

**Προσεγγίσεις στο χώρο της διδακτικής της φυσικής:
Πώς μαθητές¹ και μελλοντικοί εκπαιδευτικοί² στη Γαλλία
εξηγούν το σχηματισμό των σκιών στην οπτική.
Μία μελέτη περίπτωσης**

Μ. Καλογιαννάκης

I. Εισαγωγικά στοιχεία

Η μελέτη αυτή εντάσσεται σε ένα ερευνητικό πρόγραμμα³ που σκοπό έχει να μελετήσει την επίδραση που έχουν οι αλλαγές του αναλυτικού προγράμματος διδασκαλίας κάποιων βασικών εννοιών της στοιχειώδους οπτικής στο γαλλικό εκπαιδευτικό σύστημα. Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο χώρο της διδακτικής της φυσικής, στην ιδιαίτερη περιοχή που εξετάζει τις νοηματικές αναπαραστάσεις σε σχέση με έννοιες και φαινόμενα της οπτικής. Πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια μίας ευρύτερης έρευνας σε διάφορες πόλεις της Γαλλίας για την αξιολόγηση των αλλαγών του γαλλικού αναλυτικού προγράμματος. Εδώ θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της έρευνας για τις πόλεις Rennes και Reims σχετικά με τη διδασκαλία της οπτικής⁴.

Ένα από τα βασικά προβλήματα της διδασκαλίας της οπτικής είναι γενικά να αποκτήσουν οι μαθητές του γυμνασίου τις απαραίτητες γνώσεις τόσο σε εννοιολογικό όσο και σε μεθοδολογικό επίπεδο. Για τους μαθητές δεν εί-

1. Πρόκειται για Γάλλους μαθητές της *quatrième*, τάξης που αντιστοιχεί στην ελληνική Β' Γυμνασίου, δηλαδή μαθητές ηλικίας 13-14 ετών.
2. Πρόκειται για τους εκπαιδευτικούς εκείνους που στο γαλλικό εκπαιδευτικό σύστημα αποκαλούνται «*Stagiaire*» και είναι οι καθηγητές που πρόκειται να στελεχώσουν τη μέση εκπαίδευση στη Γαλλία. Εμείς θα τους αποκαλούμε από δω και στο εξής φοιτητές.
3. Πρόκειται για μια ευρέως φάσματος έρευνα που πραγματοποιήσαν στη Γαλλία από το 1994 έως το 1995 οι Edith Saltiel και Wanda Kamiński, καθηγήτριες στο Πανεπιστήμιο Paris VII, με θέμα τις επιπτώσεις που είχε στους μαθητές της *quatrième* η αλλαγή του αναλυτικού προγράμματος (Α.Π.) και ειδικότερα στην συμπεριφορά τους πριν και μετά την αλλαγή του Α.Π., και στην οποία έρευνα συμμετείχε ο γράφων.
4. Εργασία η οποία έγινε στο εργαστήριο L.D.P.F.S στο Παρίσι υπό τη διεύθυνση της Laurence Viennot, καθηγήτριας στο Πανεπιστήμιο Paris VII και υπεύθυνης του D.E.A. στη διδακτική της φυσικής στο ίδιο πανεπιστήμιο.

ναί πάντα προφανές ότι γνωρίζουν το φως σαν ολότητα με τις ιδιότητες που έχει. Αντίθετα, για τους φοιτητές δε φαίνεται να ισχύει η παραπάνω διαπίστωση, οπότε η σύγκριση των απαντήσεων μεταξύ των ομάδων αυτών αναμένεται να είναι σημαντική στο χώρο της διδασκαλίας της οπτικής αλλά και γενικότερα της διδακτικής της φυσικής. Για τον παραπάνω λόγο στη μελέτη μας αυτή θα συγκρίνουμε δύο ομάδες, που αντιπροσωπεύουν ηλικίες με πολύ διαφορετικές αντιληπτικές δυνατότητες και οι οποίες λειτουργούν σε διαφορετικά πλαίσια γύρω από το πώς εξηγούν το σχηματισμό των σκιών.

II. Προβληματική της εργασίας

Η οπτική είναι ένα από τα πεδία της φυσικής όπου οι στοιχειώδεις έννοιες είναι βασικές. Ο επιλεγμένος τομέας για την παρούσα εργασία είναι ο σχηματισμός των σκών, επειδή αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι του νέου Γαλλικού αναλυτικού προγράμματος. Ως βασικές γνώσεις στο χώρο της οπτικής για το Γαλλικό αναλυτικό πρόγραμμα θεωρούνται οι ακόλουθες (BOEN⁵, 1992):

- Το φως διαδίδεται ευθύγραμμα ανάμεσα στην πηγή και το αντικείμενο.
- Η σχηματιζόμενη σκιά είναι η μη φωτισμένη πλευρά της επιφάνειας προβολής (οθονη).

Ο πληθυσμός που επιλέχθηκε για την παρούσα έρευνα αποτελούνταν από δύο δείγματα:

- Τους Γάλλους μαθητές της quatrième (Β' τάξη ελληνικού Γυμνασίου).
- Τους φοιτητές οι οποίοι αποτελούν τους μελλοντικούς Γάλλους εκπαιδευτικούς.

Σε αυτή την εργασία επιχειρούμε να διερευνήσουμε τα εξής σημεία:

- Πώς οι μαθητές και οι φοιτητές του δείγματος χρησιμοποιούν τις στοιχειώδεις γνώσεις της οπτικής για να εξηγήσουν το σχηματισμό των σκιών (Kaminski, 1991);
- Ποια είναι τα κριτήρια που έχουν επιλέξει οι ίδιοι οι ερωτούμενοι ως προς το σχηματισμό των σκών για να απαντήσουν;
- Ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στις ερμηνείες που δίνει ο μελλοντικός καθηγητής της φυσικής και στις ερμηνείες που δίνονται από τους

5. Bulletin Officiel de l'Education National, δηλαδή το Γαλλικό Αναλυτικό Πρόγραμμα.

μαθητές του γυμνασίου, με βάση τις δύο προηγούμενες θεμελιώδεις αρχές της οπτικής;

Παράλληλα οι ερωτήσεις της έρευνας τέθηκαν έχοντας και έναν διπλό σκοπό:

- να καθορίσουν τη φύση των δυσκολιών που αντιμετώπιζαν οι μαθητές της Β' Γυμνασίου του «παλιού αναλυτικού προγράμματος» στην κατανόηση ορισμένων βασικών εννοιών της οπτικής, και
- να διαπιστώσουν αν οι ίδιες δυσκολίες συναντώνται και στους μαθητές του «νέου αναλυτικού προγράμματος»⁶.

Για να δοθούν κάποιες απαντήσεις σύμφωνα με το παραπάνω πλαίσιο, επιδόθηκαν ερωτηματολόγια σε μαθητές της Β' Γυμνασίου οι οποίοι είχαν παρακολουθήσει σχετικά μαθήματα και στα δύο αναλυτικά προγράμματα (το παλιό και το νέο). Αυτά τα ερωτηματολόγια είχαν σκοπό να αναδείξουν ορισμένες έννοιες, μερικές από τις οποίες ήταν ήδη γνωστές (σχηματισμός σκιάς, παρασκιάς, εκλείψεις ήλιου και σελήνης – Guesne et al., 1978, σσ. 25-32).

Η δική μας συμμετοχή στην εργασία αυτή απαιτούσε την ανάλυση των πρώτων ερωτηματολογίων, καθώς και την εύρεση των σχετικών κατηγοριών της ανάλυσης.

III. Μεθοδολογία

Για να μελετήσει τις εξηγήσεις που έδωσαν οι μαθητές σχετικά με την όραση, το φως και το σχηματισμό της σκιάς, οι επικεφαλές της έρευνας W. Kaminski και E. Saltiel συνέταξαν μία σειρά από ερωτηματολόγια. Σκοπός τους ήταν η διευρεύνηση της φύσης των δυσκολιών που είχαν οι μαθητές της Β' Γυμνασίου μετά τη διδασκαλία της οπτικής σύμφωνα με τα νέα αναλυτικά προγράμματα (εφαρμοσμένα για την οπτική ήδη από το 1994).

Για μία πρώτη προσέγγιση, αυτά τα ερωτηματολόγια δόθηκαν από την ερευνητική ομάδα πρώτα σε μαθητές της Β' Γυμνασίου και σε φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει το παλιό αναλυτικό πρόγραμμα της οπτικής στην αρχή μίας διδακτικής δραστηριότητας που είχε να κάνει με το σχηματισμό της σκιάς και την όραση.

6. Τα νέα προγράμματα επιχειρούν να συμβάλουν στο να ξεπεράσουν οι μαθητές τις δυσκολίες που αντιμετώπιζαν για την κατανόηση των στοιχειωδών εννοιών της οπτικής.

1. Τα ερωτηματολόγια της έρευνας

Συνολικά επιδόθηκαν τρεις τύποι ερωτηματολογίων (A4, B4, C4), καθένας από τους οποίους περιλάμβανε 4 ερωτήσεις σχετικά με την έρευνα για τη σκιά και την όραση. Ένα άλλο ερωτηματολόγιο (σύνθεση των τριών παραπάνω τύπων) δόθηκε στους φοιτητές της πόλης Reims.

Στην παρούσα εργασία αναλύσαμε τις ερωτήσεις τις οποίες θα παρουσιάσουμε λεπτομερώς παρακάτω, στο corpus της έρευνάς μας:

A4-1 (παιδί μπροστά στον τοίχο + φωτιστικό),

A4-4 (έκλειψη του ήλιου),

B4-4 (έκλειψη της σελήνης),

C4-4 (σκιά του βιβλίου + λαμπτήρας παρακτώσεως / λαμπτήρας φθορίου).

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τις δοθείσες απαντήσεις, τα σχήματα και τα σχόλια (όπου υπάρχουν) που δόθηκαν από τους ερωτώμενους.

Η ανάλυσή μας περιορίστηκε σε πρώτη φάση στο να μελετήσει τις απαντήσεις που δόθηκαν με βάση ένα πίνακα ανάλυσης που θα παρουσιάσουμε στη συνέχεια. Τα ερωτηματολόγια κατασκευάστηκαν σύμφωνα με τις υποθέσεις και τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (Guesne, 1984, σσ. 179-192, Fawaz & Viennot, 1986, σσ. 1125-1146) στον ίδιο χώρο, ενώ για την παρούσα εργασία δεν πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις ή παρατηρήσεις στην τάξη. Η στοιχειώδης οπτική είναι ένα πεδίο που έχει ήδη ερευνηθεί στα πλαίσια της διδακτικής των φυσικών επιστημών με ερωτηματολόγια και έτσι διαθέτουμε ήδη ορισμένες γνώσεις γύρω από:

- τις αναπαραστάσεις των μαθητών (Osborne & Black, 1993),
- τους διαφορετικούς τύπους σχημάτων που χρησιμοποιούνται από τους μαθητές και τους διδάσκοντες (Tiberghien, 1975),
- τις αναπαραστάσεις των διδασκόντων όσον αφορά το περιεχόμενο και τους τρόπους διδασκαλίας (Kaminski, 1991).

2. Το δείγμα της έρευνας

Το δείγμα, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, αποτέλεσαν μαθητές της Β' Γυμνασίου και φοιτητές. Τα ερωτηματολόγια που αναλύθηκαν στο πλαίσιο της έρευνας αφορούσαν τους μαθητές από τις πόλεις Reims και Rennes, καθώς και τους φοιτητές από τη Reims. Όσον αφορά τον αριθμό των ερωτηματολογίων, αναλύσαμε:

α) Για την ερώτηση A4-1, τις απαντήσεις 44 μαθητών και 25 φοιτητών.

β) Για την ερώτηση A4-4, τις απαντήσεις 44 μαθητών και 15 φοιτητών.

- γ) Για την ερώτηση **B4-4**, τις απαντήσεις 41 μαθητών και 15 φοιτητών.
 δ) Για την ερώτηση **C4-4**, τις απαντήσεις 23 μαθητών και 25 φοιτητών.

3. Το corpus της έρευνας

Οι ερωτήσεις A4-1, A4-4, B4-4 και C4-4 των ερωτηματολογίων που δόθηκαν αποτέλεσαν τον κορμό για ανάλυση. Οι ερωτήσεις αυτές αναλυτικά ήταν οι εξής:

A4-1 (Παιδί μπροστά στον τοίχο + φωτιστικό)

Ένα παιδί στέκεται μπροστά στον τοίχο του σπιτιού του. Ένα φωτιστικό το φωτίζει και μπορούμε να δούμε τη σκιά του πάνω στον τοίχο. Το ύψος της σκιάς μπορεί να είναι:

- μικρότερο
- το ίδιο
- μεγαλύτερο από το μέγεθος του παιδιού.

Εξηγήστε αναλυτικά την απάντησή σας. (Η χρησιμοποίηση σχήματος ή όχι επαφιόταν στους ερωτώμενους)

A4-4 (Έκλειψη του ήλιου)

Μία έκλειψη ήλιου συμβαίνει όταν:

- | | | |
|--|-----|-----|
| – Η σελήνη βρίσκεται στη σκιά της γης. | Ναι | Όχι |
| – Η γη βρίσκεται στη σκιά της σελήνης. | Ναι | Όχι |
| – Άλλη απάντηση | | |

B4-4 (Έκλειψη της σελήνης)

Μία έκλειψη σελήνης συμβαίνει όταν :

- | | | |
|--|-----|-----|
| – Η σελήνη βρίσκεται στη σκιά της γης. | Ναι | Όχι |
| – Η γη βρίσκεται στη σκιά της σελήνης. | Ναι | Όχι |
| – Άλλη απάντηση | | |

C4-4 (σκιά βιβλίου + λαμπτήρας πυρακτώσεως/λαμπτήρας φθορίου)

Ένα αδιάφανο αντικείμενο (για παράδειγμα ένα βιβλίο) τοποθετείται περίπου 50 εκατοστά πάνω από ένα τραπέζι. Στο ταβάνι, πάνω από το τραπέζι βρίσκεται :

- περίπτωση Α : ένα αναμμένος λαμπτήρας πυρακτώσεως.
- περίπτωση Β : ένας αναμμένος λαμπτήρας φθορίου.

Συγκρίνετε τη σκιά του βιβλίου στο τραπέζι που παρατηρείται στην πε-

ρίπτωσης Α με εκείνη της περίπτωσης Β. Κάντε ένα σχήμα για να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Οι απαντήσεις, τα σχήματα και οι επεξηγήσεις-σχόλια που δόθηκαν από τους μαθητές και τους φοιτητές είναι τα στοιχεία που αποτέλεσαν το corpus της ανάλυσης μας και αφορούσαν:

- το ύψος της σκιάς στον τοίχο (A4-1)
- τη συνθήκη για την έκλειψη του ήλιου (A4-4)
- τη συνθήκη για την έκλειψη της σελήνης (B4-4)
- τη σύγκριση της σκιάς του βιβλίου στο τραπέζι ανάμεσα στις δύο περιπτώσεις: ηλεκτρικός λαμπτήρας αναμμένος και λαμπτήρας φθορίου αναμμένος.

Σχολιάζοντας τις τέσσερις αυτές ερωτήσεις παρατηρούμε τα ακόλουθα:

Η ερώτηση **A4-1** είναι μερικώς κλειστή (υπάρχουν τρεις προτάσεις για επολογή) αλλά και εν μέρει ανοιχτή (απαιτεί μία αιτιολόγηση). Πρόκειται για μία ερώτηση που πλησιάζει στη διατύπωσή της μία κλασική άσκηση οπτικής, αλλά η εκφώνησή της είναι εσκεμμένα ασαφής (η σχετική θέση της φωτεινής πηγής και του αντικειμένου δεν είναι δεδομένη). Στην επεξήγηση αναζητούμε: Πώς οι μαθητές ολοκληρώνουν την περιγραφή της κατάστασης (ποιες αποσαφηνίσεις χρειάζονται) και ποια «οπτικά μέσα» (σχήμα, έννοιες...) τους διευκολύνουν ώστε να δώσουν μία εξήγηση.

Επίσης, οι ερωτήσεις **A4-4** και **B4-4** είναι και αυτές μερικώς κλειστές (πρέπει να διαλέξουν ναί ή όχι) και εν μέρει ανοιχτές (τους δίνεται η δυνατότητα να αιτιολογήσουν με το δικό τους τρόπο την απάντησή τους). Στις δύο προτεινόμενες απαντήσεις των μερικώς κλειστών ερωτήσεων η συνθήκη μίας έκλειψης συσχετίστηκε με το σχηματισμό της σκιάς. Από την άλλη, η δυνατότητα να δοθεί μία άλλη (ανοιχτού τύπου εξήγηση) απευθύνεται στους μαθητές εκείνους οι οποίοι αν και έχουν μάθει ότι η γη, ο ήλιος και η σελήνη είναι ευθυγραμμισμένα σώματα κατά τη διάρκεια μιας έκλειψης, ωστόσο δε διαπιστώνουν τη σχέση ανάμεσα σε αυτή την ευθυγράμμιση και το γεγονός ότι «βρίσκεται ο ήλιος (ή η σελήνη) μέσα στη σκιά».

Η ερώτηση **C4-4** είναι ανοιχτή (ζητάμε από το δείγμα μας να συγκρίνει τη σκιά του βιβλίου που παρατηρείται στο τραπέζι μεταξύ δύο προτεινόμενων καταστάσεων). Στο ζητούμενο σχήμα, ερευνούμε:

- το είδος αυτής της σύγκρισης (σκιά πιο μεγάλη, σκιά πιο μικρή, σκιά απροσδιόριστου σχήματος...)
- τα «οπτικά μέσα» (όμοια με την ερώτηση A4-1).

4. Παρουσίαση του πίνακα ανάλυσης

Φτιάξαμε έναν πίνακα ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών και των φοιτητών με βάση ορισμένα ερωτηματολόγια, ώστε να περιέχονται όλες οι δυνατές απαντήσεις. Ο πίνακας αυτός έπρεπε να είναι «ευέλικτος» και να ταξινομεί όλες τις δυνατές απαντήσεις των μαθητών και των φοιτητών που παρακολούθησαν το παλιό πρόγραμμα, αλλά ταυτόχρονα και χρήσιμος για την ανάλυση των απαντήσεων όσων μαθητών θα παρακολουθούσαν το νέο Α.Π., μετά από ορισμένες βέβαια τροποποιήσεις, αν αυτό κρίνόταν αναγκαίο.

Ειδικότερα, όσον αφορά τις ερωτήσεις Α4-1 και C4-4, ενδιαφερόμαστε για το σχήμα της σκιάς, δηλαδή με ποιον τρόπο σχηματίζεται (χρησιμοποιώντας μια ή περισσότερες ακτίνες ανάμεσα στην πηγή, το αντικείμενο και την οθόνη). Ψάχνουμε επίσης την ύπαρξη (ή όχι) της παρασκιάς στα σχήματα. Αναμένουμε σχόλια όσο αναφορά το μέγεθος του αντικείμενου, τη θέση της πηγής, την απόσταση ανάμεσα στην πηγή και το αντικείμενο. Για την ερώτηση C4-4 ενδιαφερόμαστε για το αν η πηγή είναι συνεχής ή όχι.

Όσο αφορά τις ερωτήσεις Α4-4 και Β4-4 επικεντρώνουμε το ενδιαφέρον μας στο αν το αντικείμενο «σταματά τις ακτίνες» ή αν το αντικείμενο «σταματά το φως». Η πηγή εδώ είναι μη συνεχής και η σειρά της πηγής, του αντικείμενου και της οθόνης είναι ένα στοιχείο πολύ σημαντικό. Αντίθετα, το σχήμα της σκιάς δεν είναι σημαντικό.

Σε όλες τις απαντήσεις η σκιά είναι η επιφάνεια της οθόνης που δεν φωτίζεται και η παρασκιά η ζώνη που είναι μερικώς φωτισμένη.

Ο ίδιος πίνακας, εφαρμόζεται και για τις ερωτήσεις Α4-1, C4-1 και Α4-4, Β4-4 παραλλαγμένους. Χωρίζεται σε τρία μέρη και αναλυτικά έχουμε τα εξής:

Στο πρώτο μέρος, μπορούμε να βρούμε όλες τις προτεινόμενες απαντήσεις και όλες τις απαντήσεις που βρίσκονται στα ερωτηματολόγια που αναλύθηκαν. Ακολουθεί ο πίνακας ανάλυσης των απαντήσεων ανοιχτού τύπου στις ερωτήσεις Α4-1, C4-4 (Πίνακας 1):

Πίνακας 1
Ανάλυση απαντήσεων (για τις ερωτήσεις Α4-1 και C4-4)

Α Π Α Ν Τ Η Σ Ε Ι Σ	ΕΡΩΤΗΣΗ Α4-1	ΕΡΩΤΗΣΗ C4-4
	Σιιά πιο μικρή	Σιιά πιο μεγάλη/Χωρίς σιιά
	Ίδια σιιά	Σιιά πιο μεγάλη/Σιιά πιο μικρή
	Σιιά πιο μεγάλη	Σιιά πιο μεγάλη/ Σιιά πιο μεγάλη
	«Εξαρτάται»	Σιιά πιο μεγάλη/ Σιιά η ίδια
	Άλλη απάντηση	Σιιά πιο μικρή/ Σιιά πιο μεγάλη
	Χωρίς απάντηση	Σιιά πιο μεγάλη / λαμπτήρας φθορίου
		Σιιά καθαρή / Σιιά απροσδιόριστου σχήματος
		Ίδια σιιά
		Οι δύο καταστάσεις είναι συγκρίσιμες
Α Π Α Ν Τ Η Σ		Χωρίς σιιά
		Χωρίς απάντηση

Στο δεύτερο μέρος, μπορούμε να βρούμε τα απαραίτητα στοιχεία για να περιγράψουμε το προτεινόμενο σχήμα από τους μαθητές και τους φοιτητές. Στις επτά στήλες του πίνακα που ακολουθεί έχουμε εντάξει τα παρακάτω στοιχεία:

ΠΗΓΗ (Π): περιγράφει το είδος της πηγής στο σχήμα.

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ (Α): φως, ακτίνες, ανάμεσα στην πηγή (Π) και το αντικείμενο (Α).

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ (Α): περιγράφει το είδος του αντικειμένου στο σχήμα (αν το αντικείμενο είναι σχηματοποιημένο ή όχι).

ΔΡΑΣΗ (Δ): του αντικειμένου (Α) στο διάγραμμα (Δ). Για παράδειγμα: «το βιβλίο σταματά τις ακτίνες».

ΔΙΑΝΥΣΜΑ (Α > Ο): φως, ακτίνες ανάμεσα στο αντικείμενο (Α) και την οθόνη (Ο).

ΟΘΟΝΗ (Ο): περιγράφει πως r σιιά και /ή η παρασιιά σχηματίζονται στην οθόνη.

ΜΑΤΕ: περιέχει όλα τα στοιχεία που αφορούν τον παρατηρητή (το μάτι) για το σχηματισμό της σιιάς⁷.

7. Αυτή η στήλη είναι πάντα κενή γιατί στο παλιό αναλυτικό πρόγραμμα δεν λαμβάναμε υπόψη τον παρατηρητή στην ανάλυση και το σχηματισμό της σιιάς.

Πίνακας 2
Ανάλυση σχημάτων (για όλες τις ερωτήσεις)

ΠΗΓΗ	ΔΙΑΝΥΣΜΑ II → A	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	ΔΡΑΣΗ ΠΑ	ΔΙΑΝΥΣΜΑ A → O	ΟΘΟΝΗ	ΜΑΤΙ
Χωρίς πηγή στο σχήμα	Μηδέν ακτίνες	Λιπόν	Ατούσα	Μηδέν ακτίνες	Χωρίς Σιά/Παράσια	Χωρίς μάτι στο σχήμα
Μόνο το σχέδιο	«Μικρός ήλιος»	Μόνο σχεδιασμένο	Ακτίνες που περνούν από κοντά	Ακτίνες ανάμεσα στο Αντικείμενο και την Οθόνη μη ευθυγραμμισμένες με την πηγή	Σιά/Παράσια σχεδιασμένες χωρίς ακτίνες	Μόνο σχεδιασμένο
Ένα σημείο- πηγή	Μία ακτίνα από κάθε σημείο-πηγή	Σχηματισμένο	Μία ακτίνα εφαπτομένη	Πολλές ακτίνες ανάμεσα στο Αντικείμενο και την Οθόνη/ζώνη σιάς	Σιά/Παράσια οριοθετημένες από μία ακτίνα	
Πολλά σημεία- πηγές	Δύο ακτίνες από κάθε σημείο-πηγή		Δύο ακτίνες εφαπτομένες στα άκρα	Ακτίνες αντικείμενο - Οθόνη ευθυγραμμισμένες με την πηγή	Σιά/Παράσια οριοθετημένες από δύο ακτίνες	Με βέλος από το μάτι
	Πολλές ακτίνες από κάθε σημείο-πηγή		Ακτίνες «επαπτομένες»	Ακτίνες ευθυγραμμισμένες Πηγή - Αντικείμενο - Οθόνη		Με βέλος πρώ από το μάτι

Στο τρίτο μέρος μπορούμε να βρούμε τα απαραίτητα στοιχεία για να περιγράψουμε τα σχόλια από τους μαθητές και τους φοιτητές. Αυτά τα στοιχεία είναι τα ίδια με το δεύτερο μέρος (ανάλυση των σχημάτων), αλλά για την παρουσίαση έχουν ομαδοποιηθεί στις παρακάτω μεγάλες κατηγορίες :

- Γεωμετρικό σχόλιο: μόνο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά είναι παρόντα (απόσταση, ύψος, μέγεθος κ.λπ.) στις απαντήσεις των ερωτώμενων και η λέξη «φως» δε χρησιμοποιείται.
- Οπτικό σχόλιο: στις απαντήσεις έχει χρησιμοποιηθεί η λέξη «φως».

Ο επόμενος πίνακας προσαρμόζεται ανάλογα με τα στοιχεία της ερώτησης. Κάθε φορά καθορίζουμε ότι :

ΕΡΩΤΗΣΗ A4-1 ΠΗΓΗ = Φωτιστικό
 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ = Παιδί
 ΟΘΟΝΗ = Τοίχος

ΕΡΩΤΗΣΗ A4-4 ΠΗΓΗ = Ήλιος
 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ = Σελήνη
 ΟΘΟΝΗ = Γη

ΕΡΩΤΗΣΗ B4-4 ΠΗΓΗ = Ήλιος
 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ = Γη
 ΟΘΟΝΗ = Σελήνη

ΕΡΩΤΗΣΗ C4-4 ΠΗΓΗ = Λαμπτήρας πυρακτώσεως / Λαμπτήρας
 φθορίου
 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ = Βιβλίο
 ΟΘΟΝΗ = Τραπέζι

Ακολουθεί ο πίνακας ανάλυσης των σχολίων (Πίνακας 3) :

Πίνακας 3
Ανάλυση σχολίων (για όλες τις ερωτήσεις)

ΠΗΓΗ	ΔΙΑΝΥΣΜΑ Π → Α	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	ΔΡΑΣΗ ΠΑ	ΔΙΑΝΥΣΜΑ Α → Ο	ΘΘΟΝΗ	ΜΑΤΙ
Απόυσα	Απόν	Απόν	Απόυσα	Απόν	Απόυσα	Απόν
Θέση (ύψος της πηγής)	Απόσταση Πηγής- Αντικείμενου	Μέγεθος του αντικείμενου	Το αντικείμενο «ζυγεί την πηγή»	Το αντικείμενο «τροβαίλλει τη σκά του»	Μέγεθος της σκάς/παρσαλιά (λανθασμένη)	«Βλέπουμε τη σκά στην οθόνη
Σημειολογική Επεκταμένη	«Ακτίνες»		Το αντικείμενο «στεματά τις ακτίνες»	Απόσταση Αντικείμενου- Οθόνης	Μέγεθος της σκάς/παρσαλιά (σωστή)	Δεν βλέπουμε την πηγή αν «είναι στη σκά»
«Φως»	Φως		Το αντικείμενο «σταματά το φως»	«Ακτίνες»	Σκά/Παρσαλιά αναπαράγωγή αντικείμενου	Βλέπουμε ένα μέρος αν «είναι μέσα στην παρσαλιά»
«Εκπέμπει το φως»	«Μετατοπίζεται το φως...»		Το αντικείμενο είναι «αδιαφανές στο φως»	Φως/ζώνη σκάς ή παρσαλιάς	Σκά μη φωτισμένη/ Παρσαλιά μερικώς φωτισμένη	
				«Το φως μετατοπίζεται ...»	Παρσαλιά «σταδιακή μείωση του αύστρου-μάζου»	

IV. Αποτελέσματα της εργασίας

Παρουσιάζουμε παρακάτω τα αποτελέσματα της εργασίας που αφορούν τις απαντήσεις, τα σχήματα και τα σχόλια των μαθητών της Β΄ Γυμνασίου και των φοιτητών. Όλοι οι παρακάτω πίνακες αποτελεσμάτων που ακολουθούν έχουν διαμορφωθεί με βάση τους τρεις πίνακες ανάλυσης των απαντήσεων, σχημάτων και σχολίων των ερωτήσεων μας που έχουμε παρουσιάσει παραπάνω (Πίνακες 1, 2, 3).

1. Περιγραφή των πινάκων με τα αποτελέσματα της έρευνας

Ξεκινώντας από την ερώτηση Α4-1 (παιδί μπροστά στον τοίχο + φωτιστικό) κατασκευάσαμε δύο διαφορετικούς τύπους πινάκων:

- ΣΧΟΛΙΟ / ΣΧΗΜΑ + ΑΠΑΝΤΗΣΗ
- ΑΠΑΝΤΗΣΗ / ΣΧΗΜΑ με ΣΧΟΛΙΟ προτεινόμενο

Στον πρώτο πίνακα ΣΧΗΜΑ / ΣΧΟΛΙΟ + ΑΠΑΝΤΗΣΗ αντιπαραβάλλουμε τους προτεινόμενους τύπους σχήματος από τους μαθητές με τα σχόλια και τις απαντήσεις που δίνουν.

ΕΡΩΤΗΣΗ Α4-1: Παιδί μπροστά στον τοίχο + φωτιστικό

Πίνακας 4: ΣΧΟΛΙΟ / ΣΧΗΜΑ με την προτεινόμενη απάντηση

Μαθητές της Β' Γυμνασίου, N=44

ΣΧΟΛΙΟ → ↓ ΣΧΗΜΑ	ΑΠΟΝ (46%)	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ (34%)	ΟΠΤΙΚΟ (20%)	ΑΠΑΝΤΗΣΗ
ΑΠΟΝ (15%)	2%	5%		Πιο μικρή
	2%	2%	2%	Πιο μεγάλη
		2%		Η ίδια
				«Εξαρτάται»
ΧΩΡΙΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (19%)	7%	5%		Πιο μικρή
	5%	2%		Πιο μεγάλη
				Η ίδια
				«Εξαρτάται»
ΜΙΑ ΑΚΤΙΝΑ (26%)	2%	2%	11%	Πιο μικρή
	2%	5%	2%	Πιο μεγάλη
	2%			Η ίδια
				«Εξαρτάται»
ΔΥΟ Η ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (40%)	5%	7%	5%	Πιο μικρή
	19%	2%		Πιο μεγάλη
				Η ίδια
		2%		«Εξαρτάται»

Στην πρώτη στήλη του πίνακα έχουμε 4 κατηγορίες σχετικά με το είδος των σχημάτων που προτείνουν οι ερωτώμενοι:

- Απόν (χωρίς σχήμα)
- Χωρίς ακτίνες στο σχήμα
- Μία ακτίνα από κάθε σημείο-πηγή
- Δύο ή περισσότερες ακτίνες από κάθε σημείο-πηγή

Στις γραμμές κάθε πίνακα έχουμε τα σχόλια σχετικά με τα είδη των επεξηγήσεων που δόθηκαν και έχουμε τα σχόλια του τύπου:

- Γεωμετρικό (η λέξη «φως» είναι απύουσα)
- Οπτικό (η λέξη «φως» είναι παρούσα)

Στην τελευταία στήλη έχουμε τα τρία είδη απαντήσεων που δίνονταν από την εκφώνηση. Το ύψος της σκιάς είναι:

- πιο μικρό
- πιο μεγάλο
- το ίδιο

σε σχέση με το μέγεθος του παιδιού. Έχουμε επίσης στην ίδια στήλη το είδος της απάντησης που προτείνεται από τους φοιτητές η οποία αντιπροσωπεύει και την πιο γενική απάντηση:

- Εξαρτάται

Το ύψος της σκιάς σε σχέση με το μέγεθος του παιδιού εξαρτάται... (αυτή η κατηγορία απαντήσεων καθορίζεται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κατάστασης).

Οι απαντήσεις κατανεμήθηκαν σε καθεμία από τις τέσσερις προτεινόμενες από την εκφώνηση και τους φοιτητές κατηγορίες, μπορούν να είναι σωστές ή όχι σύμφωνα με τις λεπτομέρειες των σχολίων και του σχήματος που τις συνόδευε.

ΕΡΩΤΗΣΗ Α4-1: Παιδί μπροστά στον τοίχο + φωτιστικό**Πίνακας 5: ΣΧΗΜΑ / ΣΧΟΛΙΟ με την προτεινόμενη απάντηση**

Φοιτητές, N=25

ΣΧΟΛΙΟ > ↓ ΣΧΗΜΑ	ΑΠΟΝ (46%)	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ (34%)	ΟΠΤΙΚΟ (20%)	ΑΠΑΝΤΗΣΗ
ΑΠΟΝ (25%)	5%	5%	5%	Πιο μικρή Πιο μεγάλη
		10%		«Εξαρτάται»
ΧΩΡΙΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (15%)	10%	5%		Πιο μικρή
		2%		Πιο μεγάλη
				«Εξαρτάται»
ΜΙΑ ΑΚΤΙΝΑ (40%)	10%	2%	5%	Πιο μικρή
				Πιο μεγάλη
		20%		«Εξαρτάται»
ΔΥΟ Ή ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (20%)	5%	5%		Πιο μικρή
	5%		5%	Πιο μεγάλη
				«Εξαρτάται»

Στον επόμενο πίνακα, ΑΠΑΝΤΗΣΗ / ΣΧΗΜΑ με ΣΧΟΛΙΟ, που αφορά την ερώτηση Α4-1, αντιπαραθέτουμε το είδος της απάντησης που προτείνεται από τους ερωτούμενους με τα είδη των σχημάτων και των σχολίων που παρέχουν. Στην κάθε γραμμή του πίνακα εμφανίζονται τέσσερα πάλι είδη απαντήσεων, που είναι οι ακόλουθες:

- Πιο μικρή
- Πιο μεγάλη
- Η ίδια
- Εξαρτάται

Στις υπόλοιπες τέσσερις στήλες εμφανίζονται πάλι οι κατηγορίες σχετικά με τα είδη των σχημάτων που προτείνονται από τους ερωτούμενους και είναι οι παρακάτω :

- Απόν (χωρίς σχήμα)
- Χωρίς ακτίνες
- Μία ακτίνα
- Δύο ή περισσότερες ακτίνες

Στην τελευταία στήλη παρουσιάζονται τα σχετικά σχόλια που αφορούν τα είδη των εξηγήσεων που δόθηκαν από τους ερωτούμενους:

- Γεωμετρικό
- Οπτικό

Ακολουθούν οι πίνακες 6 και 7, που παρουσιάζουν ΣΧΗΜΑ / ΣΧΟΛΙΟ με προτεινόμενη απάντηση για τους μαθητές και τους φοιτητές του δείγματος αντίστοιχα.

ΕΡΩΤΗΣΗ Α4-1: Παιδί μπροστά στον τοίχο + φωτιστικό

Πίνακας 6: ΣΧΗΜΑ / ΣΧΟΛΙΟ με απάντηση

(Τα ποσοστά έχουν στρογγυλοποιηθεί στο 5%)

Μαθητές της Β' Γυμνασίου, N=44

ΣΧΗΜΑ >	ΑΠΟΝ	ΧΩΡΙΣ ΑΚΤΙΝΕΣ	ΜΙΑ ΑΚΤΙΝΑ	ΔΥΟ ή ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (40%)	ΣΧΟΛΙΟ
ΛΙΑΝΤΗΣΗ	15%	(19%)	(26%)		
ΠΙΟ ΜΙΚΡΗ (51%)	2%	7%	2%	5%	Απόν
	5%	5%	2%	7%	Γεωμετρικό
			11%	5%	Οπτικό
ΠΙΟ ΜΕΓΑΛΗ (45%)	2%	5%	2%	19%	Απόν
	2%	2%	5%	2%	Γεωμετρικό
	2%		2%		Οπτικό
Η ΙΔΙΑ (4%)			2%		Απόν
	2%				Γεωμετρικό
					Οπτικό
«ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ» (2%)					Απόν
				2%	Γεωμετρικό
					Οπτικό

ΕΡΩΤΗΣΗ Α4-1: Παιδί μπροστά στον τοίχο + φωτιστικό

Πίνακας 7: ΣΧΗΜΑ / ΣΧΟΛΙΟ με προτεινόμενη απάντηση

(Τα ποσοστά έχουν στρογγυλοποιηθεί στο 5%)

Φοιτητές, N=25

ΣΧΗΜΑ >	ΑΠΟΝ	ΧΩΡΙΣ ΑΚΤΙΝΕΣ	ΜΙΑ ΑΚΤΙΝΑ	ΔΥΟ ή ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (20%)	ΣΧΟΛΙΟ
ΛΙΑΝΤΗΣΗ	(25%)	(15%)	(40%)		
ΠΙΟ ΜΙΚΡΗ (50%)		10%	10%	5%	Απόν
	5%		5%	5%	Γεωμετρικό
	5%		5%		Οπτικό
ΠΙΟ ΜΕΓΑΛΗ (15%)	25%			5%	Απόν
					Γεωμετρικό
				5%	Οπτικό
«ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ» (35%)					Απόν
	10%	5%	20%		Γεωμετρικό
					Οπτικό

Για την επόμενη ερώτηση Α4-4 (έκλειψη του ήλιου) έχουμε κατασκευάσει τρεις διαφορετικούς πίνακες :

- Πίνακα με το είδος της απάντησης.
- Πίνακα με το είδος του σχήματος.
- Πίνακα με το είδος της επεξήγησης.

Στις γραμμές για όλους τους πίνακες έχουμε τοποθετήσει το δείγμα (φοιτητές ή μαθητές) και τον αριθμό ($N = \dots$) του δείγματος.

Για το είδος των απαντήσεων, η εκφώνηση της ερώτησης Α4-4 προτείνει τις ακόλουθες επιλογές:

- | | | |
|--|-----|-----|
| – Η σελήνη βρίσκεται στη σκιά της γης. | Ναι | Όχι |
| – Η γη βρίσκεται στη σκιά της σελήνης. | Ναι | Όχι |
| – Άλλη εξήγηση | | |

Στις στήλες έχουμε επιλέξει έξι είδη απαντήσεων, που είναι οι ακόλουθες:

- Χωρίς απάντηση
- Όχι / Ναι («σωστή»)
- Τίποτα / Ναι («σωστή»)
- Ναι / Όχι
- Όχι / Όχι
- Άλλη απάντηση

Αν υπάρχει μία απάντηση η οποία δεν ανήκει σε καμιά από τις άλλες κατηγορίες, την κατατάσσουμε στη στήλη «Άλλη απάντηση». Καθορίζουμε καθεμία από τις «άλλες απαντήσεις» κάτω από τον αντίστοιχο πίνακα.

Σχετικά με το είδος του σχήματος, έχουμε επιλέξει τέσσερις τύπους, που είναι οι ακόλουθοι:

- Απόν (χωρίς σχήμα)
- Ήλιος, σελήνη, γη ευθυγραμμισμένες
- Σχήμα του σχολικού βιβλίου (Nathan F., 1975) («σωστό» σχήμα)
- Άλλο σχήμα (διαφορετική σειρά)

Σχετικά με τη χρησιμοποιούμενη αιτιολόγηση, έχουμε τις παρακάτω τρεις κατηγορίες:

- Χωρίς εξήγηση
- «Μη ολοκληρωμένη» εξήγηση
- «Ολοκληρωμένη» εξήγηση (όλα τα στοιχεία είναι παρόντα: Π, δ, Α, Ο). Ορισμένα στοιχεία είναι απόντα (πηγή, διάνυσμα, οθόνη). Οπότε καταλήγουμε σε δύο είδη «ελλιπών» αιτιολογήσεων:
- Γεωμετρική (χωρίς τη λέξη «φως»)
- Οπτική (με τη λέξη «φως»)

ΕΡΩΤΗΣΗ A4-4: Έκλειψη του ήλιου**ΠΙΝΑΚΑΣ 8α**

Τύπος απάντησης	Χωρίς απάντηση	Όχι/Ναι	Τίποτα/Ναι	Ναι/Όχι	Όχι/Όχι	Άλλη απάντηση
Μαθητές N=44	10	55	10	15	10	-
Φοιτητές N=15	-	75	20	-	-	5*

* Όταν ο παρατηρητής βρίσκεται στη σκιά της γης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8β

Τύπος σχήματος	Απόν	Ήλιος, Σελήνη, Γη ευθυγραμμισμένα	Σχήμα του σχολικού βιβλίου	Άλλο σχήμα (διαφορετική σειρά)
Μαθητές N=44	50	25	10	5
Φοιτητές N=15	75	35		—

ΠΙΝΑΚΑΣ 8γ

Τύπος εξήγησης	Χωρίς εξήγηση	Εξήγηση «μη ολοκληρωμένη»		Εξήγηση «ολοκληρωμένη» («φως», «ακτίνες φωτεινές»)
		«γεωμετρική»	«οπτική»	
Μαθητές N=44	55	30	5	5
Φοιτητές N=15	80	20	—	—

Για την ερώτηση B4-4 (έκλειψη της σελήνης) έχουμε δημιουργήσει τρεις διαφορετικούς πίνακες που μοιάζουν με εκείνους της ερώτησης A4-4. Για το είδος της απάντησης, η εκκρόνηση προτείνει την ίδια επιλογή με την ερώτηση A4-4.

Στις οριζόντιες γραμμές έχουμε ξεχωρίσει τέσσερα είδη απαντήσεων:

- Χωρίς απάντηση
- Ναι / Όχι («σωστή»)
- Ναι / Τίποτα («σωστή»)
- Όχι / Ναι
- Όχι / Όχι

Οι δύο άλλοι πίνακες (είδος σχήματος, είδος επεξήγησης) είναι οι ίδιοι με εκείνους της ερώτησης Α4-4. Στον πίνακα για τις επεξηγήσεις έχουμε επίσης μία στήλη «Άλλη επεξήγηση»⁸.

ΕΡΩΤΗΣΗ Β4-4: Έκλειψη της σελήνης

ΠΙΝΑΚΑΣ 9α

Τύπος απάντησης	Χωρίς απάντηση	Ναι/Όχι	Ναι/Τίποτα	Όχι/Ναι	Όχι/Όχι
Μαθητές N=41	5	40	10	20	25
Φοιτητές N=15	5	45	35	15	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 9β

Τύπος σχήματος	Χωρίς σχήμα	Ήλιος, Σελήνη, Γη ευθυγραμμισμένα	Σχήμα του σχολικού βιβλίου	Άλλο σχήμα (διαφορετική σειρά)
Μαθητές N=41	65	15	10	10
Φοιτητές N=15	75	25	-	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 9γ

Τύπος εξήγησης	Χωρίς εξήγηση	Εξήγηση «η ολοκληρωμένη»		Εξήγηση «ολοκληρωμένη» («φως», «ακτίνες φωτεινές»)	Άλλη εξήγηση
		«γεωμετρική»	«οπτική»		
Μαθητές N=41	50	15	5	5	25*
Φοιτητές N=15	100	-	-	-	-

* της οποίας 5% των ερμηνειών θα ήταν απαραίτητες αν η ερώτηση αφορούσε την έκλειψη του ήλιου και 20% των ερμηνειών όπου οι μαθητές εκδηλώνουν σύγχυση, για παράδειγμα: «Ο ήλιος βρίσκεται στη σκιά της γης», «Η σελήνη βρίσκεται στη σκιά του ήλιου».

8. Κάτω από τον πίνακα αναφέρουμε ποια είναι αυτή η κατηγορία.

Τέλος, για την ερώτηση C4-4 (στιά του βιβλίου + λαμπτήρας πυρακτώσεως / λαμπτήρας φθορίου) έχουμε φτιάξει έναν πίνακα ΣΧΗΜΑ (Περίπτωση Α) / ΣΧΗΜΑ (Περίπτωση Β) + ΑΠΑΝΤΗΣΗ με ΣΧΟΛΙΟ. Αυτός ο πίνακας συγκρίνει τα σχήματα ανάμεσα στην κατάσταση Α και τη Β και περιλαμβάνει επίσης ενδείξεις για το είδος των απαντήσεων και των σχολίων που δίνουν οι ερωτώμενοι.

Στις στήλες βρίσκουμε τέσσερις κατηγορίες σχήματος για την περίπτωση Α. Στις γραμμές βρίσκουμε τις ίδιες τέσσερις κατηγορίες για το σχήμα με την περίπτωση Β. Αυτές είναι οι ακόλουθες :

- Απόν (χωρίς σχήμα)
- Χωρίς ακτίνες
- Μία ακτίνα από σημείο-πηγή
- Δύο ή περισσότερες ακτίνες από σημείο-πηγή

Στην τελευταία στήλη βρίσκουμε το είδος των απαντήσεων και των σχολίων που ακολουθούν (για τους φοιτητές) :

- Στιά καθαρή (περίπτωση Α) / Στιά ασαφής (περίπτωση Β)
- Στιά πιο μεγάλη (περ. Α) / Στιά πιο μεγάλη (περ. Β)
- Στιά πιο μεγάλη (περ. Α) / Στιά πιο μικρή (περ. Β)
- Στιά πιο μεγάλη (περ. Α) / Λαμπτήρας φθορίου (περ. Β)
- Άλλη: Ίδια (περ. Α) / Στιά πιο μεγάλη (περ. Β)
- Στιά απύουσα (περ. Α) / Στιά απύουσα (περ. Β)

Αν υπάρχει απάντηση που δεν συμπεριλαμβάνεται σε καμιά κατηγορία, την κατατάσσουμε στην κατηγορία «Άλλη» και την αναφέρουμε.

Για τους μαθητές, στην τελευταία στήλη βρίσκουμε τις απαντήσεις και τα σχόλια που ακολουθούν :

- Στιά απύουσα (περ. Α) / Στιά απύουσα (περ. Β)
- Στιά πιο μεγάλη (περ. Α) / Στιά απύουσα (περ. Β)
- Στιά πιο μεγάλη (περ. Α) / Στιά πιο μικρή (περ. Β)
- Άλλη = Οι δύο καταστάσεις είναι συγκρίσιμες.

ΕΡΩΤΗΣΗ C4-4: Σκιά του βιβλίου + λαμπτήρας πυρακτώσεως
(περίπτωση Α) / λαμπτήρας φθορίου (περίπτωση Β)

Πίνακας 10: ΣΧΗΜΑ (περίπτωση Α) / ΣΧΗΜΑ (περίπτωση Β) με απάντηση

Μαθητές της Β' Γυμνασίου, N=23

ΣΧΗΜΑ (Β) ⇒ ΣΧΗΜΑ (Α) ⇐	ΑΠΟΝ (Α) (20%)	ΧΩΡΙΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (Α) (15%)	ΜΙΑ ΑΚΤΙΝΑ (Α) (65%)	ΔΥΟ ή ΠΕΡΙΣΣΟ- ΤΕΡΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (Β) (0%)	ΑΠΑΝΤΗΣΗ
ΑΠΟΝ (Α) (20%)	15	5%			Απούσα / Απούσα
		2%	2%		Πιο μεγάλη/ Χωρίς σκιά
		2%			Πιο μεγάλη/ Πιο μικρή
	5%				Άλλη = Οι δύο καταστάσεις είναι συγκρίσιμες
ΧΩΡΙΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (Α) (30%)		10%			Απούσα / Απούσα
					Πιο μεγάλη/ Χωρίς σκιά
		5%			Πιο μεγάλη/ Πιο μικρή
					Άλλη = Πιο μικρή/ Πιο μεγάλη
ΜΙΑ ΑΚΤΙΝΑ (Α) (35%)					Απούσα / Απούσα
			5%		Πιο μεγάλη/ Χωρίς σκιά
			25%		Πιο μεγάλη/ Πιο μικρή
			5%		Άλλα = Η ίδια
ΔΥΟ Η ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (Α) (15%)					Απούσα / Απούσα
					Πιο μεγάλη/ Χωρίς σκιά
			10%		Πιο μεγάλη/ Πιο μικρή
			5%		Άλλη = Πιο μεγάλη/ Η ίδια

ΕΡΩΤΗΣΗ C4-4: Σιγά του βιβλίου + λαμπτήρας πυρακτώσεως (περίπτωση Α) / λαμπτήρας φθορίου (περίπτωση Β)

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΣΧΗΜΑ (περίπτωση Α) / ΣΧΗΜΑ (περίπτωση Β) με απάντηση Φοιτητές, N=25

ΣΧΗΜΑ (B) ↗ ΣΧΗΜΑ (A) ↘	ΑΠΟΝ (B) (20%)	ΧΩΡΙΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (B) (35%)	ΜΙΑ ΑΚΤΙΝΑ (B) (15%)	ΔΥΟ ή ΠΕΡΙΣΣΟ- ΤΕΡΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (B) (30%)	ΑΠΑΝΤΗΣΗ
ΑΠΟΝ (A) (10%)	5%	5%			Απουσία/ Αποώνκι
	5%	2%	2%		Άλλη = Η ίδια
	5%	5%			Καθαρή/ασαφής
					Πιο μεγάλη/ Πιο μικρή
ΧΩΡΙΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (A) (35%)		5%			Πιο μεγάλη/ λαμπτήρας φθορίου
		10%			Καθαρή/ασαφής
			5%	5%	Πιο μεγάλη/ Πιο μικρή
					Πιο μεγάλη/ Πιο μεγάλη
ΜΙΑ ΑΚΤΙΝΑ (A) (35%)	5%	5%	5%		Πιο μεγάλη/ Πιο μεγάλη
		5%			Πιο μεγάλη/ λαμπτήρας φθορίου
		5%			Άλλη=Πιο μεγάλη /Χωρίς σιγά
				5%	Καθαρή/ασαφής
ΔΥΟ Η ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ (A) (30%)				10%	Πιο μεγάλη/ Πιο μεγάλη
			5%	5%	Πιο μεγάλη/ Πιο μικρή
				5%	Πιο μεγάλη/ λαμπτήρας φθορίου

2. Σχολιασμός των αποτελεσμάτων της έρευνας

Στη συνέχεια σχολιάζουμε τους παραπάνω πίνακες των αποτελεσμάτων που αφορούν στις ερωτήσεις A4-1, A4-4, B4-4, C4-4 για τα δύο τμήματα του δείγματος μας. Σε αυτούς τους πίνακες έχουμε δώσει χρώμα γκριζο στα μέλη εκείνα που αντιστοιχούν στις απαντήσεις, σχήματα, και/ή σχόλια που θεωρούνταν περισσότερο «σωστά».

Για την ερώτηση **A4-1** (Πίνακες 4,5,6,7) υπάρχουν λίγες απαντήσεις στο γκρίζο κομμάτι, και ειδικότερα στο «σχόλιο που συνοδεύει το σχήμα για δύο ή περισσότερες ακτίνες», καθώς και στην απάντηση «εξαρτάται», με το σχήμα να έχει δύο ή περισσότερες ακτίνες.

Για τις ερωτήσεις **A4-4** και **B4-4** (που αφορούσαν στις εκλείψεις), οι απαντήσεις, τα σχήματα και οι επεξηγήσεις παρουσιάζονται σε διαφορετικούς πίνακες. Τα γκριζοποιημένα κελιά αντιστοιχούν στα «αποδεκτά» παρά στα «σωστά» αποτελέσματα (Πίνακες 8α-γ, 9α-γ).

Για την ερώτηση **C4-4** ο. δύο πίνακες έχουν μία ειδική δομή (Πίνακες 10, 11). Τα αποτελέσματα που βρίσκονται στη διαγώνιο αυτών των πινάκων δείχνουν ότι οι ερωτώμενοι χειρίζονται με τον ίδιο τρόπο (έχουν τις ίδιες δυσκολίες) τις δύο προτεινόμενες καταστάσεις Α και Β. Τα αποτελέσματα που είναι κάτω από τη διαγώνιο δείχνουν ότι η περίπτωση Α ήταν πιο εύκολη και για τις δύο ομάδες του δείγματος από την περίπτωση Β. Τελικά, αυτό που διαπιστώνουμε είναι ότι 70% των αποτελεσμάτων των μαθητών και των φοιτητών βρίσκονται στη διαγώνιο του αντίστοιχου πίνακα. Επίσης, βρίσκουμε «πολλές» απαντήσεις στα μη γκριζοποιημένα κελιά του πίνακα. Με τη εφαρμογή του νέου Α.Π. αναμένεται στα επόμενα χρόνια ένα μεγαλύτερο ποσοστό να βρίσκεται στα γκριζοποιημένα κελιά του κάθε πίνακα, γεγονός που δεν αποτελεί στόχο της παρούσας μελέτης, αλλά θα αποτελέσει πεδίο ανάλυσης επόμενης εργασίας.

IV. Γενική παρατήρηση - Σχόλιο

Μια γενική παρατήρηση (σχόλιο) που μπορούμε να κάνουμε από την παρούσα μελέτη είναι η ακόλουθη:

Είναι δύσκολη η χρήση των βασικών εννοιών της στοιχειώδους οπτικής στις επεξηγήσεις για το σχηματισμό των σκιών. Αυτή η δυσκολία εμφανίζεται αρχικά στα άτομα που έχουν διδαχθεί τις έννοιες της οπτικής σύμφωνα με το παλιό αναλυτικό πρόγραμμα.

Οι μαθητές της Β΄ Γυμνασίου δεν χρησιμοποιούν τις λέξεις «αδιαφανές αντικείμενο» και «παραστιά», αφού δεν βρήκαμε τα σχετικά σχόλια στις απαντήσεις τους.

Η κατηγορία σχολίων και επεξηγήσεων σχετικά με τον παρατηρητή (παρουσία ματιού πάνω στο σχήμα) για το σχηματισμό της σκιάς είναι πάντα κενή. Αυτό είναι αναμενόμενο, αφού το παλιό αναλυτικό πρόγραμμα της οπτικής δεν έπαιρνε υπόψη του τον παρατηρητή.

Γενικότερα, τόσο για τους μαθητές όσο και για τους φοιτητές, ήταν πιο

εύκολο να δώσουν μία «σωστή» απάντηση παρά να διασύνδεουν μία δεδομένη απάντηση με τις βασικές αρχές της οπτικής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BOEN (Bulletin Officiel de l'Education Nationale) (1992). *Programme de Physique en Classe du quatrième et quatrième technologique*, no 31 (pp. 2094-2097). Paris: CNDP.
- Fawaz, A. (1985). *Image optique et vision. Etude exploratoire sur les difficultés des élèves de première au Liban*. Thèse de troisième cycle, Université Paris VII.
- Fawaz, A. & Viennot, L. (1986). Image optique et vision. *B.U.P.*, 686: 1125-1146.
- Guesne, E. et al. (1978). Méthodes et résultats concernant l'analyse des conceptions des élèves dans les différents domaines de la Physique. *Revue Française de Pédagogie*, 45: 25-32.
- Guesne, E. (1984). *Children ideas about light. New Trends in Physics Teaching*, Vol. IV. Paris: Unesco.
- Kaminski, W. (1991). *Optique élémentaire en classe de 4ème, raisons et impacts sur les maîtres d'une maquette d'enseignement*. Thèse de doctorat, Paris VII.
- Nathan, F. (1975). Sciences Physiques, manuel scolaire. In A. Tiberghien (ed.), *Les Ombres*. Paris: CNDP.
- Osborne, J. F. & Black, P. (1993). Young children's (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Sciences Education*, 15(1): 83-93.
- Tiberghien, A. (1975). *Les Ombres*. Paris: CNDP.
- Tiberghien, A. et al. (1980). Conception de la lumière chez l'enfant de 10-12 ans. *Revue Française de Pédagogie*, 50: 24-41.
- Tiberghien, A. (1983). Revue critique sur les recherches visant à élucider le sens de la notion de lumière pour les élèves de 10 à 16 ans. *Recherche en Didactique de la Physique, les Actes du premier atelier international* (125-136). Paris: CNRS.
- Viennot, L. (1993). Recherche en Didactique et Nouveaux Programmes d'enseignement : convergences. Exemple du programme de Physique de quatrième. *Didaskalia*, 3: 48-62.
- Wallon, H. (1963). *Les origines de la pensée chez les enfants*. Paris: PUF.

Abstract

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'une recherche sur l'enseignement de l'optique. Un des problèmes essentiels est celui des connaissances tant sur le plan conceptuel que méthodologique. Par-là, on entend tous les éléments déterminant les connaissances des stagiaires de P.I.U.F.M. et des élèves de quatrième ayant suivi les anciens programmes de l'optique. L'objectif général est de tenter d'étudier l'influence des changements de programmes sur l'enseignement de quelques concepts d'optique élémentaire. Pour les élèves, il n'est pas toujours évident a priori qu'ils reconnaissent la lumière comme entité, qui a des propriétés qui lui

sont propres. Pour les stagiaires ce n'est pas le cas, donc la comparaison des réponses peut être riche en renseignements. Dans cette recherche nous voulons savoir:

- Comment les interrogés utilisent les connaissances élémentaires en optique pour expliquer la formation d'ombre?
- Quels sont les critères entre les explications «du physicien» et les explications des interrogés?

Pour ce faire, des questionnaires d'optique ont été donnés à des élèves de quatrième ayant suivi les anciens programmes: ces questionnaires ont pour objectif de dégager des conceptions, dont certaines sont déjà connues. Les nouveaux programmes sont censés permettre aux élèves de les dépasser. Les questions de l'enquête ont été élaborées avec un double souci:

- préciser la nature des obstacles rencontrés par les élèves de quatrième «ancien programme»,
- voir si les obstacles perdurent avec les élèves des nouveaux programmes.

Le travail de cette recherche consiste à participer au dépouillement des premiers questionnaires. Il ne s'agit nullement d'un travail de duplication puisque les catégories sont à définir. Nous avons eu trois versions de questionnaires et chacune comprenaient quatre questions concernant l'étude de l'ombre et de la vision. Les questionnaires ont été construits d'après les hypothèses et les résultats des enquêtes précédentes. Notre analyse se base sur une grille de dépouillements des réponses.

Μιχάλης Καλογιαννιάκης

D.E.A. Διδακτική της Φυσικής, Πανεπιστήμιο Paris-VII

D.E.A. Επιστήμες της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Paris-V

Υποψήφιος διδάκτωρ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών,

Πανεπιστήμιο Paris-V

Υπεύθυνος ερευνών στο INRP

Institut National de la Recherche Pédagogique

Μιχαήλ Βλάχου 20, 71305 Ηράκλειο Κρήτης

Τηλ.: 0810 235643, +33680505317

email: mkalogian@noos.fr