

«Ανάπτυξη Ψηφιακού και Έντυπου Εκπαιδευτικού Υλικού για την Εποικοδομητική Διδασκαλία των Εννοιών Ανάκλαση Φωτός και Όραση με Βάση τις Ιδέες των Παιδιών»

Γεώργιος Τέκος¹, Χριστίνα Σολομωνίδου²

1. Δάσκαλος – Υποψήφιος διδάκτορας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
gtekosakana@yahoo.gr
2. Καθηγήτρια ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
xsolom@uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία προτείνει μια εποικοδομητική διδακτική προσέγγιση του φαινομένου της ανάκλασης του φωτός σε ένα τεχνολογικά πλούσιο μαθησιακό περιβάλλον στο Δημοτικό σχολείο. Αρχικά πραγματοποιήθηκε έρευνα που ανίχνευσε τις αρχικές ιδέες 140 μαθητών και μαθητριών Ε' και ΣΤ' Δημοτικού για τα φαινόμενα ανάκλαση και διάχυση του φωτός και τη λειτουργία της όρασης, με την οποία διαπιστώθηκε πλήθος εναλλακτικών ιδεών. Στη συνέχεια, στο πλαίσιο του κοινωνικού εποικοδομητισμού σχεδιάστηκε διδακτική παρέμβαση, για τις ανάγκες της οποίας σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε η εφαρμογή «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ». Αναπτύχθηκαν επίσης έντυπα φύλλα εργασίας για τα παιδιά με κατάλληλες μαθησιακές δραστηριότητες στον υπολογιστή. Η σύγχρονη διδασκαλία με τη χρήση του υλικού αυτού πραγματοποιήθηκε σε 4 τάξεις Δημοτικού και έλαβαν μέρος 81 παιδιά. Επίσης, άλλα 59 παιδιά έλαβαν μέρος σε παραδοσιακή διδασκαλία του ίδιου θέματος. Όλα τα παιδιά απάντησαν σε τελικό ερωτηματολόγιο που ήταν το ίδιο με το αρχικό. Διαπιστώθηκε εννοιολογική αλλαγή στα παιδιά της πειραματικής ομάδας η οποία ήταν στατιστικά σημαντική, σε αντίθεση με τα παιδιά της ομάδας ελέγχου τα οποία παρουσίασαν μικρή βελτίωση στις απόψεις τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: κοινωνικός εποικοδομητισμός, ιδέες μαθητών/ριών Δημοτικού, εννοιολογική αλλαγή, εκπαιδευτικό λογισμικό, ανάκλαση-διάχυση του φωτός, όραση, γεωμετρικό μοντέλο φωτός

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό τα παιδιά πριν έρθουν στο σχολείο έχουν διαμορφώσει απόψεις για τα φυσικά φαινόμενα και δίνουν τη δική τους ερμηνεία γι' αυτά. Οικοδομούν τη δική τους γνώση για τα φαινόμενα με βάση τις προσωπικές

τους εμπειρίες, η οποία συνήθως έρχεται σε αντίθεση με την επιστημονική άποψη. Ορισμένες από τις απόψεις τους είναι τόσο καλά εδραιωμένες που δεν αλλάζουν με τη διδασκαλία. Ο βαθμός στον οποίο διαφέρουν οι ιδέες των μαθητών και μαθητριών από τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις, και ο τρόπος που διαμορφώνονται από την καθημερινή τους εμπειρία, αποτελούν τη βάση για την κατανόηση του τρόπου μάθησης και για το σχεδιασμό της διδασκαλίας. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στην Οπτική όπου τα παιδιά βρίσκουν συχνά δυσκολίες στην κατανόηση τόσο της φύσης του φωτός, όσο και των φαινομένων που προκαλούνται όταν το φως αλληλεπιδρά με την ύλη.

Σύμφωνα με τη Guesne (1985) στη πλειοψηφία τους τα παιδιά 11-12 ετών ταυτίζουν το φως με την πηγή του ή το αποτέλεσμά του (τα φωτεινά 'μπαλώματα' στο έδαφος). Η συγγραφέας διαπίστωσε 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 στον καθρέφτη και αναπηδάει. Οι Andersson και Karrqvist (1983), διαπίστωσαν ότι μόνο το 30% των παιδιών ηλικίας 12-15 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 & Karrqvist 1983, σελ. 398). 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).

Η παρούσα εργασία περιγράφει μια διδακτική προσέγγιση που πραγματοποιήθηκε με βάση τις αρχικές ιδέες των παιδιών στο πλαίσιο του κοινωνικού εποικοδομητισμού στην Ε' και ΣΤ' τάξη του Δημοτικού σχολείου για τα φαινόμενα της κατοπτρικής ανάκλασης του φωτός, της διάχυσης καθώς και για την όραση, μέσα σε ένα τεχνολογικά πλούσιο μαθησιακό περιβάλλον. Αρχικά περιγράφεται η έρευνα που ανίχνευσε τις αρχικές ιδέες 140 μαθητών/τιών για τα παραπάνω φαινόμενα, στη συνέχεια παρουσιάζεται το ψηφιακό υλικό που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε στην καινοτομική διδασκαλία στην πειραματική ομάδα, και τέλος γίνεται αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των παιδιών τόσο της πειραματικής ομάδας όσο και της ομάδας ελέγχου.

Η ΑΡΧΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΩΝ ΙΔΕΩΝ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ

Τα δεδομένα για την ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών συλλέχθηκαν πριν τη διδακτική παρέμβαση, με τη χρήση ενός γραπτού ερωτηματολογίου που συμπλήρωσε ατομικά κάθε μαθητής/ρια. Στην έρευνα αυτή μετείχαν συνολικά 140 παιδιά (60 της Ε' και 80 της ΣΤ' τάξης) από τρία δημοτικά σχολεία του Βόλου.

Το ερωτηματολόγιο περιείχε εννέα ερωτήσεις με υπο-ερωτήσεις επεξηγηματικού χαρακτήρα. Με την πρώτη ομάδα ερωτήσεων εξετάστηκαν οι απόψεις των παιδιών γενικά για το φως. Στη δεύτερη ομάδα ερωτήσεων διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις τους για τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάχυσης του φωτός. Τα παιδιά διατύπωσαν τις απόψεις τους, σχεδίασαν την πορεία των φωτεινών ακτίνων για κάθε φαινόμενο, απάντησαν σε κλειστού τύπου ερωτήσεις για το πότε έχουμε ανάκλαση και πότε διάχυση σε επιλεγμένες επιφάνειες, και κλήθηκαν να ερμηνεύσουν το 'λουτρό φωτός' της ημέρας στην ατμόσφαιρα της γης σε αντίθεση με το σκοτάδι του διαστήματος. Στην τρίτη ομάδα ερωτήσεων διερευνήθηκαν οι ιδέες τους για τον τρόπο που λειτουργεί η όραση. Συγκεκριμένα κλήθηκαν να γράψουν και να σχεδιάσουν αν υπάρχει κάτι ανάμεσα στο αντικείμενο που βλέπουν και στο μάτι. Επιλέχθηκαν ένα αυτόφωτο και ένα ετερόφωτο αντικείμενο για να διαπιστωθεί αν τα παιδιά έχουν διαφορετικές αντιλήψεις για την όραση ανάλογα με το είδος του αντικειμένου που βλέπουν.

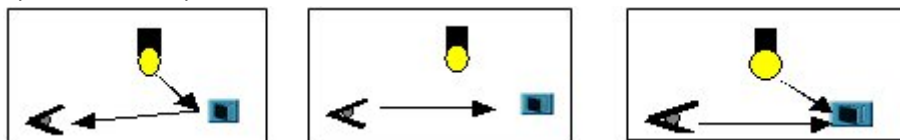
Αποτελέσματα

Η ταύτιση του φωτός με την πηγή της ή το αποτέλεσμα που προκαλεί ήταν η επικρατέστερη άποψη στα 140 παιδιά. Σχετικά με τα φαινόμενα της ανάκλασης του φωτός, κυρίαρχες εναλλακτικές ιδέες που αναδείχθηκαν 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 επιστρέφει στην πηγή ανεξάρτητα από την γωνία πρόσπτωσης της, β) η δέσμη φωτός που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή προσπίπτει πάνω σε μια επιφάνεια και παραμένει εκεί ή τη διαπερνά. 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 απλά φωτίζει ένα αντικείμενο.

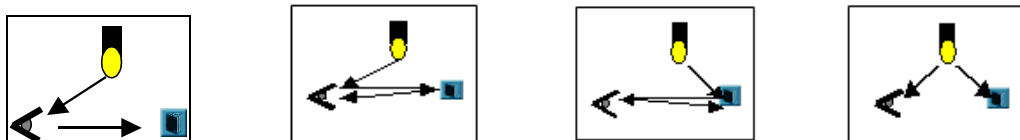
Από τις απαντήσεις που δόθηκαν στην ερώτηση «Γιατί ο ουρανός της σελήνης δεν είναι φωτεινός, όπως ο ουρανός της γης την ημέρα;» διαπιστώθηκε ότι αρκετά παιδιά ιδιαίτερα της ΣΤ' τάξης απέδωσαν τη διαφορά στην ύπαρξη ατμόσφαιρας στη γη, αλλά δεν μπόρεσαν να αποδώσουν τη φωτεινότητα της γήινης ατμόσφαιρας στο φαινόμενο της διάχυσης του φωτός στη σκόνη ή τα μόρια της ατμόσφαιρας. Επίσης, αιτιολόγησαν τη διαφορά αυτή με βάση ιδιότητες του φωτός τις οποίες επινόησαν (οι ακτίνες δεν

μπορούν να περάσουν το διάστημα, ...δε μεταδίδονται στο διάστημα, ...το φως φωτίζει μόνο πλανήτες, ...γιατί είναι πολύ μακριά).

Όσον αφορά τη λειτουργία της όρασης, διαπιστώθηκε ότι ένας πολύ μικρός αριθμός παιδιών υιοθετούσε το αποδεκτά επιστημονικό μοντέλο λειτουργίας της όρασης πριν τη διδασκαλία (4 στα 60 παιδιά της Ε' τάξης και 19 στα 80 της ΣΤ'). Πολλά παιδιά χρησιμοποίησαν εναλλακτικά μοντέλα εκπομπής φωτός από το μάτι (Σχήμα 2, 3, 4, 5, 6) όταν αναφέρονταν στα ετερόφωτα αντικείμενα (76 παιδιά), και αρκετά (54 παιδιά) όταν αναφέρονταν στα αυτόφωτα αντικείμενα.



Σχήμα 1: Επιστημονικό μοντέλο **Σχήμα 2:** Απλή εκπομπή **Σχήμα 3:** Συνεταιριστική εκπομπή



Σχήμα 4:
Υποκινούμενη

Σχήμα 5: Υποκινούμενη
εκπομπή με

Σχήμα 6: Δευτερεύον
μοντέλο

Σχήμα 7: Διπλός
φωτισμός

Στα σχέδια όπου υπήρχε πηγή φωτός και ζητήθηκε από τα παιδιά να δείξουν την κατεύθυνση του φωτός μεταξύ της πηγής, ενός βιβλίου και ενός παρατηρητή, από τα 140 παιδιά, 60 χρησιμοποίησαν μοντέλα εκπομπής (Σχήμα 2, 3, 4, 5, 6) που υποδηλώναν τον ενεργητικό ρόλο του ματιού, 40 σχεδίασαν το 'λουτρό φωτός', δηλαδή ακτίνες να εκπέμπονται από την πηγή προς όλες τις κατευθύνσεις, 17 σχεδίασαν 'διπλό φωτισμό' (Σχήμα 7) και 23 σχεδίασαν σύμφωνα με την επιστημονική άποψη (Σχήμα 1).

Συμπερασματικά παρουσιάστηκαν οι παρακάτω κατηγορίες: οι μαθητές/ριες τείνουν να πιστεύουν ότι:

1. το φως ταυτίζεται με την πηγή ή το αποτέλεσμα που προκαλεί, καθώς φαίνεται ότι αδυνατούν να αντιληφθούν το φως ως οντότητα που διαδίδεται στο χώρο,
2. η κατοπτρική ανάκλαση και η διάχυση του φωτός είναι φαινόμενα ανεξάρτητα από το είδος της επιφάνειας πάνω στην οποία προσπίπτει μια δέσμη φωτός,
3. κατά τη διάρκεια της ανάκλασης του φωτός η φωτεινή δέσμη επιστρέφει στην πηγή της ανεξάρτητα από τη γωνία πρόσπτωσης της ή μένει στο σημείο πρόσπτωσης (άποψη που φανερώνει αδυναμία κατανόησης του γεωμετρικού μοντέλου),
4. η διάχυση του φωτός δεν συμβαίνει στον αέρα, αλλά η φωτεινότητα της γήινης ατμόσφαιρας οφείλεται στην ύπαρξη στη γη της θάλασσας, του

όζοντος, των δορυφόρων, ... αλλά όχι στη διάχυση του φωτός στα μόρια του αέρα, στη σκόνη, κλπ.

- το μάτι παίζει ενεργητικό ρόλο, δηλαδή εκπέμπει ακτίνες 'emission model' για να εξηγήσουν τη λειτουργία της όρασης.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η εφαρμογή «ΑΝΑΚΛΑΣΗ-ΔΙΑΧΥΣΗ» αναπτύχθηκε με βάση τις ιδέες των παιδιών 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 της διάχυσης και της λειτουργίας της όρασης, με την ενσωμάτωση κατάλληλων δραστηριοτήτων. Για την οικοδόμηση των επιστημονικά αποδεκτών ιδεών χρησιμοποιείται η εκπαίδευση «αγκυροβόλιου» (anchored instruction), (Bransford et al, 1990; Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1991; Glaser, et al., 1999) και η σχεδίαση βασίζεται στο μοντέλο ΔΕΣΤΕ (Διερεύνηση, Επινόηση, Σχεδίαση, Τεχνική ανάπτυξη, Εφαρμογή), (Σολομωνίδου, 2006). Επίσης, η χρήση του μοντέλου των ακτίνων (Eylon, Ronen & Ganiel, 1996, Raftopoulos, Kalyfommatou & Constantinou, 2005) κρίθηκε αναγκαία στη σχεδίαση της εφαρμογής, λόγω της πληθώρας των βιβλιογραφικών αναφορών που αποδεικνύουν την αναγκαιότητά του (Ronen & Eylon, 1993, Reiner, 1998, Goldberg & McDermott, 1987), καθώς και από την προσωπική διδακτική εμπειρία των συγγραφέων. Οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται στο περιβάλλον του λογισμικού και σε φύλλα εργασίας ενσωματωμένα στο λογισμικό. Το παιδί έχει τη δυνατότητα να απαντήσει σε ερωτήσεις ενεργοποιώντας το φυλλάδιο εργασίας στην οθόνη του υπολογιστή. Συγκεκριμένα, στις πρώτες δέκα οθόνες παρουσιάζεται και αναλύεται το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός. Ενεργοποιώντας την εφαρμογή (Εικόνα 1), το παιδί παρατηρεί μια φωτογραφία που συνοδεύεται από μουσική υπόκρουση και απεικονίζει το είδωλο του ήλιου και του φεγγαριού στα ήρεμα νερά ενός κόλπου, με σκοπό να προκαλέσει το ενδιαφέρον των παιδιών και να τα προβληματίσει.



Εικόνα 1: Εισαγωγική οθόνη της εφαρμογής

Η πρώτη δραστηριότητα του φυλλαδίου εργασίας προτρέπει τα παιδιά να συζητήσουν μεταξύ τους και να διατυπώσουν την ερμηνεία τους γι' αυτό που παρατηρούν.

Χρησιμοποιώντας τη διδακτική της «κλιμακούμενης καθοδήγησης» (scaffolding) (Vygotsky, 1988), στην τρίτη και στην τέταρτη οθόνη γίνεται εισαγωγή στο γεωμετρικό μοντέλο, με μια διαδικασία που είναι οικεία στα παιδιά από τα παιχνίδια τους η οποία είναι ανάλογη με το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός. Συγκεκριμένα προσομοιώνεται το εξής πείραμα: ένα μπαλάκι αφήνεται από ένα σημείο να κυλήσει, χτυπά σε έναν καθρέφτη και αλλάζει πορεία. Τα παιδιά προβλέπουν την πορεία που θα ακολουθήσει το μπαλάκι και έπειτα ενεργοποιούν το βίντεο για να διαπιστώσουν αν είχαν δίκιο ή όχι (Εικόνα 2). Στην επόμενη οθόνη μπορούν να ενεργοποιήσουν την κίνηση μιας κόκκινης και μιας πράσινης μπάλας που πέφτουν από κάποιο ύψος πάνω από ένα μαρμάρινο τραπέζι και το χτυπούν υπό γωνία, αλλάζοντας έτσι την πορεία της κίνησής τους. Με τη δημιουργία της συνθετικής κίνησης που διαθέτει το πρόγραμμα Toolbook η μια πορεία σχεδιάστηκε λανθασμένα (η γωνία πρόσπτωσης δεν είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης), ώστε τα παιδιά να κατανοήσουν τη διαφορά και να μπορέσουν να αντιληφθούν εμπειρικά ποια είναι η μπάλα που διαγράφει την πραγματική πορεία.

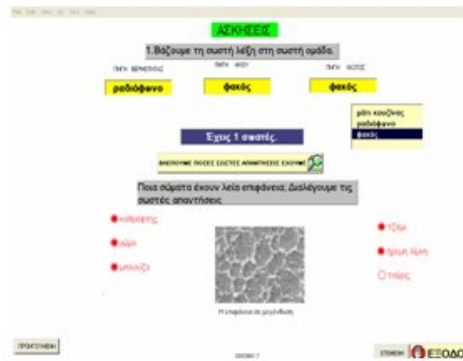


Εικόνα 2: Εισαγωγή στο γεωμετρικό μοντέλο με διαδικασίες οικείες στα παιδιά

Η αναλογία αυτή είναι προπομπός για τη μελέτη της ισότητας ανάμεσα στη γωνία πρόσπτωσης και τη γωνία ανάκλασης. Έτσι, στις επόμενες τρεις οθόνες αντικαθίσταται η μπάλα με τη δέσμη φωτός που εκπέμπει ένας φακός (Εικόνα 3). Εισάγονται οι έννοιες της ανακλώμενης και της προσπίπτουσας ακτίνας, καθώς και οι έννοιες λεία επιφάνεια και πηγή φωτός, ώστε τα παιδιά να μπορέσουν να κατανοήσουν το φαινόμενο και να διατυπώσουν ένα συμπέρασμα για αυτό. Για το λόγο αυτό έχουν εισαχθεί στην εφαρμογή υπογραμμισμένες λέξεις που είναι σύνδεσμοι (hotwords), έτσι ώστε όταν ο δείκτης ποντικιού έρχεται σε επαφή με τις λέξεις αυτές να μετατρέπεται σε χεράκι και να εμφανίζονται εικόνες ή βοηθητικά κείμενα. Επίσης, υπάρχουν ασκήσεις τύπου «σύρω και τοποθετώ» (drag and drop) για την ομαδοποίηση λέξεων σε κατηγορίες, καθώς και ερωτήσεις που παρέχουν άμεση ανάδραση στις απαντήσεις των παιδιών, προτρέποντάς τα να προσπαθήσουν πάλι, ενώ ταυτόχρονα εμφανίζονται βοηθητικές εικόνες για τις ασκήσεις αυτές (Εικόνα 4).



Εικόνα 3: Εισαγωγή των εννοιών προσπίπτουσα και ανακλώμενη ακτίνα

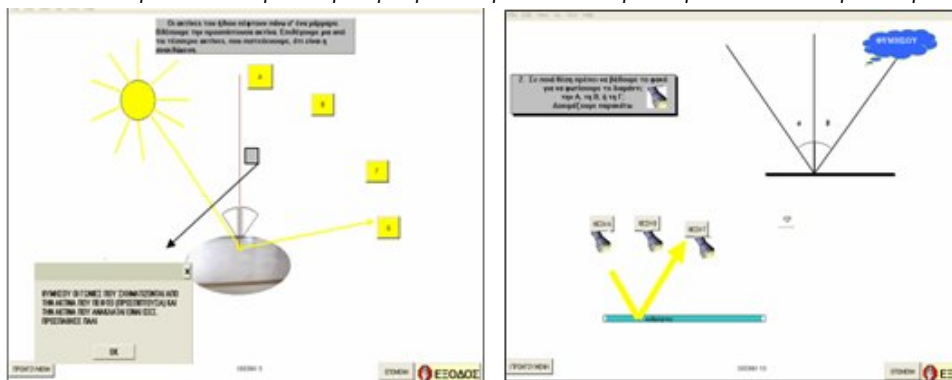


Εικόνα 4: Δραστηριότητες για την κατανόηση εννοιών

Στις οθόνες 8, 9 και 10 εισάγεται το γεωμετρικό μοντέλο του φωτός και χρησιμοποιείται η δέσμη φωτός που εκπέμπεται από ένα φακό και ανακλάται σε μια λεία οριζόντια επιφάνεια. Τα παιδιά παρατηρούν την πορεία της δέσμης και προχωρούν σε ανάλογες δραστηριότητες (Εικόνα 5). Σε όλες τις δραστηριότητες, σε περίπτωση αποτυχημένης απάντησης εμφανίζονται μηνύματα υπενθύμισης του κανόνα που επικρατεί και μηνύματα βοήθειας (Εικόνα 6).



Εικόνα 5: Παρουσίαση του γεωμετρικού μοντέλου για την ανάκλαση του φωτός



Εικόνα 6 : Δραστηριότητες για την κατανόηση της ανάκλασης του φωτός

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

Συγκεκριμένα, στην οθόνη 11 παρουσιάζονται δυο παρόμοια τοπία και ζητείται να βρεθούν οι διαφορές μεταξύ τους. Στην πρώτη φωτογραφία απεικονίζεται το είδωλο του βουνού στη λίμνη, ενώ στη δεύτερη δεν απεικονίζεται εξαιτίας της ταραγμένης επιφάνειας του νερού της. (Εικόνα 7). Στις επόμενες οθόνες γίνεται αναπαράσταση των ακτίνων που προσπίπτουν σε ανώμαλη επιφάνεια (Εικόνα 8) και ζητείται να διατυπώσουν τα συμπεράσματά τους όσον αφορά τα δύο φαινόμενα.



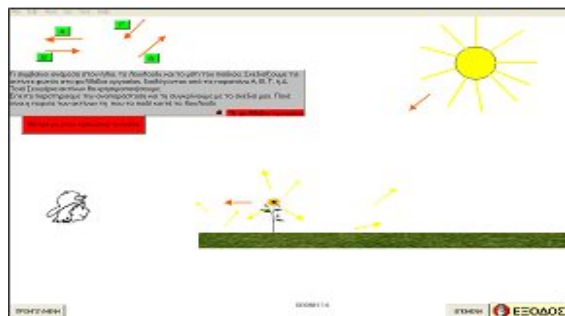
Εικόνα 7: Πρόκληση ενδιαφέροντος των παιδιών με σκοπό την εισαγωγή στο φαινόμενο της διάχυσης



Εικόνα 8: Αναπαράσταση του φαινομένου της διάχυσης

Στην οθόνη 14 γίνεται αναπαράσταση του επιστημονικού μοντέλου για τον τρόπο που βλέπουμε (Εικόνα 9). Ο ήλιος φωτίζει ένα λουλούδι στο έδαφος και το παιδί βλέπει το λουλούδι. Τα παιδιά 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 ότι ισχύει, και στη συνέχεια ενεργοποιούν την αναπαράσταση της πορείας των ακτίνων. Με τον τρόπο αυτό επαληθεύουν εάν ισχύει ή όχι το δικό τους μοντέλο.

Στην τελευταία οθόνη τα παιδιά εμπλέκονται σε ένα σενάριο σύμφωνα με το οποίο ταξιδεύουν από τη γη στη σελήνη με ένα διαστημόπλοιο (Εικόνα 10). Στην πορεία παρατηρούν ότι από τη στιγμή που βγαίνουν από την ατμόσφαιρα της γης το χρώμα και η φωτεινότητα αλλάζουν. Ο ουρανός της σελήνης είναι μαύρος, παρόλο που φωτίζεται από τον ήλιο. Καλούνται να συζητήσουν και να ερμηνεύσουν την αιτία του φαινομένου.



Εικόνα 9: Αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας της όρασης μετά την προσπάθεια σχεδίασης από τα παιδιά



Εικόνα 10: Προβληματισμός για τη διαφορά στο χρώμα του ουρανού σεληνης-γης όταν φωτίζονται από τον ήλιο

Τα φυλλάδια εργασίας των παιδιών βασίζονταν σε δραστηριότητες στον υπολογιστή και ήταν σχεδιασμένα ώστε να αντιμετωπιστούν οι κατηγορίες εναλλακτικών ιδεών των παιδιών αυτών (Tekos, Solomonidou & Stavridou, 2008).

Η διάρκεια της διδασκαλίας ήταν δυο ώρες. Την πειραματική ομάδα (Π.Ο.) όπου εφαρμόστηκε η καινοτομική διδασκαλία αποτέλεσαν 46 μαθητές και μαθήτριες της Στ' τάξης και 35 της Ε' που εργάστηκαν σε ομάδες των 4-5 ατόμων στους υπολογιστές του σχολείου τους. Την ομάδα ελέγχου (Ο.Ε.) όπου εφαρμόστηκε παραδοσιακή διδασκαλία με βάση τα σχολικά εγχειρίδια αποτέλεσαν 34 μαθητές και μαθήτριες της Στ' τάξης και 25 της Ε'. Όλα τα παιδιά δεν είχαν διδαχθεί προηγουμένως ενότητες της Οπτικής.

Ένα μήνα μετά τις διδασκαλίες τα παιδιά κάθε ομάδας συμπλήρωσαν ένα τελικό ερωτηματολόγιο που ήταν ίδιο με το αρχικό. Στη συνέχεια, μετά την κατηγοριοποίηση και ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων, έγινε στατιστική επεξεργασία των δεδομένων με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS και οι αναλύσεις των δεδομένων με την μέθοδο χ^2 (Pearson chi-Square).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Μετά τις διδασκαλίες, διαπιστώθηκε ότι στην πρώτη ερώτηση «Τι σημαίνει για σένα η λέξη φως;» δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στις απαντήσεις μεταξύ των μαθητών/ριών των Π.Ο. και Ο.Ε. Στη δεύτερη ερώτηση «Πού κατά τη γνώμη σου βρίσκεται το φως;» το ποσοστό των μαθητών/ριών που θεώρησαν ότι το φως βρίσκεται στο χώρο αυξήθηκε σε σχέση με τους/ις μαθητές/ριες των Ο.Ε. παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$).

Σχετικά με τη δεύτερη ομάδα ερωτήσεων που αφορούν στο φαινόμενο της ανάκλασης και διάχυσης του φωτός, διαπιστώθηκε ότι μετά τη διδασκαλία τα παιδιά των Π.Ο. Ε' και ΣΤ' τάξης υιοθέτησαν την επιστημονική άποψη για το φαινόμενο της ανάκλασης σε ποσοστά 65,8% και 55,3% αντίστοιχα παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά ($p \leq 0,001$) σε σύγκριση με τις

απαντήσεις που δόθηκαν αρχικά (14,3% και 30,4%). Ανάλογα ήταν και τα αποτελέσματα στα σχέδια για το φαινόμενο της ανάκλασης. Το ποσοστό των παιδιών που υιοθετούσαν εναλλακτικές ιδέες μειώθηκε.

Το ποσοστό των μαθητών/ριών των Ο.Ε. της Ε' και ΣΤ' τάξης που υιοθέτησαν την επιστημονική άποψη για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός κυμάνθηκε στο 48% και 32,4% για την Ε' και την ΣΤ' αντίστοιχα από 20% και 26,5% που ήταν αρχικά ($p > 0,05$). Επιπλέον, φάνηκε ότι ορισμένες από τις αρχικές τους ιδέες διατηρήθηκαν ή ενισχύθηκαν: για την ανάκλαση του φωτός η αρχική ιδέα «ανάκλαση έχουμε, όταν οι ακτίνες γυρίζουν στην πηγή τους μετά την πρόσπτωση σε λεία επιφάνεια» ενισχύθηκε μετά την παραδοσιακή διδασκαλία. Αυτό διαπιστώθηκε και στα σχεδιαστικά έργα των μαθητών/ριών για την αναπαράσταση του φαινομένου.

Όσον αφορά στο φαινόμενο της διάχυσης, μετά τις διδασκαλίες στις Π.Ο. οι απαντήσεις και τα σχέδια των παιδιών στο τελικό ερωτηματολόγιο όπου αποτυπωνόταν η επιστημονικά αποδεκτή άποψη παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τις αρχικές απαντήσεις και τα σχέδια στο αρχικό ερωτηματολόγιο ($p < 0,05$). Το ποσοστό των μαθητών/ριών στην Ε' τάξη που υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο κυμάνθηκε στο 50% (από 7,15% πριν τη διδασκαλία), ενώ για την ΣΤ' τάξη στο 58% (από 26,1%) (Μ.Ο. των ερωτήσεων 3β και 5β στο ερωτηματολόγιο).

Το ποσοστό των μαθητών/ριών των Ο.Ε. που υιοθέτησαν την επιστημονική άποψη για το φαινόμενο της διάχυσης του φωτός μετά την παραδοσιακή διδασκαλία κυμάνθηκε στο 30% από 4% πριν τη διδασκαλία για την Ε' τάξη και στο 17% από 6% για την ΣΤ'. Η διαφορά που παρουσιάστηκε στις απαντήσεις των μαθητών/ριών των δύο Ο.Ε. πριν και μετά τη διδασκαλία δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p > 0,05$).

Αναφορικά με τον τρόπο λειτουργίας της όρασης, ένας πολύ μικρός αριθμός υιοθετούσε το επιστημονικό μοντέλο λειτουργίας της όρασης πριν τη διδασκαλία. Από τις απαντήσεις και τα σχέδια που έδωσαν μετά τη διδασκαλία οι μαθητές/ριες της Π.Ο. διαπιστώθηκε ότι το ποσοστό αυτών που υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο αυξήθηκε κατά 50% για την Ε' τάξη και 30% για την ΣΤ' τάξη παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά σε όλες τις ερωτήσεις που αφορούν στη λειτουργία της όρασης.

Αντιθέτως, μετά τη διδασκαλία στις Ο.Ε., η αύξηση του ποσοστού των παιδιών που υιοθέτησαν το επιστημονικό μοντέλο ανήλθε στο 8% για την Ε' τάξη και 17,7% για την ΣΤ'.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από τη μελέτη των απαντήσεων στο αρχικό και στο τελικό ερωτηματολόγιο προκύπτει ότι οι μαθητές/ριες της πειραματικής ομάδας βελτίωσαν σημαντικά τις απόψεις τους μετά τη σύγχρονη διδασκαλία που έλαβε υπόψη τις αρχικές εναλλακτικές τους ιδέες αναπτύσσοντας και χρησιμοποιώντας κατάλληλο ψηφιακό και έντυπο εκπαιδευτικό υλικό. Αντίθετα, στα παιδιά της ομάδας ελέγχου μετά την παραδοσιακή διδασκαλία παρατηρήθηκε μικρή βελτίωση των

απόψεών τους και σε αρκετές περιπτώσεις φάνηκε να διατηρούν ή ακόμα και να ενισχύονται οι αρχικές εναλλακτικές τους ιδέες. Αυτό αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα και μειονέκτημα των παραδοσιακών διδασκαλιών, όπου συνήθως προσφέρονται στα παιδιά έτοιμες γνώσεις χωρίς σύνδεση με την πραγματικότητα, με αποτέλεσμα να μη μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν στην επίλυση και ερμηνεία καθημερινών καταστάσεων. Επίσης, η χρήση προσομοιώσεων σε εφαρμογές στον υπολογιστή που συνοδεύονται από κατάλληλες δραστηριότητες σχεδιασμένες για την αντιμετώπιση των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών βοήθησε στην αντιμετώπιση των αρχικών παρανοήσεων για τα φαινόμενα αυτά, και ακολούθως στην κατανόηση της λειτουργίας της όρασης. Φαίνεται συνεπώς ότι σε ένα μαθησιακό περιβάλλον εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου, το οποίο υποστηρίζεται τεχνολογικά από προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων και διαδικασιών, οι μαθητές και οι μαθήτριες του δημοτικού μπορούν να οικοδομήσουν τη νέα γνώση, αντιμετωπίζοντας αποτελεσματικά τις εναλλακτικές τους ιδέες.

ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Επόμενος στόχος είναι η επέκταση της έρευνας σε όλες τις ηλικιακές ομάδες των μαθητών/ριών της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τα φαινόμενα που αφορούν στη φύση του φωτός καθώς και στα φαινόμενα που προκαλούνται όταν το φως αλληλεπιδρά με την ύλη.

Το ενδιαφέρον θα επικεντρωθεί στη σχεδίαση και ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού διαθεματικού και προσαρμοσμένο στις ηλικίες των παιδιών του Δημοτικού σχολείου. Σκοπός θα είναι η αντιμετώπιση των προϋπαρχουσών ιδεών τους, η οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης, η ανάπτυξη και συσχέτιση διαθεματικών εννοιών και η σύνδεση με άλλα διδακτικά αντικείμενα (Βιολογία, Ιστορία, Τεχνολογία, Τέχνη) μέσα από βιωματικές δραστηριότητες, χρήση οπτικού υλικού και Τ.Π.Ε. Η ανάπτυξη του μαθησιακού περιβάλλοντος θα υποστηρίζεται τεχνολογικά από προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων της Οπτικής και οπτικές αναπαραστάσεις όπου οι μαθητές/ριες θα μπορούν να οικοδομούν τη νέα γνώση για, σύγχρονες απόψεις και εφαρμογές του φωτός, αντιμετωπίζοντας στην πράξη τις αρχικές τους εναλλακτικές ιδέες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. 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.
2. Bransford, J.D., J., Sherwood, R., Hasselbring, T., Kinzer, C., & Williams, S. (1990), Anchored instruction: Why we need it and how technology can help. στο D. Nix & R. Sprio (Eds), *Cognition, education and multimedia*. Hillsdale, 163-205. NJ: Lawrence Erlbaum Associates

3. Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1991),. Technology and the design of generative learning environments. *Educational Technology*, 31, 31-40
4. Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1993), «Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές επιστήμες» (ελληνική μετάφραση), Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Αθήνα
5. 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.
6. Glaser, CW, Rieth, HJ, Colburn, LK, & Peter, J. (1999), A description of the impact of multimedia anchored instruction on classroom interactions. *Journal of Special Education Technology*, 14, 27-43
7. Goldberg, E., & M'Dermott, 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
8. Guesne, E., (1985), *Light*, στο Driver, R., Guesne, E. & Thiberghien, A. (eds.), *Children's ideas in Science*, Open University Press, Philadelphia.
9. Raftopoulos, A., Kalyfommatou, 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
10. Reiner, M. (1998), Thought experiments and collaborative learning in physics. *International Journal of Science Education*, 20, 1043– 1058.
11. Ronen, M., & Eylon, B., (1993), To see or not to see: the eye in geometrical optics-when and how? *Physics Education*. 28, 52-59
12. Tekos, G., Solomonidou, C. & Stavridou E. (2008), *Teaching Light Reflection and Diffusion Using Constructivist Digital Tools and Methods in Greek Primary School*. Submitted to ED-MEDIA Conference 2008
13. Vygotsky, L. (1988), «Σκέψη και γλώσσα», μτφρ. Α. Ροδή, Αθήνα: Γνώση
14. Σολομωνίδου, Χ. (2006), «Νέες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία: Εποικοδομητισμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης». Αθήνα: εκδόσεις Μεταίχμιο.