ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2006)

5ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Φως και Χρώμα: Μάθηση με Διερεύνηση και με τη Βοήθεια Υπολογιστή

Δημήτρης Λαζάρου, Αθηνά Σαρρή, Χαρούλα Αγγελή, Νίκος Βαλανίδης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Λαζάρου Δημήτρης, Σαρρή Α., Αγγελή Χ., & Βαλανίδης Ν. (2026). Φως και Χρώμα: Μάθηση με Διερεύνηση και με τη Βοήθεια Υπολογιστή. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 693–700. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/9179

■ ΦΩΣ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑ: ΜΑΘΗΣΗ ΜΕ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Δημήτρης Λαζάρου
se99dl1@ucy.ac.cy

Αθηνά Σαρρή
se01sa2@ucy.ac.cy

Χαρούλα Αγγελή
cangeli@ucy.ac.cy

Νίκος Βαλανίδης
nichri@ucy.ac.cy

Τμήμα Επιστημών της Αγωγής
Πανεπιστήμιο Κύπρου

Περίληψη

Η μελέτη διαπραγματεύεται το σχεδιασμό και την αξιοποίηση του ODRES™, ενός εργαλείου το οποίο σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί στο μάθημα της επιστήμης στη δημοτική εκπαίδευση. Το ODRES™ εμπλέκει τους μαθητές σε ένα διερευνητικό πλαίσιο μάθησης αναφορικά με το φως και το χρώμα των σωμάτων με στόχο την επίλυση της κλοπής ενός διαμαντιού και, παρέχει υποστήριξη στην προσπάθεια διερεύνησης των μαθητών με διάφορα εργαλεία, όπως το εργαλείο προσομοίωσης το οποίο προσομοιώνει την επίδραση μιας έγχρωμης φωτεινής πηγής στο χρώμα ενός αντικειμένου και το μεγεθυντικό φακό ο οποίος δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να πραγματοποιούν λεπτομερείς παρατηρήσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ODRES™ μπορεί να υποβοηθήσει σημαντικά τη γνωστική εμπλοκή των μαθητών για να κατανοήσουν έννοιες για το φως και το χρώμα των αντικειμένων, αλλά χρειάζεται συστηματική βοήθεια ώστε να υποστηρίζεται η γνωστική ενασχόληση των μαθητών με τις αντίστοιχες έννοιες και να μην περιορίζονται σε μηχανιστική μόνο χρήση του λογισμικού.

Λέξεις Κλειδιά

Μάθηση με Υπολογιστή, Διερεύνηση, Φυσικές Επιστήμες.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έρευνα υποδεικνύει την ύπαρξη εναλλακτικών αντιλήψεων αναφορικά με την έννοια του φωτός και των ιδιοτήτων του (Shapiro 1994). Τα αποτελέσματα της έρευνας που διενήργησαν οι Eaton, Anderson & Smith (1984) έδειξαν ότι μόνο 4% των μαθητών κατάφεραν να εξηγήσουν τον τρόπο με τον οποίο μια πηγή φωτός επηρεάζει το χρώμα των αντικειμένων. Άλλες έρευνες (Anderson & Karrqvist 1983, Guesne 1985, Galili & Lavrik 1998) έδειξαν ότι

οι περισσότεροι μαθητές πιστεύουν ότι το χρώμα ενός αντικειμένου δε σχετίζεται με το φως και αποτελεί αναλλοίωτο χαρακτηριστικό του αντικειμένου. Οι Fethestonhaugh & Treagust (1992) τονίζουν επίσης ότι οι εκπαιδευτικοί συχνά δεν αντιλαμβάνονται ότι οι αρχικές ιδέες των μαθητών για επιστημονικές έννοιες είναι δύσκολο να αλλάξουν με παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας και ότι απαιτούνται μαθητοκεντρικές προσεγγίσεις που μπορούν σταδιακά να αποσταθεροποιήσουν τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών και να οδηγήσουν σε εννοιολογική αλλαγή.

Οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών δίνουν έμφαση στη μηχανιστική απόκτηση του περιεχομένου και δεν εμπλέκουν τους μαθητές σε διερευνητικά μαθησιακά περιβάλλοντα (Valanides 2003). Αντιθέτως, οι μαθητοκεντρικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία και μάθηση στις φυσικές επιστήμες δίνουν έμφαση στην ανάγκη για προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής εμπλέκοντας τους μαθητές σε διερευνητικά πλαίσια μάθησης, όπου μπορούν να εκφράζουν τις αρχικές τους αντιλήψεις και σταδιακά μέσα από πειραματισμό, παρατήρηση και συστηματικό συλλογισμό να αποσταθεροποιούν τις αρχικές τους αντιλήψεις και να οικοδομούν επιστημονικά αποδεκτές έννοιες (National Research Council 1996). Η διερευνητική μάθηση δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να διατυπώνουν και να ελέγχουν τις αρχικές ιδέες τους (θεωρίες/υποθέσεις) και να οδηγούνται σε έγκυρα συμπεράσματα. Ο Reiser (2004) υποστηρίζει επίσης ότι οι δυνατότητες των υπολογιστών μπορούν να αξιοποιηθούν, για να σχεδιαστούν και να αναπτυχθούν αποτελεσματικά εργαλεία με τρόπο που να υποστηρίζουν τις επιστημονικές διερευνήσεις με πολύ συστηματικό τρόπο.

Στην παρούσα μελέτη, παρουσιάζεται αρχικά ο σχεδιασμός του ODRES™ (**O**bserve, **D**iscuss, and **R**eason with **E**vidence in **S**cience), το οποίο σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί στο μάθημα των φυσικών επιστημών στο δημοτικό σχολείο. Ακολούθως συζητούνται τα αποτελέσματα αναφορικά με (α) την επίδραση του ODRES™ στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές του δημοτικού σχολείου κατανοούν την έννοια του φωτός και του χρώματος των αντικειμένων και (β) την επίδραση του ODRES™ στις αντιλήψεις των μαθητών με την πάροδο τριών μηνών από την εφαρμογή του λογισμικού στην τάξη τους.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ODRES™

Το ODRES™ σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε σταδιακά με επαναληπτικές προσπάθειες κατά τη διάρκεια 2003-2005. Οι μαθητές μπορούν, για παράδειγμα, να χρησιμοποιούν το λογισμικό σε δυάδες με σκοπό την επίλυση ενός μυστηρίου κλοπής διαμαντιού. Ενώ προσπαθούν να εντοπίσουν τον κλέφτη του διαμαντιού, αναλαμβάνουν το ρόλο ενός αστυνομικού ανακριτή και σχεδιάζουν μια σειρά από ελέγχους σχετικά με την επίδραση διαφόρων έγχρωμων φωτεινών πηγών στο χρώμα των ρούχων διαφόρων υπόπτων.

Ο σχεδιασμός του ODRES™ στηρίχθηκε στις καθοδηγητικές γραμμές που προτείνονται από διάφορους ερευνητές (π.χ., Reiser 2004, Linn, Bell & Davis 2004, Quintana, Soloway & Krajcik 2003) και στην καθοδήγηση ενός εκπαιδευτικού με μακρόχρονη διδακτική εμπειρία. Συνοπτικά, το πλαίσιο σχεδιασμού στηρίζεται στις ακόλουθες αρχές: (1) Η μάθηση πρέπει να τοποθετείται σε ένα πλούσιο και αυθεντικό πλαίσιο με τρόπο που να παρέχει στους μαθητές κίνητρα για μάθηση. (2) Είναι απαραίτητη η παροχή πληροφοριών

μέσω πολλαπλών αναπαραστάσεων (λεκτικών, γραπτών, ακουστικών, οπτικών κ.α.), ώστε να ικανοποιούνται οι διάφορες μαθησιακές προτιμήσεις (π.χ., λεκτικοί ή ακουστικοί τύποι). (3) Πρέπει να γίνεται εμφανής στους μαθητές η διερευνητική διαδικασία και η ανάλυση της πολυπλοκότητας του στόχου. (4) Απαιτείται η χρήση μετασχηματιστικών παραστάσεων τις οποίες μπορούν να αξιοποιήσουν οι μαθητές για να παρατηρήσουν σημαντικά χαρακτηριστικά των δεδομένων. (5) Είναι απαραίτητη η χρήση εργαλείων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιούν οι μαθητές για να ελέγχουν τις αρχικές τους αντιλήψεις και υποθέσεις και, (6) Πρέπει να υπάρχει υποστηρικτική στήριξη (π.χ., ευκαιρίες για αναστοχασμό, υποβολή βοηθητικών ερωτήσεων κ.ά.) που να καθοδηγεί τους μαθητές να ακολουθούν ένα σαφές συλλογιστικό πρότυπο.

Με την ενεργοποίηση του ODRES™, οι μαθητές καθοδηγούνται να καταχωρούν τα ονόματά τους, ώστε το λογισμικό να παρέχει εξατομικευμένη μάθηση, αλλά και να καταχωρεί τις ενέργειες και τον τρόπο συλλογισμού τους. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το μυστήριο της κλοπής ενός διαμαντιού από ένα παλιό αρχοντικό στο δάσος και ζητείται από τους μαθητές να αναλάβουν το ρόλο ενός αστυνομικού ανακριτή για να λύσουν το μυστήριο. Με βάση το σενάριο, ο κ. Ρουμπίνης, ένας συλλέκτης διαμαντιών, κάλεσε τέσσερις φίλους του για δείπνο στο αρχοντικό του που βρισκόταν μέσα στο δάσος. Ο κ. Ρουμπίνης ήταν τόσο περήφανος για τη συλλογή διαμαντιών που είχε, ώστε όχι μόνο διατηρούσε τρία δωμάτια για τη συλλογή του, αλλά σε κάθε δωμάτιο χρησιμοποιούσε διαφορετικό φωτισμό, για να μπορεί αυτός και οι φίλοι του να παρατηρούν τα διαμάντια με διαφορετικό φωτισμό. Έτσι, τα τρία δωμάτια είχαν κόκκινο, μπλε και πράσινο φως, αντίστοιχα. Μαζί με τον κ. Ρουμπίνη ζούσαν στο αρχοντικό ο φροντιστής του και ένας φρουρός που είχε την ευθύνη για τη φύλαξη του αρχοντικού και της συλλογής διαμαντιών. Για περισσότερη ασφάλεια, υπήρχαν στο αρχοντικό εγκαταστημένες ειδικές κάμερες. Με αυτόν τον τρόπο, ο φρουρός μπορούσε να παρακολουθεί κάθε κίνηση στα τρία δωμάτια, ενώ διατηρούσε και οπτικογραφημένο υλικό των παρατηρήσεών του.

Εκείνο το βράδυ, ο κ. Ρουμπίνης οδήγησε τους φίλους του σε καθένα από τα τρία δωμάτια και τους εξήγησε ότι έπρεπε να θαυμάσουν ιδιαίτερα το νέο του διαμάντι, το Λευκό Άγγελο, χρησιμοποιώντας τα τρία δωμάτια με διαφορετικό φωτισμό. Μετά την ξενάγηση, οι καλεσμένοι απόλαυσαν το δείπνο τους και αργά τη νύκτα ανεχώρησαν. Ο κ. Ρουμπίνης, πριν πάει για ύπνο, θέλησε να θαυμάσει για μια ακόμα φορά τα διαμάντια του και ιδιαίτερα το Λευκό Άγγελο. Σε λίγο όμως κάλεσε το φρουρό και το φροντιστή του και τους ανακοίνωσε ότι ο Λευκός Άγγελος εξαφανίστηκε και ότι στη θέση του τοποθετήθηκε ένα ψεύτικο ομοίωμά του. Και οι τρεις μαζί προσπάθησαν να ανακαλύψουν τι ακριβώς έγινε, χωρίς όμως επιτυχία. Η μόνη πληροφορία που εντοπίστηκε ήταν το οπτικογραφημένο υλικό από τις κάμερες ασφάλειας και ομόφωνα κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο κλέφτης έπρεπε να ήταν ένας από τους τέσσερις καλεσμένους, αφού κανένας άλλος δεν είχε επισκεφθεί εκείνο το βράδυ το αρχοντικό. Με βάση το οπτικογραφημένο υλικό, ο κλέφτης θεάθηκε με κουκούλα και στα τρία δωμάτια και έτσι το πρόσωπό του δεν μπορούσε να αναγνωριστεί. Τελικά κλήθηκε η αστυνομία και ανέλαβε να εξιχνιάσει το μυστήριο, προτού ο κ. Ρουμπίνης αποταθεί στην ασφάλειά του για αποζημίωση.

Οι μαθητές αναλαμβάνουν ως αστυνομικοί ανακριτές να λύσουν το μυστήριο της κλοπής, χρησιμοποιώντας τις γνώσεις τους για το φως και το χρώμα των αντικειμένων και βοηθούμενοι από την υποστήριξη που παρέχει το ODRES™. Οι μόνες διαθέσιμες πληροφορίες ήταν το οπτικογραφημένο υλικό

από τις κάμερες παρακολούθησης και τα μόνα εργαλεία για τη λύση του μυστηρίου ήταν αυτά που ήταν ενσωματωμένα στο ODRES™. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τον προσομοιωτή για να προσομοιώσουν τα αποτελέσματα της επίδρασης του χρώματος του φωτός στο χρώμα της ενδυμασίας καθενός από τους φιλοξενούμενους. Δηλαδή, οι μαθητές μπορούσαν να σύρουν και να αφήσουν την εικόνα κάθε φιλοξενούμενου σε καθένα από τα τρία δωμάτια και να εξετάσουν την εμφάνισή τους στο διαφορετικό χρωματισμό της φωτεινής ακτινοβολίας, με βάση την προσομοίωση. Στη συνέχεια, ο προσομοιωτής ζητούσε από τους μαθητές να διατυπώσουν μιαν υπόθεση για τους πιθανούς χρωματισμούς στο υποκάμισο κάθε φιλοξενούμενου. Μετά τη διατύπωση της υπόθεσης, ο προσομοιωτής μπορούσε να δείχνει το πραγματικό αποτέλεσμα στους μαθητές. Με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές συνέχιζαν τη διερεύνησή τους ελέγχοντας και αναθεωρώντας σταδιακά τις αρχικές τους ιδέες. Το αποτέλεσμα κάθε διερεύνησης των μαθητών καταγράφεται αυτόματα υπό μορφή πίνακα στο σημειωματάριο. Με τη συμπλήρωση όλων των σταδίων της διερεύνησης, οι μαθητές είναι σε θέση να αξιοποιήσουν τα δεδομένα των παρατηρήσεων (προσομοιώσεων) και να προτείνουν μια λύση. Ζητείται επίσης από τους μαθητές να τεκμηριώσουν τη λύση που έδωσαν και να συζητήσουν τα στοιχεία που στηρίζουν το συλλογισμό τους.

Ακολούθως, το λογισμικό παραθέτει στους μαθητές νέα στοιχεία που έρχονται σε αντίθεση με τη λύση που έχουν προτείνει και παρέχει ένα καινούργιο εργαλείο, το μεγεθυντικό φακό. Με το εργαλείο αυτό, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να επανεξετάσουν προσεκτικά τα δεδομένα τους και να εντοπίσουν λεπτομέρειες τις οποίες απέτυχαν να εντοπίσουν προηγουμένως στην έρευνά τους και οι οποίες είναι σημαντικές για την επίλυση του μυστηρίου. Η πρόκληση συνίσταται στην ηθική υποχρέωση του αστυνομικού ανακριτή να αποφύγει τη θυματοποίηση αθώων ανθρώπων και να θεωρήσει υπόπτους όλους όσους βρίσκονταν στο αρχοντικό το βράδυ που έγινε η κλοπή. Οι μαθητές χρησιμοποιούν το μεγεθυντικό φακό για να επανεξετάσουν προσεκτικά όλα τα προηγούμενα τεκμήρια και να κάνουν νέες παρατηρήσεις. Υπό το φως των νέων τεκμηρίων προτείνουν μια νέα λύση στο πρόβλημα, λαμβάνοντας, για παράδειγμα υπόψη ότι ο κ. Ρουμπίνης φορούσε επίσης άσπρο υποκάμισο με κόκκινο παπιγιόν, ο φρουρός κόκκινο υποκάμισο εντελώς κλειστό και με χαρακτηριστικά μαύρα κουμπιά και ο φροντιστής άσπρο υποκάμισο με μπλε παπιγιόν.

Για να εξασφαλιστεί η ανεξάρτητη εργασία κάθε ομάδας μαθητών, αναπτύχθηκαν τρεις διαφορετικές εκδοχές (σενάρια) για τη λύση του μυστηρίου της κλοπής του Λευκού Αγγέλου. Με βάση τα σενάρια αυτά, σχεδιάστηκαν τρεις διαφορετικές μορφές του ODRES™ και η κάθε μια έδινε διαφορετικό αποτέλεσμα για τον ένοχο της κλοπής του Λευκού Αγγέλου. Αυτό θεωρήθηκε απαραίτητο, για να εξασφαλίζεται η γνωστική εμπλοκή όλων των μαθητών στη διερεύνηση. Σύμφωνα με όσα έδειχναν οι κάμερες ασφαλείας, ο κλέφτης θεάθηκε να κινείται στα τρία διαφορετικά δωμάτια του αρχοντικού, με διαφορετικό χρώμα φωτός. Το χρώμα φωτός που υπήρχε σε κάθε δωμάτιο καθορίζει και την ονομασία του δωματίου, Πράσινο δωμάτιο, Κόκκινο δωμάτιο και Μπλε δωμάτιο, αντίστοιχα. Τα επίθετα των καλεσμένων που χρησιμοποιήθηκαν στα διάφορα σενάρια ήταν τα ίδια και δήλωναν, για ευκολία, το χρώμα που είχε το υποκάμισο του καθενός. Συγκεκριμένα, τα επίθετα των τεσσάρων καλεσμένων ήταν Λευκίδης, Ουρανίδης, Κοκκινογένης, και Πρασινίδης κατά αντιστοιχία με το χρώμα του υποκαμίσου τους (λευκό, μπλε, κόκκινο και πράσινο, αντίστοιχα).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν οι δεκαοκτώ μαθητές μιας Στ' τάξης δημοτικού σχολείου ηλικίας δώδεκα ετών. Από τους δεκαοκτώ συμμετέχοντες, 11 ήταν κορίτσια και επτά αγόρια. Η δασκάλα της τάξης αξιολόγησε την επίδοση 10 μαθητών ως άνω του 80% και των υπολοίπων 60% και 70%. Οι μαθητές είχαν εμπειρία χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών είτε στο σχολείο είτε στο σπίτι.

Ερευνητικά Εργαλεία

Στην παρούσα έρευνα, έγινε χρήση δύο ερευνητικών δοκιμίων τα οποία κατασκευάστηκαν από τους ερευνητές. Το πρώτο δοκίμιο χρησιμοποιήθηκε ως προ-εξέταση και μετα-εξέταση και το δεύτερο ως μετα-εξέταση μετά την πάροδο τριών μηνών από την εφαρμογή του λογισμικού. Το πρώτο δοκίμιο δόθηκε στους μαθητές από τη δασκάλα της τάξης τρεις μέρες πριν την εφαρμογή του λογισμικού, για να εντοπίσει τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την επίδραση του χρώματος του φωτός που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή στο χρώμα ενός αντικειμένου. Το ίδιο δοκίμιο δόθηκε και μετά την εφαρμογή του λογισμικού στους μαθητές ως μετα-εξέταση. Η συμπλήρωση του κάθε δοκιμίου διήρκησε περίπου 20 λεπτά.

Στο πρώτο δοκίμιο δόθηκε στους μαθητές η εικόνα ενός δωματίου με εφτά αντικείμενα, το οποίο φωτίζεται με ηλιακό φως (λευκό φως). Τα εφτά αντικείμενα στην άχρωμη εικόνα ήταν: (α) ο μπλε καναπές, (β) η λευκή πολυθρόνα, (γ) το κόκκινο έπιπλο με ράφια, (δ) η μαύρη γλάστρα, (ε) το πράσινο φυτό, (στ) οι λευκοί τοίχοι και (ζ) το λευκό πάτωμα. Έπειτα, δόθηκε στους μαθητές η πληροφορία ότι το δωμάτιο φωτίζεται με φως διαφορετικού χρώματος και τους ζητήθηκε να χρησιμοποιήσουν χρωματιστά μολύβια για να αποδώσουν το χρώμα των αντικειμένων του δωματίου, όπως θα φαινόταν με το νέο φωτισμό. Επιπλέον, ζητήθηκε από τους μαθητές να καταγράψουν τους λόγους που τους οδήγησαν στην επιλογή τους. Συγκεκριμένα, δόθηκαν τρεις διαφορετικές εκδόσεις του δοκιμίου. Στην πρώτη, το δωμάτιο φωτιζόταν με μπλε φως, στη δεύτερη με κόκκινο και στην τρίτη με πράσινο. Η χρήση των τριών εκδόσεων του δοκιμίου συνέτεινε στη μείωση της πιθανότητας οι μαθητές να αντιγράφουν ο ένας από τον άλλο. Οι μαθητές αξιολογήθηκαν με ένα βαθμό για κάθε αντικείμενο που χρωμάτιζαν με το σωστό τρόπο δίνοντας ορθή αιτιολόγηση. Συνεπώς, η βαθμολογία στην προ-εξέταση κυμαινόταν από 0 μέχρι 7. Οι τρεις εκδόσεις του ιδίου δοκιμίου χρησιμοποιήθηκαν με κυλιόμενο τρόπο και ως μετα-εξέταση.

Ένα δεύτερο δοκίμιο (transfer test) δόθηκε με την πάροδο τριών μηνών από την εφαρμογή του ODRES™, για να αξιολογήσει την επίδρασή του στην κατανόηση των μαθητών αναφορικά με την έννοια που μελετάται. Στο διάστημα των τριών μηνών, οι μαθητές δεν παρακολούθησαν μαθήματα σχετικά με το φως και το χρώμα του φωτός. Το δεύτερο δοκίμιο διέφερε ελάχιστα από το πρώτο δοκίμιο. Στην πραγματικότητα, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά αντικείμενα αλλά τα χρώματά τους παρέμειναν τα ίδια. Οι οδηγίες που δόθηκαν ήταν επίσης παρόμοιες και χρησιμοποιήθηκαν και πάλι τρεις εκδόσεις του δοκιμίου. Όπως συνέβηκε και με το αρχικό δοκίμιο, ζητήθηκε από τους μαθητές να αιτιολογήσουν τις επιλογές τους. Η συμπλήρωση του δοκιμίου διήρκησε 20 λεπτά και η βαθμολογία κυμαινόταν και πάλι από 0 έως 7.

Ερευνητικές Διαδικασίες

Το ODRES™ ενσωματώθηκε σε ένα μάθημα φυσικών επιστημών στο οποίο αρχικά οι μαθητές εργάστηκαν σε δυάδες με το λογισμικό για 60 λεπτά. Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους μαθητές να συμμετέχουν σε μια συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης, η οποία συντονιζόταν από τον τέταρτο συγγραφέα. Κατά τη διάρκεια της 30λεπτης συζήτησης, ο συντονιστής ζήτησε από τους μαθητές να ονομάσουν τον κλέφτη και να αιτιολογήσουν την απόφασή τους. Ο συντονιστής αμφισβήτησε τις λύσεις που δόθηκαν από τους μαθητές και τους ζήτησε να εργαστούν με το λογισμικό για 30 ακόμα λεπτά ούτως ώστε να αναζητήσουν καινούργια τεκμήρια, χρησιμοποιώντας το μεγεθυντικό φακό. Έπειτα, ενέπλεξε τους μαθητές σε μια δεύτερη συζήτηση η οποία διήρκησε 45 λεπτά, στη διάρκεια της οποίας οι μαθητές παρουσίασαν νέες λύσεις και τεκμήρια. Και οι δύο συζητήσεις στην ολομέλεια της τάξης οπτικογραφήθηκαν και καταγράφηκαν για προσεκτική ανάλυση.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο μέσος όρος στην προ-εξέταση ήταν 4.11 και η τυπική απόκλιση .83. Η ποιοτική ανάλυση των αιτιολογήσεων των μαθητών που δόθηκαν για να στηρίξουν την απάντησή τους έκανε εμφανείς διάφορες αντιλήψεις για την επίδραση του χρώματος του φωτός στο χρώμα των αντικειμένων. Συγκεκριμένα, τέσσερις μαθητές (M2, M3, M7 και M13) πρότειναν ότι τα αντικείμενα πάντα παίρνουν το χρώμα του φωτός που εκπέμπει η φωτεινή πηγή. Δηλαδή, αν ένα δωμάτιο φωτίζεται με κόκκινο φως, τότε όλα τα αντικείμενα θα φαίνονται κόκκινα. Οι μαθητές αυτοί έδιναν υλική υπόσταση στο φως που μπορούσε να "καλύπτει όλα τα αντικείμενα στο δωμάτιο." Άλλοι εννέα μαθητές, οι οποίοι κατατάσσονται σε τρεις υποκατηγορίες, εξέφρασαν την αντίληψη ότι το χρώμα του φωτός επιδρά με διάφορους τρόπους στα χρώματα διαφόρων αντικειμένων. Η πρώτη υποομάδα αποτελείτο από τρεις μαθητές (M6, M17 και M9) οι οποίοι υποστήριζαν ότι μόνο τα λευκά αντικείμενα παίρνουν πάντοτε το χρώμα του φωτός της φωτεινής πηγής, ενώ τα υπόλοιπα διατηρούν το αρχικό τους χρώμα. Στην πραγματικότητα, οι μαθητές αυτοί δε θεωρούσαν το λευκό ως χρώμα. Η δεύτερη υποομάδα, αποτελείτο πάλι από τρεις μαθητές (M1, M4 και M16), οι οποίοι πρότειναν ότι τα λευκά αντικείμενα παίρνουν το χρώμα του φωτός, τα αντικείμενα του ιδίου χρώματος με το χρώμα του φωτός διατηρούν το χρώμα αυτό και αντικείμενα με διαφορετικό χρώμα (συμπεριλαμβανομένου και του μαύρου) παίρνουν χρώμα το οποίο είναι συνδυασμός του αρχικού χρώματος και του χρώματος του φωτός. Η τρίτη υποομάδα, (M10, M14 και M18) εξέφρασε την ίδια αντίληψη με τη δεύτερη υποομάδα, με τη διαφορά ότι τα μαύρα αντικείμενα παρέμεναν μαύρα. Από τους πέντε εναπομείναντες μαθητές, οι τρεις (M12, M11 και M5) δεν εξέφρασαν αντίληψη που να εμπίπτει σε κάποια από τις πιο πάνω κατηγορίες, ενώ οι τελευταίοι δύο μαθητές (M8 και M15) δεν ακολούθησαν τις οδηγίες που δόθηκαν.

Ο μέσος όρος στη μετα-εξέταση ήταν 5.17 και η τυπική απόκλιση 1.29. Η στατιστική σύγκριση έδειξε ότι η διαφορά ανάμεσα στην επίδοση των συμμετεχόντων στην προ-εξέταση και την μετα-εξέταση ήταν στατιστικά σημαντική, $\underline{t}$ = -4.24, $\underline{p}$ < .01. Η ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών έδειξε ότι οι μαθητές δεν αλλάζουν πάντοτε τις αρχικές τους αντιλήψεις και κάποιοι από αυτούς συνεχίζουν να εκφράζουν λανθασμένες αντιλήψεις για το

φως και το χρώμα του φωτός. Συγκεκριμένα, τέσσερις μαθητές (Μ2, Μ7, Μ11 και Μ13) δήλωσαν ότι τα αντικείμενα, ανεξάρτητα από το χρώμα τους, παίρνουν το χρώμα του φωτός της φωτεινής πηγής. Πέντε μαθητές (Μ10, Μ14, Μ18, Μ6 και Μ3) απέδωσαν ορθά το χρώμα των αντικειμένων στην μετα-εξέταση. Δύο μαθητές (Μ17 και Μ9) υποστήριξαν ότι μόνο τα λευκά αντικείμενα επηρεάζονται, παίρνοντας το χρώμα του φωτός της φωτεινής πηγής, ενώ τα υπόλοιπα παραμένουν ανεπηρέαστα. Τρεις ακόμη μαθητές (Μ1, Μ16 και Μ4) εξέφρασαν την αντίληψη ότι τα αντικείμενα που δεν είναι λευκά και δεν έχουν χρώμα ίδιο με αυτό της φωτεινής πηγής παίρνουν ένα καινούργιο χρώμα το οποίο είναι μείγμα του αρχικού τους χρώματος και του χρώματος της φωτεινής πηγής. Δύο από τους μαθητές (Μ16 και Μ4) θεώρησαν ότι τα μαύρα αντικείμενα παραμένουν ανεπηρέαστα. Οι μαθητές Μ5 και Μ8 δεν εξέφρασαν αντίληψη που να εμπίπτει στις πιο πάνω κατηγορίες, ενώ οι Μ12 και Μ15 δεν ακολούθησαν τις οδηγίες του δοκιμίου.

Τρεις μήνες μετά την εφαρμογή, δόθηκε στους μαθητές το δεύτερο εξεταστικό δοκίμιο. Ο μέσος όρος ήταν 5.06 και η τυπική απόκλιση 1.21. Οι μαθητές συνέχισαν να έχουν παρόμοιες αντιλήψεις με αυτές που εξέφρασαν στη μεταεξέταση. Οι στατιστικές συγκρίσεις που έγιναν έδειξαν ότι η διαφορά μεταξύ της επίδοσης των μαθητών στη προ-εξέταση και στο δεύτερο μετα-εξεταστικό δοκίμιο ήταν στατιστικά σημαντική, $\underline{t} = -2.80$, $\underline{p} < .05$, ενώ η διαφορά μεταξύ της επίδοσης των μαθητών στο πρώτο και δεύτερο μετα-εξεταστικό δοκίμιο δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι μαθητές που εργάστηκαν με το ODRES™ ήταν σε θέση να σχηματίσουν νέες αντιλήψεις αναφορικά με την επίδραση του χρώματος της φωτεινής πηγής στο χρώμα των αντικειμένων και να διορθώσουν κάποια από τα αρχικά εναλλακτικά πλαίσια των αντιλήψεών τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης 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. Τα ευρήματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι το ODRES™ έχει τη δυνατότητα να υποβοηθήσει την εννοιολογική αλλαγή στους μαθητές αναφορικά με σημαντικές έννοιες των φυσικών επιστημών. Η έρευνα με το ODRES™ συνεχίζεται και εξετάζεται προσεκτικά με ποιο τρόπο θα μπορούσε να αξιοποιηθεί με αποτελεσματικότερο τρόπο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Anderson, B. & Kärrqvist, C. (1983), How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties, *European Journal of Science Education, 5*(4), 687-402

Fethestonhaugh, 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. & Lavrik, V. (1998), Flux Concept in Learning about Light: A Critique of the Present Situation, *Science Education, 82*(5), 591-613

Guesne, E. (1985), Light, In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's Ideas ın Science* (pp.11-32), Milton Keynes, UK: Open University Press

Linn, M. C., Bell, P. & Davis, E. A. (2004), Specific design principles: Elaborating the scaffolded knowledge integration framework, In M. C. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 315-339), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates

National Research Council (NRC) (1996), *National Science Education Standards*, Washington, DC: National Academic Press

Quintana, C., Soloway, E. & Krajcik, J. (2003), Issues and approaches for developing learner-centered technology, In M. Zelkowitz (Ed.), *Advances in Computers* (vol. 57, pp. 271-321), New York: Academic

Reiser, B. J. (2004), Scaffolding Complex Learning: The Mechanisms of Structuring and Problematizing Student Work, *The Journal of the Learning Sciences, 13*(3), 273-304

Shapiro, B. (1994), What Children Bring to Light: A Constructivist Perspective on Children's Learning in Science, New York: Teachers College Press

Valanides, N. (2003), Learning, Computers, and Science Education. *Science_ Education International*, *14*(1), 42-47