, Γ5, Δ,Ε στο Παράρτημα 2 και οθόνη 11, 12, 13, 14 της εφαρμογής στο Παράρτημα 3).
7. Να αντιληφθούν ότι μπορούμε να βλέπουμε τα αντικείμενα γύρω μας, χάρη στις φωτεινές ακτίνες που διαχέονται όταν προσπίπτουν σ' αυτά (βλ. δραστηριότητα Γ5 στο Παράρτημα 2 και οθόνη 14 της εφαρμογής στο Παράρτημα 3)
8. Να ερμηνεύσουν καταστάσεις που οφείλονται στη διάχυση όπως το «λουτρό φωτός» της ημέρας στη γη (βλ. δραστηριότητα Γ6 στο Παράρτημα 2 και οθόνη 15 της εφαρμογής στο Παράρτημα 3).

3.5 Εργαλεία συλλογής ερευνητικών δεδομένων – Διαδικασία

Τα δεδομένα για τις ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών/-τριών συλλέχτηκαν πριν τη διδακτική παρέμβαση, με τη χρήση ενός ερωτηματολογίου που συμπλήρωσε ο καθένας/μία. Το αρχικό ερωτηματολόγιο δόθηκε μια βδομάδα πριν τη διδασκαλία και το τελικό ένα μήνα μετά από αυτήν, τόσο στην πειραματική ομάδα (Π.Ο.), όσο και στην ομάδα ελέγχου (Ο.Ε.). Σκοπός του ερωτηματολογίου ήταν η καταγραφή των αρχικών ιδεών των παιδιών και των δυο ομάδων και των δυο τάξεων Ε' και ΣΤ'. Η συμπλήρωση έγινε στο σχολείο μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας για περίπου μια διδακτική ώρα. Επιπλέον, εξετάστηκε αν υπάρχει σημαντική διαφορά στις απαντήσεις των Π.Ο. με των Ο.Ε. αντίστοιχα πριν τη διδασκαλία, όπως και μεταξύ των παιδιών της Ε' και ΣΤ' τάξης και μεταξύ φύλου.

Ένα μήνα μετά την πραγματοποίηση της διδασκαλίας για κάθε ομάδα στην Ε' και στην ΣΤ' τάξη, δηλαδή της καινοτόμου για τις Π.Ο. και την παραδοσιακού τύπου για τις Ο.Ε. δόθηκε το ίδιο ερωτηματολόγιο και συμπληρώθηκε από τα παιδιά. Στόχος του τελικού ερωτηματολογίου ήταν: α) η σύγκριση των ιδεών που κατεγράφησαν σ' αυτό με εκείνες του αρχικού για να διαπιστωθεί κατά πόσο οι αρχικές ιδέες των παιδιών είχαν αλλάξει ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας και β) να συγκριθούν οι απαντήσεις των παιδιών της Π.Ο. με τις αντίστοιχες της Ο.Ε.

Το ερωτηματολόγιο (βλ. Παράρτημα 1) περιείχε εννέα ερωτήσεις, κάποιες από τις οποίες είχαν υποερωτήσεις επεξηγηματικού χαρακτήρα. Τα ερωτήματα ήταν στην πλειοψηφία τους ανοιχτού τύπου, έτσι ώστε τα παιδιά να εκφράζουν ελεύθερα τις

απόψεις τους, χωρίς να δεσμεύονται από τυπικές προκατασκευασμένες απαντήσεις, ενώ σε κάποιες από αυτές τους/ις ζητείται να σχεδιάσουν, έτσι ώστε να γίνει περισσότερο κατανοητή η σκέψη τους. Στόχος του ερωτηματολογίου ήταν η διερεύνηση των αντιλήψεων των παιδιών. Για το σκοπό αυτό:

Στην πρώτη ομάδα ερωτήσεων (ερωτ. 1, 2), εξετάζεται η προηγούμενη γνώση και οι πιθανές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/-τριών για το «φως», δηλαδή «*Τι είναι φως;*» και «*Πού βρίσκεται το φως;*» Αυτό κρίθηκε αναγκαίο λόγω, της πληθώρας των βιβλιογραφικών αναφορών για τις αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια του φωτός και από την προσωπική διδακτική εμπειρία.

Στη δεύτερη ομάδα ερωτήσεων (ερωτ. 3, 4, 5, 6) διερευνούνται οι αντιλήψεις των μαθητών/-τριών για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός. Συγκεκριμένα τους ζητείται να διατυπώσουν την ερμηνεία τους για τα φαινόμενα, να απαντήσουν σε κλειστού τύπου ερωτήσεις από την εμπειρία τους για το πότε έχουμε ανάκλαση και πότε διάχυση σε επιλεγμένες επιφάνειες, να σχεδιάσουν την πορεία των ακτίνων για κάθε φαινόμενο και να ερμηνεύσουν αν είναι δυνατό πού οφείλεται το «λουτρό φωτός» της ημέρας στην ατμόσφαιρα της γης σε αντίθεση με το σκοτάδι του διαστήματος.

Στην τρίτη ομάδα ερωτήσεων (ερωτ. 7, 8, 9), διερευνούνται οι ιδέες των παιδιών για τον τρόπο που λειτουργεί η όραση. Συγκεκριμένα τους ζητείται να γράψουν και να σχεδιάσουν αν υπάρχει κάτι ανάμεσα στο αντικείμενο που βλέπουν και στο μάτι. Επιλέγεται ένα αυτόφωτο αντικείμενο και ένα ετερόφωτο για να διαπιστωθεί αν έχουν διαφορετικές αντιλήψεις ανάλογα με το είδος του αντικειμένου που βλέπουν. Στη συνέχεια, τους ζητείται να αναπαραστήσουν γραφικά την πορεία των ακτίνων ανάμεσα στην πηγή, το μάτι και το αντικείμενο που βλέπει το παιδί.

3.6 Μέθοδος ανάλυσης, κατηγοροποίησης και επεξεργασίας ερευνητικών δεδομένων

Η πλειοψηφία των ερωτήσεων, όπως ήδη έχει αναφερθεί ήταν ανοικτού τύπου. Οι απαντήσεις των παιδιών για τις κλειστού τύπου ερωτήσεις καταμετρήθηκαν και

υπολογίστηκε η συχνότητα κάθε απάντησης. Όσον αφορά τις ερωτήσεις ανοικτού τύπου, καθώς και τα σχήματα, δημιουργήθηκαν κατηγορίες απαντήσεων με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε απάντησης και κάθε σχεδίου, και καταμετρήθηκαν οι απαντήσεις κάθε κατηγορίας. Στη συνέχεια έγινε ανάλυση για κάθε απάντηση σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια:

A. Για την ανάλυση των απαντήσεων εξετάστηκε αν και κατά πόσο οι μαθητές/-τριες:

- Εξηγούν ικανοποιητικά έννοιες και φαινόμενα.
- Αναγνωρίζουν παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός και τα συσχετίζουν με διάφορες καταστάσεις της καθημερινής ζωής.
- Έχουν πρόβλημα διατύπωσης, (π.χ. ενώ αναπαριστούν το φαινόμενο της ανάκλασης σε σχέδιο σύμφωνα με τον επιστημονικό τρόπο, δεν μπορούν να το διατυπώσουν, χρησιμοποιώντας επιστημονικούς όρους).
- Συνέργεια κειμένου- σχεδίου

B. Για την ανάλυση των σχεδιαστικών έργων των μαθητών/-τριών εξετάστηκε το:

- Αν έχουν αναπτύξει κατάλληλες αναπαραστάσεις για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός, καθώς και για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η όραση.
- Αν είναι σε θέση να χρησιμοποιούν το γεωμετρικό μοντέλο για να εξηγήσουν και να αναπαραστήσουν το φαινόμενο της ανάκλασης.

Η επεξεργασία των ερευνητικών δεδομένων έγινε με:

α) Κατηγοριοποίηση και ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων.

β) Ποσοτική ανάλυση με στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν:

A) Σύγκριση των ιδεών των ομάδων ελέγχου με αυτών των πειραματικών ομάδων στο αρχικό ερωτηματολόγιο.

B) Ποσοστιαία καταγραφή των ιδεών των παιδιών, έτσι όπως απαντήθηκαν στο αρχικό ερωτηματολόγιο.

Γ) Σύγκριση των ιδεών της Ε' τάξης με αυτών της ΣΤ' τάξης στο αρχικό ερωτηματολόγιο.

Δ) Σύγκριση των ιδεών των κοριτσιών με αυτές των αγοριών για τυχόν ύπαρξη σημαντικών στατιστικά διαφορών στο αρχικό ερωτηματολόγιο.

Ε) Σύγκριση των συχνοτήτων των απαντήσεων του αρχικού με του τελικού ερωτηματολογίου.

Οι αναλύσεις των δεδομένων έγιναν με τη μέθοδο X^2 (Pearson chi-Square)

γ) Ποιοτική ανάλυση των συμπεριφορών των μαθητών/-τριών κατά τη διδασκαλία.

Τα δεδομένα καταγράφηκαν από παρατηρήτρια σε φύλλο παρατήρησης (βλ. Παράρτημα 4) και η ανάλυσή τους έγινε σχετικά με:

- Τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι μαθητές/-τριες στο χειρισμό του λογισμικού και γενικότερα του ηλεκτρονικού υπολογιστή,
- Στην συμπεριφορά τους απέναντι στην εισαγωγή της νέας τεχνολογίας (γινόταν απλά η χρήση των πλήκτρων ή σκέφτονταν και συζητούσαν πριν προχωρήσουν στις κινήσεις τους), κινητικότητα, συνεργασία των μελών της ομάδας και μεταξύ ομάδων, αλληλεπίδραση, ενδιαφέρον για το μάθημα, κ.ά.
- Παρεμβάσεις του εκπαιδευτικού στη διάρκεια πραγματοποίησης των δραστηριοτήτων.

Η ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Στο παρακάτω κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη αναφορά στις κυριότερες θεωρίες σχεδίασης τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης, παρουσιάζεται το μοντέλο σχεδίασης της εφαρμογής «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ» σε περιβάλλον Toolbook και περιγράφεται αναλυτικά η εφαρμογή, καθώς και του συνοδευτικού μαθησιακού υλικού.

4.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ένας σημαντικός παράγοντας, ο οποίος μπορεί να επηρεάσει τη μαθησιακή διαδικασία και διδασκαλία είναι η λειτουργία περιβαλλόντων μάθησης που είναι τεχνολογικά εμπλουτισμένα και περιλαμβάνονται προσομοιώσεις αναπαραστάσεις, σενάρια, μαθησιακές δραστηριότητες κ.λπ. «Τεχνολογικά ενισχυμένο περιβάλλον μάθησης θεωρείται ότι είναι ένα ψηφιακό περιβάλλον μάθησης (πολυμέσων, υπερμέσων, δικτυακό) με το οποίο εργάζονται οι μαθητές/-τριες, είτε μόνου/ες τους, είτε ως ομάδες μικρότερες ή μεγαλύτερες ή ως ολόκληρες τάξεις σε εργαστήρια υπολογιστών» (Σολομωνίδου, 2006, σελ. 170).

Τις τελευταίες δεκαετίες, μεγάλος αριθμός τεχνολογικών καινοτομιών εισήχθησαν στην εκπαίδευση με αποτέλεσμα οι εξελίξεις στην Εκπαιδευτική Τεχνολογία να είναι πράγματι εντυπωσιακές. Πολλές εφαρμογές λογισμικών που σχεδιάστηκαν και εφαρμόστηκαν στην εκπαίδευση τις προηγούμενες δεκαετίες έχουν βασιστεί στις διαισθητικές πεποιθήσεις των σχεδιαστών, παρά σε σχετικές έρευνες και θεωρίες. Παρ' όλα αυτά, η βελτιστοποίηση της χρήσης της νέας τεχνολογίας στη διδασκαλία και στην εκμάθηση καθιστά αναγκαία τη χρήση μιας σειράς θεωρητικών προσεγγίσεων. Έχει αποδειχθεί ότι δεν υπάρχει μια θεωρητική βάση, η οποία θα είναι κατάλληλη για το σχεδιασμό όλων των εφαρμογών. Το συμπεριφοριστικό μοντέλο του Dick & Carey, το εποικοδομητικό μοντέλο του Willis, η θεωρία επεξεργασίας του Reigeluth, το ARCS μοντέλο του Keller, η Εκπαιδευτική Θεωρία Αλληλεπίδρασης του Merrill (Instructional Transaction Theory), και η Ιεραρχία Εκμάθησης του Gagné (Learning Hierarchy) αποδεικνύουν την αφθονία των θεωρητικών πλαισίων που μπορούν να στηριχθούν οι

σχεδιαστές για την υλοποίηση εφαρμογών. Οι θεωρίες εξελίσσονται συνεχώς ή αναθεωρούνται ως αποτέλεσμα ερευνών ή κριτικής από τους σχεδιαστές ή τους θεωρητικούς στον τομέα (Deubel, 2003).

4.2 Σχεδίαση τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης

Ο συμπεριφορισμός και η γνωστική θεωρία μάθησης είναι οι δύο κυρίαρχες θεωρητικές θέσεις στον τομέα της εκμάθησης με αλληλεπιδραστικό διδακτικό υλικό. Τα πρώτα υλικά σχεδιασμένα σε υπολογιστή επηρεάστηκαν από τη θεωρία του συμπεριφορισμού, ενώ αργότερα βασίστηκαν σε γνωστικά μοντέλα επεξεργασίας πληροφοριών και του εποικοδομητισμού. Η αύξηση των γνωστικών προσεγγίσεων στη δεκαετία του '80 μπορεί να οφείλεται τόσο στις εξελίξεις της τεχνολογίας στον προγραμματισμό, στα υπερμέσα, και στα αλληλεπιδραστικά βίντεο, όσο και στην επιρροή των γνωστικών θεωρητικών μέσα στην Ψυχολογία (Jonassen, 1991, Atkins, 1993).

Μέχρι την εμφάνιση του εποικοδομητικού μοντέλου του Willis (1995), δεν υπήρχε κάτι άλλο που να προσφέρει ρητές εναλλακτικές λύσεις (εκτός από το συμπεριφοριστικό-συστημικό μοντέλο των Dick και Carey), για να βοηθήσει τους σχεδιαστές να δημιουργήσουν εκπαιδευτικό υλικό βασισμένο σε κάποια θεωρία μάθησης. Το μοντέλο αυτό ήταν το κύριο εκπαιδευτικό πρότυπο σχεδίου συστημάτων από το 1968 (Willis, 1995).

Το 1993 οι Park και Hannafin δήλωσαν ότι βασική προϋπόθεση στο σχεδιασμό θα πρέπει να είναι ο τρόπος με τον οποίο σκέφτονται οι μαθητευόμενοι, μαθαίνουν και επεξεργάζονται τις πληροφορίες. Αυτός βασίζεται: α) από την πλευρά της Ψυχολογίας στην έρευνα και στη θεωρία για πραγματική μάθηση, στη θεωρία των σχημάτων (schema theory), στην προϋπάρχουσα γνώση, στην ιεραρχική γνωστική δομή (hierarchical cognitive structure), στην εγκατεστημένη μάθηση (situated learning), στην παραγωγική μάθηση, στα εννοιολογικά μοντέλα και στις μεταφορές και στη θεωρία διπλής κωδικοποίησης (dual coding theory- Paivio, 1991) και β) από την πλευρά της παιδαγωγικής βασίζονται στην έρευνα, στις θεωρίες σχεδιασμού και στρατηγικών διδασκαλίας που περιλαμβάνουν τη θεωρία του Gagné της Ιεραρχικής μάθησης, τη θεωρία της Επεξεργασίας (elaboration theory), της εισαγωγικής δομής (structural

cueing) και παιδαγωγικής του αγκυροβολίου (anchored instruction, Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1991).

Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η πρώτη γενιά χρήσης πολλαπλών τεχνολογικών μέσων στην εκπαίδευση ήταν βασισμένη σε συμπεριφοριστικές προσεγγίσεις σχεδίασης που οδηγούσε σε ανάπτυξη χαμηλότερου επιπέδου γνώσης (αδρανούς γνώσης). Αργότερα γνωστικές και εποικοδομητικού τύπου προσεγγίσεις που στοχεύουν σε ανωτέρου επιπέδου γνώσης ‘τοποθέτησαν’ στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος του/της σχεδιαστή/ριας τη διαδικασία μάθησης και όχι τη διαδικασία της διδασκαλίας. Η εφαρμογή και η χρήση τέτοιων εκπαιδευτικών πολυμεσικών εφαρμογών οδηγεί σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Deubel, 2003, Samaras, Giouvanakis, Bousiou & Tarabanis, 2004). Σύμφωνα με την Deubel (2003), ένα μοντέλο πρέπει να περιλαμβάνει στοιχεία από όλες τις θεωρίες που βοηθούν την ανάπτυξη πολυμεσικών εφαρμογών, όπως π.χ. για την ενίσχυση κινήτρων το μοντέλο ARCS του Keller, για την ανάπτυξη πληροφοριών την θεωρία Επεξεργασίας (Elaboration Theory) του Reigeluth, για τη δημιουργία αυθεντικών προσομοιώσεων την Εκπαιδευτική Θεωρία Αλληλεπίδρασης του Merrill (Instructional Transaction Theory) και τη χρήση στρατηγικών ‘σκαλωσιών’ (scaffolding strategies) για τη σχεδίαση δραστηριοτήτων που επιτρέπει τους/ις μαθητές/-τριες να λειτουργούν στα όρια της νοητικής τους εξέλιξης.

Ένα μοντέλο σχεδίασης εποικοδομητικών περιβαλλόντων μάθησης που διαθέτει αρκετά χαρακτηριστικά από τις θεωρίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, αλλά είναι επιπλέον και μαθητο-κεντρικό, δηλαδή λαμβάνονται υπόψη οι προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών, είναι το μοντέλο ΔΕΣΤΕ (Σολομωνίδου, 2006), πάνω στο οποίο στηρίχτηκε η σχεδίαση της εφαρμογής «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ». Το συγκεκριμένο μοντέλο περιλαμβάνει πέντε στάδια (Σολομωνίδου, 2006):

A) Διερεύνηση και μελέτη των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών/-τριών που αποτελεί σημείο αναφοράς για κάθε εποικοδομητική σχεδίαση. Στο στάδιο αυτό γίνεται διερεύνηση των ιδεών των παιδιών με ατομικές ή ομαδικές συνεντεύξεις, γραπτά ερωτηματολόγια, παρατηρήσεις, βιβλιογραφικές αναφορές κ.λπ. Αυτές οι προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών δεν φαίνεται να παίζουν ιδιαίτερο ρόλο στις υπόλοιπες μεθόδους σχεδίασης.

B) Επινόηση και διαμόρφωση εποικοδομητικού περιεχομένου μέσα από διαδοχικούς διδακτικούς μετασχηματισμούς που ανταποκρίνονται στη γνωστική κατάσταση και το νοητικό επίπεδο των μαθητών/-τριών. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τρεις συνιστώσες:

1. Δημιουργία αυθεντικών πλαισίων μάθησης. Παρ' όλο που η μάθηση είναι αποτελεσματικότερη όταν γίνεται σε πραγματικές καταστάσεις, εντούτοις δεν είναι πάντα εύκολο να εξασφαλίζονται οι συνθήκες αυτές στη διάρκεια της διδασκαλίας. Μπορεί όμως ο/η εκπαιδευτικός να δημιουργήσει ένα τέτοιο περιβάλλον στον υπολογιστή, με τη βοήθεια των προσομοιώσεων πραγματικών καταστάσεων, φαινομένων και προβλημάτων, τα οποία καλείται να μελετήσει ο/η μαθητής/-τρια. Έτσι διευκολύνεται η εφαρμογή της παιδαγωγικής του Αγκυροβολίου (anchored instruction, Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1991), κατά την οποία δημιουργείται ένα κέντρο εστίασης του ενδιαφέροντος του/ης μαθητή/ριας και επιτρέπει τον προσδιορισμό προβλημάτων, κατευθύνοντας την προσοχή τους στις προβληματικές αυτές καταστάσεις, επιτρέποντας έτσι τη θεμελίωση της γνώσης.

2. Δημιουργία πολλαπλών αναπαραστάσεων. Κάθε φαινόμενο που προσομοιώνεται μπορεί να μελετηθεί σε περισσότερα του ενός επίπεδα: στο εμπειρικό-πειραματικό επίπεδο, στο μικροσκοπικό επίπεδο (σωματιδιακή δομή της ύλης) και στο μαθηματικό-συμβολικό επίπεδο (σύμβολα, γεωμετρικά μοντέλα, τύποι κ.λπ.). Έτσι διευκολύνεται η κατασκευή και κατανόηση εννοιών, και η ερμηνεία φαινομένων από τους/ις μαθητές/-τριες.

3. Υποβολή στόχων-εμποδίων, όπου παρουσιάζονται ιδιαίτερες δυσκολίες κατανόησης για τα παιδιά. Γνωρίζοντας εκ των προτέρων τις αντιλήψεις των παιδιών για έννοιες των Φ.Ε. είναι δυνατόν να προβλέψουμε, πού θα είναι δυσκολότερη η εννοιολογική αλλαγή, ώστε να σχεδιάσουμε κατάλληλα το περιεχόμενο για να επέλθει η γνωστική σύγκρουση και να υιοθετήσουν τα παιδιά τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις.

4. Επίγνωση των στόχων που θέτουν οι μαθητές/-τριες. Σε ένα μαθητο-κεντρικό περιβάλλον σημαντικό ρόλο στη σχεδίαση παίζει η γνώση των στόχων που είναι προϊόν διαπραγμάτευσης με τους/ις μαθητές/-τριες και δεν επιβάλλονται εκ των άνω (Jonassen 1991 αναφορά από Σολομωνίδου, 2006).

Γ) Σχεδίαση εποικοδομητικών καταστάσεων και διαδικασιών μάθησης. Στο στάδιο αυτό πρέπει να ληφθούν υπόψη στρατηγικές και μέσα που μπορούν να

αξιοποιηθούν, όπως προβληματικές καταστάσεις που έχουν νόημα για τα παιδιά και δεν είναι ξεκομμένα από τις υπάρχουσες εμπειρίες, κατάλληλη καθοδήγηση, υποστήριξη και ανάδραση με τη μορφή γνωστικής μαθητείας και 'σκαλωσιάς', καταστάσεις γνωστικής σύγκρουσης, διδακτικής αξιοποίησης του λάθους, καταστάσεις καταιγισμού ιδεών κ.λπ.

Δ) Τεχνική ανάπτυξη του ψηφιακού περιβάλλοντος, με τη χρήση κατάλληλων ψηφιακών μέσων και συμβόλων και διαμορφωτική αξιολόγησή του, και

Ε) Εφαρμογή του περιβάλλοντος σε συνθήκες πραγματικής μάθησης και συνολική αξιολόγησή του.

4.3 Η τεχνική ανάπτυξη του περιβάλλοντος μάθησης

Υπάρχουν πολλά εργαλεία συγγραφής λογισμικών ικανά να υποστηρίξουν εποικοδομητικού τύπου περιβάλλοντα, δίνοντας τη δυνατότητα επεξεργασίας των πληροφοριών με τα πολυμέσα (multimedia), τη μη γραμμική προσπέλαση της πληροφορίας με τα υπερκείμενα (hypertexts) και τα υπερμέσα (hypermedia), τη λειτουργία βάσεων δεδομένων (database) κ.λπ. Στα εργαλεία αυτά περιλαμβάνονται οι προσομοιώσεις, οι μικρόκοσμοι, οι μοντελοποιήσεις, τα ανοικτά διερευνητικά περιβάλλοντα (π.χ. Word processor, excel, Modellus) και τα εργαλεία παροχής υποστήριξης μέσω υπολογιστή που επιτρέπουν την εύκολη επικοινωνία μεταξύ χρήστη/ριας και υπολογιστή και τον έλεγχο των διάφορων δραστηριοτήτων του λογισμικού (Σολομωνίδου, 2006).

Η επιφάνεια εργασίας του λογισμικού παίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων από τους/ις μαθητές/-τριες και στην έκβαση των δραστηριοτήτων. Ένα ποιοτικό περιβάλλον μάθησης ενισχύει τη μάθηση, αυξάνει και διατηρεί περισσότερο τη γνώση και χρησιμεύει ως γνωστικός πίνακας στο οποίο οι χρήστες/ριες ελέγχουν το πρόγραμμα και παρακολουθούν την πρόοδό τους (Deubel, 2003). Οι Szabo και Kanuka (1999) διαπίστωσαν ότι η μη προσεγμένη χρήση στοιχείων διεπαφής του περιβάλλοντος του λογισμικού, όσον αφορά την ισορροπία, τη συνοχή και την εστίαση, οδηγεί σε αύξηση εκπαιδευτικού χρόνου και στη μη ολοκλήρωση της διδασκαλίας της καθορισμένης ενότητας. Η επιφάνεια εργασίας πρέπει να είναι σχεδιασμένη, έτσι ώστε οι πληροφορίες να παρέχονται σταδιακά και τμηματικά και όχι ταυτόχρονα και ενιαία. Αυτό βοηθά στην αποφυγή της αποθάρρυνσης των

εμπλεκόμενων μαθητών/-τριών από τυχόν 'βομβαρδισμό' πληροφοριών και οδηγιών και αποτελεί μεταγνώστικό χαρακτηριστικό (Jones et al., 1995).

Σύμφωνα με τον Stemler (1997) για να υπάρχει συνέπεια και αλληλουχία σε όλες της 'οθόνες' της εφαρμογής, οι βασικές οδηγίες θα πρέπει να δίνονται στην αρχή και ο τρόπος που δίνονται να μη διαφοροποιείται στη διάρκεια του προγράμματος. Οι ερωτήσεις και οι σημαντικές πληροφορίες θα πρέπει να τοποθετούνται στο μέσον της οθόνης, ο αριθμός των γραμμών να είναι περιορισμένος και να γίνεται χρήση λιγότερων από δυο ή τριών τύπων γραμματοσειρών και μεγέθους αυτών. Έχει αποδειχθεί ότι οι αναγνώστες διαβάζουν αργότερα και κατανοούν λιγότερο τα κείμενα σε οθόνη του υπολογιστή κατά 28%, σε σύγκριση με τα τυπογραφημένα κείμενα (Thibodeau, 1997). Η άνετη πλοήγηση σε ένα πρόγραμμα με καθορισμένα από την αρχή σύμβολα προσανατολισμού δημιουργούν αίσθημα αυτοπεποίθησης και κάνουν τη χρήση του προγράμματος πιο εύκολη. Τα σύμβολα πλοήγησης ή υπαγόρευσης οδηγιών (π.χ. εικονίδια εξόδου από το πρόγραμμα, πρόσβασης στην επόμενη ή προηγούμενη οθόνη αναζήτησης βοήθειας, κ.λπ.) συνήθως τοποθετούνται στη βάση της οθόνης του υπολογιστή και είναι προτιμότερο να είναι κοινά και γνώριμα στους/ις χρήστες/ριες από άλλες τεχνολογίες, ώστε να νιώθουν καλύτερα εξοικειωμένοι/ες οι μαθητευόμενοι /ες (Stemler, 1997). Οι χρήστες/ριες πρέπει να έχουν τον έλεγχο της παρουσίασης ενοτήτων και διαφόρων δραστηριοτήτων του λογισμικού με τον χειρισμό εικόνων και παραθύρων, να έχουν πρόσβαση στην επεξεργασία των άγνωστων όρων, να ενεργοποιούν αναπαραστάσεις (animation), να απαντούν στις ερωτήσεις, να είναι σε θέση να γνωρίζουν σε ποιο σημείο της εφαρμογής είναι και πόσο καλά προχωρούν σ' αυτή (Jones et al., 1995).

Σύμφωνα με τον Thibodeau (1997), οι ερωτήσεις πρέπει να απευθύνονται όχι αμέσως μετά τα δοθέντα κείμενα, αλλά αφήνοντας κάποιο χρονικό διάστημα να περάσει, ώστε οι μαθητές/-τριες να χρειαστεί να ανατρέξουν σε πληροφορίες ή και να επαναλάβουν πειράματα, προσομοιώσεις αναπαραστάσεις που είχαν γίνει νωρίτερα (μία ή δυο οθόνες πριν), διαδικασία που ενισχύει τη επεξεργασία πληροφοριών. Σύμφωνα με τον Rodrigues (2000), αυτή τη στιγμή οι περισσότερες ερωτήσεις στα λογισμικά απαιτούν απαντήσεις πολλαπλής επιλογής ή μονολεκτικές απαντήσεις. Οι ερωτήσεις

ρωτούν ‘τι’ αντί για ‘γιατί’ ή ‘πώς’, η οποία είναι θεμελιώδης διαφορά μεταξύ των προσεγγίσεων των συμπεριφοριστών και εποικοδομιστών στη διαδικασία της μάθησης.

Όσον αφορά την ανατροφοδότηση, αυτή πρέπει να παρέχεται με μηνύματα, καθώς επίσης και με πληροφορίες για την ακρίβεια ή την καταλληλότητα της απάντησης. Η ανατροφοδότηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενισχύσει, να διαμορφώσει, να διευκρινίσει απαντήσεις, να αναδείξει τη σημαντικότητα συμπερασμάτων, να αξιολογήσει και να διαγνώσει αδυναμίες. Η ανατροφοδότηση πρέπει να δίνεται άμεσα, στην ίδια οθόνη με την ερώτηση για να έχει τα αναμενόμενα αποτελέσματα και να προτρέπεται η επανάληψη της προσπάθειας από τους χρήστες σε περίπτωση αποτυχίας (Stemler, 1997).

Επίσης, η χρήση της θεωρίας του Gagné, της ‘σκαλωσιάς’ (scaffolding), στη σχεδίαση εφαρμογών στον υπολογιστή βοηθά στο να έχουμε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Jackson et al., 1998). Η έννοια της ‘σκαλωσιάς’ στηρίζεται στην έννοια της ‘ζώνης της επικείμενης ανάπτυξης’ του Vigotsky και σημαίνει «την παροχή υποστήριξης και καθοδήγησης στο/η μαθητή/ρια, ώστε να περάσει από αυτό που ήδη γνωρίζει σε αυτό που πρέπει να μάθει, εκτελώντας δραστηριότητες οι οποίες σε κανονικές συνθήκες θα ήταν πάνω από τις δυνάμεις και τις ικανότητές του/ης και δεν θα μπορούσε να τις εκτελέσει δίχως βοήθεια και καθοδήγηση» (Σολομωνίδου, 2007, σελ. 42). Σύμφωνα με τους Jackson et al. (1998) η ‘σκαλωσιά’ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους στόχους που θέτει ο σχεδιαστής, καθώς και για τα εργαλεία που θα υπάρξουν στη διάθεση του/ης μαθητή/ριας. Όταν χρησιμοποιείται για τους στόχους, μειώνεται ο κίνδυνος της πολυπλοκότητας και ο/η χρήστης/ρια δεν αποθαρρύνεται. Ενεργοποιείται η ανάκληση προγενέστερης γνώσης και υποστηρίζεται η οικοδόμηση και διατήρηση της νέας. Όταν χρησιμοποιείται για τα εργαλεία, παρέχονται μια σειρά εργαλείων που υποστηρίζουν διαφορετικές μορφές εκμάθησης και διαφορετικά επίπεδα δεξιοτεχνίας. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές/-τριες αναπτύσσουν ανεξάρτητες και αντανakλαστικές δεξιότητες σκέψης και μάθησης. Επίσης, ο/η χρήστης/ρια θα πρέπει να έχει στη διάθεση του/ης εύκολη πρόσβαση με καθοδηγητικά μηνύματα σε βοήθεια, παραδείγματα, εικόνες, κάνοντας συνδέσεις, όπως για παράδειγμα σε ‘λέξεις κλειδιά’ (hotwords), σελίδες πληροφοριών (viewer page) κ.λπ. (Jackson et al. 1998).

Συμπερασματικά, οι Vilamil-Casanova και Molina (1996, αναφορά από Deubel, 2003) παρέχουν οκτώ κανόνες σχεδίασης που είναι χρήσιμοι, ιδιαίτερα για μαθητές/-τριες που είναι αδύνατοι/ες αναγνώστες/ριες.

1. Κατάλληλο γνωστικό φορτίο: Το πλήθος πληροφοριών που παρέχονται στη οθόνη θα πρέπει να είναι ανάλογο με την ηλικία και το επίπεδο των μαθητευομένων.
2. Αποφυγή απόσπασης προσοχής: Η κατακράτηση πληροφοριών είναι αποτελεσματικότερη όταν οι πληροφορίες παρουσιάζονται με ένα συνδυασμό ηχητικών μέσων, κειμένων, γραφικών και άλλων πηγών. Εντούτοις, υπερβολική χρήση αυτών είναι δυνατόν να οδηγήσει σε διάσπαση προσοχής.
3. Καθοδήγηση της προσοχής με τη βοήθεια των μέσων (media): Χρώματα, βέλη, γραφικά αναπαραστάσεις (animation) πρέπει να χρησιμοποιούνται, αλλά χωρίς υπερβολές.
4. Οι σημαντικές πληροφορίες να τονίζονται και να είναι ορατές: Η τοποθέτηση εικόνων-οδηγιών πρέπει να γίνεται έτσι, ώστε οι χρήστες/ριες να μην υποθέτουν τι πρέπει να κάνουν. Η χρήση εννοιολογικών χαρτών βελτιώνει την κατανόηση. Συμπεράσματα, περιλήψεις και πλαισιωμένα κείμενα θεωρούνται ως εναλλακτικές λύσεις.
5. Συχνή ενθάρρυνση των προσπαθειών και επανατροφοδότηση.
6. Χρήση συγκεκριμένων λέξεων στις οδηγίες και πολλαπλών μέσων.
7. Σχεδίαση αποτελεσματικών δραστηριοτήτων: Οι οδηγίες θα πρέπει να είναι σύντομες, κατανοητές, ευανάγνωστες. Χρήση έντονων ή υπογραμμισμένων λέξεων - κλειδιά, αποφεύγοντας τις υπερβολές. Η ενσωμάτωση ηχητικών, βίντεο, γραφικών στις ασκήσεις καθιστά αυτές ενδιαφέρουσες και ενισχύει τη μάθηση.
8. Δημιουργία ρεαλιστικών προσομοιώσεων.

4.4 Η χρήση του μοντέλου των ακτίνων (Ray model) στην εφαρμογή

ΑΝΑΚΛΑΣΗ – ΔΙΑΧΥΣΗ

Η εφαρμογή ΑΝΑΚΛΑΣΗ – ΔΙΑΧΥΣΗ σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με σκοπό οι μαθητές/-τριες να κατανοήσουν τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάχυσης του φωτός και να αποκτήσουν επιστημονικά αποδεκτές αναπαραστάσεις για αυτά, εισάγοντάς τους έτσι στη Γεωμετρική Οπτική. Κεντρικό θέμα στη Γεωμετρική Οπτική

είναι η χρήση του μοντέλου των ακτίνων (Ray model) το οποίο βοηθά στην ερμηνεία ανάλυση και πρόβλεψη οπτικών φαινομένων σύμφωνα με τους υποστηρικτές του (Eylon, Ronen & Ganiel, 1996, Raftopoulos, Kalyfommatou & Constantinou, 2005), αλλά μπορεί να δημιουργήσει και προβλήματα στη διδασκαλία ορισμένων φαινομένων, όπως π.χ. στη διάθλαση, σύμφωνα με τους Colin & Viennot 2000, Galili & Lavrik, 1998, Wosilait et al., 1999) του οποίου η ερμηνεία απαιτεί την εκτίμηση του φωτός ως κύματος.

Σύμφωνα με το μοντέλο των ακτίνων που χρησιμοποιείται στην εφαρμογή, μια πηγή φωτός εκπέμπει ισότροπα άπειρο αριθμό ακτίνων, οι οποίες αντιπροσωπεύονται με βέλη που δηλώνουν κατεύθυνση της κίνησης. Χρησιμοποιεί επίσης μια σειρά από εξισώσεις για να διευκολύνει κάποιον/α να υπολογίζει τον τρόπο που συμπεριφέρεται το φως όταν επιδρά με διάφορα αντικείμενα που βρίσκονται στην πορεία της διάδοσής του, όπως π.χ. το νόμο του Snell. Ένα σύνολο ακτίνων αποτελεί μια δέσμη φωτός. Αυτό το μοντέλο δεν αφήνει να επινοηθεί αν το φως είναι κύμα ή σωματίδια, κρατώντας μια ουδέτερη στάση. Στην πραγματικότητα οι ακτίνες δεν είναι πραγματικές φυσικές οντότητες, αλλά μόνο αφηρημένες επινοήσεις που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν τη συμπεριφορά του φωτός (Raftopoulos, Kalyfommatou & Constantinou, 2005).

Η χρήση του μοντέλου των ακτίνων κρίθηκε αναγκαία στη σχεδίαση της εφαρμογής ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ, λόγω της πληθώρας των βιβλιογραφικών αναφορών που αποδεικνύουν την αναγκαιότητά του, καθώς και από την προσωπική διδακτική εμπειρία. Συγκεκριμένα με το μοντέλο αυτό:

1. Είναι δυνατό να περιγραφούν φαινόμενα Οπτικής που έχουν σχέση με ετερόφωτα αντικείμενα, υποθέτοντας ότι κάθε σημείο ενός τέτοιου αντικειμένου, διαχέει το φως (φαινόμενο διάχυσης), κάνοντάς το να συμπεριφέρεται ως φωτεινή πηγή (Eylon, Ronen & Ganiel, 1996).
2. Όπως αναφέρθηκε στο 1^ο κεφάλαιο, η πλειοψηφία των μαθητών/-τριών δεν αντιλαμβάνεται το φως ως φυσική οντότητα που ταξιδεύει στο χώρο, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μη κατανόηση των φαινομένων του φωτός και της λειτουργίας της όρασης. Η χρήση του μοντέλου των ακτίνων στη διδασκαλία δίνει τη δυνατότητα, ιδιαίτερα στους/ις νέους/ες μαθητές/-τριες, οι οποίοι/ες δεν είναι σε

θέση να συλλάβουν την έννοια του φωτός ως κύμα ή σωματίδια, να πετύχουν αυτή την εννοιολογική αλλαγή (Raftopoulos, Kalyfommatou & Constantinou, 2005).

3. Στο προηγούμενο κεφάλαιο επισημάνθηκε η σπουδαιότητα της θεωρίας της 'σκαλωσιάς', δηλαδή η παροχή υποστήριξης και καθοδήγησης στο/η μαθητή/ρια, ώστε να περάσει από αυτό που ήδη γνωρίζει σε αυτό που πρέπει να μάθει. Με τη χρήση του μοντέλου των ακτίνων ο/η μαθητής /ρια δεν μπαίνει στη διαδικασία να επεξεργαστεί την πλήρη πολυπλοκότητα του προβλήματος από την αρχή, αλλά ξεκινά με κάτι πιο απλό (από τις ακτίνες) που ήδη γνωρίζει και χρησιμοποιεί π.χ. από την προσχολική ηλικία όταν θέλει να ζωγραφίσει τον ήλιο, κάνει έναν κύκλο και ακτίνες γύρω από αυτόν.
4. Ερευνητικά αποτελέσματα (Ronen & Eylon, 1993, Reiner, 1998, Goldberg & McDermott, 1987) έχουν αναδείξει δυσκολίες των μαθητών/-τριών στη σχεδίαση και ερμηνεία διαγραμμάτων που απεικόνιζαν την επίδραση του φωτός με διάφορα αντικείμενα, ενώ είχαν ολοκληρώσει μαθήματα Γεωμετρικής Οπτικής με την παραδοσιακή διδασκαλία. Οι ιδιότητες που δίνονται στις ακτίνες προέρχονται από τις ιδιότητες της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον/α να ερμηνεύσει τι συμβαίνει όταν ακτίνες συναντούν αντικείμενα όπως φακοί, πρίσματα, κ.λπ.
5. Ξεκινώντας οι μαθητές/-τριες να διδάσκονται Γεωμετρική Οπτική, κάνοντας χρήση του μοντέλου αυτού, θα διαπιστώσουν αργότερα μόνοι/ες τους ότι η Γεωμετρική Οπτική είναι ανεπαρκής στην εξήγηση κάποιων φαινομένων, όπως διάθλαση και συμβολή αναθεωρώντας με τον τρόπο αυτό αβίαστα την ιδέα τους και υιοθετώντας την διπλή διάσταση του φωτός (κύμα και σωματίδια).

Εξάλλου ο Newton επινόησε τη Γεωμετρική Οπτική, γιατί θεώρησε ότι κάποιος αρχικά πρέπει να αποδείξει τις ιδιότητες του φωτός και έπειτα να μελετήσει τη φύση του φωτός. Με τη χρήση του γεωμετρικού μοντέλου των ακτίνων δεν μπαίνει κάποιος στη διαδικασία να ασχοληθεί με τη φύση του φωτός που είναι πολύ δύσκολο να κατανοηθεί από νέους/ες μαθητές/-τριες, επιτρέπει ωστόσο να κατανοηθούν οι ιδιότητές του και να τις χρησιμοποιήσει αργότερα για να οικοδομήσει τα νέα μοντέλα για τη φύση του (Raftopoulos, Kalyfommatou & Constantinou, 2005).

4.5 Περιγραφή της εφαρμογής «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ»

Η εφαρμογή «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ» έχει αναπτυχθεί με τη βοήθεια του προγράμματος Toolbook. Αποτελείται από δεκαπέντε σελίδες (οθόνες), όπου προσομοιώνονται αυθεντικές καταστάσεις καθημερινής ζωής, και κατόπιν γίνεται μοντελοποίηση των καταστάσεων αυτών με βάση τα επιστημονικά μοντέλα της ανάκλασης και της διάχυσης, με την ενσωμάτωση κατάλληλων δραστηριοτήτων. Για την οικοδόμηση των επιστημονικά αποδεκτών ιδεών χρησιμοποιείται η τεχνική της ‘άγκυρας’. Οι δραστηριότητες γίνονται στο περιβάλλον του λογισμικού και σε φύλλα εργασίας ενσωματωμένα στο λογισμικό. Ο/η μαθητής/-τρια έχει τη δυνατότητα να απαντήσει σε ερωτήσεις ενεργοποιώντας το φυλλάδιο εργασίας στην οθόνη του υπολογιστή. **AI φυλλάδιο εργασίας**

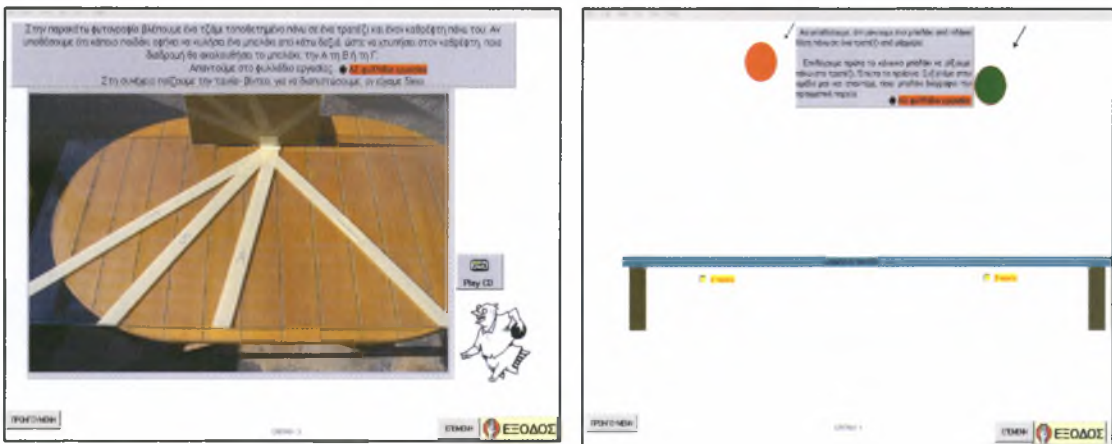
Συγκεκριμένα, στις πρώτες δέκα οθόνες παρουσιάζεται και αναλύεται το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός. Ενεργοποιώντας την εφαρμογή (βλ. Εικόνα 3), ο/η χρήστης/ρια αντικρίζει μια φωτογραφία, συνοδευόμενη από μουσική υπόκρουση που απεικονίζει το είδωλο του ήλιου και του φεγγαριού στα ήρεμα νερά ενός κόλπου με σκοπό να εντυπωσιάσει, να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών/-τριών και να τους/ις προβληματίσει. Στην πρώτη δραστηριότητα του φυλλαδίου εργασίας (βλ. Παράρτημα 2) προτρέπεται να συζητήσουν οι μαθητές/-τριες μεταξύ τους και να διατυπώσουν την ερμηνεία τους γι’ αυτό που παρατηρούν.



Εικόνα 3: Εισαγωγική οθόνη της εφαρμογής

Στη τρίτη και στην τέταρτη οθόνη χρησιμοποιώντας την τεχνική της ‘σκαλωσιάς’, γίνεται εισαγωγή στο γεωμετρικό μοντέλο, αλλά με κάτι που τους είναι οικείο από τα παιχνίδια τους και μπορεί να παρομοιαστεί με το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός. Συγκεκριμένα προσομοιώνεται το εξής πείραμα: ένα μπαλάκι αφήνεται να κυλήσει, χτυπά σε ένα καθρέφτη και αλλάζει πορεία. Οι μαθητές/-τριες

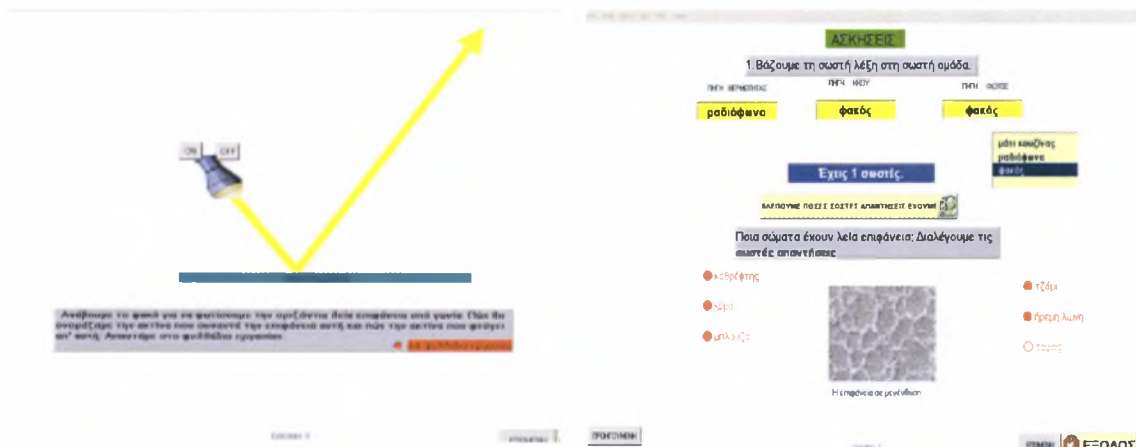
προβλέπουν ποια πορεία θα ακολουθήσει το μπαλάκι και έπειτα έχουν τη δυνατότητα να ενεργοποιήσουν το βίντεο για να διαπιστώσουν αν είχαν δίκιο ή όχι (βλ. Εικόνα 4). Στην επόμενη οθόνη μπορούν να ενεργοποιήσουν την κίνηση μιας κόκκινης και μιας πράσινης μπάλας που πέφτουν και χτυπούν σε ένα μαρμάρινο τραπέζι υπό γωνία, αλλάζοντας έτσι την πορεία της κίνησής τους. Η μια πορεία είναι λανθασμένα σχεδιασμένη (η γωνία πρόσπτωσης δεν είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης) με τη δημιουργία της συνθετικής κίνησης που διαθέτει το πρόγραμμα Toolbox, ώστε τα παιδιά να καταλάβουν τη διαφορά και να μπορέσουν από την εμπειρία τους να αντιληφθούν, ποια μπάλα διαγράφει την πραγματική πορεία.



Εικόνα 4: Εισαγωγή στο γεωμετρικό μοντέλο με τη χρήση μπάλας

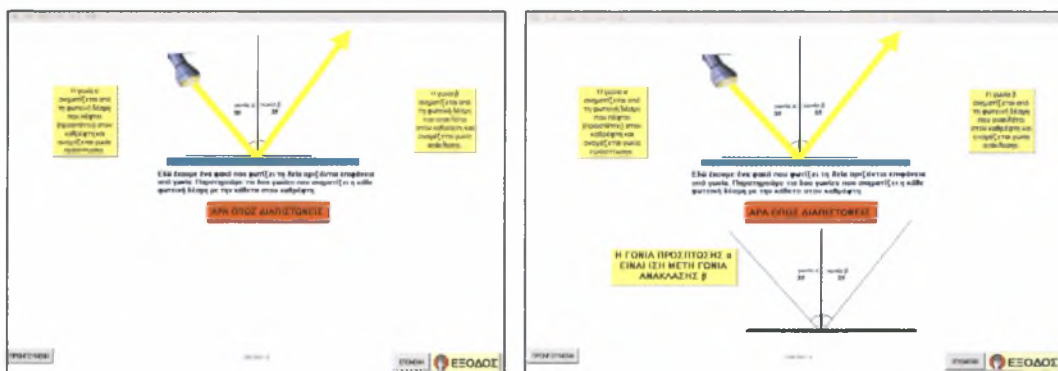
Στις επόμενες τρεις οθόνες αντικαθίσταται η μπάλα με τη δέσμη φωτός που εκπέμπει ένας φακός (βλ. Εικόνα 5). Εισάγονται οι έννοιες της ανακλώμενης και προσπίπτουσας ακτίνας, καθώς και οι έννοιες λεία επιφάνεια και πηγή φωτός, ώστε οι μαθητές/-τριες να μπορούν να διατυπώσουν ένα συμπέρασμα, αφού κατανοήσουν το φαινόμενο. Για το λόγο αυτό έχουν εισαχθεί στην εφαρμογή λέξεις κλειδιά (hotwords), υπογραμμισμένες, ώστε όταν ο δείκτης ποντικιού έρθει σε επαφή, μετατρέπεται σε χεράκι και αποκαλύπτονται εικόνες ή βοηθητικά κείμενα. Επίσης, υπάρχουν ασκήσεις ομαδοποίησης λέξεων σε κατηγορίες (drag and drop), καθώς και ερωτήσεις που παρέχουν άμεση ανάδραση στις απαντήσεις των μαθητών/ριών, προτρέποντας να προσπαθήσουν ξανά, ενώ ταυτόχρονα εμφανίζονται βοηθητικές εικόνες (βλ. Εικόνα 6). Για παράδειγμα στην ερώτηση που τους/ις ζητά να επιλέξουν ποιες επιφάνειες είναι λείες, σε περίπτωση αποτυχίας, εμφανίζεται ένα μήνυμα παρότρυνσης για επανάληψη της προσπάθειας και μια εικόνα που δείχνει την επιφάνεια που επέλεξε ο/η μαθητής/-

τρια σε μεγέθυνση. Η διατύπωση της περιγραφής του φαινομένου μπορεί να ελεγχθεί από τα ίδια τα παιδιά, ενεργοποιώντας στο κουμπί έλεγχος. **ΕΛΕΓΧΟΣ**



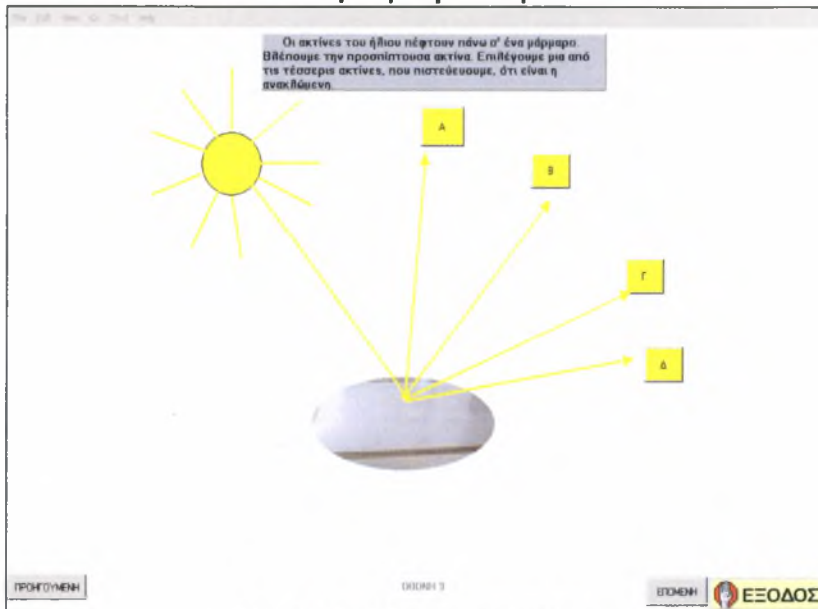
Εικόνα 5: Εισαγωγή των εννοιών προσπίπτουσα και ανακλώμενη ακτίνα **Εικόνα 6:** Δραστηριότητες για τη διενκρίνιση εννοιών

Στις οθόνες 8, 9, 10 εισάγεται το γεωμετρικό μοντέλο χρησιμοποιώντας τη δέσμη φωτός που εκπέμπεται από ένα φακό και ανακλάται σε μια λεία και οριζόντια επιφάνεια. Τα παιδιά παρατηρούν τις γωνίες που σχηματίζονται και προχωρούν σε ανάλογες δραστηριότητες (βλ. Εικόνα 7). Σε όλες τις δραστηριότητες, σε περίπτωση αποτυχημένης απάντησης εμφανίζονται μηνύματα υπενθύμισης (tips) του κανόνα που επικρατεί (γωνία πρόσπτωσης ίση με τη γωνία ανάκλασης) και βοήθειας (βλ. Εικόνα 8^α, 8β, 9α, 9β).

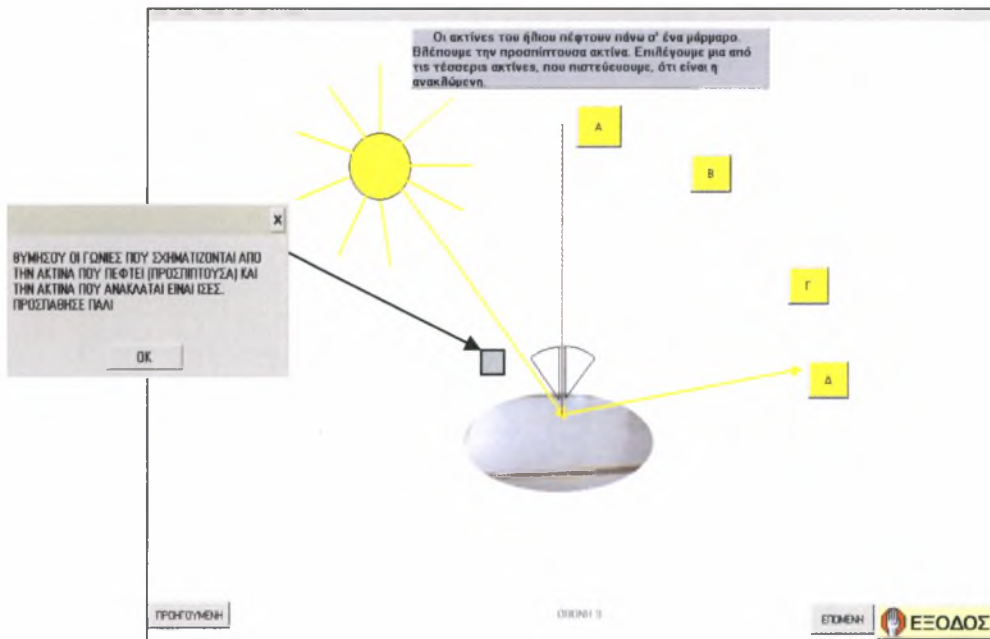


Εικόνα 7: Παρουσίαση του γεωμετρικού μοντέλου

Δραστηριότητες για την κατανόηση του γεωμετρικού μοντέλου



Εικόνα 8α: Πριν την επιλογή της ακτίνας

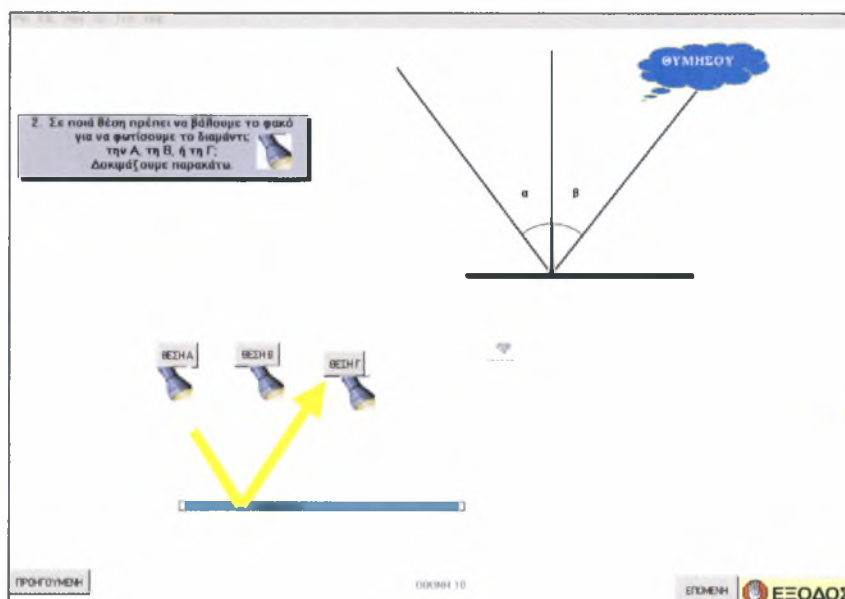


Εικόνα 8β: Μετά την επιλογή της ακτίνας Δ οι μη επιλεγμένες ακτίνες εξαφανίζονται για 5'' και συγχρόνως εμφανίζεται φράση (tip) σε πλαίσιο που περιγράφει του κανόνα που επικρατεί και προτρέπει την επανάληψη της προσπάθειας

Δραστηριότητες για την κατανόηση του γεωμετρικού μοντέλου



Εικόνα 9α: Πριν την επιλογή θέσης



Εικόνα 9β: Μετά την επιλογή της θέσης Α

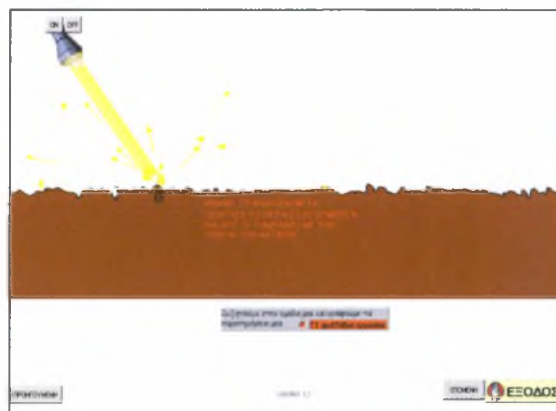
Στις επόμενες οθόνες παρουσιάζεται και αναλύεται το φαινόμενο της διάχυσης, γίνεται η διάκριση των δυο φαινομένων και με αναπαράσταση (animation) οπτικοποιείται ο τρόπος λειτουργίας της όρασης.

Συγκεκριμένα, στην οθόνη 11 παρουσιάζονται δυο φωτογραφίες τοπίων και ζητείται να αιτιολογηθεί η διαφορά. Στην πρώτη απεικονίζεται το είδωλο του βουνού

στη λίμνη, ενώ στη δεύτερη δεν απεικονίζεται το είδωλο (βλ. Εικόνα 10), εξαιτίας της διαφοράς της επιφάνειας του νερού. Έτσι οι μαθητές/-τριες οδηγούνται από μόνοι/ες τους στην κατανόηση του φαινομένου και αντιλαμβάνονται την αιτία που προκαλεί το φαινόμενο της διάχυσης. Στις επόμενες οθόνες γίνεται αναπαράσταση των ακτίνων που προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια (βλ. Εικόνα 11) και ζητείται να διατυπώσουν τα συμπεράσματά τους, όσον αφορά τα δυο φαινόμενα.



Εικόνα 10: Πρόκληση ενδιαφέροντος των παιδιών με σκοπό την εισαγωγή στο φαινόμενο της διάχυσης



Εικόνα 11: Αναπαράσταση του φαινομένου της διάχυσης

Στην οθόνη 14 γίνεται αναπαράσταση του επιστημονικού μοντέλου για τον τρόπο που βλέπουμε (βλ. Εικόνα 12). Ο ήλιος φωτίζει ένα λουλούδι στο έδαφος και το παιδί βλέπει το λουλούδι. Οι μαθητές/-τριες, επιλέγουν τα ζευγάρια ακτίνων που θα χρειαστούν για να σχεδιάσουν τις ακτίνες ανάμεσα στην πηγή, το λουλούδι και τον παρατηρητή. Σχεδιάζουν το μοντέλο που πιστεύουν και στη συνέχεια ενεργοποιούν την αναπαράσταση της πορείας των ακτίνων, επαληθεύοντας ή όχι το δικό τους μοντέλο.



Εικόνα 12: Αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας της όρασης μετά την προσπάθεια σχεδίασης από τα παιδιά

Στην τελευταία οθόνη οι μαθητές/-τριες εμπλέκονται σε ένα σενάριο σύμφωνα με το οποίο να ταξιδεύουν από τη γη στη σελήνη με ένα διαστημόπλοιο (βλ. Εικόνα 13). Στην πορεία παρατηρούν ότι από τη στιγμή που βγαίνουν από την ατμόσφαιρα της γης το χρώμα αλλάζει. Ο ουρανός της σελήνης είναι μαύρος, παρ' όλο που φωτίζεται από τον ήλιο. Καλούνται να συζητήσουν και να ερμηνεύσουν την αιτία του φαινομένου.



Εικόνα 13: Προβληματισμός για τη διαφορά στο χρώμα του ουρανού σελήνης – γης όταν φωτίζονται από τον ήλιο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των απαντήσεων στις ερωτήσεις του αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου, έτσι όπως προέκυψαν από την έρευνα.

Αρχικά, γίνεται σύγκριση των απαντήσεων του *αρχικού* ερωτηματολογίου, των μαθητών/-τριών της πειραματικής ομάδας (Π.Ο.) με αυτές της ομάδας ελέγχου (Ο.Ε.) για να διαπιστωθεί αν βρίσκονται στο ίδιο περίπου επίπεδο ή υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ τους, όσον αφορά τις αρχικές ιδέες για το φως και τα φαινόμενα πριν τη διδασκαλία. Κατόπιν, παρουσιάζονται οι κατηγοριοποιημένες απαντήσεις όλου του δείγματος (Π.Ο. και Ο.Ε., N=140) και οι συχνότητές τους για κάθε μια ερώτηση του *αρχικού* ερωτηματολογίου, με σκοπό την καταγραφή των αρχικών ιδεών πριν από τη διδασκαλία. Επιπλέον εξετάζεται αν υπάρχει διαφορά στις απαντήσεις αυτές σε σχέση με την τάξη και το φύλο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των απαντήσεων στις ερωτήσεις του *τελικού* ερωτηματολογίου συγκριτικά με αυτά του *αρχικού*, για κάθε μια ερώτηση χωριστά. Εντοπίζονται διαφορές μεταξύ Π.Ο. και Ο.Ε., πρώτα για την Ε' τάξη και κατόπιν για την ΣΤ' τάξη και γίνεται σχολιασμός των απαντήσεων και των σχημάτων, με βάση την εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών/-τριών των δυο ομάδων. Συνολικά μελετήθηκαν και αναλύθηκαν απαντήσεις που έδωσαν: α) για την Ε' τάξη 35 μαθητές/-τριες της πειραματικής ομάδας (Π.Ο.) και 25 μαθητές/-τριες της ομάδας ελέγχου (Ο.Ε.) β) για την ΣΤ' τάξη 46 μαθητές/-τριες της πειραματικής ομάδας και 34 μαθητές/-τριες της ομάδας ελέγχου.

5.2 Αποτελέσματα από την επεξεργασία των απαντήσεων του αρχικού ερωτηματολογίου.

Πριν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, έγινε σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών/-τριών των Π.Ο. με των Ο.Ε. για κάθε μια ερώτηση ξεχωριστά στο αρχικό ερωτηματολόγιο. Η επεξεργασία έδειξε ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στις απαντήσεις των ομάδων της Ε' και της ΣΤ' τάξης ($p>0,05$).

Α. Πρώτη ομάδα ερωτήσεων που αφορά το φως.

1. Στην ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα η λέξη φως;» οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν σε έξι ομάδες:

α) Οντότητα (π.χ...ακτίνες που φωτίζουν, ...κάτι που ταξιδεύει και φωτίζει, ...αόρατες ακτίνες, ...κάτι φωτεινό που υπάρχει στο κόσμο, ... φωτεινά σήματα κ.λπ).

β) Προϋπόθεση για ζωή-ανάγκη (π.χ ...μας επιτρέπει να βλέπουμε, ...προϋπόθεση για ζωή, ...σημαντικό, ... για να μην υπάρχει σκοτάδι, κ.λπ).

γ) Πηγή-αποτέλεσμα (π.χ. ...ο ήλιος, ...αυτό που φωτίζει..., η λάμπα, ...κάτι που λάμπει, ...ένα λαμπερό σημείο, κ.λπ).

δ) Ενέργεια.

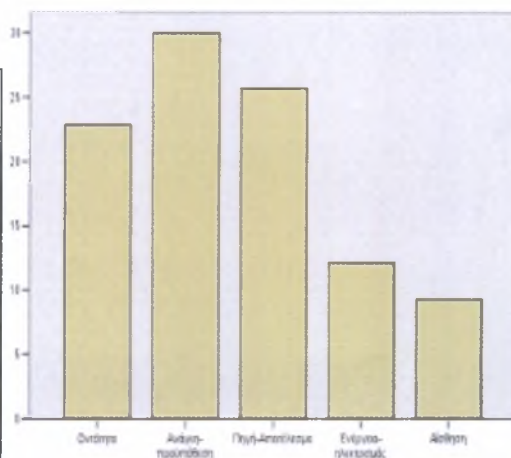
ε) Αίσθηση (π.χ. ...μια από τις πέντε αισθήσεις, ...το καταλαβαίνουμε στα μάτια μας, ...αίσθηση κ.λπ.).

στ) Αναπάντητη.

Οι απαντήσεις που δόθηκαν έδειξαν ότι σε ποσοστό 30% (N=42) τα παιδιά αναγνωρίζουν το φως ως προϋπόθεση για ζωή-ανάγκη, 25,7% (N=36) ταυτίζει το φως με την πηγή ή το αποτέλεσμα του, 22,9% (N=32) θεωρεί το φως ως μια οντότητα, 12,1% (N=17) ορίζει το φως ως ενέργεια και 9,3% (N=13) αντιλαμβάνεται το φως ως αίσθηση (βλ. πίνακα 1, γράφημα 1).

Πίνακας 1: Απαντήσεις στην ερώτηση:
«Τι σημαίνει για σένα η λέξη φως»:

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
		N=140	%
Τι σημαίνει για σένα η λέξη φως;	Οντότητα	32	22,9
	Ανάγκη-προϋπόθεση	42	30
	Πηγή -αποτέλεσμα	36	25,7
	Ενέργεια	17	12,1
	Αίσθηση	13	9,3



Γράφημα 1: Ποσοστιαία καταγραφή των απαντήσεων στην ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα η λέξη φως»;

2. Στην ερώτηση «Πού κατά τη γνώμη σου υπάρχει φως;» οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν σε τέσσερις ομάδες:

α) Στο χώρο (π.χ. ...στον ουρανό, ...στο δωμάτιο, ...παντού, κ.λπ.).

β) Στην πηγή του ή στο αποτέλεσμά του (π.χ. ...στον ήλιο, ...στο φεγγάρι, ...στα φώτα του αυτοκινήτου κ.λπ.).

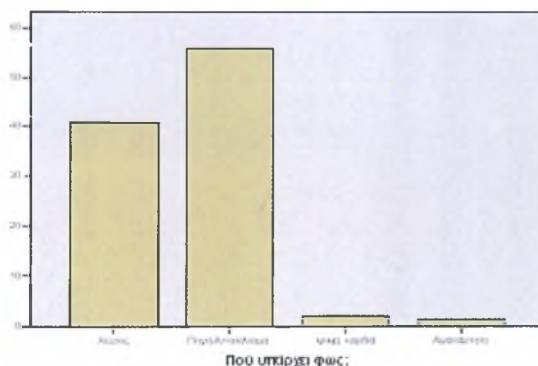
γ) Αλλού (ψυχή, καρδιά).

δ) Αναπάντητη.

Οι απαντήσεις που δόθηκαν έδειξαν ότι σε ποσοστό 55,7% (N=78) τα παιδιά πιστεύουν ότι το φως βρίσκεται μόνο στην πηγή από όπου εκπέμπεται ή στο μέρος που αποτυπώνεται. Το 42,1% (N=57) πιστεύει ότι το φως βρίσκεται στο χώρο, ενώ υπήρχαν 2 αναπάντητες ερωτήσεις και 3 μεταφορικές απαντήσεις (...στην καρδιά μας, ...στην ψυχή) (βλ. πίνακα 2, γράφημα 2).

Πίνακας 2: Απαντήσεις στην ερώτηση:
«Πού υπάρχει φως»;

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
		N=140	%
Πού υπάρχει φως;	χώρος	57	42,1
	Πηγή – αποτέλεσμα	78	55,7
	Καρδιά-ψυχή	3	2,1
	Αναπάντητη	2	1,4



Γράφημα 2: Ποσοστιαία καταγραφή των απαντήσεων στην ερώτηση: «Πού υπάρχει φως»;

B. Δεύτερη ομάδα ερωτήσεων που αφορά το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός.

3α. Στην ερώτηση «*Τι σημαίνουν για σένα οι λέξεις: Ανάκλαση του φωτός*» οι απαντήσεις των μαθητών ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες: **α)** επιστημονικά αποδεκτή άποψη **β)** επιστημονικά μη αποδεκτή άποψη και **γ)** αναπάντητη. Η δεύτερη κατηγορία χωρίστηκε σε πέντε υποκατηγορίες, ώστε να ομαδοποιηθούν οι κοινές εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών/-τριών ως προς το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός.

Αναλυτικά, οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν σε επτά ομάδες:

α) Επιστημονικά αποδεκτή (... όταν μια δέσμη ακτίνων φωτός φεύγει από την πηγή της και συναντά μια λεία και στιλπνή επιφάνεια, αλλάζει πορεία).

β) Επιστημονικά μη αποδεκτή:

β.1) Ταυτολογική απάντηση (... όταν οι ακτίνες ανακλώνται)

β.2) Επιστημονικά μη αποδεκτή (... όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια και επιστρέφουν ξανά στην πηγή του φωτός).

β.3) Επιστημονικά μη αποδεκτή (... όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια οποιαδήποτε επιφάνεια).

β.4) Επιστημονικά μη αποδεκτή (... όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια, αλλά μένουν εκεί).

β.5) Επιστημονικά μη αποδεκτή (... όταν οι ακτίνες περνούν μέσα από λεία επιφάνεια.).

γ) Αναπάντητη.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των παιδιών το 23,6% (N=33) απαντά σύμφωνα με την επιστημονική άποψη (βλ. απάντηση **α**). Στις περιπτώσεις που αναφέρονταν παραδείγματα, τα αντικείμενα τα οποία χρησιμοποιούσαν για να περιγράψουν το φαινόμενο της ανάκλασης προέρχονταν όλα από την καθημερινή τους εμπειρία (π.χ. *οι ακτίνες πέφτουν πάνω στο τζάμι του ρολογιού....ή του καθρέφτη και φωτίζω ένα άλλο σημείο*).

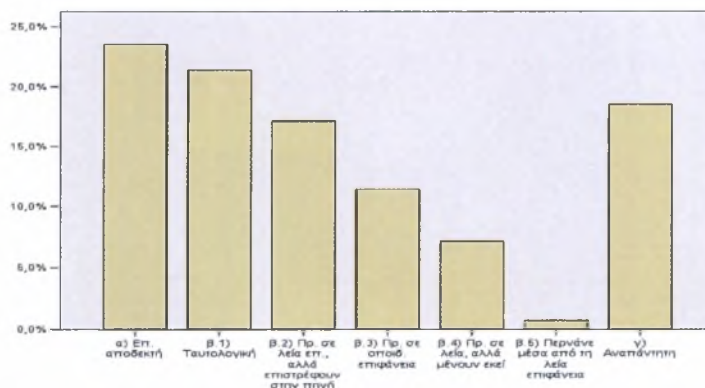
Το 57,8% (N=81) διατυπώνει άλλη άποψη. Αναλυτικότερα το 21,4% (N=30) δίνει ταυτολογική απάντηση (βλ. απάντηση **β1**), προφανώς λόγω αδυναμίας διατύπωσης

ή κατανόησης του φαινομένου (... όταν οι ακτίνες ανακλώνται). Το 17,1% (N=24) αναγνωρίζει ότι οι ακτίνες προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια, αλλά εκτιμά ότι οι ακτίνες επιστρέφουν ξανά πίσω στην πηγή (βλ. απάντηση β2). Αυτό βέβαια συμβαίνει όταν οι ακτίνες φωτός προσπίπτουν στην επιφάνεια κάθετα. Στην προσπάθεια να αποσαφηνιστούν οι απαντήσεις των μαθητών/-τριών έγινε αντιπαράθεση αυτών με τα αντίστοιχα σχέδιά τους. Διαπιστώθηκε ότι στις 22 από τις 24 περιπτώσεις οι σχεδιασμένες ακτίνες έπεφταν υπό γωνία.

Στο 11,4% (N=16) των απαντήσεων δεν γίνεται αναφορά σε λεία επιφάνεια και τα αναφερόμενα παραδείγματα (π.χ... όταν οι ακτίνες πέφτουν πάνω σε λουλούδι, σπίτι κ.λπ.) δείχνουν ότι τα παιδιά αυτά δεν θεωρούν απαραίτητη προϋπόθεση την ύπαρξη λείας επιφάνειας (βλ. απάντηση β3). Ένα μικρό ποσοστό 7,1% (N=10) αναφέρει ότι οι ακτίνες προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια, αλλά μένουν εκεί ή απορροφούνται από το αντικείμενο (βλ. απάντηση β4), και μια απάντηση αναφέρει ότι περνούν από μέσα από τη λεία επιφάνεια, (βλ. απάντηση β5). Οι αναπάντητες ερωτήσεις ανέρχονται σε ποσοστό 18,6% (N=26) (βλ. πίνακα 3, γράφημα 3).

Πίνακας 3: Απαντήσεις στην ερώτηση: «Τι σημαίνει για σένα: Ανάκλαση του φωτός;»

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		
		N=140	%	
Τι σημαίνει για σένα: Ανάκλαση του φωτός	α) Επιστημονικά αποδεκτή απάντηση	33	23,6	
	β) Επιστημονικά μη αποδεκτή απάντηση	β. 1) ταυτολογική	30	21,4
		β. 2) Προσπίπτει σε λεία επιφάνεια αλλά επιστρέφει στη πηγή	24	17,1
		β. 3) Προσπίπτει σε οποιαδήποτε επιφάνεια	16	11,4
		β.4) Προσπίπτει σε λεία επιφάνεια και μένει εκεί	10	7,1
		β.5) Προσπίπτει σε λεία επιφάνεια και τη διαπερνά	1	0,7
	γ) Αναπάντητη	26	18,6	



Γράφημα 3: Ποσοστιαία καταγραφή απαντήσεων στην ερώτηση «Τι σημαίνει ανάκλαση;»

3β. Στην ερώτηση «Τι σημαίνουν για σένα οι λέξεις: διάχυση του φωτός» οι απαντήσεις των μαθητών διακρίθηκαν, επίσης σε τρεις κατηγορίες: α) επιστημονικά αποδεκτή άποψη β) επιστημονικά μη αποδεκτή άποψη και γ) αναπάντητη.

Από τις απαντήσεις προέκυψε ότι το 12,9% (N=18) απαντά σύμφωνα με την επιστημονική άποψη (βλ. απάντηση α). Το 47,2% (N=66) διατυπώνει άλλη άποψη. Ένα μεγάλο ποσοστό 40% (N=56) δεν γνωρίζει ή δεν απαντά.

Οι εναλλακτικές αντιλήψεις που διατυπώνονται από τα παιδιά σχετικά με το φαινόμενο της διάχυσης είναι:

Απ. β1 όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια, αλλά μένουν εκεί... τις απορροφά το αντικείμενο, απάντησε το 20% των μαθητών/-τριών (N=28).

Απ. β2 όταν διαχέεται, ..., όταν παθαίνει διάχυση, (ταυτολογική απάντηση) απάντησε το 11,4% των μαθητών/-τριών (N=16)

Απ. β3 όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια, και τη διαπερνούν, απάντησε το 5% των μαθητών/-τριών (N=7)

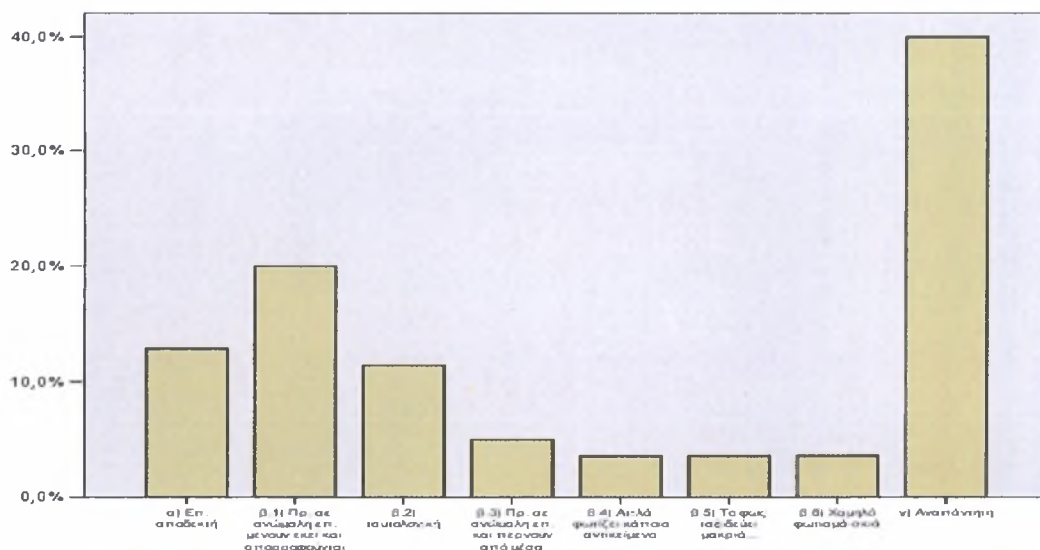
Απ. β4 όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια οποιαδήποτε επιφάνεια, ... όταν απλά φωτίζει ένα αντικείμενο, απάντησε το 3,6% των μαθητών/-τριών (N=5)

Απ. β5 όταν οι ακτίνες δεν προσπίπτουν σε μια καμιά επιφάνεια, απλά ταξιδεύουν πολύ μακριά, απάντησε το 3,6% των μαθητών/-τριών (N=5)

Απ. β6 όταν οι ακτίνες δεν μπορούν να περάσουν εύκολα εξαιτίας εμποδίων, όπως σκόνης, σύννεφων κ.λπ. με αποτέλεσμα να υπάρχει σκιά ή χαμηλός φωτισμός, απάντησε το 3,6% των μαθητών/-τριών (N=5) (βλ. πίνακα 4, γράφημα 4).

Πίνακας 4: Απαντήσεις στην ερώτηση: «Τι σημαίνει για σένα: Διάχυση του φωτός;»

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
			N=140	%
Τι σημαίνει για σένα: Διάχυση του φωτός	α) Επιστημονικά αποδεκτή		18	12,9
	β) Επιστημονικά μη αποδεκτή	β. 1) οι ακτίνες προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια, και μένουν εκεί... τις απορροφά το αντικείμενο	28	20
		β. 2) όταν διαχέεται... όταν παθαίνει διάχυση, (ταυτολογική απάντηση)	16	11,4
		β. 3) οι ακτίνες προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια, και τη διαπερνούν	7	5,0
		β.4) οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια οποιαδήποτε επιφάνεια, ... όταν απλά φωτίζει ένα αντικείμενο	5	3,6
		β.5) οι ακτίνες ταξιδεύουν πολύ μακριά	5	3,6
		β.6) οι ακτίνες δεν μπορούν να περάσουν εύκολα εξαιτίας εμποδίων	5	3,6
γ) Αναπάντητη		56	40,0	



Γράφημα 4. Ποσοστιαία καταγραφή απαντήσεων στην ερώτηση «Τι σημαίνει διάχυση;»

4. Η ερώτηση 4, «Τι συμβαίνει όταν μια ακτίνα πέφτει σε μάρμαρο, χόμα, βιτρίνα, τοίχο, καθρέφτη, σκόνη; Ανάκλαση- Διάχυση» (βλ. Παράρτημα 1), ήταν κλειστού τύπου και οι μαθητές/-τριες επέλεξαν τα αναφερόμενα αντικείμενα στα οποία παρατηρείται το φαινόμενο της ανάκλασης και της διάχυσης. Ως επιτυχημένες θεωρήθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών/-τριών που επέλεξαν για το φαινόμενο της ανάκλασης τις εξής επιφάνειες: μάρμαρο, καθρέφτη και βιτρίνα, ενώ για το φαινόμενο της διάχυσης το χόμα, τη σκόνη και τον τοίχο. Το ποσοστό των επιτυχημένων απαντήσεων ήταν αρκετά μεγάλο, ιδιαίτερα σε ότι αφορά αντικείμενα όπου παρατηρείται το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός (78,3%). Αυτό δείχνει ότι τα παιδιά απαντούν με βάση τις εμπειρίες τους (83,5%, 79,9%, 71,5% για τον καθρέφτη, το μάρμαρο και την βιτρίνα αντίστοιχα), και έχουν διαμορφώσει κάποιες απόψεις, αλλά δεν είναι απόλυτα ολοκληρωμένες (βλ. πίνακες 5, 6, 7).

Πίνακας 5: Τι συμβαίνει όταν μια ακτίνα πέφτει σε μάρμαρο ;

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	
	N=140	%
Επιτυχημένες	112	79,9
Αποτυχημένες	28	20,1

Πίνακας 6: Τι συμβαίνει όταν μια ακτίνα πέφτει σε βιτρίνα;

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	
	N=140	%
Επιτυχημένες	100	71,5
Αποτυχημένες	40	28,5

Πίνακας 7: Τι συμβαίνει όταν μια ακτίνα πέφτει σε καθρέφτη

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	
	N=140	%
Επιτυχημένες	117	83,5
Αποτυχημένες	23	16,5

Για τα αντικείμενα που παρατηρείται το φαινόμενο της διάχυσης του φωτός το ποσοστό επιτυχίας (ως επιτυχημένες θεωρήθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών/-τριών που επέλεξαν για το φαινόμενο της διάχυσης τις επιφάνειες: το χώμα, τη σκόνη και τον τοίχο) είναι μικρότερο, κατά μέσο όρο 62,9%. Αναλυτικότερα για το χώμα, τον τοίχο και τη σκόνη το ποσοστό επιτυχίας ήταν 63,9%, 66% και 57,4% αντίστοιχα (βλ. πίνακες 8, 9, 10).

Πίνακας 8: Τι συμβαίνει όταν μια ακτίνα πέφτει σε χώμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	
	N=140	%
Επιτυχημένες	89	63,9
Αποτυχημένες	51	36,1

Πίνακας 9: Τι συμβαίνει όταν μια ακτίνα πέφτει σε τοίχο;

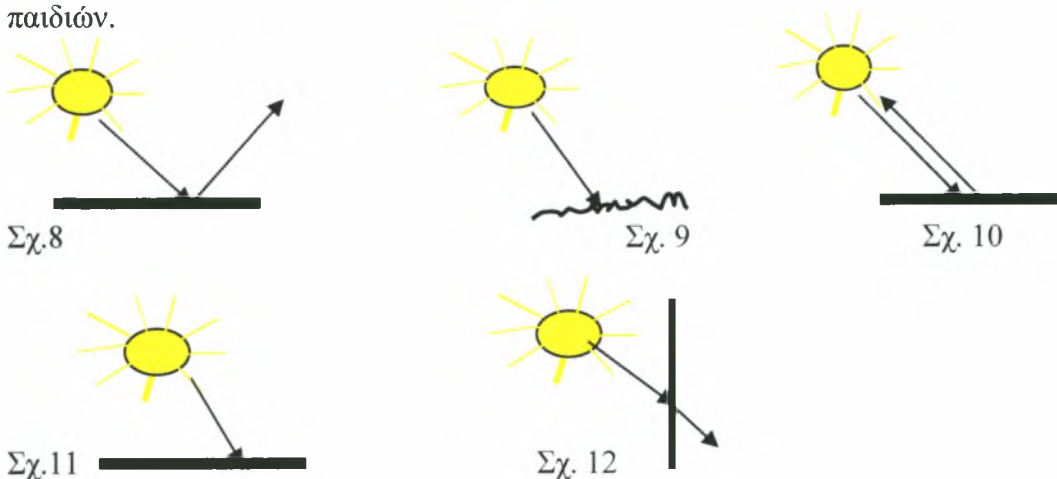
ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	
	N=140	%
Επιτυχημένες	92	66
Αποτυχημένες	48	34

Πίνακας 10: Τι συμβαίνει όταν μια ακτίνα πέφτει σε σκόνη;

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	
	N=140	%
Επιτυχημένες	80	57,4
Αποτυχημένες	60	42,6

5. Η ερώτηση 5 ζητούσε από τους μαθητές να σχεδιάσουν τις ακτίνες του ήλιου καθώς (βλ. παράρτημα 5): α) ανακλώνται στην επιφάνεια ενός αντικειμένου (φαινόμενο ανάκλασης του φωτός) και β) διαχέονται στην επιφάνεια ενός αντικειμένου (φαινόμενο διάχυσης του φωτός).

A. Τα σχέδια για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός κατηγοριοποιήθηκαν σε έξι ομάδες: Τα σχέδια καταμετρήθηκαν και διαπιστώθηκε ότι (βλ. πίνακα 11, γράφημα 5): α) Το επιστημονικά αποδεκτό, δηλαδή οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια λεία επιφάνεια και αλλάζουν πορεία (βλ. σχήμα 8), σχεδιάστηκε από το 36,4% (N=51) των παιδιών.



β) Το 55,7% (N=78) των παιδιών εκφράζει τη μη επιστημονικά αποδεκτή άποψη.

Συγκεκριμένα:

β.1) Οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια ανώμαλη επιφάνεια, (βλ. σχήμα 9): σχεδιάστηκε από το 17,1% (N=24).

β.2) Οι ακτίνες του ήλιου σχεδιάζονται να προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια, και γυρίζουν πίσω στη πηγή, ακόμα και αν πέφτουν υπό γωνία, (βλ. σχήμα 10): σχεδιάστηκε από το 19,3% (N=27).

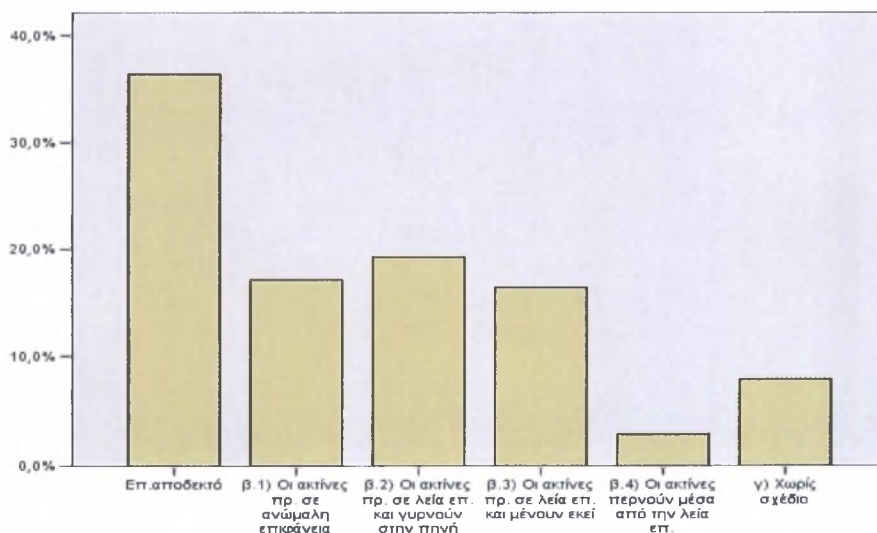
β.3) Οι ακτίνες του ήλιου σχεδιάζονται να προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια, αλλά σταματούν εκεί, (βλ. σχήμα 11): σχεδιάστηκε από το 16,4% (N=23).

β.4) Οι ακτίνες του ήλιου σχεδιάζονται να περνούν μέσα από τη λεία επιφάνεια, (βλ. σχήμα 12): σχεδιάστηκε από το 2,9% (N=4).

γ) Χωρίς σχέδιο: 7,9% (N=11).

Πίνακας 11: Σχέδια μαθητών/-τριών για το φαινόμενο της ανάκλασης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΧΕΔΙΩΝ		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
			N=140	%
Σχέδιο ανάκλασης	α) Επιστημονικά αποδεκτό		51	36,4
	β) Επιστημονικά μη αποδεκτό	β.1) Οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια ανώμαλη επιφάνεια	24	17,1
		β.2) Οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια, και γυρίζουν πίσω στη πηγή, ακόμα και αν πέφτουν υπό γωνία	27	19,3
		β.3) Οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια, και σταματούν εκεί	23	16,4
		β.4) Οι ακτίνες του ήλιου περνούν μέσα από λεία επιφάνεια	4	2,9
γ) Χωρίς σχέδιο		11	7,9	



Γράφημα 5: Σχέδια μαθητών/-τριών για το φαινόμενο της ανάκλασης

Συγκρίνοντας τα παραπάνω σχέδια των παιδιών με τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 3 που περιέγραφαν γραπτώς το φαινόμενο της ανάκλασης, μπορεί κάποιος να διαπιστώσει ότι το επιστημονικό μοντέλο υιοθετείται από μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών/-τριών όταν τους/ις ζητείται να το σχεδιάσουν (36,4%), από ότι όταν τους/ις ζητήται να το διατυπώσουν (23,6%). Αντιστρόφως ανάλογα οι «χωρίς σχέδιο» απαντήσεις είναι λιγότερες (7,9%) από τις αναπάντητες ερωτήσεις (18,6%). Προφανώς οι μαθητές/-τριες, έχουν πρόβλημα στον τρόπο διατύπωσης της σκέψης τους, γεγονός που μας οδηγεί να συμπαιράνουμε ότι μπορούμε να διερευνήσουμε καλύτερα τη σκέψη τους όταν τους ζητούμε να σχεδιάζουν, αντί να διατυπώνουν. Αυτό διαπιστώνεται επίσης, και από το ότι ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών/-τριών που κατανοούν το φαινόμενο, όπως αποδεικνύεται από το σχέδιο, δίνουν ταυτολογικές απαντήσεις όταν καλούνται να το διατυπώσουν.

Οι επικρατέστερες εναλλακτικές ιδέες που αναδείχθηκαν από την ερώτηση 3 και τα σχεδιαστικά έργα ήταν:

α) Ανάκλαση έχουμε: *όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια και γυρνούν πίσω στην πηγή* (19,3% στο σχέδιο και 17,1% στην ερώτηση 3).

β) Ανάκλαση έχουμε όταν: *Οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια ανώμαλη επιφάνεια ή γενικά σε οποιαδήποτε επιφάνεια, χωρίς να γίνεται διάκριση στο είδος της επιφάνειας* (17,1% στο σχέδιο και 11,4% στην ερώτηση 3).

γ) Ανάκλαση έχουμε όταν: *Οι ακτίνες προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια και μένουν εκεί* (16,4% στο σχέδιο και 7,1% στην ερώτηση 3).

B. Όσον αφορά τα σχέδια για το φαινόμενο της διάχυσης του φωτός, κατηγοριοποιήθηκαν σε επτά ομάδες (βλ. παράρτημα 5).

Τα σχέδια καταμετρήθηκαν και διαπιστώθηκε ότι: (βλ. πίνακα 12, γράφημα 6):

α) Επιστημονικά αποδεκτό (βλ. σχήμα 13), σχεδιάστηκε από το 12,1% (N=17). Το 66,5% (N=93) εκφράζει άλλη άποψη, ενώ το 2,9% (N=4) χωρίς σχέδιο. Αναλυτικά:

β) Επιστημονικά μη αποδεκτά:

β.1) *Οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια λεία επιφάνεια ή απλά σε ένα αντικείμενο* (βλ. σχήμα 14): σχεδιάστηκε από το 7,9% (N=11).

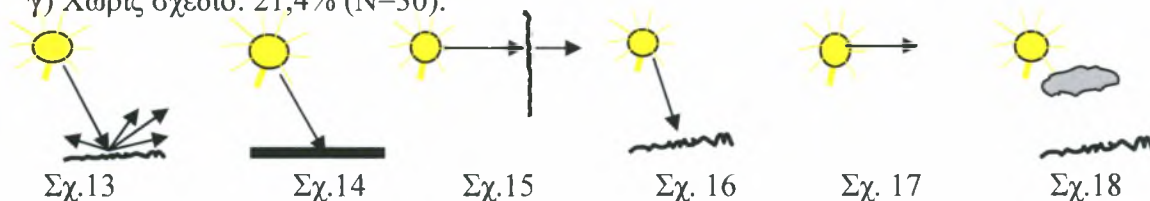
β.2) *Οι ακτίνες του ήλιου σχεδιάζονται να προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια, και τη διαπερνούν* (βλ. σχήμα 15): σχεδιάστηκε από το 10,7% (N=15).

β.3) Οι ακτίνες του ήλιου σχεδιάζονται να προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια, αλλά σταματούν εκεί (βλ. σχήμα 16): σχεδιάστηκε από το 35,7% (N=50).

β.4) Οι ακτίνες ταξιδεύουν μακριά... χωρίς να προσπίπτουν σε κάποιο εμπόδιο (βλ. σχήμα 17): σχεδιάστηκε από το 9,3% (N=13).

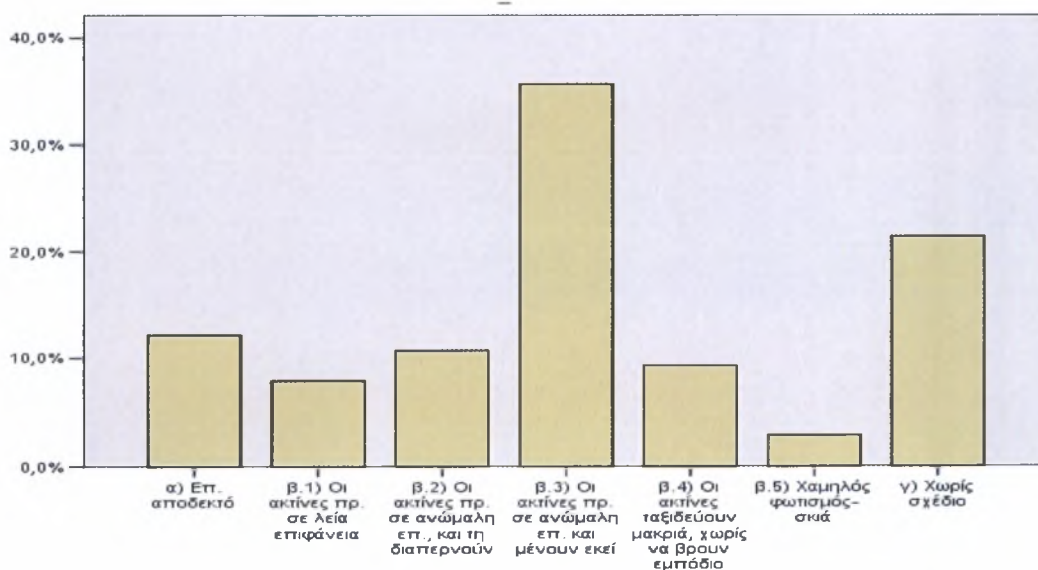
β.5) Δεν υπάρχει πολύ φως, εξαιτίας σύννεφου, σκόνης... ή το αντικείμενο δίνει σκιά (βλ. σχήμα 18): σχεδιάστηκε από το 2,9% (N=4)

γ) Χωρίς σχέδιο: 21,4% (N=30).



Πίνακας 12: Σχέδια μαθητών/-τριών για το φαινόμενο της διάχυσης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΧΕΔΙΩΝ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		
		N=140	%	
Σχέδιο διάχυσης	α) Επιστημονικά αποδεκτό	17	12,1	
	β) Επιστημονικά μη αποδεκτό	β.1) Οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια λεία επιφάνεια ή απλά σε ένα αντικείμενο	11	7,9
		β.2) Οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια, και τη διαπερνούν	15	10,7
		β.3) Οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια, και σταματούν εκεί	50	35,7
		β.4) Οι ακτίνες ταξιδεύουν μακριά... χωρίς να προσπίπτουν σε κάποιο εμπόδιο	13	9,3
		β.5) Δεν υπάρχει πολύ φως, εξαιτίας σύννεφου, σκόνης... ή το αντικείμενο δίνει σκιά	4	2,9
	γ) Χωρίς σχέδιο	30	21,4	



Γράφημα 6: Σχέδια μαθητών/-τριών για το φαινόμενο της διάχυσης

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα, και συγκρινόμενα με τα αποτελέσματα της ερώτησης 3 που ζητούσε από τα παιδιά να περιγράψουν το φαινόμενο της διάχυσης, διαπιστώνουμε ότι μαθητές/-τριες δεν έχουν ξεκάθαρες απόψεις για το φαινόμενο αυτό. Μόνο το 12,9% (N=18) περιέγραψε το φαινόμενο σύμφωνα με την επιστημονική άποψη και το 12,1% (N=17) έδωσε ανάλογο σχέδιο, ενώ ο αριθμός των παιδιών που δεν έδωσαν απάντηση ήταν αρκετά μεγάλος (N=56 στην ερώτηση 3, 40%, και N=30 στο σχέδιο 21,4%).

Οι επικρατέστερες εναλλακτικές ιδέες που αναδείχθηκαν ήταν:

α) Διάχυση έχουμε όταν οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια και σταματούν εκεί ή το αντικείμενο που προσπίπτουν απορροφά τις ακτίνες (35,7% στο σχέδιο και 20% στην ερώτηση 3).

β) Διάχυση έχουμε όταν οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια και τη διαπερνούν (10,7% στο σχέδιο και 5 % στην ερώτηση 3).

γ) Διάχυση έχουμε όταν οι ακτίνες του ήλιου δεν βρίσκουν κάποιο εμπόδιο, αλλά ταξιδεύουν σε μακρινή απόσταση (9,3% στο σχέδιο και 3,6 % στην ερώτηση 3)

Μελετώντας τις απαντήσεις για τα φαινόμενα της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός, διαπιστώνουμε ότι οι μαθητές/-τριες στην πλειοψηφία τους αναγνωρίζουν ότι η κύρια διαφορά των δυο φαινομένων εντοπίζεται στο είδος της επιφάνειας. Δεν έχουν όμως ολοκληρωμένη άποψη για το τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια και μετά την πρόσπτωση των ακτίνων. Μια άλλη διαφορά που υποθέτουν τα παιδιά ότι υπάρχει είναι ότι στο φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός οι ακτίνες επιστρέφουν στην πηγή τους, ενώ στο φαινόμενο της διάχυσης μένουν εκεί και απορροφώνται. Αυτό διαπιστώθηκε κατά σύγκριση των απαντήσεων των παιδιών που έδωσαν την παραπάνω απάντηση για το φαινόμενο της ανάκλασης (N=24), με τις απαντήσεις που έδωσαν οι ίδιοι/ες για το φαινόμενο της διάχυσης. Δηλαδή όσοι/ες απάντησαν στην ερώτηση 3^α «ανάκλαση έχουμε όταν οι ακτίνες γυρίζουν στην πηγή τους μετά την πρόσπτωση σε λεία επιφάνεια» απάντησαν για το φαινόμενο της διάχυσης ότι «...οι ακτίνες μένουν στην ανώμαλη επιφάνεια ή επιφάνεια τις απορροφά».

6. Στην ερώτηση 6 τα παιδιά καλούνταν να εξηγήσουν το λόγο για τον οποίο η ατμόσφαιρα της σελήνης δεν είναι φωτεινός, όπως ο ουρανός της γης την ημέρα. Οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν με τον ίδιο τρόπο σε τρεις ομάδες: α) Επιστημονικά αποδεκτή (...γίνεται διάχυση του φωτός στην ατμόσφαιρα της γης ή στη σκόνη του αέρα

ή στα μόρια του αέρα) β) Επιστημονικά μη αποδεκτή και γ) Αναπάντητη. Οι επιστημονικά μη αποδεκτές απόψεις χωρίστηκαν σε 5 υποκατηγορίες. Αναλυτικά οι απαντήσεις έχουν ως εξής (βλ. πίνακα 13, γράφημα 7):

α) Επιστημονικά αποδεκτή απάντηση έδωσε μόνο το 3,6% (N=5) των μαθητών/-τριών.

β) Επιστημονικά μη αποδεκτές:

β.1): *...γιατί δεν έχει ατμόσφαιρα: έδωσε το 20,7% (N=29) των μαθητών/-τριών. Αρκετοί μαθητές επισημαίνουν τη διαφορά στην ύπαρξη ατμόσφαιρας, αλλά δεν μπορούν να αποδώσουν τη φωτεινότητα της γήινης ατμόσφαιρας στο φαινόμενο της διάχυσης του φωτός.*

β.2) *...., γιατί οι ακτίνες δεν μπορούν να περάσουν το διάστημα...δε μεταδίδονται στο διάστημα....το φως φωτίζει μόνο πλανήτες). Το 19,3% (N= 27) αποδίδει μια ιδιότητα στο φως, της μη μετάδοσης στο κενό, προκειμένου να εξηγήσει το φαινόμενο.*

β.3) *...., γιατί είναι πολύ μακριά, δε φτάνει αρκετό φως) έδωσε 10,7% (N=15) των μαθητών/-τριών.*

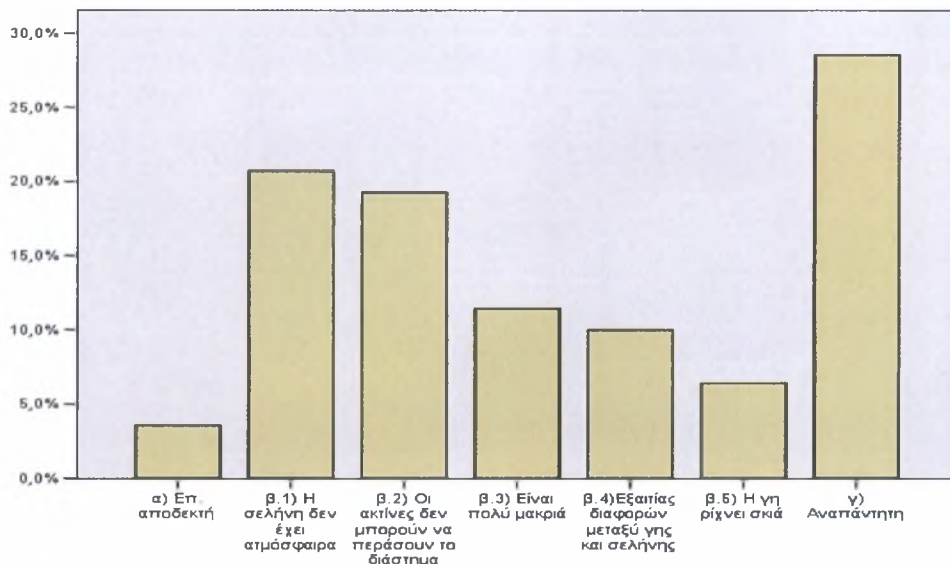
β.4) Το 10,7% των μαθητών/-τριών (N=15) εντοπίζει διαφορές ανάμεσα στη γη και τη σελήνη, αιτιολογώντας το φαινόμενο (*...., γιατί δεν έχει όζον, θάλασσα, δορυφόρους).*

β.5) *...., γιατί η γη ρίχνει τη σκιά της, ...έχει σκιά) έδωσε 6,4% (N=9) των μαθητών/-τριών.*

γ) Αναπάντητη. Ένας μεγάλος αριθμός παιδιών (N=40 ή 28,6%) δεν έδωσε απάντηση στη συγκεκριμένη ερώτηση.

Πίνακας 13. Απαντήσεις μαθητών/-τριών στην ερώτηση: «Για ποιο λόγο ο ουρανός της σελήνης δεν είναι φωτεινός, όπως ο ουρανός της γης την ημέρα;»

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		
		N=140	%	
Για ποιο λόγο ο ουρανός της σελήνης δεν είναι φωτεινός, όπως ο ουρανός της γης την ημέρα;	α) Επιστημονικά αποδεκτή	5	3,6	
	β) Επιστημονικά μη αποδεκτές	β.1) <i>...γιατί δεν έχει ατμόσφαιρα</i>	29	20,7
		β.2) <i>γιατί οι ακτίνες δεν μπορούν να περάσουν το διάστημα...δε μεταδίδονται στο διάστημα....το φως φωτίζει μόνο πλανήτες</i>	27	19,3
		β.3) <i>γιατί είναι πολύ μακριά, δε φτάνει αρκετό φως</i>	15	10,7
		β.4) <i>γιατί δεν έχει όζον, θάλασσα, δορυφόρους</i>	15	10,7
		β.5) <i>γιατί η γη ρίχνει τη σκιά της, ...έχει σκιά</i>	9	6,4
γ) Αναπάντητη	40	28,6		



Γράφημα 7: Απαντήσεις που δόθηκαν στην ερώτηση: «Για ποιο λόγο ο ουρανός της σελήνης δεν είναι φωτεινός, όπως ο ουρανός της γης την ημέρα;»

Γ. Τρίτη ομάδα ερωτήσεων που αφορά τον τρόπο που αντιλαμβάνονται οι μαθητές/-τριες τη λειτουργία της όρασης.

7. Στην ερώτηση 7.1 τα παιδιά καλούνταν να περιγράψουν και να σχεδιάσουν τι συμβαίνει όταν κοιτούν ένα αντικείμενο π.χ. α) ένα λουλούδι (ετερόφωτο σώμα) β) ένα αναμμένο κερί (αυτόφωτο σώμα).

Οι περιγραφές τους κατηγοριοποιήθηκαν σε τρεις ομάδες:

α) Έκαναν περιγραφή υποδηλώνοντας τον ενεργητικό ρόλο του ματιού (... το βλέπω, ...εστιάζω πάνω του, ...απλά το κοιτάζω κ.λπ.).

β) Έκαναν περιγραφή υποδηλώνοντας τον δεκτικό ρόλο του ματιού (... , έρχονται οι ακτίνες στα μάτια μου, ..., η εικόνα τυπώνεται στα μάτια μου, ..., στέλνει το αντικείμενο ακτίνες στα μάτια μου κ.λπ.).

γ) Χωρίς καμιά περιγραφή.

Το 42,9% (N=60) υποδηλώνει στις περιγραφές τον ενεργητικό ρόλο του ματιού (βλ. απάντηση **α**) και μάλιστα σε μια περίπτωση αναφέρεται ότι «... όταν θέλω να το δω καλά, βγάζω αόρατες φλόγες από τα μάτια μου». Το 25% (N=35) δηλώνουν το δεκτικό ρόλο του ματιού (βλ. απάντηση **β**) και το 32,1% (N=45) δεν απαντά.

Τα σχέδιά τους για κάθε αντικείμενο (αυτόφωτο και ετερόφωτο) κατηγοριοποιήθηκαν σε τέσσερις ομάδες:

α) Απλή σύνδεση, χωρίς κατεύθυνση.

- β) Σύνδεση με κατεύθυνση από αντικείμενο στο μάτι.
- γ) Σύνδεση με κατεύθυνση από μάτι στο αντικείμενο.
- δ) Χωρίς σύνδεση.

Το ποσοστό των σχεδίων των μαθητών/-τριών που απλά αποτύπωναν μια σύνδεση μεταξύ αντικειμένου και ματιού χωρίς να σημειώσουν κατεύθυνση (βλ. απάντηση α) ή δεν έκαναν σύνδεση (βλ. απάντηση δ) ήταν ίδιο και στις δυο εικόνες που δόθηκαν κεριού και λουλουδιού (25,7%, N=36 και 5,7% N=8 αντίστοιχα).

Στατιστική διαφορά υπήρξε στα σχέδια που δήλωναν κατεύθυνση ($X^2=20,4$, $DF=3$, $p<0.001$). Τα σχέδια που αποτύπωναν τη σύνδεση *αντικείμενο* → *μάτι* (βλ. απάντηση β) στην εικόνα που το αντικείμενο ήταν το αναμμένο κεριό ανέρχονταν στο 30% (N=42), σε αντίθεση με τα σχέδια στα οποία το αντικείμενο ήταν το λουλούδι (14,3 %, N=20). Αντίστροφα τα σχέδια με σύνδεση *μάτι* → *αντικείμενο* (βλ. απάντηση γ) στην εικόνα που το αντικείμενο απεικόνιζε αναμμένο κεριό το ποσοστό ανέρχονταν στο 38,6% (N=54), σε αντίθεση με τα σχέδια στα οποία το αντικείμενο ήταν το λουλούδι 54,3 % (N=76) (βλ. πίνακα 14).

Πίνακας 14: Σχέδια μαθητών/-τριών που δηλώνουν τι συμβαίνει ανάμεσα στο μάτι και στο αντικείμενο

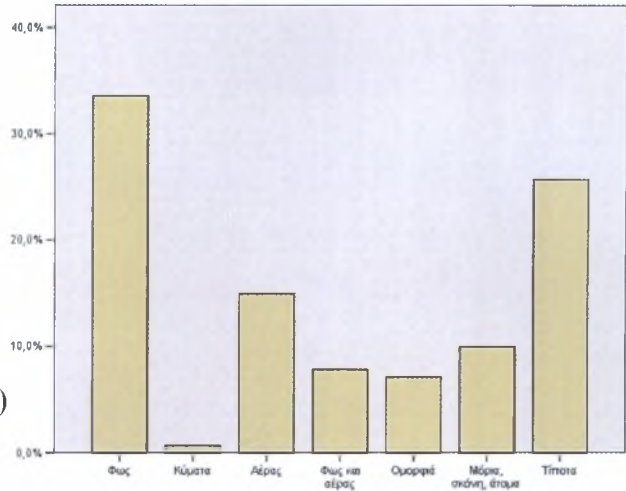
ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.			
		(αναμμένο κεριό) Αυτόφωτο σώμα		(λουλούδι) Ετερόφωτο σώμα	
		N=140	%	N=140	%
Να σχεδιάσετε αυτό που νομίζετε ότι συμβαίνει όταν κοιτάτε ένα αντικείμενο	α) Απλή σύνδεση, χωρίς κατεύθυνση	36	25,7	36	25,7
	β) Σύνδεση με κατεύθυνση από αντικείμενο στο μάτι	42	30,0	20	14,3
	γ) Σύνδεση με κατεύθυνση από μάτι στο αντικείμενο	54	38,6	76	54,3
	δ) Χωρίς σύνδεση	8	5,7	8	5,7

Ερμηνεύοντας τα παραπάνω αποτελέσματα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα παιδιά αντιλαμβάνονται διαφορετικά τον τρόπο που βλέπουμε τα αυτόφωτα σώματα από τον τρόπο που βλέπουμε τα ετερόφωτα αντικείμενα και ένα μεγάλο σχετικά ποσοστό εξακολουθεί να υιοθετεί το μοντέλο Υποκινούμενης εκπομπής (Dedes, 2005) με τη σύνδεση *μάτι* → *αντικείμενο* ('ενεργητικού' ματιού).

Στο υποερώτημα της ερώτησης 7 καλούνταν να απαντήσουν αν υπάρχει κάτι ανάμεσα στα μάτια και στο αντικείμενο τη στιγμή που το κοιτούν. Οι κατηγορίες απαντήσεων που δόθηκαν ήταν

(βλ. γράφημα 8):

- α) Φως, ακτίνες φωτός, 33,6% (N=47)
- β) Κύματα, 0,7% (N=1)
- γ) Αέρας 15% (N=21)
- δ) Φως και αέρας, 7,9% (N=11)
- ε) Ομορφιά, 7,1% (N=10)
- στ) Μόρια, σκόνη, άτομα, 10% (N=14)
- ζ) Τίποτα, 25,7% (N=36)



Γράφημα 8: Απαντήσεις στην ερώτηση: «Υπάρχει κάτι ανάμεσα στο μάτι και στο αντικείμενο;»

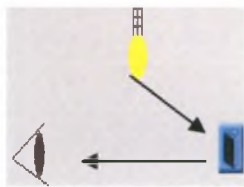
Όπως παρατηρούμε, περίπου το 1/3 των μαθητών αναγνωρίζει ότι το φως είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να δούμε (υπάρχει ανάμεσα στο μάτι και αντικείμενο) και το ποσοστό αυτό είναι περίπου ίδιο με το ποσοστό της απάντησης (β) της 1^{ης} ερώτησης «Τι είναι για σένα το φως;».

8. Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο ερώτημα αν θα μπορούσες να δεις στο απόλυτο σκοτάδι, κατηγοριοποιήθηκαν σε τρεις ομάδες:

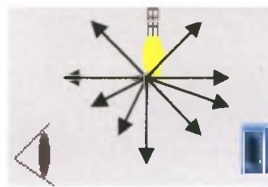
- α) «Ναι, θα μπορούσα» σε ποσοστό 9,3% (N=13).
- β) «Ναι», υπό προϋποθέσεις (π.χ. ...αν είχα μάτια γάτας, ... αν έχει φανταχτερά χρώματα, ...,αν άνοιγα πολύ τα μάτια μου) σε ποσοστό 6,4% (N=9) και
- γ) «Όχι δεν θα μπορούσα» σε ποσοστό 84,3% (N=118).

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι και στην ερώτηση αυτή ένα ποσοστό 15,7% (το 6.4% υπό προϋποθέσεις) εξακολουθεί να ισχυρίζεται ότι μπορεί να βλέπει στο σκοτάδι, υποδηλώνοντας τον «ενεργητικό» ρόλο του ματιού, καταλαβαίνοντας έτσι, το πόσο ισχυρές είναι μερικές από τις προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών.

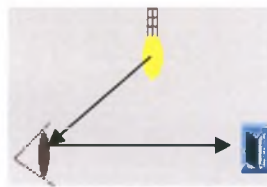
9. Στην ερώτηση 9, ζητείται από τα παιδιά να σχεδιάσουν τις ακτίνες φωτός ανάμεσα στο μάτι ενός παιδιού που βλέπει ένα βιβλίο και μιας λάμπας που φωτίζει. Τα σχέδια κατηγοριοποιήθηκαν σε οκτώ κατηγορίες:



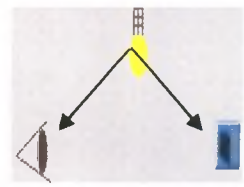
Σχ.α



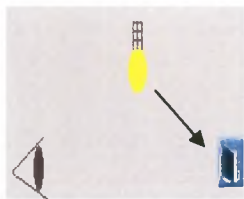
Σχ.β



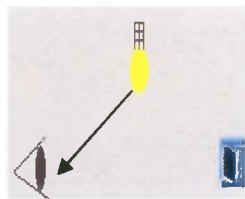
Σχ.γ



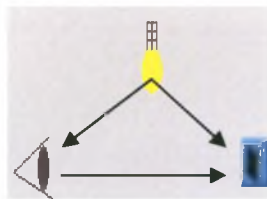
Σχ.δ



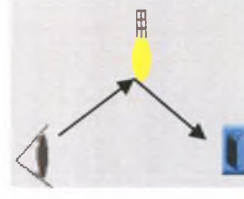
Σχ.ε



Σχ.στ



Σχ.ζ



Σχ.η

α) Επιστημονικό μοντέλο (βλ. σχήμα α), σύμφωνα με το οποίο το φως εκπέμπεται από τα αυτόφωτα σώματα και μερικώς επανεκπέμπεται από τα φωτισμένα ετερόφωτα σώματα, (βλ. σχήμα1).

β) Λουτρό φωτός (βλ. σχήμα β).

γ) Φως – μάτι – αντικείμενο. Μοντέλο Υποκινούμενης Εκπομπής (Emission model) (Dedes, 2005), σύμφωνα με το οποίο η όραση είναι μια ενεργητική διαδικασία που εμπλέκει το φως (βλ. σχήμα γ).

δ) Διπλός φωτισμός. Η πηγή φωτίζει το μάτι και το αντικείμενο ταυτόχρονα (βλ. σχήμα δ).

ε) Φως – αντικείμενο. Παθητικός ο ρόλος του ματιού (βλ. σχήμα ε).

στ) Φως – μάτι. Διαδικασία που εμπλέκει το φως, ασκώντας καταλυτικό ρόλο, αποτυπώνοντας έτσι το αντικείμενο, χωρίς υποκινούμενη εκπομπή (βλ. σχήμα στ)

ζ) Φως-μάτι-αντικείμενο και φως- αντικείμενο (Μοντέλο Συνεταιριστικής Εκπομπής) (Dedes, 2005). Το αντικείμενο καθίσταται το επίκεντρο της διαδικασίας της όρασης από τη στιγμή που ταυτόχρονα φωτίζεται, τόσο από την πηγή, όσο και από το μάτι (βλ. σχήμα ζ).

η) Μάτι-φως-αντικείμενο. Το μάτι αποκτά έναν ενεργητικό ρόλο που κάνει αντιληπτό το αντικείμενο μέσω του φωτός (βλ. σχήμα η)

Μετά την καταμέτρηση διαπιστώθηκε ότι (βλ. πίνακα 15, γράφημα 9):

α) Το «επιστημονικό μοντέλο» (βλ. σχήμα α) σχεδιάστηκε από το 16,4% (N=23).

β) Το «Λουτρό φωτός» (βλ. σχήμα β) σχεδιάστηκε από το 28,6% (N=40).

γ) Το μοντέλο υποκινούμενης εκπομπής με τη σύνδεση $\Phi\omega\varsigma \rightarrow \mu\acute{\alpha}\tau\iota \rightarrow \alpha\upsilon\tau\iota\kappa\epsilon\acute{\iota}\mu\epsilon\upsilon\omicron$, (βλ. σχήμα γ) σχεδιάστηκε από το 24,3% (N=34).

δ) Το μοντέλο του «Διπλού φωτισμού» (βλ. σχήμα δ) σχεδιάστηκε από το 12,1% (N=17).

ε) Το σχέδιο με τη σύνδεση $\Phi\omega\varsigma \rightarrow \alpha\upsilon\tau\iota\kappa\epsilon\acute{\iota}\mu\epsilon\upsilon\omicron$, (βλ. σχήμα ε) σχεδιάστηκε από το 2,9% (N=4).

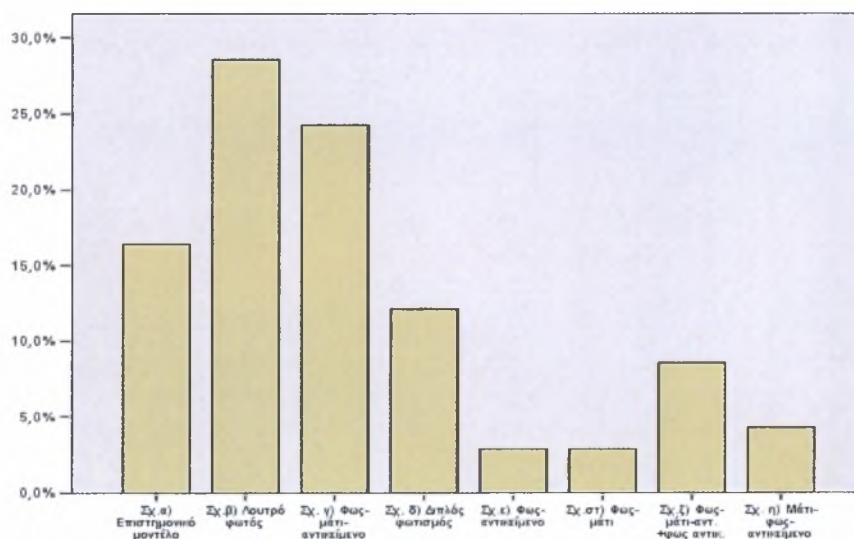
στ) Το σχέδιο με σύνδεση $\Phi\omega\varsigma \rightarrow \mu\acute{\alpha}\tau\iota$ (βλ. σχήμα στ) σχεδιάστηκε από το 2,9% (N=4).

ζ) Το μοντέλο «συνεταιριστικής εκπομπής» ($\Phi\omega\varsigma \rightarrow \mu\acute{\alpha}\tau\iota \rightarrow \alpha\upsilon\tau\iota\kappa\epsilon\acute{\iota}\mu\epsilon\upsilon\omicron$ και $\Phi\omega\varsigma \rightarrow \alpha\upsilon\tau\iota\kappa\epsilon\acute{\iota}\mu\epsilon\upsilon\omicron$), (βλ. σχήμα ζ) σχεδιάστηκε από το 8,6% (N=12).

η) Το σχέδιο με τη σύνδεση $\mu\acute{\alpha}\tau\iota \rightarrow \Phi\omega\varsigma \rightarrow \alpha\upsilon\tau\iota\kappa\epsilon\acute{\iota}\mu\epsilon\upsilon\omicron$ (βλ. σχήμα η) σχεδιάστηκε από το 4,3% (N=6).

Πίνακας 15: Σχέδια των μαθητών/-τριών που αναπαριστούν ακτίνες ανάμεσα στο μάτι, το αντικείμενο και τη λάμπα που φωτίζει

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΧΕΔΙΩΝ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
		N=140	%
Σχεδιάστε τις ακτίνες φωτός ανάμεσα στο μάτι ενός παιδιού που βλέπει ένα βιβλίο και μιας λάμπας που φωτίζει	Σχ. α: επιστημονικό μοντέλο	23	16,4
	Σχ. β: 'λουτρό' φωτός	40	28,6
	Σχ. γ: μοντέλο 'υποκινούμενης' εκπομπής, $\Phi\omega\varsigma \rightarrow \mu\acute{\alpha}\tau\iota \rightarrow \alpha\upsilon\tau\iota\kappa\epsilon\acute{\iota}\mu\epsilon\upsilon\omicron$	34	24,3
	Σχ. δ: 'διπλός' φωτισμός	17	12,1
	Σχ. ε: $\Phi\omega\varsigma \rightarrow \alpha\upsilon\tau\iota\kappa\epsilon\acute{\iota}\mu\epsilon\upsilon\omicron$	4	2,9
	Σχ. στ: $\Phi\omega\varsigma \rightarrow \mu\acute{\alpha}\tau\iota$	4	2,9
	Σχ. ζ: μοντέλο 'συνεταιριστικής' εκπομπής ($\Phi\omega\varsigma \rightarrow \mu\acute{\alpha}\tau\iota \rightarrow \alpha\upsilon\tau\iota\kappa\epsilon\acute{\iota}\mu\epsilon\upsilon\omicron$ και $\Phi\omega\varsigma \rightarrow \alpha\upsilon\tau\iota\kappa\epsilon\acute{\iota}\mu\epsilon\upsilon\omicron$)	12	8,6
	Σχ. η: $\mu\acute{\alpha}\tau\iota \rightarrow \Phi\omega\varsigma \rightarrow \alpha\upsilon\tau\iota\kappa\epsilon\acute{\iota}\mu\epsilon\upsilon\omicron$	6	4,3



Γράφημα 9: Ποσοστιαία καταγραφή των σχεδίων που αναπαριστούν ακτίνες ανάμεσα στο μάτι, το αντικείμενο και τη λάμπα που φωτίζει

Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των παραπάνω σχεδίων, επιβεβαιώνονται και από την βιβλιογραφία (Guesne 1976, Tiberghien et al., 1980, Andersson & Smith,

1982, Andersson & Karrqvist, 1983, Watts, 1985, Boyes & Stanisstreet 1991, Osborne et al., 1993, Ravanis, 1999, Hosson & Kaminski, 2002, Ravanis et al., 2002) για παιδιά αυτής της ηλικίας. Παρατηρούμε ότι σχεδόν το 1/3 των μαθητών/-τριών σχεδίασε το «Λουτρό φωτός» (βλ. σχήμα β) (28,6%, N=40). Αυτό σημαίνει ότι ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό παιδιών παρουσιάζει ερμηνείες στηριγμένες σε κάποιο ακαθόριστο και ανακριβή μηχανισμό που πλησιάζουν στην περιγραφή του επιστημονικού μοντέλου αλλά είναι ελλιπές.

Το 40,9% (N=56) των μαθητών/-τριών παρουσίασε σχέδια (γ, στ, ζ, η) που υποδήλωναν τον ενεργητικό ρόλο του ματιού, συμφωνώντας με τα αποτελέσματα ερμηνειών των σχεδίων της ερώτησης 7 στην οποία τα παιδιά καλούνταν να περιγράψουν και να σχεδιάσουν τι συμβαίνει όταν κοιτούν ένα αντικείμενο.

Το 43,6% (N=61) των μαθητών/-τριών παρουσίασε σχέδια (β, δ, ε) που υποδήλωναν τον παθητικό ρόλο του ματιού.

Το «επιστημονικό μοντέλο» (βλ. σχήμα α) σχεδιάστηκε από το 16,4% (N=23).

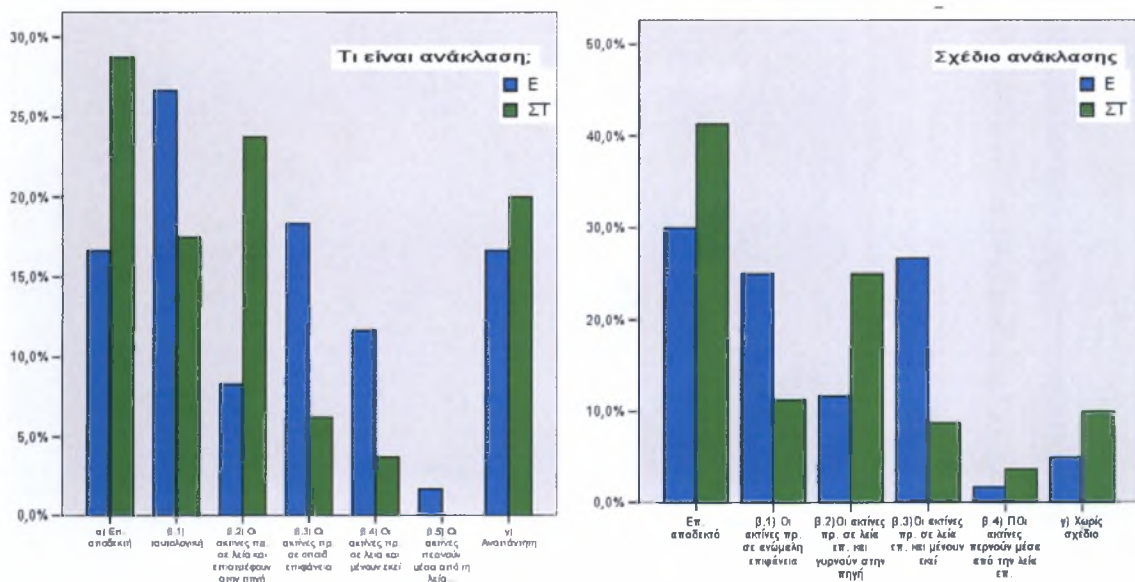
5.3 Σύγκριση των απαντήσεων του αρχικού ερωτηματολογίου σε σχέση με την τάξη και το φύλο

A. Σύγκριση των αποτελεσμάτων των απαντήσεων των μαθητών/-τριών της Ε' (N=60) τάξης με αυτά της ΣΤ' (N=80) τάξης έγινε για κάθε μια ερώτηση ξεχωριστά. Υπενθυμίζεται ότι η ΣΤ' τάξη δεν έχει διδαχτεί τα φαινόμενα της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός, έχει όμως εισαχθεί σε αρκετές έννοιες της Οπτικής στην περσινή Ε' τάξη (Φωτεινές πηγές, Διάδοση του φωτός, Διαφανή, ημιδιαφανή και αδιαφανή σώματα, Φως και σκιές). Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη μέθοδο X^2 (Pearson chi-Square) και για τις απαντήσεις του πίνακα της ερώτησης 4 με τη μέθοδο X^2 (Fisher's Exact Test), όπου διαπιστώθηκε ότι:

Στην πρώτη ομάδα ερωτήσεων (1, 2) του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα 1) που διερευνήθηκαν οι ιδέες των μαθητών/-τριών για το φως δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά. Ωστόσο, στην πρώτη ερώτηση «Τι σημαίνει φως;» φαίνεται να υιοθετούν την απάντηση «οντότητα» μαθητές/-τριες της ΣΤ' τάξης σε μεγαλύτερο ποσοστό (28,8%) από ότι μαθητές/-τριες της Ε' τάξης (15,5%). Αντιθέτως η απάντηση «Ανάγκη-Προϋπόθεση» υιοθετήθηκε από μαθητές/-τριες της ΣΤ' τάξης σε ποσοστό 21,3% έναντι 41,7% της Ε' τάξης. Οι άλλες απαντήσεις της πρώτης ερώτησης

ανέρχονταν περίπου στο ίδιο ποσοστό. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στη δεύτερη ερώτηση «Πού υπάρχει φως;». Η κυρίαρχη αντίληψη που επικρατεί και στις δυο τάξεις για το πού είναι το φως είναι ότι το φως βρίσκεται στην πηγή από όπου εκπέμπεται ή στο σημείο που φωτίζεται από την πηγή φωτός.

Στη δεύτερη ομάδα ερωτήσεων (3, 4, 5, 6) του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα 1), όπου διερευνώνται οι αντιλήψεις των μαθητών/-τριών για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός, παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των απαντήσεων των παιδιών Ε' και Στ' τάξης στις ερωτήσεις 3^α και 5^α που αφορούσαν το φαινόμενο της ανάκλασης: $X^2=17,15$, $DF=6$, $p=0,009$ στην ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα η λέξη ανάκλαση» και $X^2=16,45$, $DF=5$, $p=0,006$ στο σχέδιο του φαινομένου της ανάκλασης. Φαίνεται ότι οι μαθητές/-τριες της ΣΤ' υιοθετούν σε μεγαλύτερο ποσοστό την επιστημονική άποψη (βλ. γράφημα 10) αν και παρατηρούμε ότι μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών/-τριών της ΣΤ' τάξης διατυπώνει την άποψη ότι οι ακτίνες μετά την πρόσπτωση σε λεία επιφάνεια επιστρέφουν στην πηγή τους.

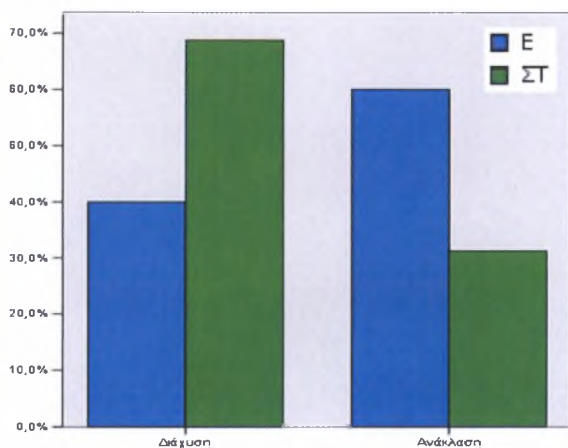


Γράφημα 10: Σύγκριση των απαντήσεων και των σχεδίων των μαθητών/-τριών Ε' και ΣΤ' τάξης για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός. Η διαφορά στην υιοθέτηση της επιστημονικής άποψης είναι στατιστικά σημαντική.

Για το φαινόμενο της διάχυσης του φωτός δεν υπάρχει στατιστικά μεγάλη διαφορά στις απόψεις τους ($p>0,05$). Παρ' όλα αυτά επιστημονική άποψη υιοθετείται σε μεγαλύτερο ποσοστό από τους μαθητές της ΣΤ' τάξης στην ερώτηση 3^β και 5^β. Η κυρίαρχη ιδέα που επικρατεί για το φαινόμενο αυτό είναι ότι «οι ακτίνες προσπίπτουν σε

μα ανώμαλη επιφάνεια και μένουν εκεί σε ποσοστό 21,7% και 18,8% για την Ε' και την ΣΤ' τάξη αντίστοιχα.

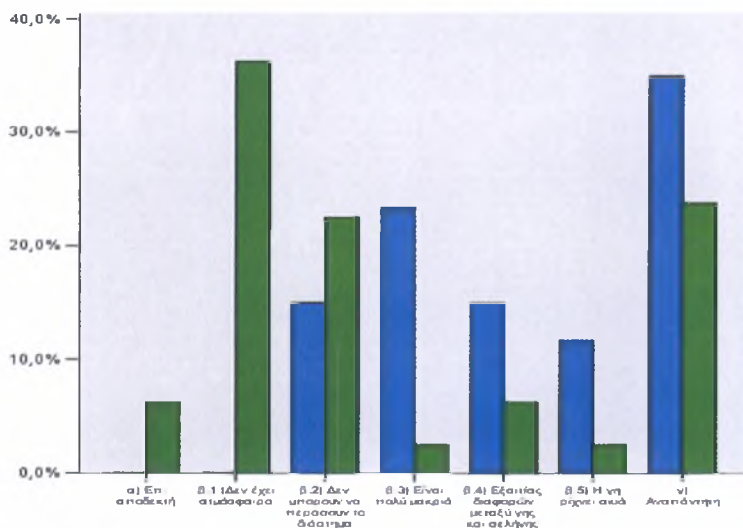
Στατιστικά σημαντική διαφορά (ακριβής δίπλευρος έλεγχος Fisher $p<0,001$) παρατηρήθηκε στην απάντηση του πίνακα 4 που αφορούσε την ερώτηση «*Τι γίνεται όταν οι ακτίνες πέσουν σε σκόνη ανάκλαση ή διάχυση;*» (βλ. γράφημα 11). Η αποδεκτή απάντηση (διάχυση) ήταν 40% για την Ε' τάξη και 68,8% για την ΣΤ'.



Γράφημα 11: Σύγκριση των απαντήσεων μεταξύ μαθητών/-τριών Ε' και Στ' τάξης στην ερώτηση «*Τι γίνεται όταν οι ακτίνες πέσουν σε σκόνη ανάκλαση ή διάχυση;*»

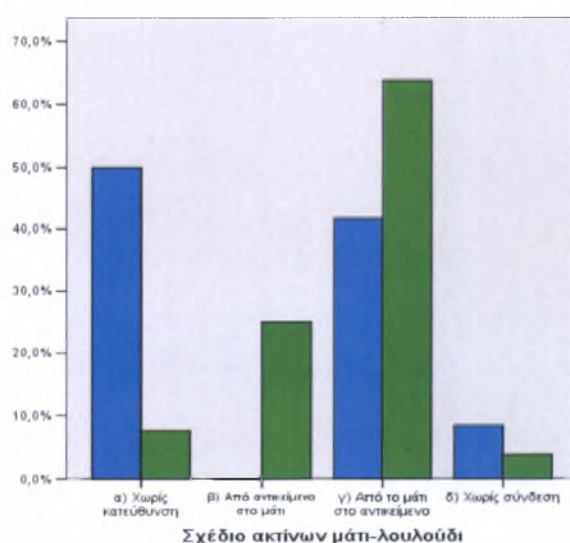
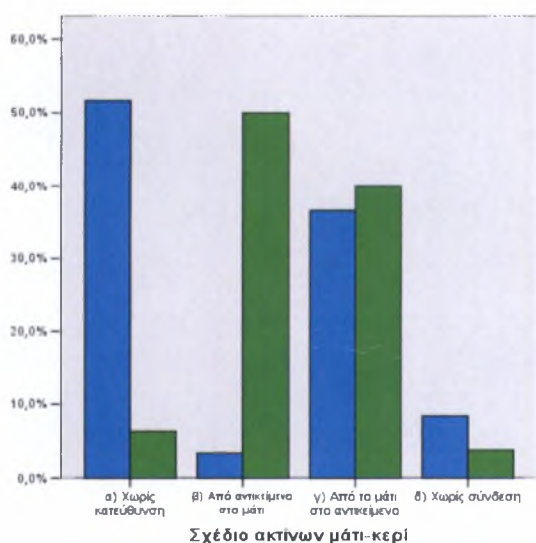
Επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά ($p<0,001$) παρατηρήθηκε στην ερώτηση 6 (βλ. Παράρτημα 1), όπου καλούνταν να εξηγήσουν για ποιο λόγο ο ουρανός της σελήνης δεν είναι φωτεινός, όπως ο ουρανός της γης την ημέρα. Οι μαθητές/-τριες της ΣΤ' τάξης απάντησαν ότι η διαφορά οφείλεται στην μη ύπαρξη ατμόσφαιρας στη σελήνη σε ποσοστό 36,3%, σε αντίθεση με τους/ις μαθητές/-τριες της Ε' τάξης (0%), χωρίς όμως να δώσουν ως ερμηνεία το φαινόμενο της διάχυσης που συμβαίνει στην ατμόσφαιρα της γης (βλ. γράφημα 12).

Στην τρίτη ομάδα ερωτήσεων (3, 4, 5, 6) του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα 1), όπου διερευνώνται οι αντιλήψεις των μαθητών/-τριών για τον τρόπο που λειτουργεί η όραση, παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις ερωτήσεις 7 και 8.



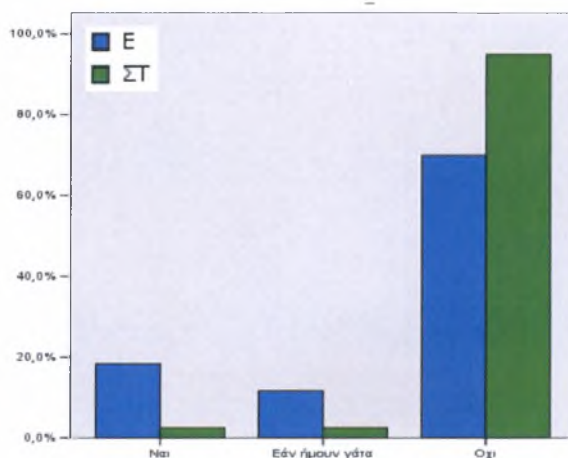
Γράφημα 12: Σύγκριση των ερμηνειών, μεταξύ μαθητών/-τριών Ε' και ΣΤ' τάξης στην ερώτηση για ποιο λόγο ο ουρανός της σελήνης δεν είναι φωτεινός, όπως ο ουρανός της γης την ημέρα

Συγκεκριμένα, στην ερώτηση 7 ($X^2=53,75$, $DF=3$, $p<0,001$), το 50,85% των μαθητών/-τριών της Ε' τάξης σχεδίασαν ακτίνες που συνέδεαν το αντικείμενο με το μάτι χωρίς κατεύθυνση, ενώ μόνο το 6,9% της ΣΤ' τάξης σχεδίασαν με τον ίδιο τρόπο, και επιπλέον μεγάλη διαφορά υπήρξε στην επιλογή κατεύθυνσης (βλ. γράφημα. 13). Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές/-τριες της Ε' τάξης δεν έχουν ακόμα τη δυνατότητα να δώσουν λεπτομέρειες σχετικά με το ρόλο του φωτός στην οπτική διαδικασία, όπως διαπιστώθηκε και από τη βιβλιογραφική αναφορά (βλ. Κεφ.1^ο, σελ. 18, Tiberghien et al., 1980, Andersson & Karrqvist, 1983, Osborne et al., 1993, Ravanis, 1999, Ravanis et al., 2002).



Γράφημα 13: Σύγκριση των αντιλήψεων των παιδιών Ε' και ΣΤ' τάξης, σχετικά με το τι συμβαίνει ανάμεσα στο μάτι και στο αντικείμενο

Το γεγονός ότι η προϋπάρχουσα ιδέα του «ενεργητικού ματιού» (Dedes, 2005) που υποδηλώνει το μοντέλο Υποκινούμενης Εκπομπής (Emmision model) είναι τόσο καλά εδραιωμένη στους μαθητές/-τριες της Ε' τάξης, φαίνεται και από τις απαντήσεις στην ερώτηση 8: «Θα μπορούσες να δεις στο απόλυτο σκοτάδι;», όπου το 30% (συνολικά) απαντά «ναι» ή «ναι», υπό προϋποθέσεις, σε αντίθεση με το 5% των μαθητών/-τριών της ΣΤ' τάξης (βλ. γράφημα 14).



Γράφημα 14: Σύγκριση των απαντήσεων των παιδιών Ε' και ΣΤ' τάξης στην ερώτηση: «Θα μπορούσες να δεις στο απόλυτο σκοτάδι;»

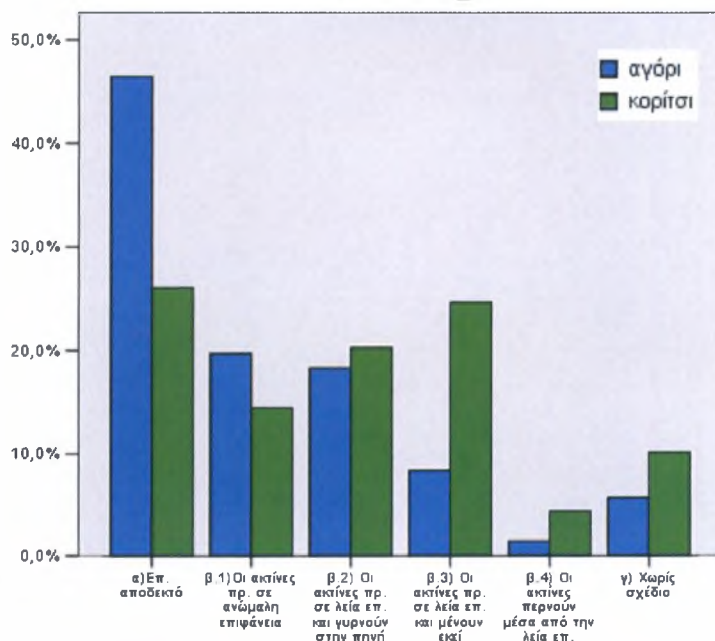
Το επιστημονικό μοντέλο υιοθετείται σε μεγαλύτερο ποσοστό από μαθητές/-τριες της ΣΤ' τάξης με επικρατέστερες ιδέες όμως και για τις δυο τάξεις το «Μοντέλο υποκινούμενης εκπομπής» και το «Λουτρό φωτός». Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι, υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε παιδιά Ε' και ΣΤ' τάξης, στις απαντήσεις τους για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός και για τον τρόπο που αντιλαμβάνονται τη λειτουργία της όρασης.

Β. Σύγκριση των αποτελεσμάτων των απαντήσεων έγινε και μεταξύ μαθητών (N=71) και μαθητριών (N=69). Δεν διαπιστώθηκαν διαφορές σε ερωτήσεις που αφορούσαν τις ιδέες τους για το φως και τον τρόπο που λειτουργεί η όραση. Στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε μόνο στην ερώτηση 5^α ($X^2=12,17$, $DF=5$, $p=0,03$). Στην ερώτηση 5^α τα παιδιά έπρεπε να απεικονίσουν το φαινόμενο της ανάκλασης. Παρατηρήθηκε ότι το 46,5% των αγοριών σχεδίασαν την πορεία των ακτίνων φωτός σύμφωνα με το επιστημονικό μοντέλο, ενώ το 5,6% δεν έδωσε κάποιο σχέδιο. Στα κορίτσια τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 26,1% και 10,1%. Επίσης, διαφορά παρατηρήθηκε και στα σχέδια που αποτύπωναν τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών για το ίδιο

φαινόμενο, με σημαντικότερη αυτή που αποτύπωνε τις ακτίνες να προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια αλλά να σταματούν εκεί (βλ. πίνακα 16, γράφημα 15). Το παραπάνω σχέδιο σχεδιάστηκε από το 24,6% των κοριτσιών και από το 8,5% των αγοριών.

Πίνακας 16: Σύγκριση των σχεδίων των κοριτσιών και των αγοριών για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΧΕΔΙΩΝ	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.				
		Αγόρια		Κορίτσια		
		N=71	%	N=69	%	
Σχέδιο ανάκλασης	α) Επιστημονικά αποδεκτό	33	46,5	18	26,1	
	β) Επιστημονικά μη αποδεκτό	β.1) οι ακτίνες προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια	14	19,7	10	14,5
		β.2) οι ακτίνες προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια, και επιστρέφουν πίσω στη πηγή	13	18,3	14	20,3
		β.3) οι ακτίνες προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια και σταματούν εκεί	6	8,5	17	24,6
		β.4) οι ακτίνες του ήλιου περνούν μέσα από τη λεία επιφάνεια	1	1,4	3	4,3
	γ) Χωρίς σχέδιο	4	5,6	7	10,1	



Γράφημα 15: Σύγκριση των σχεδίων των κοριτσιών και των αγοριών για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός

Η διαφορά αυτή, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική, εντοπίζεται και στην ερώτηση 3: «Τι σημαίνει για σένα η λέξη: Ανάκλαση του φωτός». Τα αγόρια έδωσαν

την επιστημονικά αποδεκτή απάντηση σε ποσοστό 26,8% και τα κορίτσια σε ποσοστό 20,3%.

Ίσως, αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί, σύμφωνα με την Szendrei (1996, σελ. 428) στο είδος των παιχνιδιών που συνηθίζονται να παίζονται από τα αγόρια (π.χ. παιχνίδια «κατασκευής») που καλλιεργούν την αντιληπτή ικανότητα στο χώρο και αναπτύσσουν τις γεωμετρικές σχεδιαστικές ικανότητες καλύτερα από τα λεγόμενα «κοριτσιίστικα» παιχνίδια που σε πολλές κοινωνίες αναγκάζονται να παίζουν. Οι κάποιες μικρές διαφορές που έχουν διαπιστωθεί από την Second International Study (SIMS) για λογαριασμό της International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) μπορούν να αποδοθούν στις διαφορετικές εμπειρίες που βιώνουν τα αγόρια από τα κορίτσια ανάλογα με το κοινωνικοπολιτιστικό υπόβαθρο που μεγαλώνουν.

5.4 Σύγκριση των απαντήσεων του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού ερωτηματολόγιου της Ε' τάξης.

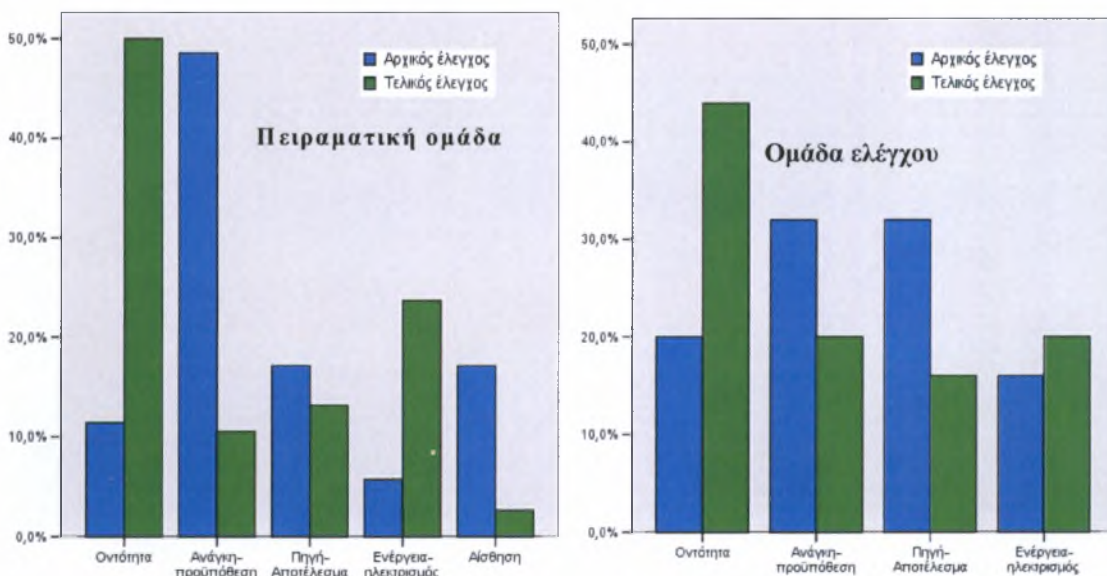
A. Πρώτη ομάδα ερωτήσεων που αφορά το φως:

1. Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο τελικό ερωτηματολόγιο στην 1^η ερώτηση «*Τι σημαίνει για σένα η λέξη φως;*» έδειξε ότι υπήρχε αλλαγή στις αρχικές απόψεις των μαθητών/-τριών της Π.Ο. και της Ο.Ε. μετά τη διδασκαλία. Στο τελικό ερωτηματολόγιο φάνηκε ότι περισσότεροι μαθητές/-τριες αναγνωρίζουν το φως ως μια φυσική οντότητα που υπάρχει στο χώρο μεταξύ πηγής και αποτελέσματος, από ότι στο αρχικό (βλ. πίνακα 17).

Συγκεκριμένα, 11 μαθητές/-τριες από τους 25 της Ο.Ε. υιοθέτησαν την απάντηση αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 5 στο αρχικό (αύξηση 24%) και 19 μαθητές/-τριες από τους 38 της Π.Ο. έναντι 4 (αύξηση 38,6%). Παρατηρούμε ότι η αύξηση στις απαντήσεις που θεωρούν το φως ως οντότητα, είναι μεγαλύτερη στην πειραματική ομάδα, χωρίς να είναι στατιστικά σημαντική. Ανάλογα αναθεώρησαν τις άλλες απόψεις που είχαν εκδηλώσει στο αρχικό ερωτηματολόγιο (πηγή – αποτέλεσμα ανάγκη, αίσθηση). Αύξηση των απαντήσεων που θεωρούσαν το φως ως ενέργεια, παρατηρήθηκε και στις δυο ομάδες (βλ. γράφημα 16).

Πίνακας 17: Σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Τι είναι φως;» του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
		N=35	%	N=38	%	N=25	%	N=25	%
Τι είναι φως;	Πηγή – αποτέλεσμα	6	17,1	5	13,2	8	32,0	4	16,0
	Ανάγκη	17	48,6	4	10,5	8	32,0	5	20,0
	Ενέργεια	2	5,7	9	23,7	4	16,0	5	20,0
	Οντότητα	4	11,4	19	50,0	5	20,0	11	44,0
	Αίσθηση	6	17,1	1	2,6	0	0,0	0	0,0



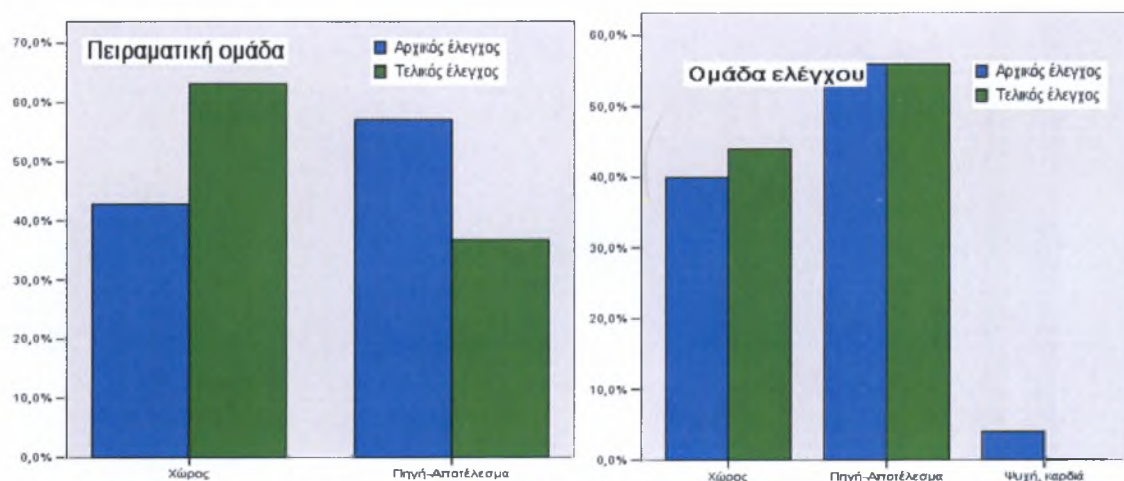
Γράφημα 16: Ποσοστιαία σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Τι είναι φως;» του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

2. Στη 2^η ερώτηση «Πού κατά τη γνώμη σου υπάρχει φως;» οι απαντήσεις που δόθηκαν στο αρχικό ερωτηματολόγιο και από τις δυο ομάδες, έδειξαν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό πιστεύει ότι το φως βρίσκεται μόνο στην πηγή από όπου εκπέμπεται ή στο μέρος όπου αποτυπώνεται. Στο τελικό ερωτηματολόγιο τα ποσοστά για την Ο.Ε. παρέμειναν περίπου τα ίδια, ενώ για την π.Ο. διαφοροποιήθηκαν. Η πλειοψηφία των μαθητών/-τριών της Π.Ο. πιστεύει μετά τη διδασκαλία ότι το φως βρίσκεται στο «χώρο» (ανάμεσα στην πηγή και στο αποτέλεσμά της), (βλ. πίνακα 18, γράφημα 17). Συγκεκριμένα, 11 μαθητές/-τριες από τους/ις 25 της Ο.Ε. υιοθέτησαν την άποψη αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 10 στο αρχικό (αύξηση 4%), και 24 μαθητές/-τριες

από τους/ις 38 της Π.Ο. έναντι 15 (αύξηση 20,3%). Η διαφορά στις απαντήσεις των μαθητών/-τριών της Π.Ο. είναι στατιστικά σημαντική, ($\chi^2=2,27$, $DF=3$, $p<0,05$).

Πίνακας 18: Σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Πού κατά τη γνώμη σου υπάρχει φως;» του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
		N=35	%	N=38	%	N=25	%	N=25	%
<i>Πού κατά τη γνώμη σου υπάρχει φως;</i>	Πηγή – αποτέλεσμα	20	57,1	14	36,8	14	56	14	56
	χώρος	15	42,9	24	63,2	10	40	11	44
	Καρδιά-ψυχή	0	0	0	0	1	4	0	0



Γράφημα 17: Ποσοστιαία σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Πού κατά τη γνώμη σου υπάρχει φως;» του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

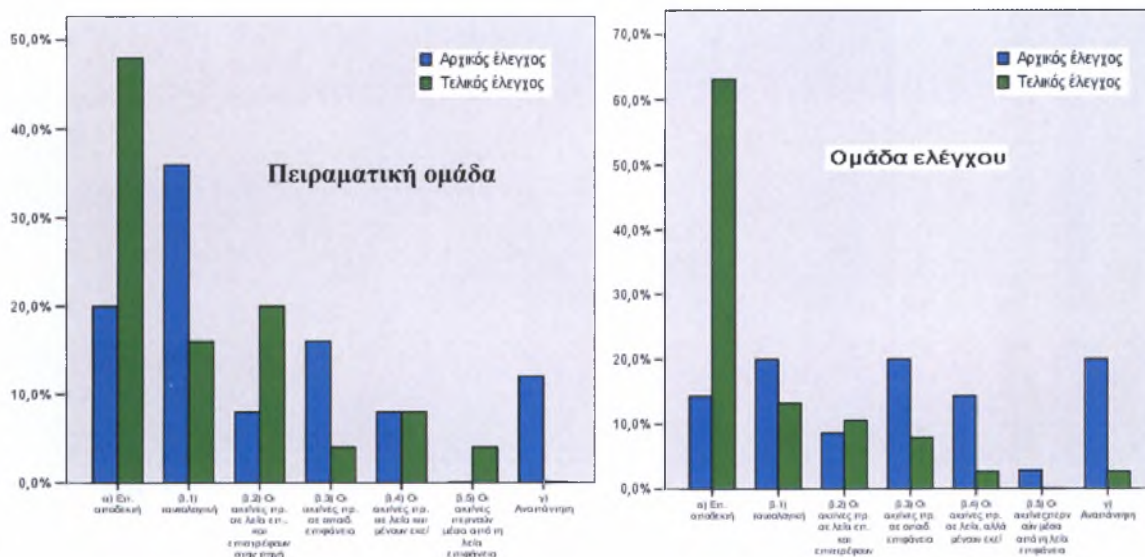
Β. Δεύτερη ομάδα ερωτήσεων που αφορά το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός.

3α. Στην 3^η ερώτηση «Τι σημαίνουν για σένα οι λέξεις: Ανάκλαση του φωτός» οι μαθητές/-τριες και των δυο ομάδων αναθεώρησαν τις απόψεις τους μετά τη διδασκαλία και αυξήθηκε το ποσοστό που υιοθέτησε την επιστημονική άποψη. Συγκεκριμένα, 12 μαθητές/-τριες από τους/ις 25 της Ο.Ε. υιοθέτησαν την άποψη αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 5 στο αρχικό (αύξηση 28%) και 25 μαθητές/-τριες από τους/ις 38 της Π.Ο. έναντι 5 (αύξηση 51,5%). Κυρίαρχη εναλλακτική ιδέα παρέμεινε η β.2, «... όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια λεία επιφάνεια και γυρνούν στην πηγή», και μάλιστα

σε μεγαλύτερο ποσοστό στην Ο.Ε., (οι 5/25 για την Ο.Ε. και οι 3/38 για την Π.Ο.), ενώ μειώθηκαν οι συχνότητες στις άλλες κατηγορίες απαντήσεων. Η διαφορά που παρουσιάστηκε στις απαντήσεις της Π.Ο. στο τελικό ερωτηματολόγιο είναι στατιστικά σημαντική ($X^2=22,60$, $DF=6$, $p=0,001$), (βλ. πίνακα 19, γράφημα 18).

Πίνακας 19: Σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα: Ανάκλαση του φωτός;» του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις στο τελικό των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ		Π.Ο.				Ο.Ε.			
			ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
			N=35	%	N=38	%	N=25	%	N=25	%
Τι σημαίνει για σένα: Ανάκλαση του φωτός;	α) επιστημονικά αποδεκτή		5	14,3	25	65,8	5	20	12	48
	β) επιστημονικά αποδεκτή	β.1) ταυτολογική απάντηση	7	20	5	13,2	9	36	4	16
		β.2) ...οι ακτίνες επιστρέφουν ξανά πίσω στην πηγή	3	8,6	3	7,9	2	8	5	20
		β.3) ... οι ακτίνες προσπίπτουν σε κάποια επιφάνεια	7	20	3	7,9	4	16	1	4
		β.4) ... οι ακτίνες μένουν στη λεία επιφάνεια	5	14,3	1	2,6	2	8	2	8
		β.5) ... περνούν από μέσα από τη λεία επιφάνεια	1	2,9	0	0	0	0	1	4
	γ) Αναπάντητη		7	20	1	2,6	3	12	0	0



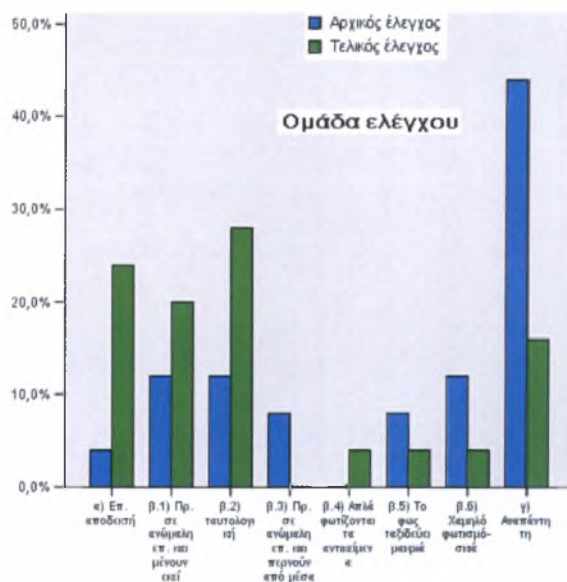
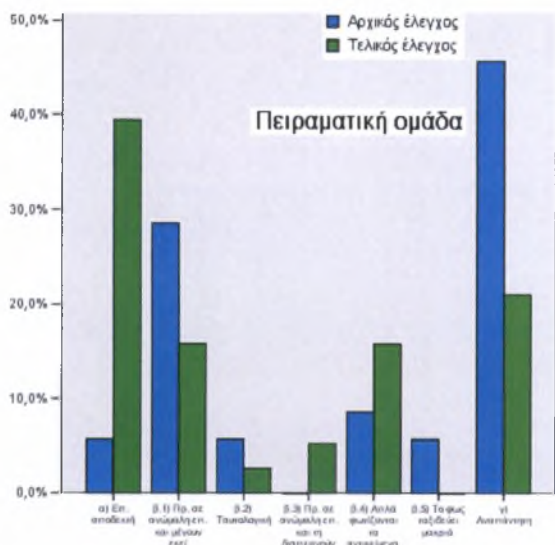
Γράφημα 18: Ποσοστιαία σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα: Ανάκλαση του φωτός;» του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

3β. Στην 3^η ερώτηση «Τι σημαίνουν για σένα οι λέξεις: Διάχυση του φωτός» οι μαθητές/-τριες και των δυο ομάδων αναθεώρησαν τις απόψεις τους μετά τη διδασκαλία

και αυξήθηκε το ποσοστό που υιοθέτησε την επιστημονική άποψη. Συγκεκριμένα, 15 μαθητές/-τριες από τους/ις 38 της Π.Ο. υιοθέτησαν την άποψη αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 2 στο αρχικό (αύξηση 33,8%), και 6 μαθητές/-τριες από τους/ις 25 της Ο.Ε. έναντι 1 στο αρχικό (αύξηση 20%). Κυρίαρχη εναλλακτική ιδέα παρέμεινε η β.1, «... όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια ανώμαλη επιφάνεια και μένουν εκεί ή απορροφούνται (20% για την Ο.Ε., N=5 και 15,8%, N=6 για την Π.Ο.), η οποία μάλιστα ενισχύθηκε στο τελικό ερωτηματολόγιο από τους μαθητές/-τριες της Ο.Ε.. Οι αναπάντητες ερωτήσεις μειώθηκαν (σε 4 από 11 για την Ο.Ε. και σε 1 από 7 για την Π.Ο.). Η διαφορά που παρουσιάστηκε στις απαντήσεις της Π.Ο. στο τελικό ερωτηματολόγιο είναι στατιστικά σημαντική ($X^2=18,85$, $DF=6$, $p=0,004$) (βλ. πίνακα 20, γράφημα 19).

Πίνακας 20: Σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα: Διάχυση του φωτός;» του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ		Π.Ο.				Ο.Ε.			
			ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
			N=35	%	N=38	%	N=25	%	N=25	%
Τι σημαίνει για σένα: Διάχυση του φωτός;	α) επιστημονικά αποδεκτή		2	5,7	15	39,5	1	4,0	6	24,0
	β) επιστημονικά μη αποδεκτή	β.1).. οι ακτίνες προσπίπτουν σε ανώμαλη επ. και μένουν εκεί	10	28,8	6	15,8	3	12,0	5	20,0
		β.2) ταυτολογική	2	5,7	1	2,6	3	12,0	7	28,0
		β.3)... οι ακτίνες προσπίπτουν σε ανώμαλη επ. και τη διαπερνούν	0	0,0	2	5,3	2	8,0	0	0,0
		β.4) ... απλά φωτίζει κάποιο αντικείμενο	3	8,6	6	15,8	0	0,0	1	4,0
		β.5) ... το φως ταξιδεύει μακριά, χωρίς εμπόδιο	3	8,6	6	15,8	2	8,0	1	4,0
		β.6) ...όταν έχει χαμηλό φωτισμό-σκιά	0	0,0	0	0,0	3	12,0	1	4,0
	γ) Αναπάντητη		7	20	1	2,6	11	44,0	4	16,0



Γράφημα 19: Ποσοστιαία σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα: Διάχυση του φωτός;» του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

4. Στο ερώτημα 4 «Τι συμβαίνει όταν μια ακτίνα πέσει πάνω σε μάρμαρο, βιτρίνα, καθρέφτη» όπου παρατηρείται το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός συγχωνεύθηκαν και υπολογίστηκε ο ποσοστιαίος μέσος όρος (Μ.Ο.) των επιτυχημένων απαντήσεων. Ως επιτυχημένες θεωρήθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών/-τριών που επέλεξαν για το φαινόμενο της ανάκλασης τις εξής επιφάνειες: μάρμαρο, καθρέφτη και βιτρίνα, ενώ για το φαινόμενο της διάχυσης το χώμα, τη σκόνη και τον τοίχο.

Στο αρχικό ερωτηματολόγιο ο ποσοστιαίος μέσος όρος (Μ.Ο.) των επιτυχημένων απαντήσεων ήταν αρκετά μεγάλος και στις δυο ομάδες (72,4% για την Π.Ο. και 78,6% για την Ο.Ε.). Στο τελικό ερωτηματολόγιο ο Μ.Ο. των επιτυχημένων απαντήσεων ανήλθε στο 88,2% για την Π.Ο. (αύξηση 15,8%) και 84% για την Ο.Ε. (αύξηση 5,4%). Η αύξηση των επιτυχημένων απαντήσεων στην Π.Ο. είναι μεγαλύτερη από την αύξηση που παρατηρήθηκε στην Ο. Ε. χωρίς να είναι στατιστικά σημαντική. Το ίδιο διαπιστώθηκε και στα αντικείμενα που παρατηρείται το φαινόμενο της διάχυσης (τοίχος, χώμα, σκόνη), αλλά με μικρότερα ποσοστά επιτυχίας: 88,2% στο τελικό από 72,4% στο αρχικό για την Π.Ο. (αύξηση 15,8%), και 58% ο Μ.Ο. επιτυχημένων απαντήσεων από 52% για την Ο.Ε. (αύξηση 6%) (βλ. πίνακα 21).

Πίνακας 21: Ποσοστιαία σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση 4 του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης για αντικείμενα όπου παρατηρείται το φαινόμενο ανάκλασης και διάχυσης του φωτός

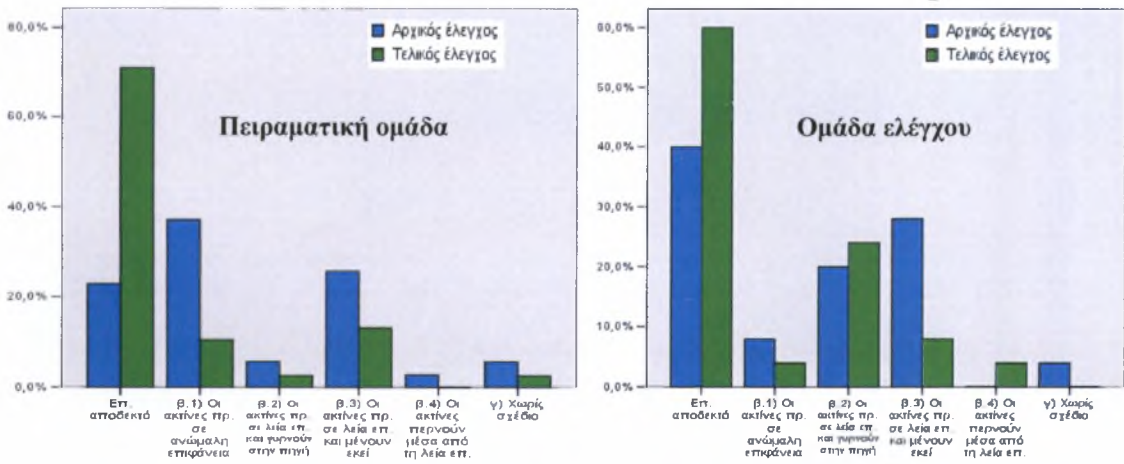
Ερώτηση 4	Ο.Ε.				Ο.Ε.			
	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤ.	
	Φ. Ανάκλ.	Φ. Διάχ.	Φ. Ανάκλ.	Φ. Διάχ.	Φ. Ανάκλ.	Φ. Διάχ.	Φ. Ανάκλ.	Φ. Διάχ.
	M.O (%)	M.O (%)	M.O (%)	M.O (%)	M.O (%)	M.O (%)	M.O (%)	M.O (%)
Επιτυχημένες	72.4	50.4	88.2	66.6	78,6	52	84	58.6
Αποτυχημένες	27.6	49.6	15.8	33.3	21.4	48	16	41.4

5^α . Όσον αφορά τα σχέδια που παρουσιάστηκαν στο τελικό ερωτηματολόγιο διαπιστώθηκε, όπως και στην ερώτηση 3 ότι αυξήθηκε το ποσοστό των παιδιών που υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο και στις δυο ομάδες (Ο.Ε. και Π.Ο.)

Συγκεκριμένα, 27 μαθητές/-τριες από τους/ις 35 της Π.Ο. υιοθέτησαν την άποψη αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 8 (αύξηση 48,2%) και 15 μαθητές/τριες από τους/ις 25 της Ο.Ε. έναντι 10 στο αρχικό (αύξηση 20%). Η διαφορά στα σχέδια που παρουσιάστηκε στο τελικό ερωτηματολόγιο από τα παιδιά της Π.Ο. ήταν στατιστικά σημαντική ($X^2=27,34$, $DF=5$, $p<0,001$), σε αντίθεση με αυτά της Ο.Ε. ($p=0,287$). Επίσης και εδώ, όπως στην ερώτηση 3, το σχέδιο β.2 που αποτυπώνει ακτίνες να προσπίπτουν σε μια λεία επιφάνεια και να γυρνούν στην πηγή σχεδιάστηκε από 6 παιδιά στα 25 της Ο.Ε. και 1 παιδιά στα 35 της Π.Ο. (βλ. πίνακα 22, γράφημα 20). Η παραπάνω εναλλακτική ιδέα των παιδιών της Ο.Ε. αντί να αναθεωρηθεί, διατηρήθηκε και ενισχύθηκε κατά 1 άτομο.

Πίνακας 22: Σύγκριση σχεδίων του φαινόμενου της ανάκλασης των μαθητών/-τριών του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.				
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		
		N=35	%	N=38	%	N=25	%	N=25	%	
Σχέδιο ανάκλασης	α) επιστημονικά αποδεκτή	8	22.9	27	71.1	10	40.0	15	60.0	
	β) επιστημονικά μη αποδεκτή	β.1) οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια ανώμαλη επ.	13	37,1	4	10.5	2	8,0	1	4,0
		β.2)... προσπίπτουν σε λεία επ. και επιστρέφουν πίσω	2	5.7	1	2,6	5	20,0	6	24,0
		β.3) ... μένουν στη λεία επιφάνεια	9	25.7	5	13,2	7	28,0	2	8,0
		β.4) ... περνούν μέσα από τη λεία επιφάνεια	1	2.9	0	0,0	1	4,0	0	0,0
	γ) Χωρίς σχέδιο	2	5,7	1	2,6	0	0,0	1	4,0	



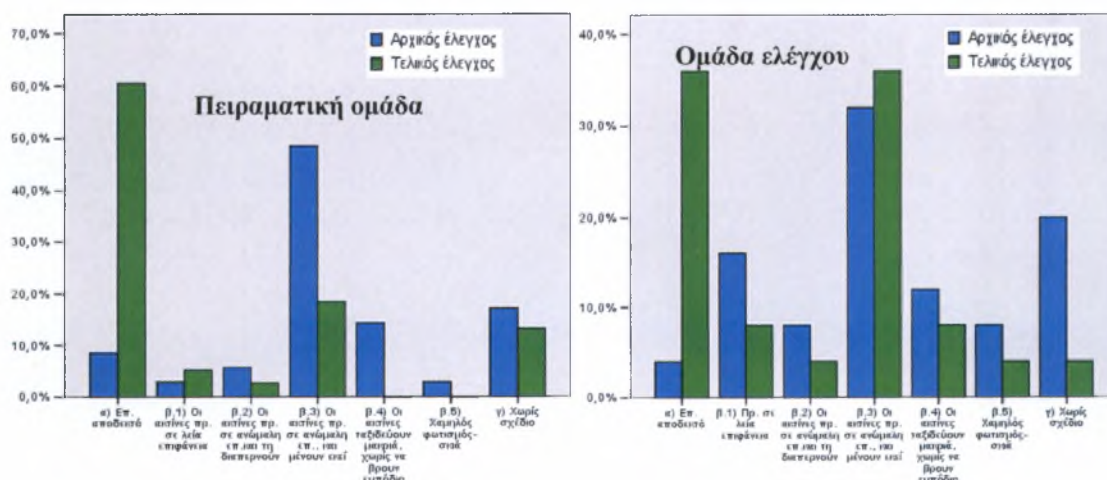
Γράφημα 20: Ποσοστιαία σύγκριση σχεδίων του φαινομένου της ανάκλασης των μαθητών/-τριών του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε'

5^β. Για το σχέδιο του φαινομένου της διάχυσης του φωτός η αύξηση στο ποσοστό των μαθητών/-τριών της Π.Ο. που υιοθέτησε το επιστημονικό μοντέλο ήταν επίσης μεγαλύτερη από αυτή της Ο.Ε. Συγκεκριμένα, 9 μαθητές/-τριες από τους/ις 25 της Ο.Ε. υιοθέτησαν την άποψη αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 1 στο αρχικό (αύξηση 32%), και 23 μαθητές/-τριες από τους/ις 38 της Π.Ο. έναντι 3 (αύξηση 51,9%). Διαπιστώθηκε επίσης ότι το 30% των μαθητών/-τριών της Π.Ο. αναθεώρησε την κυρίαρχη εναλλακτική ιδέα που είχε για το φαινόμενο της διάχυσης (οι ακτίνες του ήλιου σχεδιάζονται να προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια, αλλά σταματούν εκεί), σε αντίθεση με την Ο.Ε. που ενισχύθηκε η παραπάνω αντίληψη για το φαινόμενο αυτό. Γενικά, οι απαντήσεις των παιδιών στο τελικό ερωτηματολόγιο παρουσίασαν και σ' αυτό το ερώτημα στατιστικά σημαντική διαφορά $\chi^2=25,75$, $DF=6$, $p<0,001$ (βλ. πίνακα 23, γράφημα. 21).

Πίνακας 23: Σύγκριση σχεδίων του φαινομένου της διάχυσης του φωτός των μαθητών/-τριών του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.				
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		
		N=35	%	N=38	%	N=25	%	N=25	%	
Σχέδιο διάχυσης	α) επιστημονικά αποδεκτή	3	8,6	23	60,5	1	4,0	9	36,0	
	β) επιστημονικά μη αποδεκτή	β.1) οι ακτίνες προσπίπτουν σε λεία επιφάνεια.	1	2,9	2	5,3	4	16,0	2	8,0
		β.2)... περνούν μέσα από την ανώμαλη επιφάνεια	2	5,7	1	2,6	2	8,0	1	4,0
		β.3) ... μένουν πάνω στην ανώμαλη επιφάνεια	17	48,6	7	18,4	8	32,0	9	36,0
		β.4) ... ταξιδεύουν μακριά, χωρίς να βρουν εμπόδιο	5	14,3	0	0,0	3	12,0	2	8,0
		β.5) χαμηλός φωτισμός-σκιά	1	2,9	0	0,0	2	8,0	1	4,0
γ) Χωρίς σχέδιο	6	17,1	5	13,2	5	20,0	1	4,0		

6. Στην ερώτηση 6 οι μαθητές/-τριες καλούνταν να εξηγήσουν το λόγο για τον οποίο ο ουρανός της σελήνης δεν είναι φωτεινός, όπως ο ουρανός της γης την ημέρα. Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο τελικό ερωτηματολόγιο έδειξαν ότι λίγα σχετικά παιδιά έδωσαν τη επιστημονικά αποδεκτή απάντηση και συγκεκριμένα οι 6/38 (15.8%) για την Π.Ο. και οι 2/25 (8%) για την Ο.Ε.. Αυτό προφανώς μπορεί να σημαίνει ότι τα περισσότερα αγνοούν την απουσία της ατμόσφαιρας στη σελήνη και δυσκολεύονται να κατανοήσουν στην ηλικία αυτή ότι οι ακτίνες του φωτός διαχέονται στην ατμόσφαιρα.



Γράφημα 21: Ποσοστιαία σύγκριση σχεδίων του φαινομένου της διάχυσης του φωτός των μαθητών/-τριών στο αρχικό ερωτηματολόγιο με τις απαντήσεις στο τελικό των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

Παρ' όλα αυτά η διαφορά το ποσοστό των παιδιών που υιοθέτησε την επιστημονική άποψη είναι μεγαλύτερο στην Π.Ο. χωρίς να είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά αυτή (βλ. πίνακα 24).

Πίνακας 24. Σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση 6 του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της Ε' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.				
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		
		N=35	%	N=38	%	N=25	%	N=25	%	
Για ποιο λόγο ο ουρανός της σελήνης δεν είναι φωτεινός, όπως ο ουρανός της γης την ημέρα:	α) Επιστημονικά αποδεκτή	0	0	6	15,8	0	0,0	2	8,0	
	β) Επιστημονικά μη αποδεκτή	β.1) ... , γιατί δεν έχει ατμόσφαιρα	0	0	6	15,8	0,0	3	12,0	
		β.2) ...οι ακτίνες δεν μπορούν να ...περάσουν το διάστημα	4	11,4	4	10,5	5	20,0	5	20,0
		β.3) ... είναι πολύ μακριά	9	25,7	3	7,9	5	20,0	3	12,0
		β.4) ... η γη ρίχνει σκιά	5	14,3	2	5,3	2	8,0	1	4,0
		β.5) Άλλο	4	11,4	4	10,5	5	20,0	6	24,0
	γ) Αναπάντητη	13	37,1	13	34,2	8	32,0	5	20,0	

Γ. Τρίτη ομάδα ερωτήσεων που αφορά τον τρόπο με τον οποίο τα παιδιά αντιλαμβάνονται τη λειτουργία της όρασης.

7. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των απαντήσεων στην ερώτηση 7 (Σχεδιάστε και περιγράψτε τι συμβαίνει όταν κοιτάτε ένα αντικείμενο) στο τελικό ερωτηματολόγιο, διαπιστώθηκε ότι μετά τη διδασκαλία:

Για την Ο.Ε., οι 6 στους 25 (24%) μαθητές/τριες υιοθέτησαν στη σχεδίαση το 'δεκτικό' ρόλο του ματιού (οι ακτίνες έρχονται στο μάτι από το αντικείμενο) για τα αυτόφωτα σώματα και 1 (4%) για τα ετερόφωτα. Ο ενεργητικός ρόλος του ματιού (οι ακτίνες εκπέμπονται από το μάτι στο αντικείμενο) εξακολουθεί να αποτελεί την κυρίαρχη αντίληψη στα παιδιά, ενώ μεγάλο είναι και το ποσοστό αυτών που σχεδίασαν τη σύνδεση μεταξύ αντικειμένου και ματιού χωρίς κατεύθυνση για αυτόφωτα και ετερόφωτα αντίστοιχα (10/25 και 8/25). Η διαφορά στις απόψεις των μαθητών/-τριών μεταξύ αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου για τη λειτουργία της όρασης δεν είναι σημαντική, ενώ εξακολουθούν να υφίστανται οι διαφορές στον τρόπο αντίληψης της λειτουργίας της όρασης όταν πρόκειται για αυτόφωτα ή ετερόφωτα αντικείμενα.

Για την Π.Ο. τα 20/38 παιδιά (52,6%) υιοθέτησαν στη σχεδίαση μετά τη διδασκαλία το 'δεκτικό' ρόλο του ματιού για τα αυτόφωτα σώματα και τα 15/38 (39,5%) για τα ετερόφωτα. Τα σχέδια που αποτύπωναν τον ενεργητικό ρόλο του ματιού στην όραση, καθώς και τα σχέδια με συνδέσεις, χωρίς κατεύθυνση μειώθηκαν. Η διαφορά στις απόψεις των μαθητών/-τριών της Π.Ο. μεταξύ αρχικού και τελικού

ερωτηματολογίου για τη λειτουργία της όρασης αποδείχτηκε στατιστικά σημαντική ($p < 0,001$), (βλ. πίνακα 25).

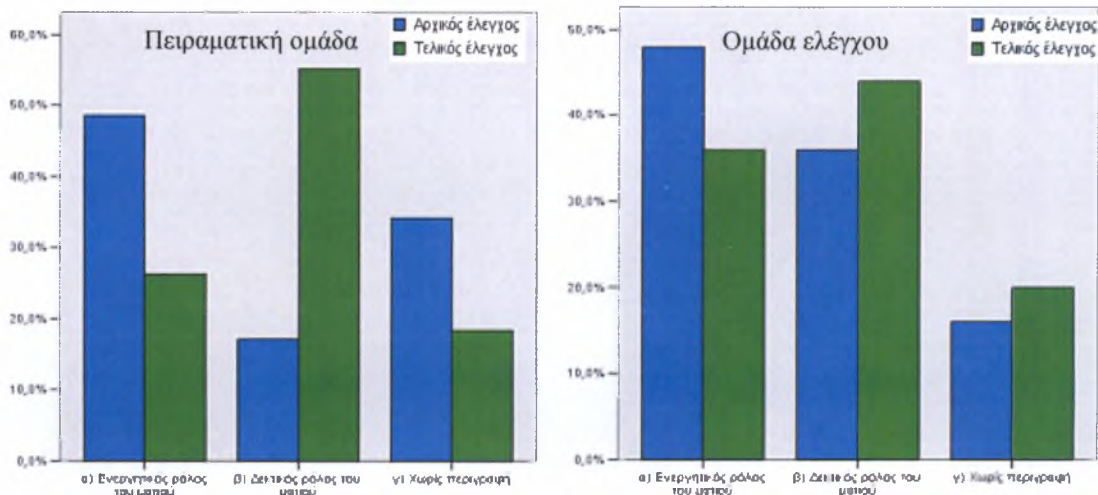
Πίνακας 25: Σύγκριση σχεδίων μαθητών/-τριών στο αρχικό ερωτηματολόγιο με τα σχέδια στο τελικό των Π.Ο. και Ο.Ε. της Ε' τάξης που δηλώνουν τι συμβαίνει ανάμεσα στο μάτι και στο αντικείμενο

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		Αυτόφωτο σώμα (αναμμένο κερί)		Ετερόφωτο σώμα (λουλούδι)		Αυτόφωτο σώμα (αναμμένο κερί)		Ετερόφωτο σώμα (λουλούδι)	
		Αρχικό ερωτ. (N=35) (%)	Τελικό ερωτ. (N=38) (%)	Αρχικό ερωτ. (N=35) (%)	Τελικό ερωτ. (N=38) (%)	Αρχικό ερωτ. N=25 (%)	Τελικό ερωτ. (N=25) (%)	Αρχικό ερωτ. (N=25) (%)	Τελικό ερωτ. (N=25) (%)
Σχεδιάστε τι συμβαίνει όταν κοιτάτε ένα αντικείμενο	α) Απλή σύνδεση, χωρίς κατεύθυνση	18 48,6%	8 22,1%	16 45,7%	9 23,7%	14 56%	10 40%	14 56%	8 32%
	β) Σύνδεση με κατεύθυνση από αντικείμενο στο μάτι (δεκτικός ρόλος)	10 2,9%	20 52,6%	0 0,0%	15 39,5%	1 4%	6 24%	0 0%	1 4%
	γ) Σύνδεση με κατεύθυνση από μάτι στο αντικείμενο (ενεργητικός ρόλος)	12 34,3%	8 21,1%	14 40%	13 34,2%	10 40%	9 36%	11 44%	14 56%
	δ) Χωρίς σύνδεση	5 14,3%	2 5,3%	5 14,3%	1 2,6%	0 0%	0 0%	0 0%	2 8%

Στις περιγραφές που έκαναν τα παιδιά, διαπιστώθηκε ότι οι απαντήσεις που υπονοούσαν τον ενεργητικό ρόλο του ματιού μειώθηκαν αλλά όχι σημαντικά (από 12 σε 9 για την Ο.Ε. και από 17 σε 10 για την Π.Ο.) (βλ. πίνακα 26, γράφημα 22). Παρ' όλο που η αύξηση του ποσοστού των παιδιών που υιοθέτησαν το 'δεκτικό' ρόλο του ματιού μετά τη διδασκαλία δεν είναι στατιστικά σημαντική στην Π.Ο. είναι μεγαλύτερη από αυτή της Ο.Ε.

Πίνακας 26: Σύγκριση των περιγραφών στην ερώτηση «Τι συμβαίνει όταν κοιτάτε ένα αντικείμενο;»

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.	
		N=35	%	N=38	%	N=25	%	N=25	%
Περιγράψτε τι συμβαίνει όταν κοιτάτε ένα αντικείμενο	α) Ενεργητικός ρόλος ματιού	17	48,6	10	26,3	12	48,0	9	36,0
	β) Δεκτικός ρόλος ματιού	6	17,1	21	55,3	9	36,0	11	44,0
	γ) Χωρίς περιγραφή	12	34,3	7	18,4	4	16,0	5	20,0



Γράφημα 22: Σύγκριση των περιγραφών στην ερώτηση «Τι συμβαίνει όταν κοιτάτε ένα αντικείμενο;»

Στο υποερώτημα της ερώτησης 7 καλούνταν οι μαθητές/-τριες να απαντήσουν αν υπάρχει κάτι ανάμεσα στα μάτια και στο αντικείμενο τη στιγμή που το κοιτούν. Οι απαντήσεις που δήλωναν ‘Φως’ στο τελικό ερωτηματολόγιο δε διέφεραν σημαντικά από αυτές του αρχικού για την Ο.Ε.. Επιπλέον, απαντήσεις μαθητών/-τριών της Ο.Ε. που δήλωναν ‘Αέρας’ ή ‘Τίποτα’ αυξήθηκαν. Αύξηση στις απαντήσεις που δήλωναν ‘Φως’ παρατηρήθηκε στην Π.Ο. στις απαντήσεις των παιδιών της Π.Ο. (25 από 16) (βλ. πίνακα 27).

Πίνακας 27: Σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Υπάρχει κάτι ανάμεσα στα μάτια σου και στο αντικείμενο τη στιγμή που το κοιτάς;»

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.	
		N=35	%	N=38	%	N=25	%	N=25	%
Υπάρχει κάτι ανάμεσα στα μάτια σου και στο αντικείμενο τη στιγμή που το κοιτάς;	α) φως	16	45,7	25	65,8	9	36,0	8	32,0
	β) αέρας	1	2,9	1	2,6	2	8,0	6	24,0
	γ) φως και αέρας	1	2,9	1	2,6	4	16,0	2	8,0
	δ) ομορφιά	5	14,3	0,0	0,0	1	4,0	0	0,0
	ε) τίποτα	10	28,6	10	28,9	4	16,0	6	24,0
	ζ) μόρια, σκόνη	2	5,7	1	2,6	4	16,0	1	4,0
	η) κύματα	0	0,0	0	0,0	1	4,0	2	8,0

8. Οι απαντήσεις του τελικού ερωτηματολογίου που δόθηκαν στο ερώτημα αν θα μπορούσες να δεις στο απόλυτο σκοτάδι δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική

διαφορά από τις απαντήσεις του αρχικού ερωτηματολογίου (βλ. πίνακα 28). Στις απαντήσεις που δόθηκαν από τα παιδιά της Ο.Ε. τα ποσοστά είναι περίπου τα ίδια, ενώ στις απαντήσεις της Π.Ο. παρουσιάζεται μια μικρή αύξηση στις αρνητικές απαντήσεις (31 από 24 και μείωση στις καταφατικές 4 από 8). Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές/-τριες της Ο.Ε. μετά τη διδασκαλία δεν αναθεώρησαν τις απόψεις τους όσον αφορά το μοντέλο της υποκινούμενης εκπομπής (τον ενεργό ρόλο του ματιού).

Πίνακας 28: Σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Θα μπορούσες να δεις στο απόλυτο σκοτάδι;» της Ε' τάξης

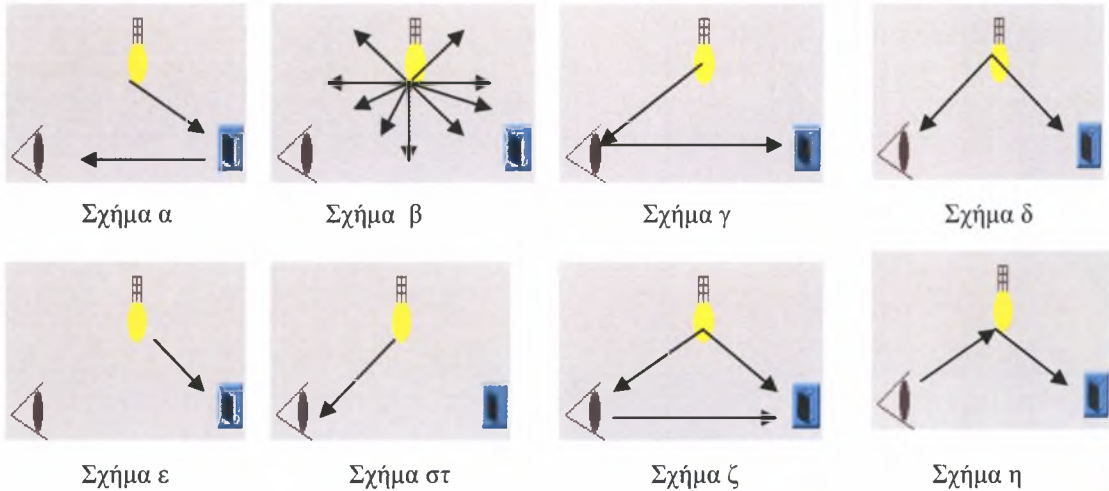
ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.		Αρχικό ερωτ		Τελικό ερωτ.	
		N=35	%	N=38	%	N=25	%	N=25	%
Θα μπορούσες να δεις στο απόλυτο σκοτάδι:	α) Ναι	8	22,9	4	10,5	3	12,0	2	8,0
	β) Ναι, υπό προϋποθέσεις	3	8,6	3	7,9	4	16,0	5	20,0
	γ) Όχι	24	68,6	31	81,6	18	72,0	18	72,0

9. Στην ερώτηση 9 ζητείται από τα παιδιά να σχεδιάσουν τις ακτίνες φωτός ανάμεσα σε ένα βιβλίο που κοιτάζει ένα παιδί όταν φωτίζεται από μια αναμμένη λάμπα (βλ. Παράρτημα 1). Τα σχέδια κατηγοριοποιήθηκαν σε οκτώ ομάδες και παρουσιάστηκαν αναλυτικά στην αρχή του κεφαλαίου. Προκειμένου, η σύγκριση των απαντήσεων των δυο ομάδων να είναι αποτελεσματικότερη με τη μέθοδο χ^2 (Pearson chi-Square), τα παραπάνω σχέδια ομαδοποιήθηκαν σε 3 κατηγορίες ανάλογα με το πόσο κοντά βρίσκονται στο επιστημονικό μοντέλο και το ρόλο του ματιού που υποδήλωναν. Συγκεκριμένα:

A) Κοντά στο επιστημονικό μοντέλο: Σχέδια β, δ, ε και στ. Τα σχέδια αυτά χαρακτηρίζονται *ελλιπή* εξαιτίας του γεγονότος ότι η πορεία που ακολουθούν οι ακτίνες δεν ολοκληρώνεται, ώστε να διαπιστωθεί το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός στο αντικείμενο προκειμένου το παιδί να δει το αντικείμενο. Οι ακτίνες που εκπέμπονται από την αναμμένη λάμπα φτάνουν στο μάτι του παιδιού ή στο αντικείμενο και σταματούν εκεί. Συνεπώς, υποδηλώνεται ένας παθητικός ρόλος του ματιού, όπου το μάτι δε φαίνεται να συμμετέχει στη διαδικασία της όρασης.

Β) Σύμφωνα με το επιστημονικό μοντέλο: σχέδιο **α** όπου οι ακτίνες εκπέμπονται από την αναμμένη λάμπα, ανακλώνται πάνω στο αντικείμενο για να φτάσουν στο μάτι του παιδιού και να γίνει ορατό από αυτό.

Γ) Επιστημονικά μη αποδεκτά: Σχέδια **γ**, **ζ** και **η**, όπου υποδηλώνεται ο ενεργητικός ρόλος του ματιού. Το μάτι του παιδιού φαίνεται να εκπέμπει ακτίνες είτε προς την πηγή, είτε προς το βιβλίο προκειμένου αυτό να γίνει ορατό από το παιδί.

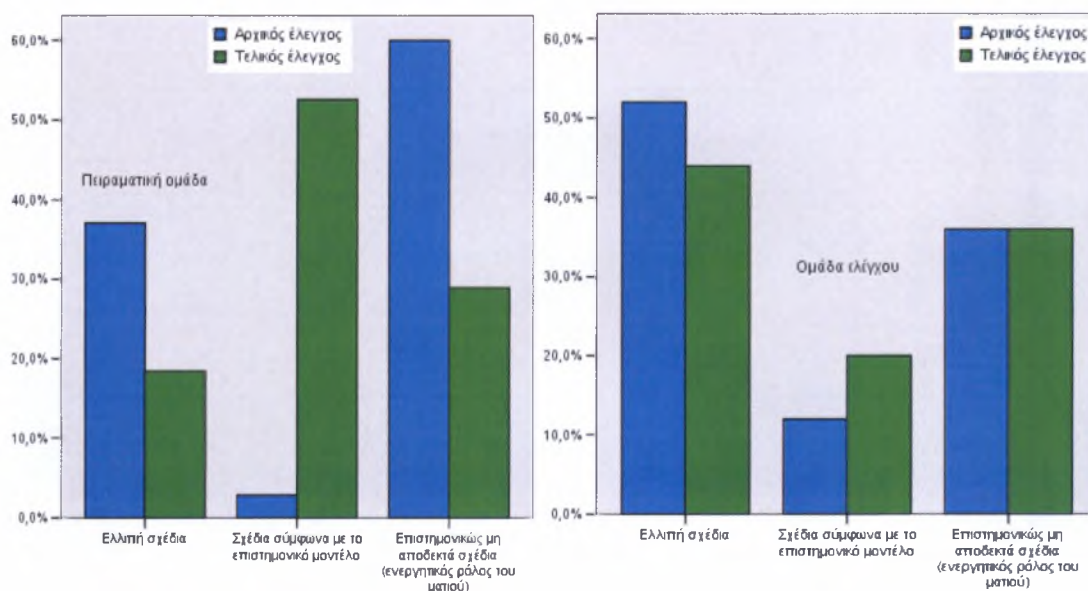


Η διαφορά των απαντήσεων για την Π.Ο. είναι στατιστικά σημαντική ($\chi^2=22,0$ $DF=2$, $p<0,001$). Συγκεκριμένα, η αύξηση του ποσοστού των μαθητών/-τριών που υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο στα σχέδιά τους ανήλθε στο 49,7% (20 μαθητές/-τριες στο τελικό από 1 στο αρχικό), με ανάλογη μείωση των σχεδίων που ήταν *ελλιπή* (κοντά στο επιστημονικό μοντέλο) ή υποδήλωναν τον ενεργητικό ρόλο του ματιού (επιστημονικά μη αποδεκτά): 18 σχέδια στο τελικό από 34 στο αρχικό.

Αντιθέτως, η διαφορά των απαντήσεων στο αρχικό με το τελικό ερωτηματολόγιο για την Ο.Ε. δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p>0,05$). Η αύξηση του ποσοστού των μαθητών/-τριών που υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο στα σχέδιά τους ανήλθε στο 8% (5 μαθητές/-τριες στο τελικό από 3 στο αρχικό), ενώ αντίστοιχη μείωση παρουσιάστηκε στα *ελλιπή* σχέδια (κοντά στο επιστημονικό μοντέλο) που υποδήλωναν τον παθητικό ρόλο του ματιού (11 στο τελικό από 13 στο αρχικό), χωρίς να μεταβάλλεται ο αριθμός των παιδιών που τα σχέδια τους υποδήλωναν τον ενεργητικό ρόλο του ματιού (9 και στο αρχικό και στο τελικό ερωτηματολόγιο) (βλ. πίνακα 29, γράφημα 23).

Πίνακας 29: Σύγκριση σχεδίων στην ερώτηση 9 των μαθητών/-τριών της Π.Ο. και Ο.Ε. της Ε' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.	
		N=35	%	N=38	%	N=25	%	N=25	%
Τι συμβαίνει ανάμεσα στο μάτι ενός παιδιού που βλέπει ένα βιβλίο και μιας λάμπας που φωτίζει; (σχεδίασε τις ακτίνες)	α) Ελλιπή σχέδια (κοντά στο επιστημονικό μοντέλο)	13	37,1	7	18,4	13	52,0	11	44,0
	β) Σύμφωνα με το επιστημονικό μοντέλο	1	2,9	20	52,6	3	12,0	5	20,0
	γ) Επιστημονικώς μη αποδεκτά σχέδια όπου υποδηλώνεται ο ενεργητικός ρόλος του ματιού	21	60,0	11	28,9	9	36,0	9	36,0



Γράφημα 23: Ποσοστιαία σύγκριση σχεδίων των μαθητών/-τριών στην ερώτηση 9 των Π.Ο. και Ο.Ε. της Ε' τάξη

5.5 Σύγκριση των απαντήσεων των παιδιών της Στ' τάξης στο αρχικό ερωτηματολόγιο με αυτές στο τελικό.

A. Πρώτη ομάδα ερωτήσεων που αφορά στο φως.

1. Στην 1^η ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα η λέξη φως;» η ανάλυση των απαντήσεων που δόθηκαν στο τελικό ερωτηματολόγιο έδειξε ότι υπήρχε μικρή σχετικά αλλαγή της αρχικές απόψεις των μαθητών/-τριών της Π.Ο. και της Ο.Ε. μετά τη διδασκαλία.

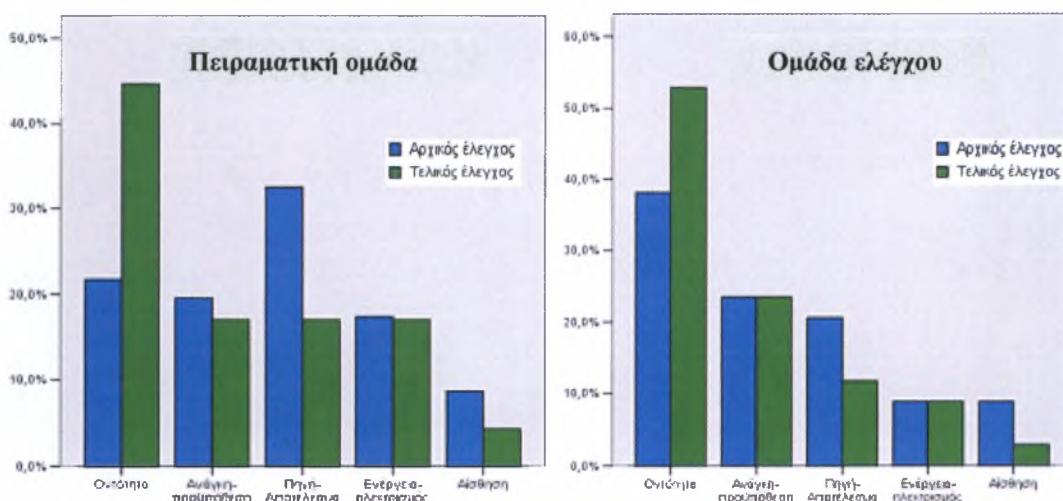
Φάνηκε ότι στο τελικό ερωτηματολόγιο περισσότεροι μαθητές/-τριες από ότι στο

αρχικό αναγνωρίζουν το φως ως μια φυσική οντότητα που υπάρχει στο χώρο μεταξύ πηγής και του αποτελέσματος που προκαλεί (βλ. πίνακα 30, γράφημα 24). Συγκεκριμένα 21 μαθητές/-τριες από τους/ις 47 της Π.Ο. υιοθέτησαν την άποψη αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 10 στο αρχικό (αύξηση 23,0%), και 18 μαθητές/-τριες από τους/ις 34 της Ο.Ε. έναντι 13 στο αρχικό (αύξηση 14,7%).

Ανάλογα αναθεώρησαν τις ιδέες που είχαν εκδηλώσει στο αρχικό ερωτηματολόγιο (προϋπόθεση για ζωή-ανάγκη, αίσθηση, το φως ταυτίζεται με την πηγή ή το αποτέλεσμά του). Ο αριθμός των απαντήσεων που θεωρούσαν το φως ως ενέργεια παρέμεινε ίδιος και στις δυο ομάδες. Παρ' όλα αυτά, η διαφορά στην αλλαγή των απαντήσεων των μαθητών/-τριών της Ο.Ε. και της Π.Ο. δεν είναι στατιστικά σημαντική $p>0.05$.

Πίνακας 30: Σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Τι είναι φως;» του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της ΣΤ' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
		N=46	%	N=47	%	N=34	%	N=34	%
Τι είναι φως;	Πηγή – αποτέλεσμα	15	32,6	8	17,0	7	20,6	4	20,6
	Ανάγκη	9	19,6	8	17,0	8	23,5	8	23,5
	Ενέργεια	8	17,4	8	17,0	3	8,8	3	8,8
	Οντότητα	10	21,7	21	44,7	13	38,2	18	52,9
	Αίσθηση	4	8,7	2	4,3	3	8,8	1	2,9

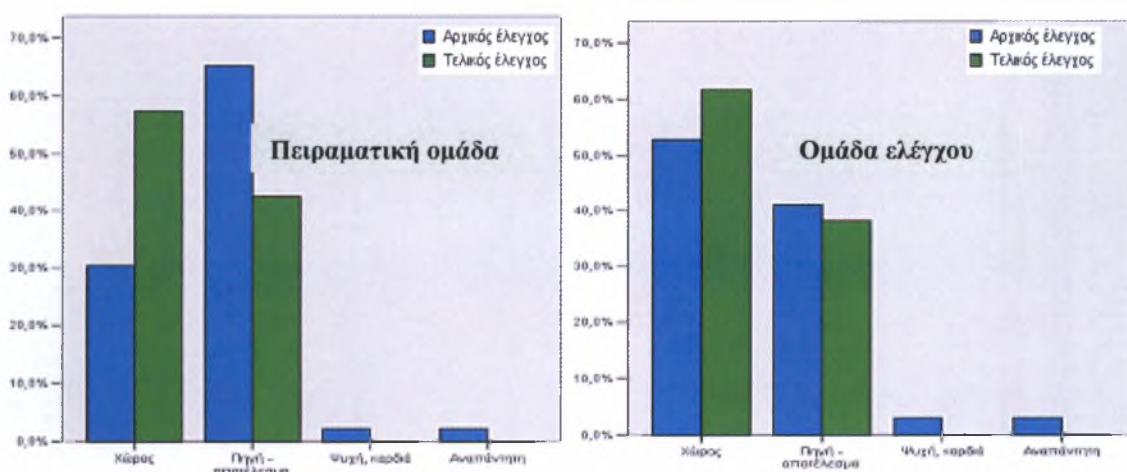


Γράφημα 24. Ποσοστιαία σύγκριση των τελικών απαντήσεων στην ερώτηση «Τι είναι φως;» με τις αρχικές απαντήσεις των παιδιών των Ο.Ε. και Π.Ο. της ΣΤ' τάξης

2. Στη 2^η ερώτηση «Πού κατά τη γνώμη σου υπάρχει φως;» οι απαντήσεις που δόθηκαν στο αρχικό ερωτηματολόγιο και από τις δυο ομάδες, έδειξαν ότι ένα μεγάλο ποσοστό παιδιών πιστεύουν ότι το φως βρίσκεται μόνο στην πηγή από όπου εκπέμπεται ή στο μέρος όπου αποτυπώνεται. Στο τελικό ερωτηματολόγιο οι απαντήσεις διαφοροποιήθηκαν, με αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων που δηλώνουν ότι το φως βρίσκεται στο χώρο (ανάμεσα στην πηγή και το αντικείμενο που φωτίζει). Συγκεκριμένα 27 μαθητές/-τριες από τους/ις 47 της Π.Ο. υιοθέτησαν την άποψη αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 14 στο αρχικό (αύξηση 27,0%) και 21 μαθητές/-τριες από τους/ις 34 της Ο.Ε. έναντι 18 (αύξηση 8,9%) (βλ. πίνακα 31, γράφημα 25). Η διαφορά στις απαντήσεις για την Π.Ο. είναι στατιστικά σημαντική, $X^2=2,27$, $DF=3$, $p < 0,05$, ενώ για την Ο.Ε., δεν είναι ($p > 0,05$).

Πίνακας 31: Σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Πού υπάρχει φως;» του αρχικού ερωτηματολογίου με τις απαντήσεις του τελικού των Ο.Ε. και Π.Ο. της ΣΤ' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ	
		N=46	%	N=47	%	N=34	%	N=34	%
Πού κατά τη γνώμη σου υπάρχει φως;	Πηγή – αποτέλεσμα	30	65,2	20	42,6	14	41,2	13	38,2
	Χώρος	14	30,4	27	57,4	18	52,9	21	61,8
	Καρδιά-ψυχή	1	2,2	0	0,0	1	2,9	0	0,0
	Αναπάντητη	1	2,2	0	0,0	1	2,9	0	0,0



Γράφημα 25: Ποσοστιαία σύγκριση των τελικών απαντήσεων στην ερώτηση «Πού υπάρχει φως;» με τις αρχικές απαντήσεις των παιδιών των Ο.Ε. και Π.Ο. της Στ' τάξης

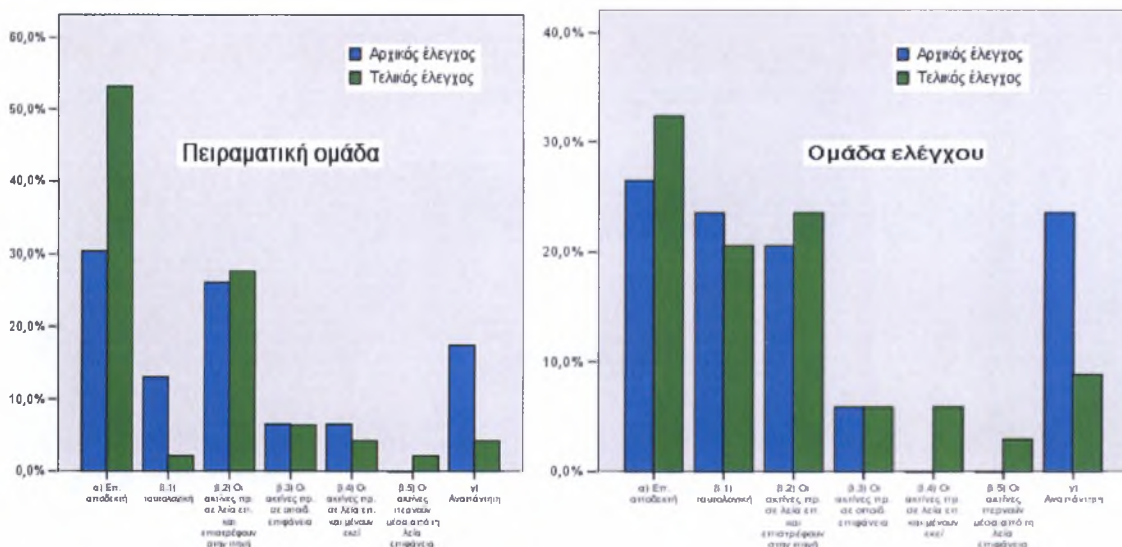
Από τα αποτελέσματα των απαντήσεων της πρώτης ομάδας ερωτήσεων διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές της Π.Ο. αναθεώρησαν τις απόψεις τους και υιοθέτησαν την επιστημονική άποψη σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι τα παιδιά στην Ο.Ε.. Ιδιαίτερα στη δεύτερη ερώτηση «Πού κατά τη γνώμη σου υπάρχει φως;» η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική.

Β. Δεύτερη ομάδα ερωτήσεων που αφορά το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός.

3^α. Στη 3^η ερώτηση «*Τι σημαίνουν για σένα οι λέξεις: Ανάκλαση του φωτός*» οι μαθητές/-τριες και των δυο ομάδων αναθεώρησαν τις απόψεις τους μετά τη διδασκαλία και αυξήθηκε το ποσοστό που υιοθέτησε την επιστημονική άποψη. Συγκεκριμένα, 26 μαθητές/-τριες από τους/ις 47 της Π.Ο. υιοθέτησαν την άποψη αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 14 στο αρχικό (αύξηση 24,9%) και 11 μαθητές/-τριες από τους/ις 34 της Ο.Ε. έναντι 9 (αύξηση 5,9%). Κυρίαρχη εναλλακτική ιδέα παρέμεινε η β.2, «... όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια λεία επιφάνεια και γυρνούν στην πηγή», η οποία ενισχύθηκε στην Ο.Ε., ενώ μειώθηκαν οι συχνότητες στις άλλες κατηγορίες απαντήσεων. Η διαφορά που παρουσιάστηκε στις απαντήσεις της Π.Ο. πριν και μετά τη διδασκαλία είναι στατιστικά σημαντική ($X^2=10,28$ DF=2, $p=0,006$) (βλ. πίνακα 32, γράφημα 26).

Πίνακας 32: Αρχικές και τελικές απαντήσεις στην ερώτηση «*Τι σημαίνει για σένα: Ανάκλαση του φωτός;*» των παιδιών των Ο.Ε. και Π.Ο. της ΣΤ' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.				
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		
		N=46	%	N=47	%	N=34	%	N=34	%	
Τι σημαίνει για σένα: Ανάκλαση του φωτός;	α) επιστημονικά αποδεκτή		14	30,4	26	55,3	9	26,5	11	32,4
	β) επιστημονικά μη αποδεκτή	β.1) ταυτολογική απάντηση	6	13,0	1	2,1	8	23,5	7	20,6
		β.2) ... επιστρέφουν ξανά πίσω στην πηγή	12	26,1	12	25,6	7	20,6	8	23,5
		β.3) ... προσπίπτουν σε κάποια επιφάνεια	3	6,5	3	6,4	2	5,9	2	5,9
		β.4) ... μένουν στη λεία επιφάνεια	3	6,5	2	4,3	0	0,0	2	5,9
		β.5) ... περνούν μέσα από τη λεία επιφάνεια	0	0,0	1	2,1	0	0,0	1	2,9
	γ) Αναπάντητη		8	17,4	2	4,3	8	23,5	3	8,8

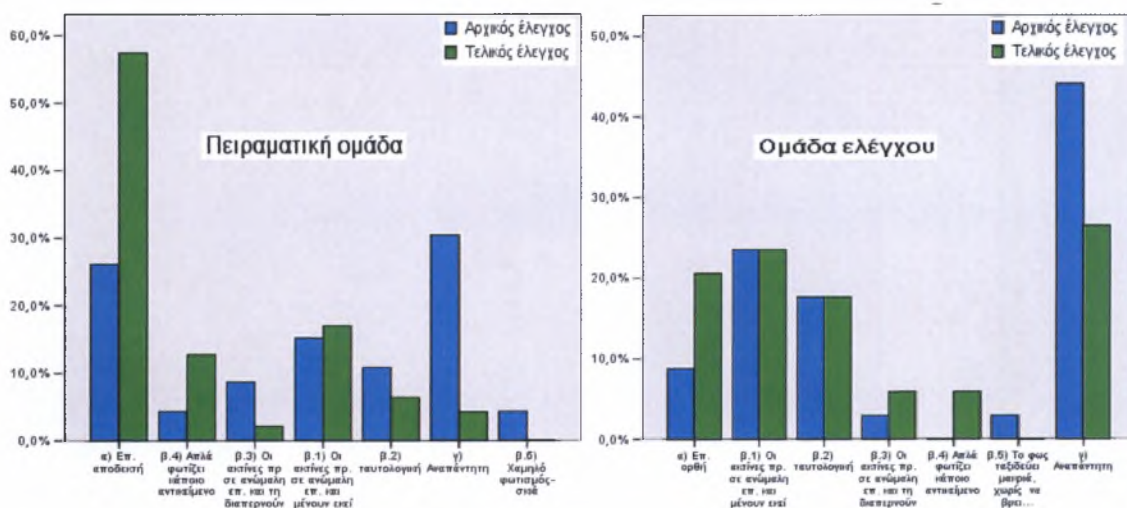


Γράφημα 26: Σύγκριση των ποσοστών των τελικών και αρχικών απαντήσεων στην ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα: Ανάκλαση του φωτός;» των παιδιών των Ο.Ε. και Π.Ο. της ΣΤ' τάξης

3^β. Στη 3^η ερώτηση «Τι σημαίνουν για σένα οι λέξεις: Διάχυση του φωτός» οι μαθητές/-τριες και των δυο ομάδων αναθεώρησαν τις απόψεις τους μετά τη διδασκαλία και αυξήθηκε το ποσοστό αυτών που υιοθέτησαν την επιστημονική άποψη. Συγκεκριμένα, 28 μαθητές/-τριες από τους/ις 47 της Π.Ο. υιοθέτησαν την άποψη αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 12 στο αρχικό (αύξηση 33,4%) και 7 μαθητές/-τριες από τους/ις 34 της Ο.Ε. έναντι 3 (αύξηση 11,8%). Κυρίαρχη εναλλακτική ιδέα παρέμεινε η β.1. «... όταν οι ακτίνες προσπίπτουν σε μια ανώμαλη επιφάνεια και μένουν εκεί ή απορροφούνται (οι 7/47 για την Π.Ο και οι 8/25 μαθητές/-τριες για την Ο.Ε.), ενώ μειώθηκαν οι συχνότερες στις αναπάντητες ερωτήσεις. Η διαφορά που παρουσιάστηκε στις απαντήσεις της Π.Ο. είναι στατιστικά σημαντική ($\chi^2=18,85$, $DF=6$, $p=0,004$), (βλ. πίνακα 33, γράφημα 27).

Πίνακας 33: Αρχικές και τελικές απαντήσεις στην ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα: Διάχυση του φωτός;» των παιδιών των Ο.Ε. και Π.Ο. της ΣΤ' τάξης

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.				
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		
		N=46	%	N=47	%	N=34	%	N=34	%	
Τι σημαίνει για σένα: Διάχυση του φωτός;	α) επιστημονικά αποδεκτή	12	26,1	28	59,5	3	8,8	7	20,6	
	β) επιστημονικά μη αποδεκτή	β.1)... προσπίπτουν σε ανώμαλη επ. και μένουν εκεί	7	15,2	7	14,9	8	23,5	8	23,5
		β.2) ταυτολογική	5	10,9	3	6,4	6	17,6	6	17,6
		β.3)... προσπίπτουν σε ανώμαλη επ. και τη διαπερνούν	4	8,7	1	2,1	1	2,9	2	5,9
		β.4) ... απλά φωτίζει κάποιο αντικείμενο	2	4,3	6	12,8	0	0,0	2	5,9
		β.5) ... Το φως ταξιδεύει μακριά	0	0,0	0	0,0	1	2,9	0	0,0
		β.6) ... Χαμηλός φωτισμός- σκι	2	4,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	γ) Αναπάντητη	14	30,4	2	4,3	15	44,1	9	26,5	



Γράφημα 27: Σύγκριση των ποσοστών των τελικών και αρχικών απαντήσεων στην ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα: Διάχυση του φωτός;» των παιδιών των Ο.Ε. και Π.Ο. της ΣΤ' τάξης

4. Στο ερώτημα 4 «Τι συμβαίνει όταν μια ακτίνα πέσει πάνω σε μάρμαρο, βιτρίνα,.....» υπολογίστηκε ο ποσοστιαίος μέσος όρος (Μ.Ο.) των επιτυχημένων απαντήσεων. Ως επιτυχημένες απαντήσεις θεωρήθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών/-τριών που επέλεξαν για το φαινόμενο της ανάκλασης τις εξής επιφάνειες: μάρμαρο, καθρέφτη και βιτρίνα, ενώ για το φαινόμενο της διάχυσης το χρώμα, τη σκόνη και τον τοίχο. Το ποσοστό των επιτυχημένων απαντήσεων στο αρχικό ερωτηματολόγιο ήταν αρκετά μεγάλο και στις δυο ομάδες όσον αφορά τα αντικείμενα που παρατηρείται το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός (Μ.Ο.=83,3% για την Ο.Ε. και 79,1% για την Π.Ο.). Στο τελικό ερωτηματολόγιο ο μέσος όρος των επιτυχημένων απαντήσεων ανήλθε

στο 85,8% για την Π.Ο. (αύξηση 6,7%) και στο 87,2% για την Ο.Ε. (αύξηση 3,9%). Το ίδιο διαπιστώθηκε και στα αντικείμενα που παρατηρείται το φαινόμενο της διάχυσης, αλλά με μικρότερα ποσοστά επιτυχίας (βλ. πίνακα 33). Συγκεκριμένα: ο Μ.Ο. επιτυχημένων απαντήσεων για την Π.Ο. αυξήθηκε από 74,5% σε 80,1% (αύξηση 5,6%) και για την Ο.Ε. αυξήθηκε από 74,5% σε 79,4% (αύξηση 4,9%).

Πίνακας 33: Σύγκριση των ποσοστών των αρχικών απαντήσεων στην ερώτηση 4 με τις τελικές απαντήσεις των παιδιών των Ο.Ε. και Π.Ο. της ΣΤ' τάξης

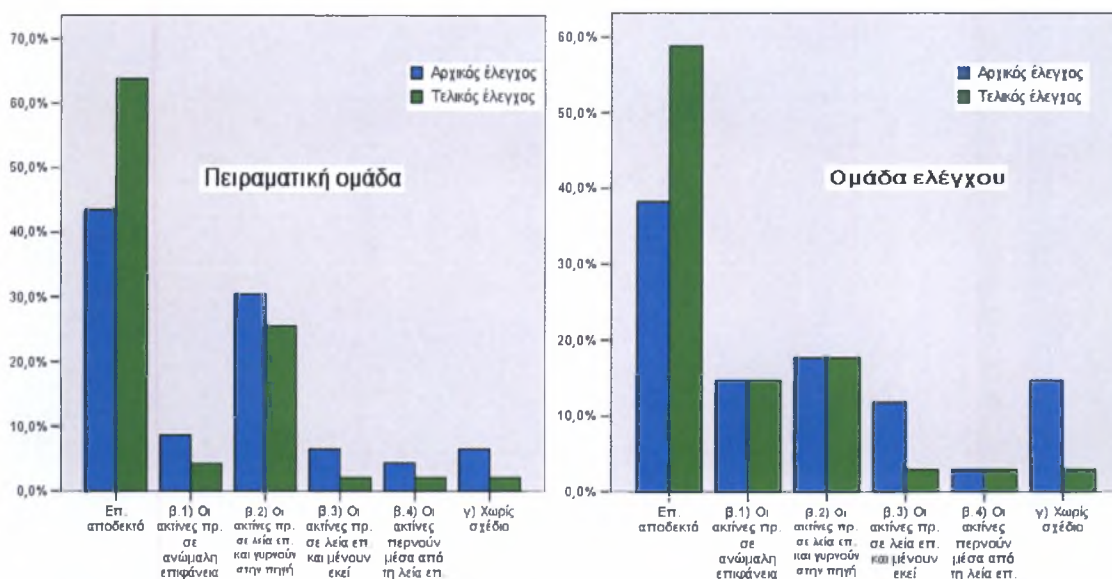
Ερ.4 Επιλογή αντικειμένων όπου παρατηρείται το φαινόμενο ανάκλασης και της διάχυσης του φωτός	Ο.Ε.				Π.Ο.			
	ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤ		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤ.	
	Φ. Ανάκλ.	Φ. Διάχ.	Φ. Ανάκλ.	Φ. Διάχ.	Φ. Ανάκλ.	Φ. Διάχ.	Φ. Ανάκλ.	Φ. Διάχ.
	Μ.Ο (%)	Μ.Ο (%)	Μ.Ο (%)	Μ.Ο (%)	Μ.Ο (%)	Μ.Ο (%)	Μ.Ο (%)	Μ.Ο (%)
Επιτυχημένες α) για το φ. της ανάκλασης: καθρέφτη, μάρμαρο, βιτρίνα β) για το φ. της διάχυσης: χόμα, σκόνη, τοίχο	79,1	74,5	85,8	80,1	83,3	74,5	87,2	79,4
Αποτυχημένες	20,9	25,5	14,2	19,9	26,7	25,5	12,8	20,6

5^α . Όσον αφορά τα σχέδια που παρουσιάστηκαν στο τελικό ερωτηματολόγιο διαπιστώθηκε, όπως και στην ερώτηση 3 ότι αυξήθηκε το ποσοστό των παιδιών που υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο και στις δυο ομάδες (Π.Ο. και Ο.Ε.).

Συγκεκριμένα, 30 μαθητές/-τριες από τους/ις 47 της Π.Ο. υιοθέτησαν την άποψη αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 20 στο αρχικό (αύξηση 20,3%) και 20 μαθητές/-τριες από τους/ις 34 της Ο.Ε. έναντι 13 (αύξηση 20,6%). Η αύξηση κυμάνθηκε στο ίδιο περίπου ποσοστό και στις δυο ομάδες και δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p > 0,05$). Επίσης και εδώ, όπως στην ερώτηση 3, «*Τι σημαίνουν για σένα οι λέξεις: Ανάκλαση του φωτός;*», το σχέδιο β.2 που αποτυπώνει ακτίνες να προσπίπτουν σε μια λεία επιφάνεια και να γυρνούν πίσω στην πηγή παραμένει η κυρίαρχη εναλλακτική ιδέα καθώς σχεδιάστηκε από το 25,5% (N=12) της Π.Ο. και το 17,6% (N=6) των μαθητών/-τριών της Ο.Ε (βλ. πίνακα 34, γράφημα 28).

Πίνακας 34: Σύγκριση σχεδίων του φαινομένου της ανάκλασης των μαθητών/-τριών της ΣΤ' τάξης στο αρχικό ερωτηματολόγιο με τις απαντήσεις στο τελικό των παιδιών των Ο.Ε. και Π.Ο.

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.				
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		
		N=46	%	N=47	%	N=34	%	N=34	%	
Σχέδιο ανάκλασης	α) επιστημονικά αποδεκτή	20	43,5	30	63,5	13	38,2	20	58,8	
	β) επιστημονικά μη αποδεκτή	β.1) ... προσπίπτουν σε μια ανώμαλη επ.	4	8,7	2	4,3	5	4,7	5	5
		β.2) ... προσπίπτουν σε λεία επ. και επιστρέφουν ξανά πίσω	14	30,4	12	25,5	6	17,6	6	6
		β.3) ... μένουν στη λεία επιφάνεια	3	6,5	1	2,1	4	11,8	1	2,9
		β.4) ... περνούν μέσα από τη λεία επιφάνεια	2	4,3	1	2,1	1	2,9	1	2,9
	γ) Χωρίς σχέδιο	3	6,5	1	2,1	2,1	14,7	1	2,9	



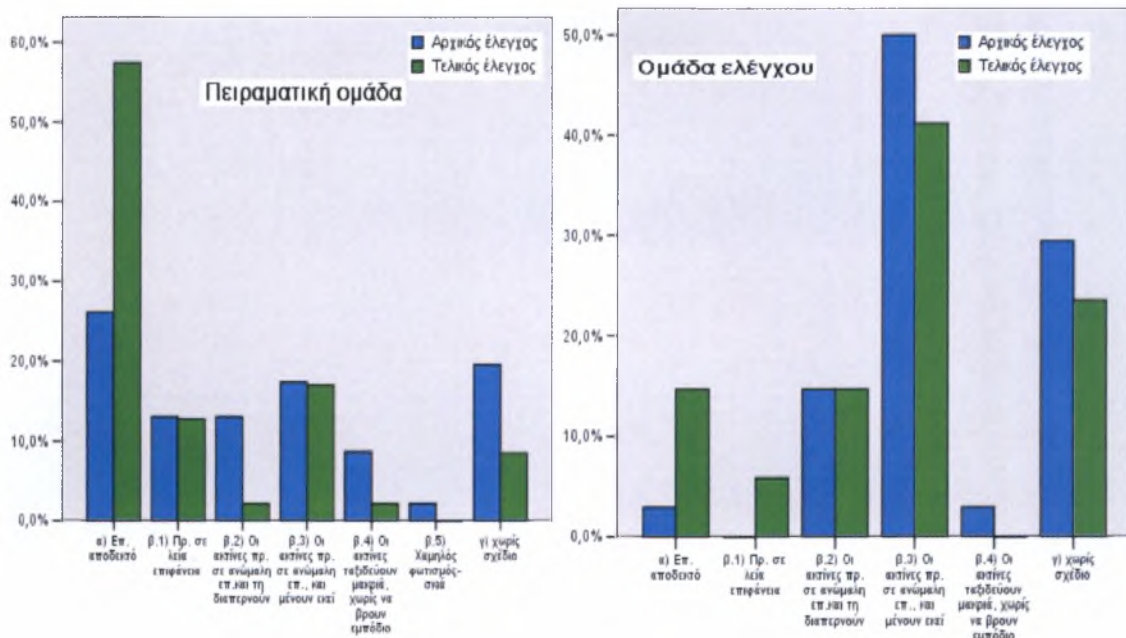
Γράφημα 28: Σύγκριση σχεδίων του φαινομένου της ανάκλασης των μαθητών/-τριών στο αρχικό ερωτηματολόγιο με τα σχέδια στο τελικό των παιδιών των Ο.Ε. και Π.Ο. της ΣΤ' τάξης

5^β. Για το σχέδιο του φαινομένου της διάχυσης του φωτός η αύξηση του ποσοστού των μαθητών/-τριών της Π.Ο. που υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο ήταν μεγαλύτερη από αυτή της Ο.Ε. (31,3% και 11,8% αντίστοιχα).

Συγκεκριμένα, 27 μαθητές/-τριες από τους/ις 47 της Π.Ο. υιοθέτησαν την άποψη αυτή στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 12 στο αρχικό (αύξηση 20,3%) και 5 μαθητές/-τριες από τους/ις 34 της Ο.Ε. έναντι 1 (αύξηση 11,8 %). Γενικά, οι ιδέες των παιδιών της Π.Ο. που αναθεώρησαν τις απόψεις τους παρουσίασαν στο ερώτημα αυτό στατιστικά σημαντική διαφορά $\chi^2=14,10$, $DF=6$, $p<0,05$ (βλ. πίνακα 35, γράφημα. 29).

Πίνακας 35: Σύγκριση σχεδίων του φαινόμενου της διάχυσης των μαθητών/-τριών της ΣΤ' τάξης στο αρχικό ερωτηματολόγιο με τις απαντήσεις στο τελικό των Ο.Ε. και Π.Ο.

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.				
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		
		N=46	%	N=47	%	N=34	%	N=34	%	
Σχέδιο διάχυσης	α) επιστημονικά αποδεκτή	12	26,1	27	57,4	1	2,9	5	14,7	
	β) επιστημονικά αποδεκτή	β.1) οι ακτίνες προσπίπτουν σε λεία επ.	6	13,0	6	13,0	0	0,0	2	0
		β.2)... περνούν μέσα από την ανώμαλη επιφάνεια	6	13,0	1	2,1	5	14,7	5	5
		β.3) ... μένουν πάνω στην ανώμαλη επιφάνεια	8	17,4	8	17,0	17	50,0	14	41,2
		β.4) ... ταξιδεύουν μακριά, χωρίς να βρουν εμπόδιο	4	8,7	1	2,1	1	2,9	0	0,0
		β.5) χαμηλός φωτισμός-σκιά	1	2,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	γ) Χωρίς σχέδιο	9	19,6	4	8,5	8,5	29,4	8	23,5	



Γράφημα 29: Σύγκριση σχεδίων του φαινόμενου της διάχυσης των μαθητών/-τριών της ΣΤ' τάξης στο αρχικό ερωτηματολόγιο με τα σχέδια στο τελικό των Ο.Ε. και Π.Ο.

6. Στην ερώτηση 6 οι μαθητές/-τριες καλούνταν να εξηγήσουν το λόγο για τον οποίο ο ουρανός της σελήνης δεν είναι φωτεινός, όπως ο ουρανός της γης την ημέρα. Από τις απαντήσεις που δόθηκαν στο τελικό ερωτηματολόγιο διαπιστώθηκε ότι οι 21/47 (44,7%) στην Π.Ο. και οι 6/34 (17,6%) μαθητές/-τριες στην Ο.Ε. (βλ. πίνακα 36), έδωσαν την επιστημονικά αποδεκτή απάντηση. Η αύξηση του ποσοστού των μαθητών/-

τριών της Π.Ο. που υιοθέτησε την επιστημονική άποψη είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν της Ο.Ε. (38,2% έναντι 11,7%) και η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική ($X^2=20,91$, $DF=6$, $p=0,002$).

Πίνακας 36: Σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών της ΣΤ' τάξης στην ερώτηση 6 του αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου των Ο.Ε. και Π.Ο.

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.				
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		
		N=46	%	N=47	%	N=34	%	N=34	%	
Για ποιο λόγο ο ουρανός της σελήνης δεν είναι φωτεινός, όπως ο ουρανός της γης την ημέρα:	α) Επιστημονικά αποδεκτή	3	6,5	21	44,7	2	5,9	6	17,6	
	β) Επιστημονικά μη αποδεκτή	β.1) ... , γιατί δεν έχει ατμόσφαιρα	13	28,3	11	23,4	16	47,1	16	47,1
		β.2) ... οι ακτίνες διαδίδονται στο διάστημα	11	23,9	8	17,0	7	20,6	6	17,6
		β.3) ... είναι πολύ μακριά	2	4,3	1	2,1	0	0,0	0	0,0
		β.4) ... η γη ρίχνει τη σκιά της	1	2,2	1	2,2	1	2,9	1	2,9
		β.5) Άλλο	3	6,5	2	4,3	2	5,9	2	5,9
	γ) Αναπάντητη	13	28,3	3	6,4	6,4	17,6	3	8,8	

Από τα αποτελέσματα των απαντήσεων της δεύτερης ομάδας ερωτήσεων διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές της Π.Ο. αναθεώρησαν τις απόψεις τους και υιοθέτησαν την επιστημονική άποψη σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι στην Ο.Ε.. Ιδιαίτερα για το φαινόμενο της διάχυσης του φωτός η διαφορά που παρουσιάστηκε σε όλες τις ερωτήσεις που αφορούσαν το φαινόμενο αυτό (Ερώτηση 3β, 5β, και 6) ήταν στατιστικά σημαντική.

Γ. Τρίτη ομάδα ερωτήσεων που αφορά τον τρόπο με τον οποίο τα παιδιά αντιλαμβάνονται τη λειτουργία της όρασης.

7. Η μελέτη των απαντήσεων στην ερώτηση 7 (*Σχεδιάστε και περιγράψτε τι συμβαίνει όταν κοιτάτε ένα αντικείμενο*) στο τελικό ερωτηματολόγιο έδειξε ότι μετά τη διδασκαλία:

Οι 36/47 (76,6%) μαθητές/-τριες υιοθέτησαν στη σχεδίαση το 'δεκτικό' ρόλο του ματιού για τα αυτόφωτα σώματα στο τελικό ερωτηματολόγιο έναντι 27/46 (58,7%) στο αρχικό, και οι 29/47 (61,7%) για τα ετερόφωτα σώματα έναντι 14/46 (30,4%) στο αρχικό. Τα σχέδια που αποτύπωναν τον ενεργητικό ρόλο του ματιού στη λειτουργία της όρασης, καθώς και τα σχέδια με συνδέσεις, χωρίς κατεύθυνση μειώθηκαν. Η διαφορά, στις απόψεις των μαθητών/-τριών της Π.Ο. μεταξύ αρχικού και τελικού

ερωτηματολογίου για τη λειτουργία της όρασης αποδείχθηκε στατιστικά σημαντική ($X^2=21, DF=3, p=0,05$), (βλ. πίνακα 37).

Πίνακας 37: Σύγκριση σχεδίων μαθητών/-τριών της ΣΤ' τάξης του αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου των Ο.Ε. και Π.Ο. που δηλώνουν τι συμβαίνει ανάμεσα στο μάτι και στο αντικείμενο

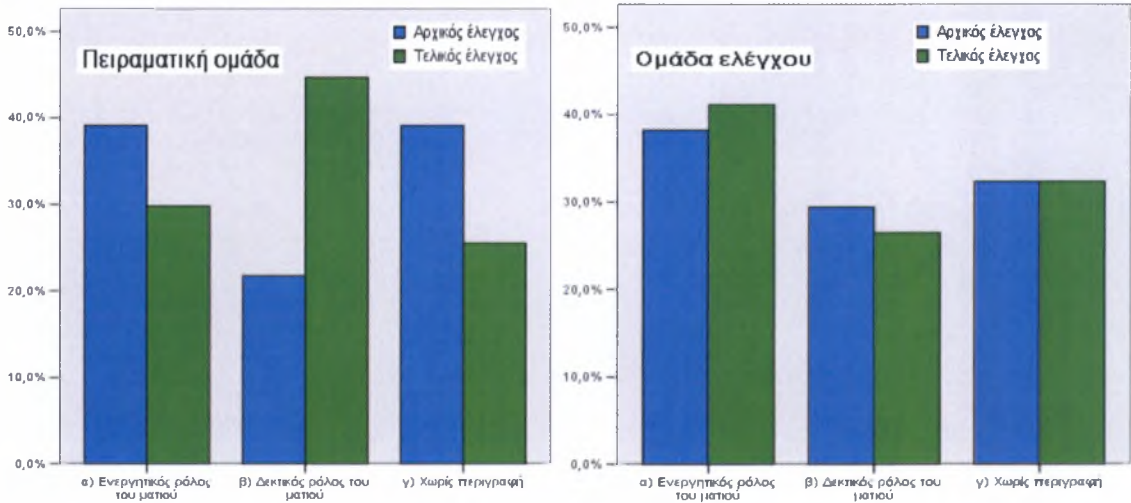
ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		Αυτόφωτο σώμα (αναμμένο κερί)		Ετερόφωτο σώμα (λουλούδι)		Αυτόφωτο σώμα (αναμμένο κερί)		Ετερόφωτο σώμα (λουλούδι)	
		Αρχικό ερωτ. N=46 (%)	Τελικό ερωτ. N=47 (%)	Αρχικό ερωτ. N=46 (%)	Τελικό ερωτ. N=47 (%)	Αρχικό ερωτ. N=34 (%)	Ερωτ. N=34 (%)	Αρχικό ερωτ. N=34 (%)	Τελικό ερωτ. N=34 (%)
Σχεδιάστε τι συμβαίνει όταν κοιτάτε ένα αντικείμενο	α) Απλή σύνδεση, χωρίς κατεύθυνση	0 0,0%	2 4,3%	1 2,2%	3 6,4%	5 14,7%	11 32,4%	5 14,7%	11 32,4%
	β) Σύνδεση με κατεύθυνση από αντικείμενο στο μάτι (δεκτικός ρόλος)	27 58,7%	36 76,6%	14 30,4%	29 61,7%	13 38,2%	12 35,3%	6 17,6%	6 17,6%
	γ) Σύνδεση με κατεύθυνση από μάτι στο αντικείμενο (ενεργητικός ρόλος)	17 37%	9 19,1%	29 63,0%	15 31,9%	15 44,1%	8 23,5%	22 64,7%	14 41,2%
	δ) Χωρίς σύνδεση	2 4,3%	0 0,0%	2 4,3%	0 0,0%	1 2,9%	3 8,8%	1 2,9%	3 8,8%

Για την Ο.Ε. οι 12/34 (35,3%) μαθητές/-τριες υιοθέτησαν στη σχεδίαση το 'δεκτικό' ρόλο του ματιού (οι ακτίνες έρχονται στο μάτι από το αντικείμενο) για τα αυτόφωτα σώματα και οι 6/34 (7,6%) για τα ετερόφωτα. Δεν υπήρξε ουσιαστική διαφορά με τις απαντήσεις του αρχικού ερωτηματολογίου. Ο ενεργητικός ρόλος του ματιού (οι ακτίνες εκπέμπονται από το μάτι στο αντικείμενο) εξακολουθεί να αποτελεί την κυρίαρχη αντίληψη στα παιδιά για τα ετερόφωτα σώματα. Η διαφορά στις απόψεις των μαθητών/-τριών μεταξύ αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου για τη λειτουργία της όρασης δεν είναι στατιστικά σημαντική, ενώ εξακολουθούν να υφίστανται οι διαφορές στον τρόπο αντίληψης της λειτουργίας της όρασης όταν πρόκειται για αυτόφωτα ή ετερόφωτα αντικείμενα.

Στις περιγραφές που έκαναν οι μαθητές/-τριες της Π.Ο. αναθεώρησαν τις απόψεις τους και οι 21/47 (44,7%) υιοθέτησαν τον δεκτικό ρόλο του ματιού (αύξηση 23%) μετά τη διδασκαλία. Αντιθέτως, στις απαντήσεις των μαθητών/-τριών της Ο.Ε. δεν διαπιστώθηκε σχεδόν καμία διαφορά, ενώ ο ενεργητικός ρόλος του ματιού εξακολουθεί να αποτελεί την κυρίαρχη ιδέα για τον τρόπο λειτουργίας της όρασης. (βλ. πίνακα 38, γράφημα 30).

Πίνακας 38: Σύγκριση των περιγραφών στην ερώτηση «Τι συμβαίνει όταν κοιτάτε ένα αντικείμενο;»

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.	
		N=46	%	N=47	%	N=34	%	N=34	%
Περιγράψτε τι συμβαίνει όταν κοιτάτε ένα αντικείμενο	α) Ενεργητικός ρόλος ματιού	18	39,1	14	29,8	13	38,2	14	41,2
	β) Δεκτικός ρόλος ματιού	10	21,7	21	44,7	10	29,4	9	26,5
	γ) Χωρίς περιγραφή	18	39,1	12	25,5	11	32,4	11	32,4



Γράφημα 30: Σύγκριση των περιγραφών στην ερώτηση «Τι συμβαίνει όταν κοιτάτε ένα αντικείμενο;»

Στο υποερώτημα της ερώτησης 7 οι μαθητές/-τριες καλούνταν να απαντήσουν τι υπάρχει ανάμεσα στα μάτια και στο αντικείμενο τη στιγμή που το κοιτούν. Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο τελικό ερωτηματολόγιο δε διέφεραν σημαντικά από αυτές στο αρχικό και στις δυο ομάδες. Μικρή αύξηση στις απαντήσεις που δήλωναν ‘Φως’ παρατηρήθηκε στις απαντήσεις και των δυο ομάδων, 21 από 12 (αύξηση 18,6%) για την Π.Ο. και 14 από 10 (αύξηση 11,8%) για την Ο.Ε. (βλ. πίνακα 39).

Πίνακας 39: Σύγκριση των αρχικών και τελικών απαντήσεων των μαθητών/-ριών της ΣΤ΄ τάξης στην ερώτηση «Υπάρχει κάτι ανάμεσα στα μάτια σου και στο αντικείμενο τη στιγμή που το κοιτάς;»

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.	
		N=46	%	N=47	%	N=34	%	N=34	%
Υπάρχει κάτι ανάμεσα στα μάτια σου και στο αντικείμενο τη στιγμή που το κοιτάς;	α) φως	12	26,1	21	44,7	10	29,4	14	41,2
	β) αέρας	10	21,7	10	21,3	8	23,5	7	20,6
	γ) φως και αέρας	4	8,7	8	17,0	2	5,9	2	5,9
	δ) ομορφιά	1	2,2	0	0,0	3	8,8	1	2,9
	ε) τίποτα	13	28,3	4	8,5	9	26,5	8	23,5
	ζ) μόρια, σκόνη	6	13,0	4	8,5	2	5,9	2	5,9

8. Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο τελικό ερωτηματολόγιο στο ερώτημα 8 «αν θα μπορούσες να δεις στο απόλυτο σκοτάδι» δεν παρουσιάζουν διαφορά από τις αρχικές απαντήσεις. Η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών/-τριών απάντησε αρνητικά τόσο στο αρχικό, όσο και στο τελικό ερωτηματολόγιο (βλ. πίνακα 40).

Πίνακας 40: Σύγκριση των απαντήσεων στην ερώτηση «Θα μπορούσες να δεις στο απόλυτο σκοτάδι;» των μαθητών/-τριών της ΣΤ' τάξης

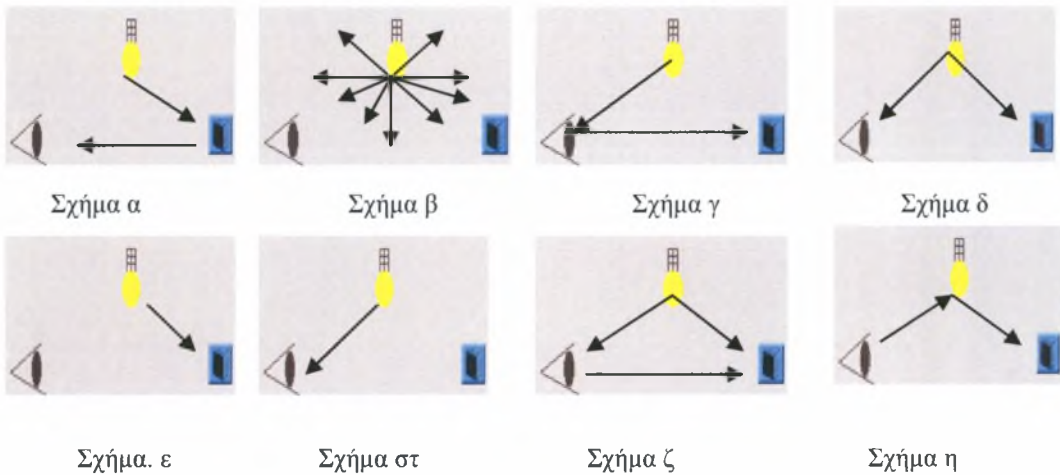
ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.	
		N=46	%	N=47	%	N=34	%	N=34	%
Θα μπορούσες να δεις στο απόλυτο σκοτάδι;	α) Ναι	2	4,3	1	2,1	0	0,0	1	2,9
	β) Ναι, υπό προϋποθέσεις	2	4,3	1	2,1	0	0,0	1	2,9
	γ) Όχι	42	91,3	45	95,7	34	100,0	32	94,1

9. Στην ερώτηση 9 ζητείται από τα παιδιά να σχεδιάσουν τις ακτίνες φωτός ανάμεσα σε ένα βιβλίο που κοιτάζει ένα παιδί όταν φωτίζεται από μια αναμμένη λάμπα (βλ. Παράρτημα 1). Τα σχέδια κατηγοριοποιήθηκαν σε οκτώ ομάδες και παρουσιάστηκαν αναλυτικά στην αρχή του κεφαλαίου. Προκειμένου, η σύγκριση των απαντήσεων των δυο ομάδων να είναι αποτελεσματικότερη με τη μέθοδο X^2 (Pearson chi-Square), τα παραπάνω σχέδια ομαδοποιήθηκαν σε 3 κατηγορίες ανάλογα με το πόσο κοντά βρίσκονται στο επιστημονικό μοντέλο και το ρόλο του ματιού που υποδήλωναν. Συγκεκριμένα:

A) Κοντά στο επιστημονικό μοντέλο: Σχέδια **β, δ, ε και στ**. Τα σχέδια αυτά χαρακτηρίζονται *ελλιπή* εξαιτίας του γεγονότος ότι η πορεία που ακολουθούν οι ακτίνες δεν ολοκληρώνεται, ώστε να διαπιστωθεί το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός στο αντικείμενο προκειμένου το παιδί να δει το αντικείμενο. Οι ακτίνες που εκπέμπονται από την αναμμένη λάμπα σχεδιάζονται να φτάνουν στο μάτι του παιδιού ή στο αντικείμενο και σταματούν εκεί. Συνεπώς, υποδηλώνεται ένας παθητικός ρόλος του ματιού, όπου το μάτι δε φαίνεται να συμμετέχει στη διαδικασία της όρασης.

B) Σύμφωνα με το επιστημονικό μοντέλο: σχέδιο **α** όπου οι ακτίνες εκπέμπονται από την αναμμένη λάμπα, ανακλώνται πάνω στο αντικείμενο για να φτάσουν στο μάτι του παιδιού και να γίνει ορατό από αυτό.

Γ) Επιστημονικά μη αποδεκτά: Σχέδια γ, ζ και η, όπου υποδηλώνεται ο ενεργητικός ρόλος του ματιού. Το μάτι του παιδιού φαίνεται να εκπέμπει ακτίνες είτε προς την πηγή, είτε προς το βιβλίο προκειμένου αυτό να γίνει ορατό από το παιδί.

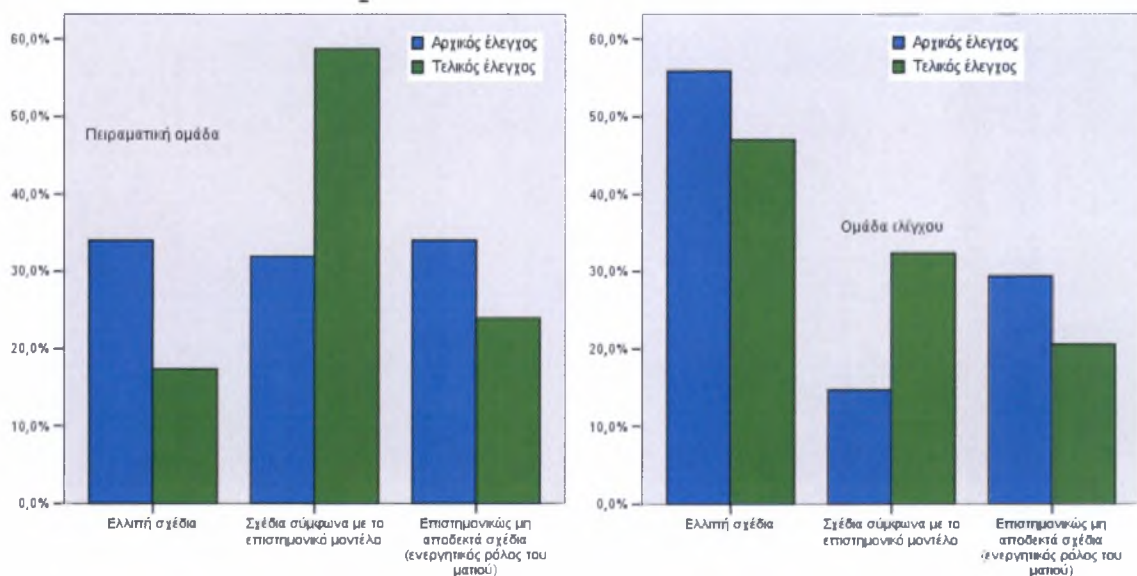


Η διαφορά των απαντήσεων στο αρχικό με αυτές στο τελικό ερωτηματολόγιο που έδωσαν οι μαθητές/-τριες της Π.Ο. είναι στατιστικά σημαντική ($X^2=8,25$, $DF=2$, $p=0,01$). Η αύξηση του ποσοστού των μαθητών/-τριών που υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο στα σχέδιά τους στο τελικό ερωτηματολόγιο ανήλθε στο 29,2% (28 μαθητές/-τριες από 14 στους/ις 47) με ανάλογη μείωση των σχεδίων που ήταν *ελλιπή* (κοντά στο επιστημονικό μοντέλο) ή υποδήλωναν τον ενεργητικό ρόλο του ματιού (επιστημονικά μη αποδεκτά): 19 σχέδια στο τελικό από 32 στο αρχικό.

Αντιθέτως, η διαφορά των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές/-τριες της Ο.Ε. στο αρχικό με αυτές στο τελικό ερωτηματολόγιο δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p>0,05$). Συγκεκριμένα, 11 μαθητές/-τριες στους 34 υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο από 5 (αύξηση 17,7%), ενώ μικρή μείωση παρουσιάστηκε στα *ελλιπή* σχέδια και στα σχέδια που υποδήλωναν τον ενεργητικό ρόλο του ματιού (βλ. πίνακα 41, γράφημα 31).

Πίνακας 41: Σύγκριση σχεδίων στην ερώτηση 9 των μαθητών/-τριών της ΣΤ' τάξης των Π.Ο. και Ο.Ε.

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.		Αρχικό ερωτ.		Τελικό ερωτ.	
		N=46	%	N=47	%	N=34	%	N=34	%
Τι συμβαίνει ανάμεσα στο μάτι ενός παιδιού που βλέπει ένα βιβλίο και μιας λάμπας που φωτίζει; (σχεδίασε τις ακτίνες)	α) <i>Ελλιπή σχέδια (κοντά στο επιστημονικό μοντέλο)</i>	16	34,8	8	17	19	55,9	16	47,1
	β) <i>Σύμφωνα με το επιστημονικό μοντέλο</i>	14	30,4	28	59,6	5	14,7	11	32,4
	γ) <i>Επιστημονικώς μη αποδεκτά σχέδια όπου υποδηλώνεται ο ενεργητικός ρόλος του ματιού</i>	16	34,8	11	23,4	10	29,4	7	20,6



Γράφημα 31: Σύγκριση σχεδίων στην ερώτηση 9 των μαθητών/-τριών των Π.Ο. και Ο.Ε. της ΣΤ' τάξης

5.6 Ποιοτική ανάλυση των συμπεριφορών των μαθητών/-τριών της Π.Ο. κατά τη διδασκαλία.

Ο χωρισμός των ομάδων στις πειραματικές ομάδες έγινε σε συνεργασία με τους υπεύθυνους/ες εκπαιδευτικούς της τάξης και με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι όσο το δυνατόν εξισωμένες ως προς το φύλο, το μαθησιακό επίπεδο των μαθητών/-τριών και το ενδιαφέρον που έδειχναν για τις Φυσικές Επιστήμες. Σε κάθε ομάδα υπήρχε τουλάχιστον ένας μαθητής ή μια μαθήτρια που είχε στοιχειώδεις γνώσεις Η/Υ. Πριν ξεκινήσει η διδασκαλία οι ομάδες μετά από συνεννόηση και προτροπή του

εκπαιδευτικού, όρισαν συντονιστή για τη συζήτηση, γραμματέα για την καταγραφή και ανακοίνωση των αποτελεσμάτων των δραστηριοτήτων, χειριστή του 'ποντικιού' και παρατηρητές. Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας η συμφοιτήτρια Α. Καραγγελή παρατηρούσε και κατέγραφε σε φύλλο παρατήρησης (βλ. παράρτημα 4) συμπεριφορές των μελών της κάθε ομάδας. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκαν: α) η συνεργασία μεταξύ των μελών των ομάδων, β) ο θόρυβος που γινόταν κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, γ) η συζήτηση πριν από κάθε ενέργεια, στο φύλλο δραστηριοτήτων και στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, δ) κινητικότητα, ε) το ενδιαφέρον των μαθητών/-τριών και στ) η συνεργασία μεταξύ των ομάδων. Οι παρατηρήσεις έγιναν για κάθε μία ομάδα χωριστά.

Μετά τη συλλογή των παρατηρήσεων διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

Α) Η συνεργασία θεωρήθηκε ικανοποιητική σε όλες τις ομάδες, παρά το ότι ήταν η πρώτη φορά που οι μαθητές/-τριες και των δυο τάξεων Ε' και ΣΤ' δεν είχαν εργαστεί προηγουμένως σε ομάδες. Μια ομάδα της Ε' τάξης, η οποία στην αρχή αντιμετώπιζε κάποια προβλήματα συνεργασίας και συνεννόησης, στη συνέχεια προσαρμόστηκε και αυτή στις νέες συνθήκες διδασκαλίας και τα μέλη της άρχισαν να συνεργάζονται, έπειτα από μικρό χρονικό διάστημα.

Β) Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας υπήρχε φασαρία, αλλά όχι σε βαθμό ενοχλητικό που εκδηλώνονταν στο πλαίσιο της συνεργασίας, του ενδιαφέροντος, του εντυπωσιασμού και του προβληματισμού στη διάρκεια εμπλοκής τους με τις δραστηριότητες.

Γ) Γινόταν συζήτηση πάντα πριν από κάθε ενέργεια στο φύλλο δραστηριοτήτων ή στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή. Οι συζητήσεις είχαν ως θέμα, σε όλες τις ομάδες και των δυο τάξεων, τις δραστηριότητες που εμπλέκονταν οι μαθητές/-τριες. Ο συντονιστής της ομάδας ζητούσε πάντα σχεδόν την γνώμη των άλλων μελών. Σε μια ομάδα της Ε' τάξης παρατηρήθηκε ανάληψη πρωτοβουλιών από ένα μόνο συγκεκριμένο μαθητή, και παθητικότητα από τους/ις άλλους/ες μαθητές/-τριες. Κάποιες ομάδες, με δική τους πρωτοβουλία, άλλαξαν τους ρόλους τους στη μέση της διδασκαλίας.

Δ) Σε όλες τις ομάδες τα παιδιά κάθονταν ήρεμα μπροστά στον υπολογιστή, χωρίς να παρατηρηθεί κάποια ανησυχία, αμηχανία, εκνευρισμός ή δισταγμός απέναντι στην όλη διαδικασία. Σε περιπτώσεις δυσκολίας χειρισμού του ποντικιού στις δραστηριότητες, τα μέλη της ομάδας σηκώνονταν να βοηθήσουν και έδειχναν στην

οθόνη, τι πρέπει να κάνουν. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκε απόσπαση προσοχής στα λειτουργικά χαρακτηριστικά του υπολογιστή.

Ε) Υπήρξε μεγάλος ενθουσιασμός, και ενδιαφέρον πριν την έναρξη της διδασκαλίας, και αυτό συνεχίστηκε και κατά τη διάρκειά της. Ιδιαίτερα κάθε φορά που άλλαζαν περιβάλλον εργασίας (από το ένα λογισμικό στο άλλο ή σε δικτυακό τόπο), το ενδιαφέρον τους ανανεώνονταν. Ο χρόνος της διδασκαλίας φάνηκε στα παιδιά ότι πέρασε πολύ γρήγορα και στο τέλος της διδασκαλίας μας προέτρεπαν να επαναλάβουμε με τον ίδιο τρόπο τη διδασκαλία άλλων ενοτήτων των Φ.Ε..

Στ) Συνεργασία μεταξύ των ομάδων δεν παρατηρήθηκε σε μεγάλο βαθμό, παρά μόνο όταν αντιμετώπισαν κάποιες δυσκολίες, ιδιαίτερα στη χρήση του γεωμετρικού μοντέλου στο λογισμικό Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α., όπου ζητούσαν τη βοήθεια των άλλων ομάδων. Επιπλέον, στο τέλος δραστηριοτήτων (ερωτήσεις, σχέδια) οι μαθητές/-τριες έδειχναν με περηφάνια τα έργα τους στις άλλες ομάδες και ανακοίνωναν τα συμπεράσματά τους.

5.7 Σύνοψη

Α. Πρώτη ομάδα ερωτήσεων που αφορούν στο φως.

Μετά τις διδασκαλίες, διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των μαθητών/-τριών αναθεώρησε τις απόψεις τους, θεωρώντας το φως ως οντότητα που βρίσκεται ανάμεσα στην πηγή φωτός και στο αποτέλεσμα που προκαλεί. Στην πρώτη ερώτηση «*Τι σημαίνει για σένα η λέξη φως;*» δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στις απαντήσεις μεταξύ των μαθητών/-τριών των Ο.Ε. και Π.Ο. Στην δεύτερη ερώτηση «*Πού κατά τη γνώμη σου βρίσκεται το φως;*» η αύξηση του ποσοστού των μαθητών/-τριών που θεώρησε ότι το φως βρίσκεται στο χώρο ήταν αρκετά μεγαλύτερη στους/ις μαθητές/-τριες των Π.Ο. της Ε' και της ΣΤ' τάξης και στατιστικά σημαντική ($p < 0,05$), επαληθεύοντας την 1^η υπόθεση της έρευνας.

Β. Δεύτερη ομάδα ερωτήσεων που αφορούν στο φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις του αρχικού ερωτηματολογίου, διαπιστώνουμε ότι οι μαθητές/-τριες στην πλειοψηφία τους αναγνωρίζουν ότι η κύρια διαφορά των δυο φαινομένων εντοπίζεται στο είδος της επιφάνειας που προσπίπτει η δέσμη φωτός. Μετά τη διδασκαλία στις Π.Ο. της Ε' και ΣΤ' τάξης διαπιστώθηκε ότι ένα ικανοποιητικό

σχετικά ποσοστό (65,8% και 55,3% για την Ε' και ΣΤ' αντίστοιχα) υιοθέτησε την επιστημονική άποψη για το φαινόμενο της ανάκλασης. Η διαφορά που παρουσιάστηκε στις απαντήσεις των μαθητών/-τριών των δύο Π.Ο. πριν και μετά τη διδασκαλία είναι στατιστικά σημαντική ($p \leq 0,001$). Το ίδιο συνέβει και στα σχέδια που παρουσίασαν οι μαθητές/-τριες όπου αποτύπωναν το φαινόμενο της ανάκλασης. Το ποσοστό των σχεδίων που αποτύπωναν το επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο κυμάνθηκε στο 71.1% για την Ε' τάξη και στο 63,5% για την Στ' τάξη παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά στην Ε' τάξη σε σχέση με το ποσοστό των σχεδίων που παρουσίασαν στο αρχικό ερωτηματολόγιο.

Το ποσοστό των μαθητών/-τριών των Ο.Ε. της Ε' και ΣΤ' τάξης που υιοθέτησε την επιστημονική άποψη για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός μετά την παραδοσιακή διδασκαλία κυμάνθηκε σε μικρό σχετικά ποσοστό (44% και 32,4% για την Ε' και την ΣΤ' αντίστοιχα) χωρίς η διαφορά που παρουσιάστηκε στις απαντήσεις των μαθητών/-τριών των δύο Ο.Ε. πριν και μετά τη διδασκαλία να είναι στατιστικά σημαντική ($p > 0,05$). Ανάλογα είναι τα αποτελέσματα και στα σχέδια που παρουσίασαν τα παιδιά των Π.Ο..

Κυρίαρχες εναλλακτικές ιδέες που αναδείχθηκαν για το φαινόμενο της ανάκλασης πριν και μετά τις διδασκαλίες ήταν οι εξής:

Ανάκλαση του φωτός έχουμε όταν:

α) η δέσμη φωτός που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή προσπίπτει πάνω σε μια λεία επιφάνεια και γυρνά πίσω στην πηγή ανεξάρτητα από την γωνία πρόσπτωσης της,

β) η δέσμη φωτός που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή προσπίπτει πάνω σε μια λεία επιφάνεια και παραμένει εκεί.

Για το φαινόμενο της διάχυσης διαπιστώθηκε ότι μετά τις διδασκαλίες στις Π.Ο. της Ε' και Στ' τάξης, οι απαντήσεις και τα σχέδια που έδωσαν οι μαθητές/-τριες στο τελικό ερωτηματολόγιο όπου αποτυπώνονταν η επιστημονικά αποδεκτή άποψη παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά από τις απαντήσεις και τα σχέδια που έδωσαν πριν τις διδασκαλίες στο αρχικό ($p < 0,05$). Το ποσοστό των μαθητών στην Ε' τάξη που υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο κυμάνθηκε στο 50%, ενώ για την ΣΤ' τάξη στο 60% (Μ.Ο. των ερωτήσεων 3β και 5β).

Το ποσοστό των μαθητών/-τριών των Ο.Ε. της Ε' και ΣΤ' τάξης που υιοθέτησαν την επιστημονική άποψη για το φαινόμενο της διάχυσης του φωτός μετά την παραδοσιακή διδασκαλία κυμάνθηκε σε μικρό σχετικά ποσοστό (30% και 20% ο Μ.Ο. των ερωτήσεων 3β και 5β, για την Ε' και την ΣΤ' αντίστοιχα) χωρίς η διαφορά που παρουσιάστηκε στις απαντήσεις των μαθητών/-τριών των δύο Ο.Ε. πριν και μετά τη διδασκαλία να είναι στατιστικά σημαντική ($p > 0,05$).

Εναλλακτικές ιδέες που αναδείχθηκαν για το φαινόμενο της διάχυσης πριν και μετά τις διδασκαλίες ήταν οι εξής:

Διάχυση του φωτός έχουμε όταν:

α) η δέσμη φωτός που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή προσπίπτει πάνω σε μια ανώμαλη επιφάνεια και παραμένει εκεί.

β) η δέσμη φωτός που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή προσπίπτει πάνω σε μια ανώμαλη επιφάνεια και τη διαπερνά.

γ) η δέσμη φωτός που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή φωτίζει ένα αντικείμενο

Γ. Τρίτη ομάδα ερωτήσεων που αφορά τον τρόπο λειτουργίας της όρασης

Σύμφωνα με τις απαντήσεις του αρχικού ερωτηματολογίου, ένας πολύ μικρός αριθμός υιοθετούσε το επιστημονικό μοντέλο λειτουργίας της όρασης πριν τη διδασκαλία, 4 μαθητές/-τριες στην Ε' τάξη (N=60) και 19 στην ΣΤ' (N=80).

Από τις απαντήσεις και τα σχέδια που έδωσαν οι μαθητές/-τριες της Π.Ο. μετά τη διδασκαλία διαπιστώθηκε ότι βελτίωσαν τις απόψεις τους υιοθετώντας το επιστημονικό μοντέλο σε ποσοστό κατά μέσο όρο 50% για την Ε' τάξη και 60% για την ΣΤ' τάξη. Η διαφορά των απαντήσεων στο αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο είναι στατιστικά σημαντική σε όλες τις ερωτήσεις που αφορούν στη λειτουργία της όρασης.

Αντιθέτως, μετά την παραδοσιακή διδασκαλία στις Ο.Ε. ένας μικρός αριθμός παιδιών αναθεώρησε τις απόψεις και (το 1/5 των μαθητών της Ε' τάξης και το 1/3 της ΣΤ' τάξης) υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο σε όλες τις ερωτήσεις της τρίτης ομάδας.

Από τις απαντήσεις και τα σχέδια που έδωσαν οι μαθητές/-τριες διαπιστώθηκε ότι ένας μεγάλος αριθμός παιδιών (35%) παρουσιάζει ερμηνείες στηριγμένες σε κάποιο ακαθόριστο μηχανισμό, χωρίς παροχή λεπτομερειών του ρόλου του φωτός στην οπτική

διαδικασία. Το φως ανάβει και κάνει το αντικείμενο να γίνεται ορατό, δηλαδή το μάτι αποκτά έναν παθητικό ρόλο στην όλη διαδικασία. Σχηματικά οι αντιλήψεις αυτές παρουσιάζονται με ελλιπή σχέδια είτε ως ‘λουτρό του ηλιακού φωτός’, είτε ως ‘διπλός φωτισμός’. Επίσης ανάλογο ποσοστό παιδιών υιοθετεί τον ενεργητικό ρόλο του ματιού. Το μάτι του παιδιού φαίνεται να εκπέμπει ακτίνες είτε προς την πηγή, είτε προς το βιβλίο προκειμένου αυτό να γίνει ορατό από το παιδί.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της έρευνας, σύμφωνα με το αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο, καθώς και προτάσεις για τη βελτίωση της διδασκαλίας σχετικά με το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός.

Αναφορικά με την πρώτη ομάδα ερωτήσεων αυτές είχαν στόχο να διερευνήσουν τις ιδέες των παιδιών σχετικά με το φως. Από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων του αρχικού ερωτηματολογίου διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των μαθητών/-τριών της Ε' και ΣΤ' τάξης, πριν τις διδασκαλίες ταύτιζε το φως με την πηγή ή το αποτέλεσμά του αναγνωρίζοντάς το ως απαραίτητη προϋπόθεση για ζωή. Σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις μεταξύ Ε' και ΣΤ' τάξης δεν εντοπίστηκαν. Μετά τις διδασκαλίες, ιδιαίτερα στις Π.Ο., διαπιστώθηκε ότι αρκετά παιδιά αναθεώρησαν τις απόψεις τους, θεωρώντας το φως ως οντότητα που βρίσκεται ανάμεσα στην πηγή φωτός και στο αποτέλεσμα που προκαλεί επαληθεύοντας την 1^η υπόθεση της έρευνας.

Σύμφωνα με τους ισχυρισμούς του Newton (1952, pp. 404–405, αναφορά από Raftopoulos, Kalyfommatou & Constantinou, 2005) «πρέπει κάποιος αρχικά να εξετάσει τις ιδιότητες του φωτός όταν έρχεται σε επαφή με άλλα σώματα και έπειτα να μελετήσει τη φύση του φωτός. Με τη χρήση του γεωμετρικού μοντέλου των ακτίνων δεν μπαίνει κάποιος στη διαδικασία να ασχοληθεί με τη φύση του φωτός που είναι πολύ δύσκολο να κατανοηθεί από νέους/ες μαθητές/-τριες, επιτρέπει ωστόσο να κατανοηθούν οι ιδιότητές του και να τις χρησιμοποιήσει αργότερα για να οικοδομήσει τα νέα μοντέλα για τη φύση του». Αυτό εφαρμόζεται στη διδακτέα ύλη της Ε' και ΣΤ' τάξης. Εξετάζοντας τα Τετράδια Εργασιών των Φ.Ε. για την Ε' τάξη που χρησιμοποιούνται σήμερα στο Δημοτικό Σχολείο, θα παρατηρήσουμε ότι οι μαθητές/-τριες ξεκινούν να μαθαίνουν για τα φαινόμενα που προξενεί το φως όταν έρχεται σε επαφή με τα σώματα χωρίς να μελετάται προηγουμένως η φύση του φωτός. Συγκεκριμένα η πρώτη ενότητα του κεφαλαίου της Οπτικής αναφέρεται στην Ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και στη

συνέχεια στα Διαφανή, ημιδιαφανή και αδιαφανή σώματα, Φως και σκιές, Ανάκλαση και Διάχυση του φωτός και Απορρόφηση του φωτός.

Παρ' όλα αυτά παρατηρούμε ότι περίπου το 1/3 των μαθητών/-τριών των Ο.Ε. και το 1/4 των Π.Ο. εξακολουθούν μετά τις διδασκαλίες να ταυτίζουν το φως με την πηγή του καταδεικνύοντας πόσο βαθιά ριζωμένες είναι μερικές από τις αρχικές ιδέες των παιδιών οι οποίες δεν είναι δυνατό να αναθεωρηθούν αν η διδασκαλία δεν στοχεύει στη διόρθωση αυτών των αντιλήψεων.

Από την παρούσα έρευνα διαπιστώθηκε ότι η χρήση του γεωμετρικού μοντέλου των ακτίνων σε όλες τις δραστηριότητες της εφαρμογής «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ» κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών στις Π.Ο. βοήθησε αρκετά τους/ις μαθητές/-τριες να θεωρήσουν το φως ως οντότητα που υπάρχει και ταξιδεύει στο χώρο. Η δίωρη διδασκαλία εστιάστηκε στην παρατήρηση και ερμηνεία των δυο φαινομένων. Πιθανόν, τα μαθησιακά αποτελέσματα να ήταν πολύ καλύτερα για τις Π.Ο., αν είχαν αφιερωθεί περισσότερες διδακτικές ώρες της καινοτόμου διδασκαλίας με τη χρήση των Τ.Π.Ε. και σε άλλα φαινόμενα του φωτός (Ευθύγραμμη διάδοση, Διαφανή - αδιαφανή σώματα, Φως και Σκιά) που προηγούνται της ενότητας «Ανάκλαση και διάχυση του φωτός».

Επίσης, αναλύοντας τις απαντήσεις στις ερωτήσεις της πρώτης ομάδας του ερωτηματολογίου θα διαπιστώσουμε ότι μαθητές/-τριες που ταύτιζαν το φως με την πηγή του ή το αποτέλεσμά του, δεν αντιλαμβάνονταν το φως ως οντότητα στο χώρο. Ίσως η αναθεώρηση αυτών των αντιλήψεων να γινόταν σε μεγαλύτερο βαθμό αν είχε προηγηθεί ενότητα όπου θα γινόταν αναφορά στις πηγές φωτός με ανάλογες δραστηριότητες που θα στόχευαν στην αναθεώρηση της αντίληψης να ταυτίζουν το φως με την πηγή του. Όταν οι μαθητές/-τριες αναθεωρήσουν αυτή την αντίληψη είναι πιο εύκολο να δεχτούν το φως ως μια οντότητα που κινείται στο χώρο.

Η δεύτερη ομάδα ερωτήσεων είχαν στόχο να διερευνήσουν τις ιδέες των παιδιών σχετικά με τα φαινόμενα της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις του αρχικού ερωτηματολογίου, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές/-τριες στην πλειοψηφία τους αναγνωρίζουν ότι η κύρια διαφορά των δυο φαινομένων εντοπίζεται στο είδος της επιφάνειας που προσπίπτει η δέσμη φωτός. Αυτό διαπιστώθηκε από τις απαντήσεις στην κλειστού τύπου ερώτηση 4. «Τι συμβαίνει όταν μια ακτίνα πέσει πάνω σε: γυαλισμένο μάρμαρο, χρώμα, σκόνη, καθρέφτη, βιτρίνα, και

τοίχο, ανάκλαση ή διάχυση;». Οι θεωρούμενες επιτυχημένες απαντήσεις για το φαινόμενο της ανάκλασης (καθρέφτη, βιτρίνα και γυαλισμένο μάρμαρο) και για το φαινόμενο της διάχυσης (χώμα, σκόνη, και τοίχο) ανήλθαν σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό (πάνω από 75%), από ότι το ποσοστό των επιστημονικά αποδεκτών απαντήσεων στις άλλες ερωτήσεις που αφορούν στα ίδια φαινόμενα. Συνεπώς, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι μαθητές/-τριες από την εμπειρία τους αναγνωρίζουν τις επιφάνειες που παρατηρείται το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός, αλλά δεν έχουν ολοκληρωμένη άποψη για το τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια και μετά την πρόσπτωση της δέσμης. Σχετικά με το φαινόμενο της διάχυσης, θεωρώ ότι το ποσοστό των επιτυχημένων απαντήσεων στην ερώτηση 4 του αρχικού ερωτηματολογίου είναι πλασματικό (60%) και δημιουργήθηκε αφού οι μαθητές/-τριες απέκλεισαν τις επιφάνειες στις οποίες παρατηρείται το φαινόμενο της ανάκλασης (το ποσοστό των επιτυχημένων στις άλλες ερωτήσεις που αφορούν το ίδιο φαινόμενο ανέρχεται στο 13%).

Μετά την παραδοσιακή διδασκαλία στις Ο.Ε. της Ε' και ΣΤ' τάξης, διαπιστώθηκε ότι ένα μικρό σχετικά ποσοστό παιδιών υιοθέτησαν άποψη που είναι κοντά στην επιστημονική για τα φαινόμενα. Επιπλέον, φάνηκε ότι ορισμένες από τις αρχικές τους ιδέες, όχι μόνο δεν αναθεωρήθηκαν, αλλά διατηρήθηκαν και ενισχύθηκαν. Συγκεκριμένα, για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός η αρχική ιδέα που διατυπώθηκε στις αρχικές τους απαντήσεις ότι «ανάκλαση έχουμε όταν οι ακτίνες γυρίζουν στην πηγή τους μετά την πρόσπτωση σε λεία επιφάνεια» ενισχύθηκε μετά την παραδοσιακή διδασκαλία. Αυτό φάνηκε και στα σχεδιαστικά έργα των μαθητών/-τριών για την αναπαράσταση του φαινομένου, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές/-τριες δεν κατανόησαν το γεωμετρικό μοντέλο πάνω στο οποίο στηρίζεται το φαινόμενο της ανάκλασης. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στο φαινόμενο της διάχυσης του φωτός. Η αρχική τους ιδέα «*Διάχυση έχουμε όταν οι ακτίνες μένουν στην ανώμαλη επιφάνεια*» διατηρήθηκε και μετά τη διδασκαλία. Αξιοσημείωτο είναι ότι ακόμα και στις απαντήσεις των μαθητών/-τριών της ΣΤ' τάξης που είχαν εισαχθεί στις βασικές έννοιες της Οπτικής την περυσινή χρονιά δεν παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση μετά την παραδοσιακή διδασκαλία.

Επίσης παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των ταυτολογικών απαντήσεων που δόθηκαν από μαθητές/-τριες των Ο.Ε. και των δυο τάξεων στο αρχικό ερωτηματολόγιο δεν μειώθηκε στο τελικό ερωτηματολόγιο. Αντίθετα, οι τελικές απαντήσεις των παιδιών των Π.Ο. μειώθηκαν αισθητά. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την περιορισμένη

αποτελεσματικότητα της παραδοσιακής διδασκαλίας για ουσιαστική κατανόηση των φαινομένων. Αυτό γίνεται φανερό όταν τα μαθησιακά αποτελέσματα διερευνώνται μετά από κάποιο χρονικό διάστημα και όχι αμέσως μετά τη διδασκαλία, όπως έγινε στην περίπτωση της έρευνας αυτής.

Αντιθέτως, στις Π.Ο. οι διαφορές που διαπιστώθηκαν στις απαντήσεις που δόθηκαν στο τελικό ερωτηματολόγιο παρουσίασαν σε όλες τις ερωτήσεις στατιστικά σημαντική διαφορά. Ένας ικανοποιητικός αριθμός μαθητών/-τριών υιοθέτησαν μια άποψη κοντά στην επιστημονική και σχεδίασαν την πορεία των ακτίνων σύμφωνα με το γεωμετρικό μοντέλο, γεγονός που αναδεικνύει την αποτελεσματικότητα της καινοτόμου διδασκαλίας με τη χρήση των Τ.Π.Ε., επαληθεύοντας έτσι τις υποθέσεις 2,3,4, και 5 της έρευνας. Η χρήση προσομοιώσεων και αναπαραστάσεων, η εφαρμογή σύγχρονων εποικοδομητικών προσεγγίσεων και της θεωρίας του Αγκυροβολίου (anchored instruction) στη σχεδίαση των δραστηριοτήτων στα φύλλα εργασίας και στην εφαρμογή «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ», αύξησε το ενδιαφέρον των μαθητών/-τριών. Επέτρεψε τον προσδιορισμό προβλημάτων, κατεύθυνε την προσοχή τους στις προβληματικές αυτές καταστάσεις, επιτυγχάνοντας έτσι τη θεμελίωση της ουσιαστικής κατανόησης και μάθησης.

Εξετάζοντας τις απαντήσεις στην ερώτηση 6 *«Το φεγγάρι φωτίζεται από τον ήλιο. Ο ουρανός του όμως γύρω είναι μαύρος. Γιατί νομίζεις ότι συμβαίνει αυτό;»* παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό των επιτυχημένων απαντήσεων των μαθητών/-τριών των Ο.Ε. ήταν σχεδόν μηδαμινό. Τα αποτελέσματα αυτά συμπίπτουν με αυτά της έρευνας των Driver, Guesne & Tiberghien, (1993), σύμφωνα με τα οποία παρ' όλο που οι μαθητές/-τριες μπορεί να έχουν αντιληφθεί το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός από τα στερεά, δεν τους είναι εύκολο να καταλάβουν το ίδιο φαινόμενο ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του φωτός με τα συστατικά του αέρα. Συνεπώς, μετά την παραδοσιακή διδασκαλία, πολύ λίγα παιδιά κατάφεραν να συνδέσουν το φαινόμενο της διάχυσης με ένα καθημερινό φαινόμενο, το 'λουτρό του ηλιακού φωτός'.

Αυτό αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα και μεγάλο μειονέκτημα των παραδοσιακών διδασκαλιών, όπου συνήθως προσφέρονται στους/ις μαθητές/-τριες έτοιμες γνώσεις, χωρίς καμιά σύνδεση με την πραγματικότητα, με αποτέλεσμα να μη μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν στην επίλυση και την ερμηνεία καθημερινών προβληματικών καταστάσεων. Βέβαια, μια επιτυχημένη απάντηση στην ερώτηση αυτή,

προϋποθέτει την γνώση της απουσίας της ατμόσφαιρας στη σελήνη, και την κατανόηση της σωματιδιακής φύσης των αερίων. Από τις απαντήσεις των παιδιών της ΣΤ' τάξης διαπιστώθηκε ότι στην πλειοψηφία τους τα παιδιά γνώριζαν ότι δεν υπάρχει ατμόσφαιρα στη σελήνη. Αυτό σημαίνει ότι: α) δεν είχαν κατανοήσει την σωματιδιακή φύση των αερίων, η οποία έχει προηγηθεί στη διδακτέα ύλη ώστε να δικαιολογήσουν πλήρως το φαινόμενο της διάχυσης, ή β) δεν επιτεύχθηκαν οι στόχοι της παραδοσιακής διδασκαλίας στο φαινόμενο της διάχυσης του φωτός. Και στις δυο περιπτώσεις τα αρνητικά αποτελέσματα είναι επακόλουθα της παραδοσιακής μεθόδου διδασκαλίας που προηγήθηκε.

Αντίθετα οι μαθητές/-τριες της Π.Ο., κατάφεραν να συνδέσουν τα δυο φαινόμενα επαληθεύοντας την 8^η υπόθεση. Συγκεκριμένα οι απαντήσεις των μαθητών/-τριών της ΣΤ' τάξης στο παραπάνω ερώτημα παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά, ενώ οι απαντήσεις των μαθητών/-τριών της Ε' τάξης βελτιώθηκαν αρκετά, χωρίς ωστόσο να παρουσιάσουν στατιστικά σημαντική διαφορά. Πιθανόν το ποσοστό των απαντήσεων που είναι κοντά στην επιστημονική άποψη να ήταν μεγαλύτερο αν στη σχεδίαση των δραστηριοτήτων της εφαρμογής «ΑΝΑΚΛΑΣΗ – ΔΙΑΧΥΣΗ» περιλαμβάνονταν βοήθειες (tips) που να υπενθύμιζαν στα παιδιά τη σωματιδιακή φύση του αέρα, βοηθώντας έτσι να αναθεωρήσουν λανθασμένες αντιλήψεις που δεν άλλαξαν κατά την διάρκεια της παραδοσιακής διδασκαλίας της ενότητας «Υλικά σώματα- δομή της ύλης» που προηγήθηκε. Είναι δύσκολο, ιδιαίτερα για τους/ις μαθητές/-τριες της Ε' τάξης, να γίνει κατανοητή η σωματιδιακή φύση των αερίων με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας και χωρίς την χρήση προσομοιώσεων που επιτρέπει την μικροσκοπική αναπαράσταση της δομής των αερίων.

Η τρίτη ομάδα ερωτήσεων είχαν στόχο να διερευνήσουν τις ιδέες των παιδιών σχετικά με τον τρόπο που αντιλαμβάνονται τη λειτουργία της όρασης.

Σύμφωνα με τις αρχικές απαντήσεις, ένας πολύ μικρός αριθμός παιδιών υιοθετούσε το επιστημονικό μοντέλο λειτουργίας της όρασης πριν τη διδασκαλία. Μετά την παραδοσιακή διδασκαλία ένας μικρός αριθμός παιδιών των Ο.Ε. αναθεώρησαν τις απόψεις τους και μόνο το 1/5 των μαθητών/-τριών της Ε' τάξης και το 1/3 αυτών της ΣΤ' τάξης υιοθέτησαν κατά μέσο όρο το επιστημονικό μοντέλο σε όλες τις ερωτήσεις της τρίτης ομάδας.

Αντιθέτως, στην Π.Ο. μετά την καινοτομική διδασκαλία εμφανίζεται βελτίωση στις απόψεις των μαθητών/-τριών, η οποία είναι στατιστικά σημαντική. Πάνω από τα μισά παιδιά φάνηκε ότι κατανόησαν τον τρόπο που βλέπουμε τα αντικείμενα γύρω μας, επαληθεύοντας την 7^η υπόθεση της έρευνάς μας.

Εκτός από το διαμορφούμενο περιβάλλον εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου, η χρήση προσομοιώσεων και αναπαραστάσεων στον υπολογιστή, καθώς και η εφαρμογή του μοντέλου των ακτίνων (Ray model) στο λογισμικό ΑΝΑΚΛΑΣΗ – ΔΙΑΧΥΣΗ συνετέλεσαν στην κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της όρασης. Αυτό διαπιστώθηκε και από τη μελέτη των απαντήσεων στην ερώτηση 7 που καλούσε τα παιδιά να περιγράψουν και να σχεδιάσουν τι συμβαίνει όταν κοιτούν α) ένα αυτόφωτο αντικείμενο (αναμμένο κερί) και β) ένα ετερόφωτο αντικείμενο (λουλούδι). Στις Π.Ο. που έγινε η χρήση προσομοιώσεων και αναπαραστάσεων, με το μοντέλο των ακτίνων, οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στις αρχικές περιγραφές, σχετικά με το πώς βλέπουμε τα αυτόφωτα σώματα και πώς τα ετερόφωτα, μειώθηκαν αισθητά. Έτσι φάνηκε ότι στην πλειοψηφία τους οι μαθητές/-τριες περιέγραφαν και σχεδίαζαν το φαινόμενο, υποθέτοντας ότι κάθε σημείο ενός ετερόφωτου αντικειμένου διαχέει το φως (φαινόμενο διάχυσης), γεγονός που το κάνει να συμπεριφέρεται ως δευτερεύουσα φωτεινή πηγή.

Στα διδακτικά εγχειρίδια που χρησιμοποιούνται σήμερα στο σχολείο, η ενότητα «Ανάκλαση και διάχυση του φωτός» δε συνδέεται με τον τρόπο λειτουργίας της όρασης στον οποίο δεν γίνεται καμιά αναφορά.

Συγκεκριμένα, στο βιβλίο της Ε' τάξης εισάγεται η ενότητα «Ανάκλαση και διάχυση του φωτός», όπου η εκπομπή ακτίνων γίνεται πάντα από την πηγή φωτός, χωρίς να επισημαίνεται το γεγονός ότι τα ετερόφωτα αντικείμενα από τη στιγμή που θα φωτιστούν ενεργούν ως δευτερεύουσες πηγές φωτός, ώστε να περιγραφεί ο τρόπος λειτουργίας της όρασης. Επιπλέον, θα έπρεπε αμέσως μετά την ενότητα «Ανάκλαση και διάχυση του φωτός» να εισάγεται η ενότητα «Πώς βλέπουμε» και όχι να αποτελεί ξεκομμένη ενότητα της Οπτικής στην ΣΤ' τάξη. Ακόμα και όταν η συγκεκριμένη ενότητα εισάγεται στην ΣΤ' τάξη, η διδασκαλία επικεντρώνεται στη λειτουργία του ματιού (μέρη του ματιού) το οποίο εξετάζεται ως φακός και σε όλα τα παραδείγματα που αναφέρονται, χρησιμοποιείται ως αντικείμενο που βλέπει ένα παιδί το αναμμένο κερί. Με τον τρόπο αυτό είναι πιθανόν οι μαθητές/-τριες να οδηγηθούν στην παρανόηση ότι ο επιστημονικά αποδεκτός τρόπος λειτουργίας της όρασης ισχύει μόνο για τα

αυτόφωτα σώματα που εκπέμπουν ακτίνες, γεγονός που ενισχύει μια από τις βασικότερες εναλλακτικές ιδέες των παιδιών (οι ακτίνες εκπέμπονται από το μάτι για να δούνε κάποιο ετερόφωτο αντικείμενο). Αυτό αποδεικνύεται από τα σχέδια και τις περιγραφές στις ερωτήσεις 7 και 9.

Συμπερασματικά, από τη σύγκριση των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές/-τριες των Π.Ο. και των Ο.Ε. στο αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο προκύπτει ότι οι μαθητές/-τριες της Π.Ο. βελτίωσαν σημαντικά τις απόψεις τους μετά από την εποικοδομητική διδασκαλία σε ένα τεχνολογικά πλούσιο περιβάλλον. Αντίθετα, στους/ις μαθητές/-τριες της Ο.Ε. παρατηρήθηκε πολύ μικρή βελτίωση των απόψεών τους μετά την παραδοσιακή διδασκαλία και σε αρκετές περιπτώσεις φάνηκε να διατηρούν ή ακόμα και να ενισχύονται οι αρχικές τους εναλλακτικές ιδέες. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι η κατανόηση των φαινομένων της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός βοηθά στην κατανόηση της λειτουργίας της όρασης. Ίσως να είχαμε καλύτερα αποτελέσματα, αν σε όλες τις δραστηριότητες της εφαρμογής εμπλέκονταν το μάτι ενός/μιας παρατηρητή/ριας στο οποίο θα κατέληγε η δέσμη φωτός μετά την ανάκλασή της σε κάποιο αντικείμενο. Αυτό προτείνεται να εφαρμόζεται σε δραστηριότητες που αφορούν στο σχηματισμό ειδώλων σε κάτοπτρα από τους Ronen & Eylon, (1993).

Η επέκταση της εφαρμογής «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ» κάνοντας χρήση του μοντέλου των ακτίνων και σε άλλα φαινόμενα με δραστηριότητες που αφορούν στη Σκιά, Διάθλαση του φωτός, Απορρόφηση του φωτός, Φως και χρώματα θα μπορούσε να βοηθήσει στη μελλοντική επίτευξη καλύτερων μαθησιακών αποτελεσμάτων στη διδασκαλία της Γεωμετρικής Οπτικής όπως προκύπτει από άλλες έρευνες (Goldberg & McDermott, 1987, Goldberg & McDermott, 1987, Fetherstonhaugh & Treagust, 1992, Ronen & Eylon, 1993, Ronen, Eylon, Rivlin & Ganiel, 1993, Raftopoulos, Kalyfommatou, & Constantinou. 2005). Αντιθέτως, σύμφωνα με τους Galili & Hasan (2000), Galili & Lavric (1998) η χρήση του μοντέλου των ακτίνων ευθύνεται για την εμμονή ορισμένων παρανοήσεων στη φύση του φωτός σε μαθητές/ριες Λυκείου και τη δυσκολία που αντιμετωπίζουν στην αναπαράσταση του φαινομένου της διάθλασης του φωτός. Για το λόγο αυτό «θα πρέπει να τονίζεται ότι το φως δεν αποτελείται από ακτίνες και όταν γίνεται η χρήση προσομοιώσεων των φαινομένων σε εφαρμογές στο H/Y θα πρέπει να οπτικοποιείται μια ροή φωτός (light flux) σε σχήμα φωτεινού κώνου που εκπέμπεται από την φωτεινή πηγή και προσπίπτει σε κάτοπτρο ή στο μάτι του/ης

παρατηρητή/ριας και όχι ως μια μεμονωμένη γραμμή που θα αντιπροσωπεύει την πορεία του φωτός» (Galili & Lavric, 1998, σελ.610-611). Ο ισχυρισμός αυτός θα πρέπει να ληφθεί υπόψη σε περίπτωση επέκτασης της εφαρμογής που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνά μας σε άλλα φαινόμενα του φωτός και να αποτελέσει αντικείμενο έρευνας αν η απλή χρήση του γεωμετρικού μοντέλου των ακτίνων δημιουργεί εμπόδια στην κατανόηση της φύσης του φωτός και τι προβλήματα μπορεί να δημιουργήσει στην κατανόηση άλλων φαινομένων που θα μελετηθούν σε μεγαλύτερες τάξεις. Αυτό δεν μπόρεσε να διερευνηθεί πλήρως στην παρούσα έρευνα εξαιτίας του περιορισμένου χρόνου διδασκαλίας που αφιερώθηκε (2 διδακτικές ώρες) σε μια μόνο διδακτική ενότητα (Ανάκλαση-διάχυση του φωτός).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας που πραγματοποιήθηκε με σκοπό την αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης, απαραίτητες φαίνεται να είναι κάποιες αλλαγές στο Αναλυτικό Πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού Σχολείου. Συγκεκριμένα προτείνεται:

- α) Η διδακτική ύλη της Οπτικής στην Ε' τάξη να περιλαμβάνει εισαγωγική ενότητα για το φως που να αναφέρεται στις πηγές φωτός.
- β) Το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός, καθώς και η απορρόφηση του φωτός να αποτελεί διδακτέα ύλη στην ΣΤ' τάξη.
- γ) Να γίνεται σύνδεση του φαινομένου της ανάκλασης του φωτός με τον τρόπο που λειτουργεί η όραση.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερή η ανάγκη αλλαγής του σημερινού πλαισίου που θα οδηγεί στο πέρασμα από τη δασκαλοκεντρική διδασκαλία στη μαθητοκεντρική. Ο/Η μαθητής/-τρια θα πρέπει να βρίσκεται στο επίκεντρο της διδακτικής πράξης και ο/η εκπαιδευτικός να είναι ο διευκολυντής της γνώσης που θα λαμβάνει υπόψη του τις αρχικές ιδέες των παιδιών, με σκοπό την οικοδόμηση της νέας γνώσης. Μέσα από ένα μαθησιακό περιβάλλον εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου το οποίο υποστηρίζεται τεχνολογικά από προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων και οπτικές αναπαραστάσεις οι μαθητές/-τριες θα μπορούν να οικοδομούν τη νέα γνώση, αντιμετωπίζοντας στην πράξη τις αρχικές τους εναλλακτικές ιδέες.

Το εκπαιδευτικό υλικό «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ» μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο ψηφιακό υλικό για τη διδασκαλία του φαινομένου της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός στην Στ' τάξη δεδομένου ότι εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε σε πραγματικές

συνθήκες τάξης, σύμφωνα με τους στόχους ισχύοντος Αναλυτικού Προγράμματος και τις επιταγές μιας σύγχρονης επικοινωνιακής προσέγγισης που εννοεί την ουσιαστική κατανόηση και την αποτελεσματική μάθηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση

- Βλάχος, Ι., (2004). «*Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Η πρόταση της εποικοδόμησης*». Αθήνα: εκδόσεις Γρηγόρη.
- Βοσνιάδου, Σ., & Brewer W.F. (1994). «*Θεωρίες αναδιοργάνωσης της γνώσης*.» Στο Βοσνιάδου Σ. (επιμ.) «*Κείμενα εξελικτικής ψυχολογίας*». Β΄ τόμος: Σκέψη. Gutenberg, Αθήνα.
- Γκαραγκούνη–Αραίου, Φ. & Σολομωνίδου, Χ. (2005). Αλληλεπιδράσεις και συμπεριφορά παιδιών με συμπτώματα διαταραχής ελλειμματικής προσοχής με ή χωρίς υπερκινητικότητα (ΔΕΠ/Υ) κατά την εργασία τους στον υπολογιστή με το λογισμικό Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. Στο Δ. Κολιόπουλος και Α. Βαβουράκη (επιμ.) *Διδακτική Φυσικών Επιστημών: Οι Προκλήσεις του 21^{ου} αιώνα. Κείμενα για την πρωτοβάθμια και προσχολική εκπαίδευση*, σελ. 199-207.
- Καλατζή, Σ., & Σολομωνίδου, Χ. (2007). Συμβολή της χρήσης του εκπαιδευτικού λογισμικού «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» στη διάκριση των εννοιών Θερμότητα – Θερμοκρασία από μαθητές/-τριες Γυμνασίου. *Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Ε.ΔΙ.Φ.Ε.) με θέμα «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθησης*», Βόλος 7-9 Απριλίου 2006, (υπό έκδοση).
- Καζανίδου, Μ. & Σταυρίδου, Ε. (2007). Το φαινόμενο της εξάτμισης: σχεδίαση και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για το Δημοτικό σχολείο. *Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Ε.ΔΙ.Φ.Ε.) με θέμα «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθησης*», Βόλος 7-9 Απριλίου 2006, (υπό έκδοση).
- Κόκκοτας, Π., (1997). «*Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*». Αθήνα: εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κόκκοτας, Π., (2004). «*Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και της επικοινωνίας στην εκπαίδευση*». Τόμος Α΄ Πανεπιστημιακή έκδοση Αθηνών. Πρακτικά 4^{ου} Παν. Συνεδρίου 2004 Σελ. 637-647 Τόμος Β΄ 25-44, 362-364.

- Κουκουτσάκης, Α., Μητρόπουλος, Δ., Σαμαράκου, Μ., Γρηγοριάδου, Μ., Βοσνιάδου, Β., (2004). Διδασκαλία της τριβής με τη χρήση του Εκπαιδευτικού Λογισμικού «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά». Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή. «Οι Τ.Π.Ε στην Εκπαίδευση». Αθήνα: Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθήνας, σελ.35-45.
- Μόκκας, Γ. (2007). Διδασκαλία της ενότητας «Τήξη – βρασμός – Εξάτμιση» στη φυσική Έκτης Δημοτικού με το λογισμικό Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.. Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Ε.ΔΙ.Φ.Ε.) με θέμα «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθησης», Βόλος 7-9 Απριλίου 2006, (υπό έκδοση).
- Ράπτης, Α., & Ράπτη Α., (1999). «Πληροφορική και εκπαίδευση. Συνολική προσέγγιση». Τόμος Α'. Αθήνα.: έκδοση συγγραφέων.
- Σολομωνίδου, Χ. (2003). *Σύγχρονη Εκπαιδευτική Τεχνολογία: Υπολογιστές και μάθηση στην Κοινωνία της Γνώσης*. Θεσσαλονίκη: Κώδικας
- Σολομωνίδου, Χ., (2006). «Νέες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία: Εποικοδομητισμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης». Αθήνα: εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Σολομωνίδου, Χ., Σταυρίδου, Ε., Γρηγοριάδου, Μ., Μητρόπουλος, Δ., Ρηγούτσος, Α. & Σαμαράκου, Μ. (2000). Φως και χρώματα: σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού για τη μελέτη φαινομένων Γεωμετρικής Οπτικής. Στο Δ. Μεϊμαρίδου – Βουλγαράκη (επιμ.) Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «Πληροφορική στην Εκπαίδευση», Θεσσαλονίκη: ΣΕΠΔΕΘ, Νοέμβριος 2000 (ηλεκτρονική μορφή, CD-ROM).
- Σταυρίδου, Ε. (2000). «Συνεργατική μάθηση στην τάξη: μια εφαρμογή στο Δημοτικό Σχολείο». Πανεπιστημιακές Βόλος: εκδόσεις Θεσσαλίας.
- Σταυρίδου, Ε., Σολομωνίδου, Χ. (1998). «Έννοιες Φυσικών Επιστημών Ι: Πανεπιστημιακές παραδόσεις για τους φοιτητές του Παιδαγωγικού τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας». Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Σταυρίδου, Ε. & Σολομωνίδου, Χ. (2004). Μελέτη και μοντελοποίηση φαινομένων Θερμότητας και Οπτικής με το εκπαιδευτικό λογισμικό Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. Στο Μ. Νικολακάκη (Επιμ.) *Προς ένα Σχολείο για Όλους: Διαθεματικότητα και Συνεκπαίδευση στο Δημοτικό Σχολείο*, 115-126. Αθήνα: Ατραπός.

Ξενόγλωσση

- Anderson, J. R., Reder, L. M., & Simon, H. A. (1996). «Situated learning and education». *Educational Researcher*, 25(4), pp. 5-11.
- Andersson, B. & Karrqvist, C. (1983). «How Swedish Pupils, Aged 12–15 Years, Understand Light and its Properties», *European Journal of Science Education* 5(4), 387–402.
- Andersson, C. W. & Smith, E. L.: 1982. «*Student's Conceptions of Light, Color and Seeing*». Paper presented at the annual convention of the National Association for Research in Science Teaching, Fontana, Wisconsin, USA. στο Dedes, C. (2005, «The Mechanism of Vision: Conceptual Similarities between Historical Models and Children's Representations», *Science & Education* 14, 699–712
- Atkins, M. J. (1993). «Theories of learning and multimedia applications: An overview». *Research Papers in Education*, 8(2), 251-271.
- Bendall, S., Goldberg, F., & Galili, I. (1993). «Prospective elementary teachers' prior knowledge about light». *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1169–1187.
- Boyes, E., & Stannistreet, M. (1991). «Development of pupils' ideas of hearing and seeing — the path of light and sound». *Research in Science and Technology Education*, 9, 223–244.
- Brickhouse, N.W. (1994). «Children's observations, ideas, and the development of classroom theories about light». *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 639–656.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). «Situated cognition and the culture of learning». *Educational Researcher*, 19(1), 32-42.
- Clark, R. E. (1994). «Media will never influence learning». *Educational Technology, Research & Development*, 42(2), 21-29.
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1991). «Technology and the design of generative learning environments». *Educational Technology*, 31, 31-40
- Cohen, E., (1994). «Restructuring the classroom: conditions for productive small groups». *Review of Educational Research*, 64(1) 1-35
- Colin, P. & Viennot, L. 2000. «Using two Models in Optics: Student's difficulties and suggestions for teaching». *American Journal of Physics*, 69(7), 36–45.

- Dedes, C. (2005). «The Mechanism of Vision: Conceptual Similarities between Historical Models and Children's Representations» *Science & Education* 14, 699–712
- Deubel, P., (2003). «An Investigation of Behaviorist and Cognitive Approaches to Instructional Multimedia Design». *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 12 (1) 63-90
- Dick, W. (1996). «The Dick and Carey model: Will it survive the decade?» *Educational Technology Research and Development*, 44(3), 55-63.
- Driver, R. (1989). «Students' conceptions and the learning of science». *International Journal of Science Education*, 11, 481-490.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in Science*, Open University Press, Philadelphia.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A.(1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές επιστήμες* (ελληνική μετάφραση), Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Αθήνα
- Driver, R., & Oldham, V. A. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Driver R., Squires, A., Rushworth P & Wood-Robinson, V. 1994 (ελληνική μετάφραση) 2000. *Οικο-Δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*, εκδ. Τυπωθήτω-ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΑΡΔΑΝΟΣ, Αθήνα.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth P & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science research into children's ideas*. London: Routledge
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (2000). «*Making Sense of Secondary Science: Research into Children's Ideas*», Routledge, London.
- Duit, R. & Treagust, D. (1998). «Learning in science: from behaviorism towards social constructivism and beyond» στο B. J.Tobin (Eds.) *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Duffy, T. M., & Cunningham, D. J. (1996). «Constructivism: Implications for the design and delivery of instruction». στο D. H. Jonassen (Ed.), *Educational communications and technology* (pp. 170-199). New York: Simon & Schuster Macmillan.
- Eylon, B., Ronen & M., & Ganiel, U. (1996). «Computer simulations as tools for teaching and learning: Using a simulation environment in optics». *Journal of Science Education and Technology* 5, 93–110.

- Fetherstonhaugh, T. & Treagust, D.F., (1992). «Students' Understanding of Light and its Properties: Teaching to Engender Conceptual Change», *Science Education* 76(6), 653–672.
- Galili, I., Bendall, S., και Goldberg, E (1991). «Some reflections on plane mirror and images». *The Physics Teacher* 29(7), 471-477
- Galili, I., Bendall, S., και Goldberg, E (1993). «The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation». *Journal of Research in Science Teaching* 30(3), 271-301
- Galili, I. & Lavrik, V. (1998). «Flux concept in learning about light. A critique of the present situation». *Science Education*, 82: 591-614.
- Galili, I. & Hazan, A. (2001). «The Effect of a History-based Course in Optics on Students' Views about Science». *Science & Education* 10, 7–32.
- Gauld, C.F. (1991) «History of Science, Individual Development and Science Teaching». *Research in Science Education* 21, 133–140.
- Goldberg, F. M., & McDermott, L. C. (1987). «An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror». *American Journal of Physics*, 55, 108– 119.
- Goldberg, E, & McDermott, L. C. (1986). «Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror». *The Physics Teacher* 24, 472-480.
- Goldberg, E, & McDermott, L. C. (1987). «An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror». *American Journal of Physics*, 55(2), 108-119
- Goldman, S.R. (1997). «Learning from text: Reflections on the past and suggestions for the future». *Discourse Processes*, 23, 357-398
- Grayson, D. J. (1996). «Using education research to develop waves courseware». *Comput. Phys.* 10 (1) 30–37
- Guesne, E. (1976). « *Lumière et Vision des Objets*» στο G. Delacote (ed.), «*Physics Teaching in Schools*», Taylor & Francis, London, 265–273.
- Guesne, E., (1985). 'Light', στο Driver, R., Guesne, E. & Thiberghien, A. (eds.), *Children's ideas in Science*, Open University Press, Philadelphia.
- Hewson, W. (1985). «Diagnosis and remediation of an alternate conception of velocity using a microcomputer program». *Am. J. Phys.* 53, 684–690

- Hosson, C. & Kaminski, W. (2002) «Les Yeux des Enfants sont-ils des <<Porte-lumière>>?». *Bulletin de l'Union de Physiciens* 840, 143–160 53 στο Dedes, C. (2005) «The Mechanism of Vision: Conceptual Similarities between Historical Models and Children's Representations». *Science & Education*, 14, 699–712
- Karagiorgi, Y., & Symeou, L. (2005). Translating Constructivism into Instructional Design: Potential and Limitations. *Educational Technology & Society*, 8 (1), 17-27.
- Koschmann, T. (1996). «*Paradigm shifts and instructional technology: An introduction*» ανακτήθηκε στις 20/ 3/ 2007 από www.lu.lv/e-universitaate/e-studijas/dokumenti/arhivs/koschmanns_paradigm.pdf
- Kulik, J. (2003). «*Effects of using instructional technology in elementary and secondary schools: What controlled evaluation studies say*». Arlington, Virginia: SRI International. Ανακτήθηκε στις 20/5/2006 από <http://www.sri.com/policy/csted/reports/sandt/it/KulikItinK-12MainReport.pdf>
- Jackson, S., Krajcik, J., & Soloway, E. (1998). «The design of guided learner-adaptable scaffolding in interactive learning environments». Ανακτήθηκε στις 20/4/2006 από <http://hi-ce.eecs.umich.edu/papers/CHI98/CHI98.html>
- Jonassen, D.H. (1991). «Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm?» *Educational Technology Research and Development*, 39(3), 5-14.
- Jonassen, D. H., Peck, K. L., & Wilson, B. G. (1999). «Learning with technology: A constructivist perspective». Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall.
- Jonassen, D. H. (1994). «Technology as cognitive tools: Learners as designers». Ανακτήθηκε 30/3/2007, από <http://itech1.coe.uga.edu/itforum/paper1/paper1.html>
- Jones, M., Farquhar, J., & Surry, D. (1995). «Using metacognitive theories to design user interfaces for computer-based learning». *Educational Technology*, 35(4), 12-22.
- Jung, W. (1987). «Understanding students' understanding: The case of elementary optics». In J.D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Vol. III* (σελ. 268–277). Ithaca, NY: Cornell University
- La Rosa, C., Mayer, M., Patrizi, P. and Vincentini-Missoni, M. (1984). «Commonsense knowledge in optics: preliminary results of an investigation into the properties of light». *European Journal of Science Education*. 6 (4) 387-397

- Langley, D., Ronen & M., Eylon, B. (1997). «Light Propagation and Visual Patterns: Preinstruction Learners' Conceptions». *Journal of research in science teaching*. 34(4), 399–424
- Lajoie, S. (2000). «Computers as cognitive tools, volume two: No more walls: Theory change, paradigm shifts, and their influence on the use of computers for instructional purposes». (2nd ed.). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Lea, S. M., Thacker, B.A., Kim, E. και Miller, K. M (1996). «Computer assisted assessment of student understanding in physics». *Comput. Phys.* 10(1) 30-37
- Lindberg, D. C. (1976). «*Theories of Vision from Al-Kindi to Kepler*». The University of Chicago Press, Chicago ανακτήθηκε στις 10/ 3/ 2007 από http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_optics
- Matthews, M. R. (1992). «History, Philosophy and Science Teaching: The Present Rapprochement». *Science & Education* 1,11–47.
- Meheut, M. & Psillos, D. (2004). «Teaching-learning Sequences: Aims and Tools for Science Education Research». *International Journal of Science Education* 26(5), 515–535.
- Mihás, P. & Andreadis, P.(2005). « A Historical Approach to the Teaching of the Linear Propagation of Light, Shadows and Pinhole Cameras». *Science & Education* 14, 675–697
- Mokros, J. R., and Tinker, R. F. (1987). «The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs». *Journal of Research in Science Teaching* 24, 369–83.
- Monk, M. & Osborn, J. (1997). «Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: A Model for the Development of Pedagogy». *Science Education* 81, 405–424.
- Murphy, C. (2003). «Literature Review in Primary Science and ICT». (Report 5), Nesta Futurelab Series. Ανακτήθηκε στις 5/4/2007 από www.futurelab.org.uk/download/pdfs/research/lit_reviews/Primary_School_Review.pdf
- Mungy, G. & Doise, W. (1978). «Socio-cognitive conflict and structure of individual and collective performances». *European Journal of Science Education*. 10(3), 285-301
- Nachmias, R., and Linn, M.C. (1987). «Evaluations of science laboratory data: The role of computer presented Information». *Journal of Research in Science Teaching* 24, 491–506.

- Nanjappa, A., & Grant, M. M. (2003). Constructing on constructivism: The role of technology [Online]. *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*, 2(1). Ανακτήθηκε 29/3/2007 από <http://ejite.isu.edu/Volume2No1/nanjappa.htm>
- Newton, I.: 1952, *Opticks*, Dover, London.
- Osborne, J & Hennesy, S. (2003). «Literature Review in Science Education and the Role of ICT: Promise, Problems and Future Directions» (report 6), Nesta Futurelab Series. Ανακτήθηκε στις 5/4/2007 από www.Futurelab.org.uk/download/pdfs/research/litreviews/SecondarySchoolReview.pdf
- Osborne, J., Black, P., Meadows, J. & Smith, M. (1993). «Young Children's (7–11) Ideas about Light and their Development». *International Journal of Science Education* 15(1), 83–93.
- Osborne, J., Black, P., Smith, M., & Meadows, J. (1990). «Light (Primary SPACE Project research report)». Liverpool: Liverpool University Press.
- Osmundson, E., Chung, G. K. W. K., Herl, H. E., & Klein, D. C. D.(1999). «*Knowledge mapping in the classroom: A tool for examining the development of students' conceptual understandings*». Los Angeles, CA: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing. Ανακτήθηκε στις 25/5/2006 από <http://www.cse.ucla.edu/CRESST/Reports/TECH507.PDF>.
- Park, I., & Hannafin, M.J. (1993). «Empirically-based guidelines for the design of interactive multimedia». *Educational Technology Research and Development*, 41(3), 63-85.
- Paivio, A. (1991). «Dual coding theory: Retrospectand current status». *Canadian Journal of Psychology*, 45, 255-287.
- Posner, G.I., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). «Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change». *Science Education*, 66, 211–277.
- Private Universe Project in Science. «Vision: Can we Believe what we See?» ανακτήθηκε 13/3/2007 από <http://www.learner.org/channel/workshops/privuniv/pup05.html>
- Rakes, G. C., Flowers, B. F., Casey, H. B., & Santana, R. (1999). «An analysis of instructional technology use and constructivist behaviors in K-12 teachers». *International Journal of Educational Technology*, 1(2), 1-18.

- Raftopoulos, A., Kalyformatou, N. & Constantinou, C. (2005). «The Properties and the Nature of Light: The Study of Newton's Work and the Teaching of Optics». *Science & Education* 14, 649–673
- Ramadas, J., & Driver, R. (1989). «*Aspects of secondary students' ideas about light*». Technical report, University of Leeds.
- Ravanis, K., Papamichael, Y. & Koulaidis, V. (2002). «Social Marking and Conceptual Change: the Conception of Light for Ten-year old Children». *Journal of Science Education* 3 (1), 15–18.
- Ravanis, K. (1999) «Représentations des Elèves de l' Ecole Maternelle. Le Concept de Lumière». *International Journal of Early Childhood* 31(1), 48–53 στο Dedes, C. (2005) «The Mechanism of Vision: Conceptual Similarities between Historical Models and Children's Representations». *Science & Education*, 14, 699–712
- Reiner, M. (1998). «Thought experiments and collaborative learning in physics». *International Journal of Science Education*, 20, 1043– 1058.
- Renaissance and Early Modern Optics (2007) ανακτήθηκε 13/3/2007 από http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_optics
- Rice, K., & Feher, E. (1987). «Pinholes and images: Children's conceptions of light and vision». *Science Education*, 71, 629– 639.
- Richards, R. T. (1998). «Infusing technology and literacy into the undergraduate teacher education curriculum through the use of electronic portfolios». *T.H.E. Journal*, 25(9), 46-50
- Rodrigues, S. (2000). «The interpretive zone between software designers and a science educator: Grounding instructional multimedia design in learning theory». *Journal of Research on Computing in Education*, 33(1), 1-15.
- Ronen M. and Eylon B., (1993). «To see or not to see: the eye in geometrical optics- when and how?» *Physics Educ.* 28, 52-59
- Ronen, M., Eylon, B., Rivlin, O., και Ganiel, U. (1993). «Designing and using an open interface for instruction in geometrical optics». *Computers and Education* 20(4), 299-309
- Roschelle, J. M., Pea, R. D., Hoadley, C. M., Gordin, D. N., & Means, B. M. (2000). «Changing how and what children learn in school with computer-based technology». *Children and Computer Technology*, 10(2), 76–101

- Salomon, G. (Ed.) (1993). «*Distributed Cognitions Psychological and Educational Considerations*». Cambridge University Press.
- Samaras, H., Giouvanakis, T., Bousiou, D. & Tarabanis, K. (2004). «Towards a New Generation of Research Regarding the Influence of Multimedia on Learning». *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2004* (1) 4285-4292.
- Schacter, J. (1999). «*The impact of education technology on student achievement: What the most current research has to say*». Santa Monica, CA: Milken Exchange on Education Technology. Ανακτήθηκε στις 5/4/2007 από www.mff.org/pubs/M161.pdf
- Segal, G. & Cosgrove, M. (1993). «The sun is sleeping now. Early Learning About Light And Shadows». *Research in Science Education*, 23, 276–285.
- Selley, N. F. (1996). «Children’s Ideas on Light and Vision». *International Journal of Science Education* 18(6), 713–723.
- Seroglou, F. & Koumaras, P. (2001) «The Contribution of the History of Physics in Physics Education». *A Review*, *Science & Education*, 10, 41–60.
- Slavin, R., E., (1995). «Research on cooperative Learning and Achievement: What We Know, What We Need to Know». Ανακτήθηκε στις 1/4/2007 από www.aegean.gr/culturaltec/c_karagiannidis/20032004/collaborative/slavin1996.pdf
- Stahl, G. (Ed.). (2002). «*Computer support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL community. Proceedings of the Computer-supported Collaborative Learning 2002*». Conference σελ. 24-32. Hillsdale, NJ:Erlbaum ανακτήθηκε στις 20/3/2007 από www.cis.drexel.edu/faculty/gerry/publications/journals/cscl2002/CSCL%202002%
- Stanford Encyclopedia of Philosophy: Ανακτήθηκε στις 20/3/2007 από <http://plato.stanford.edu/entries/archytas/>
- Stead, B. F. & Osborne, R. J. (1980). «Exploring Students’Concepts of Light» *Australian Science Teacher’s Journal* 26 (3), 84-90.
- Steinberg, R. N., Oberem, G. E και McDermott, L. C. (1996). «Development of a computer-based tutorial on the photoelectric effect». *Am. J. Phys.* 64, 1370–1379
- Steinberg, R. N. (2000). «Computers in teaching science: To simulate or not to simulate?» *Am. J. Phys.* 68(7), 37-41

- Stemler, L. K. (1997). «Educational characteristics of multimedia: A literature review». *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 6(3,4), 339-359
- Szabo, M., & Kanuka, H. (1999). «Effects of violating screen design principles of balance, unity, and focus on recall learning, study time, and completion rates». *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 8(1), 23-42.
- Szendrei, J. (1996). Concrete Materials in the Classroom. In A. Bishop et al (Eds.), *International Handbook of Mathematics Education* (pp. 411- 434). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Tao, P., & Gunstone, R. (1999). «Conceptual change in science through collaborative learning at the computer». *International Journal of Science Education*, 21(1), 39-57
- Thibodeau, P. (1997). «Design standards for visual elements and interactivity for courseware». *T.H.E. Journal*, 24(7), 84-86
- Thiberghien, A., Delacote, G., Ghiglione, R. & Matalon B.: 1980, «Conceptions de la Lumière chez l'Enfant de 10 - 12 ans». *Revue Française de Pedagogie* 50, 24-41 στο
- Dedes, C. (2005), «The Mechanism of Vision: Conceptual Similarities between Historical Models and Children's Representations», *Science & Education* 14, 699-712
- Vosniadou S. (1994). «Mental Models of the Day-Night Cycle». *Cognitive Science*. vol.18
- Vosniadou S., (1994). «Capturing and modeling the process on conceptual change». *Learning and Instruction* 4, 45-69
- Watts, M.: 1985, 'Student Conceptions of Light: a Case Study', *Physics Education* 20, 183-187.
- Willis, J. (1995). «A recursive, reflective instructional design model based on constructivist-interpretivist theory». *Educational Technology*, 30(6), 5-23
- Winer, G. A., Cottrell, J.E., Karefilaki, K. D., Gregg V. R (1996). «Images, Words, and Questions: Variables That Influence Beliefs about Vision in Children and Adults». *Journal of Experimental Child Psychology* 63, 499-525
- Witfelt, C. (2000). «Educational multimedia and teachers' needs for new competencies to use educational multimedia». *Education Media International*. 37(4), 235-241.
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). «Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making science accessible to all students». *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-188

- Wosilait, K., Heron, P.R.L., Shaffer, P.S., & McDermott, L. (1999). «Addressing Student Difficulties in Applying a Wave Model to the Interference and Diffraction of Light». *American Journal of Physics* 67(7), 5–16.
- Zietsman, A., & Hewson, P. (1986). «Effect of instruction using microcomputer simulations and conceptual change strategies on science learning». *Journal of Research in Science Teaching*, 23(1), 27-39

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

**Αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο για το φαινόμενο της ανάκλασης
και διάχυσης του φωτός**

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Όνοματεπώνυμο

Σχολείο

Τάξη

Ημερομηνία

1. Τι σημαίνει για σένα η λέξη φως;

.....
.....
.....
.....
.....

2. Πού κατά τη γνώμη σου υπάρχει φως;

(γράψε 3-4 μέρη)

.....
.....
.....
.....
.....

3. Τι σημαίνουν για σένα οι λέξεις:

α) Ανάκλαση του φωτός:

.....
.....
.....
.....

β) Διάχυση του φωτός:

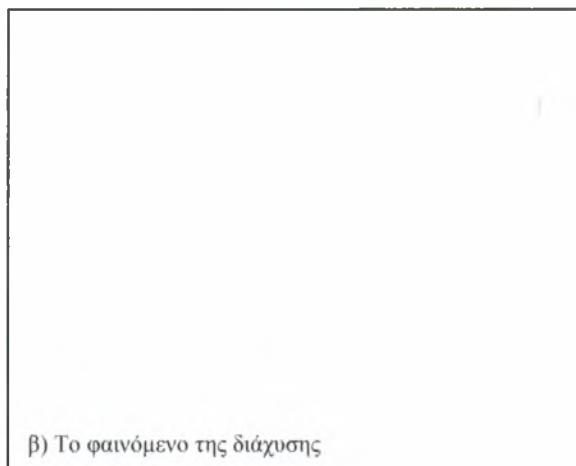
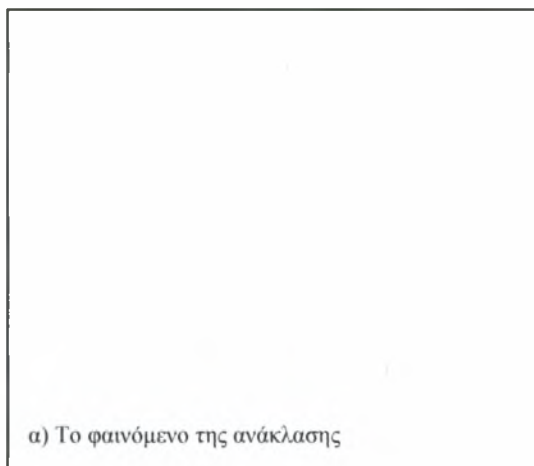
.....
.....
.....
.....

4. Τι συμβαίνει όταν μια ακτίνα πέσει πάνω σε:

(Σημείωσε με χ την απάντησή σου στην κατάλληλη θέση στον πίνακα)

	Ανάκλαση	Διάχυση
Ανάκλαση ή διάχυση:	Χώμα	
	Γυαλισμένο μάρμαρο	
	Τοίχος	
	Βιτρίνα	
	Σκόνη ατμόσφαιρας	
	Καθρέφτης	

5. Σχεδιάσε τις ακτίνες του ήλιου να ανακλώνται σε ένα αντικείμενο (φαινόμενο ανάκλασης του φωτός) και έπειτα να διαχέονται σε ένα άλλο αντικείμενο (φαινόμενο διάχυσης του φωτός).



6. Το φεγγάρι φωτίζεται από τον ήλιο. Ο ουρανός του όμως γύρω είναι μαύρος. Γιατί νομίζεις ότι συμβαίνει αυτό;

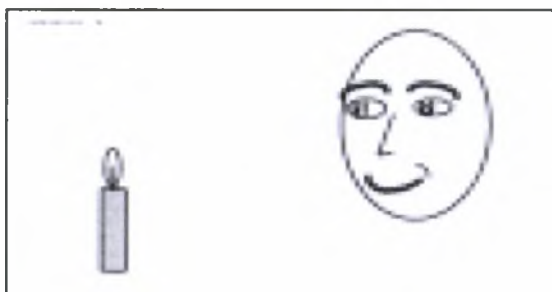


.....
.....
.....
.....

7.1 Τι συμβαίνει όταν κοιτάς ένα αντικείμενο;

.....

Σχεδιάσε αυτό που νομίζεις.



7.2 Υπάρχει κάτι ανάμεσα στα μάτια σου και στο αντικείμενο τη στιγμή που το κοιτάς;

.....

.....

.....

...

8. Θα μπορούσες να το δεις σε απόλυτο σκοτάδι και γιατί;

.....

.....

.....

9. Τι συμβαίνει ανάμεσα στο μάτι ενός παιδιού που βλέπει ένα βιβλίο και μιας λάμπας που φωτίζει; (σχεδίασε τις ακτίνες)



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Φυλλάδια εργασίας για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός

ΦΥΛΛΑΔΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΟΜΑΔΑ

ΤΑΞΗ

ΣΧΟΛΕΙΟ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

Σχηματίστε ομάδες των 3-4 ατόμων για να εργαστείτε η κάθε ομάδα σε έναν υπολογιστή.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

A. Δραστηριότητες με το λογισμικό ΟΠΤΙΚΗ

Ενεργοποιούμε το λογισμικό ΟΠΤΙΚΗ στην επιφάνεια εργασίας.

A1. Στην οθόνη 2 βλέπουμε μια εικόνα με τον ήλιο και το φεγγάρι στον ουρανό του Β. Πόλου. Παράλληλα βλέπουμε τον ήλιο και το φεγγάρι στα ήρεμα νερά ενός κόλπου της περιοχής. Γιατί συμβαίνει αυτό; Συζητούμε μεταξύ μας και απαντάμε στο χώρο παρακάτω.

.....
.....
.....
.....

A2. Προχωρούμε στην επόμενη οθόνη 3. Βλέπουμε ένα τζάμι τοποθετημένο πάνω σε ένα τραπέζι και έναν καθρέφτη πάνω του. Αν υποθέσουμε ότι κάποιο παιδάκι αφήνει να κυλήσει ένα μπαλάκι από κάτω δεξιά, ώστε να χτυπήσει στον καθρέφτη, ποια διαδρομή θα ακολουθήσει το μπαλάκι; την Α τη Β ή τη Γ;

Στη συνέχεια παίζουμε την ταινία-βίντεο για να διαπιστώσουμε αν είχαμε δίκιο. Γράφουμε, γιατί νομίζουμε ότι στην ταινία-βίντεο ήταν αυτή η πραγματική πορεία.

.....
.....
.....
.....

A3. Προχωρούμε στην επόμενη οθόνη **4**. Ας υποθέσουμε ότι ρίχνουμε ένα μπαλάκι από πλάγια θέση πάνω σε ένα τραπέζι από μάρμαρο.

Επιλέγουμε να ρίξουμε πρώτα το κόκκινο μπαλάκι πάνω στο τραπέζι, κάνοντας κλικ πάνω του. Έπειτα το πράσινο. Συζητάμε στην ομάδα μας και σημειώνουμε παρακάτω, ποιο μπαλάκι νομίζουμε ότι διαγράφει την πραγματική πορεία.

Το κόκκινο

Το πράσινο

Δικαιολογούμε την απάντησή μας:.....
.....
.....

A4. Προχωρούμε στην επόμενη οθόνη **5**. Ανάβουμε το φακό για να φωτίσουμε την οριζόντια επιφάνεια μιας λείας επιφάνειας υπό γωνία. Πώς θα ονόμαζες την ακτίνα που συναντά την επιφάνεια αυτή και πώς την ακτίνα που φεύγει από αυτή;

Ακτίνα που συναντά την επιφάνεια.....

Ακτίνα που φεύγει από αυτή.....

A5. Προχωρούμε στην επόμενη οθόνη **6**. Συζητάμε στην ομάδα μας και περιγράφουμε γραπτώς το φαινόμενο της ανάκλασης, χρησιμοποιώντας τις παρακάτω λέξεις.

δέσμη ακτίνων, πηγή, λεία επιφάνεια, πορεία ανάκλαση

.....
.....
.....
.....
.....

Έπειτα ελέγχουμε την απάντησή μας, ενεργοποιώντας το κουμπί «ΕΛΕΓΧΟΣ».

B. Δραστηριότητες με το λογισμικό M.A.Θ.H.M.A.

Στη συνέχεια κάνουμε ελαχιστοποίηση στην εφαρμογή ΟΠΤΙΚΗ και ενεργοποιούμε το λογισμικό **M.A.Θ.H.M.A.** που βρίσκεται στη γραμμή εργαλείων. Από την

πόρτα του σχολείου μπαίνουμε στο προθάλαμο των εργαστηρίων. Εδώ μπορούμε να επιλέξουμε ένα από τα τέσσερα εργαστήρια. Τα εργαστήρια είναι: Εργαστήριο Ηλεκτρισμού, Εργαστήριο Οπτικής, Εργαστήριο Μηχανικής, Εργαστήριο Θερμότητας. Κάνουμε επιλογή στη πόρτα του εργαστηρίου της Οπτικής. Επιλέγουμε από τον πίνακα: **Ανάκλαση σε κάτοπτρο.**

Στην οθόνη που εμφανίζεται, υπάρχει ένα ράφι με όργανα Οπτικής. Θα χρησιμοποιήσουμε τον προβολέα, τον καθρέφτη και το διαμάντι. Κρατώντας πατημένο το ποντίκι και μετακινώντας το προς τα πάνω ή κάτω, μπορούμε να αλλάξουμε το ύψος του προβολέα. Επίσης μπορούμε να αλλάξουμε και την κλίση της δέσμης του φωτός του προβολέα κάνοντας αριστερό κλικ επάνω του, μέχρι να εμφανιστεί ένα χεράκι. Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να μετακινήσουμε και το διαμάντι στον τοίχο. Ο προβολέας ανάβει πατώντας το διακόπτη που υπάρχει στη βάση του. Ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

B1. Κατεβάζουμε την λάμπα και τον καθρέφτη στο τραπέζι και ανάβουμε τη λάμπα. Μπορούμε να αλλάξουμε το ύψος της λάμπας, και τη κλίση της φωτεινής δέσμης, καθώς και την κλίση του καθρέφτη σε τρεις διαδοχικές θέσεις 90° , 40° , 0° . Βάζουμε τον καθρέφτη σε οριζόντια θέση 0° . Στρέφουμε τη φωτεινή δέσμη, ώστε να πέσει πάνω στον καθρέφτη. Παρατηρούμε την πορεία της φωτεινής δέσμης. Πώς είναι οι γωνίες που σχηματίζει η φωτεινή δέσμη με τον καθρέφτη, πριν να τον συναντήσει και αφού φύγει από αυτόν; Γράφουμε τις παρατηρήσεις μας:

.....
.....
.....
.....

B2. Επιλέγουμε το διαμάντι και κάνοντας κλικ πάνω του τοποθετείται στο τοίχο. Μπορούμε να το σύρουμε σε άλλες θέσεις πάνω-κάτω στον τοίχο. Προσπαθούμε να το φωτίσουμε. Συζητούμε στην ομάδα μας και απαντούμε σε ποια θέση πρέπει να είναι ο καθρέφτης για να φωτιστεί το διαμάντι.

.....
.....

B3i. Ενεργοποιούμε το Γεωμετρικό Μοντέλο, δεξιά, κάτω στην οθόνη. Έχουμε τον καθρέφτη στις 90° και αλλάζουμε τη γωνία που σχηματίζεται από την δέσμη φωτός που πέφτει (προσπίπτουσα), μετακινώντας το κίτρινο τετραγωνάκι. Συγκεκριμένα ρυθμίζουμε

τη φωτεινή δέσμη στις 45° , 30° , και 70° . Γράφουμε τι παρατηρούμε για την άλλη γωνία που σχηματίζεται όταν:

η γωνία πρόσπτωσης είναι 45° τότε η γωνία ανάκλασης γίνεται

η γωνία πρόσπτωσης είναι 30° τότε η γωνία ανάκλασης γίνεται

η γωνία πρόσπτωσης είναι 70° τότε η γωνία ανάκλασης γίνεται

B32. Επαναλαμβάνουμε τη δραστηριότητα με τον καθρέφτη στις 45° .

η γωνία πρόσπτωσης είναι 45° τότε η γωνία ανάκλασης γίνεται

η γωνία πρόσπτωσης είναι 30° τότε η γωνία ανάκλασης γίνεται

η γωνία πρόσπτωσης είναι 70° τότε η γωνία ανάκλασης γίνεται

B4. Η προσπάθειά σας ολοκληρώθηκε στο λογισμικό M.A.Θ.H.M.A. και επιβραβεύεται με το παίξιμο ενός παιχνιδιού.

Πηγαίνουμε στο πίνακα του εργαστηρίου και παίζουμε το παιχνίδι «Φωτίζοντας όλα τα διαμάντια» στρέφοντας κατάλληλα τους καθρέφτες.

Γ. Δραστηριότητες με το λογισμικό ΟΠΤΙΚΗ

Στη συνέχεια κάνουμε ελαχιστοποίηση στο λογισμικό M.A.Θ.H.M.A. και επιστρέφουμε στην πρώτη εφαρμογή «Οπτική», στην οθόνη 6 όπου είχαμε σταματήσει προηγουμένως για να συνεχίσουμε τις δραστηριότητές μας.

Γ1. Κάνουμε, ό,τι μας προτείνεται στις οθόνες 7,8,9 και 10.

Γ2. Στην οθόνη 11 βλέπουμε στην πρώτη εικόνα ένα βουνό να φαίνεται μέσα στη λίμνη, ενώ στη δεύτερη το βουνό δεν φαίνεται καθαρά.

Γ2.1 Γράφουμε τι νομίζουμε ότι συμβαίνει. Έχει κάποια σχέση η επιφάνεια του νερού;

.....

.....

.....

.....

Γ2.2 Γράφουμε τι νομίζουμε θα συμβεί όταν οι ακτίνες φωτός βρίσκουν μια ανώμαλη επιφάνεια π.χ ένα τσαλακωμένο αλουμινόχαρτο;

.....

.....

.....

.....

Σχεδιάζουμε παρακάτω για να εξηγήσουμε καλύτερα.

Γ3. Προχωρούμε στην επόμενη οθόνη **12**. Ανάβουμε το φακό και παρατηρούμε τι συμβαίνει. Συζητούμε στην ομάδα μας και γράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

.....
.....
.....

Γ4. Προχωρούμε στην επόμενη οθόνη **13**. Παρατηρούμε προσεκτικά τις εικόνες και γράφουμε παρακάτω το συμπέρασμά μας για το πότε συμβαίνει ανάκλαση και πότε διάχυση του φωτός.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Γ5. Προχωρούμε στην επόμενη οθόνη **14**. Τι συμβαίνει ανάμεσα στον ήλιο, το λουλούδι, και το μάτι του παιδιού;

Σχεδιάζουμε τις ακτίνες στο φυλλάδιο εργασίας, διαλέγοντας από τις παρακάτω Α, Β, Γ ή Δ.



A



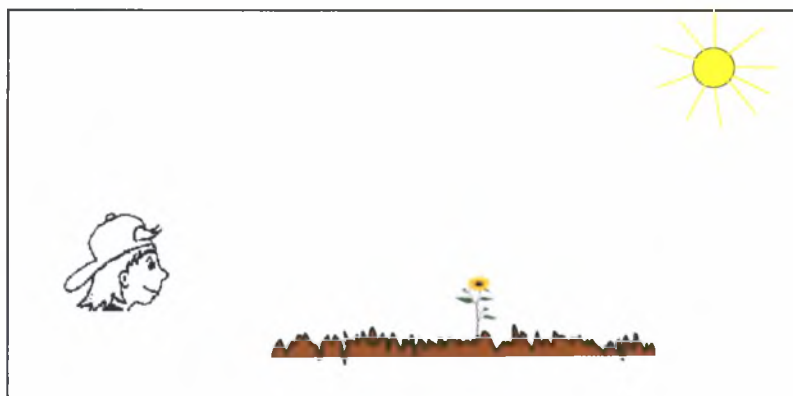
B



Δ

Ποια ζευγάρια ακτίνων θα χρησιμοποιήσεις;

Σχεδιάζουμε και



έπειτα ελέγχουμε το σχέδιό μας κοιτώντας στην οθόνη 14.

Γ6.1. Προχωρούμε στην επόμενη οθόνη **15**. Ας υποθέσουμε ότι βρισκόμαστε μέσα σε ένα διαστημόπλοιο που ταξιδεύει από τη Γη στη Σελήνη. Πώς θα φαίνεται ο ουρανός όταν το διαστημόπλοιο είναι:

Στη γη.....

Στο Διάστημα.....

Παρατηρούμε στην οθόνη **15** το χρώμα του ουρανού. Πώς είναι αυτό;

Στη γη.....

Στη Σελήνη.....

Γ5.2. Υπάρχει διαφορά;

Γ5.3 Συζητήστε και γράψτε πού νομίζετε ότι οφείλονται οι διαφορές αυτές.


.....


.....

.....

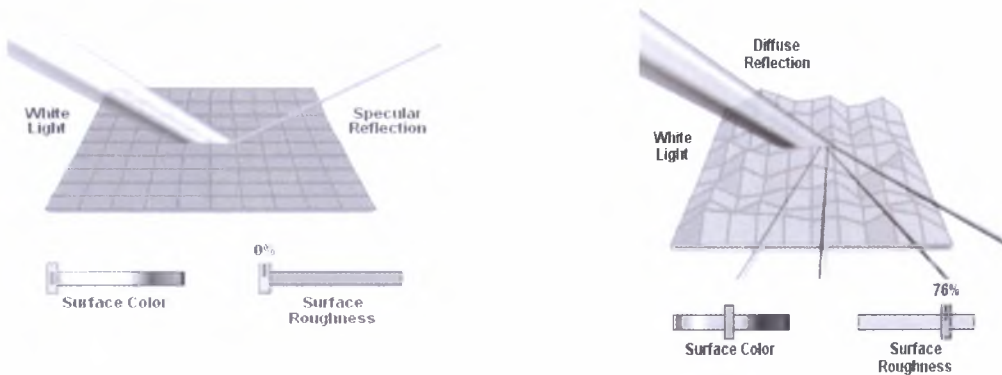
Πατήστε το πλήκτρο **ΕΞΟΔΟΣ** για να κλείσει το λογισμικό **ΟΠΤΙΚΗ**.

Δ. Δραστηριότητες στο διαδίκτυο.

Ενεργοποιούμε το λογισμικό explorer , επιλέγουμε από τη γραμμή εργαλείων την ηλεκτρονική διεύθυνση <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/reflection/specular/index.html> και μπαίνουμε σε ένα δικτυακό τόπο που μπορούμε να κάνουμε εικονικά πειράματα.

Έχουμε τη δυνατότητα να αλλάζουμε το είδος της επιφάνειας μετακινώντας το μετατροπέα που δείχνει τον δείκτη ανωμαλίας του εδάφους  και να δούμε το φαινόμενο της ανάκλασης και της διάχυσης του φωτός.

Κάνουμε το πείραμα με λεία και ανώμαλη επιφάνεια. Παρατηρούμε προσεκτικά τις ακτίνες σε κάθε περίπτωση, συζητούμε στην ομάδα μας και απαντάμε.



Πότε έχουμε διάχυση και πότε ανάκλαση;

.....

.....

.....

.....

Ε. Προαιρετική δραστηριότητα: Πείραμα στο εργαστήριο

Θα χρειαστούμε έναν καθρέφτη, ένα φακό, ένα αλουμινόχαρτο, ένα χαρτί και ένα κομμάτι ύφασμα.

Αν καλύψω τον καθρέφτη πάνω στον οποίο ρίχνουμε τη δέσμη του φωτός με το φακό με ένα αλουμινόχαρτο, τι θα συμβεί με την ανακλώμενη ακτίνα; Κάνουμε το πείραμα και γράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

Τι θα συμβεί αν τον καλύψουμε με ένα χαρτί; Κάνουμε το πείραμα και γράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

.....
.....
.....

Τι θα συμβεί αν τον καλύψουμε με ένα κομμάτι ύφασμα; Κάνουμε το πείραμα και γράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

.....
.....
.....



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Η εφαρμογή ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ στον Η/Υ

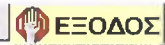
ΟΠΤΙΚΗ



ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΚΥΨΗ

ΤΕΚΕΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ
ΤΟΥ ΠΤΑΕ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΕΠΟΜΕΝΗ



00:00:00:00:00:00:00:00

Στη φωτογραφία βλέπουμε τον ήλιο και το φεγγάρι στον ουρανό του Β. Πόλου. Παράλληλα βλέπουμε τον ήλιο και το φεγγάρι στα ήρεμα νερά ενός κόλπου της περιοχής. Γιατί συμβαίνει αυτό; Συζητούμε μεταξύ μας και απαντούμε στο φυλλάδιο εργασίας.

📄 Α1 φυλλάδιο εργασίας

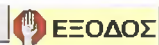


ΗΛΙΟΒΑΣΙΛΕΜΑ ΣΤΟ ΒΟΡΕΙΟ ΠΟΛΟ

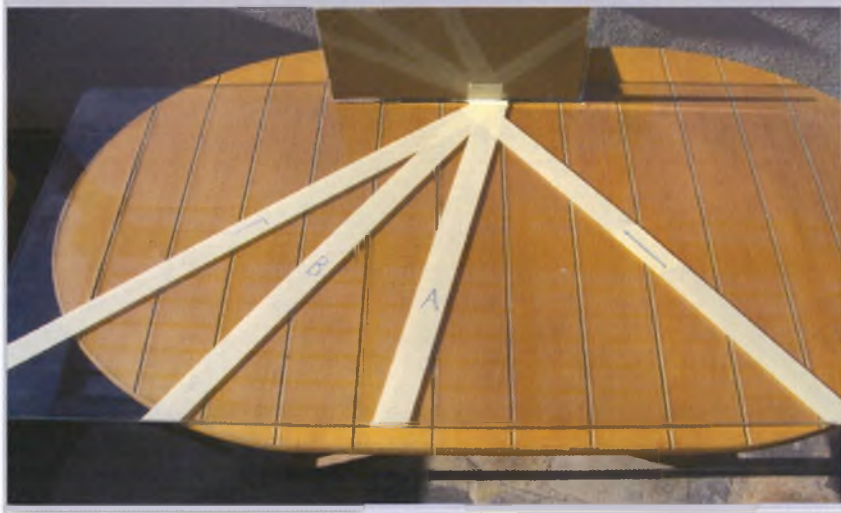
ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΟΙΘΥΝΗ 2

ΕΠΟΜΕΝΗ



Στην παρακάτω φωτογραφία βλέπουμε ένα τζάμι τοποθετημένο πάνω σε ένα τραπέζι και έναν καθρέφτη πάνω του. Αν υποθέσουμε ότι κάποιο παιδάκι αφήνει να κυλήσει ένα μπαλάκι από κάτω δεξιά, ώστε να χτυπήσει στον καθρέφτη, ποια διαδρομή θα ακολουθήσει το μπαλάκι, την Α τη Β ή τη Γ;
 Απαντούμε στο φυλλάδιο εργασίας. ● **A3 φυλλάδιο εργασίας**
 Στη συνέχεια παίζουμε την ταινία- βίντεο, για να διαπιστώσουμε, αν είχαμε δίκιο.



Play CD




ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΘΕΩΡΙΑ 3

ΕΠΟΜΕΝΗ 


File View Go Text Help





As υποθέσουμε, ότι ρίχνουμε ένα μπαλάκι από πλάγια θέση πάνω σε ένα τραπέζι από μάρμαρο.

Επιλέγουμε πρώτα το κόκκινο μπαλάκι να ριχτεί πάνω στο τραπέζι. Έπειτα το πράσινο. Συζητάμε στην ομάδα μας και απαντάμε, ποιο μπαλάκι διαγράφει την πραγματική πορεία.

● **A3 φυλλάδιο εργασίας**







ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΘΕΩΡΙΑ 4

ΕΠΟΜΕΝΗ 

Ανάβουμε το φακό για να φωτίσουμε την οριζόντια ρεία επιφάνεια υπό γωνία. Πώς θα αναμείξουμε την ακτίνα που συναντά την επιφάνεια αυτή και πώς την ακτίνα που φεύγει απ' αυτή; Απαντάμε στο φυλλάδιο εργασίας.

Φυλλάδιο εργασίας

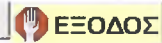


Ρεία επιφάνεια

ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΘΕΩΡΗ 5

ΕΠΟΜΕΝΗ



File Edit View Help

Συζητάμε στην ομάδα μας και διατυπώνουμε, χρησιμοποιώντας τις παρακάτω λέξεις, για να περιγράψουμε το φαινόμενο της ανάκλασης.

Βέση ακτίνων, ηχητή, ρεία επιφάνεια, πορεία, ανάκλαση

Γράφουμε την απάντησή μας στο φυλλάδιο εργασίας. **Φυλλάδιο εργασίας**

Έπειτα ενεργοποιούμε τον ΕΛΕΓΧΟ. Το κείμενο συμφωνεί με την απάντησή μας; Σε τι είναι ίδιο; Σε τι διαφέρει; Απαντούμε στο φυλλάδιο εργασίας.

▶ ΕΛΕΓΧΟΣ

ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΘΕΩΡΗ 6

ΕΠΟΜΕΝΗ



ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Βάζουμε τη σωστή λέξη στη σωστή ομάδα.

μάτι κουζίνας
ραδιόφωνο
φακός

ΠΗΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΠΗΓΗ ΗΧΟΥ

ΠΗΓΗ ΦΩΤΟΣ



ΒΛΕΠΟΥΜΕ ΠΟΣΕΣ ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΕΧΟΥΜΕ



Ποια σώματα έχουν λεία επιφάνεια; Διαλέγουμε τις σωστές απαντήσεις

καθρέφτης

χύμα

μπλούζα

τζάμι

ήρεμη λίμνη

τοίχος

ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΘΥΡΑ 7

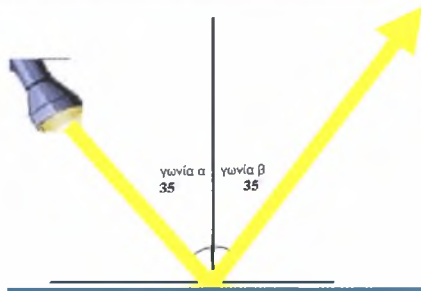
ΕΠΟΜΕΝΗ



ΕΞΟΔΟΣ



Η γωνία α σχηματίζεται από τη φωτεινή δέσμη που πέφτει (προσπίπτει) στον καθρέφτη και ονομάζεται γωνία πρόσπτωσης.

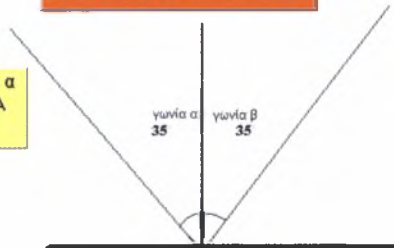


Η γωνία β σχηματίζεται από τη φωτεινή δέσμη που ανακλάται στον καθρέφτη και ονομάζεται γωνία ανάκλασης.

Εδώ έχουμε ένα φακό που φωτίζει τη λεία οριζόντια επιφάνεια υπό γωνία. Παρατηρούμε τις δυο γωνίες που σχηματίζει η κάθε φωτεινή δέσμη με την κάθετο στον καθρέφτη.

ΑΡΑ ΟΠΩΣ ΔΙΑΠΙΣΤΩΘΕΙΣ

Η ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ α ΕΙΝΑΙ ΙΣΗ ΜΕΤΗ ΓΩΝΙΑ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ β



ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

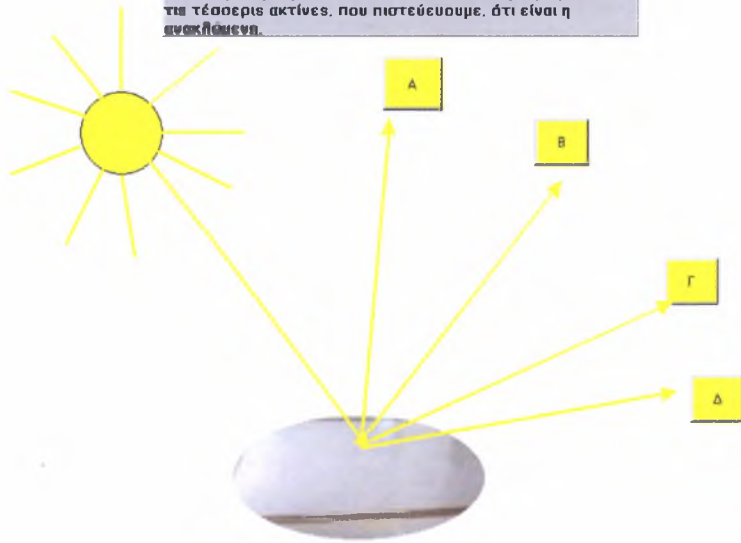
ΘΥΡΑ 8

ΕΠΟΜΕΝΗ



ΕΞΟΔΟΣ

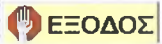
Οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν πάνω σ' ένα μάρμαρο. Βλέπουμε την προσπίπτουσα ακτίνα. Επιλέγουμε μια από τις τέσσερις ακτίνες, που πιστεύουμε, ότι είναι η ανακλώμενη.



ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΘΕΜΑ 9

ΕΠΟΜΕΝΗ



ΦΥΜΗΣΟΥ

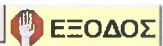
2. Σε ποιά θέση πρέπει να βάλουμε το φακό για να φωτίσουμε το διαμάντι την Α, τη Β, ή τη Γ. Δοκιμάζουμε παρακάτω.



ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΘΕΜΑ 10

ΕΠΟΜΕΝΗ





α' εικ.



β' εικ.

Στην πρώτη εικόνα βλέπουμε το βουνό να φαίνεται μέσα στη λίμνη, ενώ στη δεύτερη δε φαίνεται καθαρά. Έχει κάποια σχέση η επιφάνεια του νερού; Γράφουμε τι νομίζουμε ότι συμβαίνει.

2.1 φύλλαδιο εργασίας

Τι θα συμβεί όταν μια φωτεινή δέσμη πέσει πάνω σε ένα τασσασκωμένο αλουμινόχαρτο;

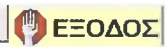
Γράφουμε τη σκέψη μας και σχεδιάζουμε στο τετράδιο εργασίας.

2.2 φύλλο εργασίας

ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΘΕΜΑ 11

ΕΠΟΜΕΝΗ



File Edit View Go Tools Help

ON OFF



ΑΝΑΒΕ ΤΟ ΦΑΚΟ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΟΔΗΓΗΣΕ ΤΟ ΧΕΡΑΚΙ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ Α. ΠΑΛΙΣ: ΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ ΜΕ ΤΗΝ ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ

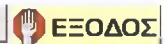
Συζητούμε στην ομάδα μας και γράφουμε τις παρατηρήσεις μας

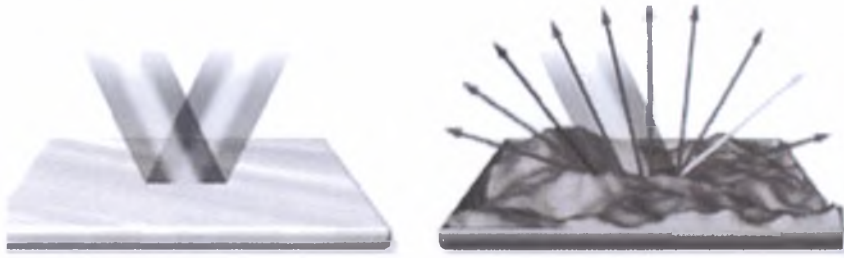
3 φύλλαδιο εργασίας

ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΘΕΜΑ 12

ΕΠΟΜΕΝΗ



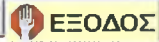


Ελέγχονται τις εικόνες γράφουμε το συμπέρασμά μας για το πότε συμβαίνει ανάκλιση και πότε διάκλιση ● 4. φυλλίδα εργασίας

ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΘΕΜΑΤΗ 13

ΕΠΟΜΕΝΗ



File Edit View Go Tools Help



Τι συμβαίνει ανάμεσα στον ήλιο, το λουλούδι και το μάτι του παιδιού. Σχεδιάζουμε τις ακτίνες φωτός στο φυλλίδιο εργασίας, διαθιέγοντας από τις παραπάνω Α, Β, Γ, ή Δ. Παιδιά ευγάρια ακτίνων θα χρησιμοποιήσουμε. Επειτα παρατηρούμε την αναπαράσταση και τη συγκρίνουμε με το σχέδιό μας. Παιδιά είναι η πορεία των ακτίνων τη που το παιδί κοιτά το λουλούδι.

● 5. φυλλίδα εργασίας

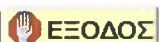
Πάτησε με, όταν τελειώσεις το σχέδιο



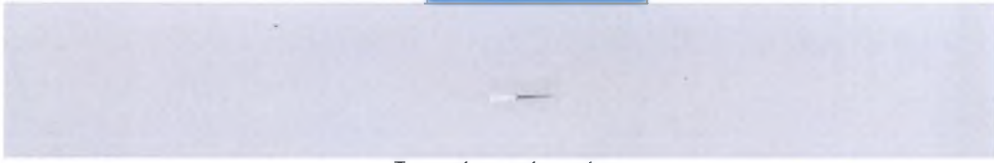
ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΘΕΜΑΤΗ 14

ΕΠΟΜΕΝΗ



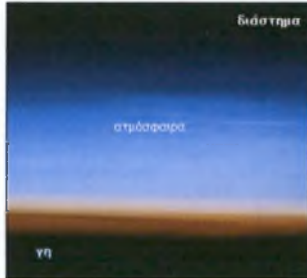
Το ταξίδι στη σελήνη



Η ατμόσφαιρα της γης τη στιγμή της αναχώρησης απ' αυτή



Τη στιγμή που φεύγει από την ατμόσφαιρα της γης και βγαίνει στο διάστημα



Ο ουρανός της σελήνης και ο ήλιος που φωτίζει τη σελήνη



As υποθέσαμε ότι βρισκόμαστε μέσα σε ένα διαστημόηλιο που ταξιδεύει από τη γη στη σελήνη. Παρατηρούμε το χρώμα στην ατμόσφαιρα της γης και στην ατμόσφαιρα της σελήνης. ενώ τις φωτίζει ο ήλιος. Υπάρχει διαφορά.

Συζητάμε και γράφουμε πού νομίζουμε, ότι οφείλεται η διαφορά αυτή.

16. φυλλάδιο εργασίας

ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ

ΟΙΚΟΝΗ 15

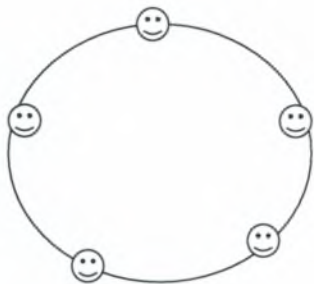
ΕΞΟΔΟΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

Φύλο παρατήρησης συμπεριφορών

1. ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΜΑΔΑ Α'



.....

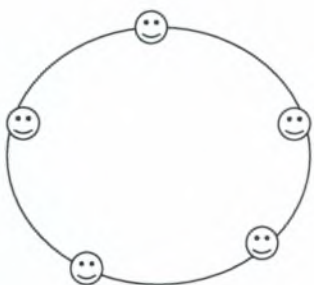
.....

.....

.....

.....

ΟΜΑΔΑ Β'



.....

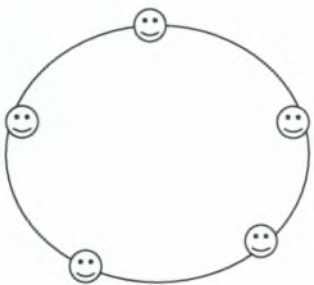
.....

.....

.....

.....

ΟΜΑΔΑ Γ'



.....

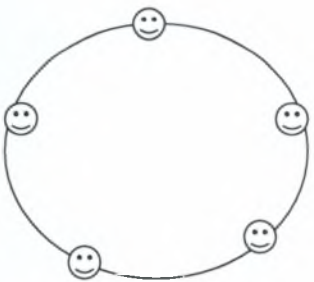
.....

.....

.....

.....

ΟΜΑΔΑ Δ'



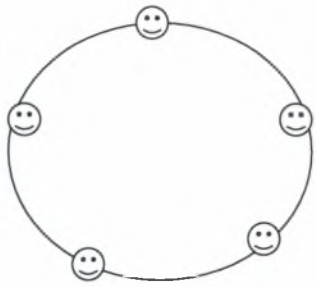
.....

.....

.....

.....

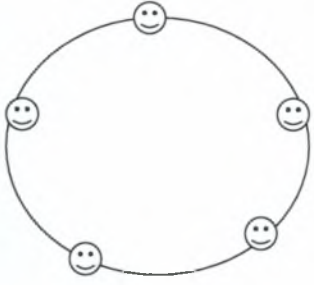
.....



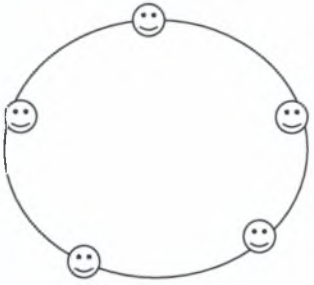
Five horizontal dashed lines for writing.

2. ΘΟΡΥΒΟΣ

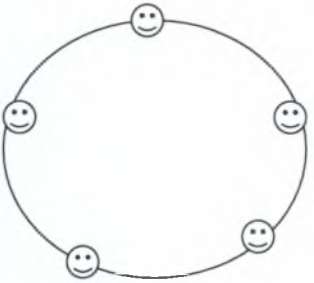
ΟΜΑΔΑ Α'



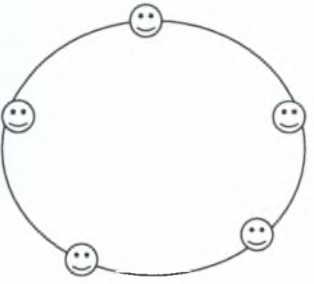
ΟΜΑΔΑ Β'

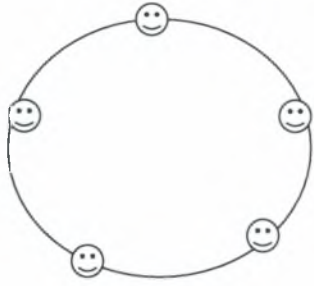


ΟΜΑΔΑ Γ'



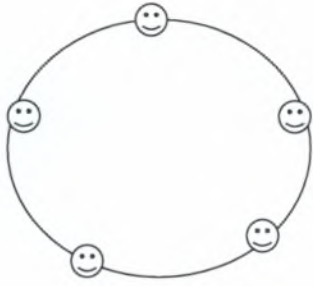
ΟΜΑΔΑ Δ'





3. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΚΑΘΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

ΟΜΑΔΑ Α'



.....

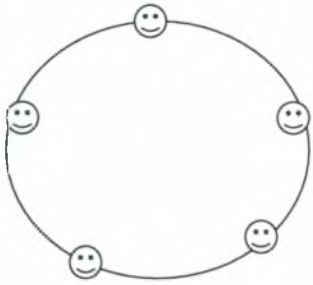
.....

.....

.....

.....

ΟΜΑΔΑ Β'



.....

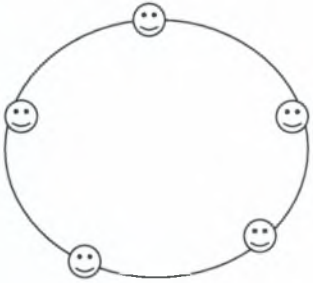
.....

.....

.....

.....

ΟΜΑΔΑ Γ'



.....

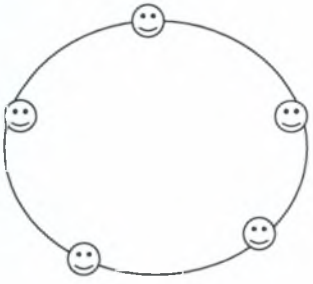
.....

.....

.....

.....

ΟΜΑΔΑ Δ'



.....

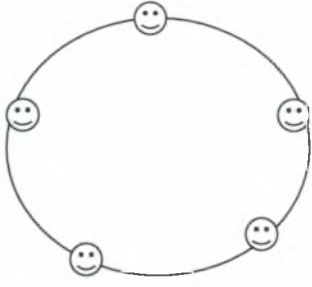
.....

.....

.....

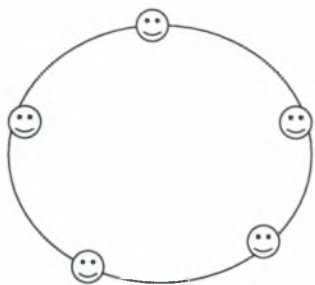
.....

ΟΜΑΔΑ Ε'

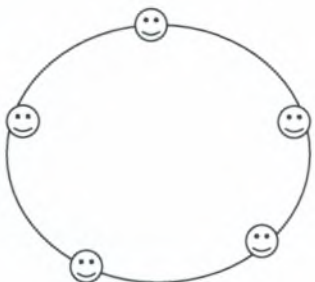


4. ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

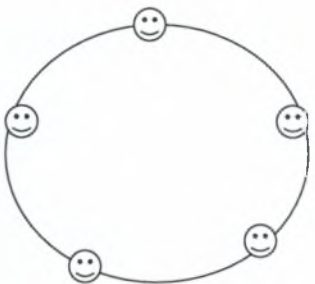
ΟΜΑΔΑ Α'



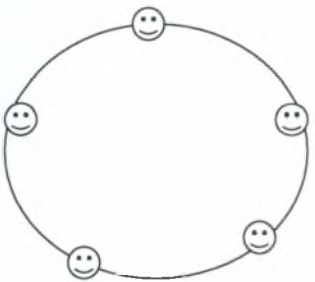
ΟΜΑΔΑ Β'



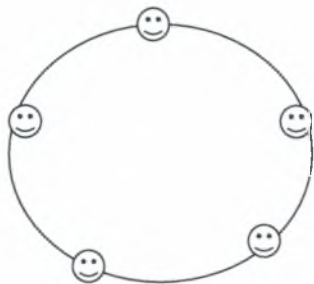
ΟΜΑΔΑ Γ'



ΟΜΑΔΑ Δ'



ΟΜΑΔΑ Ε'



.....

.....

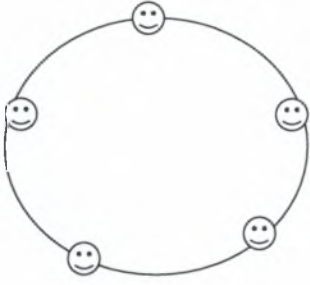
.....

.....

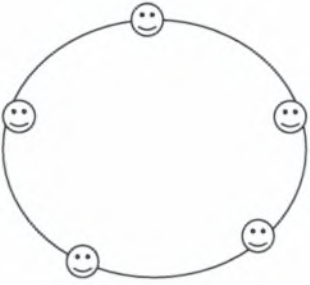
.....

5. ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ

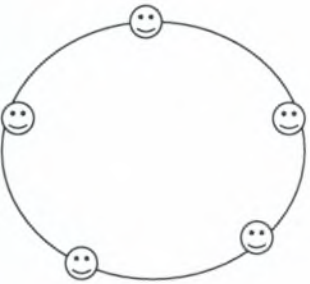
ΟΜΑΔΑ Α'



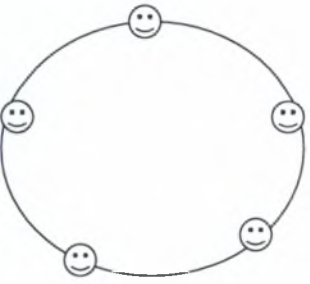
ΟΜΑΔΑ Β'



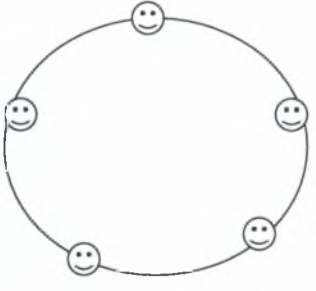
ΟΜΑΔΑ Γ'



ΟΜΑΔΑ Δ'

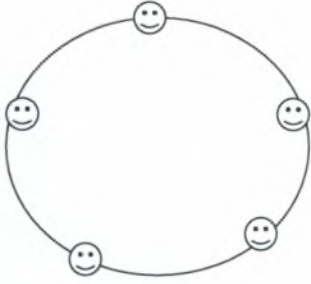


ΟΜΑΔΑ Ε'

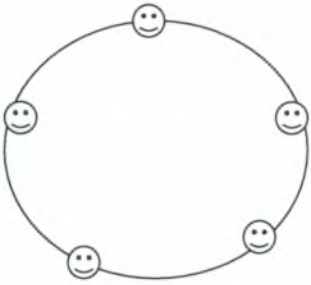


6. ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΞΥ ΟΜΑΔΩΝ

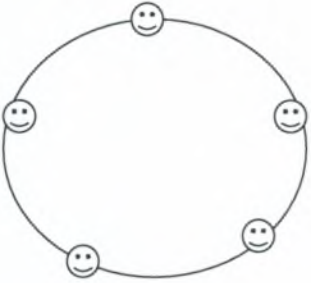
ΟΜΑΔΑ Α'



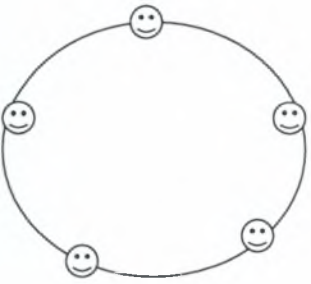
ΟΜΑΔΑ Β'



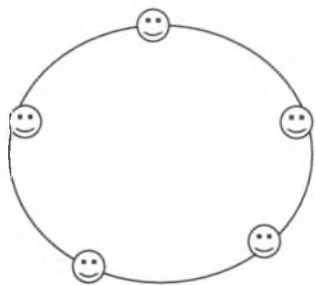
ΟΜΑΔΑ Γ'



ΟΜΑΔΑ Δ'



ΟΜΑΔΑ Ε'



.....

.....

.....

.....

.....

7. Παρεμβάσεις εκπαιδευτικού

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΠΟΛΥ	ΑΡΚΕΤΑ	ΛΙΓΟ	ΚΑΘΟΛΟΥ
1. Παρέμβαινε στις δραστηριότητες των παιδιών, δίνοντας συνεχείς οδηγίες				
2. Έδωσε λίγες οδηγίες στην αρχή και δεν παρέμβαινε πολύ στην εργασία των παιδιών				

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ- ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

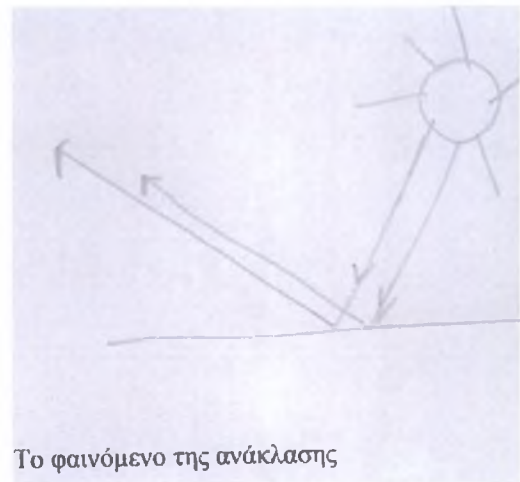
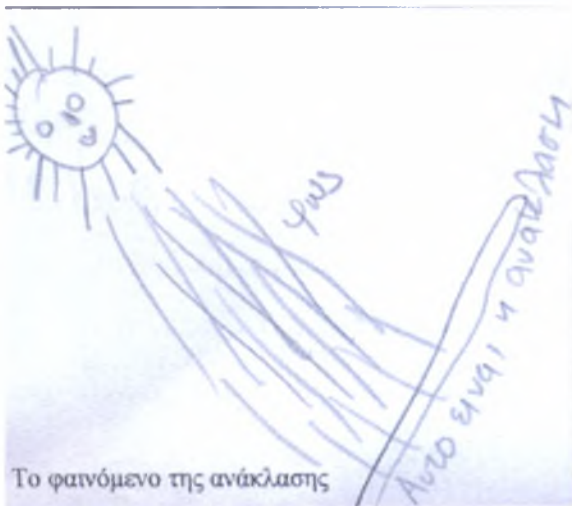
.....

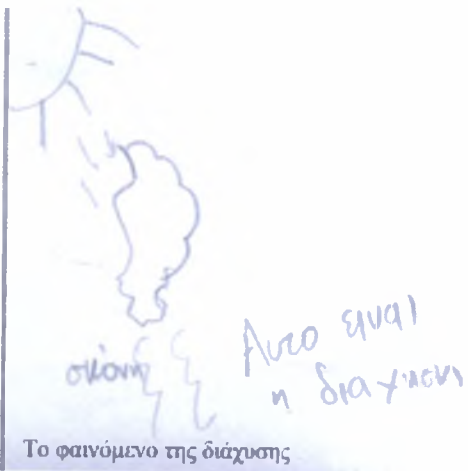
.....

.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5

**Σχέδια μαθητών/-τριών για το φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης
του φωτός**

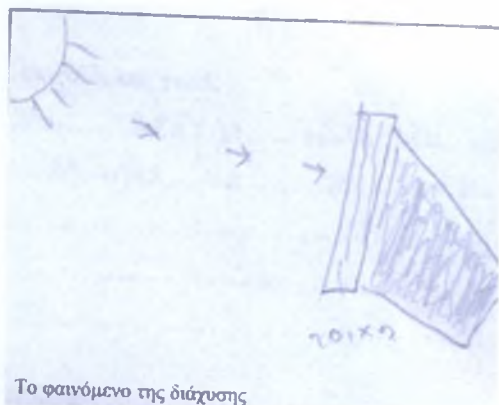




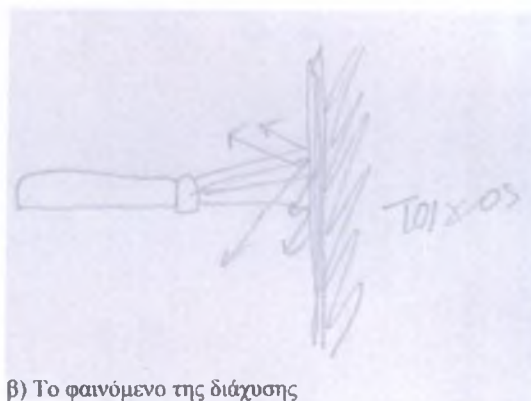
Το φαινόμενο της διάχυσης



Το φαινόμενο της διάχυσης



Το φαινόμενο της διάχυσης



β) Το φαινόμενο της διάχυσης



Το φαινόμενο της διάχυσης



β) Το φαινόμενο της διάχυσης



Το φαινόμενο της διάχυσης



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000091526