

Φως και χρώματα: μία διδακτική πρόταση με τη βοήθεια ΤΠΕ

Ψυκαράκη Χριστίνα¹, Ζαράνης Νικόλαος²

kristinec86@gmail.com, nzaranis@edc.uoc.gr

¹ Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

² Επίκουρος Καθηγητής, ΠΤΠΕ, Πανεπιστημίου Κρήτης

Περίληψη

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι να προτείνει μία διδακτική προσέγγιση, του κεφαλαίου της Στ' τάξης Δημοτικού Σχολείου, «Φως και Χρώματα» μέσω της χρήσης υπολογιστή και ειδικότερα με τη βοήθεια των προσομοιώσεων του λογισμικού PhET. Η οπτική και ειδικότερα τα χρώματα, αποτελούν ένα κεφάλαιο που οι μαθητές αντιμετωπίζουν αρκετές δυσκολίες, οι οποίες με τη σειρά τους έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία παρανοήσεων στον τρόπο αντίληψης των χρωμάτων γύρω τους. Ο τρόπος παρουσίασης της ύλης στα διδακτικά εγχειρίδια, η δυσκολία χειρισμού των πειραματικών διατάξεων από τους ίδιους τους μαθητές, η δυσκολία επανάληψής τους, καθώς και το μεγάλο περιθώριο σφάλματος και αποτυχίας των πειραμάτων δεν βοηθούν τους μαθητές να υιοθετήσουν τα επιστημονικά αποδεκτά μοντέλα. Ο εργαστηριακός πειραματισμός στις Φυσικές Επιστήμες χρειάζεται αναδιοργάνωση, όπως προτείνεται από την παρούσα μελέτη, με τρόπο που να περιλαμβάνει τη χρήση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων.

Λέξεις κλειδιά: αντίληψης μαθητών, φως, χρώματα, εικονικά πειράματα, προσομοιώσεις

Εισαγωγή

Έρευνες σε διεθνές επίπεδο (Anderson & Karrqvist, 1983; Fethestonhaugh & Treagust 1992) δείχνουν ότι τα φαινόμενα που αφορούν το φως και τις ιδιότητές του δυσκολεύουν πολύ τους μαθητές σε όλες τις ηλικιακές βαθμίδες. Το καθημερινό περιβάλλον παρατήρησης για αυτά τα φαινόμενα μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις. Ακόμη και μαθητές που έχουν διδαχθεί φαινόμενα της οπτικής παρουσιάζουν σχεδόν την ίδια απόδοση και εμφανίζουν τις ίδιες παρανοήσεις με εκείνους που δεν τα έχουν διδαχτεί, καθώς δείχνουν απρόθυμοι να αποδεχτούν τα αποτελέσματα των πειραμάτων (Driver & Easley, 1978; Chauvet, 1996; Feher & Meyer, 1992).

Οι Feher & Meyer (1992) ταξινομούν τις προαντιλήψεις των μαθητών σε σχέση με τα χρώματα σε 4 κατηγορίες:

(α) Το έγχρωμο φως δεν έχει καμία επίδραση στα αντικείμενα. Το χρώμα των αντικειμένων που υπάρχουν γύρω μας αποτελεί μία ιδιότητα των αντικειμένων και δεν έχει να κάνει με το φως (Anderson & Karrqvist, 1983; Galili & Lavrik, 1998).

«Τα αντικείμενα κάτω από οποιοδήποτε φως φαίνονται το ίδιο».

(β) Το έγχρωμο φως είναι σκοτεινό και κάνει τα αντικείμενα να φαίνονται ακόμη πιο σκοτεινά.

«Το κόκκινο αντικείμενο φαίνονται πιο σκούρο επειδή το πράσινο φως είναι σκούρο χρώμα και πέφτει πάνω στο πιο φωτεινό κόκκινο και το κάνει να φαίνεται πιο σκοτεινό» .

(γ) Το χρώμα του φωτός ανακατεύεται με το χρώμα του αντικειμένου. Ορισμένα αντικείμενα έχουν καθορισμένο χρώμα και φαίνονται στο μείγμα των σταθερών τους χρωμάτων και του χρώματος του φωτός (Kocakulah , 2006).

«Το κίτρινο αντικείμενο θα φαίνεται μπλε αν το φωτίζουμε με πράσινο φως, όπως ακριβώς συμβαίνει και στη ζωγραφική».

(δ) Το έγχρωμο φως δίνει το χρώμα του στα αντικείμενα. Το χρώμα του φωτός καλύπτει όλα τα αντικείμενα και επηρεάζει όλα τα πράγματα.

«Όλα τα αντικείμενα θα είναι κόκκινα γιατί το φως είναι κόκκινο» (Keles & Demirel, 2010).

Αντίθετα, το λευκό φως για τους μαθητές είναι παθητικό, είναι καθαρό, διαφανές και απλώς φωτίζει το αντικείμενο, χωρίς να προκαλεί αλλαγές. Χαρακτηριστικές είναι οι απαντήσεις των μαθητών στην έρευνα των Feher & Meyer (1992) :

«Το λευκό φως είναι φωτεινό». «Το λευκό φως μοιάζει περισσότερο με το φως του ήλιου και σε αφήνει να δεις το χρώμα όλων των αντικειμένων». «Το λευκό φως είναι η έλλειψη φωτός». «Το λευκό φως είναι διαφανές, οπότε δεν περιέχει κανένα χρώμα και δεν μπορεί να αναμειχθεί». «Το λευκό φως περιλαμβάνει όλα τα άλλα χρώματα».

Φυσική και ΤΠΕ

Καθώς το υπάρχον Αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών δείχνει να μην μπορεί να ξεπεράσει τις παραπάνω δυσκολίες των μαθητών, δημιουργείται η αναγκαιότητα εφαρμογής νέων σύγχρονων τρόπων διδασκαλίας.

Τα τελευταία χρόνια διάφοροι ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών δίνουν έμφαση στον επαναπροσδιορισμό του ρόλου του πειράματος στην επιστημονική διδασκαλία (Hofstein & Lunetta, 2004). Αυτός ο επαναπροσδιορισμός οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στην πρόκληση που προσφέρει η χρήση των νέων τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώνεται ότι μετά από την εισαγωγή των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση, το πείραμα μπορεί να εκτελεστεί όχι μόνο με πραγματικά αντικείμενα αλλά και με εικονικά αντικείμενα (προσομοιώσεις) (Ευαγγέλου & Κώσης, 2009).

Με την εισαγωγή και την εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση εμφανίζονται έρευνες στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών που συγκρίνουν αυτές τις διαφορετικές πειραματικές προσεγγίσεις, μελετώντας και αξιολογώντας τα αποτελέσματα της μάθησης στη Φυσική.

Οι Ευαγγέλου και Κώσης (2009) προέβησαν σε μία βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που μελετούν και συγκρίνουν τα μαθησιακά αποτελέσματα των εικονικών και των πραγματικών πειραμάτων. Μελέτησαν λοιπόν 26 έρευνες και προέβησαν στα παρακάτω συμπεράσματα.

Στο 31% των ερευνών, τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε εικονικά πειράματα δεν υστερούν (είναι παρόμοια) σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων (Choi & Gennaro, 1987; Baxter, 1995; Triona & Klahr, 2003; Keller et al., 2007; Klahr et al., 2007;).

Στο 46% τα μαθησιακά αποτελέσματα των εικονικών πειραμάτων υπερτερούν σε σύγκριση με αυτά των πραγματικών πειραμάτων (Zacharia & Anderson, 2003; Jaakkola & Nurmi, 2004; Keller & Finkelstein, 2004; Wieman & Perkins, 2005; Finkelstein et al., 2005).

Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών καταδεικνύουν την ανάγκη για αναθεώρηση και αναδιοργάνωση του υπάρχοντος πλαισίου στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, με τρόπο που να περιλαμβάνει τη χρήση εικονικών υλικών σε εικονικό εργαστήριο (Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009).

Απαιτείται γενικότερα η δημιουργία ενός συγκεκριμένου πλαισίου που να υποστηρίζει την τροποποίηση των υφιστάμενων αναλυτικών προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών, με τρόπο που να καθορίζεται επακριβώς η διδακτική προσέγγιση και το περιεχόμενο στο οποίο θα μπορούσε να εφαρμοστεί ένα τέτοιο εγχείρημα. Σε μια τέτοια προσπάθεια, ιδιαίτερα ελκυστικός φαίνεται ο συνδυασμός των εικονικών με τα πραγματικά

περιβάλλοντα πειραματισμού στο πλαίσιο αξιοποίησης της προστιθέμενης αξίας νέων τεχνολογικών εργαλείων, όπως είναι οι προσομοιώσεις (Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009).

Συγκεκριμένα, όσον αφορά στις έννοιες του φωτός και των χρωμάτων, αποτελέσματα ερευνών έδειξαν ότι η χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών και προσομοιώσεων μπορεί να υποβοηθήσει σημαντικά τη γνωστική εμπλοκή των μαθητών αναφορικά με την επίδραση του χρώματος της φωτεινής πηγής στο χρώμα των αντικειμένων και να διορθώσουν κάποιες από τις εναλλακτικές τους αντιλήψεις (Valanides & Angeli, 2008). Οι Valanides & Angeli (2008) αναφέρουν μάλιστα ότι οι αλλαγές στις αντιλήψεις των μαθητών αναφορικά με το φως και το χρώμα του φωτός διατηρήθηκαν και κατά τη διάρκεια των τριών επόμενων μηνών μετά τη χρήση του λογισμικού.

Παράλληλα, δεν πρέπει να παραλείψουμε ότι μια προσχεδιασμένη οικοδόμηση της γνώσης με τη χρήση πολυμέσων μπορεί να διευκολυνθεί από μαθησιακά περιβάλλοντα, τα οποία ενισχύουν τη συνεργατική οικοδόμηση της γνώσης μέσω της κοινωνικής διαπραγμάτευσης και όχι τον ανταγωνισμό για αναγνώριση μεταξύ των μαθητών (Κόκκοτας, 1998). Με την ένταξη των ΤΠΕ στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να μετατρέψει την τάξη σε ένα ακόμη χώρο, όπου ενθαρρύνεται η κοινωνική αλληλεπίδραση τόσο μεταξύ των μαθητών όσο και ανάμεσα στον ίδιο και τους μαθητές του (Ζαράνης & Οικονομίδης, 2009; Ράπτης & Ράπτη, 2007; Zaranis & Kalogiannakis, 2011).

Επίσης, είναι αποδεκτό ότι τα πλεονεκτήματα της συνεργατικής μάθησης μπορούν να ισχύσουν και στη συνεργατική μάθηση με τη βοήθεια του υπολογιστή. Οι Littleton και Light (1999) υποστηρίζουν ότι το να κάνεις τους μαθητές να αλληλεπιδρούν μπροστά από τον υπολογιστή είναι ένας παραγωγικός τρόπος μάθησης, επισημαίνοντας ότι η δυαδική αλληλεπίδραση διευκολύνει την ατομική μάθηση όπως και την κατασκευή της γνώσης.

Οι Mercer και Wegerif (1999) αναφέρουν ότι, καθώς η διδασκαλία μπορεί μερικές φορές να είναι δασκαλοκεντρική, οι υπολογιστές δεν έχουν τον ίδιο κοινωνικό ρόλο όπως οι εκπαιδευτικοί, και έτσι οι μαθητές είναι πιο ευδιάθετοι ώστε να συζητήσουν.

Οι Bliss και Ogborn (1989) υποστηρίζουν ότι οι προσομοιώσεις επιτρέπουν στους μαθητές να εξερευνούν και να ελέγχουν τον μικρόκοσμο διαφοροποιώντας τις παραμέτρους και τις μεταβλητές, και να οπτικοποιούν απευθείας τις επιπτώσεις των πράξεών τους. Χρησιμοποιώντας αυτά τα προγράμματα, οι μαθητές μπορούν να διατυπώσουν και να ελέγξουν τις υποθέσεις τους και να συμφιλιώσουν οποιαδήποτε ασυμφωνία μεταξύ των ιδεών τους και των παρατηρήσεων του μικρόκοσμου (Tao & Gustone, 1999). Αντίθετα, οι De Jong & Van Joolingen (1998) υποστηρίζουν ότι οι προσομοιώσεις ταιριάζουν στη μέθοδο της ανακαλυπτικής μάθησης, και μόνο ένας τύπος μάθησης που περιλαμβάνει τη δημιουργία υποθέσεων και ελέγχου οδηγεί στην κατασκευή της γνώσης.

Η διδασκαλία των χρωμάτων με τη νέα διδακτική πρόταση

Στο ισχύον Αναλυτικό Πρόγραμμα, το κεφάλαιο φως και χρώματα προτείνεται να διδαχτεί μέσα σε δύο διδακτικές ώρες και θέτει τους εξής στόχους: *«Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά την ανάλυση του λευκού φωτός σε φως διαφόρων χρωμάτων. Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά τη σύνθεση των βασικών χρωμάτων»*. Το βιβλίο προτείνει να γίνουν κάποια πειράματα, τα οποία απαιτούν ειδικές συνθήκες, όπως αναφέρεται και στο ίδιο το βιβλίο δασκάλου: *«για την επιτυχία του πειράματος είναι απαραίτητο να επικρατεί ηλιοφάνεια. Σε περίπτωση που επικρατεί συννεφιά, προχωράμε στο επόμενο πείραμα»*. Επίσης, το βιβλίο του δασκάλου επισημαίνει: *«Είναι πολύ πιθανό το φως που παρατηρούμε να μην είναι απόλυτα λευκό. Για να επιτύχουμε τη σύνθεση του λευκού φωτός, πρέπει η ένταση των 3 φακών να είναι ίδια, η ταύτιση των τριών δεσμών απόλυτη και οι αποχρώσεις των χρωμάτων στις διαφάνειες να είναι εκείνες του βασικού,*

όπως ονομάζεται, κόκκινου, μπλε και πράσινου. Για την επιτυχία του πειράματος είναι επίσης απαραίτητο να μπορούμε να συσκοτίσουμε την αίθουσα. Καλό είναι, πριν δείξουμε το πείραμα στους μαθητές, να ελέγξουμε το βαθμό επιτυχίας του. Στην περίπτωση που το αποτέλεσμα της δοκιμής δεν είναι ικανοποιητικό, είναι προτιμότερο να μην εκτελέσουμε το πείραμα αυτό».

Βλέπουμε λοιπόν ότι τα πειράματα που προτείνονται να γίνουν από το βιβλίο αδυνατούν να ανταπεξέλθουν στους στόχους που έχουν τεθεί. Το γεγονός αυτό αφενός δημιουργεί άγχος στον ίδιο τον εκπαιδευτικό για το πώς θα επιτύχει τους στόχους του και αφετέρου δυσκολίες στην κατανόηση των φαινομένων από τους ίδιους τους μαθητές.

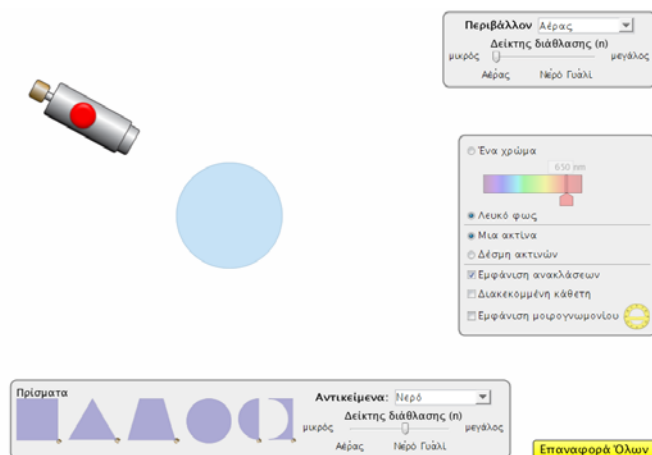
Πολύ σημαντικό, όταν σχεδιάζουμε πειράματα Φυσικής, είναι να αποφεύγεται το περιθώριο σφάλματος και αποτυχίας του πειράματος, καθώς είναι κάτι το οποίο απογοητεύει τους μαθητές και δεν τους οδηγεί στην εννοιολογική αλλαγή. Για να πειστεί ο μαθητής και να αλλάξει τις προαντιλήψεις του χρειάζεται δυνατά πειστήρια.

Η δική μας διδακτική πρόταση καλύπτει 3 διδακτικές ώρες θέτοντας έναν επιπλέον στόχο «Να αντιληφθούν ότι το χρώμα των αντικειμένων εξαρτάται από τη χρωματική ακτινοβολία του λευκού φωτός που εκπέμπει». Ο στόχος αυτός είναι εξίσου σημαντικός και θα έπρεπε να συμπεριλαμβάνεται και στο αναλυτικό πρόγραμμα.

Για την εφαρμογή της παρούσας διδακτικής πρότασης οι μαθητές καλούνται, αφού σχηματίσουν ομάδες των 3-4 ατόμων, να ασχοληθούν με εικονικά και πραγματικά πειράματα. Με τη μεικτή αυτή πειραματική προσέγγιση οι μαθητές δε θα στερηθούν τη δυνατότητα να δράσουν σε πραγματικό πειραματικό περιβάλλον και να οικοδομήσουν τις έννοιες που εμπλέκονται στο πείραμα (Κόκκοτας, 1998). Σε αυτή τη διδακτική προσέγγιση οι μαθητές αλληλεπιδρώντας με την προσομοίωση στον υπολογιστή αλλά και με την ομάδα τους σε πραγματικό πειραματικό περιβάλλον, συμπληρώνουν τρία τα φύλλα εργασίας.

Στο πρώτο φύλλο εργασίας οι μαθητές καλούνται να πραγματοποιήσουν τις παρακάτω δραστηριότητες: α) Σκεφτείτε με την ομάδα σας τι χρώματα έχει το ουράνιο τόξο και ζωγραφίστε το, β) Που βλέπετε το ουράνιο τόξο; γ) Τι ώρα της ημέρας ήταν; δ) Πώς ήταν ο καιρός, όταν είδατε το ουράνιο τόξο; ε) Ποιές είναι οι προϋποθέσεις για να δημιουργηθεί το ουράνιο τόξο; στ) Πώς νομίζετε ότι δημιουργήθηκαν όλα τα χρώματα του ουράνιου τόξου; Στη συνέχεια οι μαθητές στην προσομοίωση PhET «Διάθλαση του Φωτός» στην ενότητα «Παρεμβολή πρίσματος» (Εικόνα 1, αριστερά) αλληλεπιδρούν πατώντας διάφορα πλήκτρα, παρατηρούν τα χρώματα που εμφανίζονται, τοποθετούν άλλες μορφές πρίσματος και καταγράφουν τα συμπεράσματα.

Στο δεύτερο φύλλο εργασίας οι μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες κατασκευάζουν με διάφορα υλικά τον «Δίσκο του Νεύτωνα» και πειραματίζονται με αυτόν. Στη συνέχεια αλληλεπιδρούν με προσομοίωση PhET «Εγχρωμη όραση» (Εικόνα 2) και καταγράφουν τα χρώματα που θα δει ο άνθρωπος, αν αλλάξουν τα χρώματα των φακών, καθώς και πώς θα συνδυάσουν τα χρώματα των φακών για να προκύψουν διάφορα είδη χρωμάτων.

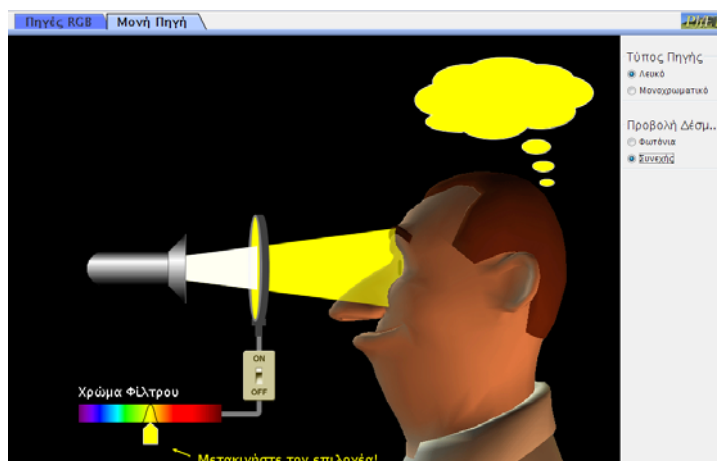


Εικόνα 1. Η προσομοίωση PhET «Διάθλαση του Φωτός» στην ενότητα «Παρεμβολή πρίσματος» (πρώτο φύλλο εργασίας).



Εικόνα 2. Η προσομοίωση PhET «Διάθλαση του Φωτός» στην ενότητα «Έγχρωμη όραση» (δεύτερο φύλλο εργασίας).

Στο τρίτο φύλλο εργασίας οι μαθητές καλούνται να αλληλεπιδράσουν με προσομοίωση PhET για να δοκιμάσουν διάφορα φίλτρα (Εικόνα 3) και φακούς, να παρατηρήσουν τα χρώματα που θα βλέπει ο άνθρωπος του λογισμικού και να ερμηνεύσουν το αποτέλεσμα.



Εικόνα 3. Η προσομοίωση PhET στο τρίτο φύλλο εργασίας για φίλτρα.

Στην παρούσα διδακτική μας πρόταση χρησιμοποιήσαμε προσομοιώσεις από τον ιστότοπο PhET (Physics Education Technology) <http://phet.colorado.edu>. Ο ιστότοπος PhET παρέχει δωρεάν προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων, οι οποίες έχουν δημιουργηθεί από το πανεπιστήμιο του Colorado. Όλες οι προσομοιώσεις είναι διαθέσιμες δωρεάν και είναι εύκολες στη χρήση. Έχουν δημιουργηθεί με Java και flash και εκτελούνται με τη χρήση ενός περιηγητή στο διαδίκτυο. Παράλληλα, μπορούν να αποθηκευθούν και να χρησιμοποιηθούν χωρίς τη χρήση διαδικτύου. Αυτές οι προσομοιώσεις έχουν σχεδιασθεί έτσι, ώστε να είναι διαδραστικές και ελκυστικές.

Η δυνατότητα που δίνουν οι κατασκευαστές του με παροχή εργαλείων για εύκολη μεταγλώττιση βοηθά στη μεταγλώττιση πολλών προσομοιώσεων σε πάρα πολλές γλώσσες. Σε κάθε προσομοίωση στον ιστοχώρο PhET υπάρχει η δυνατότητα να ανέβουν από τους χρήστες διδακτικές ιδέες και προτάσεις αξιοποίησης για τη συγκεκριμένη προσομοίωση.

Σύμφωνα με τους Perkins et al. (2006) οι προσομοιώσεις PhET μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πολλούς τρόπους για εκπαιδευτικούς σκοπούς όπως σε παρουσίαση, σε διάλεξη σε δραστηριότητες μικρών ομάδων μαθητών ή στο εργαστήριο.

Οι προσομοιώσεις PhET παρουσιάζουν τις εξής σημαντικές διαφορές (Wieman et al. 2010) ως προς άλλες προσομοιώσεις: α) είναι αρκετά δεσμευτικές για τους μαθητές, β) τα εξειδικευμένα μοντέλα είναι πιο ξεκάθαρα, γ) λαμβάνονται υπόψη οι αντιλήψεις των μαθητών κατά τον σχεδιασμό και δ) το μοντέλο οικοδομείται με βάση την ανατροφοδότηση και ανοιχτά περιβάλλοντα μάθησης τα οποία προσφέρουν κινούμενη ανατροφοδότηση στο χρήστη.

Οι προσομοιώσεις έχουν σχεδιασθεί έτσι, ώστε να χτίζουν σαφείς γέφυρες στο πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές τον κόσμο και τις φυσικές αρχές, κάνοντας αυτά τα φυσικά μοντέλα ορατά σε αυτούς (Finkelstein et al., 2005).

Συμπεράσματα

Μετά από την ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και την παρουσίαση της διδακτικής μας παρέμβασης συμπεραίνουμε ότι τα πειράματα που προτείνονται να γίνουν στο κεφάλαιο «Φως και Χρώματα», όπως φαίνεται από τα βιβλία του Υπουργείου Παιδείας αδυνατούν να επιτύχουν τους στόχους που έχουν τεθεί από το Αναλυτικό Πρόγραμμα,

καθώς τα πειράματα που προτείνονται εμπεριέχουν μεγάλο περιθώριο σφάλματος και αποτυχίας. Συνεπώς, η παρούσα διάρθρωση της ύλης δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες των μαθητών και να οδηγήσει στην εννοιολογική αλλαγή, πράγμα που δημιουργεί την αναγκαιότητα αναδιάρθρωσής της και εφαρμογής από τους εκπαιδευτικούς νέων σύγχρονων τρόπων διδασκαλίας.

Ο συνδυασμός της χρήσης των εικονικών και των πραγματικών πειραμάτων στη προσέγγιση θεμάτων του φωτός, και ειδικότερα των χρωμάτων, μέσα σε ένα ομαδοσυνεργατικό περιβάλλον θα μπορούσε να υποβοηθήσει τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης.

Πιστεύουμε ότι με την παρούσα εργασία συμβάλλουμε έστω και λίγο στην καλύτερη προσέγγιση των μαθητών, όσον αφορά την απόκτηση γνώσης μέσα από τα διαλογικά πολυμέσα, χωρίς αυτό να μας αποδεσμεύει από μελλοντικές προσπάθειες για βελτίωση και παιδαγωγικότερη προσέγγιση.

Αναφορές

- Anderson, B., & Kärrqvist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12 - 15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5(4), 387-402.
- Baxter, G. P. (1995). Using computer simulations to assess hands-on science learning. *Journal of Science Education and Technology*, 4(1), 21-27.
- Bliss, J., & Ogborn, J. (1989). Tools for exploratory learning: A research programme*. *Journal of Computer Assisted Learning*, 5(1), 37-50.
- Chauvet, F. (1996). Teaching colour: designing and evaluation of a sequence. *European Journal of Teacher Education*, 19(2), 121-136.
- Choi, B. S., & Gennaro, E. (1987). The effectiveness of using computer simulated experiments on junior high students' understanding of the volume displacement concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(6), 539-552.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Stud. Sci. Ed.* 61-84.
- Fethestonhaugh, T. & Treagust, D. F. (1992). Students' understanding of light and its properties: teaching to engender conceptual change. *Science Education*, 76(6), 653-672.
- Feher, E., & Meyer, K. R. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 505-520.
- Finkelstein, N. D., et al., (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.1.010103.
- Galili, I., & Lavrik, V. (1998). Flux concept in learning about light: A critique of the present situation. *Science Education*, 82(5), 591-613.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty - first century. *Science education*, 88(1), 28-54.
- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2004). *Academic impact of learning objects: The case of electric circuits*.
- Keleş, E., & Demirel, P. (2010). A study towards correcting student misconceptions related to the color issue in light unit with POE technique. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3134-3139.
- Keller, C. J., et al., (2007). Assessing the effectiveness of a computer simulation in introductory undergraduate environments. In *AIP Conference Proceedings*. (pp. 128-131).
- Keller, C., & Finkelstein, N. (2004). Substituting Traditional Hands-On Laboratories with Computer Simulations: What's gained and what's lost? *Physics* 4810/7810.
- Klahr, D., Triona, L. M., & Williams, C. (2007). Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 183-203.

- Kocakulah, M. S. (2006). *The effect of traditional Teaching on Primary, Secondary and University Students' Conceptual Understanding Of Image Formation and Colours*. Balikesir University. Balikesir.
- Littleton, K., & Light, P. (Eds.). (1999). *Learning with computers: Analysing productive interactions*. Psychology Press.
- Mercer, N., & Wegerif, R. (1999). 6 Is' exploratory talk'productive talk?. *Learning with computers: Analysing productive interactions*, 79.
- Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C., & LeMaster, R. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher*, 44, 18.
- Tao, P. K., & Gunstone, R. F. (1999). Conceptual change in science through collaborative learning at the computer. *International Journal of Science Education*, 21(1), 39-57.
- Triona, L. M., & Klahr, D. (2003). Point and click or grab and heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction*, 21(2), 149-173.
- Valanides, N., & Angeli, C. (2008). Distributed Cognition in a Sixth-Grade Classroom: An Attempt to Overcome Alternative Conceptions about Light and Colour. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(3), 309-336.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 48, 225-227.
- Wieman, C., & Perkins, K. (2005). Transforming physics education. *Physics Today*, 58(11), 36-50.
- Zacharia, Z., & Anderson, O. R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71, 618.
- Zaranis, N., & Kalogiannakis, M. (2011). Greek primary students' attitudes towards the use of ICT for teaching natural sciences, In M.F. Costa, B.V. Dorrio & S. Divjak, (eds.) *Proceedings of the 8th International Conference on Hands-on Science*, (pp. 50-55). University of Ljubljana, Slovenia, 15-17 September 2011.
- Ευαγγέλου, Φ. Β., & Κώτσας, Κ. Θ. (2009). Γνωρίσματα ερευνών της Διεθνούς Βιβλιογραφίας σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (επ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου "Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών"* (σ. 335-342), Φλώρινα.
- Ζαράνης, Ν. & Οικονομίδης, Β. (2009). *Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στην Προσχολική Εκπαίδευση*. Αθήνα: Γρηγόρης
- Κόκκοτας, Π., (1998). *Διδακτική των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Ολομπίου, Γ. & Ζαχαρία, Χ. Ζ. (2009). Συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας του Πειραματισμού σε Πραγματικό ή Εικονικό Εργαστήριο ως προς την Επίτευξη Εννοιολογικής Κατανόησης στη Φυσική. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (επ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου "Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών"* (σ. 623-631), Φλώρινα.
- Ράπιτης, Α., & Ράπιτη, Α. (2007). *Μάθηση και Διδασκαλία στην Εποχή της Πληροφορίας: Ολική Προσέγγιση*. Αθήνα: Εκδόσεις ιδίου.