

# Νοητικές παραστάσεις μαθητών της Έκτης Δημοτικού για το μηχανισμό της όρασης τη νύχτα

Βάσω Κοκολογιαννάκη<sup>1</sup>, Κώστας Ραβάνης<sup>2</sup>

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό να διερευνήσει τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών της Στ' Δημοτικού σχετικά με το μηχανισμό της όρασης τη νύχτα, προκειμένου να καλύψει το κενό που υπάρχει στη βιβλιογραφία όπου συναντάμε αντίστοιχα ευρήματα για την όραση την ημέρα. Γι' αυτό το σκοπό, πραγματοποιήθηκαν ατομικές συνεντεύξεις με 30 μαθητές. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι οι μαθητές, για να εξηγήσουν το μηχανισμό της όρασης τη νύχτα, αναφέρουν τους ίδιους παράγοντες με αυτούς που συναντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία, όμως τα σχήματα με τα οποία εξηγούν το μηχανισμό είναι πολύ λιγότερα και περιορίζονται στο επιστημονικό μοντέλο της Δευτερογενούς Πρόσληψης και στο σχήμα του Λουτρού Φωτός. Ωστόσο η πλειονότητα των μαθητών δεν αναφέρει κάποιο σχήμα, γεγονός το οποίο θα μπορούσε να αποδοθεί στην πολυπλοκότητα της όρασης ως μηχανισμού αλλά και στο γεγονός ότι τη νύχτα δεν εντοπίζονται αυτόφωτες φωτεινές πηγές κάτι το οποίο δυσχεραίνει τη σκέψη των παιδιών και τις ερμηνείες τους.

**Λέξεις-κλειδιά:** Νοητικές παραστάσεις, όραση τη νύχτα, μηχανισμοί όρασης, δημοτικό σχολείο

**Mental representations of sixth grade students on the mechanism of vision at night**

Vasso Kokologiannaki, Konstantinos Ravanis

**Abstract:** The scope of this research is to investigate the mental representations that 6th graders in Greece hold about the mechanism of vision at night, filling the blank in the literature where only representations of vision at day are studied. Thirty interviews were conducted individually with each student. Data analysis suggests that the factors contributing to the vision mechanism are the same as the ones mentioned in the open literature, where fewer mechanisms of vision are mentioned and Secondary Reception and Sea of Light mechanisms prevail amongst them. However the majority of the subjects do not mention a mechanism of vision, possibly due to the fact that no self-luminous light sources are distinguished making it difficult for the pupils to elaborate their explanations on the way mechanism of vision functions at night.

**Key words:** Mental representations, vision at night, mechanisms of vision, primary school

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΗ

Στη σύγχρονη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών ένα από τα θεμελιώδη ζητήματα που απασχόλησε και απασχολεί την έρευνα είναι αυτό της βιωματικής σκέψης των παιδιών. Η αλληλεπίδραση με το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον εφοδιάζει τη σκέψη με «... δίκτυα σημασιών με ορισμένους κανόνες λειτουργίας και ερμηνευτικά πρότυπα με βάση τα οποία “μεταφράζονται” οι εμπειρίες και αφομοιώνονται οι προσλαμβανόμενες πληροφορίες» (Ραβάνης, 2003, σ. 69). Η μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας δείχνει ότι οι νοητικές οντότητες βιωματικού τύπου, παρά το μη συνειδητό, επικεντρωμένο στα αντικείμενα τις ιδιότητες και τις λειτουργίες τους και προσαρμοζόμενο στις περιστάσεις χαρακτήρα τους, εμφανίζονται ως συνεκτικά σχήματα σκέψης, με ενός ορισμένου επιπέδου δομικά

<sup>1</sup> Βάσω Κοκολογιαννάκη, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, ΤΕΕΑΠΗ - Πανεπιστήμιο Πατρών

<sup>2</sup> Κώστας Ραβάνης, ΤΕΕΑΠΗ - Πανεπιστήμιο Πατρών

χαρακτηριστικά και ανθεκτικότητα στη διδασκαλία. Ωστόσο, εμφανίζουν ισχυρές ποιοτικές διαφορές από τις εννοιολογικές κατασκευές της επιστημονικής γνώσης, οι οποίες συγκροτούνται σε έννοιες, μοντέλα και θεωρίες που διακρίνονται τόσο για την αυστηρή εσωτερική συνοχή και δομή τους όσο και για τη γενικευμένη ισχύ και λειτουργικότητά τους στα συστήματα τα οποία προσεγγίζουν (Κολιόπουλος, 2004. Ζόγκζα, 2007). Έτσι στη σκέψη των μαθητών/τριών, ήδη από την προσχολική ηλικία συγκροτούνται βιωματικές νοητικές παραστάσεις για τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου και τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Προκειμένου λοιπόν, κατά τη διάρκεια των διδακτικών διαδικασιών να συμβάλλουμε στο μετασχηματισμό τους σε οντότητες της σκέψης συμβατές με αυτές τις οποίες χειρίζεται η επιστημονική κοινότητα, σε μια πρώτη φάση επιχειρούμε να ανιχνεύσουμε, να καταγράψουμε και να ταξινομήσουμε τις παραστάσεις αυτές.

Στο πλαίσιο σχετικών ερευνών οι οποίες πραγματοποιούνται στη γνωστική περιοχή της Γεωμετρικής Οπτικής, ορισμένες στρέφονται στο ζήτημα της κατανόησης του μηχανισμού της όρασης. Το σχήμα ερμηνείας της όρασης παρουσιάζει δυσκολίες για τη σκέψη των παιδιών καθώς οι αντιληπτικές παράμετροι οι οποίες συνδιαμορφώνουν το φαινόμενο (φυσικός και τεχνητός φωτισμός, σκοτάδι, χρώματα) είναι συνεχώς παρούσες στην καθημερινότητα και οδηγούν σε νοητικές παραστάσεις απομακρυσμένες από τις προϋποθέσεις και τα χαρακτηριστικά του μοντέλου της Γεωμετρικής Οπτικής. Στην έρευνα την οποία παρουσιάζουμε εδώ ασχολούμαστε με ένα ειδικό θέμα της περιοχής αυτής το οποίο δεν έχει μελετηθεί, δηλαδή με την όραση κατά τη διάρκεια της νύχτας προσπαθώντας να παρουσιάσουμε τις διαφορετικές νοητικές παραστάσεις που εντοπίσαμε με βάση τις γνωστές από τη βιβλιογραφία κατηγοριοποιήσεις για την όραση.

#### **Το επιστημονικό μοντέλο για την όραση**

Η κατανόηση του μηχανισμού της όρασης ακολουθεί μια μακρόχρονη ιστορική πορεία (Dedes, 2005. Μίχας, 2005. Blay, 2007). Αρχικά, στην αρχαία Ελλάδα πίστευαν ότι αυτό που βλέπουμε παράγεται από την εκπομπή ακτινών φωτός σε ευθεία γραμμή, χωρίς ωστόσο να γνωρίζουν τη φύση των ακτινών αυτών ή την κατεύθυνση προς την οποία ταξιδεύουν. Έλληνες φιλόσοφοι της αρχαιότητας πίστευαν ότι μια «οπτική ακτίνα» εκπέμπεται από το μάτι, ενώ ο Πλάτωνας θεωρούσε ότι η οπτική ακτίνα (ή «φωτιά») αλληλεπιδρά με το φως από τη φωτεινή πηγή είτε συγκρουόμενη μετωπικά με το φως, ή συναντώντας το πάνω στο αντικείμενο. Όταν υπάρχει σκοτάδι, η οπτική ακτίνα καταστρέφεται και χρειάζεται φυσικός φωτισμός για να διαδοθεί. Οι ατομιστές υποστήριζαν ότι όλα τα αντικείμενα εκπέμπουν συνεχώς μια λεπτή μεμβράνη ύλης η οποία μεταφέρει και την εικόνα του αντικειμένου από το οποίο αποσπάται. Τέλος τον 13ο αιώνα μ. Χ., ο αραβικής καταγωγής al-Hasan ibn al-Haytham πρότεινε τη σύγχρονη θεωρία για την όραση σύμφωνα με την οποία όταν το φως φτάσει σε ένα αντικείμενο, ένα μέρος του επανεκπέμπεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Κατ' αυτό τον τρόπο εξηγείται το γιατί η εικόνα που προσλαμβάνει το μάτι έχει το σχήμα και το χρώμα του αντικειμένου και όχι εκείνο της αρχικής πηγής φωτός. Αργότερα ακολουθούν στην Ευρώπη οι Bacon, Witow και Kepler οι οποίοι βρίσκονται κοντά στη σύγχρονη θεώρηση για το μηχανισμό της όρασης. Ο Kepler κατασκεύασε μια θεωρία λήψης φωτός όπου η αίσθηση της όρασης αποδιδόταν σε μια αληθινή εικόνα μέσα στο μάτι – μια ανεστραμμένη και αντιστραμμένη εικόνα που υπάρχει αυτόνομα, ανεξάρτητα από τον παρατηρητή και σχηματίζεται από τη συγκέντρωση και εστίαση όλων των εκπεμπόμενων ακτινών φωτός (ενός φωτεινού αντικειμένου) στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς.

Η όραση, όπως αναφέρουν οι de Hosson και Kaminski (2007), είναι η εγκεφαλική «ερμηνεία» της επίδρασης που έχει το φως στον αμφιβληστροειδή. Ο μηχανισμός της όρασης κατά συνέπεια περιλαμβάνει δύο χώρους: το φυσικό, που βρίσκεται μπροστά από το μάτι και που μας απασχόλησε σε αυτή την έρευνα και τον ψυχο-φυσιολογικό που εκτείνεται από τον αμφιβληστροειδή έως το φλοιό του εγκεφάλου. Το φως έχει διττή φύση: σωματιδιακή και κυματική. Εκπέμπεται από τη φωτεινή πηγή και προσπίπτει στα

αντικείμενα. Τα περισσότερα αντικείμενα γύρω μας ανακλούν μέρος του φωτός που προσπίπτει πάνω τους. Αυτό, εξαρτάται από το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο το αντικείμενο. Κάθε υλικό απορροφά το φως ορισμένων συχνοτήτων και ανακλά το υπόλοιπο. Το φως συγκεκριμένης συχνότητας που θα ανακλαστεί, είναι και εκείνο που θα του δώσει το χρώμα του (Hewitt, 2004). Οι «δευτερεύουσες πηγές»-αντικείμενα επανεκπέμπουν λοιπόν, μέρος του φωτός το οποίο φτάνει και εισέρχεται στο μάτι, επιδρά στον αμφιβληστροειδή και η επίδραση αυτή «μεταφράζεται» στον εγκέφαλο (Selley, 1996a). Η περιγραφή αυτή αποτυπώνει το επιστημονικό μοντέλο για την όραση την ημέρα ή τη νύχτα εφόσον τα ετερόφωτα αντικείμενα όπως το φεγγάρι και τα αστέρια εκπέμπουν το φως τους. Οι θεμελιώδεις αρχές στις οποίες βασίζεται το σύγχρονο μοντέλο οπτικής απεικόνισης παρατίθενται στη συνέχεια:

1. Το φως ταξιδεύει σε ευθεία και διαδίδεται τόσο γρήγορα ώστε η διάδοσή του να γίνεται αντιληπτή ως στιγμιαία.
2. Ένα αντικείμενο φωτισμένο, επανεκπέμπει φως προς όλες τις κατευθύνσεις. Για να δούμε ένα αντικείμενο, αυτό πρέπει να "στείλει" φως στο μάτι.
3. Η διαδρομή της ακτίνας από το αντικείμενο στο μάτι ταυτίζεται με την ευθεία στην οποία βλέπει το μάτι το αντικείμενο (Selley, 1996a. Hosson & Kaminski, 2002).

### **Οι νοητικές παραστάσεις των παιδιών για την όραση**

Η Guesne (1984) βρήκε ότι τα παιδιά ταυτίζουν το φως με τη φωτεινή πηγή ή με τα αποτελέσματά του καθώς και η χρησιμοποιούμενη γλώσσα συμβάλλει σε αυτό. Δεν υποπεύονται την επανεκπομπή φωτός από τα αντικείμενα και περιορίζουν το φως στην ίδια του την παρουσία: το μάτι λαμβάνει κάποιου είδους «εικόνα» από το αντικείμενο ή στέλνει κάτι το οποίο δεν είναι φως. Γενικότερα στις εξηγήσεις των μαθητών ενυπάρχει το φως αλλά χωρίς να έχει το ρόλο του μεταφορέα της πληροφορίας. Επιπλέον δεν δίνεται καμία ένδειξη για το πώς συμβαίνει η όλη διαδικασία της όρασης. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς η σύγχρονη έννοια για το φως απαιτεί ένα βαθμό νοητικής αφαίρεσης η οποία δεν είναι δυνατόν να υπάρξει στους μηχανισμούς επεξεργασίας που καθοδηγούνται από την βιωματική σκέψη. Ως αποτέλεσμα, εφόσον το μάτι και το αντικείμενο βρίσκονται το ένα απέναντι από το άλλο, οι μαθητές εξηγούν την όραση ως μία δραστηριότητα του ματιού η οποία ενεργοποιείται από την παρουσία φωτός αλλά δεν ταυτίζεται με το φως. Σίγουρα δεν μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι μαθητές αντιστρέφουν την κατεύθυνση της διάδοσης του φωτός. Συνοψίζοντας, τα παιδιά μπορεί να πιστεύουν ότι το φως συνοδεύει την εικόνα προς ένα προκαθορισμένο στόχο, χωρίς να συμμετέχει στη δημιουργία του. Η φυσική σκέψη των παιδιών αντιστέκεται στην υιοθέτηση και εφαρμογή εννοιών που εμπλέκουν σύνθετες διαδικασίες αφαίρεσης. Επομένως στα πλαίσια της κοινής λογικής, το φως χρησιμοποιείται για πρακτικούς σκοπούς: για να κάνει το βλέμμα λειτουργικό και/ή για να μεταφέρει εικόνες.

Οι Fawaz και Viennot (1986) προσέγγισαν τους τρόπους σκέψης και τις αντίστοιχες δυσκολίες που παρουσιάζουν στο ζήτημα της κατανόησης της όρασης οι μαθητές της Α΄ Λυκείου σε σχολείο του Λιβάνου. Διαπίστωσαν λοιπόν ότι έχουν δυσχέρειες στην απεικόνιση των ζευγών «αντικείμενο – είδωλο». Δυσκολεύονται επίσης στην ιδέα του «δείγματος» (δηλαδή στη σκέψη ότι κάτι που μπορούμε να παρατηρήσουμε σε μια μικρή ποσότητα φωτός, μπορεί να ισχύει γενικά για το φως) και ως εκ τούτου στο πέρασμα από το συγκεκριμένο στο γενικό, από το ασυνεχές στο συνεχές. Παρατηρείται γενικότερα, ότι η γνώση των μαθητών σχετικά με την Οπτική, είναι τεμαχισμένη και περιέχει πολλούς αυτοματισμούς που προέρχονται από τη σχολική γνώση. Θα πρέπει συνεπώς να προχωρήσουμε σε καλύτερη ενσωμάτωση των εισαγόμενων εννοιών λαμβάνοντας υπ' όψιν τις δυσκολίες των μαθητών, επιλέγοντας πιο ειδικούς παιδαγωγικούς στόχους δίνοντας έμφαση στην πρακτική εξάσκηση των μαθητών.

Οι Rice και Feher (1987) επιχείρησαν να διερευνήσουν τις προβλέψεις και εξηγήσεις των παιδιών 9-13 χρονών σχετικά με φαινόμενα με τα οποία δεν είναι εξοικειωμένα, όπως ο σχηματισμός ενός ειδώλου από φως που περνά μέσα από μια μικρή οπή. Καινοτόμο ήταν, το ότι η έρευνα διεξήχθη σε ένα μουσείο φυσικών φαινομένων με αλληλεπιδραστικού τύπου εκθέματα, κάτι που παρείχε μεγαλύτερη ευελιξία στα παιδιά στο να εκφράσουν την άποψή τους. Τα ευρήματα δείχνουν ότι χρησιμοποιούνται συχνά "ολιστικά" μοντέλα, καθώς πιστεύουν πως το φως ταξιδεύει από τη φωτεινή πηγή ως ολότητα και κατά προτίμηση προς την κατεύθυνση που ζητά το "πρόβλημα". Δεν πιστεύουν ότι κάθε στοιχείο της φωτεινής πηγής εκπέμπει φως εξίσου προς όλες τις κατευθύνσεις (ισοτροπικά), αδυναμία προς την οποία θα πρέπει να προσανατολιστεί η διδασκαλία. Επίσης τονίζεται ότι τέτοιου είδους ευρήματα, βοηθούν στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων στην τάξη και μουσειακών εκθεμάτων που θα επεκτείνουν τη μάθηση και την εκπαίδευση ενδυναμώνοντας την αυθεντική περιέργεια, τα κίνητρα, την ευστροφία και την κριτική ικανότητα των μαθητών στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τον κόσμο γύρω τους.

Το 1996, δημοσιεύεται μια πολύ σημαντική έρευνα που ανιχνεύει και κατηγοριοποιεί τις νοητικές παραστάσεις παιδιών εννιά ετών για το φως, έρευνα που διήρκησε 3 χρόνια και που παρακολούθησε την εξέλιξη των παραστάσεων των ίδιων υποκειμένων (Selley, 1996a,b). Χρησιμοποιώντας ομαδικές συνεντεύξεις, ζωγραφιές και γραπτές ερωτήσεις, ο ερευνητής συνέλεξε τα δεδομένα από τα οποία προέκυψαν εννιά εκδοχές των νοητικών παραστάσεων των παιδιών ηλικίας 9 έως 11 χρονών σχετικά με το μηχανισμό της όρασης και το φως:

1. Συνεργατική εκπομπή (Cooperative Emission)  
Μια οπτική ακτίνα περνά από το μάτι στο αντικείμενο το οποίο φωτίζεται ταυτόχρονα από την πηγή.
2. Παρακινούμενη εκπομπή (Stimulated Emission)  
Το φως πηγαίνει στο μάτι από όπου ανακλάται ή προκαλεί την εκπομπή μιας ακτίνας προς το αντικείμενο που βλέπουμε.
3. Απλή εκπομπή (Simple Emission)  
Το μάτι στέλνει φως στο αντικείμενο.
4. Παρακινούμενη εκπομπή και ανάκλαση (Stimulated Emission with Reflection)  
Το φως περνά από την πηγή στο μάτι και από εκεί ανακλάται ή προκαλεί δεύτερη εκπομπή προς το αντικείμενο. Το αντικείμενο με τη σειρά του ανακλά το φως και το επιστρέφει στο μάτι.
5. Πρωτογενής πρόσληψη (Primary Reception)  
Η φωτεινή πηγή φωτίζει το μάτι. Αφορά την όραση πρωταρχικών φωτεινών πηγών.
6. Δευτερογενής πρόσληψη (Secondary Reception)  
Το φως ταξιδεύει από τη φωτεινή πηγή προς το αντικείμενο και από εκεί στο μάτι. Αυτό το μοντέλο ισχύει για ετερόφωτα αντικείμενα.
7. Δευτερογενής πρόσληψη – εκπομπή (Secondary Recepto-Emission)  
Το φως ταξιδεύει από τη φωτεινή πηγή προς το αντικείμενο, από εκεί «αναπηδά» προς το μάτι και το μάτι με τη σειρά του εκπέμπει κάτι προς το αντικείμενο.
8. Λουτρό φωτός (Sea of Light)  
Η πηγή φωτίζει γενικά το χώρο και γι' αυτό μπορούμε και βλέπουμε.
9. Διπλός φωτισμός (Dual Illumination)  
Η πηγή φωτίζει ταυτόχρονα το μάτι και το αντικείμενο.

Όπως προκύπτει από τα δεδομένα, οι μαθητές στην ηλικία των 9 ετών δεν αντιλαμβάνονται το φως ως μία οντότητα. Υπάρχει σύγχυση σχετικά με το εάν ο φωτισμός προσκρούει στο μάτι και δεν έχουν μάθει να απομονώνουν από το σύνολο των φωτεινών διαδρομών, τη διαδρομή του φωτός από την πηγή προς το αντικείμενο. Όπως είναι αναμενόμενο, δε χρησιμοποιούν ακόμα το μοντέλο της Δευτερογενούς Εκπομπής όπου η

ακτίνα φωτός ταξιδεύει από το αντικείμενο προς το μάτι. Σε αυτή την ηλικία αναφέρονται κυρίως τα σχήματα Παρακινούμενης Εκπομπής και Λουτρού Φωτός. Στην ηλικία των 10 ετών, οι ίδιοι μαθητές συνεχίζουν να αναφέρουν τα ίδια σχήματα, εμπλουτίζοντας τις απαντήσεις τους με νοητικές παραστάσεις όπως της Συνεργατικής Εκπομπής, της Παρακινούμενης Εκπομπής και Ανάκλασης καθώς και της Δευτερογενούς Πρόσληψης. Συναντάται επίσης και το σχήμα της Δευτερογενούς Πρόσληψης – Εκπομπής. Στα 11 τους χρόνια οι μαθητές πιστεύουν ακόμα περισσότερο στον ενεργό ρόλο του ματιού (το μάτι εκπέμπει κάτι), χρησιμοποιώντας διπλούς συνδέσμους στα σχέδιά τους και κατευθυντικότητα.

Φαίνεται λοιπόν, ότι το σχήμα της Συνεργατικής Εκπομπής είναι ακόμα αρκετά ισχυρό σε παιδιά 10-11 χρονών, πράγμα αναμενόμενο καθώς δίνει τη δυνατότητα στο μάτι να έχει και αυτό κυρίαρχο ρόλο στο μηχανισμό της όρασης. Επισημαίνεται ότι τα μοντέλα που υιοθετούνται από τους μαθητές στο πέρασμα των χρόνων και αφορούν την εκπομπή φωτός, αποτελούν πρόοδο και όχι παλινδρόμηση. Επίσης ο Selley διαπιστώνει ότι θα είναι ευκολότερο για τους μαθητές να αποδεχθούν ένα μοντέλο εκπομπής –καθότι είναι εγγύτερα στην εμπειρία τους– από ότι ένα μοντέλο πρόσληψης για τα ετερόφωτα αντικείμενα. Προτείνεται ακόμα, ο εκπαιδευτικός να προσπαθήσει να εντοπίσει τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών του και έπειτα να παρέμβει κατά τη διδασκαλία μέσα από την επίδειξη, τη διερεύνηση στην πράξη και την καθοδηγούμενη συζήτηση, προκειμένου να αποσαφηνιστούν αυτές οι παραστάσεις. Πιθανότατα κάτι τέτοιο να οδηγήσει τα παιδιά σε ένα μοντέλο Παρακινούμενης ή Συνεργατικής Εκπομπής.

Οι απόψεις των παιδιών για την όραση και το φως εντοπίστηκαν και συγκεντρώθηκαν από τους Driver, Squires, Rushworth & Wood–Robinson (2000). Σύμφωνα με τη μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας, λίγα παιδιά απαντώντας σε ερωτήσεις σχετικές με το μηχανισμό της όρασης προσεγγίζουν το επιστημονικό μοντέλο. Το 6% του δείγματος μιας έρευνας σε μαθητές 9-10 ετών κατέχει την επιστημονική άποψη για την όραση, ενώ αυτό το ποσοστό σε άλλη έρευνα εντοπίζεται στο 10% (για παιδιά 11-12 ετών) και στο 33 % (για παιδιά 14 ετών). Στις απαντήσεις των παιδιών κυριαρχεί η κατάσταση «γενικού φωτισμού» όπου το φως ταξιδεύει προς τον παρατηρητή και το αντικείμενο χωρίς όμως να γίνεται αναφορά στη μεταξύ τους σχέση ή πιθανή αλληλεπίδραση, ενώ οι αναφορές στο μοντέλο ενεργού ματιού που στέλνει ακτίνες είναι πολύ λίγες (Anderson & Smith, 1982). Ο μηχανισμός για την όραση δυσκολεύει ακόμα και μαθητές ηλικίας 15 ετών: μόνο το 31 % των συμμετεχόντων σε μία έρευνα αναφέρουν ότι ακτίνες από το αντικείμενο φτάνουν στο μάτι (Ramadas & Driver, 1989), ενώ ιδιαίτερη σημασία δίνεται περισσότερο στο οπτικό σύστημα ως στοιχείο που ενεργεί στη διαδικασία της όρασης (Andersson & Kärrqvist, 1983).

Σε μία από τις λίγες αντίστοιχες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα, ερευνώνται οι νοητικές παραστάσεις Ελλήνων μαθητών και μαθητριών 12 και 13 χρονών σχετικά με τον τρόπο που βλέπουμε τα ετερόφωτα αντικείμενα, με σκοπό να αναδειχθούν τα βασικά μαθησιακά εμπόδια (Ραβάνης, 2000). Πενήντα οχτώ μαθητές Α΄ γυμνασίου, που είχαν διδαχθεί Οπτική στις δύο προηγούμενες τάξεις και απέδιδαν έστω και εν μέρει, ιδιότητες αυτόνομης οντότητας στο φως, συμμετείχαν σε ατομικές ημι-κατευθυνόμενες συνεντεύξεις. Τα ερωτήματα που θέτονταν στη συνέντευξη αφορούσαν το μηχανισμό όρασης ενός πολύχρωμου αντικειμένου, το ρόλο των ματιών σε αυτό το μηχανισμό, τη σημασία του διάχυτου φυσικού φωτισμού και την πιθανότητα εκπομπής φωτός από τα αντικείμενα. Στις απαντήσεις των παιδιών ανιχνεύθηκαν νοητικές παραστάσεις που μπορούν να θεωρηθούν ως επαρκείς, εν μέρει επαρκείς και ανεπαρκείς. Συγκεκριμένα, στις επαρκείς κατατάσσονται οι απαντήσεις που υποδηλώνουν ότι η όραση είναι αποτέλεσμα της επανεκπομπής ή ανάκλασης του φωτός από τα αντικείμενα και οι οποίες αφορούσαν περίπου το 24% των απαντήσεων (14 στους 58 μαθητές). Το 13% των απαντήσεων (8 στους 58 μαθητές) περιέγραφαν μια ενδιάμεση κατάσταση κατά την οποία το αντικείμενο αναφέρεται ως «δέκτης» και ως «πομπός» φωτός, όμως υπάρχει σύγχυση σχετικά με το

λειτουργικό ρόλο των ματιών. Τέλος, η πλειονότητα των μαθητών (36 στους 58 ή περίπου το 62%) έδωσε απαντήσεις ανεπαρκείς στις οποίες το φως δε συσχετίζεται με το αντικείμενο και την όραση· το αντικείμενο είναι ορατό επειδή φωτίζεται και επειδή τα μάτια έχουν τη δυνατότητα να το παρατηρήσουν. Τα ευρήματα αυτής της έρευνας εφιστούν την προσοχή σε δύο σημεία. Πρώτον, συγκριτικά με αποτελέσματα αντίστοιχων ερευνών άλλων χωρών γίνονται αντιληπτές ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές καθώς τα παιδιά δεν αποδίδουν ενεργητικό ρόλο στα μάτια και ένα μεγάλο ποσοστό εξ αυτών έχει ικανοποιητική νοητική παράσταση για την όραση. Αυτές οι διαφορές ωστόσο, πιθανόν να οφείλονται στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο δείγμα έχει ήδη έρθει σε επαφή με την Οπτική στα πλαίσια της σχολικής τάξης. Δεύτερον, το πρίσμα υπό το οποίο εξετάζονται τα ευρήματα είναι διαφορετικό καθώς το ενδιαφέρον εστιάζεται στην προσέγγιση των προβλημάτων στη σκέψη των παιδιών που εμποδίζουν την κατανόηση του μηχανισμού της όρασης. Από τους μαθητές που δε φαίνονται να έχουν ικανοποιητική παράσταση για τη λειτουργία των ματιών, δε γίνεται αναφορά στην ανάκλαση του φωτός από τα αντικείμενα και οι απαντήσεις τους αφορούν κυρίως το φωτισμό των αντικειμένων. Αντίθετα, οι μαθητές που αναφέρουν την ανάκλαση του φωτός από τα αντικείμενα μπορούν και περιγράφουν το μάτι ως αποδέκτη φωτός. Συνεπώς, διδακτικά δεν έχει νόημα παρά να μιλάμε για ένα μόνο εμπόδιο, καθώς η απουσία της έννοιας της ανάκλασης από το συλλογισμό οδηγεί στην ουσία στην έλλειψη κατανόησης της λειτουργίας του ματιού. Επομένως διατυπώνεται ο ισχυρισμός ότι το βασικό γνωστικό εμπόδιο στη σκέψη των παιδιών είναι η κατανόηση της επανεκπομπής. Εάν εξοικειωθούν με αυτό, τότε θα προσεγγίσουν ευκολότερα το φως ως αυτόνομη οντότητα και τα μάτια ως «αποδέκτες».

Ο Δέδες (2003) μελετώντας τη σχετική βιβλιογραφία κατατάσσει τις παραστάσεις των μαθητών για την όραση αρχικά σε τρεις κατηγορίες ερμηνειών. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν ερμηνείες στις οποίες δεν υπάρχει συστηματική σχέση φωτός, αντικειμένου και ματιού αφού το φως δεν αναγνωρίζεται ως ανεξάρτητη οντότητα στο χώρο, αλλά το εντοπίζουν στην πηγή και τα αποτελέσματά του. Η δεύτερη κατηγορία απαντήσεων διακρίνεται από την ύπαρξη ενός αόριστου και ασαφούς μηχανισμού. Το φως υπάρχει ως στατική οντότητα αλλά δεν ταξιδεύει (παραστάσεις τύπου «Λουτρό Φωτός») (Anderson & Smith, 1982). Τέλος υπάρχει μία τρίτη κατηγορία ερμηνειών που συμπεριλαμβάνουν την ύπαρξη συγκεκριμένου μηχανισμού και κατευθυντικότητας στις αλληλεπιδράσεις. Οι ερμηνείες αυτές χωρίστηκαν σε 7 κύρια ερμηνευτικά σχήματα:

1. Σχήμα απλής εκπομπής
2. Λουτρό φωτός
3. Σχήμα συνεργατικής εκπομπής
4. Σχήμα παρακινούμενης εκπομπής
5. Σχήμα παρακινούμενης εκπομπής και ανάκλαση
6. Δευτερογενής πρόσληψη – εκπομπή
7. Διπλός φωτισμός

Όπως θα παρατηρήσουμε, συγκριτικά με την αντίστοιχη κατηγοριοποίηση του Selley (1996a,b), τα σχήματα της Πρωτογενούς και Δευτερογενούς Πρόσληψης απουσιάζουν από εδώ.

Σε μεταγενέστερη και πιο εμπλουτισμένη μελέτη, ο Δέδες οργανώνει με διαφορετικό τρόπο τις νοητικές παραστάσεις των παιδιών σχετικά με το μηχανισμό της όρασης (Dedes, 2005). Οι τρεις βασικές κατηγορίες παραμένουν και προστίθεται μία τέταρτη στην οποία το φως περνά απλά από την πηγή στο αντικείμενο, χωρίς να παρέχεται κάποια επιπλέον πληροφορία σχετικά με το ρόλο που παίζει το φως στη διαδικασία της όρασης. Και εδώ γίνεται αναφορά στα σχήματα που εντοπίζονται στη σκέψη των μαθητών, απαλείφοντας την κατηγορία του «Λουτρού Φωτός» ως μη βασική, ενώ συναντάται η αντίληψη της όρασης δίχως φως, η άποψη του διάχυτου φωτισμού, η ύπαρξη σχήματος Συνδυαστικής Εκπομπής

και του σχήματος Διπλής Εκπομπής. Η αυθόρμητη σκέψη των παιδιών λοιπόν, που κατασκευάζεται στα πλαίσια του φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος, τα οδηγεί από τη συσσώρευση αντιληπτικών δεδομένων, σε σχηματοποιήσεις. Αυτού του τύπου οι σχηματοποιήσεις, εάν δεν υπάρχει δυνατότητα ύπαρξης μιας συστηματικής αφαιρετικής επεξεργασίας, είναι δυνατό να δημιουργήσουν εμπόδια στη διαδικασία του σχηματισμού της γνώσης καθώς ο πραγματικός στόχος των διδακτικών πρακτικών είναι η μετατροπή των νοητικών παραστάσεων των μαθητών.

Αυτήν ακριβώς τη μετατόπιση των παραστάσεων σε πιο εξελιγμένες που βρίσκονται εγγύτερα στο επιστημονικό μοντέλο για την όραση, επιχείρησε να μελετήσει με παιδιά ηλικίας 5,5 – 6 χρονών η Ε. Τσέου (2006). Μέσα από ατομικές συνεντεύξεις, ανιχνεύθηκαν τα μαθησιακά εμπόδια στη σκέψη των παιδιών και εν συνεχεία προσδιορίστηκαν οι στόχοι-εμπόδια και σχεδιάστηκε μια κατάλληλη διδακτική παρέμβαση. Τέλος, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης σε σχέση με τους στόχους-εμπόδια μέσα από μία μετά-τεστ φάση. Οι απαντήσεις των μαθητών τόσο στην προ-τεστ όσο και στη μετά-τεστ φάση κατατάχθηκαν σε επαρκείς (τα μάτια και το φως είναι απαραίτητα για να δούμε ένα αντικείμενο), ενδιάμεσες (ένας από τους δύο παράγοντες αναφέρεται) και ανεπαρκείς (δεν γίνεται αναφορά κανενός από τους δύο παράγοντες). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η διδακτική παρέμβαση βοηθά στην αύξηση των επαρκών απαντήσεων και στην ταυτόχρονη μείωση των ενδιάμεσων. Μετά τη διδασκαλία, οι μαθητές κάνουν αναφορά στο φως και το μάτι ως αναγκαίους αυτόνομους παράγοντες για την όραση και φαίνονται να έχουν εμπλουτίσει τις απόψεις τους μεταβαίνοντας σε σχήματα όπως το «Λουτρό Φωτός» όπου το φως φωτίζει και τα μάτια βλέπουν το αντικείμενο. Φαίνεται επομένως δυνατό, μια κατάλληλα σχεδιασμένη διδακτική παρέμβαση να λειτουργήσει θετικά για την εξάλειψη των εμποδίων που υπάρχουν στη σκέψη των παιδιών.

### **Ο σκοπός της έρευνας**

Παρουσιάσαμε μέχρι εδώ τις νοητικές παραστάσεις που αφορούν στην όραση με βάση τους παράγοντες που αναγνωρίζονται ως σημαντικοί αλλά και του ρόλου τον οποίο κατέχουν στη διαδικασία της όρασης. Ωστόσο όλες οι σχετικές έρευνες πραγματοποιούνται με τη ρητά διατυπωμένη ή υπονοούμενη προϋπόθεση της μελέτης του φαινομένου σε συνθήκες φωτισμού ημέρας. Προσπαθήσαμε λοιπόν να προσεγγίσουμε το ζήτημα της συγκρότησης νοητικών παραστάσεων για το μηχανισμό της όρασης κατά τη διάρκεια της νύχτας. Συγκεκριμένα μελετήσαμε:

1. Ποιες είναι οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών για το μηχανισμό της όρασης («σχήματα όρασης») τη νύχτα;
2. Ποιοι παράγοντες κρίνονται ως σημαντικοί για να μπορέσουμε να δούμε ένα αντικείμενο τη νύχτα;

### **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΗ**

Επιλέξαμε τη χρήση της διερευνητικής μεθόδου με την οποία μελετήσαμε τις νοητικές παραστάσεις ενός περιορισμένου δείγματος μαθητών/τριών 12 ετών.

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 30 μαθητές/τριες ελληνικής καταγωγής, 14 αγόρια και 16 κορίτσια, τα οποία παρακολουθούσαν την Στ' τάξη του Δημοτικού, τριών διαφορετικών Δημοτικών Σχολείων του νομού Ηλείας, που δεν είχαν συμμετάσχει σε διδασκαλία σχετική με την όραση. Και τα τρία σχολεία βρίσκονται σε αγροτικές και ημιαστικές περιοχές.

Το εργαλείο που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ήταν η ημι-δομημένη συνέντευξη, καθώς μπορούσε να παρέχει ταυτόχρονα μία σταθερή δομή αλλά και ερευνητική ευελιξία. Οι βασικές ερωτήσεις της συνέντευξης ήταν οι ακόλουθες:

1. «Εάν αυτό το μπλε και το λευκό χαρτί τα είχα έξω στην αυλή, το βράδυ, χωρίς αναμμένα φώτα γύρω-γύρω, θα τα έβλεπα;»

2. «Σε αυτή την περίπτωση ποιος θα με βοηθούσε να τα δω και με ποιον τρόπο;»

Ως πειραματικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν ένα μπλε και ένα λευκό χαρτί A4 και ο λόγος ύπαρξης δύο διαφορετικών χρωμάτων ήταν για να εξαιρεθεί η πιθανότητα διαφοροποίησης της απάντησης συναρτήσει του χρώματος.

Αρχικά έγιναν πιλοτικές συνεντεύξεις με μαθητές του ενός σχολείου προκειμένου να γίνουν εμφανείς οι οποιεσδήποτε παραλήψεις στο σχεδιασμό και τη διεξαγωγή των συνεντεύξεων.



Οι συνεντεύξεις του προ-τεστ με τους μαθητές διεξήχθησαν σε ξεχωριστή αίθουσα του κάθε σχολείου, από μια ερευνήτρια ατομικά με τον κάθε μαθητή και την κάθε μαθήτριά, σε ώρες εντός του σχολικού ωραρίου. Καθ' όλη τη διάρκεια της συνέντευξης, δόθηκε χρόνος στα παιδιά να σκεφτούν αλλά και να αποσαφηνίσουν τις απαντήσεις τους.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα κείμενα των συνεντεύξεων αναλύθηκαν ποιοτικά και οι απαντήσεις των παιδιών ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες οι οποίες αντιστοιχούν σε διακριτά σχήματα για την όραση. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα καθώς επίσης και χαρακτηριστικά παραδείγματα από τις απαντήσεις των παιδιών.

Από τα διακριτά σχήματα όρασης τα οποία παρουσιάσαμε στη θεωρητική προβληματική εντοπίστηκαν στις απαντήσεις των μαθητών/τριών τα ακόλουθα δύο (Πίνακας 1):

Πίνακας 1. Νοητικές παραστάσεις για την όραση τη νύχτα

	Σχήμα	Ονομασία
1		Δευτερογενής Πρόσληψη
2		Λουτρό Φωτός

Για τα σχήματα αυτά δίνουμε στη συνέχεια ορισμένες χαρακτηριστικές ερμηνείες τις οποίες δίνουν τα παιδιά. Επίσης παρουσιάζουμε παραδείγματα απαντήσεων στις οποίες δεν ήταν δυνατόν να εντοπιστεί κάποιος συγκεκριμένος μηχανισμός όρασης. Στο σύνολο των απαντήσεων αυτών δεν εντοπίστηκε κάποια ιδιαίτερη επιρροή του μπλε ή άσπρου χρώματος και γι' αυτό η προσέγγισή τους είναι ενιαία.

1. «Δευτερογενής Πρόσληψη»

Στην κατηγορία αυτή είχαμε μόνο μια απάντηση. Σε αυτή το υποκείμενο 20, εξηγεί: «Το φεγγάρι δίνει μικρό φως. Το άσπρο (χαρτί) ναι (θα το έβλεπα). Το μπλε λίγο λιγότερο. Γιατί το άσπρο εκπέμπει περισσότερο φως. Το άσπρο είναι ανοιχτό χρώμα και τραβάει περισσότερο φως από ένα σκούρο χρώμα ..... από το φεγγάρι. Αφού είναι σχεδόν σκοτάδι κανονικά θα πρέπει να ξεχωρίζει ένα άσπρο αντικείμενο. Και το μπλε το ξεχωρίζω απλά θέλει λίγο πιο πολλή παρατηρητικότητα».

2. «Λουτρό Φωτός»

Το υποκείμενο 10 αναφέρει: «Το βράδυ έξω, υπάρχει το φεγγάρι, υπάρχουν τ' αστέρια και μπορούμε να δούμε. Όχι τόσο καλά όσο τη μέρα αλλά μπορούμε ... Για να δούμε



κάποιο αντικείμενο βοηθούν και τα μάτια και το φως». Επίσης, το υποκείμενο 26 εξηγεί: « Θα το έβλεπα λιγότερο (το χαρτί, τη νύχτα) από τη μέρα. Γιατί είναι βράδυ και δεν έχει πολύ φως όσο έχει η μέρα. .... Θα με βοηθούσε να το δω .... τα μάτια μου». Ακόμα, το υποκείμενο 29 αναφέρει: «(Το άσπρο χαρτί) τη νύχτα θα μπορούσα πιο εύκολα να το διακρίνω (από ότι τη μέρα). (Το φως το βράδυ θα ερχόταν) από το φεγγάρι πιο πολύ και θα βοηθούσε.....».

### 3. «Απουσία διακριτού σχήματος ερμηνείας»

Εδώ τοποθετήθηκαν οι απαντήσεις που αναφέρονταν γενικά στους παράγοντες φωτισμού χωρίς όμως να συγκεκριμενοποιούν σε κάποιο συγκεκριμένο μηχανισμό και συνεπώς σχήμα για την όραση, ή οι απαντήσεις που δηλώνουν ότι «δεν θα τα έβλεπα το βράδυ τα αντικείμενα», όπου και εδώ δηλώνεται απουσία σχήματος για την όραση τη νύχτα. Επίσης σε αυτή την κατηγορία κατατάχθηκαν απαντήσεις που ήταν ασαφείς και συγκεχυμένες.

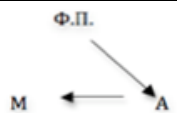
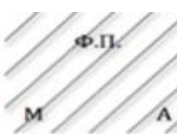
Για παράδειγμα, το υποκείμενο 3 αναφέρει για τον τρόπο που βλέπουμε ένα αντικείμενο το βράδυ: «(Θα με βοηθούσε να το δω το αντικείμενο) το χρώμα του αντικειμένου, δηλαδή ας πούμε το άσπρο θα μας βοηθούσε περισσότερο να το δούμε, ενώ το μπλε λιγότερο. (Με βοηθάει) η όρασή μου, τα μάτια .... μας δίνουν εμ... μας δίνουν φως για να το δούμε; Ναι, νομίζω ότι μας δίνουν φως για να το βλέπουμε..... Όχι (δε φωτίζουν κάπου) απλώς μπορούμε να τα δούμε, μπορούμε.. είναι σαν να έχουμε μια λάμπα, σαν να είναι ο ήλιος, απλώς τα μάτια μας μάς βοηθάνε να αντικρίσουμε το φύλλο, αντί να είναι ο ήλιος..... Δε φωτίζουν το αντικείμενο μας βοηθούν να το δούμε».

Το υποκείμενο 19 πιστεύει ότι: «Το μπλε και το άσπρο θα το βλέπαμε .... (με βοηθούν) τα μάτια, το χρώμα του, ότι χρώμα έχει..... αυτό».

Το υποκείμενο 13 αναφέρει: «Το βράδυ δε φαίνεται πάρα πολύ (το χαρτί). Τα μάτια βοηθάνε για να το δω. Δεν είναι ο ίδιος (ο τρόπος που βοηθάνε τα μάτια για να το δω τη μέρα). Δεν ξέρω.....».

Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει την κατανομή των υποκειμένων με βάση τις απαντήσεις τους.

Πίνακας 2. Οι συχνότητες απαντήσεων των παιδιών

	Σχήμα	Απαντήσεις	
		Υποκείμενα	f
1		20	1
2		10,14,15,18,22,23,24,25,27,28,29,30	12
3	Απουσία σχήματος	1,2,3,4,6,7,9,11,12,13,16,17,19,21,26	15
4	Όχι απάντηση	5,8	2

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα, οι μισοί μαθητές απάντησαν αλλά χωρίς να αναφερθούν σε κάποιο συγκεκριμένο σχήμα όρασης (f=15). Το σχήμα που αναφέρθηκε περισσότερο ήταν το «Λουτρό Φωτός» (f=12). Ένας μόνο μαθητής ανέφερε ως σχήμα όρασης το σχήμα της Δευτερογενούς Πρόσληψης, ενώ 2 μαθητές δεν απαντήσαν.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με βάση τα δεδομένα της εργασίας αυτής, διαπιστώνεται ότι οι μαθητές/τριες Στ' δημοτικού, προσεγγίζουν το ζήτημα της όρασης τη νύχτα με πολύ περιορισμένες νοητικές διαδρομές σε σχέση με ότι συναντάμε στη βιβλιογραφία για την όραση τη μέρα. Ίσως αυτό οφείλεται σε ένα είδος σύγχυσης για τις φωτεινές πηγές καθώς δεν αναφερόμαστε σε κάποια αυτόφωτη πηγή ενώ ετερόφωτες φωτεινές πηγές, όπως είναι τα αστέρια ή το φεγγάρι, δεν αναφέρονται από όλους τους μαθητές. Συνεπώς, μια αναμενόμενη απάντηση είναι εκείνη που θα αναφέρεται γενικά στην ύπαρξη φωτισμού.

Το γεγονός ότι η πλειονότητα των μαθητών που απαντούν με χρήση κάποιου σχήματος αναφέρεται στο «Λουτρό Φωτός», επιβεβαιώνει και τα πορίσματα της βιβλιογραφίας σύμφωνα με τα οποία το φως αντιμετωπίζεται από τους μαθητές, συν τις άλλους, ως μία κατάσταση (π.χ. φωτεινότητα) (Guesne, 1985. Γαλάνης, 2007). Επιβεβαιώνουν επίσης, τα αποτελέσματα έρευνας στην ελληνική πραγματικότητα με παιδιά ένα χρόνο μεγαλύτερα από αυτά του δικού μας δείγματος, σύμφωνα με την οποία η όραση αφορά κυρίως το φωτισμό ενός αντικειμένου (Ραβάνης, 2000).

Ακόμα, τα αποτελέσματα της μελέτης μας διαφοροποιούνται από τα αντίστοιχα της διεθνούς βιβλιογραφίας στο γεγονός ότι οι συμμετέχοντες δεν αποδίδουν ενεργητικό ρόλο στα μάτια (Selley, 1996a,b. Hosson & Kaminski, 2002, 2007. Δέδες, 2003).

Κλείνοντας, υποθέτουμε ότι θα παρουσίαζε ερευνητικό ενδιαφέρον η εφαρμογή μιας διδακτικής παρέμβασης κατάλληλα σχεδιασμένης και βασισμένης στην ανίχνευση των νοητικών παραστάσεων των μαθητών για την όραση τόσο την ημέρα όσο και το βράδυ, με στόχο την οικειοποίηση από τα παιδιά ενός μοντέλου για την όραση συμβατού με το επιστημονικό. Ενδιαφέρον επίσης θα είχε να προσεγγιστεί η ενδεχόμενη επιρροή της συμβατικής διδασκαλίας του ζητήματος της όρασης την ημέρα στους συλλογισμούς των παιδιών για την όραση τη νύχτα, αλλά και η επίδραση της βιολογικής ωρίμανσης.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, C. & Smith, E. (1982), Student conceptions of light, color and seeing. Paper presented at the annual convention of the National Association for Research in Science Teaching, Fontana, Wisconsin.
- Andersson, 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.
- Blay M. (2007), La vue et la lumière : sur quelques aspects de l'histoire de la lumière, *Revue d'Histoire des Sciences*, 60(1), 119-132.
- Γαλάνης, Β. (2007), Ο Ιωάννης Φιλόπονος και η ευθύγραμμη διάδοση του φωτός: μία πρόταση εισαγωγής ιστορικού κειμένου στην διδασκαλία της οπτικής. Στο Δ. Κολιόπουλος (επ.), Πρακτικά συνεδρίου «Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Η πολιτισμική συνιστώσα των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση», 187-195, Πάτρα: Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία Πανεπιστημίου Πατρών.
- Δέδες, Χ. (2003), Ο μηχανισμός της όρασης: Εννοιολογικές ομοιότητες στην Ιστορία και στις βιωματικές νοητικές παραστάσεις των μαθητών, Στο Πρακτικά του Δεύτερου Πανελληνίου Συνεδρίου «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών», 310-316, Αθήνα: Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Dedes, C. (2005), The mechanism of vision: conceptual similarities between historical models and children's representations, *Science & Education*, 14, 699-712.

- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood – Robinson, V. (2000), Οικο-δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών: μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών, Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω.
- Ζόγκζα, Β. (2007), Η Βιολογική γνώση στην παιδική ηλικία: Ιδέες των παιδιών και διδακτικές προσεγγίσεις, Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Fawaz, A. & Viennot, L. (1986), Image optique et vision: enquête en classe de première au Liban, Bulletin de l'Union des Physiciens, 686, 1125-1146.
- Guesne, E. (1984), Children's ideas about light, In E. J. Wenham (Ed.), New Trends in Physics Teaching, Vol. IV, 179-192, Paris: UNESCO.
- Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds), Children's ideas in science, 10-32. Philadelphia: Open University Press.
- Hewitt, P. G. (2004), Οι έννοιες της Φυσικής, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Hosson, (de) C. & Kaminski, W. (2002), Les yeux des enfants sont- ils des « porte-lumière » ? Bulletin de l'Union des Physiciens, 96(840), 143-160.
- Hosson, (de) C. & Kaminski, W. (2007), Historical controversy as an educational tool: evaluating elements of teaching-learning sequence conducted with the text "Dialogue on the Ways that Vision Operates", International Journal of Science Education, 29(5), 617-642.
- Κολιόπουλος, Δ. (2004), Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών: η συγκρότηση της σχολικής γνώσης, Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Μίχας, Π. (2005), Η διδακτική της Οπτικής μέσα από μια διαχρονική ματιά, Αθήνα: Τυπωθήτω-Γιώργος Δαρδανός.
- Ραβάνης, Κ. (2000), Πώς βλέπουμε τα ετερόφωτα αντικείμενα; Βιωματικές νοητικές παραστάσεις μαθητών/τριών 12-13 ετών για την όραση, Στο Ν. Βαλανίδης (επιμ.), Πρακτικά Δεύτερου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής των νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, τόμ. Ι, 214-221, Λευκωσία: Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- Ραβάνης, Κ. (2003), Εισαγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Ramadas, J., & Driver, R. (1989), Aspects of secondary students' ideas about light, Leeds, UK: University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Rice, K. & Feher, E. (1987), Pinholes and images: children's conceptions of light and vision I, Science Education, 71(4), 629-639.
- Selley, N. J. (1996a), Children's ideas on light and vision, International Journal of Science Education, 18(6), 713-723.
- Selley, N. J. (1996b), Towards a phenomenography of light and vision, International Journal of Science Education, 18(7), 837-846.
- Τσέου, Ε. (2006). Η όραση ενός αντικειμένου στη σκέψη των παιδιών προσχολικής ηλικίας: Διδακτική προσέγγιση, Στο Λ. Λουκά, Χ Παπαδημήτρη – Καχριμάνη & Κ. Π. Κωνσταντίνου (επιμ.), Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Αξιοποίηση Νέων Τεχνολογιών στη Νηπιακή Εκπαίδευση, 37-53, Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου.