

## Νοητικές παραστάσεις μαθητών της πέμπτης δημοτικού για την έννοια του χρόνου διάδοσης του φωτός

**Βασικές Έννοιες:** Χρόνος διάδοσης φωτός, νοητικές παραστάσεις, ιδέες μαθητών.

**Κώστας Ραβάνης**

Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών  
Τομέας Γνωστικής και Διαφορικής Ανάλυσης  
Πανεπιστήμιο Πατρών

### Περίληψη

Στο άρθρο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μιας έρευνας σχετικά με τις νοητικές παραστάσεις μαθητών της Πέμπτης Δημοτικού για την κατανόηση του χρόνου διάδοσης του φωτός. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με δείγμα 132 μαθητών 10 περίπου ετών και έδειξε ότι τα παιδιά στην ηλικία αυτή αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο ζήτημα της, ποιοτικού χαρακτήρα, αναγνώρισης της ιδιότητας αυτής του φωτός.

### Θεωρητικά και μεθοδολογικά στοιχεία

Η ερευνητική δραστηριότητα τόσο στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, όσο και στα διάφορα ρεύματα της Εκπαιδευτικής Ψυχολογίας, αμφισβητεί μια συσσωρευτική αντίληψη για το φαινόμενο της μάθησης. Οι γνώσεις δεν προστίθενται η μια στην άλλη έτσι ώστε η ωρίμανση και η διδασκαλία να αρκούν για την νοητική οικοδόμηση της φυσικής πραγματικότητας. Το παιδί συγκροτεί ερμηνευτικά σχήματα της πραγματικότητας γνωστά ως αυθόρμητες παραστάσεις ή ιδέες των μαθητών, οι οποίες συνήθως βρίσκονται σε αντίθεση με την εικόνα του φυσικού κόσμου την οποία συγκροτούν οι Φυσικές Επιστήμες (Weil-Barais, A. 1985, Giordan, A. et al. 1987, Ψύλλος, Δ. 1988).

Οι παραστάσεις όμως δεν είναι τυχαία κατασκευάσματα της σκέψης αλλά οφείλονται στο επίπεδο ανάπτυξης της νόησης. Μπορούμε λοιπόν να αντλήσουμε εξηγήσεις για τα χαρακτηριστικά των παραστάσεων από τις θεωρίες μάθησης. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιούμε ως ερμη-

νευτικό πλαίσιο την γενετική προσέγγιση του J. Piaget. Με βάση αυτή τη θεώρηση, για να επιτύχει ένα παιδί εκτιμήσεις για το φως και τις ιδιότητές του, συμβατές με αυτές της Γεωμετρικής Οπτικής, θα πρέπει να υπερβεί την προλογική - διαισθητική περίοδο της σκέψης, την προσκόλληση δηλαδή σε χαρακτηριστικά των καταστάσεων που αντιμετωπίζει και την επικέντρωση σε αντιληπτικά δεδομένα. Η νόηση επιπέδου συγκεκριμένων διεργασιών, που ισοδυναμεί με την ικανότητα επίτευξης λογικών προτάσεων και συντονισμών, επιτρέπει ορθές προβλέψεις σε πειραματικές καταστάσεις που σχετίζονται με το φως ως αυτόνομη οντότητα.

Για την Γενετική Ψυχολογία η οικοδόμηση της έννοιας του χρόνου βρίσκεται σε μία αξεδιάλυτη σχέση με την έννοια του χώρου. Οι συντονισμοί κινήσεων που συνδέουν τις διαστάσεις του χώρου και του χρόνου, οδηγούν στην οικοδόμηση της έννοιας του χρόνου στο επίπεδο των συγκεκριμένων διεργασιών, η οποία διαφοροποιείται από την έννοια στο επίπεδο της διαισθητικής σκέψης, ως προς την αντιμετώπιση των σχέσεων διάρκειας και διαδοχής. Αυτό συμβαίνει διότι, ενώ η νόηση που βασίζεται στο διαισθητικό χρόνο δεν είναι ικανή να διατυπώσει ολοκληρωμένους συλλογισμούς για το ταυτόχρονο ή το διαδοχικό των γεγονότων και το σύγχρονο ή όχι των διαρκειών, με τη μεσολάβηση των συγκεκριμένων διεργασιών εγκαθίστανται στη σκέψη οι αναγκαίες σχέσεις οι οποίες επιτρέπουν ορθές εκτιμήσεις. Για την αναγνώριση του χρόνου διάδοσης του φωτός μεταξύ πηγής και τελικού αποδέκτη, είναι απαραίτητη η δυνατότητα νοητικών επεξεργασιών με την έννοια της διάρκειας. Όσο όμως η σκέψη των παιδιών παραμένει διαισθητική, αυτά επιχειρούν χρονικές εκτιμήσεις βασισμένα απλώς και μόνο στα εξωτερικά αντιληπτικά δεδομένα και χαρακτηριστικά του προβλήμα-

τος το οποίο αντιμετωπίζουν. Έτσι π.χ. μπορούν να γίνονται εκτιμήσεις ανεξάρτητες του μήκους των διανυσμένων τροχιών και στηριγμένες στην τάξη διαδοχής των αντικειμένων. Η νόηση σε αυτό το επίπεδο δεν διαθέτει ικανότητα αντιστροφής των λογικών σχέσεων, με αποτέλεσμα ο χρόνος να παραμένει συνδεδεμένος με το περιεχόμενο του εξεταζόμενου προβλήματος και γι' αυτό η σύγκριση των διαρκειών είναι ατελής.

Στην έρευνά μας μελετήσαμε τις νοητικές παραστάσεις μαθητών της Πέμπτης Δημοτικού (μέση τιμή ηλικίας 9,94 έτη), με βάση τις οποίες ερμηνεύουν φαινόμενα που η Γεωμετρική Οπτική αποδίδει στο χρόνο διάδοσης του φωτός. Το δείγμα αποτέλεσαν 132 υποκείμενα (66 αγόρια και 66 κορίτσια), μαθητές 11 διαφορετικών τάξεων, 6 Σχολείων της Πάτρας, πριν δεχτούν συστηματική διδασκαλία στο σχολείο. Οι γονείς των παιδιών είχαν άθροισμα ετών επίσημης εκπαίδευσης από 12 μέχρι 24 χρόνια και δεν ήταν απόφοιτοι Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με ατομική κατευθυνόμενη συνέντευξη (Léon, A. 1977, σελ. 178) σε χώρους που μας διέθεσαν τα Σχολεία. Η δειγματοληψία ήταν «συμπωματική» (Κομίλη, A. 1989, σελ. 92).

Παρουσιάζουμε στη συνέχεια τις πειραματικές καταστάσεις τις οποίες προτείναμε για καταγραφή των παραστάσεων των σχετικών με το χρόνο διάδοσης του φωτός, καθώς και τα αποτελέσματα που πήραμε.

## Οι πειραματικές καταστάσεις και τα αποτελέσματα

### Πείραμα 1

Τα τρία ερωτήματα που ακολουθούν ανιχνεύουν το πρόβλημα των παραστάσεων των σχετικών με την κατανόηση του χρόνου διάδοσης του φωτός. Η διαδικασία των ερωτήσεων αυτών είναι ενιαία, με την έννοια ότι έχουν κοινό στόχο, ίδια μορφή και χρονικά, ακολουθούν η μία την άλλη. Στη σειρά αυτή των ερωτήσεων είχαμε να αντιμετωπίσουμε ορισμένα μεθοδολογικά προβλήματα.

Επειδή γνωρίζουμε (Guesne, E. 1984) ότι για την πλειοψηφία των παιδιών (και μάλιστα όχι της ηλικίας που εξετάζουμε εμείς αλλά μαθητών 13-14 ετών) αναγνωρίζεται ο χρόνος διάδοσης του φωτός, αλλά μόνο για μεγάλες αποστάσεις, μετακινήσαμε την πηγή σε τρεις διαφορετικές θέσεις, έτσι ώστε να ελέγξουμε τη σταθερότητα ή μή, της αναγνώρισης του χρόνου διάδοσης του φωτός ως συνάρτηση της απόστασης.

Διαθέτουμε επιτραπέζια λάμπα (220 V, 80 W) η οποία παραμένει σβυστή σε όλη τη διάρκεια του πειράματος. Τοποθετούμε λοιπόν τη φωτεινή πηγή διαδοχικά σε θέσεις που απέχουν από το υποκείμενο 30 cm(1α), 2 m (1β) και υποθέτουμε ότι τη μετακινούμε σε απόσταση 10 m περίπου (1γ). Για κάθε διαφορετική θέση της πηγής ρωτάμε. «Αν ανάψουμε τη λάμπα το φως της φθάνει αμέσως στα μάτια μας ή περνάει κάποιος χρόνος μέχρι να έρθει;».

Για όλες τις αποστάσεις οι απαντήσεις δίνονται με βάση τα ίδια παραστατικά πρότυπα και κατατάσσονται στις ίδιες δύο κατηγορίες.

A) Απαντήσεις οι οποίες αναγνωρίζουν ότι η διάδοση του φωτός στο χώρο απαιτεί χρόνο.

B) Απαντήσεις υποκειμένων τα οποία πιστεύουν ότι το φως δεν χρειάζεται χρόνο για να διαδοθεί.

Οι απαντήσεις εξαρτώνται συχνά από την απόσταση. Έτσι κάποια υποκείμενα υποστηρίζουν ότι σε μικρές αποστάσεις το φως ταξιδεύει αμέσως, ενώ όταν η απόσταση αυξάνεται απαιτείται χρόνος. Π.χ. «.. θάρθει αμέσως (1α) ... κάποιος λίγος χρόνος, όχι πολύς ... γιατί είναι λίγο μακριά, αν είναι κοντά δεν περνάει καθόλου χρόνος (1β) ... πολύ ... θα κάνει πολύ (1γ)» (Υ.61).

Για άλλα υποκείμενα το φως έρχεται πάντα χωρίς χρονική καθυστέρηση ανεξάρτητα από την απόσταση. Π.χ. «Φτάνει αμέσως στα μάτια μας (1α) ... θα φτάσει αμέσως (1β) ... θα περάσει κάποιος χρόνος γιατί θάναι το φως της ημέρας και θα το εμποδίζει νάρθει αμέσως ... (αν όμως είναι βράδυ) τότε θάρθει αμέσως (1γ)» (Υ.24).

Επίσης άλλα υποκείμενα αναγνωρίζουν ότι η διάδοση του φωτός στο χώρο είναι φαινόμενο το οποίο εξελίσσεται χρονικώς ακόμα και για μικρές αποστάσεις. Π.χ. «Θα περάσει λίγος χρόνος (1α) ... θα περάσει πάλι λίγος χρόνος (1β) ... πάλι θα περάσει λίγος χρόνος (1γ)» (Υ.53).

Παρουσιάζουμε ακολούθως πίνακα, στον οποίο καταγράφονται οι συχνότητες των απαντήσεων των υποκειμένων στις ερωτήσεις για τις τρεις διαφορετικές αποστάσεις. Στον πίνακα αυτόν, όπως και στους επόμενους, καταγράφονται ως χαμένες τιμές (Χ.Τ.) και οι περιπτώσεις παιδιών τα οποία δεν απαντούν.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.**  
**ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΠΗΓΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΟ.**

	Απόλυτη συχνότητα			Σχετική συχνότητα %		
	1α	1β	1γ	1α	1β	1γ
Η διάδοση του φωτός απαιτεί χρόνο	25	72	91	18,9	54,5	68,9
Ακαριαία διάδοση του φωτός	106	60	40	80,3	45,5	30,3
Χ.Τ.	1	0	1	0,8	0	0,8

### Πείραμα 2

Ζητάμε από τα παιδιά την ακόλουθη πρόβλεψη. «Το φως του ήλιου έρχεται αμέσως στα μάτια μας, στη γη ή χρειάζεται χρόνο για να έρθει;».

Οι απαντήσεις εδώ είναι του ίδιου χαρακτήρα με αυτές του προηγούμενου ερωτήματος.

A) Απαντήσεις που αναγνωρίζουν ότι η διάδοση του φωτός απαιτεί χρόνο. Π.χ. «Περνάει κάποιος χρόνος γιατί ο ήλιος είναι πιο μακριά απ' τη γη ... ε ... κι ώσπου νάρθει το φως ...» (Υ.78).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.**  
**ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ.**  
**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΤΗΣ ΕΡΩΤΗΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ**  
**ΤΟ ΧΡΟΝΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΑΠΟ**  
**ΤΟΝ ΗΛΙΟ**

	Απόλυτες συχνότητες	Σχετικές συχνότητες %
Η διάδοση του φωτός απαιτεί χρόνο	66	50
Ακαριαία διάδοση του φωτός	39	29,5
Ακαριαία διάδοση του φωτός λόγω μεγάλης ισχύος του ήλιου	18	13,6
Χ.Τ.	9	6,8

Β) Απαντήσεις στις οποίες η διάδοση του φωτός θεωρείται ακραία. Π.χ. «... (το φως του ήλιου έρχεται) αμέσως» (Υ.113).

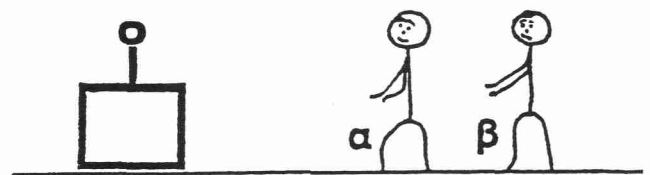
Γ) Στην περίπτωση του φωτός του ήλιου όμως, μπορούμε να διακρίνουμε και μια κατηγορία απαντήσεων στις οποίες η διάδοσή του θεωρείται ακαριαία λόγω της μεγάλης ισχύος της φωτεινής πηγής από την οποία προέρχεται το φως. Π.χ. «Όχι αυτό (το φως του ήλιου) έρχεται αμέσως στα μάτια μας γιατί έρχεται ίσια ... ο ήλιος αν είναι ... αφού είναι πολύ ψηλά ... έρχεται αμέσως γιατί έχει πολύ φως...» (Υ. 106).

Οι δύο τελευταίες κατηγορίες των απαντήσεων εμφανίζουν χαρακτηριστικά διαισθητικής σκέψης καθώς επιχειρούν ερμηνείες με βάση τα αντιληπτικά δεδομένα των προτεινομένων καταστάσεων. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε πίνακα συχνότητων των απαντήσεων των υποκειμένων.

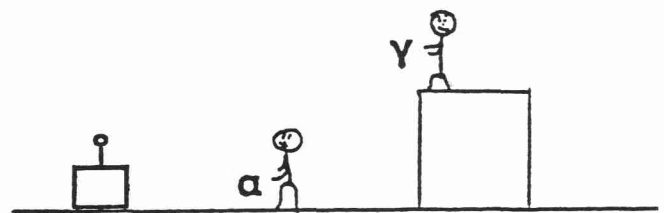
**Πειράματα 3,4**

Για τις πειραματικές καταστάσεις αυτές χρησιμοποιούμε μια πειραματική διάταξη της οποίας τα υλικά είναι: Αυτοσχέδια φωτεινή πηγή (χωρίς δυνατότητα λειτουργίας) που κατασκευάστηκε σε σχήμα κύβου από χαρτόνι ακμής 5 cm με μια λάμπα ενσωματωμένη στην άνω έδρα, την οποία αποκαλούσαμε «φάρο». Δύο ομοιώματα ανθρώπων (παιδικά στρατιωτάκια). Ένα κουτί από χαρτόνι ύψους 16 cm, το οποίο υποκαθιστά ένα λόφο. Μια χάρτινη ταινία πλάτους 16 cm και μήκους 55 cm, της οποίας 42 cm έχουν χρώμα μπλε και 13 cm χρώμα καφέ, ώστε να παριστάνουν τη θάλασσα και την ξηρά. Για κάθε μια ερώτηση χρησιμοποιήσαμε μια ειδική διευθέτηση των αντικειμένων. Στην πρώτη (πείραμα 3), οι άνθρωποι Α και Β βρίσκονται στην ξηρά σε αποστάσεις 42 cm και 50 cm από το φάρο (Σχήμα 1). Στη δεύτερη (πείραμα 4) ο ένας άνθρωπος (Α) βρίσκεται στην ξηρά σε απόσταση 42 cm και ο άλλος (Γ) σε λόφο πίσω από τον Α, σε απόσταση 50 cm και ύψος 16 cm από το φάρο (Σχήμα 2). Αφού εξηγήσουμε αναλυτικά σε κάθε παιδί τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων της πειραματικής διάταξης ρωτάμε: «Αν ανάψει ο φάρος ποιος θα δει

πρώτος, ο Α, ο Β (ή ο Γ) ή και οι δυο μαζί και πως εξηγείς την απάντησή;». Με τα ερωτήματα αυτά επιχειρούμε να εξετάσουμε το πρόβλημα του χρόνου διάδοσης του φωτός από την πλευρά της εκτίμησης των χρονικών διαστημάτων, στην περίπτωση όπου έχουμε διαδοχή των συμβάντων. Ο J. Piaget (1973, σελ. 40-41) γνωρίζοντας την έλλειψη αποκεντροθέτησης σε αυτό το επίπεδο, διαπίστωσε πως κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής η αναγνώριση της διαδοχής δεν είναι αρκετή για να εξαχθεί ως συμπέρασμα η επαρκής οικοδόμηση των χρονικών σχέσεων, αφού το πρόβλημα συγχέεται με τη διάταξη αντικειμένων στο χώρο, διάταξη η οποία οδηγεί σε μια διαισθητική αντιληπτική εμπλοκή.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

Στο 3ο πείραμα πείρουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Α) Έχουμε απαντήσεις, στις οποίες αναγνωρίζεται και εξηγείται ότι πρώτος θα δει το φως ο εγγύτερος προς τη φωτεινή πηγή αποδέκτης. Π.χ. «... θα το δει ο πρώτος ... γιατί το φως έρχεται γρήγορα κι έρχεται σ' αυτόν που είναι πρώτος και σ' αυτόν που είναι πίσω αργά πιο πολύ νάρθει...» (Υ. 54).

Β) Απαντήσεις υποκειμένων τα οποία αναγνωρίζουν ότι πρώτος θα δει το φως ο εγγύτερος προς τη φωτεινή πηγή αποδέκτης, αλλά δεν είναι σε θέση να δώσουν εξηγήσεις. Π.χ. «Πρώτα ο Α κι ύστερα ο Β ... γιατί ... ο φάρος είναι ... ίσα με τον Α και μετά ο φάρος κι ο Α ... όχι κι ο Α δίνει φως από ... τον πίσω ...» (Υ.23).

Γ) Μια άλλη κατηγορία περιλαμβάνει απαντήσεις στις οποίες γίνεται η εκτίμηση ότι οι αποδέκτες θα δουν ταυτόχρονα το φως, ανεξάρτητα από την απόστασή τους από τη φωτεινή πηγή. Π.χ. «Κι οι δύο μαζί» (Υ.64).

Δ) Για άλλα υποκείμενα προηγείται η άφιξη του φωτός στον αποδέκτη της απώτερης θέσης. Π.χ. «... ο Β ... αυτός που είναι πιο πίσω το βλέπει πιο καλά ...» (Υ.79). Ακόμα και όταν επισημάναμε ότι δεν ενδιαφερόμαστε για το ποιος

βλέπει καλύτερα αλλά για το αν βλέπει κάποιος πρώτος απάντησε πάλι «... ο Β ...».

Από το σύνολο των απαντήσεων χαρακτηριστικά τα οποία υπερβαίνουν την προλογική σκέψη έχουν μόνο αυτές της πρώτης κατηγορίας. Οι υπόλοιπες δεν επιτυγχάνουν αποκεντροθετήσεις από την υποκειμενική οπτική των αντιληπτικών δεδομένων.

Στο 4ο πείραμα έχουμε τις ακόλουθες απαντήσεις.

Α) Απαντήσεις στις οποίες αναγνωρίζεται ότι πρώτος θα δει το φως ο εγγύτερος προς τη φωτεινή πηγή. Π.χ. «Ο Α ... γιατί αυτός που είναι στα ψηλά φαίνεται πως είναι πολύ μακριά» (Υ.52).

Β) Απαντήσεις υποκειμένων στα οποία αναγνωρίζουν ότι πρώτος θα δει το φως ο εγγύτερος προς τη φωτεινή πηγή αποδέκτης, αλλά δεν είναι σε θέση να δώσουν εξηγήσεις. Π.χ. «Ο κάτω ... γιατί είναι ... γιατί εκείνος είναι απάνω (Γ) δεν μπορεί να κατέβει κάτω ... ο Α ήτανε κάτω και ο Γ ... είναι κάτω ...» (Υ.130).

Γ) Απαντήσεις στις οποίες γίνεται η εκτίμηση ότι οι αποδέκτες θα δουν ταυτοχρόνως το φως, ανεξαρτήτως της θέσης τους ως προς τη φωτεινή πηγή. Π.χ. «Νομίζω και οι δυο μαζί ...» (Υ.127).

Δ) Απαντήσεις υποκειμένων για τα οποία προηγείται η άφιξη του φωτός στον αποδέκτη της απώτερης θέσης ως προς τη φωτεινή πηγή. Π.χ. «Αυτός γιατί είναι πιο ψηλά ... όσο πιο ψηλά είναι βλέπει ... γιατί είναι πιο ψηλά από δω πέρα, κι είναι ανεβασμένος» (Υ.87). Οι απαντήσεις σε αυτή την κατηγορία όπως θα φανεί και από τον πίνακα συχνοτήτων που θα ακολουθήσει, είναι οι πολυπληθέστερες.

Παρουσιάζουμε τώρα τους πίνακες συχνοτήτων των απαντήσεων που έχουμε για τα πειράματα 3 και 4.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.**  
**ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΓΙΑ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΦΩΤΟΣ ΠΟΥ ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΣΕ ΑΝΙΣΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ, ΣΤΟ ΙΔΙΟ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.**

	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα %
Άφιξη φωτός στην εγγύτερη προς τη φωτεινή πηγή θέση, με εξήγηση	44	33,3
Άφιξη φωτός στην εγγύτερη προς τη φωτεινή πηγή θέση, χωρίς εξήγηση	1	0,8
Ταυτόχρονη άφιξη και στις δύο θέσεις	81	61,4
Άφιξη φωτός στην απώτερη από τη φωτεινή πηγή, θέση	5	3,8
Χ.Τ.	1	0,8

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.**  
**ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΓΙΑ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΦΩΤΟΣ ΠΟΥ ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΣΕ ΑΝΙΣΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ, ΚΑΙ ΣΕ ΑΝΙΣΟΥΨΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΠΕΔΑ.**

	Απόλυτη συχνότητα	Σχετική συχνότητα %
Άφιξη φωτός στην εγγύτερη προς τη φωτεινή πηγή θέση, με εξήγηση	5	3,8
Άφιξη φωτός στην εγγύτερη προς τη φωτεινή πηγή θέση, χωρίς εξήγηση	5	3,8
Ταυτόχρονη άφιξη και στις δύο θέσεις	59	44,7
Άφιξη φωτός στην απώτερη από τη φωτεινή πηγή θέση	63	47,7

### Συμπεράσματα

Μελετώντας τον πρώτο πίνακα συχνοτήτων, γίνεται φανερό ότι το ζήτημα του χρόνου διάδοσης του φωτός στην αυθόρμητα διαμορφωμένη σκέψη σχετίζεται με την απόσταση φωτεινής πηγής - αποδέκτη. Έτσι, για αποστάσεις 30 cm, 2m, 10m, τα αντίστοιχα ποσοστά ορθών απαντήσεων είναι 18,9%, 54,5% και 68,9%. Η ατελής διαισθητική νοητική οικοδόμηση των σχέσεων οι οποίες οδηγούν σε εκτιμήσεις των διαρκειών, που κυριαρχεί κατά την περίοδο της διασθητικής σκέψης (Piaget, J. 1973), δεν επιτρέπει τη διατύπωση συλλογισμού ανεξάρτητου από τη διάταξη των αντικειμένων στο χώρο. Ενώ λοιπόν για κάποια υποκείμενα η διάδοση του φωτός είναι εξ αρχής ανεξάρτητη από την απόσταση, για αρκετά άλλα παιδιά η αδυναμία συντονισμού χωρικών και χρονικών σχέσεων δεν εγκαθιστά μία αντιστοιχία απόστασης και χρόνου διάδοσης του φωτός, αλλά οδηγεί σε κατά περίπτωση αντιμετώπισεις του τύπου «από μακριά χρειάζεται χρόνο», ενώ «από κοντά δεν χρειάζεται χρόνο», με «μακριά» και «κοντά», βεβαίως, εντελώς υποκειμενικού χαρακτήρα. Πρόκειται ακριβώς για το σημείο στο οποίο πρέπει να επιχειρήσουμε παρέμβαση κατά τη διδακτική διαδικασία, ώστε να οδηγήσουμε τη σκέψη του υποκειμένου προς μία συναρμογή χωροχρονικών σχέσεων, η οποία να επιτρέπει ορθές εκτιμήσεις με βάση σταθερό σύστημα κριτηρίων επιπέδου λογικής σκέψης.

Η δεύτερη πειραματική κατάσταση έθετε ουσιαστικά το ίδιο ερώτημα με την προηγούμενη, μόνο που εκτός του ότι η απόσταση φωτεινής πηγής και αποδέκτη ήταν η απόσταση γης - ήλιου, τοποθετήσαμε στη θέση της φωτεινής πηγής τον ήλιο. Αρκετά υποκείμενα εδώ, βασισμένα σε ένα διαισθητικού χαρακτήρα σχήμα, επικεντρώνονται στην ισχυρή ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας του ήλιου

και εξαιτίας αυτού του γεγονότος αποφαίνονται ότι το φως έρχεται «αμέσως», αμελώντας έτσι τη μεγάλη απόσταση την οποία έχει να διανύσει. Μία παρόμοια διαπίστωση άλλωστε, τη σύνδεση δηλαδή της διάδοσης του φωτός με το μέγεθος ή την ισχύ της πηγής έχουν κάνει και οι B. Stead και R. Osborne (1980). Αντιθέτως η μη διαισθητική σκέψη δεν παρασύρεται από το έντονο αντιληπτικό ερέθισμα και οδηγείται σε ορθά συμπεράσματα μέσα από την συνεκτίμηση απόστασης και διάρκειας.

Στο τρίτο και τέταρτο πείραμα οι διευθετήσεις των αντικειμένων των πειραματικών διατάξεων οδηγούν σε μεγάλη διαφορά ορθών εκτιμήσεων (33,3% και 3,8% αντιστοίχως), στις οποίες παρέχεται ικανοποιητική εξήγηση με βάση την αναγνώριση του χρόνου διάδοσης του φωτός, δηλαδή με βάση χαρακτηριστικά σκέψης επιπέδου συγκεκριμένων διεργασιών ή το μοντέλο της Γεωμετρικής Οπτικής. Στην διάταξη του τρίτου πειράματος οι δύο αποδέκτες βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και έτσι θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι τον αυξημένο αριθμό ορθών απαντήσεων οφείλουμε στη χωρική διευθέτηση. Όμως, οι εξηγήσεις που παρέχουν τα υποκείμενα έχουν σαφή χαρακτηριστικά χωροχρονικού συντονισμού και γι' αυτό δεν μπορούν να κατάταγουν στην κατηγορία της διαισθητικής σκέψης. Εξ άλλου εδώ έχουμε διαισθητικού τύπου απαντήσεις, οι οποίες άλλοτε «μιμούνται» τη σωστή απάντηση χωρίς όμως να μπορούν να την αιτιολογήσουν με βάση το χρόνο διάδοσης του φωτός και άλλοτε δεν κάνουν χρονική διάκριση για την άφιξη του φωτός στους δύο αποδέκτες. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε μία «διαρθωμένη διαίσθηση», αν σε αυτή την κατηγορία συμπεριληφθούν οι απαντήσεις οι οποίες ανταποκρίνονται σε μία κατάσταση αλλά δεν μπορούν να αναπαραχθούν σε άλλα προβλήματα γιατί δεν στηρίζονται σε συνεπαγωγές λογικών πράξεων, αλλά σε απλές αντιληπτικές εκτιμήσεις (Piaget, J. 1986, σελ. 154). Στη δεύτερη περίπτωση παίρνουμε καθαρά διαισθητικού χαρακτήρα προβλέψεις. Επίσης παρατηρούνται και ολιγάριθμες απαντήσεις στις οποίες τα υποκείμενα επικεντρώνονται στον απώτερο από τη φωτεινή πηγή αποδέκτη, που όμως είναι ο εγγύτερος προς τη θέση στην οποία κάθονται τα παιδιά κατά τη διάρκεια του πειράματος. Φαίνε-

ται ότι η γεινίαση αυτή, σε συνδυασμό με την έλλειψη μη αντιληπτικών κριτηρίων οδηγεί σε αυτή την επικέντρωση.

Στην πειραματική διάταξη του τέταρτου πειράματος, ο δεύτερος αποδέκτης βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο από τον πρώτο. Εδώ έχουμε ελάχιστες σωστές απαντήσεις και επίσης ελάχιστες που έχουν χαρακτήρα «διαρθρωμένης διαίσθησης». Στην περίπτωση αυτήν, τα παιδιά σε ποσοστό 44,7%, χωρίς να αναγνωρίζουν το χρόνο διάδοσης του φωτός, πιστεύουν στο ταυτόχρονο της άφιξης του φωτός στους δύο αποδέκτες. Τα περισσότερα όμως υποκείμενα (47,7%), επικεντρωμένα στην υψηλότερη θέση του απώτερου από την πηγή αποδέκτη, δεν χρησιμοποιούν το ίδιο σύστημα κριτηρίων με αυτό του προηγούμενου πειράματος, με δεδομένο ότι παρόμοια απάντηση έδινε στο τρίτο πείραμα μόνο το 3,8% επί του συνόλου του δείγματος. Το γεγονός αυτό, θα μπορούσε να εκληφθεί ως αντίφαση αν δεν γνωρίζαμε ότι «ένα παιδί που φθάνει σε νέο στάδιο ανάπτυξης δεν οδηγείται αμέσως στην κυριαρχία όλων των διανοητικών λειτουργιών αυτού του σταδίου» (Longeot, F. 1969, σελ. 49).

Από διδακτική άποψη ο χρόνος διάδοσης του φωτός είναι μία ιδιότητα πολύ ενδιαφέρουσα, καθώς εκτός από την οικοδόμηση της ίδιας της έννοιας προσφέρεται για επίτευξη χωροχρονικών συντονισμών. Βεβαίως στο επίπεδο της ηλικίας αυτής και δεδομένου ότι η ταχύτητα του φωτός είναι τόσο μεγάλη ώστε ο χρόνος διάδοσής του σε αποστάσεις οι οποίες προσφέρονται για πειραματικές προσεγγίσεις είναι στην πραγματικότητα μη μετρήσιμος, οι δυσκολίες που παρουσιάζονται είναι μεγάλες. Παρ' όλα αυτά μία εκπαιδευτική δραστηριότητα για το φως είναι υποχρεωμένη να συμπεριλάβει στη θεματολογία της και το ζήτημα του χρόνου διάδοσης του φωτός. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνάς μας λοιπόν, η προσχή μίας διδακτικής παρέμβασης θα πρέπει να εστιάζεται στην αντιμετώπιση τόσο της μεταβολής των εκτιμήσεων των παιδιών σε συνάρτηση με την απόσταση φωτεινής πηγής και αποδέκτη, όσο και των επικεντρώσεων σε στοιχεία διευθέτησης στο χώρο των προτεινομένων πειραματικών καταστάσεων.

## Βιβλιογραφικές αναφορές

- Giordan, A. et al. 1987 *L'élève et / ou les connaissances scientifiques*. P. Lang, Berne.
- Guesne, E. 1984. Children's ideas about light. *New Trends in Physics Teaching*, v. IV, p. 179-192, UNESCO, Paris.
- Léon, A. et col. 1977. *Manuel de psychopédagogie expérimentale*. PUF, Paris.
- Longeot, F. 1969. *Psychologie différentielle et théorie opératoire de l'intelligence*. Dunod, Paris.
- Piaget, J. 1973. *Le développement de la notion de temps chez l'enfant*. PUF 2ème édition, Paris.
- Piaget, J. 1986. *Η ψυχολογία της νοημοσύνης*. Καστανιώτης, Αθήνα.
- Stead, B. Osborne, R. 1980. Exploring student's concepts of light. *Australian Science Teacher Journal*, v.26, n.3, p.84-90.
- Weil-Barais, A. 1985. L'étude des connaissances des élèves comme préalable à l'action didactique. *Bulletin de Psychologie*, n.368, p. 157-160.
- Κομίλη, Α. 1989. *Βασικές αρχές και μέθοδοι επιστημονικής έρευνας στην Ψυχολογία*. Οδυσσέας, Αθήνα.
- Ψύλλος, Δ. 1988. *Οι επιπτώσεις των ιδεών των μαθητών στο σχεδιασμό της διδακτικής διαδικασίας*. Διεθνές workshop Διδακτικής της Φυσικής, Ρόδος.