Ανάπτυξη ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού για την εποικοδομητική διδασκαλία της απορρόφησης – εκπομπής του φωτός και της δημιουργίας χρωμάτων με βάση τις ιδέες των παιδιών

Τέκος Γεώργιος

Δάσκαλος, διδάκτορας ΠΤΔΕ
soketl@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία προτείνει μια εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία της απορρόφησης –εκπομπής του φωτός και τη δημιουργία χρωμάτων σε ένα τεχνολογικά πλούσιο μαθησιακό περιβάλλον στο Δημοτικό σχολείο. Αρχικά πραγματοποιήθηκε έρευνα που ανίχνευσε τις αρχικές ιδέες 30 μαθητών ηλικίας 6-12 ετών για την απορρόφηση του φωτός και τα χρώματα. Στη συνέχεια σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε η εφαρμογή «Φως-Άνθρωπος-Ζωή» ώστε να χρησιμοποιηθεί στη διδακτική παρέμβαση. Αναπτύχθηκαν επίσης έντυπα φύλλα εργασίας για τα παιδιά με κατάλληλες μαθησιακές δραστηριότητες στον υπολογιστή. Η διδασκαλία με τη χρήση του υλικού αυτού πραγματοποιήθηκε σε 3 τάξεις της Στ΄ Δημοτικού και έλαβαν μέρος 52 παιδιά. Επίσης, άλλα 42 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, εννοιολογική αλλαγή, εκπαιδευτικό λογισμικό, απορρόφηση–εκπομπή του φωτός, χρώματα*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο βαθμός στον οποίο οι ιδέες των μαθητών/ριών που οικοδομούνται μέσα από τις εμπειρίες τους διαφέρουν από τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις αποτελούν τη βάση για την κατανόηση του τρόπου μάθησης και για το σχεδιασμό της διδασκαλίας. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στην Οπτική όπου οι μαθητές/ριες βρίσκουν συχνά δυσκολίες στην κατανόηση των φαινομένων που προκαλούνται όταν το φως αλληλεπιδρά με την ύλη. Όσον αφορά την απορρόφηση –εκπομπή του φωτός και τα χρώματα δεν έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες. Σύμφωνα με τους Feher και Meyer (1992) μαθητές/ριες (8-13 ετών) θεωρούν ότι το μαύρο (σκοτάδι) είναι συστατικό χρώματος, είναι δηλαδή κυρίως παρουσία χρώματος παρά απουσία φωτός. Ένα συχνό σχόλιο ήταν: «*Το λευκό φως είναι φωτεινό, το χρωματιστό φως έχει μαύρο (σκούρο) χρώμα μέσα του*» (Feher & Meyer, 1992, σελ. 505). Μια άλλη άποψη ήταν ότι το χρώμα ενός αντικειμένου αποτελεί ιδιότητα του σώματος που παραμένει αναλλοίωτη όταν φωτίζεται από λευκό φως, αλλά μπορεί να αλλάξει όταν φωτιστεί με

χρωματιστό φως. Επίσης, οι Anderson και Smith (1983) όπως αργότερα και η Shapiro (1994) διαπίστωσαν ότι παιδιά 10-15 ετών σε μεγάλο ποσοστό θεωρούν το χρώμα ως ιδιότητα των σωμάτων, δηλαδή αυτό που βλέπουμε είναι το χρώμα του αντικειμένου και όχι το φως το οποίο εκπέμπεται μετά την ανάκλασή του από το αντικείμενο.

Η χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών και γενικότερα της νέας τεχνολογίας που η ανάπτυξή τους στηρίζεται σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης συντελεί στην εννοιολογική αλλαγή (Rezaei & Katz, 2002; Σολομωνίδου, 2006). Επιπλέον σύμφωνα με τους Triona & Klahr (2003), τα μαθησιακά αποτελέσματα παιδιών που μετείχαν σε εικονικά εργαστήρια είναι εξίσου καλά με τα πραγματικά, ενώ ένας σημαντικός αριθμός ερευνητών αναφέρει ότι σε πολλές περιπτώσεις τα εικονικά πειράματα υπερτερούν (Wieman & Perkins, 2005; Zacharia, 2007; Jaakkola & Nurmi, 2008). Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποιοι στόχοι που μέσα από τα εικονικά πειράματα είναι δύσκολο να επιτευχθούν, όπως για παράδειγμα διάφορες δεξιότητες χειρισμού που έχουν να κάνουν με τη λειτουργία των πραγματικών εργαστηρίων. Για το λόγο αυτό σύμφωνα με τους στόχους της δραστηριότητας άλλες φορές είναι πιο αποτελεσματική η χρήση μόνο προσομοιώσεων, ή ένας συνδυασμός προσομοιώσεων με εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων. Ειδικότερα για την ενότητα της Οπτικής, έχουν σχεδιαστεί και εφαρμοστεί στην τάξη λογισμικά όπως το «Phenopt», το «Ray», το «Crocodile Physics», «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.», «ΦΩΣ», «ΑΝΑΚΛΑΣΗ - ΔΙΑΧΥΣΗ» κ.α.. με θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (Eylon et al., 1996; Σταυρίδου & Σολομωνίδου, 2004; Σαλπιγγίδου κ.αλ., 2007; Κολτσάκης κ.α., 2007; Tekos, Solomonidou & Stavridou, 2008; Tekos & Solomonidou, 2009). Στόχος των σχεδιαστών ήταν να αντιμετωπιστούν προβλήματα που ανέδειξαν διάφορες έρευνες σχετικά με την ικανότητα των μαθητών/ριών να αναπαριστάνουν και να ερμηνεύουν διαγράμματα ή να προβλέπουν οπτικά φαινόμενα. Η παρούσα εργασία αποτελεί μια εποικοδομητική διδακτική προσέγγιση στην ΣΤ΄ τάξη του Δημοτικού Σχολείου σε ένα τεχνολογικά πλούσιο μαθησιακό περιβάλλον που αναπτύχθηκε για το σκοπό αυτό.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η παρούσα ερευνητική προσέγγιση διακρίνεται σε τρεις φάσεις: Η Α΄ φάση περιλαμβάνει τη διερεύνηση των αρχικών ιδεών των παιδιών με τη μορφή συνεντεύξεων προκειμένου οι ιδέες αυτές να αξιοποιηθούν στην ανάπτυξη της ψηφιακής εφαρμογής «*Φως-Άνθρωπος-Ζωή*». Στη Β΄ φάση σχεδιάζεται, αναπτύσσεται και ακολουθεί η διαμορφωτική αξιολόγηση της εφαρμογής, ενώ η Γ΄ φάση περιλαμβάνει τη διδασκαλία με το ψηφιακό υλικό και την αξιολόγησή της με βάση τις τελικές ιδέες των παιδιών. Συγκεκριμένα συγκρίθηκαν τα μαθησιακά αποτελέσματα και οι τελικές ιδέες των παιδιών τόσο της πειραματικής ομάδας, όπου η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε με το Ε.Λ., όσο και της ομάδας ελέγχου, όπου η διδασκαλία έγινε με τον παραδοσιακό τρόπο. Αρχικά περιγράφονται η έρευνα που ανίχνευσε τις αρχικές ιδέες μαθητών/ριών στα παραπάνω φαινόμενα με τα αποτελέσματα, στη συνέχεια παρουσιάζεται το ψηφιακό υλικό που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε στη διδασκαλία και τέλος γίνεται αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Α΄ ΦΑΣΗ: Η ΑΡΧΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΩΝ ΙΔΕΩΝ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ

Σκοπός της φάσης αυτής της έρευνας ήταν η ανάδειξη και καταγραφή των αρχικών ιδεών των παιδιών ηλικίας 6-12 ετών με συνεντεύξεις. Προκειμένου η έρευνά μας να είναι αποτελεσματική εφαρμόσαμε διατμηματικού τύπου έρευνα (cross-

sectional) συλλέγοντας δεδομένα αναφερόμενα σε μια χρονική στιγμή από διαφορετικές ηλικιακές ομάδες ώστε να διερευνηθεί η εξέλιξη των απόψεων των παιδιών και κατά πόσο τα παιδιά αντιστέκονται στην υιοθέτηση των επιστημονικά αποδεκτών απόψεων. Μετείχαν συνολικά 30 παιδιά, 10 της Β΄ τάξης, 10 της Δ΄ τάξης, και 10 της Στ΄ τάξης Δημοτικών σχολείων του Βόλου.

Α΄ ΦΑΣΗ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Διαπιστώθηκε ότι όλα τα παιδιά θεωρούν το άσπρο και το μαύρο ως χρώματα και επιπλέον, στην περίπτωση που τρεις διαφορετικές πηγές φωτός εκπέμπουν συγχρόνως τα βασικά χρώματα κόκκινο, πράσινο και μπλε, το φως που θα προκύψει θα είναι «κάτι σκούρο», προφανώς εννοώντας ότι τα χρώματα του φωτός λειτουργούν όπως τα χρώματα στη ζωγραφική. Επίσης, ανέφεραν το σκοτάδι ως είδος χρώματος, και όχι ότι προκύπτει από την απουσία φωτός. Το άσπρο είναι γι' αυτά φωτεινό χρώμα, ενώ το χρωματισμένο φως που εκπέμπεται από μια πηγή έχει κάποιο σκούρο συστατικό μέσα. Συγκεκριμένα, τα μισά παιδιά της Β΄ τάξης έδωσαν τελεολογικές απαντήσεις, όσον αφορά στο χρώμα των σωμάτων, ενώ για την Δ΄ τάξη τα περισσότερα παιδιά (N=6), θεωρούν το χρώμα ιδιότητα των σωμάτων και δεν έχει να κάνει με το φως που ανακλάται από το αντικείμενο. Παρόλα αυτά στην Στ΄ τάξη παρατηρούμε ότι λιγότερα παιδιά (N=2) υιοθετούν την άποψη των παιδιών της Δ΄ τάξης δίνοντας απαντήσεις όπου διαπιστώνεται η συσχέτιση του ηλιακού φωτός με το χρώμα του αντικειμένου (Πίνακας 1).

Τάξεις / **Απαντήσεις**	**Β΄** N=10	**Δ΄** N=10	**Στ΄** N=10
Ο Θεός το έκανε έτσι (τελεολογικές απαντήσεις)	5	0	0
Παίρνει το χρώμα από τον ήλιο	1	0	2
Παίρνει όλα τα χρώματα του ήλιου και βγάζει το κόκκινο	0	1	3
Έχει ουσία δική του που λέγεται… '*κοκκινίνη*'	2	6	2
Αναπάντητη	2	3	3

Πίνακας 1: Απαντήσεις των παιδιών στην ερώτηση: «Ένα μήλο φαίνεται κόκκινο. Γιατί νομίζεις ότι συμβαίνει αυτό;»

Αναφορικά με την «*Απορρόφηση του φωτός*» μερικά από τα παιδιά της Στ΄ τάξης, αν και προηγήθηκε η διδασκαλία αυτής ενότητας στην Ε΄ τάξη, θεωρούν ότι το κάθε σώμα συγκρατεί μόνο το χρώμα που έχει και για αυτό το βλέπουμε (φωτεινά χρώματα για να τα βλέπουμε). Τα παιδιά θεωρούν ότι όταν το φως προσπίπτει πάνω σε μια ανοιχτόχρωμη ή σκουρόχρωμη επιφάνεια απλά μένει πάνω σε μια ανοιχτόχρωμη επιφάνεια και φωτίζεται καλύτερα, σε αντίθεση με μια σκουρόχρωμη. Όσον αφορά στη φωτεινότητα του άσπρου και κίτρινου χρώματος, τα παιδιά της Β΄ τάξης δίνουν τελεολογικές απαντήσεις, τα παιδιά της Δ΄ τάξης την αποδίδουν στην αντίθεσή του με το μαύρο του σκοταδιού, ενώ στην ηλικία των 12 ετών (Στ΄ τάξη) αρχίζουν τα παιδιά να συσχετίζουν το χρώμα με το ηλιακό φως (Πίνακας 2).

Τάξεις / Απαντήσεις	**Β΄** N=10	**Δ΄** N=10	**Στ΄** N=10
Απόδοση στην αντίθεση των χρωμάτων με το σκοτάδι	3	5	5
Τελεολογικές	5	0	0
Κοντά στην επιστημονική άποψη (*διαφορετική αντίδραση του φωτός όταν προσκρούει σε μαύρη ή άσπρη επιφάνεια*)	0	0	3
Αναπάντητη	2	5	2

Πίνακας 2: Απαντήσεις των παιδιών στην ερώτηση: *«Για ποιο λόγο το άτομο με άσπρο ή κίτρινο μπουφάν φαίνεται καλύτερα;»*

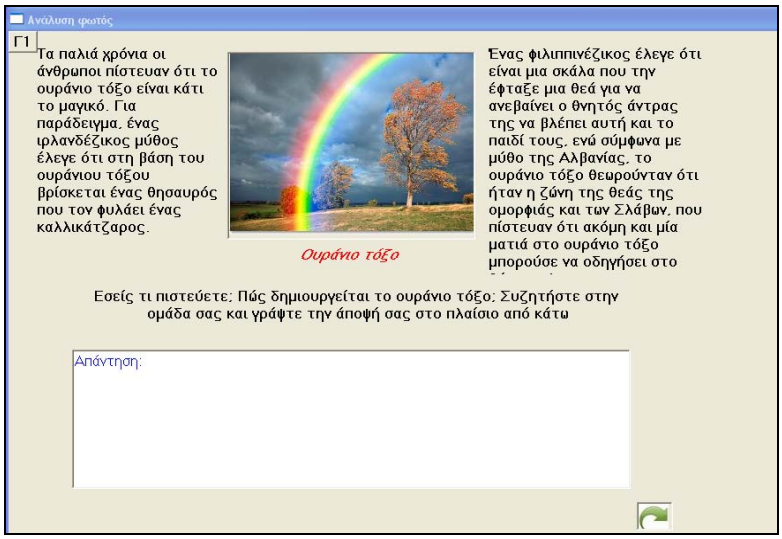
Β΄ ΦΑΣΗ: ΣΧΕΔΙΑΣΗ, ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ «ΦΩΣ-ΆΝΘΡΩΠΟΣ-ΖΩΗ»

Η ανάπτυξη του εκπαιδευτικού λογισμικού βασίστηκε στο μοντέλο ΔΕΣΤΕ (Σολομωνίδου, 2006). Το μοντέλο αυτό προτείνει εποικοδομητικού τύπου προσεγγίσεις στη σχεδίαση, ανάπτυξη και αξιολόγηση περιβαλλόντων μάθησης που είναι τεχνολογικά εμπλουτισμένα. Είναι μαθητο-κεντρικό, δηλαδή λαμβάνονται υπόψη οι προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών και εμπλέκονται άμεσα τα παιδιά στη μαθησιακή διαδικασία. Η ψηφιακή εφαρμογή «*Φως-Άνθρωπος-Ζωή*» έχει ενσωματωμένα κείμενα, στατικές και κινούμενες εικόνες, ήχους, βίντεο, προσομοιώσεις, συνδέσεις σε δικτυακούς κόμβους με εφαρμογές (applets). Για τη δημιουργία της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν τα εξής συγγραφικά πακέτα: Microsoft Visual Basic ως γλώσσα προγραμματισμού, το Coreldraw ως λογισμικό επεξεργασίας εικόνων, το Adobe Photoshop και η Ζωγραφική των Windows ως λογισμικό επεξεργασίας εικόνων, το Windows movie maker ως λογισμικό επεξεργασίας βίντεο και το Audacity ως πρόγραμμα επεξεργασίας ήχου.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

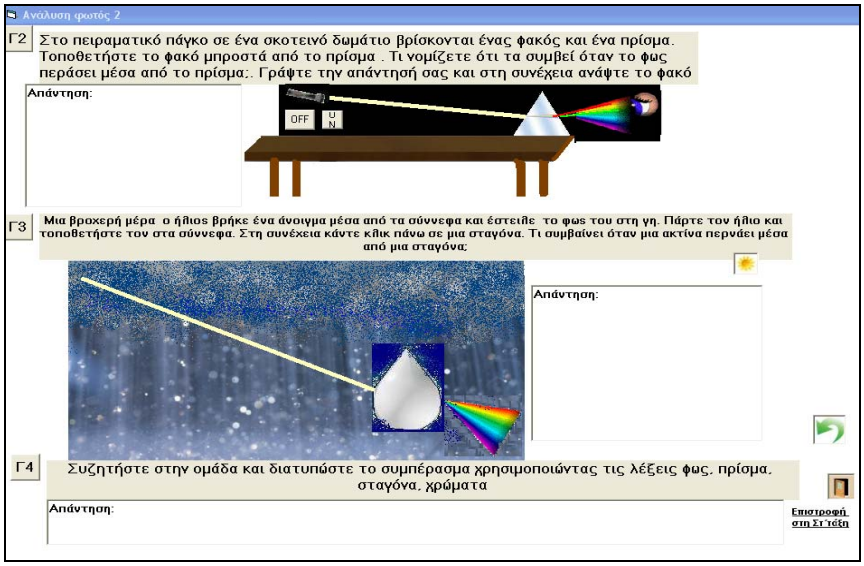
Σύμφωνα με τις αποδεκτά επιστημονικές απόψεις, το λευκό φως είναι σύνθετο και αναλύεται σε μονοχρωματικές ακτινοβολίες όταν διέρχεται μέσα από ένα πρίσμα. Η σύνθεση αυτών των μονοχρωματικών ακτινοβολιών ή των βασικών χρωμάτων δίνει το λευκό φως. Προκειμένου να υιοθετηθούν οι παραπάνω επιστημονικά αποδεκτές απόψεις και να αναθεωρηθούν οι εναλλακτικές ιδέες που προέκυψαν από την βιβλιογραφική έρευνα, αλλά και από την έρευνα της Α΄ φάσης, αναπτύχθηκε ψηφιακή εφαρμογή με κατάλληλες προσομοιώσεις και δραστηριότητες, ενώ τα θέματα προσεγγίστηκαν με την ολιστική μέθοδο που ευνοούν τη διαθεματικότητα και διεπιστημονικότητα. Η προσέγγιση γίνεται σε συνδυασμό και με άλλα διδακτικά αντικείμενα, όπως Μυθολογία, Λαογραφία και Τέχνη.

Στην πρώτη οθόνη παρουσιάζεται η φωτογραφία ενός ουράνιου τόξου και τα παιδιά καλούνται να δώσουν τις δικές τους ερμηνείες για τη δημιουργία του, ενώ διαβάζουν και διάφορες λαογραφικές ερμηνείες (Εικόνα 1). Στη συνέχεια εμπλέκονται σε εικονικά πειράματα σχετικά με την ανάλυση και σύνθεση του φωτός με τη βοήθεια του πρίσματος. Συγκεκριμένα, τα παιδιά ενεργοποιούν έναν ηλεκτρικό φακό που φωτίζει ένα πρίσμα και παρατηρούν το φαινόμενο της ανάλυσης του φωτός.



Εικόνα 1: Ανάγνωση δοξασιών για τη δημιουργία του ουράνιου τόξου και καταγραφή των απόψεων των παιδιών

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εικόνα μιας βροχερής μέρας. Τα παιδιά τοποθετούν τον ήλιο στην αριστερή μεριά του ουρανού, όπου τα σύννεφα σύμφωνα με την εκφώνηση της δραστηριότητας έχουν αραιώσει και κάποιες ακτίνες φωτός μπορούν και φωτίζουν τις σταγόνες της βροχής. Με το πάτημα του 'ποντικιού' σε μια σταγόνα, όταν ο δείκτης περνάει από πάνω της, οι μαθητές/ριες έχουν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν την ανάλυση του φωτός στα βασικά χρώματα μέσα από αυτή. Παραλληλίζουν τις ιδιότητες του πρίσματος και τη συμπεριφορά του φωτός καθώς διέρχεται μέσα αυτό, με τη συμπεριφορά του φωτός καθώς διέρχεται μέσα από μια σταγόνα. Συζητούν και γράφουν τις παρατηρήσεις τους ώστε να καταλήξουν στην ερμηνεία της δημιουργίας του ουράνιου τόξου (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Παραλληλισμός των ιδιοτήτων του πρίσματος με αυτές των σταγόνων βροχής, όσον αφορά στην ανάλυση του φωτός

Σε επόμενες οθόνες χρησιμοποιούν δυο πρίσματα, τα οποία τοποθετούν στη σειρά και διαπιστώνουν τη σύνθεση του φωτός όταν αυτό περνά διαδοχικά μέσα από τα πρίσματα αυτά. Επίσης, καλούνται να προβλέψουν το χρώμα που θα προκύψει αν

τρεις ηλεκτρικοί φακοί εκπέμψουν τα τρία βασικά χρώματα κόκκινο, μπλε και πράσινο, και στη συνέχεια μπορούν να ενεργοποιήσουν τους φακούς αυτούς για να επαληθέψουν την αρχική τους υπόθεση (Εικόνα 3). Στο τέλος καταγράφουν τα συμπεράσματά τους.

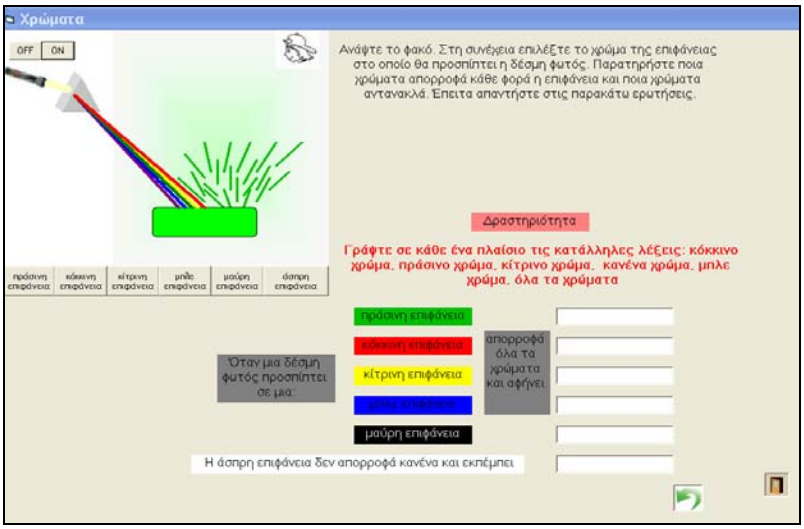
Εικόνα 3: Σύνθεση χρωμάτων μέσα από δυο πρίσματα και σύνθεση των τριών βασικών χρωμάτων ανάβοντας τους προβολείς

Όσον αφορά στην «*Απορρόφηση-Εκπομπή του φωτός*», οι μαθητές/ριες αναμένεται να διαπιστώσουν πειραματικά το φαινόμενο της απορρόφησης του φωτός και να αναφέρουν επιφάνειες στις οποίες το φως διαχέεται ή απορροφάται. Σε αντίστοιχες οθόνες του λογισμικού τα παιδιά εμπλέκονται σε υποθετικό σενάριο και καλούνται να διατυπώσουν την άποψή τους, σχετικά με το χρώμα που θα επιλέξουν για να κάνουν ένα δωμάτιο πιο φωτεινό. Στη συνέχεια εκτελούν εικονικό πείραμα, σύμφωνα με το οποίο εναλλάσσουν διαφορετικού χρώματος επιφάνειες και καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους σχετικά με τη διαφορά στην απορρόφηση του φωτός (Εικόνα 4). (Φωτογραφίες του σχολικού εγχειριδίου «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο» της Ε' τάξης έχουν χρησιμοποιηθεί στην παραπάνω ενότητα).

Εικόνα 4: Εναλλαγή επιφανειών διαφορετικού χρώματος για να διαπιστωθεί η διαφορά στην απορρόφηση φωτός

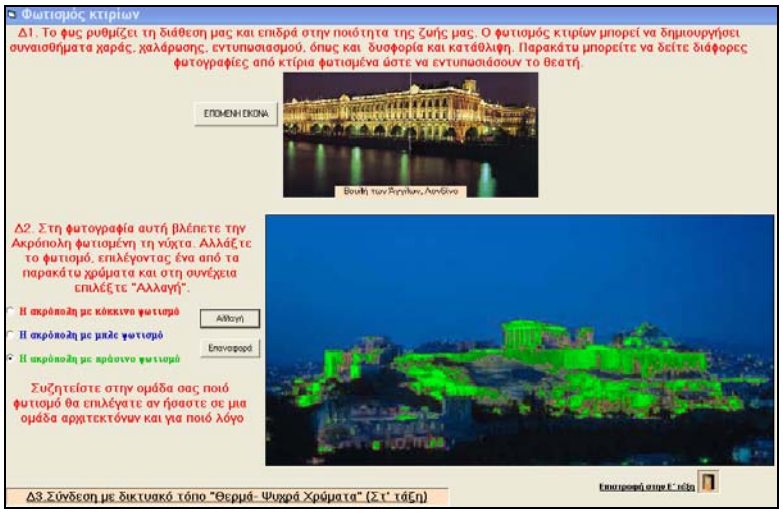
Επίσης στην αρχική μας έρευνα, τα παιδιά υιοθετούσαν την ιδέα ότι το χρώμα των αντικειμένων είναι ιδιότητα των σωμάτων και δεν σχετίζεται με το φως που ανακλάται

από το αντικείμενο. Προκειμένου να υιοθετήσουν την επιστημονική άποψη, δηλαδή ότι το χρώμα κάθε αντικειμένου είναι ανάλογο με τη χρωματική ακτινοβολία που εκπέμπει και με τις ακτινοβολίες τις οποίες απορροφά, τα παιδιά σε επόμενη οθόνη παρακολουθούν μια προσομοίωση της εκπομπής μονοχρωματικής ακτινοβολίας από επιφάνειες που είναι διαφορετικά χρωματισμένες. Τα παιδιά μπορούν να εναλλάσσουν το χρώμα μιας επιφάνειας και να παρατηρούν τι συμβαίνει, όταν το φως διαχέεται πάνω στις επιφάνειες αυτές (Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Προσομοίωση εκπομπής μονοχρωματικής ακτινοβολίας από επιφάνειες διαφορετικά χρωματισμένες

Σε επόμενη Θεματική ενότητα, τα παιδιά μέσα από τις δραστηριότητες, αναμένεται να αποκτήσουν θετική στάση απέναντι στη μοντέρνα τέχνη και να αναγνωρίσουν ορισμένα χαρακτηριστικά του Ιμπρεσιονισμού, όσον αφορά στη χρήση χρωμάτων και του φωτός. Για το σκοπό αυτό, τα παιδιά έχουν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν πίνακες ζωγραφικής γνωστών καλλιτεχνών, όπως του Claude Monet. Μπορούν να αυξήσουν το μέγεθος των πινάκων περνώντας το δείκτη του κέρσορα πάνω από αυτούς. Στη συνέχεια καταγράφουν φαινόμενα του φωτός που απεικονίζονται σε έργα τέχνης, κυρίως του Ιμπρεσιονισμού, όπως ανακλάσεις φωτός, σκιές κλπ. και παρακολουθούν βίντεο που περιγράφει χαρακτηριστικά έργων ζωγραφικής που ανήκουν στο καλλιτεχνικό ρεύμα του Ιμπρεσιονισμού. Σε επόμενη οθόνη τα παιδιά προσεγγίζουν από συναισθηματική πλευρά τις αποχρώσεις του φωτισμού που χρησιμοποιούν οι αρχιτέκτονες στα κτίρια. Παρατηρούν διάφορα ιστορικά κτίρια φωτισμένα τη νύχτα, συζητούν και καταγράφουν τις εντυπώσεις τους. Σε άλλη δραστηριότητα υιοθετούν το ρόλο του/της αρχιτέκτονα που επιθυμεί να φωτίσει νύχτα την Ακρόπολη, επιλέγουν και εναλλάσσουν διαφορετικού χρώματος νυχτερινό φωτισμό και συζητούν μεταξύ τους οι ομάδες για τις επιλογές τους (Εικόνα 6). Επιπλέον συνδέονται με δικτυακό τόπο και εμπλέκονται σε δραστηριότητες που αφορούν στα «Ψυχρά» και «Θερμά χρώματα».



Εικόνα 6: Τα παιδιά γίνονται αρχιτέκτονες, παρατηρούν κτίρια φωτισμένα τη νύχτα και δοκιμάζουν διαφορετικά χρώματα νυχτερινού φωτισμού της Ακρόπολης

Γ΄ ΦΑΣΗ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΤΕΛΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ

Στις διδασκαλίες στην πειραματική ομάδα (Π.Ο.) έλαβαν μέρος 52 μαθητές/ριες από τρία Δημοτικά σχολεία, ενώ την Ομάδα Ελέγχου (Ο.Ε.) αποτέλεσαν 42 μαθητές/ριες από δυο διαφορετικά Δημοτικά σχολεία την άνοιξη του 2012 σε 6 διδακτικές ώρες. Σχεδιάστηκαν ερωτηματολόγια τα οποία δόθηκαν στους/ις μαθητές/ριες πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, ώστε να αξιολογηθούν οι διδασκαλίες με βάση τις τελικές ιδέες των παιδιών της Π.Ο. και της Ο.Ε.. Η ανάλυση και η στατιστική επεξεργασία όλων των δεδομένων έγινε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS.

Γ΄ ΦΑΣΗ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη των απαντήσεων στο αρχικό και στο τελικό ερωτηματολόγιο διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές/ριες της Π.Ο. βελτίωσαν σημαντικά τις απόψεις τους μετά την καινοτομική διδασκαλία που έλαβε υπόψη της τις αρχικές εναλλακτικές ιδέες τους χρησιμοποιώντας την ψηφιακή εφαρμογή «*Φως-Άνθρωπος-Ζωή*». Αντίθετα, στους/ις μαθητές/ριες της Ο.Ε. 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. Συγκεκριμένα μετά τη διδασκαλία στην Π.Ο. διαπιστώθηκε ότι υπήρξε αύξηση του αριθμού της αποδεκτής απάντησης σχετικά με τα αίτια δημιουργίας του ουράνιου τόξου σε 43 από 27 που ήταν πριν, ενώ αντίθετα στην Ο.Ε. δεν παρουσιάστηκαν αξιόλογες διαφορές στις απαντήσεις πριν και μετά τις διδασκαλίες (Πίνακας 3). Η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική (έλεγχος Wilcoxon, N=52, z=-2,379, p=,017). Σκοπός της ερώτησης ήταν να διαπιστωθεί αν τα παιδιά γνωρίζουν ότι το λευκό φως του ήλιου περιέχει όλες τις ορατές συχνότητες (χρώματα) και αναλύεται σε αυτά όταν διέρχεται μέσα από τις σταγόνες της βροχής, όπως συμβαίνει αν διοχετεύσουμε ηλιακό φως σε ένα πρίσμα.

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
		N=52	%	N=52	%	N=42	%	N=42	%
Επιλογή απαντήσεων στην ερώτηση γιατί δημιουργείται το ουράνιο τόξο	1.Τελεολογική (*για να μας δείξει ότι θα καλυτερέψει ο καιρός που ήταν βροχερός*)	22	42,3	7	13,5	21	50,0	**19**	45,2
	2.Επιστημονικά αποδεκτή (*το φως του ήλιου περνώντας μέσα από τις σταγόνες της βροχής χωρίστηκε σε πολλά χρώματα*)	**27**	**51,9**	**43**	**82,7**	**16**	**38,1**	**20**	**47,6**
	3.Τελεολογική (*ο Θεός βγάζει μια σκάλα που μοιάζει με τόξο για να ανέβουν τα χρώματα στον ουρανό*)	3	5,8	2	3,8	5	11,9	3	7,1

Πίνακας 3: Απαντήσεις των παιδιών σε ερώτηση για τη δημιουργία του ουράνιου τόξου

Μετά τις απαντήσεις τους στην κλειστού τύπου ερώτηση, τα παιδιά κλήθηκαν να αιτιολογήσουν την επιλογή τους. Από τις αιτιολογήσεις τους προέκυψε αύξηση των ερμηνειών της δημιουργίας του ουράνιου τόξου στις οποίες αναφέρεται η διάθλαση του φωτός και η ανάλυσή του όταν αυτό περνάει μέσα από τις σταγόνες της βροχής σε 31 από 3 παιδιά στην Π.Ο. ενώ στην Ο.Ε. η αύξηση των απαντήσεων αυτών ήταν σχετικά μικρή σε 10 από 3 που ήταν πριν τη διδασκαλία.

Σε επόμενη ερώτηση ζητήθηκε από τα παιδιά να απαντήσουν στην κλειστού τύπου ερώτηση σχετικά με το χρώμα που θα προκύψει αν αναμείξουμε τα χρώματα που εκπέμπουν τρεις προβολείς, ένα κόκκινο, ένα πράσινο και ένα μπλε, εμπλέκοντάς τους σε ένα υποθετικό σενάριο. Στις προτεινόμενες επιλογές 1η, 2η και 3η περιλαμβάνονται τα σκούρα χρώματα (βυσσινί, σκούρο πράσινο και μωβ) οι οποίες προκύπτουν από την ανάμιξη των χρωστικών ουσιών (μπογιές) και αποτελούν τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών. Η τέταρτη επιλογή είναι το άσπρο που αποτελεί την επιστημονικά αποδεκτή απάντηση και υπάρχει και πέμπτη επιλογή στην οποία καλούνται να αναφέρουν ένα χρώμα που πιστεύουν αυτά όταν δεν υιοθετούν καμία από τις παραπάνω επιλογές. Από τις απαντήσεις των παιδιών διαπιστώθηκε ότι πριν τη διδασκαλία στην πλειοψηφία τους τα παιδιά και των δυο ομάδων επέλεξαν τα σκούρα χρώματα 38 παιδιά για την Π.Ο. και 39 παιδιά για την Ο.Ε. Μετά τις διδασκαλίες ο αριθμός των παιδιών που επέλεξαν άσπρο αυξήθηκε για την Π.Ο. σε 44 από 14 και για την Ο.Ε. σε 18 από 3 που ήταν πριν και (Πίνακας 4). Η αύξηση αυτή των επιστημονικών απαντήσεων στην Π.Ο. είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της Ο.Ε.

και στατιστικά σημαντική σε επίπεδο μικρότερου του 0,001 (U=639 N1=42, N2=52 δίπλευρη, p=,000).

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	**Π.Ο.**				**Ο.Ε.**			
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤ.	
		N=52	%	N=52	%	N=42	%	N=42	%
Σύνθεση βασικών χρωμάτων	**1. Αποδεκτή απάντηση (άσπρο)**	**14**	**26,9**	**44**	**84,6**	**3**	**7,1**	**18**	**42,9**
	2. Μη αποδεκτή (Βυσσινί)	20	38,5	3	5,8	**5**	11,9	3	7,1
	3. Μη αποδεκτή (Πράσινο)	13	25,0	1	1,9	19	45,2	15	35,7
	4. Μη αποδεκτή (Μωβ)	5	9,6	4	7,7	15	35,7	6	14,3

Πίνακας 4: Απαντήσεις των παιδιών που αφορούν στη σύνθεση των χρωμάτων

Στην επόμενη ερώτηση ζητήθηκε από τα παιδιά να απαντήσουν στην κλειστού τύπου ερώτηση «*Όταν βλέπουμε ένα κόκκινο τριαντάφυλλο, σκεφτόμαστε ότι το κόκκινο χρώμα που έχει οφείλεται..*» και να επιλέξουν μια από τις τρεις ακόλουθες επιλογές: Η πρώτη απάντηση-επιλογή «*παίρνει το κόκκινο χρώμα που το δίνει ο ήλιος*» (χωρίς να το συνδέουν με το φως) κατατάχτηκε στην κατηγορία «**Το μέσον αλλάζει το υποκείμενο».** Από την αρχική μας έρευνα στις ιδέες των παιδιών διαπιστώθηκε ότι αρκετά παιδιά αποδίδουν τις μεταβολές που δίνουν υπόσταση στο φαινόμενο στη δράση κάποιου παράγοντα ο οποίος θεωρείται από τα παιδιά ως υπεύθυνος για ό,τι συμβαίνει. Στην περίπτωση αυτής της επιλογής, ο ήλιος είναι αυτός που επιλέγει το χρώμα που θα δώσει στο τριαντάφυλλο. Η δεύτερη απάντηση-επιλογή, «*παίρνει όλα τα χρώματα από το φως του ήλιου και αφήνει μόνο το κόκκινο*» είναι εναρμονισμένη με το επιστημονικό μοντέλο όπως αυτό αποδόθηκε από τη διδακτική διαδικασία (ανάλυση ηλιακού φωτός, απορρόφηση και εκπομπή φωτός από επιφάνειες αντικειμένων). Η τρίτη επιλογή «*έχει μια ουσία το φυτό που το κάνει κόκκινο*» ανήκει στην κατηγορία **«Τάση του υποκειμένου».** Η κατηγορία αυτή συγκροτήθηκε με βάση τις απαντήσεις της αρχικής μας έρευνας στις ιδέες των παιδιών στις οποίες αρκετά παιδιά θεωρούν ότι η μεταβολή που δίνει υπόσταση στο φαινόμενο είναι εγγενής ιδιότητα του υποκειμένου που την υφίσταται. Από τις επιλογές των παιδιών διαπιστώσαμε ότι στην Π.Ο. μετά τις διδασκαλίες ο αριθμός των απαντήσεων που ανήκει στην 2η κατηγορία, την επιστημονικά αποδεκτή, αυξήθηκε σε 38 από 5 που ήταν πριν, ενώ μικρότερη ήταν η αύξηση για την Ο.Ε. σε 15 από 5 (Πίνακας 5). Οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές σε (U=578 N1=42, N2=52 δίπλευρη, p=,001).

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	Π.Ο.				Ο.Ε.			
		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡ.		ΑΡΧΙΚΟ ΕΡ.		ΤΕΛΙΚΟ ΕΡ.	
		N=52	%	N=52	%	N=42	%	N=42	%
Πού οφείλεται το κόκκινο χρώμα ενός τριαντά-φυλλου;	*1. Παίρνει το κόκκινο χρώμα από τον ήλιο*	9	17,3	8	15,4	2	4,8	18	42,9
	2. Παίρνει όλα τα χρώματα από το φως του ήλιου και αφήνει μόνο το κόκκινο	**5**	**7,7**	**38**	**71,2**	**5**	**11,9**	**15**	**35,7**
	3. Έχει μια ουσία που το κάνει κόκκινο	38	73,1	6	11,5	35	83,3	9	21,4

Πίνακας 5: Απαντήσεις παιδιών στην ερώτηση «*Πού οφείλεται το κόκκινο χρώμα, ενός τριαντάφυλλου;*»

Όσον αφορά στην Απορρόφηση- εκπομπή φωτός ζητήθηκε από τα παιδιά να απαντήσουν σε κλειστού τύπου ερώτηση όσον αφορά στο χρώμα ενός δωματίου που θα προτιμούσαν να έχει, ώστε να τα βοηθάει να βλέπουν καλύτερα στο χώρο αυτό, και στη συνέχεια να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Μετά την απάντησή στην κλειστού τύπου ερώτηση τα παιδιά κλήθηκαν να αιτιολογήσουν την επιλογή τους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των απαντήσεων διαπιστώσαμε ότι η πλειοψηφία των παιδιών και στις δυο ομάδες πριν τις διδασκαλίες αναγνώριζαν ότι το κίτρινο είναι το χρώμα που '*φωτίζει*' περισσότερο από τα προτεινόμενα χρώματα (31 και 26 παιδιά για την Π.Ο. και την Ο.Ε. αντίστοιχα), ενώ κάποια παιδιά επέλεξαν να γράψουν το άσπρο και το κόκκινο χρώμα τα οποία δεν υπήρχαν στις επιλογές. Μετά τις διδασκαλίες όλα σχεδόν τα παιδιά και των δυο ομάδων επέλεξαν ανοιχτόχρωμα χρώματα, αναφέροντας την απορρόφηση και την εκπομπή του φωτός ανάλογα με το χρώμα των επιφανειών. Οι διαφοροποιήσεις των απαντήσεων μετά τις διδασκαλίες μεταξύ Ο.Ε. και Π.Ο. είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο μικρότερο του 0,05 (p=,013).

Στις επόμενες ερωτήσεις ζητήθηκε από τα παιδιά να απαντήσουν στις κλειστές τύπου ερωτήσεις «*Γιατί αντικείμενα με άσπρες επιφάνειες διακρίνονται καλύτερα τη νύχτα με πολύ λίγο φωτισμό, από αυτά με μαύρες επιφάνειες;*» και αντίστροφα «*Γιατί οι μαύρες επιφάνειες δεν διακρίνονται καλύτερα στο σκοτάδι;*». Η πρώτη και η δεύτερη επιλογή σχετίζονταν με την εκπομπή και απορρόφηση του φωτός για να διαπιστωθεί κατά πόσο τα παιδιά συγχέουν τα δυο φαινόμενα, όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια. Η δεύτερη επιλογή είναι εναρμονισμένη με το επιστημονικό μοντέλο όπως αυτό αποδόθηκε από τη διδακτική διαδικασία. Η τρίτη επιλογή προέρχεται από την καθημερινή εμπειρία των παιδιών, χωρίς να σχετίζεται με το φως και δεν αποτελεί ουσιαστική ερμηνεία στην παραπάνω ερώτηση, ενώ η τέταρτη επιλογή «*αφήνουν/δεν αφήνουν το φως να τις φωτίσει*» ανήκει στην κατηγορία **«Τάση του υποκειμένου»**. Η κατηγορία αυτή συγκροτήθηκε με βάση τις απαντήσεις της αρχικής μας έρευνας στις ιδέες των παιδιών στις οποίες αρκετά παιδιά θεωρούν ότι η μεταβολή που δίνει υπόσταση στο φαινόμενο είναι εγγενής ιδιότητα του υποκειμένου που την υφίσταται.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των απαντήσεων των παιδιών της Π.Ο., ο αριθμός των αποδεκτών απαντήσεων που σχετίζονταν με την εκπομπή και απορρόφηση του

φωτός *«ανακλούν (διώχνουν)/απορροφούν όλο το φως...»* και αποτέλεσαν τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις παρουσίασε σημαντική αύξηση μετά τις διδασκαλίες. (46 από 5 που ήταν πριν). Αντίθετα η αύξηση του αριθμού των παιδιών της Ο.Ε. που υιοθέτησαν τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις μετά τις διδασκαλίες ήταν μικρή (11 από 6). Η επικρατέστερη άποψη πριν τις διδασκαλίες ήταν ότι η διακριτικότητα των χρωμάτων σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού (σκοταδιού) οφείλεται στο βαθμό της χρωματικής τους αντίθεσης με το σκοτάδι της νύχτας. Τα παιδιά αυτά δεν συσχετίζουν τη διακριτικότητα των ανοιχτόχρωμων επιφανειών με το φως που ανακλάται στην επιφάνειά τους. Οι απόψεις αυτές των παιδιών της Π.Ο. αναθεωρήθηκαν μετά τις διδασκαλίες, σε αντίθεση με τα παιδιά της Ο.Ε. Οι διαφοροποιήσεις των απαντήσεων μετά τις διδασκαλίες μεταξύ Ο.Ε. και Π.Ο. είναι στατιστικά σημαντικές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η πλειοψηφία των παιδιών της Π.Ο. προσεγγίζουν την επιθυμητή γνώση όσον αφορά στην ανάλυση και σύνθεση του φωτός, στην εκπομπή και απορρόφηση του φωτός και στα χρώματα. Οι απαντήσεις που δόθηκαν πριν τις διδασκαλίες στηρίζονται στην καθημερινή τους εμπειρία, και σε αυτές απλά επισημαίνεται η φωτεινότητα των ανοιχτόχρωμων επιφανειών, χωρίς να συνδέεται και να αιτιολογείται με βάση την εκπομπή του φωτός όταν αυτό προσπίπτει σε αυτές. Μετά τις διδασκαλίες το 80% σχεδόν των παιδιών της Π.Ο. υιοθέτησαν τις αποδεκτά επιστημονικά απόψεις, επιτυγχάνοντας έτσι τους μαθησιακούς στόχους που τέθηκαν στο σχεδιασμό του εκπαιδευτικού λογισμικού και στην ανάπτυξη της διδασκαλίας. Συνεπώς διαμορφώνοντας ένα μαθησιακό περιβάλλον εποικοδομητικού και συνεργατικού τύπου το οποίο υποστηρίζεται τεχνολογικά από προσομοιώσεις και οπτικές αναπαραστάσεις φυσικών φαινομένων τα παιδιά μπορούν να οικοδομήσουν τη νέα γνώση, αντιμετωπίζοντας στην πράξη τις αρχικές τους εναλλακτικές ιδέες. Στο σκοπό αυτό συντέλεσαν η διαθεματική προσέγγιση του φαινομένου, η χρήση μεταφορών και η σύνδεση των φαινομένων του φωτός (ανάκλαση, διάθλαση, απορρόφηση-εκπομπή, και ανάλυση φωτός). Στο εκπαιδευτικό λογισμικό θα μπορούσαν να προστεθούν ενότητες που αφορούν φαινόμενα της Οπτικής, ώστε να βοηθήσει ακόμα περισσότερο τα παιδιά στην κατανόησή τους. Για παράδειγμα θα μπορούσε να προστεθεί η ενότητα Ανάκλαση του φωτός, και να εμπλουτιστεί με δραστηριότητες που να αναφέρονται στην ανάκλαση του φωτός σε αέρια (η ανάκλαση του φωτός στο ισχύον ΑΠΣ αναφέρεται μόνο σε στερεά), ώστε να ερμηνευτεί η φωτεινότητα της γήινης μέρας σε αντίθεση με το σκοτάδι (μαύρο) του διαστήματος όπου απουσιάζει η ύλη.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερή η ανάγκη αλλαγής του σημερινού πλαισίου που θα οδηγεί στη μαθητο-κεντρική διδασκαλία με τη χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών εποικοδομητικού τύπου. Το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη μπορεί να αποτελέσει μια πρόταση για τη διδασκαλία των παραπάνω φαινομένων της Οπτικής στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Anderson, C.W. & Smith, E.L. (1983). *Transparencies on light: Teacher's manual.* East Lansing, MI: Michigan State University. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 233 885).

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.

Feher, E. & Meyer, K. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching, 29(5),* 503-520.

Jaakkola, T. & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, *24*(4), 271 -283.

Rezaei, R. & Katz, L. (2002). Using computer assisted instruction to compare the inventive model and the radical constructivist approach to teaching physics. *Journal of Science Education and Technology*, *11*(4), 367-380

Shapiro, B. (1994). *What children bring to light: A constructivist perspective on Childrens' learning in science*. Columbia, New York: Teachers. College Press.

Tekos, G., Solomonidou, C. & Stavridou, H. (2008). Teaching reflection and diffusion using constructivist digital tools and methods in Greek primary school. In J. Luca & E.R. Weippl (Eds.) *Proceedings of ED-MEDIA 2008 - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, AACE - Association for Advancement of Computing in Education*, (pp. 3298-3307) Vienna, Austria

Tekos, G., Solomonidou, C. (2009). Constructivist learning and teaching of optics concepts using ict tools in greek primary school: A pilot study. *Journal of Science Education and Technology, 18*(5) 415-429.

Triona, L.M. & Klahr, D. (2003). Point and click or grab and left: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction, 21*(2), 149-173.

Wieman, C.E. & Perkins, K.K. (2005). Transforming Physics Education. *Physics Today*, *58*(11), 36-41.

Zacharia, Z. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, *23*(2), 120- 132.

Κολτσάκης, Ε., Ανδρεάδης-Παπαδημητρίου, Α., Κουσλόγλου, Ε. & Σολομωνίδου, Χ. (2007). Εκπαιδευτικό λογισμικό με φύλλα εργασίας με θέμα το «φωτοηλεκτρικό φαινόμενο». Στο Ν. Δαπόντες & Ν. Τζιμόπουλος (επιμ.) *4ο Πανελλήνιο Συνέδριο των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ 'Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη', Πρακτικά Εισηγήσεων* (τόμος Β', σελ. 282-286). Σύρος, 5/2007. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Σαλπιγγίδου, Α., Λύρας, Α., Κοέν, Σ. & Μικρόπουλος, Α. (2007). Η συμβολή των προσομοιώσεων στη διδασκαλία της οπτικής στο Γυμνάσιο. *Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση 2007, Τόμος 5 Online]*. Ανακτήθηκε στις 5/2/14 από http://kodipheet.chem.uoi.gr/fifth_conf/pdf_synedriou/teyxos_C/2_Didask_fys_NT/5_FYS-31.pdf

Σολομωνίδου, Χ. (2006). *Νέες τάσεις στην Εκπαιδευτική Τεχνολογία: εποικοδομητισμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης*. Αθήνα: εκδόσεις Μεταίχμιο.

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,* (σελ. 115-126). Αθήνα: Ατραπός.