

## **Η συμβολή των προσομοιώσεων στη διδασκαλία της οπτικής στο Γυμνάσιο**

**Αννα Σαλπιγγίδου<sup>1</sup>, Ανδρέας Λύρας<sup>1</sup>, Σαμουήλ Κοέν<sup>1</sup>, Αναστάσιος Μικρόπουλος<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

[me01639@cc.uoi.gr](mailto:me01639@cc.uoi.gr), [alyras@cc.uoi.gr](mailto:alyras@cc.uoi.gr), [scohen@uoi.gr](mailto:scohen@uoi.gr)

<sup>2</sup> Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

[amikrop@cc.uoi.gr](mailto:amikrop@cc.uoi.gr)

**Περίληψη.** Στόχος της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση των ιδεών των μαθητών της Β΄ Γυμνασίου σχετικά με απλά φαινόμενα Γεωμετρικής Οπτικής και η διαπίστωση της συμβολής των προσομοιώσεων στη δημιουργία νοητικών αναπαραστάσεων και κατανόηση των φαινομένων αυτών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Crocodile Physics. Η ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση των προσομοιώσεων έγινε με τη βοήθεια της ταξινομίας SOLO, ενός εργαλείου για την αξιολόγηση του βαθμού κατανόησης, εκ μέρους των μαθητών εννοιών και θεωριών καθώς και της δυνατότητας τους στην επίλυση προβλημάτων. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι οι μαθητές έχουν σοβαρές αδυναμίες στην κατανόηση σχηματισμού ειδώλου από τους φακούς, οι προβλέψεις τους για τα διάφορα φαινόμενα προέρχονται μέσα από την καθημερινή τους εμπειρία και έρχονται σε σύγκρουση με τους νόμους της Οπτικής. Διαπιστώνεται ότι οι προσομοιώσεις συνεισφέρουν στην απομάκρυνση των παρανοήσεων και στη λειτουργική εφαρμογή των βασικών νόμων της Οπτικής για τα διάφορα φαινόμενα.

### **Εισαγωγή**

Πολλές και ενδιαφέρουσες είναι οι απόψεις των μαθητών σχετικά με έννοιες της Οπτικής, όπως αυτές βρέθηκαν από έρευνες που έγιναν σε διάφορες χώρες ανά τον κόσμο και σε μαθητές όλων των ηλικιών.

Σχετικά το ρόλο των οπτικών στοιχείων, βρέθηκε πως οι μαθητές πιστεύουν ότι η ανάκλαση είναι ιδιότητα μόνο των καθρέφτων και οποιασδήποτε λείας και γυαλιστερής επιφάνειας, χωρίς να θεωρούν ότι ένα λευκό φύλλο χαρτί ανακλά το φως (Galili et al. 1991) και ότι το φως παραμένει στον καθρέφτη κατά τη διάρκεια της ανάκλασης (Fatherstonhaugh and Treagust 1992). Θεωρούν ότι οι καθρέφτες έχουν την ιδιότητα να ‘συλλαμβάνουν’ τα μη φωτεινά αντικείμενα ώστε να γίνονται ορατά από τους παρατηρητές (Ramands and Driver 1989). Η ανάκλαση του φωτός και η δυνατότητα της όρασης θεωρούνται δύο ξεχωριστά φαινόμενα (La Rosa et al. 1984, Saxena 1991). Για την περίπτωση των φακών πιστεύουν ότι οι φακοί δεν είναι απαραίτητοι για τη δημιουργία ειδώλων (Fatherstonhaugh and Treagust 1992) και ότι ο ρόλος τους είναι να αντιστρέφουν και να αλλάζουν το μέγεθος των ειδώλων ή να κάνουν το φως ‘μεγαλύτερο’ (Goldberg and McDermott 1987, Saxena 1991).

Όσον αφορά την περίπτωση των ειδώλων, θεωρούν ότι το είδωλο ενός αντικειμένου σε έναν επίπεδο καθρέφτη βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια του και αλλάζει θέση κάθε φορά ανάλογα με τη θέση του παρατηρητή. Έτσι αν ο παρατηρητής απομακρυνθεί από τον καθρέφτη θα μπορέσει να δει μεγαλύτερο μέρος του εαυτού του μέσα από αυτόν (Goldberg and McDermott 1986, Chen et al. 2002), εναλλακτική ιδέα που προέρχεται μέσα από την καθημερινή εμπειρία των μαθητών με τους καθρέφτες. Για το είδωλο ενός αντικειμένου από συγκλίνοντα φακό πιστεύουν ότι αυτό μετακινείται από το αντικείμενο μέχρι το φακό, μέσα

στο φακό αντιστρέφεται και στη συνέχεια φτάνει στην οθόνη (Galili et al. 1993, Bendall et al. 1993). Επιπλέον διατυπώνουν την άποψη ότι τα είδωλα δεν γίνονται ορατά στον κενό χώρο χωρίς την παρουσία κάποιας οθόνης (Goldberg and McDermott 1987, Saxena 1991). Τέλος αντιμετωπίζουν τις φωτεινές ακτίνες ως ‘φυσικές οντότητες’ που είναι υπεύθυνες για το σχηματισμό ενός ειδώλου και όχι σαν γεωμετρικές αναπαραστάσεις χρήσιμες για την συμπεριφορά του φωτός κατά την αλληλεπίδραση του με τα διάφορα οπτικά στοιχεία.

Οι ιδέες των μαθητών για την όραση είναι ποικίλες. Βρέθηκε ότι τα μικρά παιδιά συχνά δε συνδέουν τα μάτι με το αντικείμενο, ενώ τα μεγαλύτερα θεωρούν την όραση ως ‘τη δίοδο από το μάτι στο αντικείμενο’ (Piaget 1974). Οι μαθητές σκέφτονται διαφορετικά για την όραση των φωτεινών και των μη φωτεινών αντικειμένων. Συγκεκριμένα για τα φωτεινά αντικείμενα χρησιμοποιούν το μοντέλο του ‘φωτός που φτάνει στο μάτι’, ενώ για τα μη φωτεινά αντικείμενα χρησιμοποιούν το μοντέλο του ‘ενεργού ματιού’ (Anderson and Karrqvist 1981, 1983). Δεν αναγνωρίζουν την αναγκαιότητα του φωτός για την όραση, θεωρώντας ότι το φως διευκολύνει παρά επιτρέπει την όραση ( Boyes and Stanisstreet 1991, Ramadas and Driver 1989). Τέλος πιστεύουν ότι βλέπουμε όχι με το φως που ανακλάται στα μάτια μας αλλά με το να κοιτάζουμε (Fatherstonhaugh and Tregust 1992, Langley et al. 1997) και ότι η διαδικασία σχηματισμού ειδώλου είναι ξεχωριστή και ανεξάρτητη από αυτή της παρατήρησης του (Ronen and Eylon 1993).

Σύμφωνα με μελέτες οι αρχικές ιδέες των μαθητών και τα νοητικά μοντέλα παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανόηση εννοιών της Φυσικής (Redish 1994, Goldberg 1995, McDermott and Shaffer 1992). Επίσης η χρήση της τεχνολογίας αποτελεί ένα αποτελεσματικό εκπαιδευτικό εργαλείο αν χρησιμοποιείται σωστά (Reif 1987, Wilson and Redish 1992, Fuller 1992, Zollman and Fuller 1994).

Τα αποτελέσματα ερευνών που έχουν γίνει για τη διδασκαλία της Οπτικής με χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και επικοινωνιών (ΤΠΕ) έδειξαν τα εξής: α) οι μαθητές κατανοούν καλύτερα τις έννοιες και τις αρχές της Γεωμετρικής Οπτικής και ξεπερνούν δυσκολίες που αντιμετώπιζαν σχετικά με τη γραφική αναπαράσταση των οπτικών ακτίνων (Ronen et al. 1993, Settlage 1995), β) παρατηρείται μία σαφής ανασυγκρότηση των εναλλακτικών ιδεών που είχαν σε σχέση με το σχηματισμό ειδώλων από διάφορα οπτικά στοιχεία όπως π.χ. καθρέφτες, φακοί, πρίσματα κλπ. (Reiner et al. 1995, Eylon et al. 1996, Tao 2004), γ) οι μαθητές ενισχύουν την ικανότητα τους να χρησιμοποιούν τις διάφορες εξισώσεις ποιοτικά, ώστε να προβλέψουν και να εξηγήσουν τα φαινόμενα και χειρίζονται καλύτερα τις διάφορες μεταβλητές ενός προβλήματος (Zhang and Fuller 1997).

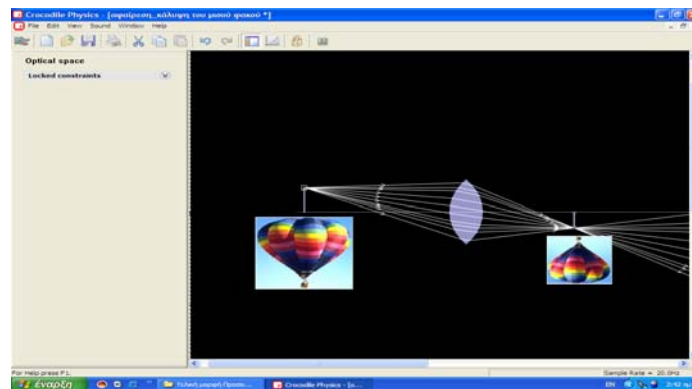
### **Το λογισμικό προσομοίωσης Crocodile Physics**

Στην παρούσα εργασία αναζητήσαμε ένα εκπαιδευτικό λογισμικό προσομοιώσεων πειραμάτων Γεωμετρικής Οπτικής για να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για το σχεδιασμό εικονικών πειραμάτων. Τα κριτήρια επιλογής του ήταν ο μαθητής να μπορεί με απλούς χειρισμούς να επιλύσει προβλήματα ή να εκτελέσει πειράματα που είναι ήδη οργανωμένα και να δει άμεσα τα αποτελέσματα του στην οθόνη του υπολογιστή. Ακόμη να έχει τη δυνατότητα να επαναλάβει την εργασία του όσες φορές θεωρεί απαραίτητο ανάλογα με τις ανάγκες και το επίπεδο γνώσης του.

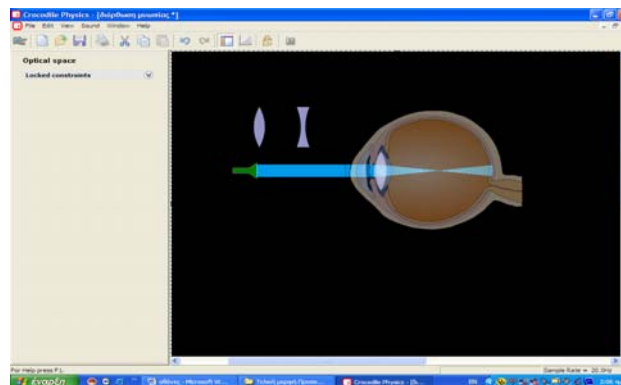
Η έρευνα οδήγησε στην επιλογή του πακέτου Crocodile Physics, ενός λογισμικού που βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με την ύλη του σχολικού βιβλίου για την υπό μελέτη ενότητα. Το λογισμικό χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον επικοινωνίας και ενσωματώνει μία σειρά από δυνατότητες, οι οποίες μπορούν να διαμορφώσουν ένα συμπληρωματικό εργαστήριο διδασκαλίας της Οπτικής. Οι μαθητές ύστερα από σύντομη επίδειξη της χρήσης του προγράμματος είναι σε θέση να δημιουργούν τα δικά τους πειράματα και να προσομοιώνουν τα φυσικά φαινόμενα, εύκολα και γρήγορα. Συγκεκριμένα υπάρχει

πληθώρα εργαλείων όπως φακοί, κάτοπτρα, πρίσματα, οθόνες, πηγές φωτός, αδιαφανή αντικείμενα, όργανα μέτρησης. Τα εργαλεία αυτά μπορούν πολύ εύκολα να επιλεγθούν και σύροντας το ποντίκι να τοποθετηθούν στην επιθυμητή θέση. Ο διδάσκων έχει την ευχέρεια να οργανώσει τα πειράματα και να τα κλειδώσει έτσι ώστε στη συνέχεια οι μαθητές να τα εκτελέσουν χωρίς να μπορούν να αλλάξουν κάποια παράμετρο τους. Ακόμη ο διδάσκων με διπλό κλικ πάνω σε οποιοδήποτε εργαλείο, μπορεί να μεταβάλει τα χαρακτηριστικά του, όπως για παράδειγμα την εστιακή απόσταση ενός φακού.

Με τη βοήθεια αυτού του πακέτου σχεδιάσαμε οχτώ προσομοιωμένα πειράματα Γεωμετρικής Οπτικής. Τα σχήματα 1, 2 δείχνουν τις οθόνες του που προσομοιώνονται το φαινόμενο του σχηματισμού ειδώλου από συγκλίνοντα φακό και οι δυσλειτουργίες του ματιού και η διόρθωσή τους με τη χρήση κατάλληλου φακού αντίστοιχα.



**Σχήμα 1:** Οθόνη που προσομοιώνει το σχηματισμό ειδώλου από συγκλίνοντα φακό.



**Σχήμα 2:** Οθόνη που προσομοιώνει τις δυσλειτουργίες του ματιού και διόρθωσή τους με χρήση κατάλληλου φακού.

## Η έρευνα

Η έρευνα διεξήχθη κατά το σχολικό έτος 2005-2006, σε 52 μαθητές της Β΄ Γυμνασίου της πόλης των Ιωαννίνων. Η επιλογή του δείγματος ήταν τυχαία και έγινε ύστερα από οικιοθελή συμμετοχή των μαθητών στην έρευνα μας. Η έρευνα έγινε με τη μορφή ερωτήσεων ανοιχτού τύπου σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση μοιράστηκε ερωτηματολόγιο 8 ερωτήσεων γνωστικού περιεχομένου πάνω στις έννοιες της Γεωμετρικής Οπτικής, σε χρονικό διάστημα μιας βδομάδας μετά το πέρας της διδασκαλίας του συγκεκριμένου κεφαλαίου του σχολικού

βιβλίου. Μετά από μία βδομάδα, αφού εγκαταστήσαμε το πρόγραμμα προσομοίωσης στην αίθουσα των Η/Υ ο κάθε μαθητής εκτελούσε καθένα από τα 8 προσομοιωμένα πειράματα και απαντούσε στο ερωτηματολόγιο για δεύτερη φορά, μαζί με δύο νέες ερωτήσεις γενικού περιεχομένου που σκοπό είχαν να διαπιστώσουμε ποια είναι η στάση των μαθητών απέναντι στην παρέμβαση μας.

Σκοπός της έρευνας μας είναι η καταγραφή, ταξινόμηση και διερεύνηση των ιδεών των μαθητών της Β΄ Γυμνασίου σε απλά φαινόμενα Γεωμετρικής Οπτικής όπως παρουσιάζονται στο σχολικό βιβλίο. Επιπλέον είναι η διερεύνηση της ικανότητας των μαθητών να εφαρμόσουν μετά το πέρας της διδασκαλίας της συγκεκριμένης ενότητας, την αποκτηθείσα γνώση σε απλές εφαρμογές Γεωμετρικής Οπτικής που δεν απαιτούν τη χρήση μαθηματικών υπολογισμών. Τέλος είναι η διαπίστωση της συμβολής των προσομοιώσεων στη δημιουργία νοητικών αναπαραστάσεων και στη κατανόηση απλών φαινομένων Γεωμετρικής Οπτικής.

Η ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση των προσομοιώσεων έγινε με τη βοήθεια της ταξινομίας SOLO, των Biggs και Collis (1982). Η θεωρία πάνω στην οποία στηρίζεται υποστηρίζει ότι η γνώση δομείται σε επίπεδα. Κάθε απάντηση του μαθητή προσδιορίζει το επίπεδο κατανόησης του υπό μελέτη θέματος και σύμφωνα με την ταξινομία SOLO εντάσσεται σε ένα από τα επόμενα πέντε επίπεδα:

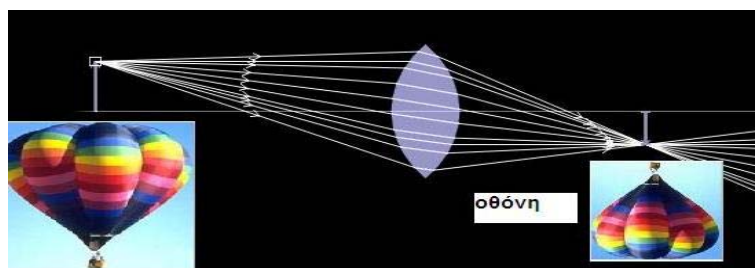
1. Προδομικό (ΠΔ)
2. Μονοδομικό (ΜΔ)
3. Πολυδομικό (ΠΔ)
4. Συσχετιστικό (Σ)
5. Εκτεταμένης αφαίρεσης (ΕΑ)

Η ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών σε ανώτερα επίπεδο της ταξινομίας SOLO, σημαίνει μια πιο λειτουργική και σύνθετη σκέψη μαθητών.

### Αποτελέσματα

Παραθέτουμε δύο από τις οχτώ ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, μαζί με τα αποτελέσματα τους. Οι συγκεκριμένες δύο ερωτήσεις αφορούν το σχηματισμό ειδώλου από συγκλίνοντα φακό.

Ερώτηση 1: Η εικόνα του σχήματος 3 δείχνει έναν συγκλίνοντα φακό και μια οθόνη έτσι ώστε να σχηματίζεται καθαρά το είδωλο του αντικειμένου (αερόστατο) πάνω στην οθόνη. Τι θα συμβεί αν αφαιρεθεί ο φακός, ενώ το αντικείμενο και η οθόνη παραμείνουν στη θέση τους; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.



Σχήμα 3: Σχηματισμός ειδώλου από συγκλίνοντα φακό

Στην περίπτωση της πρώτης ερώτησης (Πίνακας 1), φαίνεται καθαρά η συμβολή της προσομοίωσης στη διδασκαλία φαινομένων γεωμετρικής οπτικής. Αρχικά το 38% των μαθητών αξιολογήθηκε στο συσχετιστικό επίπεδο που είναι και το επιστημονικά αποδεκτό, ενώ στη συνέχεια το ποσοστό αυξήθηκε σε 88%. Παρατηρείται δηλαδή μία σαφής

μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών προς το τέταρτο επίπεδο μετά την παρέμβαση των προσομοιώσεων. Επιπλέον διαπιστώνουμε ότι πριν τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού, το 56% των μαθητών δεν αναγνωρίζει την αναγκαιότητα ενός συγκλίνοντα φακού στο σχηματισμό του πραγματικού ειδώλου (προδομικό, μονοδομικό, πολυδομικό).

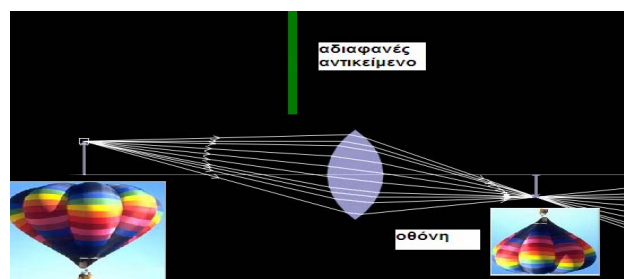
Μελετώντας τις απαντήσεις παρατηρούμε πως οι μαθητές πιστεύουν ότι οι φακοί είναι απαραίτητοι μόνο για να αντιστρέφουν και να αλλάζουν το μέγεθος του ειδώλου.

Εναλλακτική ιδέα, που βρίσκεται σε συμφωνία με έρευνα των Goldberg και McDermott (1987), Saxena (1991) σε μαθητές γυμνασίου των Η. Π. Α και Ινδίας αντίστοιχα.

**Πίνακας 1:** Αποτελέσματα αξιολόγησης των απαντήσεων των μαθητών στην 1<sup>η</sup> ερώτηση πριν και μετά την παρέμβαση

<b>ΕΡΩΤΗΣΗ 5</b>		
<b>ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΔΩΛΟΥ ΑΠΟ ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΑ ΦΑΚΟ</b>		
<i>Επίπεδο αξιολόγησης</i>	<i>Πλήθος απαντήσεων πριν την παρέμβαση</i>	<i>Πλήθος απαντήσεων μετά την παρέμβαση</i>
1 ΠΡΟΔΟΜΙΚΟ	23	5
2 ΜΟΝΟΔΟΜΙΚΟ	4	0
3 ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΟ	2	1
4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΤΙΚΟ	20	46
Δεν απάντησαν	3	0
Σύνολο	52	52

Ερώτηση 2: Τι θα συμβεί στο είδωλο του αντικειμένου αν τοποθετήσουμε μπροστά από τον συγκλίνοντα φακό της εικόνας του σχήματος 4 το αδιαφανές αντικείμενο, έτσι ώστε να καλύπτει το μισό φακό και να μην επιτρέπει το φως να περάσει από μέσα του; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.



**Σχήμα 4:** Σχηματισμός ειδώλου ύστερα από την κάλυψη του μισού φακού

Όπως και στην προηγούμενη ερώτηση, έτσι και σε αυτήν η συμβολή της προσομοίωσης είναι μεγάλη (Πίνακας 2). Αρχικά μόνο το 29% των μαθητών αξιολογήθηκε στο συσχετιστικό επίπεδο, ποσοστό που στη συνέχεια σχεδόν τριπλασιάστηκε, αφού αυξήθηκε σε 81%. Το επίπεδο 4+ είναι το ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ του τέταρτου και στο πέμπτου της ταξινομίας. Αξιολογώντας τις απαντήσεις των μαθητών, διαπιστώνουμε ότι η έννοια της 'φωτεινής ακτίνας' δεν γίνεται πλήρως αντιληπτή από τους μαθητές. Στην προσπάθειά τους να περιγράψουν τι θα συμβεί ύστερα από την κάλυψη του μισού φακού, συχνά αναφέρουν τη φωτεινή ακτίνα, δίνοντας της μια 'φυσική οντότητα' που είναι υπεύθυνη για το σχηματισμό του ειδώλου. Δεν μπορούν δηλαδή να κατανοήσουν ότι η 'φωτεινή ακτίνα' είναι μία αφηρημένη έννοια, η οποία είναι μέρος ενός μοντέλου που χρησιμοποιείται σύμφωνα με κάποιους κανόνες ώστε να καθοριστεί το σημείο σχηματισμού του ειδώλου.

**Πίνακας 2:** Αποτελέσματα αξιολόγησης των απαντήσεων των μαθητών στην 2<sup>η</sup> ερώτηση πριν και μετά την παρέμβαση

<b>ΕΡΩΤΗΣΗ 6</b>		
<b>ΚΑΛΥΨΗ ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΑ ΦΑΚΟΥ-ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΔΩΛΟΥ</b>		
<i>Επίπεδο αξιολόγησης</i>	<i>Πλήθος απαντήσεων πριν την παρέμβαση</i>	<i>Πλήθος απαντήσεων μετά την παρέμβαση</i>
1 ΠΡΟΔΟΜΙΚΟ	2	3
2 ΜΟΝΟΔΟΜΙΚΟ	26	7
3 ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΟ	5	0
4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΤΙΚΟ	14	10
4+ ΣΥΣΧΕΤΙΣΤΙΚΟ	1	32
Δεν απάντησαν	4	0
Σύνολο	52	52

Επιπρόσθετα, απαντήσεις του τύπου «*το μισό είδωλο θα φαίνεται κανονικά και το άλλο μισό ανάποδα*» δείχνουν ότι οι μαθητές διατηρούν την αντίληψη ότι το είδωλο εισέρχεται μέσα στο φακό και στην συνέχεια βγαίνοντας από το φακό αντιστρέφεται. Τέλος διαπιστώνουμε ότι δεν καταλαβαίνουν την σημασία της χρήσης μόνο τριών βασικών ακτίνων για τον προσδιορισμό της θέσης του ειδώλου. Οι μαθητές πιστεύουν ότι αυτές οι ακτίνες είναι απαραίτητες για το σχηματισμό του ειδώλου και συνεπώς κόβοντας τις πάνω δύο, μέρος του ειδώλου εξαφανίζεται. Δεν μπορούν δηλαδή να κατανοήσουν ότι οποιεσδήποτε δύο ακτίνες μπορούν να προσδιορίσουν τη θέση σχηματισμού του ειδώλου. Η χρήση των βασικών ακτίνων είναι βολική διότι ακολουθούν εύκολους κανόνες για τον γραφικό προσδιορισμό της θέσης σχηματισμού του ειδώλου.

### **Συμπεράσματα**

Τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαιώνουν τα συμπεράσματα προηγούμενων ερευνών όσον αφορά τις ιδέες που εκφράζουν οι μαθητές για τις έννοιες της Γεωμετρικής Οπτικής. Η πλειονότητα των μαθητών έχει σοβαρές αδυναμίες στην κατανόηση σχηματισμού ειδώλου από τα διάφορα οπτικά στοιχεία (φακοί, κάτοπτρα, κλπ.). Οι προβλέψεις τους για τα διάφορα φαινόμενα προέρχονται μέσα από την καθημερινή τους εμπειρία και έρχονται σε σύγκρουση με τους νόμους της Οπτικής, τους οποίους διατυπώνουν σωστά, αλλά δυσκολεύονται να τους εφαρμόσουν ή άλλες φορές τους παραβιάζουν. Ύστερα από την παρέμβαση των προσομοιώσεων παρατηρείται μία σταδιακή μετατόπιση των απαντήσεων των μαθητών προς το συσχετιστικό επίπεδο (επιστημονικά δεκτό), που σε μερικές περιπτώσεις το ποσοστό μετατόπισης σχεδόν τριπλασιάζεται. Από τις απαντήσεις των μαθητών μετά την παρέμβαση διαπιστώνουμε ότι οι προσομοιώσεις συνεισφέρουν στην απομάκρυνση των παρανοήσεων και στη λειτουργική εφαρμογή των βασικών νόμων της Οπτικής για τα διάφορα φαινόμενα. Τέλος σχεδόν όλοι οι μαθητές (50 από τους 52), έχουν μία θετική στάση απέναντί σ' αυτόν τον νέο τρόπο διδασκαλίας της Οπτικής. Οι μαθητές βρίσκουν τον τρόπο αυτό πιο ευχάριστο και διασκεδαστικό, άλλοι τονίζουν ότι καταλαβαίνουν καλύτερα τα φαινόμενα διότι μ' αυτό τον τρόπο βλέπουν όλη την εξέλιξη του φαινομένου με έναν παραστατικό και ακριβή τρόπο. Ενώ αρκετοί είναι εκείνοι που σημειώνουν ότι κατανοούν καλύτερα τα φαινόμενα καθώς χρησιμοποιώντας οι ίδιοι το συγκεκριμένο λογισμικό βλέπουν στην πράξη, τα όσα γράφονται στο σχολικό εγχειρίδιο.

## Παραπομπές

- Andersson, B. and Karrqvist, C., (1981). Light and its properties EKNA Report 8, Institutionen for Praktisk Pedagogik, University of Gothenburg, Sweden.
- Andersson, B. and Karrqvist, C., (1983). How Swedish pupils aged 12-15 years understand light and its properties, *European Journal of Science Education* 5(4): 387-402.
- Bendall, S., Galili, I., and Goldbrg, F., (1993). Prospective elementary school teachers' prior knowledge about light", *J. Res. Sci. Teach.* 30, 1169-1187.
- Boyes, E. and Stanisstreet, M., (1991). Development of pupils' ideas of Technology Education 9: 223 44.
- Chen, C.C., Lin H. S. and Lin M. L., (2002). Developing a two-tier diagnostic Instrument to Assess high School Students' understanding-the formation of images by plane mirror. *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(D)*, 12(3) 106-121.
- Eylon, B., Ronen, M. and Ganiel, U., (1996). Computer simulations as tool for teaching and learning: using a simulation environment in optics, *Journal of Science Education and Technology*, 5(2), 93-110
- Featherstonhaugh, T. and Treagust, D.F., (1992). Students' understanding of light and its properties: Teaching of light and its properties: Teaching to engender conceptual change, *Sci. Educ.* 76(6), 653-672 (1992)6-20.
- Fuller, R. G., (1992). Millikan Lecture: Hypermedia and the Knowing of Physics: Standing upon the Shoulder of Giants, *Am J Phys*, 61(4), 300.
- Galili, I., Goldberg, F. and Bendall, S., (1991). Some reflections on plane mirrors and images. *The Physics Teacher*, 29: 471-477
- Galili, I., Bendall, S. and Goldberg, F., (1993). The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation. *Jurnal of Research in Science Teaching* 30: 271-301
- Goldberg, F. and McDermott, L. C., (1986). Student difficulties in understanding image formation by plane mirror, *The Physics Teacher* 24(8): 472-80.
- Goldberg, F. and McDermott, L. C., (1987). An investigation of student understanding of real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55: 108-119
- Goldberg, F. M., (1995). Making invisible visible: A teaching/learning environment that builds on a new view of the physics learner, *Am J Phys*, 63(11), 978-991
- La Rosa, C., Mayer, M., Patrizi, P. and Vincentini, M. (1984). Commonsense Knowledge in optics: preliminary results of an investigation of the properties of light, *European Journal of Science Education* 6(4): 387-97.
- Langley, D., Ronen, M. and Eylon, B., (1997). Light propagation and visual patterns: Preinstruction learners conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 34: 399-424
- McDermott, L.C. & P.S. Shaffer, (1992). Research as a guide for curriculum development from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding, *Am J Phys*, 60(11), 994-1003.
- Piaget, J. (1974), *Understanding Causality*, W.W. Norton, New York
- Ramadas, J. and Driver, R., (1989). Aspects of Secondary students' ideas about light, *Children's Learning in Science Project*, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Redish, E., (1994). Implication of Cognitive Studies for Teaching Physics, *Am J of Phys*, 62(9), 796-803.
- Reif, F., (1987). Instructional Design, cognition, and technology: Applications to the teaching of science concepts, *Journal of Research on Science Teaching.* 24(4), 309-324.
- Reinen, M., Pea, R. and Shulman, D., (1995). Impact of simulator-based instruction on diagramming in geometrical optics by introductory Physics students, *Journal of Science Education and Technology*, 4(3), 199-226
- Ronen, M. and Eylon, B., (1993). To see or not to see: The eye in geometrical optics-when and how? *Phys. Educ.*, 28: 52-59.

- Ronen, M., Eylon, B., Rivlin, O. and Ganiel, U., (1993). Designing and using an open graphic interface for instruction in geometrical optics. *Computer Education* Vol 20(4) pp. 299-309
- Saxena, A. B. (1991). The understanding of the properties of light by students in India. *International Journal of Science Education*, 13: 283-290.
- Settlage, J., (1995). Children's conceptions of light in the context of technology-based curriculum, *Science Education* 79(5), 535-553
- Tao, K., (2004). Developing understanding of image formation by lenses through collaborative mediated by multimedia computer-assisted learning programs. *International Journal of Science Education*, 26(10) 1171-1197.
- Wilson J. M. and Redish E. F., (1992). The comprehensive Unified Physics Learning Environment: Part I. Background and System Operation, *Computers in Physics* Mar/Apr, 202-209
- Zhang, W. and Fuller, R., (1997). Combining cognitive research and multimedia for teaching light and optics, *AIP conference proceedings* 399(1), 871-874
- Zollman, D. & Fuller, R. G. (1994). Teaching and Learning Physics with Interactive Video, *Physics Today*, 47(4), 41-47.