

«Εννοιολογήσεις μαθητών και μαθητριών Στ΄ τάξης για την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και τις αναλογίες»

Περίληψη Διεθνείς έρευνες έχουν δείξει ότι οι ιδέες μαθητών σχετικά με την οπτική και τις αναλογίες είναι συχνά μη επιστημονικά συμβατές, παρουσιάζοντας περαιτέρω 'ανθεκτικότητα' στην αλλαγή ακόμη και μετά από διδασκαλία. Στην εισήγησή μας θα παρουσιάσουμε τις εναλλακτικές ιδέες τεσσάρων μαθητών ηλικίας 12 ετών σχετικά με έννοιες που σχετίζονται με την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και την ομοιότητα σχημάτων. Σκιαγραφώντας τις πορείες μάθησης αυτών των μαθητών μέσω της συμμετοχής τους σε μια ακολουθία διεπιστημονικών δραστηριοτήτων βασισμένων στις αρχές της *camera obscura*, θα αναδείξουμε τις δυσκολίες που συνάντησαν κατά την ανακατασκευή των αρχικών ιδεών τους.

Abstract International research has shown that the ideas of students concerning concepts of optics and proportion are often not compatible with the scientific ideas and, furthermore, they are resistant to change even after instruction. In our paper we will present the alternative ideas of four twelve-year-olds about the rectilinear propagation of light and enlargements following a certain scale factor. The students participated in a series of interdisciplinary activities that were based on the principle of *camera obscura*. By describing the learning paths of these students, we will highlight the difficulties that they encountered during the reconstruction of their initial ideas.

1. Εισαγωγή

Ο ενεργός ρόλος του ματιού μέσω εκπομπών ή επανεκπομπών ακτίνων, αποτελεί κυρίαρχη ασύμβατη επιστημονικά ιδέα των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για την οπτική. Ο ρόλος της φωτεινής πηγής εμφανίζεται «θολός», καθώς υπάρχουν περιπτώσεις όπου λογίζεται σε ουδέτερη ή μακρινή θέση στο χώρο και είτε να αποδίδεται ενεργητικός ρόλος στο μάτι είτε να θεωρείται ότι το φως εκπέμπεται διάχυτα («λουτρό φωτός») (Selley 1996, Χαλκιά 2012). Στα μαθηματικά, οι μαθητές της ίδιας βαθμίδας δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν την πολλαπλασιαστική φύση των προβλημάτων που σχετίζονται με μεγέθυνση και σμίκρυνση σχημάτων, σε σχέση με άλλου τύπου προβλήματα λόγων-αναλογιών, όπως τα προβλήματα μείξεων. Η συνήθης στρατηγική επίλυσης προβλημάτων λόγων-αναλογιών που χρησιμοποιείται είναι η οπτική ή προσθετική σκέψη (Lamon 1993). Στη συγκεκριμένη έρευνα ασχοληθήκαμε με τις έννοιες της πηγής φωτός και της ευθύγραμμης διάδοσής του όσον αφορά τις Φυσικές Επιστήμες. Για τις έννοιες αυτές έχει παρατηρηθεί αντίσταση στην αλλαγή των εννοιολογήσεών τους και παρά την πρόσκαιρη αποδοχή των επιστημονικών ιδεών από τους μαθητές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, επιστροφή σε προηγούμενες ιδέες (Fetherstonhaugh & Happs 1988). Στο πεδίο των Μαθηματικών ασχοληθήκαμε με την μεγέθυνση και σμίκρυνση σχημάτων της φωτεινής πηγής, οι οποίες αποτελούν τον δυσκολότερο τύπο προβλημάτων λόγων και αναλογιών για τους μαθητές, καθώς δυσκολεύονται να αντιληφθούν την πολλαπλασιαστική σύγκριση που υπάρχει (Lamon 1993). Οι συγκεκριμένες έννοιες περιλαμβάνονται στο ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ των δύο σχολικών αντικειμένων. Η διεπιστημονική προσέγγιση συγγενών κλάδων που εφαρμόστηκε προτείνεται για

διδασκαλία με σκοπό να μην παρουσιάζεται κατακερματισμένη η γνώση στους μαθητές (Dewey 1990).

Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν, μέσω μιας διδακτικής ακολουθίας διεπιστημονικών δραστηριοτήτων η ανάδειξη των ιδεών των μαθητών σχετικά με την οπτική και την ομοιότητα σχημάτων και η καταγραφή της πορείας αναδόμησης των αρχικών ιδεών τους. Πιο συγκεκριμένα, έγινε προσπάθεια να απαντηθούν δύο ερευνητικά ερωτήματα: α) ποιες είναι οι εννοιολογήσεις των μαθητών ως προς την οπτική (για τη φύση του φωτός, την ευθύγραμμη διάδοση και τη φωτεινή πηγή) και ως προς τις αναλογίες (λόγοι σχημάτων, πολλαπλασιαστική σύγκριση) και β) πώς αλλάζουν οι εννοιολογήσεις αυτές βάσει του συγκεκριμένου υλικού διεπιστημονικής προσέγγισης.

2. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που επιλέξαμε στην παρούσα έρευνα δανείζεται στοιχεία από το διδακτικό πείραμα (teaching experiment), το οποίο εντάσσεται στην κατηγορία των ερευνών σχεδιασμού (design research). Η έρευνα σχεδιασμού είναι ένα μεθοδολογικό παράδειγμα που έχει αναπτυχθεί μέσω των Επιστημών Αγωγής (Learning Sciences), οι οποίες ασχολούνται με τις διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης και συνδέονται με άλλα πεδία, όπως η εκπαίδευση στις Θετικές Επιστήμες και η εκπαίδευση στα Μαθηματικά (Molina et al. 2007). Ως εργαλείο σύνδεσης χρησιμοποιήθηκε μια κατασκευή που βασίστηκε στις αρχές της camera obscura. Αποτελούνταν από μια παράλληλη σειρά ενός ορθογώνιου πλέγματος φωτεινών πηγών (led), ενός πετάσματος με κυκλική οπή και μίας οθόνης. Τα τρία αυτά στοιχεία ήταν τοποθετημένα, με δυνατότητα σχετικής μετακίνησης, κατακόρυφα σε μια ράγα. Το φως από το σχηματιζόμενο από τα κατ' επιλογήν αναμμένα led σχήμα, διερχόμενο από την κυκλική οπή του πετάσματος γινόταν ορατό ως ανεστραμμένο είδωλο στην οθόνη.

Στην έρευνα συμμετείχαν δύο ομάδες τεσσάρων μαθητών ηλικίας δώδεκα ετών, ενός 12/θέσιου δημοτικού σχολείου, στο αστικό κέντρο μιας πόλης της Ελλάδας. Στη διάρκεια μιας εβδομαδιαίας παρατήρησης της τάξης από τη ερευνήτρια, με σκοπό την εξοικείωσή της με τους συμμετέχοντες, δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες γνωστικές διαφορές μεταξύ των μαθητών, τόσο ως προς τις Φυσικές Επιστήμες όσο και ως προς τα Μαθηματικά. Σε κάθε τετράδα τα παιδιά χωρίστηκαν σε ζευγάρια, αφού η συμμετοχή σε μικρές ομάδες ενισχύει τις κοινωνικές διαδικασίες που συμβάλλουν θετικά στη μάθηση (Worlley & Proctor 2004). Πραγματοποιήθηκαν συνολικά επτά συναντήσεις με τους μαθητές διάρκειας ενός διδακτικού δώρου η καθεμία. Στην έρευνα συμμετείχαν η πρώτη συγγραφέας ως δασκάλα-ερευνήτρια, όπως απαιτεί το διδακτικό πείραμα, και μία μη συμμετοχική παρατηρήτρια. Οι σημειώσεις της παρατηρήτριας αποτέλεσαν συστατικό της διαδικασίας τριγωνοποίησης κατά τη ανάλυση των δεδομένων που παρήγαγε η έρευνα. Τα δεδομένα αφορούσαν στις διατυπωμένες ιδέες των μαθητών γραπτού και προφορικού λόγου, ο οποίος απομαγνητοφωνήθηκε και συγκρίθηκαν τα στοιχεία του με αυτά των υπόλοιπων δεδομένων. Επιπλέον, στα δεδομένα περιλαμβάνονται οι σημειώσεις της ερευνήτριας, όπως και οι σημειώσεις κατά τη διάρκεια των αναστοχαστικών συνεδριών της ερευνήτριας με την παρατηρήτρια, οι οποίες ακολουθούσαν κάθε διδακτική συνεδρία. Οι αναστοχαστικές συνεδρίες εστίαζαν στις δυσκολίες και την πρόοδο των μαθητών, αλλά και στην ευστοχία του σχεδιασμού του διδακτικού υλικού που χρησιμοποιούσαμε στην κάθε συνεδρία. Οι συνομιλίες κατά τις διδακτικές συνεδρίες μαγνητοφωνήθηκαν για κάθε ζευγάρι, όπως και κατά τις συνεδρίες αναστοχασμού. Η παρουσίασή των αποτελεσμάτων αφορά μέρος από τη σειρά των επτά διδακτικών επεισοδίων για τη μία από τις δύο ομάδες.

3. Αποτελέσματα

Όλοι οι μαθητές εξ αρχής είχαν την ιδέα περί ανεστραμμένου αποτελέσματος στην οθόνη, το οποίο δηλώθηκε με εκφράσεις όπως «ανάποδα», ενώ η αιτιολόγηση αφορούσε στην «επεξεργασία» των ακτίνων από την οπή. Αν και χρησιμοποιούσαν την έκφραση «οι ακτίνες πηγαίνουν ευθύγραμμα», εννοούσαν, βάσει των χειρονομιών τους, ότι οι ακτίνες διένυαν τεθλασμένη διαδρομή, σχηματίζοντας γωνία στο σημείο της οπής. Η αντίληψη για τον ενεργό ρόλο της οπής ως «συγκλίνοντα φακό» διατυπώθηκε ρητά και από τους τέσσερις, παράλληλα με άλλες εκφράσεις που εστίαζαν στη «σύγκλιση, διάσπαση και απώθηση των ακτίνων» κατά τη διέλευση τους μέσα από την οπή. Ο ενεργός ρόλος της οπής φάνηκε και από τις αναφορές δύο μαθητών στη λειτουργία της ως αμφιβληστροειδούς χιτώνα. Ως παράγοντες που επηρεάζουν τον ρόλο της οπής και οι τέσσερις μαθητές συνέδεσαν το χρώμα του υλικού της επιφάνειας που την περιέβαλλε, οι δύο από αυτούς τον συνέδεσαν και με την ποιότητα του υλικού, ενώ ένας θεώρησε ότι η οπή αποτελούταν από «κρύσταλλο και λαμπάκια». Σχετικά με τη μεγέθυνση και σμίκρυνση, οι αποστάσεις μεταξύ φωτεινής πηγής-οπής και οπής-οθόνης συμπεριλαμβάνονταν στις αρχικές εννοιολογήσεις των μαθητών αρχικά μέρδεναν τους μαθητές, καθώς με την απομάκρυνση της οθόνης κάποιοι ανέφεραν ότι «θα μεγαλώσει» και κάποιοι ότι «θα μικρύνει» το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο που σχημάτιζαν οι φωτεινές πηγές. Η διατήρηση επομένως των ιδιοτήτων του σχήματος κατά τη μεγέθυνση και σμίκρυνση ήταν αμφίβολη αρχικά. Οι μαθητές εξέφρασαν ότι από ορθογώνιο παραλληλόγραμμο θα γινόταν τετράγωνο, ως απόρροια της προσθετικής σκέψης, και ότι θα άλλαζε το μέγεθος των γωνιών του, βάσει της παραμόρφωσης που πίστευαν ότι θα υπάρξει ως απόρροια της προσθετικής σκέψης με την οποία προσέγγισαν τα έργα των αναλογιών.

Πίνακας 1: φάσεις διδακτικού πειράματος και πορεία ιδεών μαθητών

Φάσεις διδακτικού πειράματος	Πορεία ιδεών των μαθητών
1 ^η συνάντηση: διαγνωστική αξιολόγηση εννοιών με ατομικές δραστηριότητες	Σύνδεση ρόλου ματιού και εγκέφαλο, εμπλοκή σκίας που ξεκινά από το μάτι, απουσία πηγής φωτός, ακτίνες από το μάτι. Εναλλαγή προσθετικής και πολλ/κής σκέψης
2 ^η συνάντηση: ρόλος ματιού στην οπτική, πηγή φωτός, διατήρηση ή μη ιδιοτήτων σχήματος κατά μεγέθυνση/σμίκρυνση με την μετακίνηση της οθόνης	Ταύτιση σκίας και ακτίνων, απόρριψη ρόλου ματιού, λειτουργία οπής ως αμφιβληστροειδής ή συγκλίνοντας φακός, επικράτηση ακτίνων έναντι σκίας, προσθετική κυρίως σκέψη για όμοια σχήματα
3 ^η συνάντηση: Ανάδειξη προσθετικής ή πολλαπλασιαστικής σκέψης στη μεγέθυνση/ σμίκρυνση	Σύγκριση προσθετικής και πολλαπλασιαστικής σκέψης, επικράτηση της δεύτερης, λόγοι μεταξύ σχημάτων
4 ^η συνάντηση: Ενίσχυση πολλαπλασιαστικής σκέψης με όμοια σχήματα και λόγους μηκών-πλατών και εστίαση στη φωτεινή πηγή	Πολλαπλασιασμός και διαίρεση για όμοια σχήματα, γενίκευση από τη συγκεκριμένη φωτεινή πηγή σε φωτεινές πηγές του χώρου και σε ετερόφωτα αντικείμενα
5 ^η συνάντηση: Τα όμοια σχήματα ως απόρροια της ευθύγραμμης διάδοσης	Κλάσμα και λόγος όμοιων σχημάτων, υποστήριξη ευθύγραμμης διάδοσης ακτίνων αλλά παλινδρόμηση στο ρόλο της οπής (συν. 2)
6 ^η συνάντηση: Ρόλος οπής και οθόνης ως προς τη διάδοση του φωτός, μετασχηματισμοί στο επίπεδο	Τρόπος γραφής λόγων, διατήρηση ιδιοτήτων κατά τους μετασχηματισμούς, αιτιολόγηση ανεστραμμένου αποτελέσματος βάσει της ευθύγραμμης διάδοσης
7 ^η συνάντηση: Τελική αξιολόγηση εννοιών με ατομικές δραστηριότητες	Συμπερίληψη φωτεινής πηγής, απουσία ρόλου ματιού, υποστήριξη ευθύγραμμης διάδοσης για το ανεστραμμένο αποτέλεσμα, διατήρηση ιδιοτήτων κατά τη μεγέθυνση/σμίκρυνση, εμπλοκή έννοιας εμβαδού, λόγοι όμοιων σχημάτων και γραφή

4. Συμπεράσματα

Κατά τη διάρκεια της διδακτικής σειράς η αρχή της «ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός» εφαρμοζόταν από τους μαθητές χωρίς συνέχεια, μόνο έξω από την οπή, ενώ για την ερμηνεία της αντιστροφής ειδώλου αναδείχθηκαν διάφορες εξελισσόμενες ιδέες για το ρόλο της τελευταίας. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών αλλά και με τα έργα στα οποία κλήθηκαν να ανταποκριθούν, στήριξαν τη μετάβαση από τον ενεργό στον μη ενεργό ρόλο της οπής, συμβάλλοντας στην πληρέστερη εφαρμογή της αρχής της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, παρόλο που αυτό έχει παρατηρηθεί σε λίγους μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας (Guesné στο Osborne et al. 1993). Σχετικά με τα σχήματα της φωτεινής πηγής και της οθόνης, οι μαθητές διαπίστωσαν σχετικά εύκολα ότι το μέτρο των γωνιών παραμένει αναλλοίωτο. Αντίθετα, οι μαθητές δυσκολεύτηκαν να διαπιστώσουν ότι τα μήκη των δύο σχημάτων συνδέονταν σε κάθε περίπτωση με τον ίδιο λόγο, αναγνωρίζοντας ουσιαστικά τα δύο σχήματα ως όμοια. Η αναγνώριση των σχημάτων ως όμοια επήλθε από τη μετάβαση από την προσθετική στην πολλαπλασιαστική σκέψη, κατά την αναφορά των μαθητών στη μεγέθυνση και τη σμίκρυνση του σχήματος της φωτεινής πηγής.

Η έρευνα περιορίστηκε σε λίγα επεισόδια με έλλειψη επαρκούς χρονικού διαστήματος μεταξύ τους. Η άρση αυτών των περιορισμών θα επέτρεπε πιο ενδελεχή ανάλυση των ενδιάμεσων δεδομένων βελτιώνοντας τις διδακτικές επιλογές της επόμενης συνάντησης. Έτσι θα προέκυπτε μια ισχυρότερη πρόταση διδακτικής ακολουθίας με διαφορετικού, ίσως, τύπου δραστηριότητες ή και διαφορετικής στόχευσης ερωτήσεις. Με την εφαρμογή μιας αντίστοιχης διδακτικής σειράς σε μικρότερης ηλικίας μαθητές, που δεν έχουν προσεγγίσει τις έννοιες βάσει των προγραμμάτων σπουδών, θα μπορούσε να διερευνηθεί αν οι ιδέες τους σχετίζονται με το εκπαιδευτικό υλικό, τις αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία ή και την αλληλεπίδραση μαθητών μεταξύ τους αλλά και με τον εκπαιδευτικό.

5. Βιβλιογραφία

Χαλκιά, Κρ., (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Dewey, J. (1990) *The School and Society*, University of Chicago Press.

Fetherstonhaugh, T., & Happs, J. (1988). Countering fundamental misconceptions about light. *Research in Science Education*, 18(1), 211-219.

Lamon, S. J. (1993). Ratio and proportion: Connecting content and children's thinking. *Journal for research in mathematics education*, 41-61.

Molina, M., Castro, E., & Castro, E. (2007). Teaching experiments within design research. *The International Journal of Interdisciplinary Social Sciences*, 2(4), 435-440.

Selley, N. J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.

Osborne, J. F., Black, P., Meadows, J., & Smith, M. (1993). Young children's (7 - 11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*, 15(1), 83-93.

Worlley, A., & Proctor, R. M. (2005). A teaching experiment to foster the conceptual understanding of multiplication based on children's literature to facilitate dialogic learning. Στο *Proceedings of the AARE Conference 2004: Positioning Education and Research*. Australian Association for Research in Education.