



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΙΛΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΙΣΤΟΡΙΑΣ, ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΩΝ ΑΓΑΘΩΝ



Università degli Studi di Torino  
Dipartimento di Psicologia

**ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (ΔΙ.Π.Μ.Σ.)**

**«Ανάπτυξη δεξιοτήτων εκπαιδευτικών στην ειδική αγωγή και εκπαίδευση για την διαχείριση προβλημάτων σε μαθητές με σύνθετες γνωστικές, συναισθηματικές και κοινωνικές δυσκολίες και στις οικογένειές τους»**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Της

**Μαρίας Πανουκλιά**

Διπλωματούχου Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 2013

**“Η Διδακτική των Φυσικών Εννοιών σε μαθητές με ΕΕΑ με τη βοήθεια εκπαιδευτικού λογισμικού”**

**“L’insegnamento dei concetti di fisica ad allievi con bisogni educativi speciali mediante l’ausilio di software educativo”**

**“Teaching the concepts of physics to students with special educational needs with the help of educational software”**

**Επιβλέπων Καθηγητής:** Σάββας Παπαπέτρου,  
Λέκτορας

**Συνεπιβλέπων Καθηγητής:** Γεώργιος Δράκος,  
Ομότιμος Καθηγητής

**Καλαμάτα, Οκτώβριος 2015**

*Στη μνήμη όλων των προσφύγων που χάθηκαν  
και συνεχίζουν να χάνονται στα νερά της  
Μεσογείου...*

## Πίνακας περιεχομένων

Πρόλογος.....	6
Ευχαριστίες .....	8
Εισαγωγή .....	9
Βασικές έννοιες και ορολογίες της διδακτικής.....	12
□ Μάθηση.....	12
□ Μέθοδοι διδασκαλίας.....	13
□ Στρατηγικές διδασκαλίας.....	13
Οπτικά φαινόμενα .....	15
□ Ανάκλαση.....	15
□ Διάθλαση.....	16

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

#### Διδασκαλία της Φυσικής

1.1. Τα χαρακτηριστικά της Φυσικής ως γνωστικού αντικειμένου .....	18
1.2. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	22
1.3. Στοιχεία για τη διδασκαλία της Φυσικής στην Ελλάδα.....	24
1.4. Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών στο πλαίσιο της παραδοσιακής Παιδαγωγικής.....	24
1.4.1. Φάσεις παραδοσιακού μοντέλου διδασκαλίας.....	26
1.5. Η Διδακτική της Φυσικής στο πλαίσιο της ανακαλυπτικής Παιδαγωγικής .....	26
1.5.1. Φάσεις ανακαλυπτικού μοντέλου διδασκαλίας .....	29
1.6. Οι ερευνητικοί προσανατολισμοί της «σύγχρονης» Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.....	30
1.7. Το εποικοδομητικό ρεύμα.....	30
1.7.1. Το μοντέλο Driver και Oldham (1986).....	32
1.7.2. Το μοντέλο 5E του Bybee (1997, 2006) .....	33
1.8. Η γνωστική σύγκρουση .....	34

1.9. Το εκπαιδευτικό ρεύμα STSE.....	35
1.10. Το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο .....	37

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **Διδασκαλία και σύγχρονη διδακτική των Φυσικών Επιστημών**

2.1. Ο σκοπός της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών .....	38
2.2. Η σύγχρονη διδακτική των Φυσικών Επιστημών.....	40
2.3. Μορφή διδασκαλίας με τη χρήση εποπτικών μέσων .....	46
2.4. Σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών.....	47
2.5. Η σημασία της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με πειράματα .....	48

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε όλα τα παιδιά: η πρόκληση του μέλλοντος**

3.1. Θέσπιση νομοθεσίας και στόχων εκπαίδευσης για όλους τους μαθητές .....	52
3.2. Επιστημονικός αλφαριθμητισμός στη σύγχρονη πραγματικότητα .....	54
3.2.1. Δράσεις και προγράμματα για μια ισότιμη εκπαίδευση .....	54
3.3. Ειδικές κατηγορίες μαθητών που πιστεύεται ότι θα ευνοηθούν από την παρούσα έρευνα .....	57
3.3.1. Μαθητές με ήπιες εκπαιδευτικές δυσκολίες .....	57
3.3.2. Μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες .....	58
3.3.2.1. Μαθητές με ειδικές μαθησιακές δυσκολίες .....	58
3.3.2.2. Μαθητές με σχολικές δυσκολίες.....	59
3.3.3. Υπερευφυείς (gifted) και Ταλαντούχοι (talented) μαθητές .....	60
3.4. Μαθητές με ΕΕΑ στο γενικό ελληνικό σχολείο .....	61

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **Διδακτική των Φυσικών Εννοιών και εκπαιδευτικό υλικό**

4.1. Εκπαιδευτικό υλικό.....	63
4.1.1. Κατηγορίες εκπαιδευτικού υλικού.....	65
4.2. ΤΠΕ και Διδακτική των φυσικών εννοιών .....	65
4.2.1. Νέες Τεχνολογίες στο χώρο της εκπαίδευσης .....	66
4.2.2. Μορφή διδασκαλίας με τη χρήση εποπτικών μέσων.....	68
4.2.2.1. Εικονική πραγματικότητα και Φ.Ε. ....	70
4.3. Η σημασία του πειράματος στις Φ.Ε. ....	71

4.3.1. Πείραμα και μαθήματα των Φυσικών Επιστημών.....	72
--	----

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

#### Στην καρδιά της έρευνας

□ Γενικά στοιχεία των Σεναρίων – Φύλλων Εργασίας .....	75
5.1. Ειδικοί στόχοι .....	75
5.2. Παιδαγωγικά στοιχεία του σεναρίου: Μεθοδολογία έρευνας – Περιορισμοί .....	76
5.3. Αποτελέσματα.....	77
5.4. Συμπεράσματα – Παιδαγωγικές Προτάσεις.....	102
Αντί επιλόγου.....	104
Βιβλιογραφία .....	105
Παράρτημα .....	121

## Πρόλογος

*«Σε κάποιο βαθμό η επιστήμη είναι δύσκολη, γιατί απλώς είναι δύσκολη. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι το υλικό που πρέπει να αφομοιώσει κάποιος εμπλέκει πάρα πολλές ιδέες, μερικές από τις οποίες είναι εντελώς αντίθετες με τη διαίθησή μας (...) Αυτό που δεν έχει γίνει εξίσου κατανοητό, είναι οι διάφοροι τρόποι με τους οποίους αυτό το ήδη δύσκολο αντικείμενο γίνεται ακόμη δυσκολότερο από την ίδια την παιδαγωγική προσέγγιση που ακολουθείται κατά τη διδασκαλία του.»*

(Από τη μελέτη της Sheila Tobias)

Οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν την τρίτη σε σπουδαιότητα ενότητα μαθημάτων του Αναλυτικού Προγράμματος τόσο στην Πρωτοβάθμια όσο και στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, μετά την Ελληνική Γλώσσα και τα Μαθηματικά. Περιλαμβάνουν έννοιες και θεματικές ενότητες που οργανώνονται και κατανέμονται σε διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα όπως Φυσική, Χημεία, Βιολογία.

Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών αναλύει, εξετάζει και προτείνει λύσεις στα προβλήματα που προκύπτουν από τη διδασκαλία τους. Το αντικείμενό της αποτελείται από επιμέρους αλληλοεπιδρώμενα στοιχεία, όπως για παράδειγμα τον προβληματισμό που συνοδεύει τη στοχοθεσία και την απάντηση διαφόρων ερωτημάτων, την επιλογή του περιεχομένου, τα προβλήματα διάταξης, διαδοχής και ρυθμού μετάβασης των στοιχείων που επιλέγονται να διδαχθούν, την επιλογή της κατάλληλης στρατηγικής μάθησης, την αξιολόγηση των μαθητών κ.α. (Κουλαϊδής, 2001).

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές πρόοδοι στα επιστημονικά πεδία, που μελετούν τις μαθησιακές και γνωστικές διαδικασίες αναφορικά με την κατανόηση του τρόπου μάθησης των παιδιών και με την εύρεση ενός κατάλληλου μοντέλου διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, ώστε οι τελευταίες να συνεισφέρουν στην προετοιμασία των μαθητών ως αυριανών ενεργών πολιτών σε έναν κόσμο που συνεχώς εξελίσσεται (National Research Council, 2012). Όμως, παρά τις προόδους που έχουν γίνει, έρευνες (Shwartz, et al, 2008) δείχνουν, ότι οι μαθητές: α) δεν κατανοούν τις θεμελιώδεις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, β) επιλύουν τα διάφορα προβλήματα μηχανικά, γ) μαθαίνουν γεγονότα εφαρμόζοντας τη μέθοδο της αλόγιστης απομνημόνευσης, δ) δεν επιχειρούν γενίκευση των όσων διδάσκονται στην καθημερινή ζωή και ε) παρουσιάζουν έλλειψη κινήτρων σχετικά με την προαγωγή της μάθησής τους. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι αυτή η δυσκολία στην κατανόηση της φυσικο-επιστημονικής γνώσης έχει καταγραφεί σε πολλές χώρες, στις οποίες εφαρμόζονται διαφορετικά Αναλυτικά Προγράμματα και πρακτικές διδασκαλίας.

Όλο και συχνότερα παρατηρούνται στη διεθνή βιβλιογραφία λανθασμένες αντιλήψεις ενηλίκων σε βασικές έννοιες και φαινόμενα, που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες, παρόλο που τις έχουν διδαχτεί για πολλά χρόνια (Driver, et al.,

1994). Επιπλέον, έρευνα των Bargerhuff & Wheatly (Kirch, Bargerhuff, Turner, & Wheatly, 2005) κατέληξε στο συμπέρασμα, ότι η διδασκαλία των εννοιών της φυσικής δεν είναι το ίδιο αποτελεσματική σε μαθητές με ΕΕΑ όταν διδάσκεται με τον παραδοσιακό τρόπο. Στην παραπάνω διαπίστωση ήρθε να προστεθεί και το πόρισμα έκθεσης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής “Science Education in Europe: National Policies, Practises and Research” που αποτυπώνει τη δυσκολία κατάκτησης βασικών εννοιών των Θετικών Επιστημών από την πλειοψηφία των μαθητών και ιδίως από τους μαθητές ήπιων εκπαιδευτικών αναγκών (European Commission, 2011).

Έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις που προσπαθούν να ερμηνεύσουν αυτήν την αδυναμία εμπέδωσης, όπως είναι η ελλιπής υλικοτεχνική υποδομή, οι διαφορετικές παιδαγωγικές πρακτικές, ο τρόπος εκπαίδευσης και επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών, η έλλειψη παιδαγωγικής κατάρτισης των εκπαιδευτικών κ.α. (Κουμπάρου & Λουζιώτης, 2009; Hastings & Oakford, 2003; Κουλαϊδής, 2001).

Σήμερα, πολλοί μαθητές παρουσιάζουν μαθησιακά προβλήματα. Στον τομέα της εκπαίδευσης, πολλοί δάσκαλοι χαρακτηρίζουν αναγκαία την εξατομικευμένη εκπαιδευτική ανάπτυξη του μαθητή. Με βάση αυτόν τον συλλογισμό, κάθε παιδί μπορεί να θεωρηθεί ως μαθητής με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και έτσι θα πρέπει να γίνουν τα απαραίτητα βήματα για την προετοιμασία μιας κατάλληλης εκπαιδευτικής τεχνολογίας στις επιστήμες και ειδικότερα στη διδακτική των επιστημών (Trna, Trnova, & Makydova, 2010).

Στα πλαίσια των παραπάνω προβληματισμών πραγματοποιήθηκε αυτή η ερευνητική εργασία, η οποία επιχειρεί να ανοίξει το ζήτημα της εξατομικευμένης προσέγγισης στην ανάπτυξη του κάθε μαθητή στη Φυσική (και στην επιστήμη της εκπαίδευσης γενικότερα), έχοντας ως απώτερο σκοπό να εντοπίσει τα προβλήματα που σχετίζονται με τη διδασκαλία συγκεκριμένων περιοχών της Φυσικής και να συμβάλλει στη διατύπωση προτάσεων για τον όσο το δυνατόν καλύτερο σχεδιασμό των αντίστοιχων διδακτικών ενοτήτων και την αποτελεσματικότερη μάθησή τους από τα παιδιά.

Με δεδομένο ότι μέχρι σήμερα έχουν εκπονηθεί ελάχιστες έρευνες σε δείγμα μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και θεωρώντας ότι η Φυσική αποτελεί ουσιώδη γνώση για την καθημερινή ζωή επιχειρείται η διδακτική των φυσικών εννοιών στο γνωστικό αντικείμενο της οπτικής “Ανάκλαση – Διάθλαση” σε μαθητές με ΕΕΑ με τη βοήθεια εκπαιδευτικού λογισμικού μέσω πειράματος. Συγκεκριμένα, η εργασία περιλαμβάνει το θεωρητικό μέρος, όπου τίθεται ο προβληματισμός και το ερευνητικό στο οποίο παρουσιάζονται και σχολιάζονται «Πρότυπα Φύλλα Εργασίας σε Οπτικά Φαινόμενα».

## Ευχαριστίες

Οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την πατρότητα του θέματος και για τη συνεργασία στον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας κ. Σάββα Παπαπέτρου, καθώς και στον συνεπιβλέποντα ομότιμο καθηγητή κ. Γεώργιο Δράκο.

Ευχαριστώ τους καθηγητές κκ. Γεώργιο Νικολάου, Ιωάννη Φύκαρη και Σπυρίδωνα Σούλη για την εμπιστοσύνη που με περιέβαλλαν στα πολύ αρχικά μου βήματα στο δρόμο της ειδικής αγωγής.

Ευχαριστώ από καρδιάς τη φίλη μου Ελένη Νάστου για τη βοήθειά της στην επιμέλεια και τεχνική επεξεργασία του κειμένου, τη φυσικό Αγγελική Τσερωτά για τις υποδείξεις και τη συμβολή της στο σχεδιασμό των πειραμάτων, το μηχανικό Γιάννη Δημητρακόπουλο για τη βοήθειά του με τα ηλεκτρονικά αρχεία και τη συμφοιτήτρια Παναγιώτα Ζέλου για τη στήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

*Στη μνήμη των παππούδων μου, στην αγαπημένη μου γιαγιά Τούλα, στους γονείς μου, στην αδερφή μου και στον Κωστή αφιερώνω με αγάπη αυτή την ερευνητική εργασία. Χωρίς την αγάπη και τη στήριξή σας δε θα βρισκόμουν εδώ που είμαι σήμερα.-*

Μαρία Πανουκλιά  
Τρίπολη, 1/10/2015





## Εισαγωγή

Ανέκαθεν, η περιοχή της Οπτικής δημιουργούσε προβλήματα στους ερευνητές και στους επιστήμονες, κυρίως, γιατί υπήρχε ένα περίπλοκο ανακάτεμα ανάμεσα στην εμπειρία μέσω των αισθήσεων και στη φυσική του φωτός. Πράγματι, από τον 5ο π.Χ. αιώνα, την εποχή του Εμπεδοκλή, και για αρκετούς αιώνες κυριαρχούσε η επιστημονική άποψη, ότι το φως είναι μια δέσμη από σωματίδια τα οποία εκπέμπει η φωτοβολούσα πηγή· τα σωματίδια αυτά προσπίπτουν στον οφθαλμό και διεγείρουν το αισθητήριο της όρασης.

Το 1662, στο Cambridge, ο Isaac Newton άρχισε τα πρώτα πειράματα με το φως κατασκευάζοντας ο ίδιος τις συσκευές που χρειαζόταν στις αίθουσες του κολλεγίου Τρίνιτυ. Μερικά χρόνια αργότερα, το 1702, θα πρωτοδημοσιευτεί το έργο του “Opticks”, με σημαντικές ανακαλύψεις σχετικά με το σχηματισμό ειδώλων από φακούς, με την ανάλυση του φάσματος, με τα πρώτα θεμέλια της θεωρίας των χρωμάτων κλπ (Segrè, 2001). Μεταξύ άλλων, ξεχωρίζει η ερμηνεία των νόμων της ανάκλασης και της διάθλασης, νόμων που αφορούν αυτό που σήμερα ονομάζεται Γεωμετρική Οπτική, με βάση μια στοιχειώδη σωματιδιακή θεωρία του φωτός.

Οι περισσότεροι επιστήμονες ενστερνίστηκαν τη σωματιδιακή θεωρία του Newton για τη φύση του φωτός. Ενώ όμως ο Newton ζούσε ακόμη, το 1678 ο Ολλανδός φυσικός Christian Huygens, (1629 – 1695) απέδειξε τους νόμους της ανάκλασης, της διάθλασης και της περίθλασης βασιζόμενος στην αντίληψη, ότι το φως είναι ένα είδος κυματικής κίνησης. Όμως, η κυματική αυτή θεώρηση του φωτός δεν έγινε αμέσως αποδεκτή από τους επιστημονικούς κύκλους της εποχής. Μολονότι ήταν κοινώς αποδεκτό, ότι το φως διαδίδεται στο κενό, διότι το φως του Ήλιου και των αστέρων φτάνει στη Γη διαμέσου του κενού διαστήματος, υπήρχε η θεώρηση, ότι όλα τα κυματικά φαινόμενα, π.χ. τα ηχητικά κύματα, τα κύματα στο νερό κλπ, χρειάζονται ένα μέσο διάδοσης. Επιπλέον, υπήρχε η παραδοχή σε μεγάλο βαθμό, ότι εάν το φως είναι πράγματι κύμα, τότε πρέπει να παρακάμπτει τα εμπόδια.

Αντίθετα με τις παραπάνω παραδοχές, σήμερα είναι γνωστό, ότι το φως περιθλάται γύρω από τα εμπόδια που συναντά στο δρόμο του. Ωστόσο, είναι δύσκολο να παρατηρηθεί το φαινόμενο της περίθλασης του φωτός, εξαιτίας του πάρα πολύ μικρού μήκους κύματος που έχουν τα κύματά του. Παρά τα γεγονότα ότι το 1660 ο Francesco Grimaldi (1618 – 1663) απέδειξε πειραματικά, ότι το φως περιθλάται, το τεράστιο κύρος του Newton επηρέαζε τους φυσικούς της εποχής τόσο πολύ, ώστε αγνοούσαν τα πειραματικά αποτελέσματα άλλων πιο άσημων φυσικών.

Μόλις το 1802 στην Αγγλία υπήρξε ουσιαστική πρόοδος σε πειράματα και ιδέες που αφορούσαν την Οπτική από τον Thomas Young (1773 – 1829), ο οποίος κατανόησε πλήρως και απέδειξε με το περίφημο «πείραμα της διπλής σχισμής ή πείραμα Young» την αρχή της συμβολής, δηλαδή ότι υπό ορισμένες συνθήκες το φως συμβάλλει σαν να είναι κύμα, καθιερώνοντας, ουσιαστικά, την κυματιδιακή φύση του. Με άλλα λόγια, εάν έχουμε δύο φωτεινές πηγές, το φως που εκπέμπουν συνδυάζεται

έτσι ώστε σε ορισμένα σημεία του χώρου να αυτοκαταργείται εξαιτίας του φαινομένου της καταστρεπτικής (αποσβεστικής) συμβολής. Ήταν αδύνατο να ερμηνευθεί τέτοιου είδους συμπεριφορά με τη σωματιδιακή θεωρία, διότι στη σκέψη των επιστημόνων της εποχής δεν υπήρχε περίπτωση να αλληλοκαταργούνται δύο ή περισσότερες φυσικές οντότητες.

Αρκετά χρόνια αργότερα, ο Γάλλος φυσικός Augustin Fresnel, (1788 – 1827) έκανε μια σειρά από πειράματα συμβολής, καταλήγοντας σε μια ολοκληρωμένη θεωρία σχετικά με την πόλωση του φωτός. Το 1850 οι Γάλλοι φυσικοί Léon Foucault (1819 – 1868) και Hippolyte Fizeau (1819 – 1896) μέτρησαν την ταχύτητα του φωτός στον αέρα και προσδιόρισαν την απόλυτη τιμή της. Ο Foucault απέδειξε επίσης, ότι η ταχύτητα διάδοσης φωτός στα υγρά είναι μικρότερη από την ταχύτητά του στον αέρα, ενώ η σωματιδιακή θεωρία προέβλεπε, ότι η ταχύτητα του φωτός στο γυαλί και στα υγρά είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητά του στον αέρα. Το 1854 οι Bunsen (1811 – 1899) και Kirchhoff (1824 – 1887) επινόησαν τη φασματική ανάλυση, ενώ ο Fraunhofer (1787 – 1826) συνέβαλλε στην κατασκευή αρκετών οπτικών οργάνων με τη μορφή που είναι γνωστή μέχρι και σήμερα. Κατά την διάρκεια του 19ου αιώνα ακολούθησαν πληθώρα πειραμάτων που στήριζαν ακόμη πιο πολύ την κυματική θεωρία του φωτός.

Η πιο σημαντική εξέλιξη του 19ου αιώνα στη μελέτη του φωτός ήταν το έργο του James Maxwell (1831 – 1879). Το 1865 απέδειξε, ότι το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο ταξιδεύουν στο χώρο σε μορφή κυμάτων με ταχύτητα  $3 \cdot 10^8$  m/s -τιμή που συμφωνεί πειραματικά με την ταχύτητα του φωτός. Ο ίδιος το 1873 στο έργο του «Πραγματεία στον Ηλεκτρισμό και Μαγνητισμό» ανέπτυξε μια σειρά εξισώσεων που ένωσαν προηγουμένως ασύνδετες παρατηρήσεις, πειράματα και εξισώσεις ηλεκτρισμού, μαγνητισμού και οπτικής σε μία συμπαγή θεωρία. Η θεωρία του κλασικού ηλεκτρομαγνητισμού καταδεικνύει, ότι ο ηλεκτρισμός, ο μαγνητισμός και το φως είναι όλα εκδηλώσεις του ίδιου φαινομένου, του αποκαλούμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Ο Maxwell διαπίστωσε, δηλαδή, ότι το φως ήταν στην πραγματικότητα κυματισμοί στο ίδιο μέσο που είναι η αιτία ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων. Η ενοποίηση φαινομένων φωτός και ηλεκτρισμού οδήγησε στην πρόβλεψη της ύπαρξης ραδιοκυμάτων.

Τα πειράματα του Hertz το 1887 απέδειξαν την ορθότητα της θεωρίας του Maxwell, διότι κατά τα πειράματα αυτά ο Hertz παρήγαγε και ανίχνευσε ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Επιπλέον, ο Hertz και άλλοι πειραματικοί φυσικοί της εποχής του απέδειξαν, ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ανακλώνται, διαθλώνται και έχουν όλες τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των κυμάτων. Μολονότι η κλασική θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού ερμήνευσε τις περισσότερες από τις τότε γνωστές ιδιότητες του φωτός, υπήρχαν ωστόσο, πειραματικά δεδομένα τα οποία δεν μπορούσαν να ερμηνευθούν με μόνη παραδοχή την κυματική φύση του φωτός. Το πιο εντυπωσιακό από τα πειράματα αυτά είναι το πείραμα μελέτης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου, που πρώτος ανακάλυψε επίσης ο Hertz. Με τον όρο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο περιγράφεται η εκπομπή ηλεκτρονίων από ένα μέταλλο πάνω στο οποίο προσπίπτει

φως. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειχναν ότι η κινητική ενέργεια των εκπεμπόμενων ηλεκτρονίων ήταν ανεξάρτητη από την ένταση του προσπίπτοντος στο μέταλλο φωτός. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αντίθετο προς την κυματική θεωρία του φωτός, η οποία προέβλεπε, ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του φωτός τόσο υψηλότερη πρέπει να είναι η κινητική ενέργεια των εκπεμπόμενων ηλεκτρονίων.

Η γενικά παραδεκτή αντίληψη για την κυματική φύση του φωτός ανατράπηκε στο τέλος του 19ου αιώνα. Το 1905 ο Einstein ερμήνευσε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο χρησιμοποιώντας ορθά την έννοια των «κβάντων» φωτός που πρώτος διατύπωσε το 1900 ο Max Planck (1858 – 1947). Η κβαντική θεωρία υποθέτει, ότι η ενέργεια ενός κύματος φωτός εμφανίζεται μόνο σε διακριτές ποσότητες ενέργειας, τα φωτόνια, και γι' αυτό η ενέργεια του φωτός χαρακτηρίζεται κβαντισμένη. Σύμφωνα με τη θεωρία του Einstein, η ενέργεια ενός φωτονίου είναι ανάλογη προς τη συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος:  $E = h \cdot f$ , όπου  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} J \cdot s$  η σταθερά του Planck.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι η θεωρία του Einstein χρησιμοποιεί στοιχεία και των δύο θεωριών, της κυματικής και της σωματιδιακής θεωρίας του φωτός. Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι αποτέλεσμα μεταφοράς της ορμής και ενέργειας ενός φωτονίου σε ένα από τα ηλεκτρόνια του μετάλλου πάνω στο οποίο προσπίπτει το φως. Με άλλα λόγια, το ηλεκτρόνιο αλληλεπιδρά με ένα από τα φωτόνια σαν να είναι το φωτόνιο σωματίδιο. Το φωτόνιο όμως έχει και κυματικές ιδιότητες, π.χ. η ενέργειά του εξαρτάται από τη συχνότητά του, η οποία είναι κατ' εξοχήν κυματική ιδιότητα.

Σήμερα, οι επιστήμονες υποστηρίζουν, ότι το φως έχει διττή υπόσταση· μερικές φορές εκδηλώνεται η κυματική του φύση και άλλες η σωματιδιακή. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως κυματοσωματιδιακός δυϊσμός (wave – particle duality). Το 1961, ο Γερμανός φυσικός Clauss Jonsson επανέλαβε το πείραμα της διπλής σχισμής με ηλεκτρόνια που οδήγησε εκ νέου στην εμφάνιση κροσσών συμβολής (φωτεινών και σκοτεινών γραμμών). Έτσι, γενικεύτηκε ο δυϊσμός σωματιδίου – κύματος της Κβαντομηχανικής και σε υλικά σωματίδια, όπως τα ηλεκτρόνια, επιβεβαιώνοντας την πρόταση του Γάλλου φυσικού Louis de Broglie. Πιο συγκεκριμένα, ο δυϊσμός αυτός δε βρίσκει εφαρμογή μόνο στο φως αλλά και στην ύλη, θέτοντας τις βάσεις μιας αλυσίδας συλλογισμών, που υιοθετήθηκαν και επαληθεύτηκαν από τον Einstein και άλλους φυσικούς, εκκινώντας από την ειδική θεωρία της σχετικότητας και διατυπώνοντας το συμπέρασμα, ότι η ύλη πρέπει να διαθέτει την κυματική της μετενσάρκωση.

Καταλήγοντας, η κλασική ηλεκτρομαγνητική θεωρία ερμηνεύει τη διάδοση, τη συμβολή και την περίθλαση του φωτός, ενώ η σωματιδιακή θεωρία ερμηνεύει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, καθώς και άλλα πειραματικά δεδομένα π.χ. το φαινόμενο Compton, που σχετίζεται με τις αντιδράσεις του φωτός με την ύλη. Στην ερώτηση «τι είναι το φως, κύμα ή σωματίδιο;» η απάντηση είναι ότι η διατύπωση της ερώτησης είναι εσφαλμένη καθώς το φως, όπως όλα τα σώματα, συμπεριφέρεται ως κύμα και ως σωματίδιο.

## Βασικές έννοιες και ορολογία της Διδακτικής

### □ Μάθηση

Μάθηση (learning) είναι η διαδικασία κατά την οποία οι ζωντανοί οργανισμοί συνειδητά βιώνουν και ανταποκρίνονται στο ευρύτερο περιβάλλον τους (Jarvis, 2010). Αποτελεί τις σχεδόν μόνιμες αλλαγές που προξενούνται στα πρότυπα δράσης και σκέψης, καθώς και στα συναισθήματά μας. Πιο συγκεκριμένα, μάθηση σημαίνει βελτίωση ή απόκτηση νέων μορφών συμπεριφοράς και ικανοτήτων (Roth, 1971), καθώς και συγκέντρωση πληροφοριών και εμπειριών ικανών για τη λύση προβλημάτων της καθημερινής ζωής, σύμφωνα με τον Σούλη (Χρηστάκης, 2013). Ανά καιρούς έχουν διατυπωθεί διαφορετικές θεωρίες μάθησης από τις οποίες οι πιο γνωστές, που βρίσκουν άμεση εφαρμογή στην εκπαιδευτική πράξη, είναι οι συμπεριφοριστικές (Watson, Skinner, Pavlov), οι γνωστικές (Piaget, Bruner, Ausubel, Gagne), οι κοινωνιογνωστικές (Bandura) και οι ανθρωπιστικές (Rogers).

Διδασκαλία είναι η μετάδοση των γνώσεων που γίνεται με κάποιο σχέδιο. Ως διαδικασία αποτελεί συνάρτηση πολλών μεταβλητών, οι οποίες σχετίζονται με τα πρόσωπα που συμμετέχουν σε αυτή (μαθητής, εκπαιδευτικός), τα διδακτικά προγράμματα, τις κοινωνικές σχέσεις και τους πολιτισμικούς παράγοντες που την επηρεάζουν (Σούλης, 2007). Διδασκαλία και μάθηση είναι άρρηκτα συνδεδεμένες, αφού η διδασκαλία αποτελεί προϋπόθεση για να προκύψει η μάθηση. Υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι και μορφές διδασκαλίας, που μπορούν να επιλεγούν από τους εκπαιδευτικούς ανάλογα με το Πρόγραμμα Σπουδών και με την ελευθερία επιλογής που τους επιτρέπει (Τσατσαρώνη & Κουλαϊδής, 2001).

Τα Προγράμματα Σπουδών που υπάρχουν στο ελληνικό σχολείο μαζί με τα Αναλυτικά Προγράμματα συνήθως καθορίζουν τη διδακτέα ύλη (σε ενότητες και κεφάλαια) που πρέπει να διδαχτεί σε καθορισμένο χρονικό διάστημα και σε συγκεκριμένους σχολικούς τύπους και τάξεις. Πρόκειται για τα Παραδοσιακά Αναλυτικά Προγράμματα -στη βιβλιογραφία αναφέρονται και ως κλειστά- τα οποία παρέχουν μεθοδολογικές υποδείξεις στον εκπαιδευτικό χωρίς να αφήνουν περιθώριο ελευθερίας στην επιλογή της μεθόδου διδασκαλίας. Ωστόσο, σε μερικά μαθήματα υπάρχουν και τα Σύγχρονα Αναλυτικά Προγράμματα, τα οποία επιλέγουν τη διδακτέα ύλη με κριτήριο την επίτευξη των στόχων που αρχικά έχουν θέσει, ενώ παρέχουν εναλλακτικές διδακτικές προτάσεις και μέσα διδασκαλίας στον εκπαιδευτικό. Αυτές οι προτάσεις δεν έχουν δεσμευτικό χαρακτήρα και μπορούν να προσαρμοστούν κατάλληλα στις συνθήκες διδασκαλίας της τάξης (Βρεττός & Καψάλης, 1997). Έτσι, σε μερικά Αναλυτικά Προγράμματα εφαρμόζονται σύγχρονες μέθοδοι διδασκαλίας που περιλαμβάνουν τη διαθεματική και τη σπειροειδή προσέγγιση, εποπτικά μέσα και εφαρμογές των τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας (ΤΠΕ) αλλά και πολλές άλλες εναλλακτικές προτάσεις διδασκαλίας (Τζιμογιάννης, 2007).

## □ Μέθοδοι διδασκαλίας

Μέθοδος διδασκαλίας ορίζεται η εσωτερική οργάνωση της προσπάθειας που καταβάλει ο εκπαιδευτικός για τον άρτιο συνδυασμό των τριών γενικών μεταβλητών: της διδασκαλίας του εκπαιδευτικού, του μαθητή και των μορφωτικών αγαθών (Τσελφές & Μουστάκα, 2004). Η μέθοδος διδασκαλίας αποτελεί (όσο είναι δυνατόν) επιλογή του κάθε εκπαιδευτικού, ενώ η επιτυχία της εξαρτάται τόσο από την ικανότητά του, όσο και από τη στάση του μαθητή και τη μαθησιακή διαδικασία. Η διδακτική μέθοδος που θα επιλεγεί πρέπει να ευνοεί τη συμμετοχικότητα και την ενεργοποίηση του μαθητή και όχι την παθητική ακρόαση του μαθήματος (Χατζηγεωργίου, 2001).

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι δεν υπάρχει μόνο μία κατάλληλη μέθοδος διδασκαλίας για κάθε γνωστικό αντικείμενο, αφού ο εκπαιδευτικός κάθε φορά συνεξετάζει τις απαιτήσεις της διδακτικής ενότητας, το γνωστικό επίπεδο των μαθητών, τις υποδομές του σχολείου και το διαθέσιμο χρόνο, έτσι ώστε να επιλέξει την καταλληλότερη μέθοδο διδασκαλίας. Ωστόσο, μια ορθή μέθοδος διδασκαλίας χρειάζεται να μην είναι χρονοβόρα, να μην κουράζει τους μαθητές, αλλά να αυξάνει το ενδιαφέρον τους, να είναι σύμφωνη με το χαρακτήρα του διδακτικού αντικειμένου, την ηλικία και τις ικανότητες των μαθητών και να απελευθερώνει τον εκπαιδευτικό στην πορεία του έργου του (Χατζηγεωργίου, 2004a).

Ανάλογα με τον τύπο διδασκαλίας που ακολουθείται οι μέθοδοι διδασκαλίας ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες. Στις δασκαλοκεντρικές μεθόδους παρατηρείται προσαρμογή του μαθητή στο ρυθμό και στον τρόπο σκέψης του δασκάλου με πιο χαρακτηριστικούς εκπροσώπους τη μέθοδο Herbart και την τριμερή πορεία διδασκαλίας. Στις μαθητοκεντρικές, όπου παρατηρείται συνειδητή συμμετοχή του μαθητή σε όλες τις φάσεις της διαδικασίας μάθησης, ανήκουν η μέθοδος των βιωμάτων/projects του J. Dewey, η μέθοδος της M. Montessori και η μέθοδος «ελεύθερης εργασίας σε ομάδες» του R. Cousinet. Τέλος, οι συμμετοχικές μέθοδοι έχουν ως κύριο άξονα τη συνεργασία των μαθητών με το δάσκαλο και των μαθητών μεταξύ τους οδηγώντας σε ανάπτυξη της προσωπικότητάς τους.

## □ Στρατηγική διδασκαλίας

Τον όρο «στρατηγική διδασκαλίας (strategic teaching)» πρώτος χρησιμοποίησε και καθιέρωσε στο χώρο της Παιδαγωγικής ο Bruner. Σήμερα γίνεται όλο και συχνότερη χρήση του όρου «στρατηγική» σε εργασίες της ελληνικής και ξένης βιβλιογραφίας της Διδακτικής για να τονιστεί η σχέση της διδακτικής προσέγγισης με τη φύση του διδασκόμενου αντικειμένου και το στοιχείο της σταθερότητας και της σαφήνειας στην προσέγγιση. Συχνά ο όρος «στρατηγική» χρησιμοποιείται εναλλακτικά με τους όρους «μοντέλο διδασκαλίας» και «διδακτική μέθοδος ή πορεία». Η εναλλακτική χρήση

όμως των όρων αυτών ως συνωνύμων δημιουργεί σύγχυση, διότι δεν είναι συνώνυμοι, αλλά εκφράζουν έννοιες με διαφορετικό εύρος.

Όπως ορίστηκε από τον Strasser το 1967 και αναδημοσιεύτηκε το 2008, «Στρατηγική Διδασκαλίας» είναι ένα γενικευμένο σχέδιο για το μάθημα ή τα μαθήματα που περιλαμβάνει τη δομή και την επιθυμητή συμπεριφορά του μαθητή σε σχέση με τους στόχους της διδασκαλίας αλλά κι ένα περίγραμμα των μεθόδων που κρίνονται αναγκαίες για την εφαρμογή της στρατηγικής αυτής (Siddiqui, 2008). Εκπαιδευτικοί του Πανεπιστημίου MIT συμφωνούν με τον ορισμό του Strasser και προσθέτουν ότι είναι, ουσιαστικά, ένας τρόπος λήψης αποφάσεων σχετικά με μια σειρά μαθημάτων ή κι ένα ολόκληρο πρόγραμμα, αρχίζοντας με ανάλυση των βασικών μεταβλητών της κατάστασης διδασκαλίας, οι οποίες περιλαμβάνουν ακόμη και τις εκπαιδευτικές προτιμήσεις του δασκάλου (Massachusetts Institute of Technology). Γενικότερος όλων κρίνεται ο ορισμός του Ματσαγγούρα, όπου η «Στρατηγική Διδασκαλίας» αναφέρεται ως η οργανωμένη με σαφείς αρχές από τον εκπαιδευτικό συνακολουθία διδακτικο-μαθησιακών δραστηριοτήτων με σκοπό την υλοποίηση ειδικών στόχων της ωριαίας διδασκαλίας (Ματσαγγούρας, 2002).

Η διάρθρωση των στρατηγικών διδασκαλίας στηρίζεται σε θεωρητικό υπόβαθρο, που αναφέρεται άμεσα ή έμμεσα σε βασικά ερωτήματα της εκπαίδευσης, όπως είναι η αποστολή του σχολείου, η διαδικασία της μάθησης του συγκεκριμένου διδακτικού αντικειμένου κ.λπ. και το οποίο οι θεωρητικοί των στρατηγικών μετασχηματίζουν σε παιδαγωγικοδιδασκτικές αρχές. Οι αρχές αυτές αξιοποιούνται για την επιλογή και στη συνέχεια για την οργάνωση των διδακτικο-μαθησιακών δραστηριοτήτων, οι οποίες αναπτύσσονται μέσα από την πορεία και τη μορφή που λαμβάνει η διδασκαλία στα πλαίσια κάθε συγκεκριμένης στρατηγικής. Έτσι, προσδίδουν εσωτερική δομή και οργάνωση στη στρατηγική, αφού συσχετίζουν τις διδακτικο-μαθησιακές δραστηριότητες, που αποτελούν τα δομικά στοιχεία της στρατηγικής, με τους στόχους και το περιεχόμενο της διδασκαλίας καθώς και με την οργάνωσή της. Μαζί βέβαια με τον τρόπο παρουσίασης του περιεχομένου της διδασκαλίας, οι αρχές διαφοροποιούν ακόμη, από στρατηγική σε στρατηγική, τη μέθοδο, τα μέσα αλλά κυρίως το ρόλο του εκπαιδευτικού και των μαθητών στη διδακτική αλληλεπίδραση. Μ' αυτή την έννοια, αναφέρεται, ότι οι αρχές κάθε στρατηγικής καθορίζουν και οργανώνουν σε ενιαίο σύνολο τα στοιχεία καθεμιάς.

Οι αποτελεσματικές διδακτικές στρατηγικές βοηθούν να ενεργοποιηθεί η περιέργεια των μαθητών για ένα θέμα, να αναπτυχθούν δεξιότητες κριτικής σκέψης, να εμπλακούν οι μαθητές στη μάθηση και να προκληθεί αλληλεπίδραση διαρκείας στο πλαίσιο της τάξης και εν γένει οδηγούν στη διευκόλυνση και την ενίσχυση της εκμάθησης του περιεχομένου των μαθημάτων. Όταν εφαρμοστούν εστιασμένα, όπως στην τάξη που απεικονίζεται στην [εικόνα\_1], διαφορετικές στρατηγικές διδασκαλίας μπορούν να μετατρέψουν το μάθημα του δασκάλου σε πιο αποτελεσματικό στην προσέγγιση ενός ευρέος φάσματος εκπαιδευομένων.



**Εικόνα\_1:**

**Οι αποτελεσματικές στρατηγικές διδασκαλίας απευθύνονται σε μια ποικιλία μαθησιακών στυλ.**  
Πηγή: “Insect Convention (Classroom Pano)”, <http://www.flickr.com/photos/wwwworks/7170098685/>

Έτσι προκύπτει, ότι η στρατηγική διδασκαλία είναι μια σκόπιμη διδακτική παρέμβαση, η οποία αποτελείται από αλληλοσυνδεόμενες δραστηριότητες, που προσφέρονται για την επίτευξη εξειδικευμένων (και όχι γενικών) διδακτικών στόχων, όπως είναι η διδασκαλία πληροφοριών, εννοιών, γενικεύσεων, δεξιοτήτων, στάσεων κ.λπ.

## **Οπτικά φαινόμενα**

Πριν να δοθούν οι ορισμοί των φαινομένων της ανάκλασης και της διάθλασης και τα χαρακτηριστικά που τις διέπουν, παρατίθενται επεξηγηματικά έννοιες της Γεωμετρικής Οπτικής, ώστε να αποφευχθούν τυχόν συγχύσεις.

Γωνία πρόσπτωσης χαρακτηρίζεται η γωνία που σχηματίζεται από την ακτίνα πρόσπτωσης και την κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης. Γωνία ανάκλασης ορίζεται η γωνία που σχηματίζεται από την ανακλώμενη ακτίνα και την κάθετο στο σημείο πρόσπτωσης, ενώ η γωνία διάθλασης σχηματίζεται από τη διαθλώμενη ακτίνα και την κάθετο στο σημείο πρόσπτωσης. Τέλος, επίπεδο διάθλασης χαρακτηρίζεται το επίπεδο που ορίζεται από την προσπίπτουσα και την ανακλώμενη ακτίνα.

Επιπροσθέτως, οπτικά πυκνότερα ονομάζονται τα υλικά μέσα στα οποία η ταχύτητα διάδοσης του φωτός είναι μεγαλύτερη σε σχέση με άλλα υλικά (οπτικά αραιότερα). Έτσι, όταν ακτίνες του φωτός κινούνται από οπτικά αραιότερο σε οπτικά πυκνότερο μέσον, τότε η γωνία διάθλασης είναι μικρότερη της προσπίπτουσας και η διαθλώμενη ακτίνα πλησιάζει την κάθετο. Το αντίθετο συμβαίνει κατά τη μετάβαση του φωτός από οπτικά πυκνότερο σε οπτικά αραιότερο μέσο.

### **□ Ανάκλαση**

Εκτός από ορισμένες αυτοδύναμες πηγές (π.χ. ήλιος, πυγολαμπίδα, φλόγα κεριού), μπορεί κανείς να δει τα περισσότερα αντικείμενα, επειδή αντανακλούν το φως που πέφτει πάνω τους. Όταν προσπίπτει φως στην επιφάνεια ενός υλικού, είτε

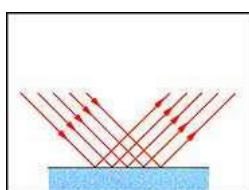
επανεκπέμπεται χωρίς μεταβολή της συχνότητάς του είτε απορροφάται από το υλικό και μετατρέπεται σε θερμότητα. Ανάκλαση ονομάζεται το φαινόμενο της αλλαγής της κατεύθυνσης του φωτός, όταν επιστρέφει στο μέσο από το οποίο προήλθε<sup>1</sup> (Hewitt, 2009). Η ανάκλαση σε καθρέφτη -η επονομαζόμενη και κατοπτρική- είναι μια ειδική περίπτωση ανάκλασης που συμβαίνει εφόσον η ανακλαστική επιφάνεια είναι λεία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ανάκλασης είναι αυτά των κυμάτων φωτός, ήχου και νερού.

Νόμοι ανάκλασης:

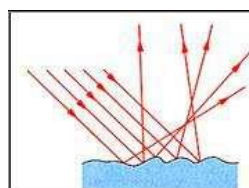
- Η προσπίπτουσα, η ανακλώμενη και η κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.
- Η γωνία πρόσπτωσης και η γωνία ανάκλασης είναι πάντα ίσες για όλα τα μήκη κύματος και για οποιοδήποτε ζεύγος υλικών με κοινή διαχωριστική επιφάνεια (Young, 1994).

Η ανάκλαση του φωτός σε πολλές κατευθύνσεις, εξαιτίας της πρόσπτωσης του σε ανώμαλη (τραχιά) επιφάνεια, αν και η κάθε ακτίνα υπακούει στον νόμο της ανάκλασης, ορίζεται ως διάχυτη ανάκλαση ή απλά διάχυση. Το φαινόμενο αυτό είναι υπεύθυνο για την ικανότητα του ανθρώπου να βλέπει τα ετερόφωτα σώματα, να παρατηρεί την υφή και το χρώμα τους και να τα διακρίνει από το περιβάλλον τους (Φυσική Γ' Γυμνασίου, 2014).

Στην πραγματικότητα δεν υφίσταται ιδανικά λεία επιφάνεια. Επομένως, ακόμη και στις ονομαζόμενες κατοπτρικές επιφάνειες, ένα ποσοστό του φωτός ανακλάται με τη μορφή διάχυσης. Παρόλα αυτά, ικανοποιητικά κατοπτρική ανάκλαση μπορεί να προσεγγιστεί εφόσον οι ανωμαλίες της επιφάνειας έχουν μέγεθος της τάξης του μήκους κύματος του προσπίπτοντος φωτός.



**Εικόνα\_2:**  
**Κατοπτρική Ανάκλαση**



**Εικόνα\_3:**  
**Διάχυση**

## □ Διάθλαση

Το φυσικό φαινόμενο της αλλαγής πορείας (κάμψης) του φωτός κατά τη μετάβασή του από ένα υλικό μέσα σ' ένα άλλο, με την προϋπόθεση ότι παρατηρείται πλάγια πρόσπτωση κι όχι κάθετη, ονομάζεται διάθλαση (Hewitt, 2009).

<sup>1</sup>Δίνεται μια προσομοίωση ανάκλασης από το Πανεπιστήμιο του Κολοράντο: <http://phet.colorado.edu/el/simulation/bending-light>



Νόμοι διάθλασης:

- Η προσπίπτουσα, η διαθλώμενη και η κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.
- Το ημίτονο της γωνίας πρόσπτωσης προς το ημίτονο της γωνίας διάθλασης είναι σταθερό για δύο ορισμένα οπτικά μέσα (Νόμος Snell).

$$\frac{\eta\mu(\hat{\pi})}{\eta\mu(\hat{\delta})} = \text{σταθερό}$$

### Ανάλυση φωτός

Η μέση ταχύτητα του φωτός σε ένα διαφανές μέσο είναι μικρότερη από την ταχύτητα του φωτός στο κενό (c) και το πόσο μικρότερη εξαρτάται από τη φύση του μέσου και από τη συχνότητα του φωτός. Επειδή το φως διαφορετικών συχνοτήτων διαδίδεται με διαφορετικές ταχύτητες στα διαφανή υλικά, διαθλάται και σε διαφορετικό βαθμό. Όταν μια δέσμη λευκού φωτός συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια δύο διαφανών μέσων θα διαθλαστεί δύο φορές, όπως συμβαίνει σ' ένα πρίσμα - με την αρχική δέσμη να αναλύεται σε επιμέρους ομόχρωμες δέσμες με διαφορετικές διευθύνσεις και ο διαχωρισμός των χρωμάτων θα είναι σαφής. Ο διαχωρισμός αυτός του φωτός σε χρώματα διατεταγμένα ανάλογα με τις συχνοτήτες τους ονομάζεται ανάλυση του φωτός<sup>2</sup>. Αυτές οι διαφορετικές κατά χρώμα και διεύθυνση ακτίνες, αν στη συνέχεια προσπέσουν σε μια λευκή οθόνη (πέτασμα), θα παρουσιάσουν μια έγχρωμη ταινία που ονομάζεται "Ορατό Φάσμα". Τα άκρα αυτής της ταινίας απολήγουν στα χρώματα κόκκινο και ιώδες. Η σειρά των χρωμάτων αυτών είναι: κόκκινο – κίτρινο – πράσινο – μπλε – ιώδες.

---

<sup>2</sup> Δίνεται μια προσομοίωση σχετικά με την ανάλυση του φωτός:  
[http://mavrakis.ekped.gr/c\\_geniki/analisi/prism.htm](http://mavrakis.ekped.gr/c_geniki/analisi/prism.htm)

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

#### Διδασκαλία της Φυσικής

##### 1.1. Τα χαρακτηριστικά της Φυσικής ως γνωστικού αντικειμένου

Η Φυσική, σύμφωνα με τον ευρύτερο ορισμό του Holzner, είναι η γενική ανάλυση της φύσης που συνδέεται με την προσπάθεια για κατανόηση της συμπεριφοράς του σύμπαντος (Holzner, 2006). Αποτελεί ένα οργανωμένο σύστημα με βάση το οποίο οι άνθρωποι αποκτούν καινούρια αντίληψη για τη φύση και τον κόσμο που τους περιβάλλει. Η γνώση αυτή προέρχεται από την εφαρμογή συγκεκριμένων διαδικασιών που συγκροτούν τη λεγόμενη επιστημονική μέθοδο και με τη συνεχή έρευνα διαμορφώνουν ένα σώμα γνώσεων, που επιτρέπει την περιγραφή και την ερμηνεία διαφόρων φυσικών φαινομένων αλλά και προβλέψεων για την εξέλιξή τους, χρησιμοποιώντας έννοιες, νόμους και θεωρίες με χαρακτήρα όλο και πιο αποτελεσματικό και παγκόσμιο.

Αξίζει σε αυτό το σημείο να περιγραφούν τα βασικά στοιχεία της επιστημονικής γνώσης. Είναι οι επιστημονικές έννοιες (π.χ. η έννοια «μάζα»), οι πειραματικοί νόμοι (π.χ. ο νόμος του Ohm), οι φυσικές αρχές (π.χ. η αρχή της διατήρησης της ενέργειας), τα μοντέλα (π.χ. το μοντέλο των ιδανικών αερίων) και οι θεωρίες (π.χ. η ειδική θεωρία της σχετικότητας). Σύμφωνα με τον Ben-Ari, «μια επιστημονική θεωρία είναι ένα περιεκτικό και συνεκτικό σύνολο εννοιών, ισχυρισμών και νόμων (συχνά διατυπωμένων μαθηματικά), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει και να προβλέψει φυσικά φαινόμενα ορθά και με ακρίβεια. Μια θεωρία συχνά περιλαμβάνει και ένα μηχανισμό που εξηγεί πώς οι έννοιες, οι ισχυρισμοί και οι νόμοι της προκύπτουν από θεωρίες χαμηλότερου επιπέδου [π.χ. μικροσκοπικού]» (Ben-Ari, 2005).

Ο 21<sup>ος</sup> αιώνας έχει χαρακτηριστεί από πολλούς ερευνητές ο αιώνας των επιστημών, εξαιτίας των σημαντικών εξελίξεων σε όλους τους επιμέρους κλάδους των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας. Οι νανοεπιστήμες, οι αλγόριθμοι για την πρόβλεψη των σεισμών, τα νέα υπολογιστικά μοντέλα συμπεριφοράς μεγάλων μορίων (π.χ. πρωτεϊνών) για το σχεδιασμό αποτελεσματικότερων φαρμάκων, η ανακάλυψη του μποζονίου Higgs για την εξήγηση του τρόπου συγκρότησης της ύλης, οι ενδείξεις για ύπαρξη νερού στον πλανήτη Άρη και η χρήση ψηφιακών τεχνολογιών στις επικοινωνίες, είναι ορισμένες από αυτές.

Παρόλα αυτά, παραμένουν άλυτα αρκετά τεχνικά, δεοντολογικά και ηθικά προβλήματα της εποχής, όπως η φτώχεια, η διαχείριση των φυσικών πόρων, η κλιματική αλλαγή, η περιβαλλοντική μόλυνση, η μείωση της βιοποικιλότητας και η ελάττωση των ενεργειακών πόρων. Συνεπώς, οι νέες γενιές θα μεγαλώσουν σε έναν

κόσμο που κρίνονται αναγκαίες η ικανότητα εφαρμογής εννοιών των Φυσικών Επιστημών, η εκτίμηση και η αντίληψη γεγονότων, η οργάνωση πληροφοριών, η λήψη αποφάσεων βασισμένων σε αποδείξεις και η συνεργασία με άλλους για την αντιμετώπιση και την αποκλιμάκωση των προβλημάτων (Krajcik, 2014). Οι παραπάνω αναγκαίες δεξιότητες προσεγγίζουν αρκετά το νέο ορισμό του επιστημονικού αλφαριθμητισμού (scientific literacy), που ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης αναφέρει ως:

*«την ικανότητα του ατόμου να εμπλέκεται με επιστημονικά θέματα και με τις ιδέες της επιστήμης, εκφράζοντας πρόθυμα το συλλογισμό του σε συζητήσεις για την επιστήμη και την τεχνολογία. Για να συμβεί αυτό απαιτείται: α) ικανότητα επιστημονικής εξήγησης των φαινομένων, δηλαδή να αναγνωρίζει, να προσφέρει και να αξιολογεί επιχειρήματα για ένα εύρος φυσικών και τεχνολογικών φαινομένων, β) αξιολόγηση και σχεδιασμός επιστημονικής διερεύνησης, δηλαδή να περιγράφει και να αξιολογεί δεδομένα επιστημονικών ερευνών και να προτείνει τρόπους αντιμετώπισης των επιστημονικών ερωτημάτων και γ) ερμηνεία των δεδομένων και των αποδείξεων επιστημονικά, δηλαδή να αναλύει και να αξιολογεί δεδομένα, ισχυρισμούς και επιχειρήματα σε μια σειρά αναπαραστάσεις και να εξάγει τα κατάλληλα συμπεράσματα.» (OECD, 2015)*

Ως εκ τούτου είναι απαραίτητη η εκμάθηση της επιστήμης στους μαθητές από μικρή ηλικία και γι' αυτό, πράγματι, η εξοικείωσή τους με αυτήν ξεκινά από την προσχολική ακόμη ηλικία. Άλλωστε, η επιστήμη δεν αφορά μόνο το σώμα των επιστημονικών γνώσεων αλλά και τις μεθόδους και τις πρακτικές με τις οποίες αυτή η γνώση ανακαλύπτεται – δημιουργείται. Επομένως, η δεύτερη συνιστώσα της επιστήμης που αναφέρθηκε παραπάνω θα πρέπει εξίσου να διδάσκεται στα σχολεία, όχι ως δηλωτική γνώση, αλλά ως διαδικαστική γνώση - στην πράξη, μέσα από δραστηριότητες (Κουμαράς, 2015). Είναι γεγονός, ότι η διερεύνηση των φυσικών εννοιών και φαινομένων από τα μικρά παιδιά, παρά τους γνωστικούς περιορισμούς, αποτελεί όχι μόνο μια συμβολή στο πεδίο της γνωστικής ανάπτυξης αλλά ταυτόχρονα και μια ουσιαστική προϋπόθεση για την ανάπτυξη του επιστημονικού εγγραμματισμού (Τσελφές & Μουστάκα, 2004).

Τα τελευταία χρόνια, τα επιτεύγματα των μαθητών στις επιστήμες αξιολογούνται από δύο μεγάλες διεθνούς κλίμακας έρευνες, τις TIMSS και PISA. Η TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) μετρά την επίδοση των μαθητών της Δ' Δημοτικού και Β' Γυμνασίου σε Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες. Μια παράλληλη έρευνα, η TIMSS Advanced μετρά την επίδοση μαθητών της Γ' Λυκείου. Η PISA (Programme for International Student Assessment) μετρά τις γνώσεις και τις δεξιότητες 15χρονων μαθητών στην ανάγνωση, τα μαθηματικά και τις επιστήμες. Οι παραπάνω έρευνες επικεντρώνονται σε διαφορετικά χαρακτηριστικά της μάθησης. Με άλλα λόγια, η TIMSS έχει ως στόχο την αξιολόγηση των παιδιών στο «τι γνωρίζουν», ενώ η PISA προσπαθεί να βρει «τι μπορούν να κάνουν οι μαθητές με τις γνώσεις τους».

Ενδεικτικό του πόσο σημαντικός κρίνεται ο ρόλος της Φυσικής είναι το γεγονός, ότι μέσα στο 2015 η TIMSS Advanced θα επικεντρωθεί κυρίως στην αξιολόγηση της Φυσικής, ενώ παράλληλα θα διεξαχθεί η έκτη έρευνα PISA με εστίαση στον εγγραμματισμό στις Φυσικές Επιστήμες. Για παράδειγμα, οι βασικές δεξιότητες που αξιολογούνται για τον εγγραμματισμό αυτό, αφορούν στην εξήγηση των φαινομένων με επιστημονικό τρόπο, στο σχεδιασμό και στην αξιολόγηση μιας επιστημονικής αναζήτησης και στην ερμηνεία εμπειρικών και άλλων δεδομένων με επιστημονικό τρόπο. Οι δεξιότητες αυτές, εκτός από το περιεχόμενο της επιστήμης, απαιτούν και κατανόηση του πώς ανακαλύπτονται – δημιουργούνται και καθιερώνονται οι επιστημονικές γνώσεις και με ποιους τρόπους αποκτούν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία τους (OECD, 2015). Απαιτούν, δηλαδή, και κάποια γνώση της φύσης της επιστήμης.

Στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, η παρουσία της Φυσικής στο Δημοτικό υφίσταται στις πρώτες τάξεις μέσα από το μάθημα “Εμείς και ο Κόσμος”, ενώ στις δύο τελευταίες τάξεις (πέμπτη και έκτη) μέσα από το μάθημα της “Φυσικής”. Στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο η φυσική διδάσκεται και στις τρεις τάξεις, ωστόσο η δομή της διαφέρει κατά πολύ αυτής του Δημοτικού. Τα μικρά παιδιά μπορούν να κατανοήσουν τις έννοιες της καλύτερα, όταν αυτές παρουσιάζονται κυρίως μέσα από δραστηριότητες, που σχετίζονται με φαινόμενα της καθημερινής τους ζωής, ενώ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση το περιεχόμενο του γνωστικού αντικείμενου είναι πολύ πιο απαιτητικό, αφού και οι μαθητές βρίσκονται σε ανώτερο επίπεδο ανάπτυξης. Η Φυσική ως επιστήμη απαιτεί από τους μαθητές να πραγματευτούν με μια ποικιλία μεθόδων συνδυάζοντας λόγια, πίνακες, αριθμούς, εξισώσεις, διαγράμματα, χάρτες, καλώντας τους να χρησιμοποιούν την άλγεβρα και τη γεωμετρία και να πηγαίνουν από το ειδικό στο γενικό και αντίστροφα, πράγμα που μετατρέπει τη μάθηση της φυσικής σε ιδιαιτέρως δύσκολη για την πλειοψηφία των μαθητών.

Οι σκοποί της φυσικής είναι κοινοί για όλη την υποχρεωτική εκπαίδευση, αφορούν όλες τις τάξεις και είναι οι εξής, όπως προκύπτουν από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών: α) κατανόηση θεμελιωδών εννοιών και θεμάτων της φυσικής, β) ανάπτυξη ικανοτήτων για έρευνα, γ) κριτική και δημιουργική σκέψη, επικοινωνία ιδεών, συνεργασία και λήψη αποφάσεων, δ) ανάπτυξη ικανοτήτων χρήσης και αξιοπιστίας των γνώσεων της φυσικής στην καθημερινή ζωή και επίλυσης προβλημάτων του φυσικού και κοινωνικού κόσμου που σχετίζεται με τη φυσική και, τέλος, ε) ανάπτυξη ικανοτήτων προκειμένου οι μαθητές να έχουν άποψη ως πολίτες, να είναι σε θέση να λαμβάνουν αποφάσεις για θέματα που αφορούν τη φυσική και τις εφαρμογές της.

Σύμφωνα με τους παραπάνω σκοπούς οι μαθητές που διδάσκονται φυσική θα πρέπει να έχουν τις εξής δεξιότητες:

- *Δημιουργικότητα*, δηλαδή θα πρέπει να είναι σε θέση να: ακολουθούν με συνέπεια τις γραπτές οδηγίες που τους δίνονται για την εκτέλεση μιας δραστηριότητας, μετακινούνται, παρατηρούν, συλλέγουν και καταγράφουν πληροφορίες, χρησιμοποιούν με ακρίβεια και ασφάλεια τα κατάλληλα εργαλεία για

παρατηρήσεις και μετρήσεις, κατανοούν την ανάγκη πολλαπλών μετρήσεων για τη μείωση των σφαλμάτων, αποφασίζουν ποιο είδος στοιχείων να συλλέξουν και τι εξοπλισμό και υλικά θα χρησιμοποιήσουν για να κάνουν, με ασφάλεια, συστηματικές παρατηρήσεις, μετρήσεις, συγκρίσεις κλπ.

- *Κριτική σκέψη και αναστοχαστική διαχείριση της γνώσης:* Οι μαθητές και οι μαθήτριες πρέπει να είναι σε θέση να: θέτουν ακριβή και λογικά ερωτήματα σχετικά με μια παρατήρηση ή με μια εμπειρία, που να μπορούν να διερευνηθούν από τη φυσική, διατυπώνουν τις αρχικές τους απόψεις, αξιολογούν πληροφορίες και δεδομένα, κάνουν συγκρίσεις (αντικειμένων, φαινομένων κ.τ.λ.), ταξινομούν, αντιστοιχούν, συνάγουν συμπεράσματα από τα δεδομένα που συλλέγουν, εξετάζουν τη συμβατότητα των συμπερασμάτων τους και τα συγκρίνουν με τις αρχικές τους απόψεις, αιτιολογώντας τυχόν αλλαγή.
- *Θεωρητική σκέψη και ικανότητα μετατροπής της θεωρίας σε πράξη:* Οι μαθητές και οι μαθήτριες πρέπει να είναι σε θέση να: σχεδιάζουν και να προτείνουν λύσεις σε πρακτικά προβλήματα της καθημερινής ζωής με βάση θεωρίες και μοντέλα της Φυσικής, χρησιμοποιούν εμπειρικά δεδομένα και τις σχέσεις τους προκειμένου να οδηγούνται σε συλλογισμούς και συμπεράσματα που ξεπερνούν τις δυνατότητες της απλής εμπειρίας, διατυπώνουν υποθέσεις, προβλέψεις, θεωρητικά μοντέλα και σχεδιάζουν πώς θα ελέγχουν την ισχύ τους σε πρακτικό επίπεδο (πχ. με πείραμα, με τη συστηματική παρατήρηση ενός φαινομένου, με την εξέταση της καθημερινής εμπειρίας).
- *Ικανότητες και δεξιότητες σχεδιασμού και ανάλυσης:* Οι μαθητές και οι μαθήτριες πρέπει να: αναγνωρίζουν τα δεδομένα που απαιτούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την πρόταση λύσεων σε ερωτήματα που έχουν σχέση με τη Φυσική, σχεδιάζουν μια απλή έρευνα ή ένα πείραμα, αναπαριστούν δεδομένα σε ζωγραφιές, χάρτες, πίνακες, διαγράμματα, γραφικές απεικονίσεις.
- *Ικανότητα λύσης προβλημάτων και παράλληλα ετοιμότητα αναζήτησης εναλλακτικών λύσεων και ικανότητα ανάπτυξης εναλλακτικών θεωριών:* Οι μαθητές και οι μαθήτριες θα πρέπει να είναι σε θέση: να αναγνωρίζουν τα προβλήματα και ζητήματα που μπορεί (ή αδυνατεί) να λύσει η επιστήμη, να τα κατανοούν, να αναγνωρίζουν τις γνώσεις που απαιτούνται και να προσδιορίζουν τις λέξεις-κλειδιά στην αναζήτηση των επιστημονικών πληροφοριών και δεδομένων για τη λύση του προβλήματος, να αναζητούν και να διατυπώνουν εναλλακτικές λύσεις ή ερμηνείες για ένα δεδομένο πρόβλημα ή ζήτημα της καθημερινής ζωής, να επιλύουν προβλήματα χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους τύπους, αντικαθιστώντας αριθμητικές τιμές, εκτελώντας υπολογισμούς κτλ, να χρησιμοποιούν δόκιμα και συνετά τις ΤΠΕ και, τέλος, να παρουσιάζουν ενσυναίσθηση και δεξιότητες διαπροσωπικής επικοινωνίας.

## 1.2. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Από τη μελέτη του γνωστικού αντικειμένου προκύπτει, ότι το μάθημα της φυσικής χαρακτηρίζεται ως μάθημα αυξημένης δυσκολίας από τους μαθητές τυπικής εκπαίδευσης. Έρευνες έδειξαν, ότι οι μαθητές θεωρούν τη φυσική δύσκολη, γιατί έχουν να αντιμετωπίσουν πολλές διαφορετικές όψεις, όπως είναι τα πειράματα, οι τύποι και οι υπολογισμοί, τα γραφήματα καθώς και εννοιολογικές εξηγήσεις ταυτόχρονα. Επιπλέον, θα πρέπει να είναι σε θέση να κάνουν μετατροπές σε όλα τα προηγούμενα, δηλαδή θα πρέπει να μπορούν να μετατρέψουν μια γραφική αναπαράσταση σε μια μαθηματική. Επομένως, χρειάζεται να έχουν αναπτυγμένη την κριτική τους σκέψη, καθώς καλούνται να συνδυάσουν δεξιότητες που υπόκεινται σε πολλά διαφορετικά πεδία, όπως αυτό των Μαθηματικών.

Η προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης της Φυσικής, όπου οι έννοιες, η μεθοδολογία και η επίλυση προβλημάτων αναφέρονται στον κόσμο της καθημερινής ζωής και όχι στον αφηρημένο κόσμο της επιστήμης, είναι χρήσιμη για όλους και όχι μόνο για τους μελλοντικούς φυσικούς και μηχανικούς, χωρίς όμως να μη δημιουργεί προβλήματα και σε αυτούς. Ενώ τα μικρά παιδιά έχουν μια έμφυτη περιέργεια για τη φύση και τον κόσμο που μας περιβάλλει, ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας καταπνίγει αυτό το ενδιαφέρον και έχει αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη θετικής στάσης απέναντι στις φυσικές επιστήμες (Σταυρίδου, 2000). Σύμφωνα με τον Lemke (1990) η πρώτη και βασική αλλαγή στη διδασκαλία της Φυσικής, που περισσότερο από κάθε άλλη θα βελτιώσει την ικανότητα των μαθητών να μιλούν με όρους Φυσικής, είναι να τους δίνεται η δυνατότητα στην πράξη να μιλήσουν και να συζητήσουν γι' αυτές.

Ακόμη και στο μακρινό 1909 ο Dewey σε ομιλία του στο ετήσιο συνέδριο της Αμερικανικής Ένωσης για την Πρόοδο των Φυσικών Επιστημών (AAAS) σχολίαζε την αποτυχία (σε σχέση με τα αναμενόμενα) της διδασκαλίας της Φυσικής. Χαρακτηριστικά αναφέρει:

*«Η καθοριστική αιτία [της αποτυχίας] για μένα είναι, ότι η Φυσική διδάσκεται σε μεγάλο βαθμό ως μια συσσώρευση έτοιμου υλικού με το οποίο οι μαθητές πρέπει να εξοικειωθούν και όχι ως μια μέθοδος σκέψης και στάσης, που ως πρότυπο καθορίζει και μετατρέπει τη διανοητική πρακτική» (Dewey, 2014).*

Παραδοσιακά, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχει μια τάση να επικεντρώνεται αποκλειστικά στη μετάδοση δηλωτικών γνώσεων και στην επίλυση ποσοτικών προβλημάτων. Αυτή η προσέγγιση, αποδεδειγμένα, αποτυγχάνει να βοηθήσει τους μαθητές να δομήσουν λειτουργική εννοιολογική κατανόηση, αποκλείοντας μια γενικότερη αντίληψη της φυσικής (Hewitt, 1983) και τείνει στην ενίσχυση της απομνημόνευσης και στην καλλιέργεια της λανθασμένης αντίληψης, ότι η ικανότητα επίλυσης ποσοτικών προβλημάτων αποτελεί ένδειξη επάρκειας στις Φυσικές Επιστήμες (McDermott, 2000).

Υπάρχει ποικιλία διδακτικών πρακτικών στη διδασκαλία της Φυσικής, ώστε να ανταποκρίνονται στις διαφορετικές ανάγκες των παιδιών με ιδιαίτερη φροντίδα στο να αυξηθεί το ενδιαφέρον, η αυτοπεποίθηση και η συμμετοχή των παιδιών στις δραστηριότητες της Φυσικής. Οι προτεινόμενες πρακτικές είναι η διερευνητική διαδικασία βασισμένη στη λύση προβλημάτων, η συμμετοχή των παιδιών στην εκτέλεση δραστηριοτήτων, οι νοητικές δραστηριότητες που καλλιεργούνται με το σχεδιασμό δραστηριοτήτων από τα παιδιά (ακόμη και με τις ερωτήσεις που θέτει ο εκπαιδευτικός σε δραστηριότητες όπου χειρίζεται ο ίδιος τα υλικά), η ομαδική ή αυτόνομη εργασία πάνω σε ανοιχτές ερωτήσεις και οι διεπιστημονικές δραστηριότητες.

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μια συστηματική προσπάθεια για την βελτίωση της διδασκαλίας της Φυσικής και γενικότερα των Φυσικών Επιστημών, διότι ένας «εστιασμένος» τρόπος διδασκαλίας βοηθάει τους μαθητές να κατακτήσουν την επιστημονική μέθοδο και να κατανοήσουν τη νοοτροπία του επιστήμονα. Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για τη δημιουργία των επιστημονικά καλλιεργημένων πολιτών του μέλλοντος, που θα στηρίζουν τις αποφάσεις τους σε αντικειμενικά δεδομένα.

Όπως είναι γνωστό τα παιδιά, πριν ακόμη φοιτήσουν στο σχολείο, έχουν διαμορφώσει άποψη για τα φυσικά φαινόμενα και έχουν δώσει την δική τους ερμηνεία σε αυτά (Sutton, 2007). Οι ιδέες των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα έχουν μια παγκοσμιότητα και συγκροτούν ερμηνευτικά μοντέλα. Τα παιδιά διαμορφώνουν τις ιδέες τους μέσω των αλληλεπιδράσεων, της κοινωνικής επαφής και της γλώσσας και με αυτές προσπαθούν να ερμηνεύσουν πώς λειτουργεί ο κόσμος. Επιπλέον, αυτές τις ιδέες τις χρησιμοποιούν για να προβλέψουν και να ερμηνεύσουν ό,τι υποκύπτει στην αντίληψή τους. Πλήθος ερευνών από το χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Γνωστικής Ψυχολογίας αποδεικνύουν, ότι οι γνώσεις των μαθητών σε διάφορους τομείς των Φυσικών Επιστημών είναι συχνά ασυμβίβαστες με τις επιστημονικές (Κουλαϊδής, 1994).

Είναι χρήσιμο να διακριθούν τρεις γενικές κατηγορίες της φυσικής γνώσης: η πραγματική, η εννοιολογική και η διαδικαστική. Η πραγματική γνώση αναφέρεται στη γνώση συγκεκριμένων γεγονότων και καταστάσεων. Μέρος της πραγματικής γνώσης είναι αποτέλεσμα των εμπειριών μας (αντικείμενα πέφτουν όταν τα αφήσεις, δύο όμοια φορτισμένα αντικείμενα απωθούνται), κι ένα άλλο κομμάτι γίνεται αποδεκτό ως αρχές της Φυσικής (η Γη είναι στρογγυλή, τα ηλεκτρόνια είναι αρνητικά). Μέσα στο εργαστήριο, η αύξηση της εμπειρίας μπορεί να οδηγήσει γνώσεις που βασίζονται σε αρχές να μετατραπούν σε γνώσεις εμπειρίας.

Η εννοιολογική γνώση περιλαμβάνει τη γνώση των φυσικών αρχών και τη γνώση που παρέχει μια ενιαία αντίληψη της πραγματικής. Γενικά, έχει έναν επεξηγηματικό και προβλεπτικό χαρακτήρα, όπως το γεγονός, ότι οι δυνάμεις προκαλούν επιτάχυνση είναι εννοιολογική γνώση. Η διαδικαστική γνώση περιλαμβάνει τη γνώση του τρόπου

εφαρμογής των άλλων δύο κατηγοριών γνώσεων σε συγκεκριμένα προβλήματα, η γνώση δηλαδή του πώς να εφαρμόσει κάποιος αυτά που ξέρει.

### **1.3.Στοιχεία για τη διδασκαλία της Φυσικής στην Ελλάδα**

Η κατάκτηση των βασικών εννοιών και δεξιοτήτων της Φυσικής δεν αποτελεί εύκολο επίτευγμα για πολλούς μαθητές και ιδιαίτερα για αυτούς που έχουν ήπιες εκπαιδευτικές ανάγκες. Η δυσκολία έγκειται στο γεγονός, ότι η Φυσική αποτελεί συνισταμένη πολλών παραγόντων, όπως η ικανότητα γραφής, ανάγνωσης, βασικών μαθηματικών γνώσεων αλλά και κατάκτησης των ίδιων των γνώσεων και δεξιοτήτων της Φυσικής. Ενώ οι έρευνες που στοχεύουν στην εύρεση του βαθμού κατανόησης των βασικών γνώσεων της Φυσικής από τους μαθητές είναι πολυάριθμες, λιγότες έως και ελάχιστες είναι οι έρευνες που αφορούν στην κατάκτηση γνώσεων φυσικής και δεξιοτήτων από μαθητές με ήπιες εκπαιδευτικές ανάγκες. Το γεγονός αυτό πιθανότατα να οφείλεται στην πολυπλοκότητα του ίδιου του πεδίου της φυσικής ή στο ότι η φυσική δεν θεωρείται προτεραιότητα στην εκπαίδευση των μαθητών αυτών, αντίθετα με τη γλώσσα και τα μαθηματικά, μολονότι η φυσική είναι αναπόσπαστο κομμάτι του προγράμματος σπουδών του γενικού σχολείου αλλά και θεμελιώδης γνώση της καθημερινής ζωής.

Ιδιαίτερα ως προς τη διδασκαλία των μαθητών με ήπιες εκπαιδευτικές ανάγκες τονίζεται, ότι αυτή καθίσταται δύσκολη, όπως αναφέρει το αναλυτικό πρόγραμμα στο γενικό σχολείο, όταν οι μαθητές στερούνται βασικών εννοιών και δεξιοτήτων σε σημαντικά μαθήματα, όπως αυτό της Φυσικής. Η διδασκαλία των εννοιών της στους μαθητές με τον ίδιο ακριβώς τρόπο με τον οποίο διδάσκονται και αυτοί της τυπικής ανάπτυξης δεν μπορεί να αποδώσει θετικά αποτελέσματα και να συμβάλει στην από κοινού εκπαίδευση μαθητών με και χωρίς ειδικές ανάγκες (Kirch, Bargerhuff, Turner, & Wheatly, 2005). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί, ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία για τη διδασκαλία της Φυσικής σε μαθητές με ειδικές ανάγκες, γι' αυτό και δεν παρατίθενται.

### **1.4. Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στο πλαίσιο της παραδοσιακής Παιδαγωγικής**

Οι αρχές του συμπεριφορισμού βρήκαν εφαρμογή στη διδασκαλία και στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών σε ό,τι αποκαλείται παραδοσιακή προσέγγιση, όπου αναγνωρίζονται σαν δομικά στοιχεία της διδακτικής πράξης ο εκπαιδευτικός, η γνώση/διδακτικό αντικείμενο και ο μαθητής. Τα τρία αυτά στοιχεία δημιουργούν το διδακτικό τρίγωνο με το ρόλο του πρώτου να είναι πρωταρχικός και το ρόλο του τελευταίου εξαρτημένος (Trumper, 1993).



Ένα από τα σημεία στα οποία η παραδοσιακή διδασκαλία της Φυσικής κρίνεται ανεπαρκής, αν δε συνδυαστεί με άλλη μορφή διδασκαλίας, είναι η αδυναμία εμπλοκής όλων των μαθητών (Reay, Li, & Bao, 2008; Caldwell, 2007) τη στιγμή που η εμπλοκή αυτή φαίνεται, ότι είναι αναγκαία συνθήκη για τη μάθηση (Beatty, 2004; Bransford, Brown, & Cocking, 1999). Σύμφωνα με την έρευνα του Hake, οι μαθητές είναι επιθυμητό να καλούνται να αντιμετωπίσουν προβλήματα, τα οποία πρέπει να έχουν σχεδιαστεί, τουλάχιστον εν μέρει, ώστε να προάγουν την εννοιολογική κατανόηση μέσω της ενεργούς εμπλοκής των εκπαιδευομένων σε νοητικές (πάντα) και πειραματικές (συνήθως) δραστηριότητες, οι οποίες παρέχουν άμεση ανάδραση μέσω της συζήτησης με τους συμμαθητές και το διδάσκοντα (Hake, 1998). Υπό αυτή την έννοια, παραδοσιακή διδασκαλία νοείται εκείνη η οποία δεν κάνει χρήση των μεθόδων της ενεργούς διδασκαλίας και στηρίζεται κυρίως σε παθητικές διαλέξεις, εργαστηριακές συνταγές εκτέλεσης πειραμάτων και εξετάσεις επίλυσης αλγοριθμικών προβλημάτων.

Οι διδακτικές στρατηγικές που υιοθετεί ο εκπαιδευτικός, κυρίως, είναι η διάλεξη (μονόλογος), οι ερωτήσεις και σε μερικές περιπτώσεις, το πείραμα επίδειξης (Brown & Campione, 1994), που εκτελείται από τον εκπαιδευτικό, χρησιμοποιείται ώστε να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών και στοχεύει στην επαλήθευση της θεωρίας και στην ενίσχυση της θέσης του εκπαιδευτικού. Σε μια ελληνική πραγματικότητα που οι διαδραστικοί πίνακες έχουν κατακλύσει τα σχολικά συγκροτήματα, ο δασκαλοκεντρικός εκπαιδευτικός αρκείται σε μερικά πατήματα κουμπιών στον υπολογιστή, ώστε να «τρέξει» το πείραμα κάνοντας ακόμη πιο εύκολη την καθημερινότητά του, εκφυλίζοντας όμως, την υπόσταση του κινήτρου μάθησης για τα παιδιά. Η κυρίαρχη διδακτική πρακτική που ακολουθείται είναι αυτή όπου οι μαθητές επιβεβαιώνουν επιστημονικές αρχές εκτελώντας πειράματα που προτείνει ο εκπαιδευτικός όντας υπεύθυνος να δημιουργεί τις συνθήκες, ώστε να μπορέσει να τους μεταφέρει γνώσεις. Το εφόδιο που είναι απαραίτητο να κατέχει είναι η άριστη γνώση της ύλης.

Σχετικά με την οργάνωση της τάξης, οι μαθητές εργάζονται συνήθως ατομικά. Η μετωπική διάταξη των θρανίων σε σχέση με την έδρα και τον πίνακα διευκολύνει το συγκεκριμένο τρόπο εργασίας των μαθητών και την ανάπτυξη ανταγωνιστικών διαμαθητικών σχέσεων. Στο πλαίσιο της παραδοσιακής προσέγγισης, ο εκπαιδευτικός είναι υπεύθυνος, ώστε μέσα από δραστηριότητες επαναλαμβανόμενης εξάσκησης, να βελτιωθούν οι απομνημονευτικές δυνατότητες του μαθητή (Ράπτης & Ράπτη, 2007). Επιπλέον, ακολουθώντας τη συμπεριφοριστική αρχή της ενίσχυσης και απόσβεσης, απαραίτητο είναι να επιβραβεύει άμεσα τις σωστές απαντήσεις των μαθητών και να διορθώνει τις λανθασμένες, ώστε να μην επαναληφθούν, αφού αυτές δυσχεραίνουν την πορεία της διδασκαλίας (Κολιάδης, 1991). Η αξιολόγηση που εφαρμόζεται είναι συνήθως η αθροιστική και έχει τη μορφή προφορικής εξέτασης ή γραπτών διαγωνισμάτων, ώστε να ελεγχθεί η ποσότητα των γνώσεων που έχουν αποκτηθεί, ενώ σπάνια αξιολογείται η ικανότητα του μαθητή για κριτική θεώρηση των πραγμάτων (Κουλαϊδής, 2001). Είναι φανερό, εξάλλου, ότι αυτό που έχει σημασία και

αξιολογείται εν τέλει είναι η ποσοτική αφομοίωση της ύλης και όχι η ποιοτική της εμπέδωση.

Το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών οργανώνεται γραμμικά και διασπάται σε ενότητες, οι οποίες διδάσκονται αποσπασματικά και ανεξάρτητα η μία από την άλλη. Περιορίζεται σε πληροφοριακή, εγκυκλοπαιδικού τύπου γνώση και αφορά κυρίως στην εκμάθηση ορισμών, όρων, μαθηματικών τύπων και κανόνων, που συνήθως εύκολα ξεχνιούνται. Το διδακτικό υλικό που χρησιμοποιείται σε κυρίαρχο βαθμό είναι το σχολικό εγχειρίδιο. Κατά το σχεδιασμό του αναλυτικού προγράμματος λαμβάνονται υπόψη μόνο οι επιστημονικές γνώσεις που θα μεταδοθούν στους μαθητές, ενώ οι προς επίτευξη στόχοι του σχετίζονται αποκλειστικά με τις γνώσεις αδιαφορώντας για την καλλιέργεια στάσεων και δεξιοτήτων.

#### **1.4.1.Φάσεις παραδοσιακού μοντέλου διδασκαλίας**

Οι φάσεις του παραδοσιακού μοντέλου διδασκαλίας, που περιγράφηκε παραπάνω, είναι με σειρά ακολουθίας: α) προετοιμασία/προπαρασκευή, β) προσφορά/παρουσίαση, γ) σύγκριση, δ) σύλληψη ή γενίκευση, ε) εφαρμογή ή άσκηση και στ) αξιολόγηση.

### **1.5. Η Διδακτική της Φυσικής στο πλαίσιο της ανακαλυπτικής Παιδαγωγικής**

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά αυτής της μορφής διδασκαλίας είναι τα εξής:

- Η γνώση ανακαλύπτεται από το μαθητή.
- Οι μαθητές είναι δυνατό να οδηγηθούν μόνοι τους στη γνώση των Φυσικών Επιστημών και να την «ανακαλύψουν», αν τους δοθούν τα κατάλληλα μέσα και τους υποβληθούν οι κατάλληλες καθοδηγητικές ερωτήσεις.
- Ο μαθητής αποτελεί, πλέον, το επίκεντρο της διδακτικής διαδικασίας, ενώ αποδίδεται μεγάλη σημασία στην αλληλεπιδραστική του σχέση με τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία.
- Ο εκπαιδευτικός έχει καθοδηγητικό ρόλο.

Σήμερα ένα από τα κυρίαρχα μοντέλα για τη διδασκαλία και τη μάθηση της επιστήμης αποτελεί το ανακαλυπτικό/διερευνητικό (ή απλούστερα η διερεύνηση) του οποίου το βασικό του χαρακτηριστικό είναι η μετατόπιση του κέντρου βάρους της διδασκαλίας από το περιεχόμενο της επιστήμης στις μεθόδους και στις πρακτικές της

πετυχαίνοντας τη βελτίωση της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών. Η κατανόηση αυτή διευκολύνεται και από το γεγονός, ότι στην πλειοψηφία τους το νόημα των επιστημονικών εννοιών και νόμων κατακτάται αποτελεσματικότερα μέσα από τις διαδικασίες της δημιουργίας τους. Για παράδειγμα, η έννοια της πίεσης γίνεται περισσότερο σαφής αν δει κανείς (έμπρακτα) τα προβλήματα, τα πειράματα και τους συλλογισμούς που οδήγησαν στη δημιουργία της (Κουμαράς, 2015).

Η στροφή προς το διερευνητικό μοντέλο διδασκαλίας θεωρείται, ότι μπορεί να αποτελέσει ένα ουσιαστικό κομμάτι της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών συντελώντας στην καλλιέργεια ικανοτήτων και δεξιοτήτων και βελτιώνοντας τις στάσεις των παιδιών απέναντι στις θετικές επιστήμες (Jorde & Dillon, 2012 ; Rocard, et al., 2007). Διδακτικές στρατηγικές που ευνοούν την εφαρμογή της ανακαλυπτικής μεθόδου είναι το πείραμα, οι ερωτήσεις, η διερεύνηση και η συζήτηση. Οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων, αλληλεπιδρούν με διάφορα εργαστηριακά υλικά και ενθαρρύνονται να ακολουθούν την επιστημονική μεθοδολογία, αφού καλούνται να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία ανακάλυψης της γνώσης.

Το αναλυτικό πρόγραμμα -μαθητοκεντρικά προσανατολισμένο- έχει σπειροειδή μορφή. Η γνώση αποκτάται από πολύ μικρή ηλικία μέχρι και τις μεγαλύτερες τάξεις, αλλά το γνωστικό φορτίο και το βάθος στο οποίο εξετάζονται οι έννοιες κάθε φορά διαφέρει. Τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό του είναι οι επιστημονικές γνώσεις και οι τεχνικές διδασκαλίας. Οι στόχοι που τίθενται, εκτός από γνωστικοί, αναφέρονται ακόμη σε στάσεις και δεξιότητες. Εκτός από το σχολικό εγχειρίδιο και το φύλλο εργασίας, ο μαθητής έχει ακόμη στη διάθεσή του υλικά και εργαστηριακά όργανα. Με κύριο διδακτικό υλικό το φύλλο εργασίας, ο μαθητής διατυπώνει υποθέσεις, ακολουθεί οδηγίες, κάνει μετρήσεις, αναλύει τα δεδομένα και καταλήγει σε συμπεράσματα.

Το 1960, ο Shwab ταξινόμησε τις εργαστηριακές ασκήσεις σε τρία επίπεδα στα σχολικά εγχειρίδια και στους οδηγούς. Στο πρώτο επίπεδο, ο εργαστηριακός οδηγός θέτει την ερώτηση, περιγράφει τα απαιτούμενα υλικά και δίνει οδηγίες που θα ακολουθήσει ο μαθητής, για να βρει την απάντηση. Στο δεύτερο επίπεδο, το εγχειρίδιο θέτει το πρόβλημα, αλλά η διαδικασία που θα ακολουθηθεί για τη λύση του και η απάντηση παραμένουν ανοικτά για τους μαθητές, ενώ στο τρίτο επίπεδο το πρόβλημα, η απάντηση και η πορεία που θα ακολουθηθεί μένουν ανοιχτά. Στη συνέχεια, το 1971 ο Herron βασισμένος στα παραπάνω επίπεδα προσθέτει το μηδενικό επίπεδο κατά το οποίο το εγχειρίδιο θέτει το πρόβλημα, παρέχει τις οδηγίες και τα υλικά και ζητά από το μαθητή να επιβεβαιώσει κάτι που ήδη γνωρίζει.

Στην Ελλάδα, η διερεύνηση (inquiry) μπήκε στο εκπαιδευτικό λεξιλόγιο τα τελευταία, κυρίως, χρόνια, είτε ως συνώνυμο της καθοδηγούμενης ανακάλυψης είτε ως κάτι καινούριο. Σύμφωνα με τον Κουμαρά, μπορεί να ταξινομηθεί σε τέσσερα επίπεδα: την επιβεβαιωτική (confirmation), την καθοδηγούμενη (structured), την προσανατολισμένη (guided) και την ελεύθερη (open) (Κουμαράς, 2015). Οι σταθμοί

στην εξελικτική αυτή πορεία προσδιορίζονται από το πόσες πολλές πληροφορίες (για παράδειγμα ερευνητικές ερωτήσεις, οδηγίες για την ακολουθούμενη πορεία, υλικά και γνώση ή όχι των αναμενόμενων αποτελεσμάτων) παρέχονται στους μαθητές (Bell, Smetana, & Binns, 2005).

Κατά την εφαρμογή της επιβεβαιωτικής διερεύνησης δίνονται στους μαθητές η ερώτηση, οι οδηγίες που θα ακολουθήσουν στην έρευνά τους και τα απαιτούμενα υλικά, ενώ τα αποτελέσματα τούς είναι ήδη γνωστά. Όσον αφορά την καθοδηγούμενη διερεύνηση δίνονται στους μαθητές η ερώτηση, τα απαιτούμενα υλικά και οδηγίες για τη διαδικασία που θα ακολουθήσουν, ενώ δεν γνωρίζουν την απάντηση πριν τη διεξαγωγή του πειράματος, αφού στόχος είναι η εξαγωγή συμπεράσματος βασισμένου στα στοιχεία που έχουν συλλέξει. Κατά την εφαρμογή της προσανατολισμένης διερεύνησης δίνεται μόνο το πρόβλημα και οι μαθητές σχεδιάζουν την πορεία που θα ακολουθήσουν για να το λύσουν, ενώ η επιλογή του να τους δοθούν τα υλικά ή όχι εναπόκειται στο δάσκαλο, συνήθως με τη λογική της ελεύθερης επιλογής από αυτά που δίνονται. Τελειώνοντας, η ανοιχτή διερεύνηση αφορά στην παραγωγή ερωτημάτων από τους μαθητές, στο σχεδιασμό, στη διεξαγωγή της έρευνας και στην ανακοίνωση των αποτελεσμάτων της καθώς και στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των άλλων. Για τα υλικά ισχύει το ίδιο σκεπτικό με την προσανατολισμένη διερεύνηση.

Επίπεδο διερεύνησης	Ερώτηση	Οδηγίες	Αποτέλεσμα	Υλικά
<b>1. Επίπεδο επιβεβαίωσης</b> Οι μαθητές επιβεβαιώνουν κάτι, εκ των προτέρων γνωστό, μέσω μιας δραστηριότητας	ναι	ναι	ναι	ναι
<b>2. Καθοδηγούμενη διερεύνηση</b> Οι μαθητές ερευνούν μια ερώτηση που δίνεται από το δάσκαλο ακολουθώντας οδηγίες	ναι	ναι	όχι	ναι
<b>3. Προσανατολισμένη διερεύνηση</b> Οι μαθητές ερευνούν μια ερώτηση που δίνεται από το δάσκαλο αλλά σχεδιάζουν ή επιλέγουν οι ίδιοι την πορεία που θα ακολουθήσουν	ναι	όχι	όχι	?
<b>4. Ανοιχτή διερεύνηση</b> Οι μαθητές ερευνούν ερωτήσεις, τις οποίες διατυπώνουν οι ίδιοι, μέσω πορείας την οποία σχεδιάζουν ή επιλέγουν μόνοι τους	όχι	όχι	όχι	?

**Εικόνα\_4:**

**Τα επίπεδα της διερεύνησης και οι πληροφορίες που παρέχει το καθένα στο μαθητή (το ? υποδηλώνει τη δυνατότητα και των δύο επιλογών, του ναι και του όχι)**

Τα δύο ανώτερα επίπεδα διερεύνησης, δηλαδή η προσανατολισμένη και η ανοικτή, ενσωματώνουν τα στοιχεία εκείνα που η έρευνα δείχνει, ότι οδηγούν στην ενεργή εμπλοκή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ωστόσο, στην Ελλάδα τα επίπεδα αυτά φαίνεται να απουσιάζουν από τη σχολική πραγματικότητα. Αντίστοιχα, το επίπεδο της επιβεβαιωτικής διερεύνησης συναντάται στα πανεπιστημιακά τμήματα Θετικών Επιστημών καθώς και στους εργαστηριακούς οδηγούς του Γυμνασίου και του Λυκείου, ενώ μια μορφή καθοδηγούμενης

διερεύνησης (ανακάλυψης) συναντάται στα εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης του Δημοτικού.

Αντίθετα, στη διεθνή βιβλιογραφία ως στάδια εκπαίδευσης των μαθητών χρησιμοποιούνται τα δύο πρώτα στάδια διερεύνησης. Παρόλα αυτά, στην Ελλάδα η επιβεβαιωτική και η καθοδηγούμενη διερεύνηση δεν εφαρμόζονται συχνά, ενώ τα δύο ανώτερα επίπεδα διερεύνησης δεν εμφανίζονται καθόλου. Εξαιρέση αποτελεί ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της δράσης «Παίζοντας με τις Φ.Ε.» από τα Ε.Κ.Φ.Ε. Θεσσαλονίκης σε συνεργασία με σχολικούς συμβούλους ΠΕ04 του νομού Θεσσαλονίκης τις σχολικές χρονιές 2013-15. Η δράση είχε στόχο στην εφαρμογή προσανατολισμένης διερεύνησης, στο πλαίσιο της οποίας κλήθηκαν τριμελείς μαθητικές ομάδες από Γυμνάσια του νομού Θεσσαλονίκης να διαπιστώσουν, σύμφωνα με την προκήρυξη που στάλθηκε στα σχολεία, ότι οι Φ.Ε. μπορεί να είναι διασκεδαστικές. Κύριο μέλημα ήταν να δοθούν στους συμμετέχοντες προβλήματα της καθημερινής ζωής διατυπωμένα με τρόπο διαφορετικό από αυτόν της παρουσίασης των αλγοριθμικών προβλημάτων στα σχολικά εγχειρίδια και στους εργαστηριακούς οδηγούς (Γκιγκούδη, Καρούτης, Πιερράτος, & Τσακίρη, 2015).

Επίσης, στη διεθνή βιβλιογραφία συναντώνται και αρκετές εναλλακτικές προσεγγίσεις της διερευνητικής μάθησης, όπως για παράδειγμα η μάθηση που βασίζεται στην επίλυση προβλημάτων (Problem Based Learning), οι μελέτες μικρής κλίμακας (Small Scale Investigations), οι ερευνητικές εργασίες (Projects) κ.ά. (Kahn & O'Rourke, 2005). Βασική τους ομοιότητα μπορεί να θεωρηθεί η χρήση του επιστημονικού τρόπου σκέψης για τη μελέτη του κόσμου που μας περιβάλλει. Τα στάδια της «επιστημονικής μεθόδου» (παρατήρηση, διατύπωση υπόθεσης, σχεδιασμός και εκτέλεση πειράματος προσδιορίζοντας τις μεταβλητές του προβλήματος, επεξεργασία αποτελεσμάτων, παρουσίαση συμπερασμάτων κλπ) περιγράφουν ένα σύνολο επιστημονικών διαδικασιών που βοηθούν τα παιδιά να αποκτήσουν δεξιότητες χρήσιμες για τη μετέπειτα ζωή τους (Χαλκιά, 2012).

### **1.5.1. Φάσεις ανακαλυπτικού μοντέλου διδασκαλίας**

- Έναυσμα Ενδιαφέροντος: Προτείνεται να γίνεται μέσω προτάσεων δραστηριοτήτων.
- Διατύπωση Υποθέσεων: Ο εκπαιδευτικός προκαλεί συζήτηση και προβληματίζει τους μαθητές για το προς μελέτη φαινόμενο/θέμα προτρέποντάς τους να διατυπώσουν υποθέσεις.
- Πειραματισμός: Ο εκπαιδευτικός ενεργοποιεί τους μαθητές με αποδεικτικά (επιβεβαιωτικά ή απορριπτικά) πειράματα, ώστε να διατυπωθούν και να αξιολογηθούν οι παρατηρήσεις τους. Τα πειράματα (με απλά μέσα) εκτελούνται από τους μαθητές σε ομάδες.

- Διατύπωση/Καταγραφή Συμπερασμάτων: Ο εκπαιδευτικός βοηθά τους μαθητές να διατυπώσουν τα συμπεράσματά τους όπου μία από τις διατυπωθείσες υποθέσεις αναγορεύεται σε «θεωρία».
- Εφαρμογές/Γενίκευση: Η αναφορά σε εφαρμογές και η γενίκευση του υπό μελέτη φυσικού φαινομένου/θεματικής ενότητας προτείνεται να γίνεται κατά βάση μέσω προτάσεων δραστηριοτήτων.

## 1.6. Οι ερευνητικοί προσανατολισμοί της «σύγχρονης» Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών

- Αναζήτηση βιωματικών – νοητικών παραστάσεων για έννοιες και φαινόμενα
- Σχεδιασμός, εφαρμογή και αξιολόγηση διδακτικών παρεμβάσεων
- Μελέτη δυσκολιών μαθητών κατά τις προσπάθειες επίλυσης προβλημάτων
- Αναλυτικά προγράμματα
- Δημιουργία, χρήση και αξιολόγηση εφαρμογών των ηλεκτρονικών υπολογιστών για τη διδασκαλία
- Ρόλος εκπαιδευτικού

## 1.7. Το εποικοδομητικό ρεύμα

Σύμφωνα με τον Redish (1994): «Οι άνθρωποι πρέπει να οικοδομούν τα δικά τους μοντέλα. Η ιδέα αυτή είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της εκπαιδευτικής φιλοσοφίας, γνωστή ως κονστρουκτιβισμός. Μια ακραία δήλωση γι' αυτό το μοντέλο είναι η εξής: "Δεν μπορείς να διδάξεις τίποτα σε κανέναν. Αυτό που μπορείς να κάνεις, ως δάσκαλος, είναι να διευκολύνεις τους μαθητές να μάθουν" (...) ο κονστρουκτιβισμός απαιτεί από τους διδάσκοντες να επικεντρωθούν λιγότερο στο τι διδάσκουν και περισσότερο στο τι μαθαίνουν οι μαθητές.» (Knight, 2006)

Ο εποικοδομητισμός πρεσβεύει, ότι η γνώση δεν λαμβάνεται παθητικά, αλλά οικοδομείται ενεργητικά από εκείνον που μαθαίνει. Σύμφωνα με το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης, οι μαθητές κατασκευάζουν οι ίδιοι μια καινούργια γνώση για τα φυσικά φαινόμενα μέσα από μια διαδικασία αλληλεπίδρασης βιωματικών ιδεών που έχουν ήδη δημιουργήσει και του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, ενώ σημαντική χαρακτηρίζεται η συμβολή της Solomon (1987) που αποδέχτηκε την άποψη, ότι η γνώση κατέχεται από άτομα αλλά προσπάθησε να ενσωματώσει στις θεωρίες του εποικοδομητισμού το ρόλο που μπορεί να έχουν κοινωνικοί παράγοντες στην τροποποίηση των ιδεών που χειρίζονται αυτά τα άτομα.

Η εποικοδόμηση της γνώσης φέρει διαφορετική ταξινόμηση από αυτή της διερεύνησης. Παρόλα αυτά, μπορεί να υπάρξει κατά τη διάρκεια μιας κλασικής διδασκαλίας με κατάλληλη επεξεργασία των ληφθέντων πληροφοριών από τον

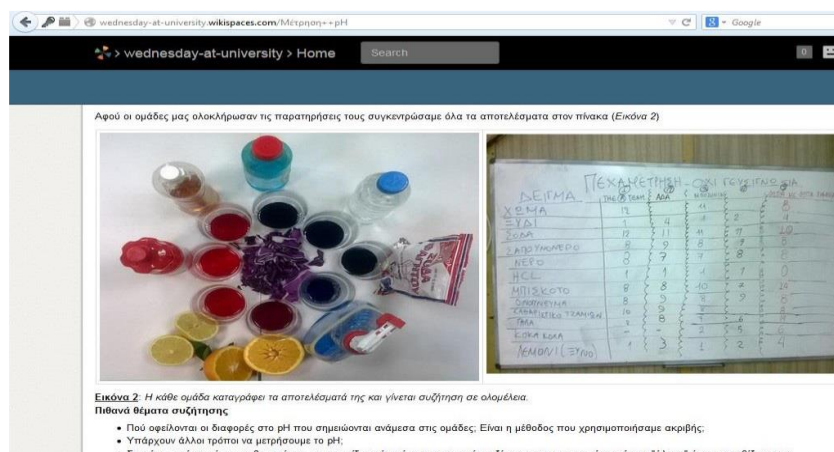
εκπαιδευόμενο. Έτσι, μπορεί κάποιος να παρατηρήσει, ότι κατά κάποιο τρόπο τα τρία επίπεδα της διερεύνησης πέραν του μηδενικού (και όχι μόνο αυτά) καλύπτουν πλήρως, κατάλληλα χειριζόμενα, το επικρατέστερο μοντέλο εποικοδομητικής διδασκαλίας (Κουμαράς, 2015).

Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις Φ.Ε., θεμελιώνεται πάνω στις εργασίες του Vygotsky και της Solomon και αναγνωρίζει, ότι η μάθηση είναι μια πολυδιάστατη κοινωνική δραστηριότητα, που συντελείται μέσω των αλληλεπιδράσεων του ατόμου με τα υπόλοιπα μέλη των διάφορων κοινωνικών ομάδων στις οποίες εντάσσεται στην πορεία της ζωής του. Στο πλαίσιο του κοινωνικού εποικοδομητισμού, η μάθηση θεωρείται ως διαδικασία κατασκευής γνώσης από τους μαθητές, μέσω τόσο ατομικών όσο και κοινωνικών διαδικασιών (Driver, et al., 1994). Στους μαθητές παρέχονται δυνατότητες να αξιολογήσουν νέες ιδέες με τη βοήθεια των συμμαθητών τους και να τις συνδέσουν με την προσωπική τους εμπειρία και με τις ήδη υπάρχουσες (Κουλαϊδής, 2001).

Το ομαδοσυνεργατικό μοντέλο διδασκαλίας είναι πλήρως εναρμονισμένο με τη θεωρία του κοινωνικού εποικοδομητισμού τοποθετώντας την ομάδα στο επίκεντρο των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία έχει εφαρμοστεί με ενθαρρυντικά αποτελέσματα σε μία σειρά διδακτικών αντικειμένων ανάμεσα στα οποία ανήκει και η διδακτική των Φ.Ε. (Κόκκοτας & Πήλιουρας, 2009). Πιο συγκεκριμένα, σε ανασκοπήσεις ερευνητικών εργασιών από την ελληνική και ξενόγλωσση βιβλιογραφία (Ταρνανίδης, και συν., 2015) υποστηρίζεται, ότι η χρήση του μοντέλου μπορεί να συντελέσει στην ανάπτυξη κοινωνικών και συνεργατικών δεξιοτήτων, στην καλλιέργεια της κριτική σκέψης καθώς και στη βελτίωση της στάσης των μαθητών απέναντι στο ίδιο το αντικείμενο της διδασκαλίας. Επιπλέον, η ομαδοσυνεργατική μέθοδος ενδεχομένως μπορεί να αποδώσει θετικά αποτελέσματα και στη βελτίωση της ακαδημαϊκής επίδοσης των μαθητών.

Με βάση τον παραπάνω άξονα τα τελευταία τέσσερα χρόνια υλοποιείται η δράση «Τετάρτες στη Σχολή Θετικών Επιστημών» από το Τμήμα Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), απευθύνεται σε μαθητές Λυκείου και το περιεχόμενό της είναι δυναμικό. Σκοπός αυτής της μη τυπικής μορφής εκπαίδευσης είναι η εξοικείωση των μαθητών με την εφαρμογή της επιστημονικής μεθόδου μέσω διερευνητικών δραστηριοτήτων που υλοποιούνται σε ένα ομαδοσυνεργατικό περιβάλλον. Ο ρόλος του διδάσκοντα εστιάζεται περισσότερο στο να εμπνυχώνει τις ομάδες και να συντονίζει το διάλογο μεταξύ των μαθητών καταβάλλοντας προσπάθεια τα παιδιά να έρθουν σε επαφή με όσο το δυνατόν λιγότερο καθοδηγούμενες μορφές διερεύνησης. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον μάθησης κέντρο της όλης διαδικασίας γίνεται ο ίδιος ο μαθητής, ο οποίος καλείται να επιστρατεύσει τη δημιουργικότητά του και χρησιμοποιώντας τον επιστημονικό τρόπο σκέψης να σχεδιάσει και να εκτελέσει ένα κατάλληλο πείραμα προκειμένου να απαντήσει σε κάποιο ερώτημα.

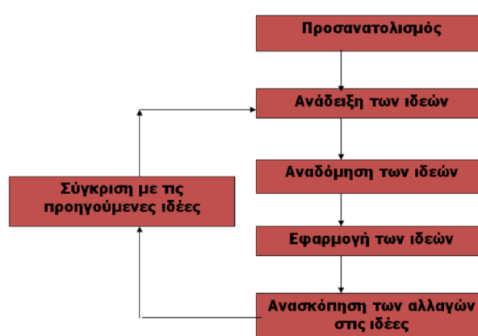
Στην ιστοσελίδα “<http://wednesday-at-university.wikispaces.com>” φιλοξενούνται κάποιες από τις δραστηριότητες διευρευνητικής μάθησης που έχουν υλοποιηθεί με βασική επιδίωξη όχι μόνο την παρουσίαση μιας σειράς δραστηριοτήτων, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οι ενδιαφερόμενοι εκπαιδευτικοί, αλλά μέσω αυτής να έρθουν σε επαφή εκπαιδευτικοί που υλοποιούν παρόμοιες δραστηριότητες στην τάξη τους και να ανταλλάξουν απόψεις και ιδέες (Ταρνανίδης, και συν., 2015).



**Εικόνα\_5:**  
**Στιγμιότυπο της ιστοσελίδας**

### 1.7.1. Το μοντέλο Driver και Oldham (1986)

Το εποικοδομητικό μοντέλο Driver & Oldham εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1986 και περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, και διαδικασίες μεταγνώσης (metacognition).



**Εικόνα\_6:**  
**Οι φάσεις του μοντέλου εποικοδομητικής διδασκαλίας των Driver & Oldham (1986)**

Η φάση του προσανατολισμού είναι η παραδοσιακή φάση της αφόρμησης, που περιέχει δύο στάδια: το στάδιο πρόκλησης της περιέργειας, που μπορεί να περιέχει παρατηρήσεις, επίδειξη εικόνων, αφήγηση μιας σύντομης ιστορίας, απόσπασμα από την Ιστορία των Φυσικών Επιστημών κ.ά. και το στάδιο έναρξης διαδικασίας αναγνώρισης ιδεών με αφορμή το εποπτικό υλικό. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού θα πρέπει να είναι ενθαρρυντικός ως προς την έρευνα.



Η φάση της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών μπορεί να επιτευχθεί με συζήτηση, ερωτηματολόγια, ατομικές εργασίες, υποθετικά πειράματα (όπου ζητείται από τα παιδιά να κάνουν πρόβλεψη των αποτελεσμάτων), εννοιολογικούς χάρτες κλπ. Οι μαθητές χωρίζονται σε μικρές ομάδες και εργάζονται στην αρχή ατομικά κι έπειτα μικροομαδικά καταγράφοντας τις απόψεις τους με το δάσκαλο να τις συγκεντρώνει και να τις κατηγοριοποιεί. Ο δάσκαλος θα πρέπει να εκφράζεται τόσο λεκτικά όσο και μη λεκτικά με αποδοχή και φιλικά προς τους μαθητές απορρίπτοντας κάθε διάθεση ειρωνείας ή κριτικής.

Στη φάση της αναδόμησης των ιδεών οι μαθητές καλούνται να αναπτύξουν ιδέες (σε περίπτωση που δεν τις είχαν διατυπώσει αρχικά), να τις ελέγξουν με σκοπό να τις επεκτείνουν ακόμη και να τις αντικαταστήσουν. Τα παιδιά συνεχίζουν να εργάζονται σε μικρές ομάδες, να εκτελούν πειράματα και να προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα. Σημαντικό ρόλο κατέχει η σύγκρισή τους με τις αρχικές προβλέψεις με στόχο να οδηγηθούν τα παιδιά σε «αδιέξοδο» και να αναρωτηθούν για την αιτία ασυμφωνίας των ιδεών τους με τα αποτελέσματα των πειραμάτων. Αυτό ίσως τα οδηγήσει σε εννοιολογική αλλαγή και υιοθέτηση ιδεών σύμφωνων με τη σχολική γνώση.

Στη φάση εφαρμογής των ιδεών τα παιδιά ελέγχουν μέχρι ποιο βαθμό οι νέες γνώσεις που απέκτησαν είναι εφαρμόσιμες και τις συσχετίζουν με εμπειρίες της καθημερινής ζωής, ώστε τελικά να συνειδητοποιήσουν, ότι είναι παραγωγικότερες από τις παλιές και να τις υιοθετήσουν. Η φάση ανασκόπησης περιλαμβάνει τη συζήτηση της διαδικασίας επίτευξης των ανακαλύψεων και την αναγνώριση της σπουδαιότητάς τους. Οι μαθητές συγκρίνουν τη νέα γνώση με την παλιά και συνειδητοποιούν με ποια διαδικασία αποκτήθηκε. Τελικά, αυτή η φάση μπορεί να χαρακτηριστεί ως το μέσον του αυτοελέγχου και της συνειδητοποίησης της γνωστικής πορείας (μεταγνώση).

### **1.7.2. Το μοντέλο 5E του Bybee (1997, 2006)**

Το συγκεκριμένο διδακτικό μοντέλο περιλαμβάνει πέντε φάσεις:

- Ενεργοποίηση (φάση I)
- Εξερεύνηση (φάση II)
- Εξήγηση (φάση III)
- Εφαρμογή (φάση IV)
- Αξιολόγηση (φάση V)

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη φάση I, οι μαθητές επεξεργάζονται ατομικά ένα πρόβλημα, καταγράφουν τις αιτιολογημένες προβλέψεις τους και συζητούν στην τάξη τη διατύπωση ερωτημάτων τους προς έρευνα. Στη φάση της εξερεύνησης (φάση II), υπάρχει ο σχεδιασμός και η πραγματοποίηση της έρευνας από τους μαθητές, ώστε να απαντηθούν τα ερωτήματά τους. Κατά τη φάση III, ακολουθεί η επεξεργασία των

δεδομένων, η εξαγωγή συμπερασμάτων και η σύγκριση με τις αρχικές υποθέσεις. Στη φάση IV, οι μαθητές επεξεργάζονται προβλήματα διαφορετικά από τα αρχικά, ενώ στην τελική φάση (φάση V), ζητείται από αυτούς να συγκρίνουν τις αρχικές απαντήσεις με τις τελικές.

Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται επίσης, ο μαθησιακός κύκλος των White et al. (1999), το μαθησιακό μοντέλο 7E του Eisenkraft (2003), το διδακτικό πλαίσιο EIMA των Schwarz και Gwekwerere (2007), το μοντέλο 4EX2 των Marshall et al. (2009) και το πλαίσιο των Minner et al. (2010). Παρά τις διαφοροποιήσεις τους τα μοντέλα αυτά διαμορφώνουν μία βάση για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού, υποστηρίζουν τον εκπαιδευτικό και οργανώνουν τη διδακτική ακολουθία, ώστε οι μαθητές να έχουν πολλαπλές ευκαιρίες να κατανοήσουν τις ιδέες και τις έννοιες.

## 1.8. Η γνωστική σύγκρουση

Τα τελευταία τουλάχιστον τριάντα χρόνια, πλήθος ερευνών έχουν αναδείξει την παγκοσμιότητα και τη διαχρονικότητα ιδεών που χρησιμοποιούν μαθητές και φοιτητές, για να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν φαινόμενα ή καταστάσεις, που είναι αντικείμενα διδασκαλίας της Φυσικής. Αυτές οι έρευνες κατέληξαν στο ότι οι ιδέες των μαθητών πριν τη διδασκαλία απέχουν πολύ από τις επιστημονικές ιδέες, ενώ μετά τη διδασκαλία εξελίσσονται μόνο κατά έναν πολύ μικρό βαθμό προς την κατεύθυνση της επιθυμητής γνώσης. Οι ιδέες αυτές εμφανίζουν απρόσμενη ανθεκτικότητα στην αλλαγή, η οποία παρατηρήθηκε τόσο σε φοιτητές όσο και σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Gunstone, 1987; Halloun & Hestenes, 1985; Cohen, Eylon, & Ganiel, 1983; Clement, 1982). Οι συγκεκριμένες ιδέες έχουν χαρακτηριστεί ποικιλοτρόπως. Ο δάσκαλος που πιστεύει, ότι έχει εκτελέσει επαρκώς το εκπαιδευτικό του έργο, τείνει να αποκαλεί τις απαντήσεις των μαθητών του «λανθασμένες ιδέες» (misconceptions). Αντίθετα, οι ερευνητές της διδακτικής των Φ.Ε χρησιμοποιούν τους όρους «εναλλακτικές ιδέες» (Driver R. , 1983), «επιστήμη των παιδιών» (Osborne, Bell, & Gilbert, 1983) ή «καθημερινές ιδέες για τη Φυσική» (Andersson, 1986), υποδεικνύοντας, ότι οι ιδέες των μαθητών θεωρούνται αποτέλεσμα του δικού τους τρόπου σκέψης, καθώς κάθε παιδί προσπαθεί να κατανοήσει τον κόσμο τριγύρω του (Τσακμάκη & Κουμαράς, 2015).

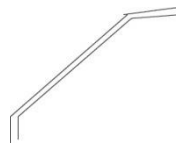
Προκειμένου να αρθούν τέτοιου τύπου προβλήματα, ορισμένοι ερευνητές προτείνουν τη χρήση της κοινωνικογνωστικής σύγκρουσης στην οποία η πηγή της ανισορροπίας που προκαλεί είναι ταυτόχρονα γνωστική, αφού συμβάλλει σε τροποποίηση των αντιλήψεων, και κοινωνική, αφού πηγάζει από τις αντιτιθέμενες εξηγήσεις στο πλαίσιο μιας κατάστασης επικοινωνίας (Skoumios & Hatzinikita, 2005).

Σε ό,τι αφορά τους λόγους για τους οποίους η κοινωνικογνωστική σύγκρουση έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει σε μια γνωστική ανάπτυξη, οι ερευνητές αναφέρουν τουλάχιστον τρεις (Apple, 1980). Ο πρώτος λόγος σχετίζεται με τη συνειδητοποίηση από μέρος του ατόμου των απαντήσεων των άλλων ως διαφορετικών από τις δικές του. Τότε, η σύγκρουση γίνεται πηγή ανισορροπίας που είναι ταυτόχρονα και κοινωνική και γνωστική. Ο δεύτερος λόγος είναι, ότι οι άλλοι δίνουν στο άτομο πληροφορίες/ιδέες που μπορεί να είναι κατάλληλες για τη μετάβαση σε έναν νέο τρόπο σκέψης. Ένας τρίτος λόγος αναφέρεται στο ότι η κοινωνικογνωστική σύγκρουση αυξάνει την πιθανότητα να γίνει το άτομο γνωστικά δραστήριο, δηλαδή να εμπλακεί πιο ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία.

Αντίληψη μαθητών



Πειραματική διάταξη



Το φως δε διαδίδεται πάντα ευθύγραμμα (π.χ. διαδίδεται σε τεθλασμένη γραμμή).

Εικόνα\_7:

Παράδειγμα: Η ευθύγραμμη διάδοση του φωτός

## 1.9. Το εκπαιδευτικό ρεύμα STSE

Το εκπαιδευτικό ρεύμα STSE πήρε το όνομά του από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων Science, Technology, Society, Environment, δηλαδή Επιστήμη, Τεχνολογία, Κοινωνία, Περιβάλλον και βασίζεται στις αρχές της αυθεντικής μάθησης. Σύμφωνα με τη Lombardi, ο συγκεκριμένος τύπος μάθησης αναφέρεται στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων της καθημερινότητας μέσω ποικίλων προσεγγίσεων (π.χ. παιχνίδια ρόλων, συμμετοχή σε εικονική κοινότητα κλπ.) (Lombardi, 2007). Έτσι, οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν κάποια προγραμματισμένη ρεαλιστική κατάσταση (π.χ. διαχείριση μιας πόλης, πτήση ενός αεροπλάνου κλπ.), εργαζόμενοι ως ενεργά μέλη ενός διεπιστημονικού περιβάλλοντος και αξιοποιώντας διαφορετικές προοπτικές και τρόπους δράσεων. Με αυτόν τον τρόπο τους επιτρέπεται να γίνουν δημιουργικοί και να ωθηθούν στα χνάρια της ενεργητικής μάθησης (Bransford, Brown, Cocking, Donovan, & Pellegrino, 2000).

Στη βιβλιογραφία παρατηρούνται πολλές προσεγγίσεις του ορισμού και των κατηγοριών του STSE ρεύματος (Zeidler, Sadler, Simmons, & Howes, 2005). Ωστόσο, στον πυρήνα του μπορεί να τοποθετηθεί η διαμόρφωση κοινωνικά υπεύθυνων πολιτών, οι οποίοι έχοντας ολοκληρωμένη αντίληψη για τον κόσμο θα είναι ικανοί να λαμβάνουν συλλογικές αποφάσεις σε θέματα που αφορούν τους τέσσερις θεματικούς του άξονες (Smith, Loughran, Berry, & Dimitrakopoulos, 2012). Στην εκτενή βιβλιογραφική επισκόπηση των Pedretti & Nazir (Pedretti & Nazir,

2011), αναφορικά με άρθρα και δημοσιεύσεις περίπου 40 ετών -από το 1971- αναγνωρίστηκαν έξι βασικές κατευθύνσεις του STSE ρεύματος, που παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

<b>Κατευθύνσεις</b>	<b>Βασικά χαρακτηριστικά</b>
Εφαρμογή/σχεδιασμός	Ανάπτυξη επιστημονικών και τεχνολογικών δεξιοτήτων
Ιστορία	Οι ΦΕ/ΤΧ ως επιτεύγματα του ανθρώπινου πολιτισμού
Λογική σκέψη	Λήψη αποφάσεων για κοινωνικά ζητήματα με βάση τις ΦΕ/ΤΧ
Αξίες	Ανάπτυξη της ηθικής διάστασης των ΦΕ/ΤΧ
Κοινωνικοπολιτισμική	Οι ΦΕ/ΤΧ ως συστατικά της κοινωνίας
Κοινωνικοοικολογική	Ανάπτυξη πολιτών-ακτιβιστών που να δρουν για τη βελτίωση ζητημάτων που σχετίζονται με τις ΦΕ/ΤΧ, το περιβάλλον και την κοινωνία

**Εικόνα 8:**  
**Οι κατευθύνσεις του STSE ρεύματος**  
**(όπου ΦΕ οι φυσικές επιστήμες και ΤΧ η τεχνολογία)**

- Κατεύθυνση Εφαρμογής/Σχεδιασμού: Οι μαθητές εμπλέκονται σε επιστημονικές και τεχνολογικές διαδικασίες για να κατασκευάσουν για παράδειγμα ένα μοντέλο τρένου.
- Κατεύθυνση Ιστορίας: Ορισμένα παραδείγματα δραστηριοτήτων που μπορεί να εμπλέκονται οι μαθητές είναι η δραματοποίηση, τα παιχνίδια ρόλων ή η συλλογή πληροφοριών για μια ξεχωριστή προσωπικότητα των ΦΕ/ΤΧ.
- Κατεύθυνση Λογικής σκέψης: Οι μαθητές μέσω δραστηριοτήτων, όπως η λήψη αποφάσεων, η ανταλλαγή ιδεών και οι δημόσιες συζητήσεις (debates), κατανοούν, ότι κοινωνικά θέματα (π.χ. ναρκωτικά, υγεία κλπ.) μπορεί να αντιμετωπιστούν με ανάλογο τρόπο με αυτό των επιστημόνων.
- Κατεύθυνση Αξιών: Μέσα από την ανταλλαγή ιδεών και γνώσεων και τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τα ηθικά διλήμματα που προκύπτουν, οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν την ηθική διάσταση κοινωνικών ζητημάτων. Για παράδειγμα, ένα επίκαιρο δίλημμα που απασχολεί τον επιστημονικό κόσμο είναι ότι μολονότι η ραγδαία αύξηση της νανοτεχνολογίας οδηγεί σε αύξηση θέσεων εργασίας, πιθανόν να επιφέρει επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων (Σπύρτου & Ζάχου, 2015).
- Κοινωνικοπολιτισμική κατεύθυνση: Οι μαθητές μέσω μιας ποικιλίας βιωματικών και αναστοχαστικών δραστηριοτήτων (αφήγηση, ανταλλαγή ιδεών κλπ.) εκλαμβάνουν τις ΦΕ ως αναπόσπαστο κομμάτι της κοινωνίας. Για παράδειγμα, κοινωνικοπολιτισμικά θέματα προς συζήτηση θα μπορούσαν να είναι η χρήση της τροχαλίας ως ανυψωτικού μηχανισμού και η αρχαία ελληνική τεχνολογία ως πολιτιστικό επίτευγμα μιας οικονομικά ισχυρής κοινωνίας (Σπύρτου & Ζάχου, 2015).

- Κοινωνικοοικολογική κατεύθυνση: Σκοπός αυτής της κατεύθυνσης είναι οι μαθητές να μάθουν να αγωνίζονται για τη διασφάλιση της δικαιοσύνης, του περιβάλλοντος και του εκσυγχρονισμού της κοινωνίας.

### **1.10. Το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο**

Οι νέες διδακτικές και παιδαγωγικές αρχές που αναφέρθηκαν παραπάνω απορρίπτουν τα δασκαλοκεντρικά μοντέλα μάθησης και υιοθετούν διδακτική μεθοδολογία που καλλιεργεί την αυτονομία του μαθητή στην κατάκτηση των «νέων» μαθησιακών στοιχείων. Το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο των Schmidkunz και Lindeman βασίζεται στον κονστρουκτιβισμό και μολονότι είναι ανακαλυπτικό διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα. Είναι το διδακτικό μοντέλο πάνω στο οποίο βασίστηκε η δομή του σχολικού εγχειριδίου που εξετάζεται στην παρούσα εργασία.

Οι ίδιοι οι συγγραφείς στο βιβλίο του καθηγητή (Η Φυσική με Πειράματα - Α' Γυμνασίου - Βιβλίο Εκπαιδευτικού, 2014) αναφέρουν, ότι το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο δίνει τη δυνατότητα συμμετοχικής ανακάλυψης στα παιδιά, η οποία εξελίσσεται σε συγκεκριμένα στάδια και μεθοδεύεται από συγκεκριμένες πρωτοβουλίες. Ο συνδυασμός της παραγωγικής σκέψης με την αυτενέργεια του πειράματος οδηγούν στην εδραίωση νοητικών δεξιοτήτων πολύ ουσιαστικότερων από την απομνημόνευση κανόνων. Ο ρόλος του δασκάλου είναι να οργανώσει και να συντονίσει την ερευνητική πορεία των μαθητών του, ώστε με την έρευνα ως μεθοδολογία και πρακτική να καταστεί δυνατή η αφομοίωση της νέας γνώσης (Η Φυσική με Πειράματα - Α' Γυμνασίου - Βιβλίο Εκπαιδευτικού, 2014). Η αναγωγή των φαινομένων σε προβλήματα, τα οποία οι μαθητές αντιμετωπίζουν πειραματικά, ξεχωρίζει το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο από τα υπόλοιπα ανακαλυπτικά. Τα πειράματα μικρού κόστους με απλά υλικά και η εργασία σε ομάδες εξασφαλίζουν τη συνεργασία του μαθητή.

Ο όρος «ερευνητικό» στον τίτλο αυτού του μοντέλου σηματοδοτεί την πειραματική έρευνα στην οποία προτρέπονται οι μαθητές, για να ανακαλύψουν αυτόνομα το φυσικό περιβάλλον. Ο όρος «εξελισσόμενο» έγκειται στη δομημένη διαδικασία μάθησης, που εξελίσσεται σε συγκεκριμένα στάδια με χρονική ακολουθία: εισαγωγικό ερέθισμα/διατύπωση υποθέσεων, πείραμα, συμπέρασμα και τέλος εμπέδωση/γενίκευση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Διδασκαλία και σύγχρονη διδακτική των Φυσικών Επιστημών

#### 2.1. Ο σκοπός της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών

Το 1830 κυκλοφόρησε στην Αίγινα η μεταφρασμένη από τον Ι. Κοκκώνη έκδοση με το Εγχειρίδιο του Γάλλου Σαραζίνου για τα αλληλοδιδασκτικά σχολεία ή αλλιώς «Οδηγός της Αλληλοδιδασκτικής Μεθόδου». Το κείμενο αναφέρει τη θεμελιακή αρχή του μαθήματος των Φ.Ε. στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, η οποία συνίσταται στην *«εξήγηση των αιτίων και των αποτελεσμάτων των φυσικών φαινομένων με στόχο την κατάργηση των προλήψεων»*. Στη συνέχεια, παρατίθεται αναλυτικά, ότι ο μαθητής του Δημοτικού πρέπει να γνωρίζει *«περί μετεώρων, περί βροχής και χαλάζης και χιόνος, περί σεισμών, περί διαττόντων αστερών και τυχαίων πυρών κλπ.»*.

Για τη διδασκαλία των Φ.Ε. όμως, στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση μέχρι το τέλος του 19ου αιώνα δεν υπάρχουν ρητά διατυπωμένοι στόχοι στα επίσημα αναλυτικά προγράμματα του Υπουργείου Παιδείας. Οι σκοποί και το περιεχόμενο των μαθημάτων καθορίζονται από τους ίδιους τους συγγραφείς των σχολικών βιβλίων, που συνήθως είναι προσαρμογές Γαλλικών σχολικών εγχειριδίων. Οι σκοποί, έστω και σε συνοπτική μορφή, κάνουν την εμφάνισή τους στο Αναλυτικό Πρόγραμμα το 1897 (Βρεττός & Καψάλης, 1997).

Το ζήτημα του καθορισμού των σκοπών τόσο της ίδιας της εκπαίδευσης όσο και μεμονωμένα του κάθε μαθήματος είναι καθοριστικής σημασίας, γιατί μέσω αυτών αναζητείται το περιεχόμενο και η αξιολόγησή του. Για να αναδειχθούν με συνέπεια οι σκοποί των μαθημάτων των Φ.Ε. θα πρέπει πρώτα να οριστούν οι ίδιες οι Φ.Ε. και τα μαθήματα που περιλαμβάνουν. Σε αυτές ανήκουν τα μαθήματα: Φυσική, Χημεία, Βιολογία, Γεωγραφία και Γεωλογία, Ανθρωπολογία, Αστρονομία κ.α. Για τον προσδιορισμό του σκοπού της διδασκαλίας κάθε αντικειμένου των Φυσικών Επιστημών λαμβάνεται υπόψη ο καθοριστικός παράγοντας της ηλικίας των μαθητών με τις ανάγκες που η κάθε ηλικία καλείται να εξυπηρετήσει καθώς και τα συμπεράσματα της σύγχρονης εκπαιδευτικής έρευνας. Επιπρόσθετα, σημαντικό ρόλο παίζουν η νοητική ανάπτυξη των εκπαιδευομένων, το γνωστικό τους υπόβαθρο, οι δεξιότητες και οι προσδοκίες τους, το κοινωνικό περιβάλλον και οι αναγκαιότητες που υπάρχουν σ' αυτό. Στον καθορισμό των σκοπών συμπεριλαμβάνεται ο χρόνος και ο τεχνολογικός εξοπλισμός που έχουν στη διάθεσή τους οι εκπαιδευτικοί για τη διδασκαλία του εκάστοτε μαθήματος.

Δεδομένου ότι στην παρούσα εργασία επιλέγεται από τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση το μάθημα της Φυσικής στο οποίο

βασίζονται τα προτεινόμενα Φύλλα Εργασίας, δεν θα πρέπει να παραληφθούν ειδικότερα οι σκοποί της διδασκαλίας της. Ακολούθως, παρατίθενται οι σκοποί, σύμφωνα με το ισχύον πρόγραμμα σπουδών:

- Να εξοικειωθούν οι εκπαιδευόμενοι με τη μέθοδο που χρησιμοποιεί η επιστήμη (οικοδόμηση εννοιών, πειραματική έρευνα, επινόηση μοντέλων, διαμόρφωση θεωριών, διατύπωση νόμων) και να μπορούν να τη διακρίνουν από τη μη επιστημονική μέθοδο προσέγγισης των προβλημάτων.
- Να κατανοήσουν οι εκπαιδευόμενοι τις βασικές έννοιες και τους βασικούς νόμους της Φυσικής, ώστε να διαμορφώσουν συγκροτημένη άποψη για τη δομή και το περιεχόμενο της επιστήμης.
- Να ασκηθούν οι εκπαιδευόμενοι στην παρατήρηση, στην περιγραφή, στην ερμηνεία και στην πρόβλεψη φυσικών φαινομένων.
- Να καλλιεργήσουν οι εκπαιδευόμενοι νοητικές δεξιότητες για την αντιμετώπιση προβλημάτων, αναπτύσσοντας κριτική σκέψη, δημιουργική φαντασία και ικανότητα επικοινωνίας.
- Να αποκτήσουν οι εκπαιδευόμενοι δεξιότητες χειρισμού οργάνων, διατάξεων και συσκευών.
- Να εκτιμήσουν οι εκπαιδευόμενοι την αξία του καταμερισμού της εργασίας κατά την ομαδική εργασία και να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας και αμοιβαίου σεβασμού.
- Να γνωρίσουν οι εκπαιδευόμενοι βασικά στοιχεία από την ιστορική εξέλιξη των ιδεών, ώστε να συνειδητοποιήσουν, ότι οι επιστημονικές θεωρίες είναι ανθρώπινες νοητικές κατασκευές εμφανιζόμενες μέσα σε ένα συνεχές πολιτισμικό γίγνεσθαι και να κατανοήσουν όσο γίνεται καλύτερα τη φύση της επιστήμης.
- Να μπορέσουν οι εκπαιδευόμενοι να αντιληφθούν την αλληλεπίδραση της επιστήμης με την τεχνολογία, με τη φιλοσοφία και με τις κοινωνικοοικονομικές αλλαγές, ώστε να κατανοήσουν βαθύτερα το σύγχρονο πολιτισμό.

Κάθε συγκεκριμένο διδακτικό αντικείμενο στο μάθημα της Φυσικής, διδάσκεται με σκοπό κάθε εκπαιδευόμενος να είναι σε θέση:

- Να γνωρίζει και να περιγράφει το φαινόμενο.
- Να διατυπώνει τον ορισμό μιας έννοιας ή ενός νόμου και να εφαρμόζει την έννοια ή το νόμο αντίστοιχα.
- Να προτείνει παραδείγματα.
- Να αναγνωρίζει και να αντιπαραθέτει.
- Να υπολογίζει και να σχεδιάζει.
- Να εφαρμόζει, να ερμηνεύει και να προβλέπει.
- Να αποδεικνύει και να χειρίζεται.
- Να χρησιμοποιεί επαγωγικούς συλλογισμούς.
- Να χρησιμοποιεί παραγωγικούς συλλογισμούς.
- Να επιλύει και να αναλύει.
- Να βελτιώνει τις δεξιότητές του στην επίλυση προβλημάτων.

- Να διαμορφώνει μια προσωπική ιδέα.

Για την κάλυψη των παραπάνω γενικών σκοπών και ειδικών στόχων των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση με το βέλτιστο δυνατό τρόπο, γίνεται μεγάλη προσπάθεια από εκπαιδευτικούς και ειδικούς στην έρευνα των επιστημών, ώστε να ανοίξουν νέοι δρόμοι αποτελεσματικής προώθησης της εκπαιδευτικής έρευνας.

## **2.2. Η σύγχρονη διδακτική των Φυσικών Επιστημών**

Έρευνες σε όλο τον κόσμο (McDermott & Redish, 1999; Hake, 1998) δείχνουν, ότι σημαντικό μέρος της αδυναμίας των εκπαιδευτικών να εμπνεύσουν τους μαθητές προκειμένου να προσεγγίσουν τις Φ.Ε. οφείλεται στον τρόπο με τον οποίο συνήθως αυτές παρουσιάζονται στη σχολική τάξη: ως ένα σύνολο ορισμών, νόμων, τύπων, διαδικασιών κ.λπ. που πρέπει να απομνημονευτούν από τους μαθητές. Το ερώτημα που τίθεται εύλογα είναι ποιες αλλαγές στη διδασκαλία πιθανόν να οδηγήσουν στη μεταβολή της στάσης των μαθητών απέναντι στις Φ.Ε., ώστε αντί να τις θεωρούν ως συσώρευση απομονωμένων κομματιών πληροφορίας αποκομμένων από τον πραγματικό κόσμο, να υιοθετήσουν, όπως οι ειδικοί, μια οπτική που βλέπει τις Φ.Ε. ως μία συνεκτική δομή εννοιών, οι οποίες θεμελιώνονται πειραματικά και περιγράφουν τη φύση (Wieman & Perkins, 2005).

Το 2006, το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ (National Research Council) διεξήγαγε μία μεγάλη έρευνα υπό τον τίτλο «Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8» («Φέρνοντας τις Φυσικές Επιστήμες στο σχολείο: Μαθαίνοντας και Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες από το Νηπιαγωγείο μέχρι τη Β' Γυμνασίου»). Το 2007, το ίδιο Συμβούλιο δημοσίευσε ένα βιβλίο που στηρίχθηκε στα αποτελέσματα αυτής της έρευνας. Το βιβλίο με τίτλο «Ready, Set, Science!», θεωρείται παγκοσμίως ένας από τους καλύτερους οδηγούς διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στην υποχρεωτική εκπαίδευση.

Στο συγκεκριμένο βιβλίο αναφέρεται η ύπαρξη μιας αναδυόμενης τάσης των εκπαιδευτικών σχετικά με την προσπάθεια δόμησης επιστημονικής μεθοδολογίας, όμοιας με των επιστημόνων, στηρίζοντας την άποψη, ότι ο τρόπος λειτουργίας των επιστημόνων στον πραγματικό κόσμο μοιάζει εντυπωσιακά με τον τρόπο που λειτουργούν οι μαθητές σε τάξεις με αποτελεσματικό τρόπο διδασκαλίας των Φ.Ε. Σε αυτές τις τάξεις οι μαθητές ακολουθούν μια διαδικασία λογικού συλλογισμού εργαζόμενοι συνεργατικά, για να ανακαλύψουν και να διερευνήσουν καινούριες ιδέες και λύσεις πάνω σε προβλήματα. Χρησιμοποιούν μαθηματικά ή μηχανικά μοντέλα, αναπτύσσουν αναπαραστάσεις των φαινομένων και δουλεύουν με διάφορα τεχνολογικά και διανοητικά εργαλεία. Μαθαίνουν πώς να εκφράζουν γόνιμες ερωτήσεις, πώς να αμφισβητούν ένα αξίωμα και πού να ψάξουν, ώστε να μάθουν περισσότερα. Οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά σε συζητήσεις σχολιάζοντας γενικά τις



σχέσεις μεταξύ των υποθέσεων και των δεδομένων, επιτυγχάνοντας την αξιολόγηση της δικής τους γνώσης. Αυτή η ικανότητα αξιολόγησης της γνώσης σε σχέση με νέες πληροφορίες ή εναλλακτικά πλαίσια και, αναλόγως, τροποποίησης των ιδεών είναι μια βασική επιστημονική πρακτική (National Research Council, Michaels, Shouse, & A.Schweingruber, 2007).

Ο τρόπος απόκτησης της γνώσης και οι διάφορες θεωρίες μάθησης έχουν επηρεάσει βαθύτατα τις εκπαιδευτικές διαδικασίες (Ραβάνης, 2004). Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η ανάπτυξη της παρατήρησης και ο εντοπισμός κάποιου προβλήματος, η διαμόρφωση υποθέσεων που εξηγούν το πρόβλημα, ο πειραματισμός και η μέτρηση, η επαλήθευση των υποθέσεων και τέλος η εξαγωγή συμπερασμάτων, αποτελούν τις ικανότητες του επιστημονικού συλλογισμού, οι οποίες βοηθούν το παιδί να φτιάξει από μόνο του τη γνώση. Αυτές οι ικανότητες, σύμφωνα με τον Dewey (Χατζηγεωργίου, 2004a), θεωρούνται θεμελιώδεις γενικά στη διαδικασία της σκέψης και έτσι η επιστημονική γνώση γίνεται προσιτή ακόμη και στα μικρά παιδιά.

Η μύηση των μικρών παιδιών στη διαδικασία του επιστημονικού συλλογισμού ως σκοπός των φυσικών επιστημών αποτελεί μέρος της γενικότερης στροφής από το περιεχόμενο της μάθησης στη διαδικασία με την οποία δημιουργείται η γνώση. Σύμφωνα με το πρόγραμμα των Copple, Sigel & Saunders (1984) (στο Brown & Campione, 1994) η ανάπτυξη στα παιδιά της ικανότητας του επιστημονικού συλλογισμού είναι ταυτόσημη με την ανάπτυξη των γνωστικών τους ικανοτήτων. Οι μελέτες δείχνουν ότι ήδη από το νηπιαγωγείο κατέχουν εξελιγμένο τρόπο σκέψης σχετικά με το φυσικό κόσμο βασισμένο στην άμεση επαφή/εμπειρία με το φυσικό περιβάλλον, όπως για παράδειγμα παρακολούθηση αντικειμένων να πέφτουν ή να συγκρούονται και παρατήρηση ζώων και φυτών.

Οι εξωσχολικές αυτές εμπειρίες, που διαφέρουν από παιδί σε παιδί, επηρεάζουν και διαμορφώνουν τη γνώση και τις δεξιότητες που τα ίδια φέρνουν στην τάξη. Τα παιδιά που επισκέπτονται μουσεία επιστημών ή πάνε σε καλοκαιρινές κατασκηνώσεις μπορεί να έχουν πιο εκτεταμένη εμπειρία στη διερεύνηση της φύσης ή επιστημονικών θεμάτων γενικότερα. Έρευνες έχουν δείξει ότι ακόμη και η ύπαρξη χρυσόψαρου σε γυάλα στο σπίτι και η φροντίδα του από το παιδί μπορεί να επιταχύνει την κατανόηση των παιδιών σχετικά με κάποιες βιολογικές διαδικασίες (National Research Council, Michaels, Shouse, & A.Schweingruber, 2007)!

Οι φυσικές επιστήμες πρέπει να προσεγγίζονται διδακτικά με πολλούς τρόπους, ώστε τα παιδιά να επιλέγουν αυτόν που τους αρμόζει περισσότερο. Άλλωστε σύμφωνα με τον Piaget (1977), η έλλειψη κατανόησης μιας έννοιας στη διάρκεια του μαθήματος απορρέει από τον τρόπο παρουσίασής της και όχι από το περιεχόμενό της. Προς την κατεύθυνση αυτή βρίσκεται και η εφαρμογή των διαδικασιών της επιστημονικής μεθόδου στη διδασκαλία των Φ.Ε. (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2002).

Σήμερα, στα αναλυτικά προγράμματα των περισσότερων χωρών, η Φυσική αντιμετωπίζεται και ως περιεχόμενο και ως μεθοδολογία λύσης (και καθημερινών)

προβλημάτων (Κουμαράς, Κεραμιδάς, & Τσεχερίδης, 2011; Κουμαράς, Πράμας, & Σταμπούλη, 2010). Στην παρακάτω εικόνα, οι δεξιότητες και οι ικανότητες της επιστημονικής μεθοδολογίας (βασικό ζητούμενο του μαθήματος της Φυσικής) έχουν ταξινομηθεί σε 4 ομάδες: αναγνώριση της ερώτησης που πρέπει να απαντηθεί για να δοθεί λύση στο υπάρχον πρόβλημα, προσδιορισμός των στοιχείων και της τεχνικής που απαιτούνται για τη διατύπωση συμπεράσματος, εξαγωγή και αξιολόγηση των συμπερασμάτων που έχουν προέλθει από τα δεδομένα και τέλος ανακοίνωση των συμπερασμάτων σε δεδομένα ακροατήρια.



**Εικόνα\_9:**  
Οι ικανότητες και δεξιότητες της επιστημονικής μεθοδολογίας

Παρόλα αυτά, τα τελευταία δύο με τρία χρόνια αντί του όρου «έρευνα» τείνει να χρησιμοποιείται ο όρος «πρακτικές των Μαθηματικών και Φ.Ε.», που αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες κατά τη διάρκεια μελέτης και κατασκευής μοντέλων και θεωριών (NRC, 2012). Με αυτόν τον τρόπο δόθηκε έμφαση στο γεγονός, ότι η εμπλοκή με την επιστημονική έρευνα απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση γύρω από κάθε πρακτική που ακολουθείται (NRC, 2012). Οι μαθητές μέσω της ενεργούς εμπλοκής τους με πρακτικές μπορεί να κατανοήσουν τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, να οικοδομήσουν βασικές ιδέες και έννοιες των Μαθηματικών και των Φ.Ε., να προκληθεί η περιέργεια και το ενδιαφέρον τους και παρακινηθούν σε περαιτέρω έρευνα (Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007). Πιο συγκεκριμένα, για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φ.Ε. έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ πρακτικές Φυσικών Επιστημών (NGSS Lead States, 2013) που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα μαζί με τις συσχετίσεις τους με τις αντίστοιχες των Μαθηματικών.

Πρακτικές Μαθηματικών (CCSS, 2010)	Πρακτικές Φυσικών Επιστημών (NGSS, 2013)
<b>M1.</b> Κατανόηση προβλημάτων και επίλυσή τους <b>M2.</b> Διατύπωση ποσοτικών και αφαιρετικών συλλογισμών <b>M3.</b> Οικοδόμηση τεκμηριωμένων επιχειρημάτων και κρίση του συλλογισμού των άλλων <b>M4.</b> Μοντελοποίηση <b>M5.</b> Στρατηγική χρήση υλικών και άλλων μέσων <b>M6.</b> Ακρίβεια <b>M7.</b> Αναζήτηση και κατανόηση των δομών των Μαθηματικών <b>M8.</b> Αναζήτηση και διατύπωση της κανονικότητας σε επαναλαμβανόμενο συλλογισμό	<b>ΦΕ1.</b> Υποβολή ερωτημάτων <b>ΦΕ2.</b> Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων <b>ΦΕ3.</b> Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας <b>ΦΕ4.</b> Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων <b>ΦΕ5.</b> Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης <b>ΦΕ6.</b> Συγκρότηση εξηγήσεων <b>ΦΕ7.</b> Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία <b>ΦΕ8.</b> Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών

Εικόνα\_10:

Πίνακας αναφοράς πρακτικών στα Μαθηματικά και τις Φ.Ε. και των συσχετίσεών τους

Αναλυτικότερα, βασιζόμενοι στις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου που είναι: παρατήρηση, διατύπωση υπόθεσης, πρόβλεψη, ταξινόμηση, μέτρηση, επικοινωνία, υποβολή ερωτημάτων, ερμηνεία δεδομένων κι εξαγωγή συμπερασμάτων, αναλύονται παρακάτω οι βασικές δεξιότητες που μπορούν να αναπτύξουν τα παιδιά της σχολικής ηλικίας μέσα από τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

#### ➤ Παρατήρηση

Το παιδί δεν είναι ικανό να βλέπει με μια εστίαση των ματιών του αυτό που πραγματικά συμβαίνει λόγω του ποσοτικά περιορισμένου πεδίου οπτικής του συγκέντρωσης, σχηματίζοντας μια διαστρεβλωμένη αναπαράσταση της πραγματικότητας (Κόκκοτας, σ. 53, 1989). Είναι επομένως λογικό να βοηθιέται το παιδί να συγκεντρώνει την προσοχή του και να εστιάζει τα μάτια του αρκετές φορές πάνω στα διάφορα αντικείμενα. Ειδικότερα, το παιδί της σχολικής ηλικίας μπορεί να βοηθηθεί να αναπτύξει την παρατηρητικότητά του, να ενθαρρύνεται να συγκρίνει τα αντικείμενα για ομοιότητες και διαφορές.

#### ➤ Διατύπωση υπόθεσης

Μετά από έναν αριθμό παρατηρήσεων τα παιδιά διατυπώνουν μια υπόθεση απαντώντας συνήθως στην ερώτηση: «Γιατί νομίζετε ότι συμβαίνει;» (Κωνσταντίνου, και συν., 2004). Η δεξιότητα της διατύπωσης υποθέσεων όμως, είναι δύσκολο να αναπτυχθεί στα μικρά παιδιά, γι' αυτό πρέπει να βοηθούνται στη συσχέτιση των διαφόρων φαινομένων, τα οποία προέρχονται από τη δική τους δράση. Σύμφωνα με τις Kamii και DeVries (2000) τα παιδιά μπορούν να διατυπώσουν υποθέσεις για κάποιο φυσικό φαινόμενο μόνο όταν το παράγουν με τη δική τους πορεία. Παραδείγματος χάριν, η έρευνα των Γαλημιτάκη κ.ά. (1995) πάνω στο μαγνητισμό δείχνει, ότι τα παιδιά μέσα από τη δική τους πρωτοβουλία μπορούν αφενός να ανακαλύψουν τις ελκτικές και απωστικές δυνάμεις των μαγνητών, αφετέρου να διακρίνουν τα υλικά σε μαγνητικά και μη μαγνητικά. Με άλλα λόγια, τα παιδιά μέσα από τη δοκιμή και το λάθος μπορούν να ταξινομήσουν τα υλικά σε αυτά που έλκονται

και σε αυτά που δεν έλκονται από το μαγνήτη. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση που κάποιο παιδί, ίσως τυχαία ή ίσως με τη βοήθεια της νηπιαγωγού διαφωνεί με την υπόθεση, ότι όταν τρίβονται δύο σώματα παράγεται θερμότητα (Χατζηγεωργίου, 2004a). Γενικά τα παιδιά διατυπώνουν υποθέσεις είτε μόνα τους είτε με καθοδήγηση και βοήθεια από τη νηπιαγωγό, αρκεί να πειραματιστούν.

#### ➤ Πρόβλεψη

Η πρόβλεψη είναι θεμελιώδης νοητική λειτουργία. Σύμφωνα με τις Kamii και DeVries, (2000), από το πρώτο έτος τους τα παιδιά δρουν πάνω στα αντικείμενα με σκοπό να παράγουν επιθυμητό αποτέλεσμα. Η δράση αυτή περικλείει την πρόβλεψη ενός τελικού αποτελέσματος, το οποίο καθοδηγεί το παιδί στη δράση του, στη συνειδητοποίηση τυχόν αντιφάσεων και στην αναδιοργάνωση ιδεών (Ντολιοπούλου, 2003). Οι καλύτερες δραστηριότητες θεωρούνται εκείνες στις οποίες εμπλέκεται η πρόβλεψη της κίνησης των αντικειμένων (Χατζηγεωργίου, 2004b).

#### ➤ Ταξινόμηση

Είναι μία από τις δεξιότητες που ενδείκνυται για μικρά παιδιά. Στο πλαίσιο της φυσικής γνώσης τα παιδιά της σχολικής ηλικίας έχουν την ικανότητα να ταξινομούν ομοειδή αντικείμενα· για παράδειγμα, μπορούν να ταξινομήσουν ορισμένα αντικείμενα κατά χρώμα, μέγεθος ή μήκος ή αναφερόμενοι στις φυσικές επιστήμες να διαχωρίσουν υλικά που έλκονται από ένα μαγνήτη από αυτά που δεν έλκονται. Ενώ με καθοδήγηση, το παιδί μπορεί να δημιουργήσει ιεραρχημένες ταξινομήσεις, όπως είναι η ταξινόμηση ζώων.

#### ➤ Μέτρηση

Το κάθε φυσικό μέγεθος έχει τη δική του συμβατική μονάδα μέτρησης με το παιδί της σχολικής ηλικίας να χρησιμοποιεί συνήθως δικό του σύστημα μονάδων, το οποίο ανταποκρίνεται στο μέγεθος του αντικειμένου προς μέτρηση. Η καταγραφή των μετρήσεων και η χρήση των αποτελεσμάτων της μέτρησης βοηθούν το παιδί να καταλήξει σε συμπεράσματα και να προβεί σε προβλέψεις, γενικεύσεις και υποθέσεις.

#### ➤ Επικοινωνία

Η δεξιότητα αυτή βοηθά τα παιδιά στην έκφραση, στη διασαφήνιση και στην ανταλλαγή ιδεών, γνώσεων και ερωτημάτων. Με την επικοινωνία τα παιδιά περιγράφουν αυτά που παρατηρούν, υποβάλλουν ερωτήσεις, συζητούν τις εμπειρίες τους και έτσι εξάγουν τα επιστημονικά τους συμπεράσματα. Η δεξιότητα όμως της επικοινωνίας καλλιεργείται κυρίως, όταν το ίδιο το παιδί περιγράφει, εξηγεί στους άλλους ή συζητά μαζί τους τις παρατηρήσεις του, τις καταγραφές του ή τις δραστηριότητές του χρησιμοποιώντας διάφορα μέσα ή τρόπους. Ως μέσα επικοινωνίας, στις φυσικές επιστήμες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ο λόγος, το σχέδιο, η γραφική παράσταση, διάφορες κατασκευές, το ανθρώπινο σώμα και οποιοσδήποτε άλλος τρόπος έκφρασης μπορεί να επινοηθεί από το παιδί ή τη νηπιαγωγό. Έτσι, το παιδί με τη βοήθεια της νηπιαγωγού, μπορεί να ασκηθεί να χρησιμοποιεί: τον προφορικό λόγο, -αρχικά ελεύθερα, προσθέτοντας όμως σταδιακά

την ορθή ορολογία στην έκφρασή του- τη γραφική παράσταση, το σώμα του - έκφραση, κίνηση, χορός- το δραματικό παιχνίδι (προσομοίωση) (Χατζηγεωργίου, 2004b).

➤ Υποβολή ερωτημάτων

Η έμφυτη περιέργεια των μικρών παιδιών και η φυσική τους τάση να υποβάλλουν ερωτήσεις μπορούν να καλλιεργηθούν και να δομηθούν σε δεξιότητα. Με την υποβολή ερωτημάτων μπορούν να λυθούν απορίες των παιδιών, να διασαφηνιστούν φυσικές έννοιες, να απορριφθούν εσφαλμένες ιδέες τους για φυσικά φαινόμενα, να διατυπωθούν προβλέψεις και υποθέσεις.

➤ Ερμηνεία δεδομένων και εξαγωγή συμπερασμάτων

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων το παιδί κάνει συγκρίσεις, βρίσκει σχέσεις και συνδυάζοντάς τες με προηγούμενες εμπειρίες, καταλήγει σε συμπεράσματα που έχουν προκύψει από δοσμένα δεδομένα ή από δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από το ίδιο το παιδί. Με βάση τις καταγραφές που έχει στη διάθεσή του, κάνει προβλέψεις και υποθέσεις, όπως ότι όλα τα ξύλινα αντικείμενα επιπλέουν στο νερό. Η δεξιότητα της ερμηνείας δεδομένων προϋποθέτει την ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ταξινόμησης και της επικοινωνίας, πάνω στις οποίες βασίζεται.

Ωστόσο, οι προσπάθειες συγκρότησης διδακτικών στρατηγικών για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων και τη δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού εξαρτώνται όχι μόνο από τα αντικείμενα διδασκαλίας αλλά και από τα υποκείμενα της διδακτικής διαδικασίας. Πράγματι, γνωρίζοντας τα γενικά χαρακτηριστικά του επιπέδου νοητικής ανάπτυξης των παιδιών διαφόρων ηλικιών, μπορεί κανείς να προσδιορίσει ως ένα βαθμό και τα όρια των δυνατών επιλογών του (Ραβάνης, 2004). Οι μαθητές, μέσω της διδασκαλίας των Φ.Ε. μαθαίνουν να εκτιμούν την ακρίβεια μιας παρατήρησης, την ακρίβεια μιας περιγραφής, τη δυνατότητά τους να σχεδιάζουν και να δοκιμάζουν τη δική τους λύση για ένα πρόβλημα αλλά και την αξία και αποτελεσματικότητα των συλλογισμών τους για τα φαινόμενα που μελετούν και για τα ερωτήματα που θέτουν. Αυτό τους οδηγεί στο να απομακρύνονται από την υποκειμενική τους άποψη, να ενσωματώνουν σε αυτήν επιχειρήματα άλλων προσώπων και να υιοθετούν τα αντικειμενικά αποτελέσματα της εμπειρίας τους από το σχεδιασμό και την υλοποίηση των ερευνών τους. Μαθαίνουν να κάνουν γενίκευση τις παραπάνω δεξιότητες ακόμη και στην καθημερινή τους ζωή, δηλαδή να συλλέγουν και να χρησιμοποιούν τις αποδείξεις και να διαμορφώνουν ή και να αλλάζουν άποψη λαμβάνοντά τες υπόψη τους. Με αυτόν τον τρόπο οι Φ.Ε. φέρουν τα παιδιά σε επαφή με ένα πνεύμα περιέργειας και επιχειρηματολογίας, απομακρύνοντάς τα συγχρόνως από προκαταλήψεις.

### 2.3. Μορφή διδασκαλίας με τη χρήση εποπτικών μέσων

Η μορφή διδασκαλίας που στηρίζεται στην αξιοποίηση των εποπτικών μέσων αποτελεί μια αρκετά συνηθισμένη και παιδαγωγικά προτεινόμενη μορφή διδασκαλίας. Ως «εποπτεία» ονομάζεται η νοητή εικόνα, η παράσταση ενός αντικειμένου, που γίνεται αντιληπτή μέσω των αισθήσεων. Η εποπτεία στη διδασκαλία είναι η σχεδιασμένη κωδικοποίηση του περιεχομένου ενός μηνύματος και η επιλογή ενός παραστατικού τρόπου μετάδοσής του, με στόχο τη διευκόλυνση της διεργασίας της μάθησης. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η οπτικοποίηση των θεωρητικά μεταδιδόμενων γνώσεων ενεργοποιώντας τη φαντασία, το ενδιαφέρον και την ανάληψη πρωτοβουλίας από τους μαθητές.

Τα εποπτικά μέσα διακρίνονται σε στατικά και σε δυναμικά. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται ο πίνακας, οι γραφικές απεικονίσεις και οι προβαλλόμενες σταθερές εικόνες, δηλαδή οι φωτογραφίες. Ωστόσο, στη σύγχρονη εποχή της πληροφορίας και της τεχνολογίας, μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα δυναμικά εποπτικά μέσα στα οποία περιλαμβάνονται η εκπαιδευτική τηλεόραση και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής. Με την εκπαιδευτική τηλεόραση, ο συνδυασμός ήχου και εικόνας και η προβολή των εκπαιδευτικών θεμάτων σε συνδυασμό με επεξηγηματικά σχόλια από τον καθηγητή, επανξάνει το ενδιαφέρον και τη δυνατότητα αφομοίωσης της σχολικής γνώσης από τους μαθητές. Μια αξιόλογη σειρά της εκπαιδευτικής τηλεόρασης για το μάθημα της Φυσικής ήταν η μεταφρασμένη σειρά "Eureka!" (1981) της καναδικής τηλεόρασης.

Η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών αποτελεί το πιο σύγχρονο και πετυχημένο οπτικοακουστικό μέσο διδασκαλίας, αφού τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ποικίλα γνωστικά πεδία με τη χρήση του Διαδικτύου και να αναπτύξουν δραστηριότητες ενεργητικής, διερευνητικής ή συνεργατικής μάθησης (Τζιμογιάννης & Σιόρεντα, 2007). Επίσης, η παρουσίαση της διδακτικής ενότητας μπορεί να εμπλουτιστεί και να γίνει πιο παραστατική με τη χρήση ειδικών προγραμμάτων (π.χ. του Powerpoint) ή εκπαιδευτικών λογισμικών που χορηγούνται από το αρμόδιο υπουργείο για τη διδασκαλία συγκεκριμένων μαθημάτων, όπως τα εκπαιδευτικά λογισμικά του προγράμματος ΕΠΕΑΕΚ Οδύσσεια (Τζιμογιάννης, 2007; Τζιμογιάννης & Σιόρεντα, 2007). Ειδικότερα για το μάθημα της Βιολογίας, η χρήση του αντίστοιχου λογισμικού σε συνδυασμό με την προώθηση πειραματικών προσομοιωτικών μοντελοποιήσεων μπορεί να οδηγήσει στη μέγιστη κατανόηση και μάθηση των βιολογικών συστημάτων (Αλαχιώτης, 2007).

Τα πλεονεκτήματα στη χρήση των εποπτικών μέσων και ειδικά των δυναμικών είναι πολλά και μπορούν να συνοψιστούν στα εξής: α) ενισχύουν το ενδιαφέρον, καλλιεργούν τις αισθήσεις και εμπλουτίζουν την εμπειρία των μαθητών, β) συμπληρώνουν κι εμπλουτίζουν τη διδασκαλία προωθώντας την κριτική και δημιουργική σκέψη, την ενεργητική συμμετοχή και τη μάθηση, γ) αισθητοποιούν τα αφαιρετικά σύμβολα της διδασκαλίας, δ) συμβάλλουν στην καλύτερη διαχείριση του

διαθέσιμου χρόνου και ε) διευκολύνουν την αφομοιωτική ικανότητα των μαθητών (Αλαχιώτης, 2007; Τζιμογιάννης, 2007).

Παρά την αποδεδειγμένη χρησιμότητα των εποπτικών μέσων στην εκπαιδευτική διαδικασία, η χρήση τους είναι περιορισμένη στο ελληνικό σχολείο. Αυτό το γεγονός ίσως οφείλεται στην έλλειψη διδακτικού χρόνου, στην έλλειψη χρόνου ή διάθεσης προετοιμασίας από τον εκπαιδευτικό, στην έλλειψη κατάλληλου εξοπλισμού ή στην έλλειψη των απαραίτητων γνώσεων από τον εκπαιδευτικό. Συχνά παρατηρείται επίσης, οι μαθητές να επικεντρώνουν την προσοχή τους στο εποπτικό μέσο και όχι στο περιεχόμενο της διδακτικής ενότητας με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

## **2.4. Σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών**

Παρά την πρόοδο της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, τα σχολικά εγχειρίδια παίζουν κεντρικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία (Davis, 2006; Dimopoulos, Koulaïdis, & Sklaveniti, 2003; Pizzini, Shepardson, & Abell, 1992) με τη χρήση τους να είναι ευρύτετη από εκπαιδευτικούς και μαθητές. Τις περισσότερες φορές αποτελούν τους άμεσους συνεργάτες του δασκάλου στο έργο του, επειδή συνήθως έχουν θέση αυθεντίας ως προς το γνωστικό αντικείμενο και αποτελούν τη βάση της διδακτικής καθοδήγησης, αφού προδιαγράφουν τον τρόπο με τον οποίο θα διεξαχθεί η διδακτική διαδικασία (Chiappetta & Fillman, 2007).

Τα σχολικά εγχειρίδια των φυσικών επιστημών καλούνται να προσφέρουν πρακτικά εφαρμόσιμη γνώση παράλληλα με τη θεωρητική – φορμαλιστική διάσταση του μαθήματος. Παρέχουν ευκαιρίες στους μαθητές για ενεργητική μάθηση, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να επιλέγουν το χρόνο και το ρυθμό με τον οποίο θα τα μελετήσουν, με βασικό συστατικό τους στοιχείο να αποτελούν οι ερωτήσεις που περιλαμβάνουν ή να προστρέχουν σε αυτά, όταν χρειάζονται να ελέγξουν ή να συμπληρώσουν τις γνώσεις τους (Καψάλης & Χαραλάμπους, 2007). Το γνωστικό επίπεδο των ερωτήσεων αποτελεί σημαντικό παράγοντα, ο οποίος μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία σύνδεσης των νέων πληροφοριών, που αποκτούν οι μαθητές με τις γνώσεις που ήδη διαθέτουν (Σαπουντζή & Σκουμιός, 2015).

Η διδασκαλία της ερευνητικής μεθόδου θεωρείται αναγκαία με έμφαση στη μεθοδολογία και στη διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων. Ειδικά για τους μαθητές του Δημοτικού το πείραμα έχει περαιτέρω σημασία, διότι απαντά σε ερωτήματα για τα φυσικά φαινόμενα της καθημερινής ζωής. Ο μαθητής του Δημοτικού Σχολείου παύει να αντιμετωπίζει τα καθημερινά φαινόμενα τυχαία, αλλά καλείται με μεθοδικό τρόπο να εκτελέσει απλά πειράματα, να οργανώσει τις παρατηρήσεις του και να καταγράψει την εξέλιξή τους. Παράλληλα, αναπτύσσει τεχνικές δεξιότητες που είναι απαραίτητες στο σύγχρονο άνθρωπο, όπως η σωστή χρήση συσκευών, η κατανόηση κι εκτέλεση

οδηγιών κ.λπ. Έτσι, το πείραμα είναι αναπόσπαστο στοιχείο των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής.

Η προσπάθεια μετάδοσης της επιστημονικής μεθοδολογίας είναι εμφανής και συστηματική. Οι ίδιοι οι συγγραφείς στο «Βιβλίο για το δάσκαλο» αναφέρουν, ότι τα βασικά στάδια της επιστημονικής μεθοδολογίας ακολουθούνται με συνέπεια σε όλη την έκταση του βιβλίου: προβληματισμός, υπόθεση, πείραμα, παρατήρηση, επιβεβαίωση ή απόρριψη της υπόθεσης, συμπέρασμα, γενίκευση καθώς και στα πειράματα που προτείνονται για το σπίτι. Κατά τους συγγραφείς: *«η εξοικείωση με την επιστημονική μεθοδολογία επιτρέπει αυτόνομη διεύρυνση»* (Η Φυσική με Πειράματα - Α' Γυμνασίου - Βιβλίο Εκπαιδευτικού, 2014).

## **2.5. Η σημασία της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με πειράματα**

Σύμφωνα με τον Sutton: *«η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι η εισαγωγή κάποιου σε νέους τρόπους σκέψης και νέους τρόπους ομιλίας. Τα εργαλεία πρέπει να είναι εν μέρει γλωσσικά και εν μέρει πειραματικά. Και τα δύο αναπτύσσουν αυτό που βλέπει κάποιος με τα μάτια της σκέψης του»*. Μολονότι η εμπειρία έχει δείξει, ότι οι εκπαιδευόμενοι παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα μέσω της ενεργητικής μάθησης, συχνά οι απόψεις των ερευνητών δίστανται και τα ερωτηματικά σχετικά με τη διδασκαλία με πειράματα ή το ποσοστό του διδακτικού χρόνου που ενδείκνυται να χρησιμοποιηθεί, παραμένουν ανοιχτά προς συζήτηση.

Θα μπορούσε η χρήση των πειραμάτων στην διδασκαλία των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών, όπως αυτή πραγματοποιείται στα σχολεία, να βοηθήσει πραγματικά στην καλύτερη κατανόηση και την εμπάθυνση της θεωρίας και των φυσικών εννοιών; Το πείραμα έχει τη δυνατότητα να αποτελέσει ανεξάρτητο αντικείμενο της διδασκαλίας; Υπάρχουν τρόποι και λόγοι που καθιστούν τα πειράματα αποτελεσματικά ή όχι; Και τι μερίδιο ευθύνης αναλογεί στον εκάστοτε εκπαιδευτικό στην αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας με πειράματα;

Στους προβληματισμούς αυτούς καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει η ύπαρξη του εκπαιδευτικού, ο οποίος συμβάλλει στον τρόπο που οι εκπαιδευόμενοι θα εκλάβουν την ύπαρξη πειραμάτων κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Ο Cartwright υποστηρίζει, ότι για να βοηθήσει το πείραμα τους εκπαιδευόμενους στην κατανόηση των μαθημάτων αυτών, θα πρέπει πρώτα ο εκπαιδευτικός να τους εξηγήσει τη διαδικασία. Είναι φυσικό επακόλουθο οι αναπαραστάσεις που έχουν οι εκπαιδευόμενοι από ένα πείραμα συχνά να περιορίζονται στο ίδιο το πείραμα με τα υλικά και τα όργανα που χρησιμοποιεί και λιγότερο να καταφέρνουν να αντιστοιχούν όσα διαδραματίζονται με τις αντίστοιχες θεωρίες και νόμους που κρύβονται πίσω από αυτά. Τις περισσότερες φορές, παρά την ύπαρξη οργάνων και συσκευών κατά τη διδασκαλία των Φ.Ε., οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να εργαστούν με την χρήση συμβόλων και διαγραμμάτων.



Το πείραμα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι θεμελιακό στοιχείο της επιστήμης και αποτελεί μία από τις βασικές διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου, όπως για παράδειγμα είναι η παρατήρηση, η ταξινόμηση, η μέτρηση, η υπόθεση, η πρόβλεψη, η εξαγωγή συμπερασμάτων κ.α.. Με τον όρο επιστημονική μέθοδος νοείται μια σειρά από καλά καθορισμένες διαδικασίες μέσα από τις οποίες ο επιστήμονας γνωρίζει την πραγματικότητα, ανακαλύπτει τους νόμους της φύσης και φτιάχνει θεωρίες για την εξήγηση των φαινομένων. Αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα των Φυσικών Επιστημών, εφαρμόζεται παγκόσμια και συντελεί στην αντικειμενικότητα της αναζήτησης της γνώσης και της αλήθειας.

Η εισαγωγή του πειράματος εμφανίζεται στα σχολικά βιβλία και στα σχολεία της Ελλάδας στα τέλη του 18ου αιώνα μεταφερόμενη από την Ευρώπη με την εκτέλεση των πειραμάτων να παρακολουθείται εκτός των μαθητών και από επαγγελματίες, βιοτέχνες και γενικά πλήθος ανθρώπων. Μπορεί να θεωρηθεί, ότι αποτελεί το καταλληλότερο μέσο που συμβάλλει ευνοϊκά στην κατάκτηση της γνώσης με τη δημιουργία ατμόσφαιρας ενεργητικής μάθησης. Ο Bacon υποστήριζε, ότι την κατάλληλη γνώση την αποκτά κανείς όχι με την παθητική θέαση, αλλά με τον ενεργητικό πειραματισμό. Ο ίδιος θεωρούσε, ότι το πείραμα είναι απαραίτητο για την διατύπωση και τον έλεγχο θεωριών. Το ίδιο και ο Γαλιλαίος, ο οποίος θεωρούσε το πείραμα τόσο απαραίτητο για την επαλήθευση ή απόρριψη υποθέσεων, που συχνά ο ίδιος επινοούσε πειράματα για την εξήγηση των θεωριών του και τον έλεγχο των υποθέσεών του.

Η διεξαγωγή του πειράματος στη μελέτη φαινομένων επέβαλε, εκτός των άλλων, και ένα είδος ποσοτικής μελέτης, η οποία στηρίζεται σε δεδομένα που προκύπτουν από μετρήσεις και εκφράζονται με αριθμούς. Κατά την εκτέλεση ενός πειράματος παρατηρείται η σύνδεση της διδασκαλίας των Φ.Ε. με τη ζωή και την πράξη και για τη διεξαγωγή του απαιτείται κάποια τεχνική που αποκτιέται μέσω της εξάσκησης. Στο σχολικό εργαστήριο οι μετρήσεις είναι προσεγγιστικές, εφόσον εξαρτώνται από τον τρόπο μέτρησης, τη συσκευή μέτρησης και την υποκειμενική συμπεριφορά αυτού που μετρά. Η εξάσκηση των εκπαιδευόμενων στις μετρήσεις είναι σημαντική, καθώς τους ανοίγει το δρόμο της ορθής τεχνικής, ώστε να μπορούν να κάνουν μετρήσεις και στην καθημερινή τους ζωή, όπου χρειαστεί.

Γίνεται αντιληπτό, ότι το πείραμα εκτός από μια πρακτική μέθοδος η οποία προϋποθέτει γνώση, είναι μια πηγή γνώσης που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με διαφορετικό τρόπο για καθεμία από τις τρεις επικρατέστερες διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στον μιχεβιορισμό χρησιμοποιείται απλά για να επιβεβαιώσει μια θεωρία ή να επαληθεύσει όσα ειπώθηκαν από τον εκπαιδευτικό, στην ανακαλυπτική διδασκαλία χρησιμοποιείται για την ανακάλυψη της νέας γνώσης, ενώ, τέλος, στον κονστρουκτιβισμό/εποικοδομητισμό χρησιμοποιείται τόσο για την αναδόμηση των ιδεών των εκπαιδευόμενων (όταν έχουν εκφράσει προϋπάρχουσες ιδέες) όσο και για την εισαγωγή μιας έννοιας.

Σε κάθε περίπτωση όμως, το πείραμα είναι μέσο επιστημονικής έρευνας αλλά και μέσο διδακτικό, εφ' όσον μέσω αυτού προσεγγίζονται βασικοί διδακτικοί σκοποί, όπως (Johnson, 1996):

- Η κατανόηση και εποπτικοποίηση αφηρημένων εννοιών και νόμων.
- Η απόκτηση κριτικού πνεύματος και επιστημονικής σκέψης.
- Η κατανόηση και εφαρμογή των επιστημονικών μεθόδων απόκτησης της γνώσης.
- Η απόκτηση δεξιοτήτων για τη χρησιμοποίησή τους σε πρακτικές εφαρμογές.
- Η καλλιέργεια θετικής στάσης των μαθητών για το πείραμα και την έρευνα γενικότερα.
- Η καλλιέργεια πνεύματος συνεργασίας.
- Η κατανόηση της σημασίας των Φ.Ε. και της Τεχνολογίας για τη ζωή του ανθρώπου και το περιβάλλον του.

Το πείραμα με τη σύγχρονη έννοια του όρου είναι μια μορφή ανάκρισης της ύλης σε ειδικά διατυπωμένη γλώσσα. Κι ενώ πριν από την παρέμβαση του Γαλιλαίου ο ερευνητής παρατηρούσε τα γεγονότα και την εξέλιξή τους, μετά το Γαλιλαίο μετατρέπεται σταδιακά σε ανακριτή της φύσης. Η θεμελιώδης σημασίας χρήση του πειράματος και η ενσωμάτωση αυτού ως μέρος της διδασκαλίας των Φ.Ε. φανερώνεται και μέσα από τους γενικότερους σκοπούς της διδασκαλίας αυτών στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Εξάλλου, η διδασκαλία των Φ.Ε. οφείλει να προσεγγίζει αυτό που πραγματικά είναι και πρεσβεύουν. Η οικοδόμησή τους γίνεται σε μεγάλο βαθμό μέσα από μια αλληλεπίδραση των μαθηματικών με την εργαστηριακή εμπειρία. Μέσα από την κοινή πορεία της εμπειριοκρατίας των μεγάλων πειραματιστών, όπως ήταν οι Galileo Galilei, Robert Hook, Michael Faraday, James Prescott Joule, Ernest Rutherford κ.α. και των μαθηματικών επεξεργασιών των θεωρητικών, όπως ήταν οι Isaac Newton, Albert Einstein, Niels Bohr, Richard Feynmann κ.α. επιτεύχθηκε η θεμελίωση της επιστημονικής γνώσης.

Οι λόγοι που έχουν εκφραστεί και συνηγορούν στην ανάγκη ένταξης των εκπαιδευτικών εφαρμογών των τεχνολογιών της πληροφορικής στην εκπαίδευση και τη διδασκαλία των Φ.Ε. εντάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες, στους επιστημονικούς και στους μαθησιακούς. Η χρήση των νέων τεχνολογιών της πληροφορίας έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες εργάζονται και αναπτύσσουν σήμερα τη φυσική (science). Οι δυνατότητες των γρήγορων υπολογισμών, της επεξεργασίας συμβόλων, της παραγωγής εικόνων, της προσομοίωσης και της μοντελοποίησης φαινομένων έχουν μετατρέψει τον υπολογιστή σε βασικό εργαλείο κάθε φυσικού επιστήμονα. Επιπροσθέτως, έχουν αναπτυχθεί εκπαιδευτικά λογισμικά που δίνουν νέες δυνατότητες τόσο για τις δραστηριότητες με τις οποίες μπορούν πλέον να ασχοληθούν οι μαθητές όσο και για την υποστήριξη της ίδιας της διαδικασίας της μάθησης.

Καταλήγοντας, έρευνες στην διδακτική των επιστημών συγκλίνουν στο συμπέρασμα, ότι η διδασκαλία με πειράματα συμβάλλει αποτελεσματικά στην προσέγγιση των διδακτικών στόχων, που αφορούν στην κατανόηση νόμων και

εννοιών διαμέσου μιας αλληλεπίδρασης μεταξύ της δραστηριότητας και της σκέψης των εκπαιδευόμενων. Για το λόγο αυτό, η επίδοσή τους στην εργαστηριακή πρακτική θα πρέπει να αποτελεί επίσης και μία από τις συνιστώσες της αξιολόγησής τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε όλα τα παιδιά: η πρόκληση του μέλλοντος

#### 3.1. Θέσπιση νομοθεσίας και στόχων εκπαίδευσης για όλους τους μαθητές

Το τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα σηματοδεύτηκε από μια προσπάθεια θέσπισης και κατοχύρωσης νομοθεσίας για τα παιδιά και ιδίως για αυτά με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες. Από τους σημαντικότερους σταθμούς της προσπάθειας αυτής αποτελεί η περιβόητη «Διακήρυξη της Σαλαμάνκα» (1994) που διοργάνωσε η UNESCO και της οποίας τα πορίσματα αποτελούν τη βάση της φιλοσοφίας της ένταξης.

Σύμφωνα με αυτή (UNESCO, 1994), οι κυβερνήσεις των κρατών καλούνται:

- Να δώσουν πολιτική και οικονομική προτεραιότητα στη βελτίωση των εκπαιδευτικών συστημάτων τους, ώστε να συμπεριλάβουν όλα τα παιδιά.
- Να υιοθετήσουν την αρχή της εκπαίδευσης που στηρίζεται στην αρχή της ισοτιμίας με την εγγραφή όλων των παιδιών στα «γενικά σχολεία».
- Να αναπτύξουν πιλοτικά προγράμματα και να ευνοήσουν την ανταλλαγή εμπειριών με κράτη που εφάρμοσαν την «Εκπαίδευση για όλους».
- Να καθιερώσουν αποκεντρωμένους και συμμετοχικούς μηχανισμούς για το σχεδιασμό, την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της εκπαιδευτικής φροντίδας παιδιών και ενηλίκων με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες.
- Να ενθαρρύνουν τη συμμετοχή των γονέων, των κοινοτήτων και των οργανώσεων των ατόμων με «αναπηρίες» στο σχεδιασμό και στη λήψη αποφάσεων που αφορούν στη φροντίδα για ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες.
- Να εντείνουν την προσπάθεια σε στρατηγικές έγκαιρου εντοπισμού και παρέμβασης.
- Να διασφαλίσουν, ότι η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών κατευθύνεται και στην κάλυψη των ειδικών εκπαιδευτικών αναγκών στα «σχολεία για όλους».

Τη διακήρυξη της Σαλαμάνκα ακολούθησε η «Διακήρυξη Ντακάρ» (The Dakar Framework for Action, 2000) της οποίας στόχος ήταν η επίτευξη της «εκπαίδευσης για όλους» μέχρι το 2015. Για την επίτευξη αυτού του στόχου προϋπέθετε όλα τα έθνη: α) να αναγνωρίσουν το παγκόσμιο δικαίωμα στην εκπαίδευση και για τα άτομα με αναπηρίες και β) να διαμορφώσουν το δημόσιο εκπαιδευτικό σύστημα έτσι ώστε να είναι προσβάσιμο και να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των ατόμων με αναπηρίες (Δελλασούδας, 2005).

Σε αυτή τη λογική, το άρθρο 2 του νόμου 3699/2008 της ελληνικής νομοθεσίας αναφέρει, ότι η Ειδική Αγωγή και Εκπαίδευση (ΕΑΕ), όπως και η γενική εκπαίδευση, είναι υποχρεωτική και λειτουργεί ως αναπόσπαστο τμήμα της ενιαίας δημόσιας και δωρεάν εκπαίδευσης (Νόμος 3699, 2008). Το είδος και ο βαθμός των ειδικών εκπαιδευτικών αναγκών προσδιορίζουν τη μορφή, τον τύπο και την κατηγορία των σχολικών μονάδων ΕΑΕ στις οποίες θα φοιτήσουν οι μαθητές με ειδικές ανάγκες. Σύμφωνα με το άρθρο 6 του ίδιου νόμου οι μαθητές με αναπηρία και ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες μπορούν να φοιτούν:

- Σε σχολική τάξη του γενικού σχολείου, εφόσον πρόκειται για μαθητές με ήπιες μαθησιακές δυσκολίες, υποστηριζόμενοι από τον εκπαιδευτικό της τάξης, ο οποίος συνεργάζεται κατά περίπτωση με τα Κέντρα Διαφοροδιάγνωσης, Διάγνωσης και Υποστήριξης (ΚΕΔΔΥ), με τους σχολικούς συμβούλους γενικής και ειδικής εκπαίδευσης και τους συμβούλους ΕΕΠ.
- Σε σχολική τάξη του γενικού σχολείου, με παράλληλη στήριξη – συνεκπαίδευση, από εκπαιδευτικούς ΕΑΕ, όταν αυτό επιβάλλεται από το είδος και το βαθμό των ειδικών εκπαιδευτικών αναγκών.
- Σε ειδικά οργανωμένα και κατάλληλα στελεχωμένα Τμήματα Ένταξης που λειτουργούν μέσα στα σχολεία γενικής και επαγγελματικής εκπαίδευσης.

Το 2009, οι ανησυχίες για τη χαμηλή επίδοση των μαθητών σε βασικές δεξιότητες, όπως αποκαλύφθηκε από διεθνείς έρευνες, οδήγησαν στην έγκριση ενός πανευρωπαϊκού δείκτη αναφοράς που αναφέρει, ότι «από το 2020, το ποσοστό των δεκαπεντάχρονων με ανεπαρκείς ικανότητες στην ανάγνωση, τα μαθηματικά και τις επιστήμες θα πρέπει να είναι μικρότερο του 15%» (European Commission, 2011; Council of the European Union, 2009). Το 2015 τα Ηνωμένα Έθνη καθόρισαν τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (Sustainable Development Goals) για τη χρονική περίοδο 2015 – 2030. Χωρίς να εγκαταλειφθεί ο στόχος για ανάγνωση, γραφή και αριθμηση για όλους τους μαθητές, οι πρόσθετοι στόχοι που έχουν τεθεί εστιάζουν σε νέες προκλήσεις, που αφορούν στην ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να κατανοούν και να συλλογίζονται. Προς αυτή την κατεύθυνση, η εκπαίδευση στις Φ.Ε. μπορεί και πρέπει να διαδραματίσει έναν κεντρικό ρόλο.

Η υποχρεωτική εκπαίδευση για τους μαθητές έχει τρεις κεντρικούς στόχους: τη μετάδοση των πνευματικών κληροδοτημάτων του παρελθόντος και των πολιτισμικών αξιών πάνω στις οποίες αυτά έχουν οικοδομηθεί, την κατανόηση του παρόντος με όλες τις ποικιλομορφίες και πολυπλοκότητές του και την προετοιμασία για τον κόσμο του αύριο, συμπεριλαμβανομένων των αναγκαίων ικανοτήτων για επιβίωση, άσκηση επαγγέλματος και διαμόρφωση ενός υπεύθυνου πολίτη. Η εκπαίδευση στις Φ.Ε. οφείλει να συμβάλλει σε αυτούς τους τρεις θεμελιώδεις στόχους. Με βάση αυτό το σκεπτικό τρία είναι τα ερωτήματα που αναδύονται: Για ποιους νέους; Για ποιον κόσμο; Για ποια εκπαίδευση; (Léna, 2015)

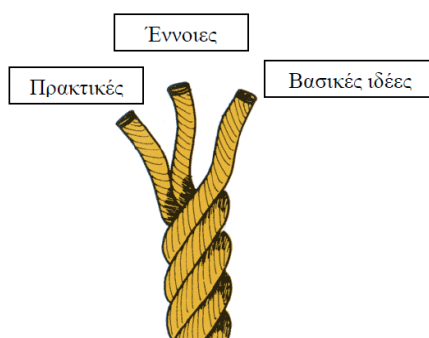
### **3.2. Επιστημονικός αλφαριθμητισμός στη σύγχρονη πραγματικότητα**

Σήμερα, οι αλλαγές που συμβαίνουν στους νέους όλου του κόσμου είναι εξαιρετικά ραγδαίες και αποτελούν πρόκληση για όλα τα σχολικά συστήματα. Η οικονομική κρίση, η παγκοσμιοποίηση των συναλλαγών, οι μεταναστεύσεις αλλά και η εύκολη επικοινωνία μέσω του διαδικτύου έχουν δημιουργήσει μια παγκόσμια κοινότητα νέων που καλείται να διαμορφώσει τη σφραγίδα της σε συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες. Τέλος, η φτώχεια που πλήττει τεράστιους πληθυσμούς αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα υπονόμευσης του μέλλοντος ενός μεγάλου ποσοστού παιδιών εξαιτίας των ελλείψεων στην εκπαίδευσή τους.

Οι Φυσικές Επιστήμες έχουν την ιδιαιτερότητα της σύνδεσης με την καθημερινή ζωή, γεγονός που τους προσδίδει εκτός από επιστημονική και έντονα κοινωνική διάσταση. Ο εξελικτικός τους χαρακτήρας οδηγεί σε καινοτομίες που επηρεάζουν τη ζωή όλων. Με δεδομένο το δικαίωμα του κάθε πολίτη να έχει τεκμηριωμένη άποψη σχετικά με την ηθική νομιμοποίηση των εφαρμογών της επιστήμης, το δικαίωμα στη γνώση αποκτά τεράστια σημασία. Ο διαχωρισμός της κοινωνίας σε λίγους «ειδικούς» και πολλούς «αδαείς» είναι ιδιαίτερα επικίνδυνος (Η Φυσική με Πειράματα - Α' Γυμνασίου - Βιβλίο Εκπαιδευτικού, 2014), και αυτό γιατί οι τεχνολογικές και επιστημονικές εφαρμογές (γενετικά μεταλλαγμένα τρόφιμα, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, πυρηνική ενέργεια, κλωνοποίηση, βιοτεχνολογία, νανοτεχνολογία κ.ά.) σχετίζονται άμεσα με την ποιότητα της ζωής σήμερα και στο μέλλον. Προκύπτει, λοιπόν, η ανάγκη το εκπαιδευτικό σύστημα να εγκαταλείψει την τάση βραδείας προσαρμογής του στις αλλαγές στο πέρασμα των γενεών, ώστε να διασφαλίσει τη σύνδεση των φυσικών επιστημών με την καθημερινή ζωή και τεχνολογία (Kalkanis, Hatzidaki, & Stavrou, 2003).

Είναι δύσκολο να αποφασιστεί τι είναι απαραίτητο να μεταδοθεί στα παιδιά κατά τη διδασκαλία των Φ.Ε., εξαιτίας της τεράστιας ποσότητας πληροφοριών που παράγεται από την επιστήμη και την τεχνολογία. Εργαζόμενοι προς αυτήν την κατεύθυνση, ένα πλήθος ερευνητών προσπαθούν να απομονώσουν ορισμένες μεγάλες ιδέες (“Big Ideas”) των Φ.Ε. ζωτικές για τα παιδιά που θα ζήσουν ως ενήλικες τις επόμενες δεκαετίες και θα αντιμετωπίσουν τον κόσμο του 2050, όταν ο πληθυσμός

της Γης θα ξεπερνά τα 9 δισεκατομμύρια. «Η γνώση και η πρακτική πρέπει να συνυφαίνονται για να δημιουργήσουν μαθησιακές εμπειρίες στους μαθητές» (NRC, p.11, 2012). Οι μαθητές δε θα μπορούν να μάθουν για τις βασικές ιδέες κι έννοιες των Φ.Ε. χωρίς να χρησιμοποιούν τις αντίστοιχες πρακτικές και το αντίστροφο. Επομένως, οι θετικές επιστήμες, οι γνωστικές επιστήμες και η παιδαγωγική θα πρέπει να συνεργαστούν για το σχεδιασμό νέων αναλυτικών προγραμμάτων (Harlen, 2015).



**Εικόνα\_11:**  
**«Μάθηση τριών διαστάσεων»**  
**Πηγή: Krajcik, et al., 2012**

### 3.2.1. Δράσεις και προγράμματα για μια ισότιμη εκπαίδευση

Τα τελευταία χρόνια πληθώρα πιλοτικών προγραμμάτων και δράσεων έχουν πραγματοποιηθεί ή βρίσκονται σε εφαρμογή στην κατεύθυνση της προσέγγισης μιας πιο δίκαιης εκπαίδευσης των παιδιών.

Η ψηφιακή επανάσταση και η επιτακτική ανάγκη για φραγή του ολοένα αυξανόμενου ηλεκτρονικού αναλφαβητισμού οδήγησε στη δημιουργία του προγράμματος «Ένας φορητός υπολογιστής για κάθε παιδί», που υιοθετήθηκε από πολλές χώρες, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας. Μέσω αυτού δόθηκαν στους μαθητές μικροί υπολογιστές (γνωστοί ως XO's) ή tablets. Παρόλα αυτά ξεσήκωσε κύμα αντιδράσεων, κυρίως στις περιπτώσεις των χωρών της Αφρικής, καθώς θεωρήθηκε, ότι έπρεπε να τεθεί σαν προτεραιότητα η αντιμετώπιση της ασιτίας και της έλλειψης πόσιμου νερού και όχι η χρηματοδότηση ενός τέτοιου προγράμματος.



**Εικόνα\_12:**  
**Παιδιά στην Ουρουγουάη ανακαλύπτουν τον κόσμο της Τεχνολογίας**

Η δράση “No Child Left Behind Act” είναι μια συνέχεια της δράσης “Title I”, της ναυαρχίδας των προγραμμάτων βοήθειας της κυβέρνησης των ΗΠΑ για μαθητές που βρίσκονται σε μειονεκτική θέση. Έκανε την εμφάνισή της τη σχολική χρονιά 2002 – 2003 και είχε ως στόχο την ελεύθερη πρόσβαση στη διδασκαλία των Φ.Ε. από όλα τα παιδιά, καθώς κρίθηκε αναγκαία η εκμάθησή τους από την τότε κυβέρνηση, υποχρεώνοντας τις Πολιτείες να αναπτύξουν εκτιμήσεις πάνω στις βασικές δεξιότητες των μαθητών.

Το 1996 οι Pierre Léna, Georges Charpak (βραβείο Νόμπελ Φυσικής 1992) και Yves Quéré ίδρυσαν στη Γαλλία το εκπαιδευτικό πρόγραμμα “La main à la pâte”, το οποίο σε συνεργασία με το γαλλικό Υπουργείο Παιδείας ανέλαβε να ανανεώσει τη διδασκαλία των Φ.Ε στα δημοτικά σχολεία, αναπτύσσοντας μια νέα προσέγγιση της επιστημονικής εκπαίδευσης, η οποία πρόσφατα ενσωματώθηκε στα γαλλικά προγράμματα σπουδών (Fondation " La main à la pâte").

Στη Γερμανία το ίδρυμα “Haus der Kleinen Forscher” (Little Scientists’ House) προωθεί σταδιακά σε κέντρα ημερήσιας φροντίδας και σε δημοτικά σχολεία την καθημερινή αλληλεπίδραση με τις Φ.Ε., τα μαθηματικά και την τεχνολογία. Συμβάλλει στην ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων στα παιδιά προωθώντας την εκμάθηση των φαινομένων των Φ.Ε. και τεχνολογικών θεμάτων (Kleine Forscher, 2015).

Στην Αυστραλία το καινοτόμο πρόγραμμα “Primary Connections”, που αναπτύχθηκε από την Αυστραλιανή Ακαδημία Επιστημών, εργάζεται στην προσπάθεια αλληλεπίδρασης της διδασκαλίας των Φ.Ε. με τη διδασκαλία του γραμματισμού (literacy) στα δημοτικά σχολεία. Εστιάζει, μέσω μιας προσέγγισης που βασίζεται στην έρευνα, στη βελτίωση των δεξιοτήτων και της κατανόησης των μαθητών σχετικά με τις Φ.Ε και τις ικανότητες γραφής και ανάγνωσης (Primary Connections - Linking science with literacy, 2015).

Στη Χιλή το πρόγραμμα ECBI ξεκίνησε ως αποτέλεσμα της κοινής δράσης της Ακαδημίας Θετικών Επιστημών της Χιλής, του Τμήματος Ιατρικής, του Πανεπιστημίου της Χιλής και του Υπουργείου Παιδείας. Δημιουργήθηκε για την ανανέωση της διδασκαλίας και της εκμάθησης των Φ.Ε., μέσω της μεθοδολογίας της έρευνας, συμβάλλοντας στην αλλαγή της δυναμικής των σχέσεων μεταξύ της επιστημονικής κοινότητας, των εκπαιδευτικών και των μαθητών. Βασιζόμενη στην πεποίθηση, ότι η εκπαίδευση των Φ.Ε. είναι δικαίωμα όλων των παιδιών, η συστημική του προσέγγιση αφορά παρεμβάσεις στα προγράμματα σπουδών, στο εκπαιδευτικό υλικό καθώς και στην αξιολόγηση και συμμετοχή της σχολικής κοινότητας (ECBI Chile - Educación en Ciencias basada en la Indagación, 2012).



### **3.3. Ειδικές κατηγορίες μαθητών που πιστεύεται ότι θα ευνοηθούν από την παρούσα έρευνα**

Σύμφωνα με την Ημέλλου, «οι δυσκολίες μάθησης αποτελούν ένα συνεχές γνωσιακών και προσαρμοστικών δυσκολιών, οι οποίες ανιχνεύονται σε εκπαιδευτικά πλαίσια, γίνονται αντιληπτές ως δυσκολίες –σε ένα ή περισσότερα γνωστικά αντικείμενα του αναλυτικού προγράμματος- σημαντικά περισσότερες από αυτές της πλειοψηφίας των παιδιών της ίδιας ηλικίας, καταλήγουν σε περιορισμούς της λειτουργικής ικανότητας και οφείλονται σε ποικίλους συνδυασμούς, συχνά αλληλεπιδρώντων, βιολογικών και περιβαλλοντικών παραγόντων» (Ημέλλου, 2003).

#### **3.3.1. Μαθητές με ήπιες εκπαιδευτικές δυσκολίες**

Οι μαθητές με ΕΕΑ διακρίνονται σε αυτούς με ήπιες ανάγκες και σε αυτούς που παρουσιάζουν σοβαρές ή βαριές δυσκολίες. Οι μαθητές με ήπιες εκπαιδευτικές ανάγκες μπορεί να παρουσιάζουν μαθησιακές δυσκολίες, νοητική υστέρηση, συναισθηματική διαταραχή ή προβλήματα συμπεριφοράς. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει (Mercer & Mercer, 1993; Morsink & Smith-Davies, 1987), αυτή η κατηγορία μαθητών αποτελεί περίπου το 90% του μαθητικού πληθυσμού που έχουν διαγνωστεί ως άτομα με ειδικές ανάγκες και συνήθως παρουσιάζουν παρόμοιες ανάγκες εκπαίδευσης και διδασκαλίας (Thomas, Correa, & Morsink, 1991).

Ο συγκεκριμένος όρος μπορεί ακόμη να περιλαμβάνει μαθητές με κινητικά προβλήματα, με αισθητηριακό πρόβλημα (όρασης ή ακοής), προβλήματα υγείας και διαταραχές επικοινωνίας. Οι παραπάνω κατηγορίες παιδιών μπορούν να χαρακτηριστούν ως μαθητές με ήπιες εκπαιδευτικές δυσκολίες μόνο αν η σοβαρότητα της αναπηρίας τους και οι εκπαιδευτικές τους ανάγκες είναι τέτοιες που τους επιτρέπουν να ενταχθούν στη γενική τάξη, τουλάχιστον για κάποιες ώρες της ημέρας (Thomas, Correa, & Morsink, 1991).

Επομένως, ήπιες εκπαιδευτικές ανάγκες μπορούν να ορισθούν οι δυσκολίες μάθησης που είναι δυνατόν να αντιμετωπιστούν στις τάξεις του γενικού σχολείου από τον εκπαιδευτικό γενικής αγωγής σε συνεργασία με τον ειδικό παιδαγωγό (όταν υπάρχει), χωρίς την υποστήριξη από προσωπικό άλλων ειδικοτήτων (Ημέλλου, 2003).

Οι εκπαιδευτικές ανάγκες των παιδιών με ήπιες εκπαιδευτικές δυσκολίες μπορούν να χωριστούν στις εξής κατηγορίες: α) ακαδημαϊκές γνώσεις, β) κοινωνική αλληλεπίδραση, γ) αυτοαντίληψη και κίνητρα, δ) διαχείριση συμπεριφοράς και ε) υποστηρικτικές υπηρεσίες (π.χ. φυσιοθεραπεία, λογοθεραπεία κλπ) (Thomas, Correa, & Morsink, 1991). Ο σωστός σχεδιασμός της παρέμβασης για παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες προϋποθέτει την αξιολόγηση του μαθησιακού τους δυναμικού αλλά και της διδασκαλίας που τους παρέχεται για τη δημιουργία εξατομικευμένου εκπαιδευτικού προγράμματος.

### 3.3.2. Μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες

Ο τελευταίος ορισμός των μαθησιακών δυσκολιών που ενσωματώθηκε στη Συνθήκη για την Εκπαίδευση Ατόμων με Αναπηρίες των ΗΠΑ<sup>3</sup> το 2000 και δημοσιεύτηκε το 2002 (Individuals with Disabilities Education Act (IDEA), 2002) αναφέρει:

*«οι μαθησιακές δυσκολίες αναφέρονται σε διαταραχές σε μια ή περισσότερες από τις βασικές ψυχολογικές διεργασίες που εμπεριέχονται στη χρήση του προφορικού ή γραπτού λόγου, οι οποίες έχουν ως συνέπεια «ατελή» ικανότητα ακουστικής αντίληψης, σκέψης, λόγου, ανάγνωσης, γραφής, ορθογραφίας, μαθηματικών ικανοτήτων. Ο όρος περιλαμβάνει περιπτώσεις, όπως αντιληπτική ανεπάρκεια, εγκεφαλική βλάβη, ελάχιστη εγκεφαλική δυσλειτουργία, δυσλεξία και αναπτυξιακή αφασία. Στον όρο δεν εμπεριέχονται περιπτώσεις παιδιών των οποίων το πρόβλημα είναι αποτέλεσμα οπτικής, ακουστικής ή κινητικής ανεπάρκειας, νοητικής καθυστέρησης ή προέρχονται από δυσμενείς περιβαλλοντικές, πολιτισμικές ή οικονομικές συνθήκες» (Kavale & Forness, 2000).*

Παρατηρούνται σε παιδιά που ενώ εμφανίζουν μέσο ή υψηλότερο Δείκτη Νοημοσύνης (ΔΝ), αποτυγχάνουν σε περιοχές όπου ο ΔΝ προβλέπει επιτυχία. Επομένως, οι μαθητές με δυσκολίες μάθησης παρουσιάζουν αδυναμία ανταπόκρισης στις απαιτήσεις των υφιστάμενων Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών (Α.Π.Σ.) και ως εκ τούτου αποτυχία στην αξιολόγηση βάσει αυτών.

Σύμφωνα με τους Δράκο & Τσιναρέλη (Δράκος & Τσιναρέλης, 2011), οι παράγοντες που έχουν προσδιοριστεί σε σχέση με τους οποίους μπορεί ένας μαθητής να χαρακτηριστεί ως μαθητής με μαθησιακές δυσκολίες είναι:

- Οι σχολικές δυσκολίες που προσδιορίζονται σε σχέση με τους συνομηλίκους.
- Η σοβαρή διαφοροποίηση στο επίπεδο των ικανοτήτων και των επιτευγμάτων.
- Ο αποκλεισμός των οπτικών, ακουστικών, νοητικών και συναισθηματικών μειονεξιών ή αναπηριών καθώς και των περιβαλλοντικών παραμέτρων.
- Οι νευρολογικές διαταραχές.

#### 3.3.2.1. Μαθητές με ειδικές μαθησιακές δυσκολίες

Ειδική μαθησιακή δυσκολία θεωρείται η δυσκολία στη μάθηση σε μια συγκεκριμένη περιοχή, ενώ σε άλλες περιοχές δεν ισχύει (Δράκος & Τσιναρέλης, 2011). Οι πιο συνηθισμένες μορφές της είναι:

- Η δυσλεξία (dyslexia)
- Η δυσορθογραφία (dysorthographia)
- Η δυσγραφία (dysgraphia)
- Η δυσαριθμησία (dyscalculia)

---

<sup>3</sup> Individuals with Disabilities Education Act (IDEA)

Ιδιαίτερα οι μαθητές με δυσαριθμησία παρουσιάζουν μεγάλη δυσκολία στις περιοχές των Φ.Ε., εξαιτίας της ουσιαστικής αδυναμίας τους να αντιληφθούν τους αριθμούς ως αφηρημένες έννοιες των συγκριτικών ποσοτήτων. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της δυσαριθμησίας είναι:

- Αδυναμία ανάγνωσης μιας ακολουθίας αριθμών (π.χ. το 23 διαβάζεται ως 32).
- Δυσκολίες με τα σύμβολα της αριθμητικής (σύγχυση των σημείων: +, -, / και ·).
- Δυσκολία εκτέλεσης αριθμητικών πράξεων.
- Δυσκολία με πρόβλεψη μετρήσεων (π.χ. απόστασης, εμβαδού κλπ).
- Αδυναμία κατάκτησης μαθηματικών εννοιών, ακολουθιών και τύπων.
- Φοβία θεμάτων σχετικά με τα μαθηματικά και η συνάφειά τους σε ακραίο στάδιο.

Ως συνάρτηση των παραπάνω, τα κύρια προβλήματα των μαθητών με δυσαριθμησία στο μάθημα της Φυσικής είναι (Trna, Trnova, & Makydova, 2010):

- Δυσκολίες με την αριθμητική στην επίλυση ασκήσεων.
- Δυσκολίες με τη μετατροπή των μονάδων, όπου χρειάζεται.
- Δυσκολίες με την επεξεργασία των δεδομένων.
- Αδυναμία συγκράτησης και χρήσης φυσικών εννοιών, κανόνων και τύπων.
- Αδυναμία εξήγησης επίλυσης μιας μαθησιακής δραστηριότητας (learning task).

Οι εκπαιδευτικοί για να αντιμετωπίσουν αυτές τις δυσκολίες μπορούν (Trna, Trnova, & Makydova, 2010):

- Να δίνουν πολλά παραδείγματα επίλυσης ασκήσεων σε κάθε κατηγορία.
- Να παρέχουν ειδική βοήθεια στις μετατροπές των μονάδων και την εφαρμογή των τύπων.
- Να περιορίσουν το χρόνο που απαιτείται για την επίλυση μαθηματικών μαθησιακών δραστηριοτήτων φυσικής, χρησιμοποιώντας περισσότερο λεκτικές, γραφικές και πειραματικές εργασίες μάθησης.

### **3.3.2.2. Μαθητές με σχολικές δυσκολίες**

Ενώ ένα παιδί με μαθησιακές δυσκολίες στο σχολείο παρουσιάζει μαθησιακές δυσκολίες και στο ευρύτερο κοινωνικό πλαίσιο κατά τη διαδικασία της κοινωνικής μάθησης, ένα παιδί με σχολικές δυσκολίες παρουσιάζει τις δυσκολίες αυτές μόνο εντός σχολικού πλαισίου. Οι σχολικές δυσκολίες ενέχουν το στοιχείο της παροδικότητας, λειτουργούν μόνο στο χώρο του σχολείου αποτελώντας συνέχεια του συστήματος λειτουργίας του και τις καθορίζουν οι κανόνες που διαμορφώνουν τις σχέσεις στο σχολικό περιβάλλον (Δράκος & Τσιναρέλης, 2011).

### 3.3.3. Υπερευφυείς (gifted) και Ταλαντούχοι (talented) μαθητές

Ο όρος «υπερευφυής» χρησιμοποιείται για άτομα με νοητική υπεροχή, ο όρος «ταλαντούχος» αναφέρεται στα άτομα που διακρίνονται και υπερέχουν συγκριτικά με τα άλλα άτομα της ηλικίας τους σε κάποια περιοχή, π.χ. στη ζωγραφική, στη μουσική, στα μαθηματικά κλπ, ενώ στη βιβλιογραφία χρησιμοποιείται συχνά και ο όρος «χαρισματικός». Οι παραπάνω όροι έχουν άμεση σχέση με τη θεωρία πολλαπλής νοημοσύνης του Gardner, σύμφωνα με την οποία το άτομο κατέχει μία ενοποιημένη μείξη από οκτώ τουλάχιστον είδη νοημοσύνης (γλωσσική, λογικομαθηματική, μουσική, χωρική, κιναισθητική, διαπροσωπική, ενδοπροσωπική, νατουραλιστική). Αν και όλα έχουν κομμάτια και από τα οκτώ είδη νοημοσύνης, τα υπερευφυή και ταλαντούχα παιδιά έχουν ιδιαίτερα αναπτυγμένο ένα στοιχείο. Το 1983 στο βιβλίο "Τα πλαίσια του νου", όπου ο Gardner διατύπωσε πρώτη φορά τη θεωρία του, χαρακτηριστικά αναφέρεται, ότι δεν μπορούν να βρεθούν δυο άτομα με ίδιο ακριβώς συνδυασμό νοημοσύνης, όπως δεν υπάρχουν πανομοιότυπα δακτυλικά αποτυπώματα (ΥΠ.Ε.Π.Θ.-Π.Ι., 2000).

Αν και δεν υπάρχει κοινά αποδεκτός ορισμός, σύμφωνα με τον Εθνικό Οργανισμό για τα Χαρισματικά Παιδιά (National Association for Gifted Children): *«Χαρισματικά άτομα είναι εκείνα που επιδεικνύουν εξαιρετικά επίπεδα επάρκειας (ορίζεται ως η εξαιρετική ικανότητα στο συλλογισμό και στη μάθηση) ή ικανότητας (τεκμηριωμένη απόδοση ή επίτευγμα που υπολογίζεται στο 10% της κορυφής ή σπανιότερο) σε έναν ή περισσότερους τομείς. Αυτοί οι τομείς περιλαμβάνουν οποιαδήποτε δομημένη περιοχή δραστηριοτήτων με το δικό της σύστημα συμβόλων (π.χ. μαθηματικά, μουσική, γλώσσα) και/ή το σύνολο κιναισθητικών δεξιοτήτων (π.χ., ζωγραφική, χορός, αθλητισμός)»* (NAGC, 2010).

Ενώ, σύμφωνα με τον ομοσπονδιακό ορισμό για τα χαρισματικά παιδιά: *«Οι όροι χαρισματικός και ταλαντούχος, όταν χρησιμοποιούνται σε σχέση με τους μαθητές, τα παιδιά ή τους νέους, σημαίνει, ότι έχουν επιδείξει σημαντικά επιτεύγματα σε τομείς, όπως ο πνευματικός, ο δημιουργικός, ο καλλιτεχνικός, ικανότητας ηγεσίας ή σε συγκεκριμένους επιστημονικούς τομείς και χρειάζονται υπηρεσίες ή δραστηριότητες, που συνήθως δεν παρέχονται από το σχολείο, προκειμένου να αναπτύξουν πλήρως τις δυνατότητές τους»* (U.S. Department of Education, 2004).

Αυτή η κατηγορία μαθητών είναι, επίσης, μια κατηγορία μαθητών με ΕΕΑ. Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες, οι δραστηριότητες στο μάθημα της φυσικής που βασίζονται στο πείραμα επιδρούν θετικά στους μαθητές αυτούς μέσω του συναισθηματογνωστικού πλαισίου (Callahan, Moon, & Oh, 2013), αν και είναι σπάνιες στη διδασκαλία του μαθήματος. Έτσι, γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης τριών συγκεκριμένων τομέων στο μάθημα της φυσικής μέσω πειράματος για τους χαρισματικούς μαθητές: επίλυση προβλημάτων, παιχνίδι και τροποποίηση δραστηριοτήτων μέσω της εκτέλεσης πειράματος ή της δημιουργίας δικού τους, αναπτύσσοντας τη δημιουργικότητά τους. Οπότε, μέσω της ενεργούς μάθησης βελτιώνονται τα γνωστικά κίνητρα των μαθητών, με την ψυχολογική τους βάση να

αποτελεί η αντίληψη και η εννοιολογική σύγκρουση (Trna, Trnova, & Makydova, 2010).

Το σχολικό έτος 2012-2013 καθιερώθηκαν, σύμφωνα με το Νόμο 3966/2011 ως θεσμός στα Πειραματικά Δημοτικά Σχολεία οι «Ομίλοι», αποσκοπώντας να προωθήσουν και να αξιοποιήσουν ιδιαίτερες ικανότητες και ταλέντα ορισμένων μαθητών σε διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα. Αποτελούν προσπάθεια προσαρμογής της οργάνωσης του σχολείου στις ανάγκες και ιδιαιτερότητες της τοπικής κοινωνίας παρέχοντας στους εκπαιδευτικούς ευελιξία επιλογής διδακτικών ενοτήτων και σχεδιασμού εκπαιδευτικών υλικών και προσεγγίσεων (Καράμπελας και συν., 2015). Παρέχουν, όμως, και περισσότερες ευκαιρίες για συνεργασία με τοπικούς φορείς. Η επιλογή των γνωστικών αντικειμένων των ομίλων καθώς και των μαθητών που θα συμμετέχουν, γίνεται στο επίπεδο της σχολικής μονάδας, με βάση τη νομοθεσία.

### **3.4. Μαθητές με ΕΕΑ στο γενικό ελληνικό σχολείο**

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη πολιτική στήριξη για τους μαθητές χαμηλών επιδόσεων σε θέματα επιστήμης, καθώς βοήθεια για αυτούς τους μαθητές συνήθως παρέχεται ως μέρος του γενικού πλαισίου στήριξης για μαθητές με δυσκολίες σε οποιοδήποτε τομέα. Λίγες χώρες έχουν ξεκινήσει προγράμματα σε εθνικό επίπεδο για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου, ενώ, στις περισσότερες, τα μέτρα στήριξης αποφασίζονται σε επίπεδο σχολικής μονάδας (European Commission, 2011).

Η υλοποίηση προγραμμάτων υποστήριξης ατόμων με ΕΕΑ στο ελληνικό γενικό σχολείο αποτελεί, αναμφισβήτητα, μια σημαντική πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς, διότι, όπως έχουν δείξει σχετικές έρευνες σε διάφορες χώρες, π.χ. (European Agency for Development in Special Needs Education, 2003; Ford, Pugach, & Otis-Wilborn, 2001), οι προπτυχιακές τους σπουδές δεν τους προσφέρουν τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες για την εκπαιδευτική αξιολόγηση, τις διδακτικές τροποποιήσεις και τις μεθοδολογικές προσαρμογές που απαιτούνται, προκειμένου να διδάξουν με αποτελεσματικό τρόπο παιδιά με ΕΕΑ, ενώ, παράλληλα, οι αντιλήψεις και οι στάσεις τους απέναντι σε ζητήματα όπως οι προτεραιότητες της καθημερινής διδασκαλίας και οι επιστημονικές και επαγγελματικές υποχρεώσεις τους, συχνά προστίθενται ως εμπόδια στην προσπάθεια υποστήριξης των παιδιών αυτών, αφού τους οδηγούν στη διαμόρφωση της άποψης, ότι η υλοποίηση τέτοιων προγραμμάτων ξεπερνά τα όρια του ρόλου τους (Peterson, 2011).

Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις από διάφορες έρευνες, ότι η συμπεριφορά των δασκάλων στις τάξεις και ο τρόπος προσέγγισης της διδασκαλίας επηρεάζουν σημαντικά το βαθμό μάθησης (Van-Tassel-Baska, Quek, & Feng, 2007). Οι Sanders & Rivers (1996) κατέγραψαν τις επιδράσεις αναποτελεσματικών δασκάλων για 3 χρόνια και συμπέραναν, ότι είναι δυνατό να μειώσουν την επίδοση

του μαθητή στα μαθηματικά έως και 54%, ασχέτως της ικανότητας του μαθητή, ενώ η Wenglinsky (2000) χρησιμοποιώντας τεχνικές-κλειδιά, όπως η κριτική σκέψη και η μεταγνώση, βρήκε θετική επίδραση στον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν οι μαθητές μαθηματικά και φυσική στο δημοτικό και στο γυμνάσιο (Van-Tassel-Baska, Quek, & Feng, 2007).

Προκειμένου να είναι αποτελεσματικοί στην εξατομίκευση της διδασκαλίας, οι εκπαιδευτικοί πρέπει: (α) να γνωρίζουν πολύ καλά την ύλη των μαθημάτων στα οποία δυσκολεύονται οι μαθητές τους, όχι μόνο με την έννοια των στόχων του επίσημου προγράμματος αλλά και με την έννοια δομικών στοιχείων, τα οποία ίσως δεν έχουν τύχει της προσοχής που τους αξίζει από το επίσημο πρόγραμμα, αλλά είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την εξέλιξη γνώσεων και δεξιοτήτων σε συγκεκριμένη γνωστική περιοχή, (β) να διατυπώνουν διδακτικούς στόχους, χρησιμοποιώντας λειτουργικούς όρους και περιλαμβάνοντας τη συμπεριφορά του παιδιού, τις συνθήκες εμφάνισής της και το κριτήριο κατοχής της σχετικής δεξιότητας, (γ) να είναι εξοικειωμένοι με τις δυνατότητες που προσφέρει η κάθε μια από τις γνωστότερες διδακτικές μεθόδους ανά γνωστικό αντικείμενο, καθώς επίσης και με την καταλληλότητα των διαφόρων υλικών διδασκαλίας, ανάλογα με τις ανάγκες των παιδιών, (δ) να μπορούν να συνδυάσουν παρεμβάσεις προερχόμενες από διαφορετικές επιστημονικές περιοχές σε ένα συνεκτικό πρόγραμμα, (ε) να είναι σε θέση να υλοποιήσουν έγκυρες και αξιόπιστες αποτιμήσεις των προγραμμάτων που εφαρμόζουν, ώστε να προσφέρουν και την κατάλληλη ανατροφοδότηση στους μαθητές τους και (στ) να διαθέτουν ικανότητα αποτελεσματικής συνεργασίας με τους γονείς.

Η υποστήριξη ατόμων με ΕΕΑ μέσα στη γενική τάξη αποτελεί ένα δύσκολο εγχείρημα, αφού προϋποθέτει τη διατήρηση μιας ισορροπίας μεταξύ των ειδικών εκπαιδευτικών παροχών που χρειάζονται τα άτομα και των συνθηκών μάθησης που πρέπει να δημιουργηθούν για τα υπόλοιπα άτομα της γενικής τάξης. Η επίτευξη αυτής της ισορροπίας δεν είναι καθόλου εύκολη υπόθεση σε ένα γενικό σχολείο όπου κυριαρχεί η παραδοσιακή διδασκαλία, θεωρώντας βασική προτεραιότητα την εξάντληση της προκαθορισμένης ύλης ανά τάξη και μη αναγνωρίζοντας τη σημασία της αρχικής αξιολόγησης των μαθητών, προκειμένου να προσαρμοστεί και να τροποποιηθεί η διδασκαλία. Στα παραπάνω, αν προστεθεί η χαμηλή αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών, γίνεται από όλους εμφανές, ότι το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα λειτουργεί με τρόπο που δυσκολεύει την υποστήριξη μαθητών με ΕΕΑ (Αγαλιώτης, 2008).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Διδακτική των Φυσικών Εννοιών και εκπαιδευτικό υλικό

#### 4.1. Εκπαιδευτικό υλικό

Το εκπαιδευτικό υλικό αποτελεί βασικό πυλώνα της μαθησιακής διαδικασίας, η οποία διαμορφώνεται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο που οι εκπαιδευτικοί το χρησιμοποιούν κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Επιδρά άμεσα στη μάθηση, όταν τα παιδιά αλληλεπιδρούν με αυτό (Braswell, et al., 2001) και έμμεσα μέσω των επιδράσεων του στους εκπαιδευτικούς και τις διδακτικές επιλογές τους (Moulton, 1997). Οι επιπτώσεις αυτές στη μάθηση είναι ισάξιες, αν όχι μεγαλύτερες, από αυτές που συνδέονται με τις διαφοροποιήσεις στην αποτελεσματικότητα του εκπαιδευτικού (Chingos & Whitehurst, 2012).



Εικόνα\_13:  
Η πολυδιάστατη δυναμική της εκπαιδευτικής διαδικασίας  
Πηγή: Chingos & Whitehurst, 2012

Το εκπαιδευτικό υλικό είναι προϊόν αλληλεπίδρασης του εκπαιδευτικού με το εκάστοτε πρόγραμμα σπουδών, καθώς ο τελευταίος συνεισφέρει γνώσεις, δεξιότητες, πρακτικές, στάσεις και αξίες. Στις γνώσεις μπορεί να περιλαμβάνονται γνώσεις αντικειμένου, όπως Φυσικές Επιστήμες, Μαθηματικά, Πληροφορική, γνώσεις παιδαγωγικού περιεχομένου ή και εφαρμοσμένης παιδαγωγικής, όπως γνώση του Προγράμματος Σπουδών και σχεδίων μαθήματος. Οι αξίες και στάσεις του εκπαιδευτικού μπορεί να έχουν σχέση με τη γνώμη του για το αντικείμενο και τους στόχους του μαθήματος, το ρόλο του εκπαιδευτικού, τη σχέση του με τους μαθητές και τη σημασία του Προγράμματος Σπουδών. Έτσι, διαφορετικοί εκπαιδευτικοί μπορεί να σχεδιάσουν διαφορετικό υλικό, βασισμένοι στο ίδιο πρόγραμμα σπουδών (Schwarz, et al., 2008). Συνεπώς, το παιδαγωγικό υλικό εμπεριέχει αναπαραστάσεις γνώσεων, δραστηριότητες και εργασίες καθώς και διδακτικές πρακτικές που μπορούν να ενημερώσουν για τη δουλειά του εκπαιδευτικού ή και να την επηρεάσουν και αντικατοπτρίζει βαθύτερες ιδέες, αξίες και νοήματα για το περιεχόμενο και τη διδασκαλία.

Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών, τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, υποστηρίζει, θεωρητικά τουλάχιστον, τη σημασία εκπαιδευτικού υλικού κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, κυρίως εξαιτίας των κινήτρων συμμετοχής που προσφέρει και της συγκεκριμενοποίησης των αφηρημένων εννοιών, όπως έχει καταγραφεί από έρευνες (Σκουμιός & Σκουμπουρδή, 2015; McCullochVinson, 2001). Παρόλα αυτά, εξαιτίας διαφόρων παραγόντων, όπως η επιδίωξη μεγάλου βαθμού ελέγχου, η διδασκαλία στις ανώτερες εκπαιδευτικές βαθμίδες και η πολύχρονη εμπειρία αποθαρρύνουν την ένταξή του στην εκπαιδευτική διαδικασία, γεγονός που έχει καταγραφεί τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά (Moyer & Jones, 2004; Deci, Spiegel, Ryan, Koestner, & Kauffman, 1982).

Η επιλογή και η διαχείριση του εκπαιδευτικού υλικού επηρεάζεται από τις παιδαγωγικές γνώσεις των εκπαιδευτικών (Parada & Sacristán, 2010) καθώς και από τις θεωρίες μάθησης που υιοθετούν. Η εμπειρική του χρήση, βασισμένη στη θεωρία μετάδοσης της γνώσης, και οι δομιστικές προσεγγίσεις σύνδεσης της λειτουργίας του με την έννοια που πρέπει να διδαχθεί από τον εκπαιδευτικό, οδηγούν τους μαθητές στη μηχανική διαχείρισή του (Σκουμιός & Σκουμπουρδή, 2015). Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα οι μαθητές να καταλήγουν σε ερμηνείες διαφορετικές από εκείνες των δασκάλων τους και το υλικό, σε αυτές τις περιπτώσεις, να μην αποτελεί ουσιαστικά εργαλείο στα χέρια των παιδιών για μια ουσιαστικότερη μάθηση.

Ο ρόλος του υλικού στη μαθησιακή διαδικασία έχει συσχετιστεί περισσότερο με τον γνωστικό τομέα (Varol & Farram, 2006; Watson & de Geest, 2005; Moyer, 2001), με το σημαντικότερο παράγοντα επίδρασής του να σχετίζεται με τη χρήση ίδιων ή διαφορετικών υλικών για την ανάπτυξη μιας έννοιας. Υπάρχουν απόψεις που θεωρούν, ότι η χρήση ενός μόνο είδους υλικού βοηθάει περισσότερο στην αναπαράσταση μιας ιδέας των Μαθηματικών ή των Φ.Ε., αφού τα παιδιά βελτιώνουν τη δεξιότητα χειρισμού του, κυρίως μέσω της επαναλαμβανόμενης χρήσης του σε διαφορετικές καταστάσεις (Kilpatrick, Swafford & Findell, 2001; Hiebert & Wearne, 1993). Έτσι, εξοικειώνονται με αυτό και κατανοούν σε βάθος τη φύση, τα χαρακτηριστικά, τις δυνατότητες και τα όρια του υλικού. Άλλοι προτιμούν τη χρήση ποικιλίας υλικών και μέσων στην οργάνωση και στην κατασκευή της γνώσης, καθώς προσφέρει πολύπλευρη οπτική στο χειρισμό εννοιών και διαδικασιών.

Επιπρόσθετα, συγκεκριμένα χαρακτηριστικά υλικών επηρεάζουν την ικανότητα των παιδιών να ανταποκριθούν σε ορισμένα θέματα, για παράδειγμα, ο τύπος του υλικού και ο τρόπος χρήσης του μπορεί να επηρεάσουν διάφορες ικανότητες των παιδιών (Σκουμπουρδή, 2012), όπως: α) την ικανότητα καταμέτρησης (Shipley & Shepperson, 1990), β) την ικανότητα άμεσης εκτίμησης μιας ποσότητας (Clements & Sarama, 2007), γ) την ικανότητα διαίρεσης (Wing & Beal, 2004), δ) την ικανότητα αντίληψης των σχημάτων ή/και δημιουργίας παρανοήσεων τόσο για τα διδιάστατα (Skoumpourdi & Mprakoroulou, 2011) όσο και για τα τρισδιάστατα σχήματα, ε) την ικανότητα μέτρησης μήκους και εμβαδού κλπ.



Επιπλέον, εκτός από το γνωστικό τομέα, το εκπαιδευτικό υλικό επιδρά και στον επικοινωνιακό (Mercer & Sams, 2006; Jurdak & Abu Zein, 1998; Hiebert & Wearne, 1993), στον κοινωνικοπολιτισμικό (Σταθοπούλου, Σκουμπουρδή & Καφούση, 2008; Νικολάου, 2005) καθώς και στον ψυχολογικό συναισθηματικό τομέα (Gellert, 2004; McCulloch Vinson, 2001).

#### **4.1.1. Κατηγορίες εκπαιδευτικού υλικού**

Υπάρχουν δύο κατηγορίες υλικών, τα «υφιστάμενα υλικά» και τα «εξειδικευμένα». Τα υφιστάμενα είναι υλικά και μέσα που υπάρχουν στην καθημερινότητά μας ανεξάρτητα από την εκπαιδευτική διαδικασία (όπως το ανθρώπινο σώμα και τα μέλη του, υλικά και μέσα της καθημερινής μας ζωής, βιβλία και ιστορίες, παιχνίδια κλπ). Το εκπαιδευτικό υλικό ανήκει στα εξειδικευμένα υλικά, αυτά δηλαδή, που είναι ειδικά κατασκευασμένα ή έχουν τροποποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς (Σκουμπουρδή, 2012).

Τα εκπαιδευτικά υλικά ποικίλλουν και μπορεί να προέρχονται από (Σκουμπουρδή, 2012):

- Το ξεκίνημα των επιστημών, όπως άβακας, tangram, θερμοσκόπιο κλπ.
- Την εξέλιξη των επιστημών, όντας συνδεδεμένα με τη θεωρητική θεμελίωση των υλικών στην εκπαίδευση, όπως τα δώρα του Froebel, το υλικό της Montessori, τα εργαστηριακά αμαξίδια, ο ηλεκτρικός χρονομετρητής κλπ.
- Την ανάπτυξη της Διδακτικής ή την αναδιαμόρφωση των προηγούμενων υλικών, όπως είναι για παράδειγμα η αριθμητική ράβδος, τα pattern blocks, τα pentominoes, οι αισθητήρες δύναμης και κίνησης κλπ.
- Καινοτομίες, όπως ο μαθηματικός καθρέπτης.
- Τη σχεδίαση από εκπαιδευτικούς ή/και μαθητές για την υποστήριξη της διαδικασίας της διδασκαλίας και της μάθησης γνωστικών αντικειμένων.

#### **4.2. ΤΠΕ και Διδακτική των φυσικών εννοιών**

Οι ΤΠΕ (Τεχνολογίες των Πληροφοριών και των Επικοινωνιών) καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών, εφαρμογών, τεχνολογιών, εξοπλισμού και λογισμικών, δηλαδή εργαλείων, όπως η τηλεφωνία και το internet, η εξ αποστάσεως μάθηση, η τηλεόραση, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τα δίκτυα και τα λογισμικά που είναι αναγκαία για τη χρήση των εν λόγω τεχνολογιών, μπορούν να συνεισφέρουν θετικά όσον αφορά στη διδασκαλία και στη μάθηση. Οι μαθητές συχνά αποκτούν κίνητρα,

παρουσιάζουν καλύτερα εργασίες και υλικό, αποκτούν ικανότητες για την απάντηση ερωτήσεων, επιλύουν προβλήματα, διαχειρίζονται πληροφορίες, εξοικειώνονται με τις τεχνικές μοντελοποίησης.

Επιπροσθέτως, οι ΤΠΕ ανταποκρίνονται στις ιδιαίτερες ατομικές ανάγκες και ικανότητες του μαθητή, καθώς ο τρόπος και η ταχύτητα μάθησης του καθενός διαφέρουν. Έτσι, στις περιπτώσεις που οι εκπαιδευτικοί αποτύχουν να βρουν τρόπους παρουσίασης του υλικού διδασκαλίας με διαφορετικούς τρόπους για διαφορετικούς μαθητές, οι ΤΠΕ μπορούν να βοηθήσουν σε αυτή την κατεύθυνση. Εξάλλου, ένας υπολογιστής:

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ξεπεραστούν οι φυσικές ανικανότητες και να δοθούν επιπλέον ευκαιρίες μάθησης στα παιδιά. Ακόμα και ο μαθητής που δεν μπορεί να παρακολουθήσει μαθήματα στη σχολική αίθουσα έχει τη δυνατότητα να μορφωθεί χρησιμοποιώντας την εξ αποστάσεως εκπαίδευση.
- Μπορεί να εργασθεί με ταχύτητα προσαρμοσμένη στις ανάγκες των μαθητών και όχι με ένα κοινό ρυθμό.
- Επιτρέπει σε ένα μαθητή να γυρίσει πίσω, να ζητήσει διευκρινίσεις και να κάνει λάθη χωρίς να τα βλέπουν οι άλλοι.
- Επιτρέπει στο μαθητή να ξεκινήσει και να σταματήσει την εργασία του σε διαφορετικά σημεία.
- Μπορεί να έχει άμεση θετική ανταπόκριση, έτσι ώστε ο μαθητής να γνωρίζει, ότι βρίσκεται στη σωστή κατεύθυνση, χωρίς να χρειάζεται να περιμένει τον εκπαιδευτικό, για να διορθώσει την εργασία του, πριν να προχωρήσει στον επόμενο στόχο του.
- Μπορεί να είναι απεριόριστα υπομονετικός, δεν κρίνει, πληροφορεί το μαθητή για την επιτυχία ή την αποτυχία, χωρίς να δηλώνει αν ο μαθητής είναι καλός ή κακός.
- Δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης με άλλες πηγές πληροφοριών, όπως ένα CD-ROM κι ένα αλληλεπιδραστικό βίντεο, επιτρέποντας στο μαθητή να παίρνει πληροφορίες από μία πληθώρα πηγών, χωρίς να χρειάζεται να συμβουλευτεί τον εκπαιδευτικό.

#### **4.2.1. Νέες Τεχνολογίες στο χώρο της εκπαίδευσης**

Την τελευταία πενταετία η τεχνολογία έχει εξελιχθεί σε τέτοιο βαθμό που τεχνολογίες όπως το διαδίκτυο, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η τηλεδιάσκεψη, η εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.ά. δε θεωρούνται πλέον καινοτόμες. Αντίθετα, Νέες

Τεχνολογίες μπορούν να θεωρηθούν αυτές που εμπλέκουν διάφορα επιστημονικά πεδία σε κάποιο βαθμό, όπως η τεχνητή νοημοσύνη, τα νευρωνικά δίκτυα, η εξόρυξη δεδομένων, η σε βάθος ανάλυση δεδομένων και η γνωσιακή υπολογιστική (cognitive computing). Η τελευταία αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία της IBM που εφαρμόζεται στον υπερυπολογιστή της Watson, ο οποίος μεταξύ άλλων έχει την δυνατότητα να διαγνώσει την ασθένεια ενός αρρώστου και να προτείνει ιατρική αγωγή απλά «διαβάζοντας» τις ιατρικές του εξετάσεις (Modha, et al., 2011). Τα αποτελέσματα από τη χρήση αυτών των τεχνολογιών για εμπορικούς κυρίως σκοπούς κρίθηκαν θετικά, αποτελώντας μια αρχική ένδειξη, ότι η χρήση τους για εκπαιδευτικούς σκοπούς μπορεί να έχει σημαντικά οφέλη.

Η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια έχει εντείνει τις προσπάθειές της για τη βελτίωση του εκπαιδευτικού της συστήματος με τις δράσεις του «Νέου Σχολείου», να αποτελούν σημαντικό μέρος αυτής της αλλαγής, στηριζόμενες στις νέες τεχνολογίες, ενώ στις καινοτομίες που προτείνονται συμπεριλαμβάνεται η ψηφιακή αναβάθμιση. Αν και υπάρχουν συστήματα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού που αξιοποιούν εν μέρει τους Η/Υ, δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις που έχουν θέσει διάφορες χώρες -σε αυτές και η Ελλάδα- για την πλήρη αναμόρφωση του εκπαιδευτικού τους συστήματος. Είναι διαθέσιμα στους μαθητές κυρίως μέσω διαδικτύου κι εστιάζουν συνήθως στο να χρησιμοποιηθούν στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, με παραδείγματα τέτοιων συστημάτων να είναι το Blackboard, το WebCT, το eClass και άλλα (Papadakis, Xenos, & Mitsou, 2005). Υπάρχουν, επίσης, δωρεάν συστήματα διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού, όπως το Moodle και συστήματα διαχείρισης περιεχομένου CMS, όπως τα Joomla, Wordpress και Drupal, που μπορούν με την κατάλληλη διαμόρφωση και χρήση κατάλληλων πρόσθετων να χρησιμοποιηθούν ως αποθετήρια για την διανομή εκπαιδευτικού υλικού στους μαθητές. Με τη χρήση των συστημάτων αυτών είναι εφικτή η παροχή ασύγχρονης εκπαίδευσης και σε συνδυασμό με άλλα εργαλεία, όπως εργαλεία τηλεδιάσκεψης, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο κλπ., είναι δυνατή η παροχή μαθημάτων eLearning.

Η συνεργασία του πανελλήνιου σχολικού δικτύου myschool με το eClass οδήγησε στη δημιουργία της Ηλεκτρονικής Σχολικής Τάξης. Εκτός από την «η-τάξη», αξιοσημείωτη είναι και η προσπάθεια «Φωτόδεντρο Μαθησιακά Αντικείμενα», η οποία υλοποιείται από το ΙΤΥΕ «Διόφαντος». Σύμφωνα με τους Megalou & Kaklamanis, το Φωτόδεντρο αποτελεί το Ελληνικό Εθνικό αποθετήριο Μαθησιακών αντικειμένων<sup>4</sup> και είναι μεταφορά του συστήματος DSspace<sup>5</sup>. Προσαρμοσμένο στις ελληνικές απαιτήσεις εστιάζει σε πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση και περιέχει μεγάλο όγκο αποθηκευμένου εκπαιδευτικού υλικού σε διάφορα μαθήματα (Megalou & Kaklamanis, 2014). Παρόλα αυτά, σε αυτή τη φάση δεν έχει τη δυνατότητα προσαρμογής στις ιδιαίτερες ανάγκες του κάθε μαθητή και του κάθε

---

<sup>4</sup> Μαθησιακά αντικείμενα αποτελούν το εκπαιδευτικό υλικό καθώς και τα εκπαιδευτικά βοηθήματα (π.χ. εικόνες, ήχοι, βίντεο, γραφήματα, διαγράμματα κλπ.).

<sup>5</sup> Το DSspace αποτελεί ψηφιακό αποθετήριο για το εκπαιδευτικό κι ερευνητικό υλικό ενός οργανισμού ή ενός εκπαιδευτικού ιδρύματος (Tansley, et al., 2003) και είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας της εταιρίας HP και των βιβλιοθηκών του πανεπιστημίου MIT.

εκπαιδευτικού ξεχωριστά, δε διαθέτει αυτόματη αναδιοργάνωση και συντήρηση της βάσης δεδομένων του χρησιμοποιώντας τις Νέες Τεχνολογίες και δεν επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών του.

Εκτός από τα απλά εκπαιδευτικά συστήματα διανομής εκπαιδευτικού υλικού που αναφέρθηκαν παραπάνω, υπάρχουν συστήματα που χαρακτηρίζονται προσαρμόσιμα, κυρίως εξαιτίας της δυνατότητας προσαρμογής τους στις ανάγκες κάθε μαθητή και μερικώς έξυπνα, καθώς εφαρμόζουν τις Νέες Τεχνολογίες. Τέτοια συστήματα είναι τα ELM-ART, CALAT, KBS-HYPERBOOK, SIETTE κ.ά. (Weber & Brusilovsky, 2001). Τα συστήματα αυτά επικεντρώνονται κυρίως στη διδασκαλία άνευ διδασκάλου, δεν είναι αρκετά ώριμα ώστε να χρησιμοποιηθούν σε πραγματικές συνθήκες για διδασκαλία στην τάξη, στηρίζονται σε μοντέλα προσομοίωσης της γνωσιακής κατάστασης του μαθητή, δεν είναι σαφώς ορισμένα και δεν έχουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Αν και χρησιμοποιούν Νέες Τεχνολογίες, όπως η εξόρυξη δεδομένων, η τεχνητή νοημοσύνη, η ανάλυση δεδομένων κλπ, δεν τις χρησιμοποιούν σε επαρκή βαθμό, με αποτέλεσμα την αναποτελεσματικότητά τους. Τα προσαρμόσιμα εκπαιδευτικά συστήματα χωρίζονται κυρίως σε πέντε κατηγορίες ανάλογα με τον τομέα στον οποίο εστιάζουν (Brusilovsky & Peylo, 2003):

- Τα προσαρμόσιμα υπερμέσα (adaptive hypermedia)
- Το προσαρμόσιμο φιλτράρισμα πληροφοριών (adaptive information filtering)
- Η έξυπνη παρακολούθηση (intelligent monitoring)
- Η έξυπνη συνεργατική μάθηση (intelligent collaborative learning)
- Η έξυπνη διδασκαλία (intelligent tutoring)

#### **4.2.2. Εκπαιδευτικό λογισμικό**

Ως εκπαιδευτικό χαρακτηρίζεται το λογισμικό το οποίο έχει σχεδιαστεί ειδικά με στόχο να ενταχθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία, υλοποιώντας συγκεκριμένη παιδαγωγική φιλοσοφία και συγκεκριμένη εκπαιδευτική στρατηγική. Σύμφωνα με τον Παναγιωτακόπουλο, ως εκπαιδευτικό λογισμικό θεωρείται το μέσο της εκπαιδευτικής διαδικασίας που κατασκευάζεται προκειμένου να διευκολυνθεί η μάθηση, είτε χρησιμοποιώντας το ως συμπληρωματικό μέσο υποστήριξης από τον εκπαιδευτή είτε ως υποστηρικτικό μέσο αυτοδιδασκαλίας από τον μαθητή μετά την παρακολούθηση της προβλεπόμενης σχολικής εκπαιδευτικής διαδικασίας (Παναγιωτακόπουλος, Πιερρακέας, & Πιντέλας, 2003).

Μια μεγάλη κατηγορία εκπαιδευτικού υλικού αποτελεί το εκπαιδευτικό λογισμικό, το οποίο έχει σχεδιαστεί με ειδικό στόχο να ενταχθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία, υλοποιώντας συγκεκριμένη παιδαγωγική φιλοσοφία και συγκεκριμένη εκπαιδευτική στρατηγική. Έτσι, κατηγοριοποιείται ως προς το είδος του αλλά και ως προς το επιθυμητό παιδαγωγικό αποτέλεσμα αναφορικά με τους στόχους που θέτει ο εκπαιδευτικός ως εξής:

- Γλώσσες προγραμματισμού: Αποτελούν κύριο εργαλείο για την ανάπτυξη πνευματικών δεξιοτήτων λογικού και μαθηματικού τύπου.
- Πακέτα εφαρμογών γενικής χρήσης: όπως π.χ. οι επεξεργαστές κειμένου ή λογιστικών φύλλων, λογισμικά διαφανειών και βάσεις δεδομένων.
- Προσομοιώσεις: Η χρήση αυτών καθώς και λογισμικών μοντελοποίησης προσφέρει τη δυνατότητα στο μαθητή να λειτουργήσει ως ερευνητής, ορίζοντας και κατασκευάζοντας ο ίδιος το μοντέλο ενός προβλήματος και των πολλαπλών εκφάνσεών του.
- Παιχνίδια: π.χ. δράσης, περιπέτειας, στρατηγικής, ανάπτυξης ικανοτήτων γλωσσικών, μαθηματικών κ.λπ., ενώ υπάρχουν και ομαδικά παιχνίδια που παίζονται μέσω διαδικτύου.
- Εκπαιδευτικά συστήματα εικονικής πραγματικότητας. Η εικονική πραγματικότητα (VR) είναι μία τεχνολογία που υποστηρίζει τη δημιουργία μίας διαφορετικής μορφής διεπαφής, όπου ο χρήστης καλείται να αλληλεπιδράσει με το σύστημα μέσω πράξεων, κινήσεων και εκτιμήσεων που μοιάζουν με τις καθημερινές του ενέργειες στο πραγματικό του περιβάλλον.
- Ηλεκτρονικά βιβλία – Εγκυκλοπαίδειες: Πρόκειται για μαθήματα με μορφή ηλεκτρονικών σελίδων στον υπολογιστή, παρέχοντας μεγαλύτερη αλληλεπιδραστικότητα στο χρήστη.
- Εκπαιδευτικές μορφές πολυμέσων: Πρόκειται, συνήθως, για εκπαιδευτικό λογισμικό σε CD-ROM ή στο διαδίκτυο που παρέχει περιβάλλον με κύρια χαρακτηριστικά την υπερμεσική δομή (κείμενο, εικόνα, γραφικά, ήχος, βίντεο, κινούμενη εικόνα κλπ), τη δυνατότητα πρόσβασης στην πληροφορία με πολλαπλούς τρόπους και την αλληλεπιδραστικότητα με το χρήστη.
- Πακέτα εξάσκησης και πρακτικής (drill & practice): Οι εφαρμογές αυτού του τύπου βασίζονται σε συγκεκριμένη διδακτέα ύλη που ακολουθεί κάποιο σχολικό ΑΠΣ και παρέχουν ασκήσεις και προβλήματα σχετικά με αυτήν. Οι ασκήσεις είναι διάφορων τύπων όπως σωστό – λάθος, πολλαπλών επιλογών, ανοικτού τύπου και έχουν απλή γραμμική μορφή καλώντας τον χρήστη να απαντήσει σε μία σειρά ερωτήσεων.
- Προγράμματα εξατομικευμένης διδασκαλίας (Tutorials): Βοηθούν στην ανάπτυξη συγκεκριμένων πρακτικών δεξιοτήτων (όπως εκτέλεση αριθμητικών πράξεων, τυφλό σύστημα, εκμάθηση ξένων γλωσσών κ.λπ.), παρέχοντας ερωτήσεις αυξανόμενης δυσκολίας και επεξηγήσεις για τις ενέργειες που πρέπει να κάνει ο εκπαιδευόμενος, μετρώντας την απόδοσή του και αξιολογώντας την επίδοσή του.
- Προγράμματα συνεργατικής μάθησης: Είναι προγράμματα με δραστηριότητες στον υπολογιστή που προωθούν τη συνεργατική μάθηση με τρόπο που να γίνεται αποφυγή διακρίσεων, ενώ έρευνες σε δραστηριότητες διάφορων γνωστικών αντικειμένων έδειξαν, ότι τα μαθησιακά αποτελέσματά τους είναι διαρκέστερα.

#### 4.2.2.1. Εικονική πραγματικότητα και Φ.Ε.

Ολοένα και περισσότερες έρευνες τα τελευταία χρόνια αναδεικνύουν την προτίμηση των παιδιών για τη μάθηση με υπολογιστές έναντι της παραδοσιακής διδασκαλίας, με τις πιο πολλές θετικές στάσεις να εκδηλώνονται, όταν αυτή ευνοεί τη συνεργασία σε ομάδες (Shernoff & Csikszentmihalyi, 2009). Ο συγκεκριμένος τύπος μάθησης οδηγεί στην ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων, όπως την ικανότητα εμπλοκής σε διάφορες κοινότητες, την επίλυση των προβλημάτων συνεργατικά και υπό το πρίσμα διαφορετικών οπτικών και την επικοινωνία μέσω πολυμεσικών εργαλείων (Jenkins, 2006; Gee, 2005).

Οι εικονικοί κόσμοι είναι γραφικά περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας που υποστηρίζουν συνεργατικά μοντέλα μάθησης, όπως παιχνίδι ρόλων, συζήτηση κατά ομάδες κλπ., με βασικά χαρακτηριστικά τους: α) την αίσθηση παρουσίας σε ένα τρισδιάστατο χώρο, άρα και δυνατότητα κατασκευής κάποιας πραγματικότητας με βάση ένα διδακτικό σενάριο, β) την αλληλεπίδραση με τρισδιάστατα αντικείμενα με αποτέλεσμα την ανάπτυξη δεξιοτήτων, γ) την ψηφιακή αναπαράσταση της εικόνας του εαυτού του ίδιου του χρήστη-μαθητή (avatar) και δ) τη σύγχρονη και ασύγχρονη επικοινωνία μέσω διαμοιραζόμενου περιβάλλοντος (Ταψής, και συν., 2015). Η δυνατότητα εκτέλεσης της όλης δραστηριότητας μέσω του Η/Υ δημιουργεί θετικότερη προδιάθεση στους αρνητικούς μαθητές (science-anxious students) με αποτέλεσμα τη δραστηριοποίησή τους. Παράλληλα, οι εικονικοί κόσμοι προσφέρουν τη δυνατότητα τρισδιάστατης μοντελοποίησης, εξυπηρετώντας έτσι απόλυτα την ιδέα δημιουργίας ενός εικονικού εργαστηρίου Φ.Ε. (dos Santos, 2012).

Ένα από τα πλεονεκτήματά τους αποτελεί το γεγονός, ότι οι εικονικοί κόσμοι μπορούν να ρυθμιστούν σε συνθήκες μοντέλου, ώστε να απομονωθούν ορισμένοι παράγοντες ή να γίνει εστίαση σε άλλους, ανάλογα με τις ανάγκες του διδακτικού μοντέλου, για παράδειγμα οι κάτοικοι του εικονικού κόσμου (avatars) μπορούν να πετάνε, να τηλεμεταφέρονται, να περνούν μέσα από νερό χωρίς να πνίγονται κλπ. Επίσης, μπορούν να δημιουργηθούν μοντελοποιημένες καταστάσεις, π.χ. φαινόμενα χωρίς βαρύτητα ή χωρίς τριβή.

Στο πλαίσιο που αναφέρθηκε παραπάνω, όλος ο εικονικός κόσμος μπορεί να λειτουργήσει ως ένα εικονικό εργαστήριο μέσα στο οποίο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εξασκηθεί στην επιστημονική μέθοδο. Γενικά το εικονικό εργαστήριο Φυσικής προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα: α) δυνατότητα ασφαλούς πειραματισμού, β) επαγωγική – ανακαλυπτική μάθηση, γ) εποπτικοποίηση των φαινομένων και δ) αυτενέργεια χρήστη (Ταψής, και συν., 2015).

### 4.3. Η σημασία του πειράματος στις Φ.Ε.

Στόχος των πειραμάτων πέραν της διερεύνησης του αρχικού ερωτήματος της συγκεκριμένης εργασίας, είναι η γνωστική, συναισθηματική και ψυχοκινητική ανάπτυξη των παιδιών. Ως γνωστική ανάπτυξη ορίζεται η ικανότητά τους να παρατηρούν και να ερμηνεύουν φυσικά φαινόμενα καθώς και να διατυπώνουν διάφορες υποθέσεις τις οποίες μπορούν να επαληθεύουν. Η συναισθηματική ανάπτυξη έγκειται στη δημιουργία θετικής στάσης για τις Φ.Ε. και στη βελτίωση της αυτοεκτίμησής τους μέσα από τη δημιουργία και διεξαγωγή διάφορων πειραματικών δραστηριοτήτων. Τέλος, η ψυχοκινητική ανάπτυξη αναφέρεται στο να αποκτήσουν τα παιδιά χειρωνακτικές ικανότητες, π.χ. ο τρόπος να φτιάχνουν τα παγάκια και να τα τοποθετούν μέσα ή έξω από τις παγοθήκες.

Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν, ότι τα πειράματα που εκτελούνται από τους μαθητές με χρήση οργάνων και υλικών στις Φ.Ε. δύναται να συμβάλουν σημαντικά στην επίτευξη των στόχων που προβλέπονται από τα αναλυτικά προγράμματα. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να προσφέρουν βοήθεια οικοδόμησης της νέας γνώσης (Gunstone, et al., 2015; Högstöm, et al., 2010), ώστε οι μαθητές: α) να αναπτύξουν το συλλογισμό τους εφαρμόζοντας τις αρχές της επιστημονικής μεθόδου (Högstöm, et al., 2010; Hofstein, et al., 2005), β) να βελτιώσουν δεξιότητες σχετικά με το χειρισμό οργάνων και υλικών (Tobin, 1990) και γ) να εκφράσουν θετική προδιάθεση ως προς τα μαθήματα των Φ.Ε. (Hofstein & Lunetta, 2004).

Έχει παρατηρηθεί, ότι αυτό που συμβαίνει συχνά στη σχολική πραγματικότητα είναι, ότι οι μαθητές επικεντρώνονται μόνο στην ολοκλήρωση της εργαστηριακής άσκησης με τυπικό τρόπο παρά στη μάθηση εννοιών από την εκτέλεσή της (Skoumios & Passalis, 2013; Berry, Mulhall, Gunstone & Loughran 1999), με αποτέλεσμα το πείραμα να συνεισφέρει ελάχιστα στη μαθησιακή διαδικασία (Hodson, 1991). Συμπληρωματικά, σύμφωνα με την έκθεση των Abrahams & Millar: *«οι πειραματικές δραστηριότητες είναι γενικά αποτελεσματικές στο να καθιστούν ικανούς τους μαθητές να πραγματοποιούν αυτά που πρέπει να κάνουν με τα φυσικά αντικείμενα, αλλά είναι πολύ λιγότερο αποτελεσματικές στο να καθιστούν ικανούς τους μαθητές να χρησιμοποιούν τις επιστημονικές ιδέες και να αναστοχάζονται πάνω στα δεδομένα που έχουν συλλέξει»* (Abrahams & Millar, p. 1945, 2008).

Έρευνες στις οποίες αναλύθηκαν βιντεοταινίες από πειράματα που υλοποιήθηκαν από μαθητές (Todas & Skoumios, 2014; Skoumios & Passalis 2010; Becu-Robinault 2002; Buty, 2002; Hucke & Fischer 2002), ανέδειξαν το γεγονός, ότι κατά τη διάρκεια αυτής της πειραματικής διαδικασίας, ο χειρισμός των οργάνων και των υλικών και η λήψη μετρήσεων είναι τα κυρίαρχα θέματα που απασχολούν τους μαθητές, καταλαμβάνοντας σημαντικό μέρος του διαθέσιμου χρόνου τους, ενώ η συνεισφορά των πειραματικών δραστηριοτήτων στην ικανότητα σύνδεσής τους με τη θεωρία από τους μαθητές είναι ελάχιστη.

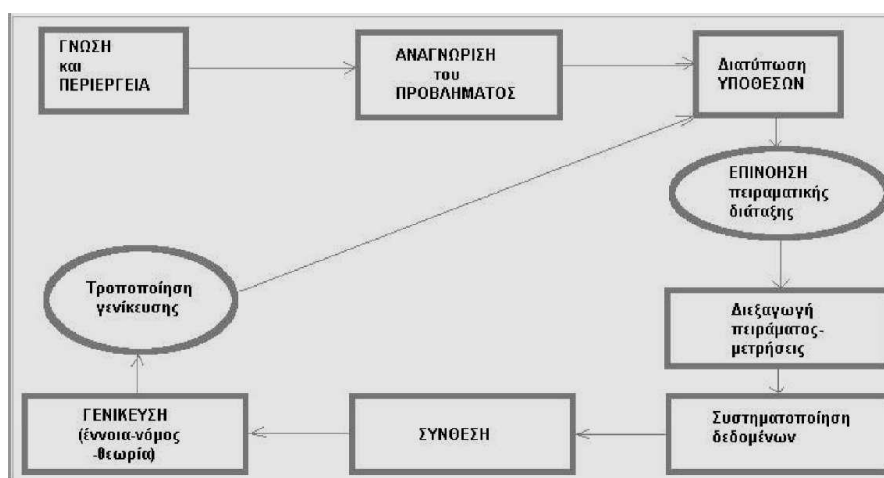
Τα φύλλα εργασίας και ο τρόπος που αυτά δίνουν οδηγίες στα παιδιά και τα καθοδηγούν επηρεάζει τη διαδικασία υλοποίησης των πειραμάτων (Hucke & Fischer, 2002). Αναφορικά με το υπάρχον ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό στα σχολεία για τα μαθήματα των Φ.Ε., ερευνητικά δεδομένα (Shwartz, et al., 2008; Kesidou & Roseman, 2002) καταδεικνύουν, ότι αυτό: (α) καλύπτει πολλά θέματα σε επιφανειακό επίπεδο, (β) εστιάζει και δίνει έμφαση στην τεχνική ορολογία, (γ) αποτυγχάνει να εξετάσει και να επεξεργαστεί την προηγούμενη γνώση των μαθητών, (δ) παρέχει στους μαθητές λίγες ευκαιρίες, για να αναπτύξουν εξηγήσεις για τα φαινόμενα και (ε) χαρακτηρίζεται από έλλειψη συνοχής με συνέπεια να μην επικεντρώνεται ο μαθητής σε μια σταδιακή οικοδόμηση της γνώσης με την πάροδο του χρόνου.

### 4.3.1. Πείραμα και μαθήματα των Φυσικών Επιστημών

*«Ο τρόπος με τον οποίο θα δουλέψουμε στα πράγματα που ξέρουμε εξαρτάται πάντα από τον τρόπο με τον οποίο αναζητήσαμε πράγματα που δεν τα ξέραμε...»*

Umberto Eco

Η διαδρομή της σκέψης από το Γαλιλαίο μέχρι τον Pascal δείχνει, ότι η πειραματική μεθοδολογία είναι ένα εργαλείο ικανό να οδηγήσει τον άνθρωπο στην επέκταση του συνόλου των γνώσεών του ή στην αναθεώρηση ενός μέρους του.



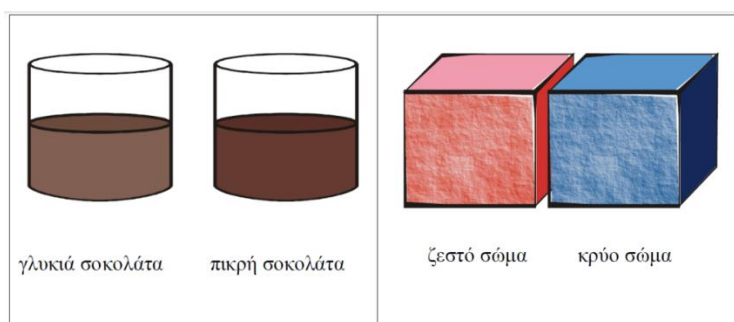
**Εικόνα\_14:**  
Η διαδρομή της σκέψης

Διεθνώς σήμερα τα προγράμματα σπουδών Φ.Ε. της Πρωτοβάθμιας και της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης συνδέονται με τον κόσμο της καθημερινής ζωής των παιδιών (Κουμαράς, Πράμας, & Σταμπούλη, 2011), δίνοντας έτσι την ευκαιρία παρουσίασης στη διδασκαλία προβλημάτων «που ο ίδιος ο μαθητής τα αναγνωρίζει και τα δέχεται σαν προβλήματα». Παράλληλα, τονίζεται από τον Duit η έλλειψη επιτυχίας στην περίπτωση που το πρόβλημα είναι του εκπαιδευτικού ή απλά του σχολικού βιβλίου (Chateau, 1983).



Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χρήση της σοκολάτας, ενός εκ των πιο αγαπημένων γλυκισμάτων των παιδιών, ως υλικού στην πειραματική δραστηριότητα εξακρίβωσης της διαφοράς των όρων θερμού – ψυχρού. Με απώτερο σκοπό να τροποποιηθεί η αντίληψη των μαθητών σχετικά με τη χρήση των δύο αυτών οντοτήτων (θερμότητα – ψύχος) μπορεί να αποτελέσει πειραματικό εργαλείο η αναλογία ψυχρής και πικρής σοκολάτας (Skoumios & Hatzinikita, 2006).

<i>Τομέας βάση: Γλυκιά και πικρή σοκολάτα</i>	<i>Τομέας στόχος: Θερμό και ψυχρό σώμα</i>
Σοκολάτα	↔ Σώμα
Μάζα σοκολάτας	↔ Μάζα σώματος
Ποσότητα ζάχαρης	↔ Ποσότητα θερμότητας
Γλυκύτητα	↔ Θερμοκρασία



**Εικόνες \_15 & 16:**

**Πειραματική δραστηριότητα για την επεξεργασία της αντίληψης “το ψύχος είναι διαφορετικό από τη θερμότητα”**

**Πηγή: Skoumios & Hatzinikita, 2006**

Καταλήγοντας, το πείραμα με υλικά της καθημερινής ζωής:

- Βοηθάει τους μαθητές, προκαλώντας τους το ενδιαφέρον, ώστε να περάσουν στο στάδιο της συστηματικής παρατήρησης.
- Εστιάζει την προσοχή του μαθητή στο φαινόμενο και όχι στη συσκευή που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση του πειράματος.
- Αφαιρείται ένα ποσοστό από το «μυστήριο» που περιβάλλει την επιστήμη και συνεπώς οδηγεί στην απομυθοποίηση οργάνων και συσκευών.
- Προκαλεί προβληματισμό και προάγει τη μάθηση.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάδειξη των ιδεών των μαθητών σε συγκεκριμένα θέματα.

- Μπορεί να κλονίσει τις πρώιμες και βαθιά ριζωμένες αντιλήψεις των παιδιών για τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, οδηγώντας σταδιακά στην αποκαθήλωση προκαταλήψεων.
- Ενθαρρύνει σημαντικά τους μαθητές από χαμηλότερα κοινωνικά και οικονομικά στρώματα όπως και τους μαθητές με χαμηλή επίδοση στις επιστήμες, να συμμετέχουν πιο ενεργά στο μάθημα.

Επιπλέον:

- Αποτελεί κίνητρο για τους δασκάλους, ώστε να ακολουθήσουν την προτεινόμενη πειραματική διδασκαλία σύμφωνα με τα αντίστοιχα βιβλία.
- Αποτελεί εργαλείο εξοικείωσης των δασκάλων στην πειραματική διδασκαλία.
- Απομυθοποιεί τη «δυσκολία» της πειραματικής διδασκαλίας.
- Διεξάγεται εύκολα χωρίς σημαντικό κόστος, καθώς απαιτούν μικρό χώρο αποθήκευσης. Για παράδειγμα, μια μεταλλική αρχειοθήκη υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις αποθήκευσης όλων των απαραίτητων πειραματικών υλικών.
- Αποτελεί παρακαταθήκη για τις επόμενες χρονιές με συμπλήρωση μόνο των υλικών που καταναλώνονται.

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

#### Στην καρδιά της έρευνας...

##### □ Γενικά Στοιχεία των Σεναρίων – Φύλλων εργασίας

- Γνωστικό Αντικείμενο: Κλάδος Φυσικής → Οπτική – Ανάκλαση και Διάθλαση
- Τάξη: Α΄ Γυμνασίου
- Προβλεπόμενος Χρόνος: 4 Διδακτικές Ώρες

#### 5.1. Ειδικοί στόχοι

Επιδιώκεται οι μαθητές:

- Να συζητούν και να προβληματίζονται πάνω σε θέματα που αφορούν τα οπτικά φαινόμενα της ανάκλασης, της διάχυσης και της διάθλασης του φωτός μέσω της παράθεσης παραδειγμάτων από την καθημερινή ζωή.
- Να πειραματιστούν και να επαληθεύσουν το νόμο της ανάκλασης, δηλαδή ότι η γωνία πρόσπτωσης είναι ανάλογη (ίση) με τη γωνία ανάκλασης.
- Να διαπιστώσουν πειραματικά, πως σε κάποιες επιφάνειες, π.χ. λείες, το φως ανακλάται, ενώ στις τραχιές επιφάνειες, τις οποίες φέρουν τα περισσότερα αντικείμενα, το φως διαχέεται.
- Να μπορέσουν να αντιληφθούν μέσω πειραματικών διαδικασιών τη διαφορά ανάμεσα στην κατοπτρική ανάκλαση και τη διάχυση του φωτός, ώστε να μπορέσουν να καταλήξουν στην αιτία που βλέπει ο άνθρωπος τα αντικείμενα.

Επιπλέον:

- Κάνοντας πειράματα να διαπιστώσουν, πως η διεύθυνση διάδοσης του φωτός αλλάζει, όταν μια φωτεινή δέσμη διέρχεται από την επιφάνεια που

διαχωρίζει δύο διαφανή σώματα εκ των οποίων το ένα είναι οπτικά πυκνότερο (ή αραιότερο) από το άλλο.

- Να επαληθεύσουν πειραματικά, ότι το άνοιγμα της γωνίας διάθλασης εξαρτάται (είναι ανάλογο) από το άνοιγμα της γωνίας πρόσπτωσης.
- Να μπορέσουν να αντιληφθούν πειραματικά το γεγονός, ότι σε διαφορετικά υλικά (οπτικώς πυκνότερα ή αραιότερα) υπάρχει και διαφορετική γωνία διάθλασης.

## **5.2. Παιδαγωγικά στοιχεία του σεναρίου: Μεθοδολογία έρευνας - Περιορισμοί**

Για την παρούσα έρευνα επιλέχθηκε η διδακτική των φυσικών εννοιών της ανάκλασης, της διάχυσης και της διάθλασης σε μαθητές (περιλαμβανομένων και αυτών με ΕΕΑ) με τη βοήθεια εκπαιδευτικού λογισμικού μέσω πειράματος με «Πρότυπα Φύλλα Εργασίας σε Οπτικά Φαινόμενα». Η λογική που διέπει το εκπαιδευτικό σενάριο είναι βασισμένη στην ιδέα ενός μέρους του προγράμματος 2014 «Οι αντίθετοι κόσμοι συναντιούνται στις βιβλιοθήκες» του Ιδρύματος Σταύρου Νιάρχου για τις αποκαλούμενες «Future Libraries» με τον τίτλο «Δεν είναι μαγεία, είναι φυσική!». Σύμφωνα με αυτό, στην αρχή και κατά τη διάρκεια των πειραμάτων εκτελούνται από το διδάσκοντα διάφορα τρυκ που επεξηγούνται σύμφωνα με τα φαινόμενα της οπτικής, διεγείροντας το ενδιαφέρον των παιδιών για την ανακάλυψη του συγκεκριμένου κλάδου της Φυσικής. Τέλος, στην αρχή των φύλλων εργασίας δίνονται ως οπτικά ερεθίσματα δύο αποσπάσματα βίντεο κι ένας πίνακας ζωγραφικής με εισαγωγικά ερωτήματα.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Α΄ Γυμνασίου σε ένα Πρότυπο Πειραματικό Γυμνάσιο στην περιοχή των Αθηνών, προκειμένου να διαπιστωθεί σε ποιο βαθμό τα συγκεκριμένα φύλλα εργασίας παρουσιάζουν κάποιες δυσκολίες, όσον αφορά το βαθμό κατανόησής τους, αν δηλαδή γίνονται γλωσσικά εύκολα αντιληπτά από τους μαθητές, το χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρωθούν, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών και φυσικά αν παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές, χρησιμοποιώντας τη γνώση τους, από τις δύο τελευταίες τάξεις του Δημοτικού, επιστημονική μέθοδο διερεύνησης, να ενδιαφέρονται και να παρατηρούν, να συζητούν, να αναρωτιούνται και να υποθέτουν, να εκτελούν πειράματα και μετρήσεις, να προβαίνουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων, επιβεβαιώνοντας ή απορρίπτοντας τις υποθέσεις τους, και τέλος, να εξηγούν, να γενικεύουν και να ερμηνεύουν, με τη βοήθεια αυτών των συμπερασμάτων, φαινόμενα και εφαρμογές στην καθημερινή τους ζωή που έχουν σχέση με τα υπό διαπραγμάτευση οπτικά φαινόμενα.

Η έρευνα έγινε κατά τη διάρκεια 4 διδακτικών ωρών (διάρκειας 45 λεπτών η καθεμία) κατανεμημένες σε 2 για την επεξεργασία του πρώτου φύλλου εργασίας (Ανάκλαση και Διάχυση του φωτός) και σε 2 για την επεξεργασία του δεύτερου φύλλου εργασίας (Διάθλαση του φωτός), ενώ πραγματοποιήθηκε με δείγμα τους ίδιους μαθητές (ίδιο τμήμα) της Α΄ Γυμνασίου και για τα δύο φύλλα εργασίας, καθώς θεωρήθηκε, πως θα εξασφαλιζόταν μεγαλύτερη εγκυρότητα στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα φύλλα εργασίας αποτελούνταν από τις θεματικές ενότητες: α) τι πρέπει να γνωρίζω, β) αναρωτιέμαι – υποθέτω, γ) πειραματίζομαι, δ) συμπεραίνω και ε) γενικεύω. Η όλη διαδικασία κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί στην αίθουσα διδασκαλίας και όχι στο χώρο του εργαστηρίου των Φυσικών Επιστημών του σχολείου. Το τμήμα αποτελούνταν από 27 μαθητές και μαθήτριες.

Στους μαθητές μοιράστηκε από ένα φύλλο εργασίας, αλλά τους ζητήθηκε κατά τη διάρκεια του μαθήματος να συζητάνε και να προβληματίζονται ανά ομάδες των 2 ατόμων. Τα πειράματα διεξήχθησαν με τη μορφή επίδειξης, κυρίως λόγω του περιορισμένου χώρου και υπό την ασφυκτική πίεση του χρόνου με τη συμμετοχή όμως όλων των μαθητών ανεξαιρέτως στην πειραματική διαδικασία και κάτω από τη διακριτική καθοδήγηση και βοήθεια του ερευνητή. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε εξ' ολοκλήρου από τον ερευνητή με τη φυσική απλώς παρουσία του καθηγητή στην τάξη. Η συμμετοχή των μαθητών στην όλη διαδικασία, το κλίμα της τάξης αλλά και η συνεργασία ερευνητή και μαθητών κρίθηκε παραπάνω από ικανοποιητική. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να εξαχθούν επίσης, πολύ σημαντικά συμπεράσματα, αφού διαγνώστηκαν κάποια μικρά προβλήματα, τα οποία και στάθηκαν η αφορμή για την περαιτέρω βελτίωση των φύλλων εργασίας.

### **5.3. Αποτελέσματα**

Η επεξεργασία, ανάλυση και η ταξινόμηση των δεδομένων αυτής της εργασίας πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο “SPSS 14.0” με τη μέθοδο των πολλαπλών αναλύσεων. Στον πίνακα που ακολουθεί αναγράφεται για κάθε πειραματική μέτρηση και ερώτηση των φύλων εργασίας [βλέπε Παράρτημα] το φύλο, ο πληθυσμός (N), η μέση τιμή (Mean), η τυπική απόκλιση (Std. Deviation) και το σφάλμα τυπικής απόκλισης (Std. Error Mean). Εφόσον η τυπική απόκλιση μετράει τη διασπορά των τιμών της μεταβλητής γύρω από τη μέση τιμή, κάποιος μπορεί να παρατηρήσει αν οι τιμές της μεταβλητής απέχουν σημαντικά από το μέσο όρο. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της τυπικής απόκλισης, τόσο ο μέσος όρος αποτελεί αντιπροσωπευτικό στατιστικό μέτρο για την κατανομή της μεταβλητής. Στον παρακάτω πίνακα, παρατηρείται ότι αγόρια και κορίτσια αποκλίνουν στις μετρήσεις, με τα αγόρια να παρουσιάζουν μικρότερες δυσκολίες στο πεδίο της Οπτικής, επομένως να προσεγγίζουν περισσότερο το μέσο όρο.

### Group Statistics (T-Test)

	Φύλο	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
1β. Αναρωτιέμαι – Υποθέτω	Αγόρια	17	1,29	,470	,114
	Κορίτσια	11	1,18	,405	,122
Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης Μέτρηση 1	Αγόρια	17	1,06	,243	,059
	Κορίτσια	11	1,09	,302	,091
Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης Μέτρηση 2	Αγόρια	17	1,06	,243	,059
	Κορίτσια	11	1,18	,405	,122
Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης Μέτρηση 3	Αγόρια	17	1,06	,243	,059
	Κορίτσια	11	1,27	,467	,141
Τι διαπιστώνεις;	Αγόρια	17	1,35	,493	,119
	Κορίτσια	11	1,27	,467	,141
Πείραμα 2. Τι παρατηρείς;	Αγόρια	17	1,29	,470	,114
	Κορίτσια	11	1,55	,522	,157
Πείραμα 2. Τι κοινό έχουν οι επιφάνειες;	Αγόρια	17	1,24	,437	,106
	Κορίτσια	11	1,27	,467	,141
Πείραμα 2. Τι διαπιστώνεις να συμβαίνει;	Αγόρια	17	1,24	,437	,106
	Κορίτσια	11	1,45	,522	,157
Πείραμα 3. Γιατί φαίνεται σαν να είναι αναμμένο;	Αγόρια	17	1,24	,437	,106
	Κορίτσια	11	1,27	,467	,141
δ. Συμπεραίνω	Αγόρια	17	1,06	,243	,059
	Κορίτσια	11	1,18	,405	,122
ε. Γενικεύω	Αγόρια	17	1,12	,332	,081
	Κορίτσια	11	1,09	,302	,091
Για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται; Ποια είναι η αρχή λειτουργίας σας;	Αγόρια	17	1,18	,393	,095
	Κορίτσια	11	1,27	,467	,141
Μπορείτε να τα διακρίνετε; Διαλέξτε από σας επιλογές; σφαιρικός καθρέφτης κλπ.	Αγόρια	17	1,24	,437	,106
	Κορίτσια	11	1,82	,405	,122
2. Διάθλαση του φωτός Γιατί πιστεύετε ότι συμβαίνει αυτό;	Αγόρια	17	1,53	,514	,125
	Κορίτσια	11	1,36	,505	,152
Τι παρατηρείτε στο άνοιγμα σας γωνίας πρόσπτωσης και διάθλασης;	Αγόρια	17	1,35	,493	,119
	Κορίτσια	11	1,09	,302	,091

Μπορείτε να διακρίνετε κάποια διαφορά στο άνοιγμα σας γωνίας διάθλασης;	Αγόρια	17	1,24	,437	,106
	Κορίτσια	11	1,27	,467	,141
Τι διαπιστώνετε από σας μετρήσεις σας;	Αγόρια	17	1,35	,493	,119
	Κορίτσια	11	1,09	,302	,091
Πείραμα 3 δ. Γράψε τα συμπεράσματά σου.	Αγόρια	17	1,18	,393	,095
	Κορίτσια	11	1,09	,302	,091
δ. Συμπεραίνω	Αγόρια	17	1,24	,437	,106
	Κορίτσια	11	1,36	,505	,152
ε. Γενικεύω	Αγόρια	17	1,29	,470	,114
	Κορίτσια	11	1,27	,467	,141
Τι παρατηρούμε αν κοιτάξουμε από ένα μέτρο απόσταση και όχι από πάνω;	Αγόρια	17	1,29	,470	,114
	Κορίτσια	11	1,36	,505	,152
Σύμφωνα με όσα διαπιστώσατε παραπάνω μπορείτε να εξηγήσετε για ποιο λόγο ...	Αγόρια	17	1,24	,437	,106
	Κορίτσια	11	1,18	,405	,122
Πού μπορεί κάποιος να τρέξει πιο γρήγορα;	Αγόρια	17	1,06	,243	,059
	Κορίτσια	11	1,27	,467	,141
Κατά την ανατολή και τη δύση...	Αγόρια	17	1,24	,437	,106
	Κορίτσια	11	1,00	,000	,000
Το ουράνιο τόξο σχηματίζεται από την ανάκλαση κλπ.	Αγόρια	17	1,18	,393	,095
	Κορίτσια	11	1,09	,302	,091

**Πίνακας\_1:**  
**Συνοπτικά Στατιστικά Δεδομένα**

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
1β. Αναρωτιέμαι – Υποθέτω	Equal variances assumed	1,908	,179	,651	26	,521	,112	,172
	Equal variances not assumed			,673	23,757	,508	,112	,167
Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης Μέτρηση 1	Equal variances assumed	,385	,540	-,311	26	,758	-,032	,103
	Equal variances not assumed			-,296	18,139	,770	-,032	,108
Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης Μέτρηση 2	Equal variances assumed	4,342	,047	-1,010	26	,322	-,123	,122
	Equal variances not assumed			-,908	14,696	,378	-,123	,135
Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης Μέτρηση 3	Equal variances assumed	11,998	,002	-1,595	26	,123	-,214	,134
	Equal variances not assumed			-1,401	13,536	,184	-,214	,153
Τι διαπιστώνεις;	Equal variances assumed	,796	,380	,429	26	,671	,080	,187
	Equal variances not assumed			,434	22,340	,668	,080	,185
Πείραμα 2. Τι παρατηρείς;	Equal variances assumed	1,819	,189	-1,324	26	,197	-,251	,190
	Equal variances not assumed			-1,293	19,814	,211	-,251	,194
Πείραμα 2. Τι κοινό έχουν οι επιφάνειές τους;	Equal variances assumed	,180	,675	-,215	26	,831	-,037	,174
	Equal variances not assumed			-,212	20,446	,834	-,037	,176
Πείραμα 2. Τι διαπιστώνεις να συμβαίνει;	Equal variances assumed	3,651	,067	-1,201	26	,241	-,219	,183



	Equal variances not assumed			-1,155	18,722	,263	-,219	,190
Πείραμα 3.Γιατί φαίνεται σαν να είναι αναμμένο;	Equal variances assumed	,180	,675	-,215	26	,831	-,037	,174
	Equal variances not assumed			-,212	20,446	,834	-,037	,176
δ. Συμπεραίνω	Equal variances assumed	4,342	,047	-1,010	26	,322	-,123	,122
	Equal variances not assumed			-,908	14,696	,378	-,123	,135
ε. Γενικεύω	Equal variances assumed	,190	,667	,215	26	,831	,027	,124
	Equal variances not assumed			,220	23,003	,828	,027	,121
Για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται;	Equal variances assumed	1,315	,262	-,588	26	,562	-,096	,164
Ποια είναι η αρχή λειτουργία τους;	Equal variances not assumed			-,566	18,793	,578	-,096	,170
Μπορείτε να τα διακρίνετε; Διαλέξτε από τις επιλογές:	Equal variances assumed	,444	,511	-3,545	26	,002	-,583	,164
σφαιρικός καθρέφτης κλπ.	Equal variances not assumed			-3,606	22,719	,002	-,583	,162
2. Διάθλαση του φωτός. Γιατί πιστεύετε ότι συμβαίνει αυτό;	Equal variances assumed	1,070	,310	,839	26	,409	,166	,198
	Equal variances not assumed			,843	21,813	,409	,166	,197
Τι παρατηρείτε στο άνοιγμα της γωνίας πρόσπτωσης και διάθλασης;	Equal variances assumed	15,619	,001	1,577	26	,127	,262	,166
	Equal variances not assumed			1,745	25,965	,093	,262	,150
Μπορείτε να διακρίνετε κάποια διαφορά στο άνοιγμα της γωνίας διάθλασης;	Equal variances assumed	,180	,675	-,215	26	,831	-,037	,174
	Equal variances not assumed			-,212	20,446	,834	-,037	,176
Τι διαπιστώνετε από τις μετρήσεις σας;	Equal variances assumed	15,619	,001	1,577	26	,127	,262	,166

	Equal variances not assumed			1,745	25,965	,093	,262	,150
Πείραμα 3 δ. Γράφε τα συμπεράσματά σου.	Equal variances assumed	1,661	,209	,613	26	,545	,086	,140
	Equal variances not assumed			,650	25,106	,522	,086	,132
δ. Συμπεραίνω	Equal variances assumed	1,758	,196	-,714	26	,481	-,128	,180
	Equal variances not assumed			-,692	19,241	,497	-,128	,185
ε. Γενικεύω	Equal variances assumed	,057	,813	,118	26	,907	,021	,181
	Equal variances not assumed			,118	21,589	,907	,021	,181
Τι παρατηρούμε αν κοιτάξουμε από ένα μέτρο απόσταση και όχι από πάνω;	Equal variances assumed	,499	,486	-,372	26	,713	-,070	,187
	Equal variances not assumed			-,366	20,358	,718	-,070	,190
Σύμφωνα με όσα διαπιστώσατε παραπάνω μπορείτε να εξηγήσετε για ποιο λόγο...	Equal variances assumed	,444	,511	,325	26	,748	,053	,164
	Equal variances not assumed			,331	22,719	,744	,053	,162
Πού μπορεί κάποιος να τρέξει πιο γρήγορα;	Equal variances assumed	11,998	,002	-1,595	26	,123	-,214	,134
	Equal variances not assumed			-1,401	13,536	,184	-,214	,153
Κατά την ανατολή και τη δύση...	Equal variances assumed	26,229	,000	1,773	26	,088	,235	,133
	Equal variances not assumed			2,219	16,000	,041	,235	,106
Το ουράνιο τόξο σχηματίζεται από την ανάκλαση κλπ.	Equal variances assumed	1,661	,209	,613	26	,545	,086	,140
	Equal variances not assumed			,650	25,106	,522	,086	,132

Πίνακας\_2

Στη συνέχεια [πίνακας\_3], αναφέρονται οι σωστές και λανθασμένες απαντήσεις των παιδιών σε κάθε πείραμα, καταγράφοντας τη συχνότητα (frequency), τη σχετική συχνότητα ως ποσοστό (percent), το ποσοστό των περιπτώσεων για τα οποία υπάρχει τιμή στο αρχείο δεδομένων, δηλαδή δεν είναι ελλιπείς<sup>6</sup> (valid percent) και την αθροιστική σχετική συχνότητα (cumulative percent). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επειδή δεν υπάρχουν ελλιπείς τιμές οι στήλες percent και valid percent ταυτίζονται.

Αναλυτικότερα, το μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας παρατηρείται στον Πίνακα\_4, δηλαδή στο πείραμα επαλήθευσης του νόμου ανάκλασης με 92,9%, ενώ φαίνεται ότι τα παιδιά δυσκολεύτηκαν στη διάκριση του είδους των καθρεφτών, καθώς και στην εισαγωγική πειραματική δραστηριότητα του νόμου με το ποσοστό αποτυχίας να αγγίζει το 46,4% (Πίνακες\_14&15). Γενικά, τα ποσοστά επιτυχίας κυμάνθηκαν στην πλειοψηφία τους από 75% έως 85%.

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	21	75,0	75,0	75,0
λάθος απάντηση	7	25,0	25,0	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**1β. Αναρωτιέμαι – Υποθέτω (Πίνακας\_3)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	26	92,9	92,9	92,9
λάθος απάντηση	2	7,1	7,1	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης Μέτρηση 1 (Πίνακας\_4)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	25	89,3	89,3	89,3
λάθος απάντηση	3	10,7	10,7	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης Μέτρηση 2 (Πίνακας\_5)**

<sup>6</sup> Αγνοούμενες ή ελλιπείς τιμές (missing values) ονομάζονται κάποιες μονάδες του δείγματος που εκφέρουν ελλιπή πληροφορία μιας και απουσιάζουν οι τιμές κάποιων μεταβλητών.

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	24	85,7	85,7	85,7
λάθος απάντηση	4	14,3	14,3	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης Μέτρηση 3 (Πίνακας\_6)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	19	67,9	67,9	67,9
λάθος απάντηση	9	32,1	32,1	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Τι διαπιστώνεις; (Πίνακας\_7)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	17	60,7	60,7	60,7
λάθος απάντηση	11	39,3	39,3	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Πείραμα 2. Τι παρατηρείς; (Πίνακας\_8)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	21	75,0	75,0	75,0
λάθος απάντηση	7	25,0	25,0	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Πείραμα 2. Τι κοινό έχουν οι επιφάνειές τους; (Πίνακας\_9)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	19	67,9	67,9	67,9
λάθος απάντηση	9	32,1	32,1	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Πείραμα 2. Τι διαπιστώνεις να συμβαίνει; (Πίνακας\_10)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	21	75,0	75,0	75,0
λάθος απάντηση	7	25,0	25,0	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Πείραμα 3.Γιατί φαίνεται σαν να είναι αναμμένο; (Πίνακας\_11)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	25	89,3	89,3	89,3
λάθος απάντηση	3	10,7	10,7	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**δ. Συμπεραίνω (Πίνακας\_12)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	25	89,3	89,3	89,3
λάθος απάντηση	3	10,7	10,7	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**ε. Γενικεύω (Πίνακας\_13)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	22	78,6	78,6	78,6
λάθος απάντηση	6	21,4	21,4	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται; Ποια είναι η αρχή λειτουργία τους;  
(Πίνακας\_14)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	15	53,6	53,6	53,6
λάθος απάντηση	13	46,4	46,4	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Μπορείτε να τα διακρίνετε; Διαλέξτε από τις επιλογές: σφαιρικός καθρέφτης κλπ.  
(Πίνακας\_15)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	15	53,6	53,6	53,6
λάθος απάντηση	13	46,4	46,4	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**2. Διάθλαση του φωτός Γιατί πιστεύετε ότι συμβαίνει αυτό; (Πίνακας\_16)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	21	75,0	75,0	75,0
λάθος απάντηση	7	25,0	25,0	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Τι παρατηρείτε στο άνοιγμα της γωνίας πρόσπτωσης και διάθλασης; (Πίνακας\_17)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	21	75,0	75,0	75,0
λάθος απάντηση	7	25,0	25,0	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Μπορείτε να διακρίνετε κάποια διαφορά στο άνοιγμα της γωνίας διάθλασης;  
(Πίνακας\_18)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	21	75,0	75,0	75,0
λάθος απάντηση	7	25,0	25,0	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Τι διαπιστώνετε από τις μετρήσεις σας; (Πίνακας\_19)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	24	85,7	85,7	85,7
λάθος απάντηση	4	14,3	14,3	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Πείραμα 3 δ. Γράψε τα συμπεράσματά σου. (Πίνακας\_20)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	20	71,4	71,4	71,4
λάθος απάντηση	8	28,6	28,6	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**δ. Συμπεραίνω (Πίνακας\_21)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	20	71,4	71,4	71,4
λάθος απάντηση	8	28,6	28,6	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**ε. Γενικεύω (Πίνακας\_22)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	19	67,9	67,9	67,9
λάθος απάντηση	9	32,1	32,1	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Τι παρατηρούμε αν κοιτάξουμε από ένα μέτρο απόσταση και όχι από πάνω; (Πίνακας\_23)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	22	78,6	78,6	78,6
λάθος απάντηση	6	21,4	21,4	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Σύμφωνα με όσα διαπιστώσατε παραπάνω μπορείτε να εξηγήσετε για ποιο λόγο... (Πίνακας\_24)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	24	85,7	85,7	85,7
λάθος απάντηση	4	14,3	14,3	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Πού μπορεί κάποιος να τρέξει πιο γρήγορα; (Πίνακας\_25)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	24	85,7	85,7	85,7
λάθος απάντηση	4	14,3	14,3	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Κατά την ανατολή και τη δύση... (Πίνακας\_26)**

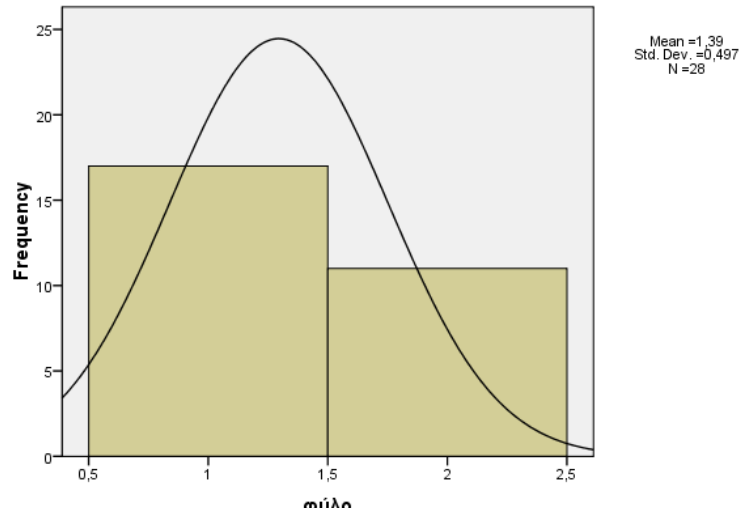
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Σωστή απάντηση	24	85,7	85,7	85,7
λάθος απάντηση	4	14,3	14,3	100,0
Total	28	100,0	100,0	

**Το ουράνιο τόξο σχηματίζεται από την ανάκλαση... (Πίνακας\_27)**

Στη συνέχεια, έχουν ομαδοποιηθεί τα δεδομένα σε μορφή ιστογραμμάτων (Histograms) για καλύτερη παρατήρηση.

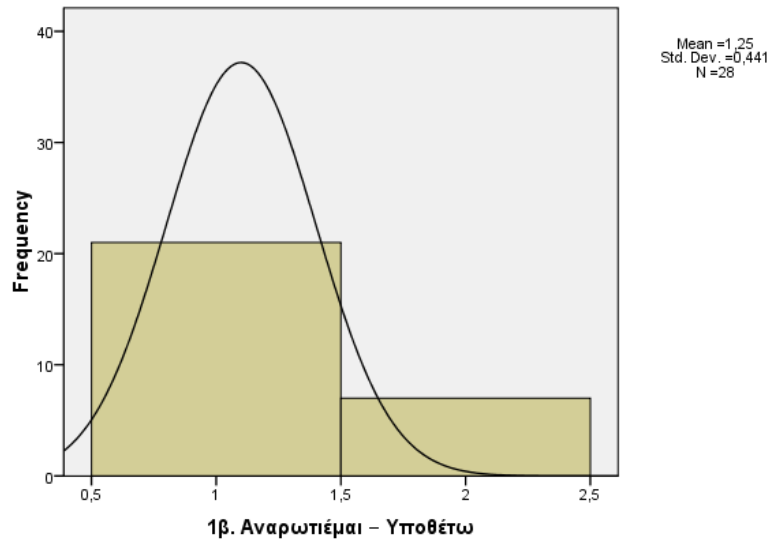


**φύλο**



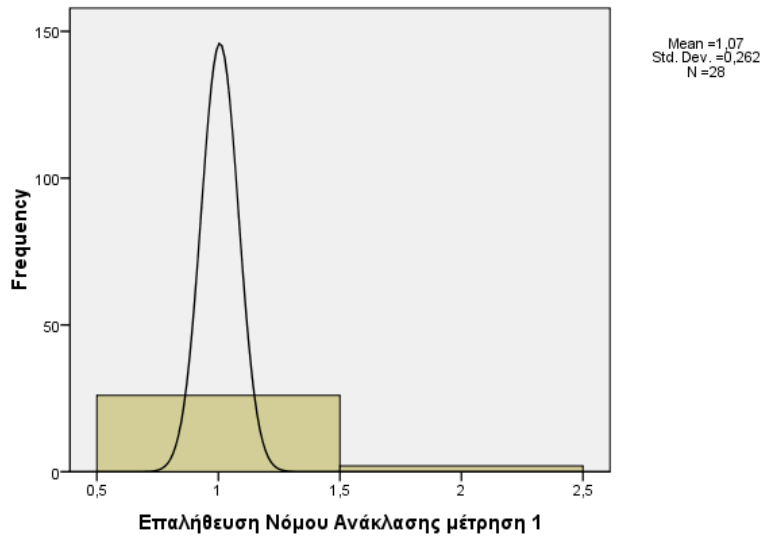
**Ιστόγραμμα\_1**

**1β. Αναρωπιέμαι – Υποθέτω**



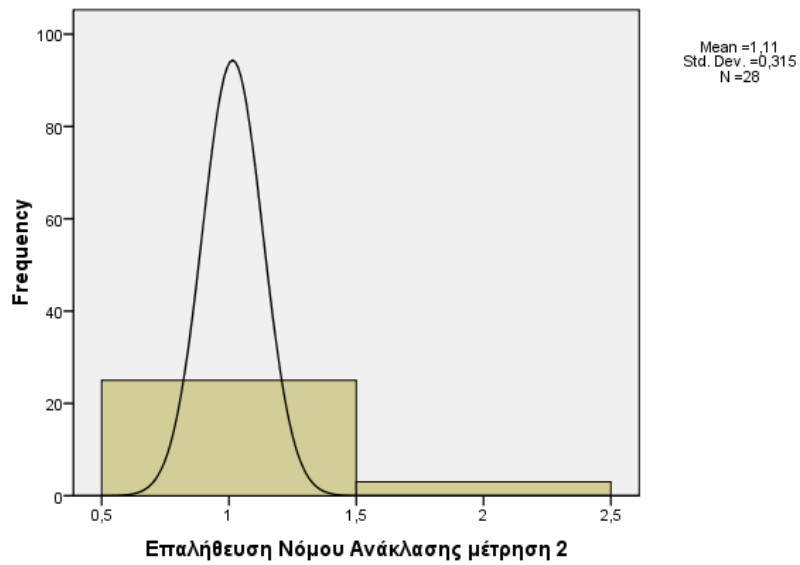
**Ιστόγραμμα\_2**

Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης μέτρηση 1



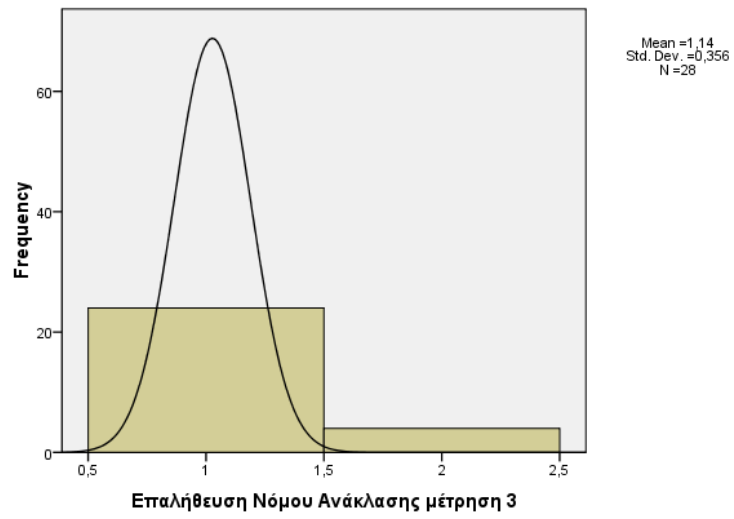
Ιστόγραμμα\_3

Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης μέτρηση 2



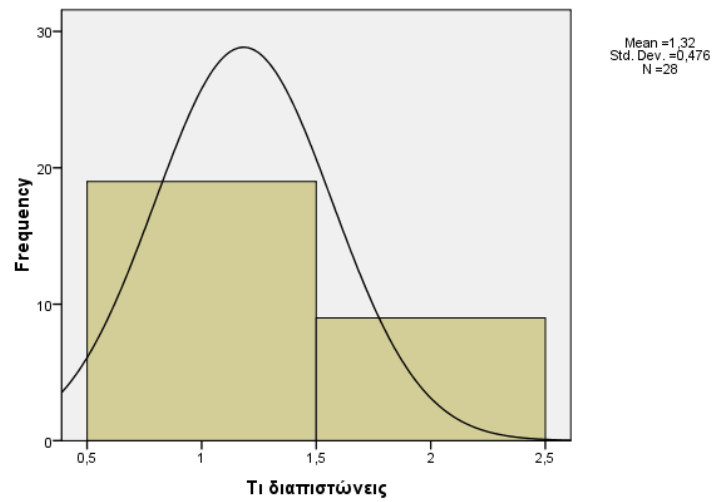
Ιστόγραμμα\_4

### Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης μέτρηση 3



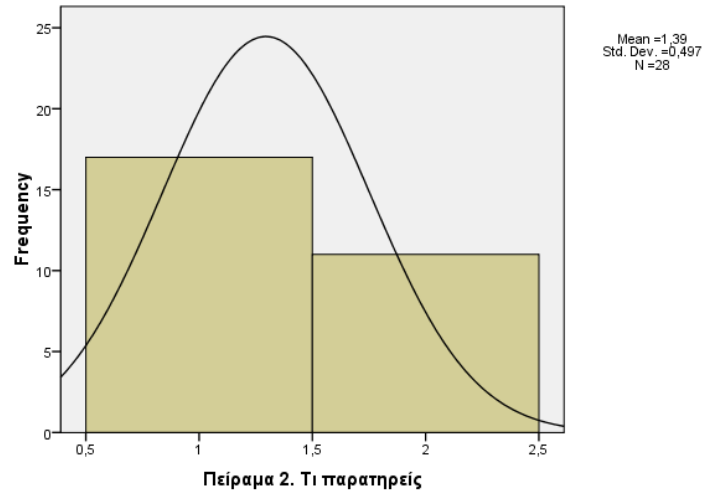
Ιστόγραμμα\_5

### Τι διαπιστώνεις



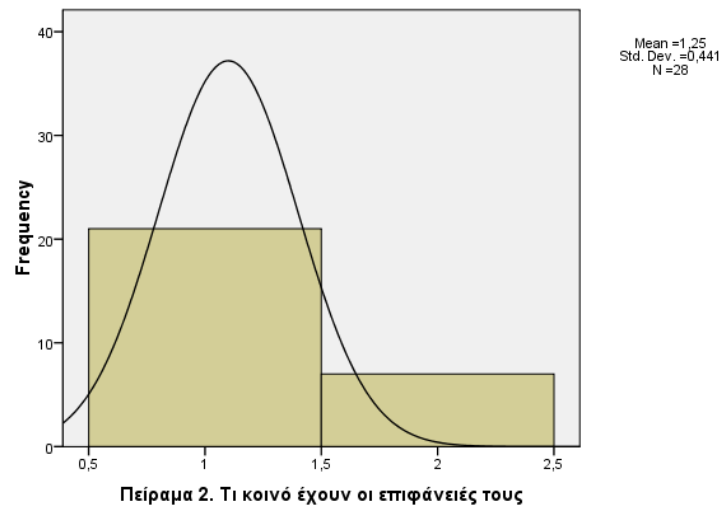
Ιστόγραμμα\_6

Πείραμα 2. Τι παρατηρείς



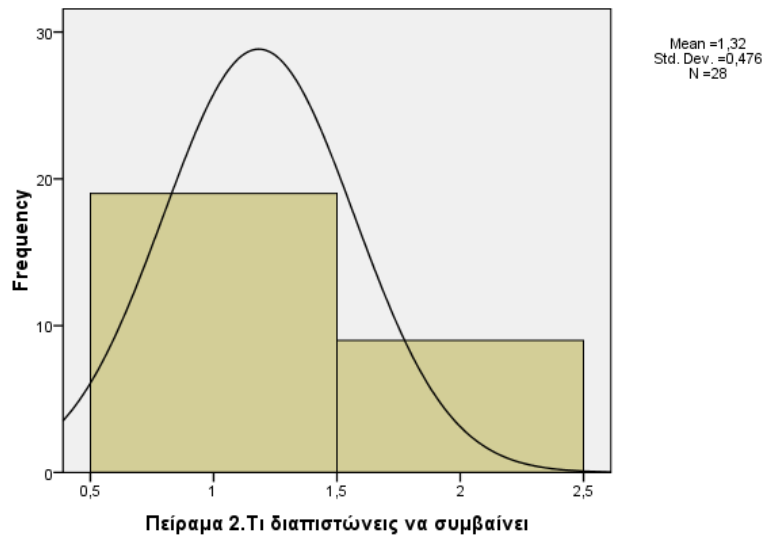
Ιστόγραμμα\_7

Πείραμα 2. Τι κοινό έχουν οι επιφάνειές τους



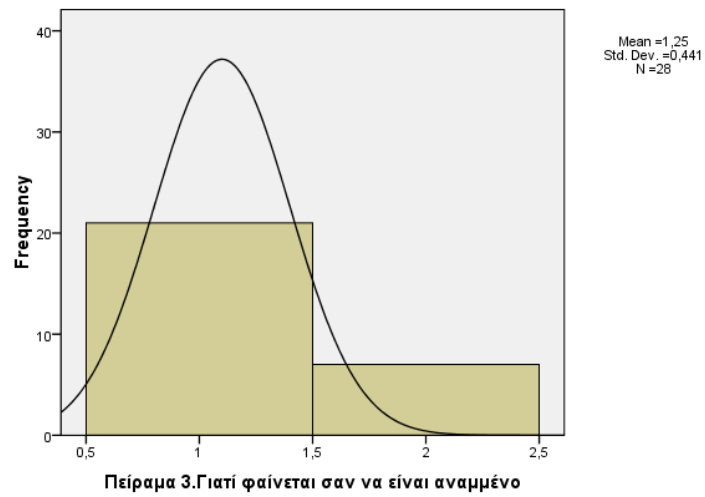
Ιστόγραμμα\_8

Πείραμα 2.Τι διαπιστώνεις να συμβαίνει



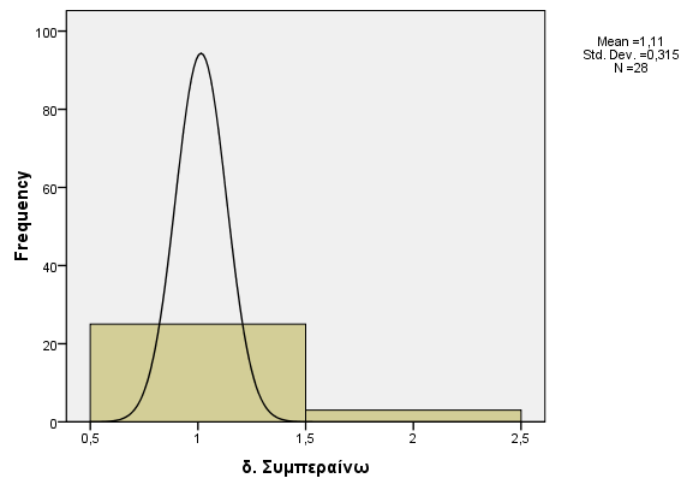
Ιστόγραμμα\_9

Πείραμα 3.Γιατί φαίνεται σαν να είναι αναμμένο



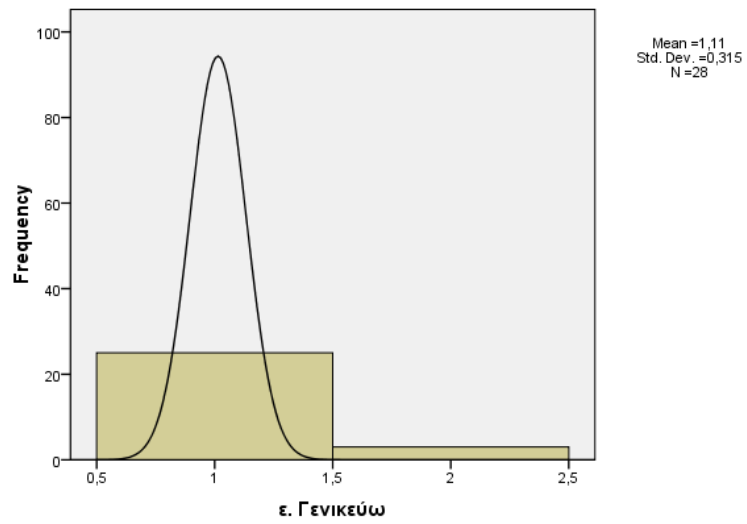
Ιστόγραμμα\_10

**δ. Συμπεραίνω**



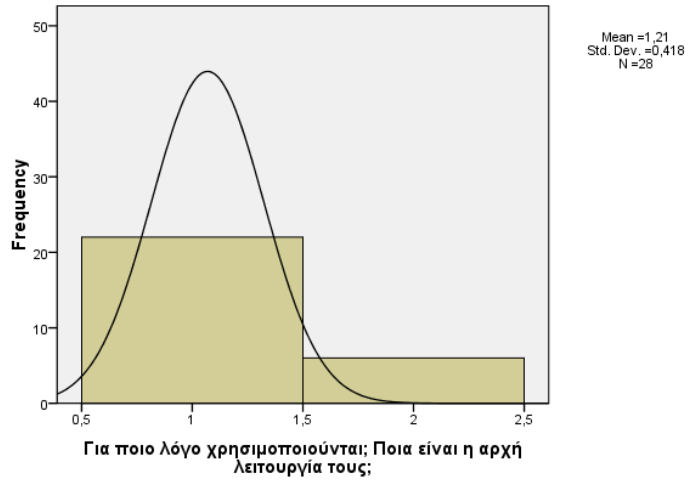
**Ιστόγραμμα\_11**

**ε. Γενικεύω**



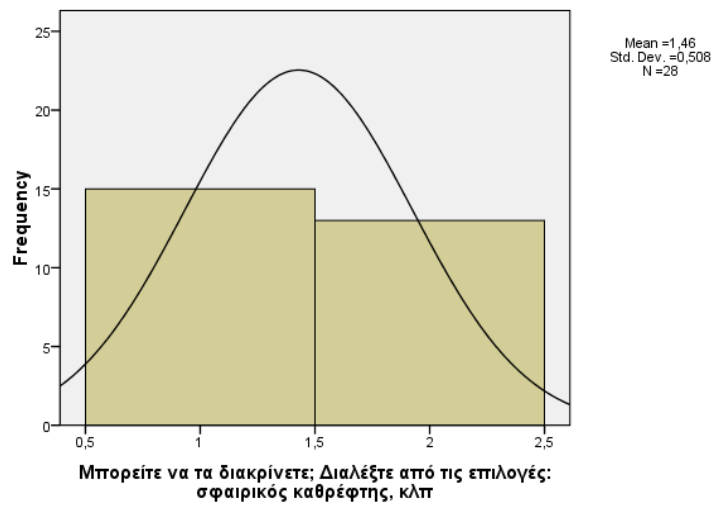
**Ιστόγραμμα\_12**

Για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται; Ποια είναι η αρχή λειτουργία τους;



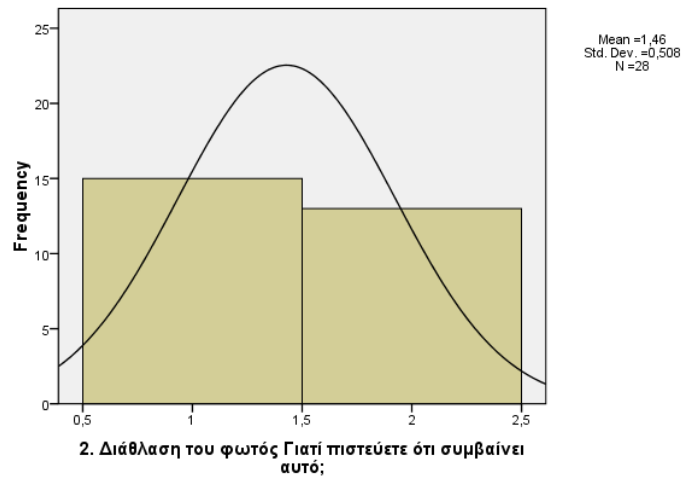
Ιστόγραμμα\_13

Μπορείτε να τα διακρίνετε; Διαλέξτε από τις επιλογές: σφαιρικός καθρέφτης, κλπ



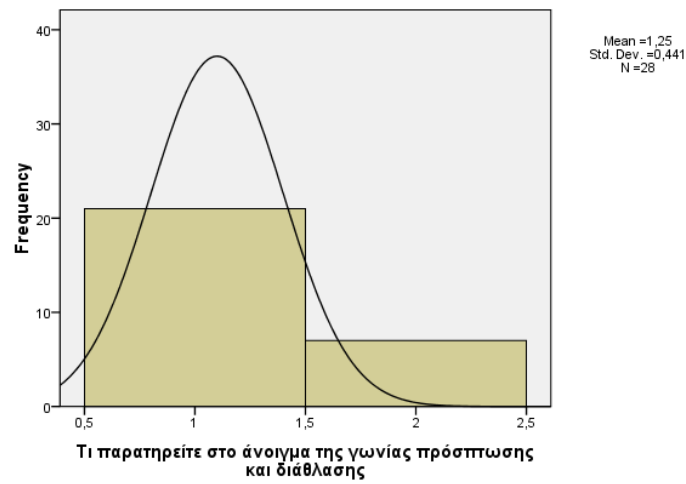
Ιστόγραμμα\_14

2. Διάθλαση του φωτός Γιατί πιστεύετε ότι συμβαίνει αυτό;



Ιστόγραμμα\_15

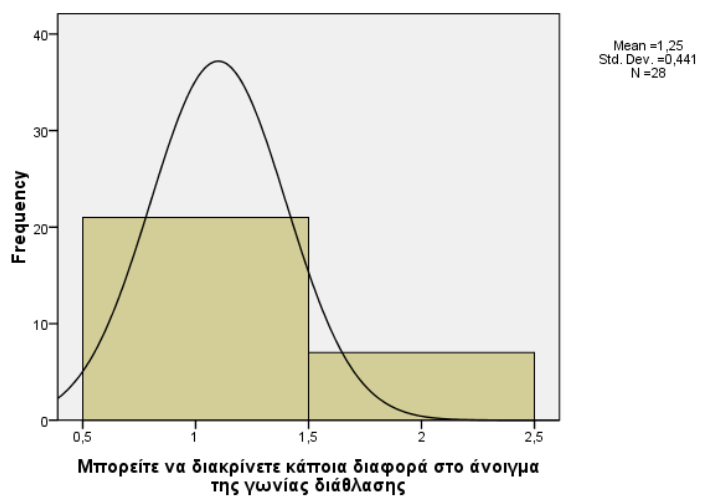
Τι παρατηρείτε στο άνοιγμα της γωνίας πρόσπτωσης και διάθλασης



Ιστόγραμμα\_16

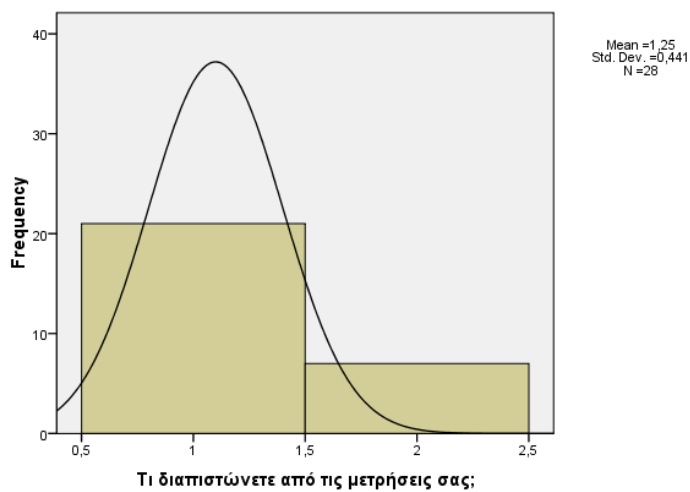


Μπορείτε να διακρίνετε κάποια διαφορά στο άνοιγμα της γωνίας διάθλασης



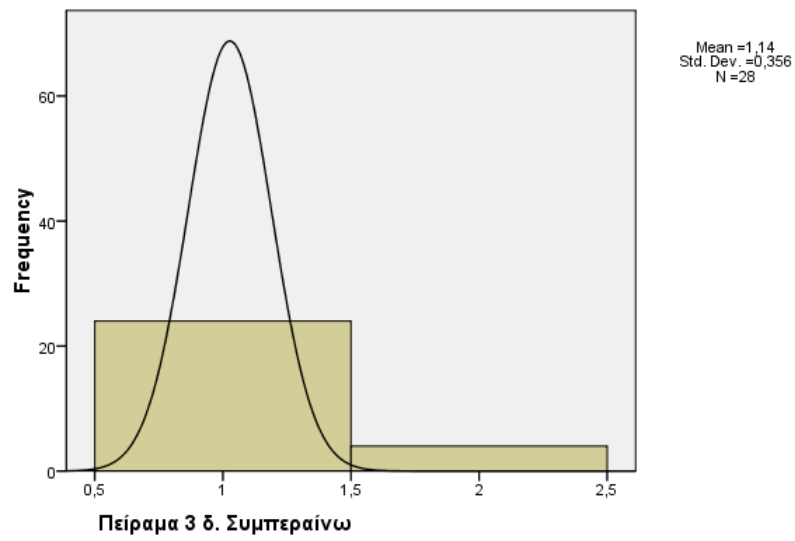
Ιστόγραμμα\_17

Τι διαπιστώνετε από τις μετρήσεις σας;



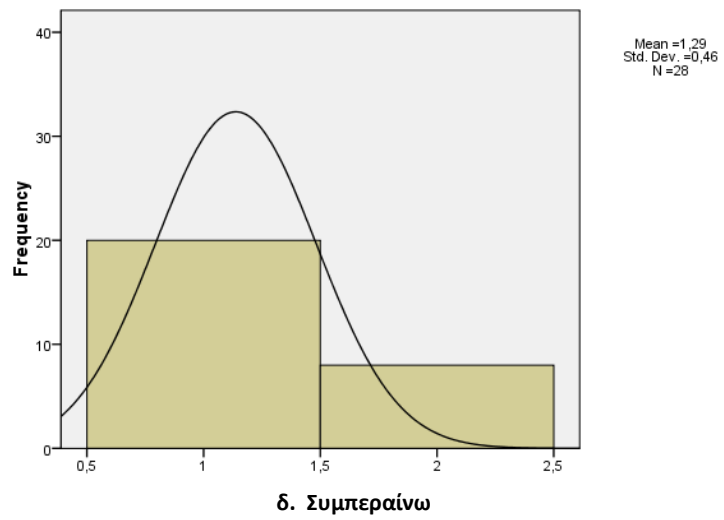
Ιστόγραμμα\_18

**Πείραμα 3 δ. Συμπεραίνω**



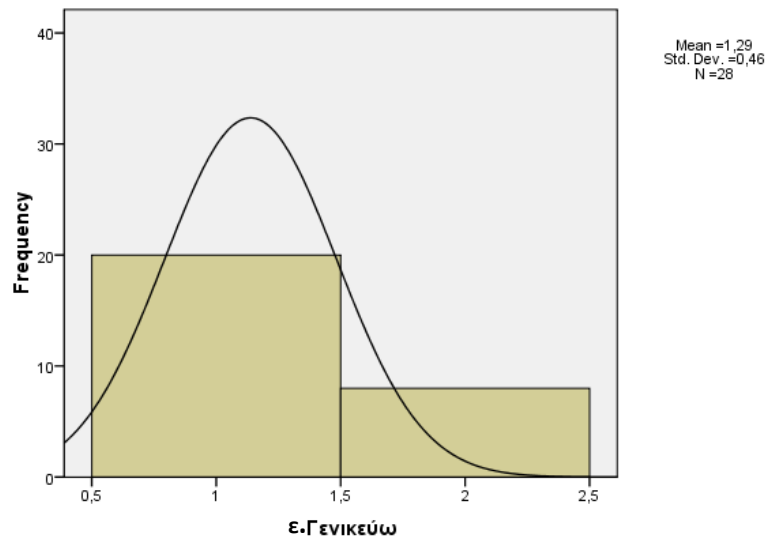
**Ιστόγραμμα\_19**

**δ. Συμπεραίνω**



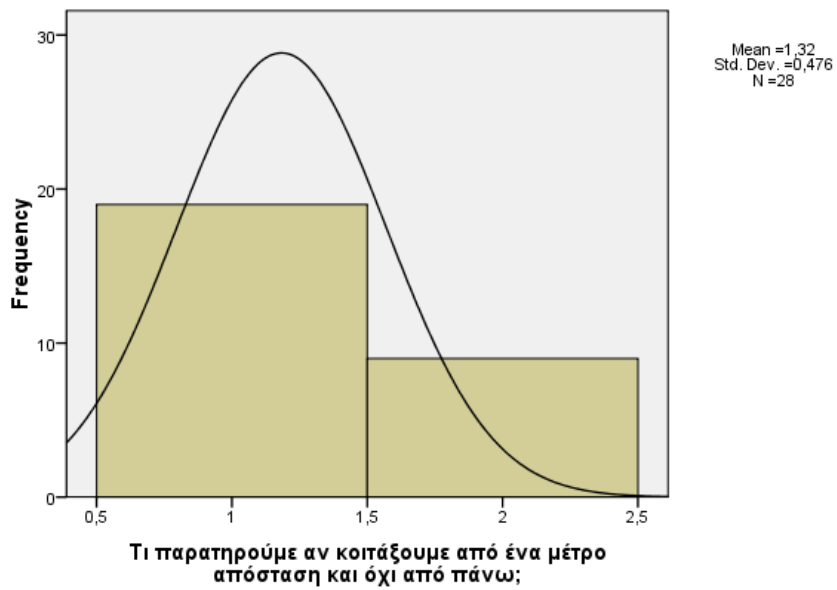
**Ιστόγραμμα\_20**

ε. Γενικεύω



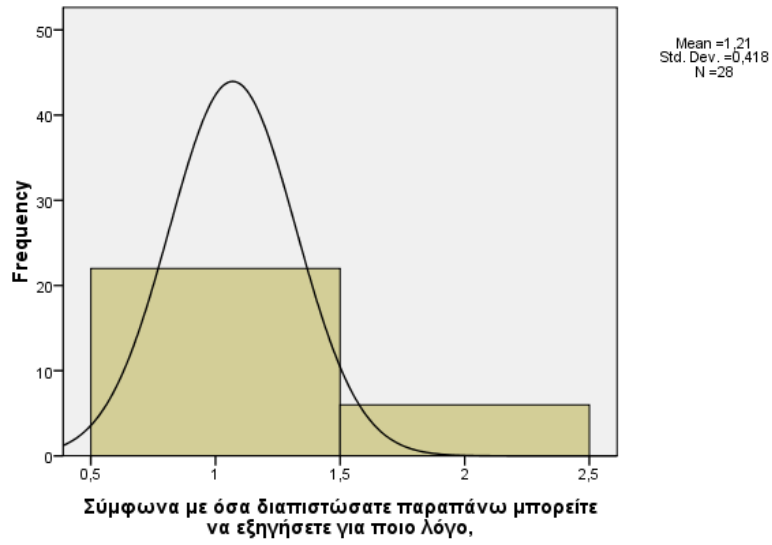
Ιστόγραμμα\_21

Τι παρατηρούμε αν κοιτάξουμε από ένα μέτρο απόσταση και όχι από πάνω;



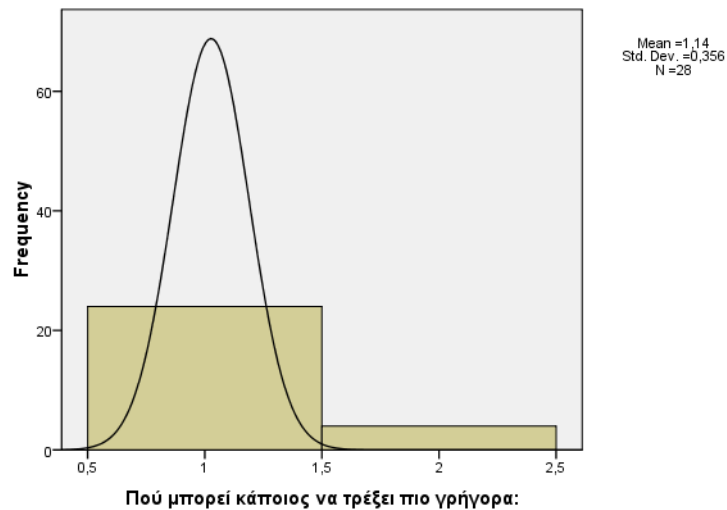
Ιστόγραμμα\_22

Σύμφωνα με όσα διαπιστώσατε παραπάνω μπορείτε να εξηγήσετε για ποιο λόγο,



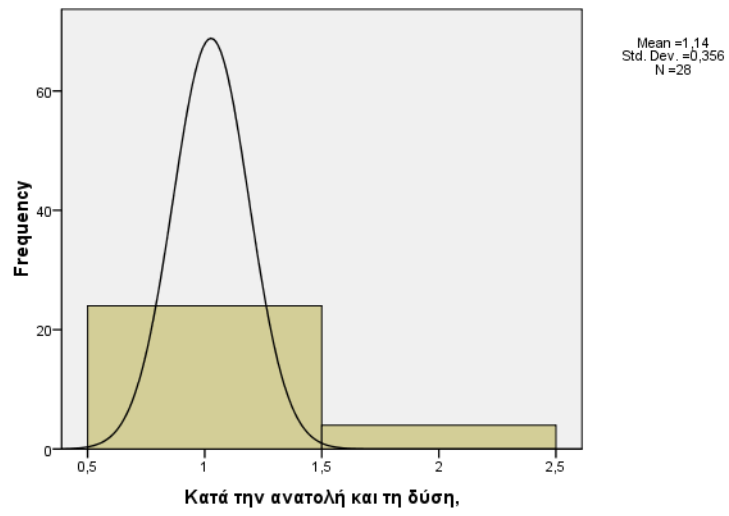
Ιστόγραμμα\_23

Πού μπορεί κάποιος να τρέξει πιο γρήγορα:



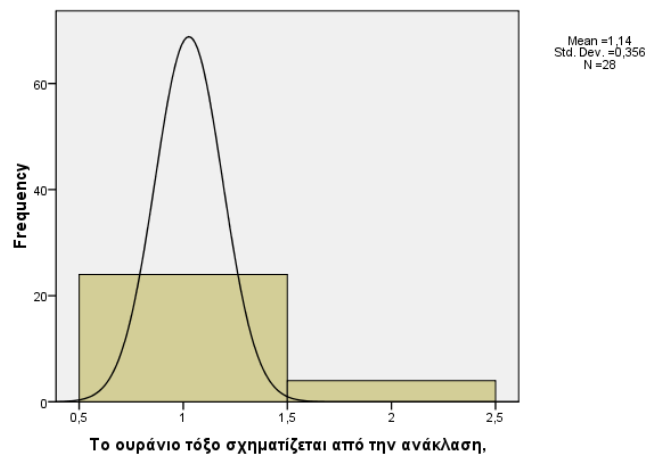
Ιστόγραμμα\_24

Κατά την ανατολή και τη δύση,



Ιστόγραμμα\_25

Το ουράνιο τόξο σχηματίζεται από την ανάκλαση,



Ιστόγραμμα\_26

## 5.4. Συμπεράσματα – Παιδαγωγικές Προτάσεις

Στην παιδική καθημερινότητα το παιχνίδι, τόσο με την έννοια του αντικειμένου, όσο και με την έννοια της διαδικασίας, βρίσκεται σε περίοπτη θέση (UNESCO, 1988), ενώ, δυστυχώς όσον αφορά στη διδασκαλία των Φ.Ε. περιορίζεται συνήθως στην πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών (Crouch, Fagen, & Callen, 2004) ή εστιάζει στην απάντηση ερωτήσεων, της μορφής «πώς δουλεύει;» και «γιατί συμπεριφέρεται έτσι;» (Saviz & Shakerin, 2010; Aref, Hutzler, & Weaire, 2007; Levinstein, 1982). Με δεδομένο, ότι αρκετά παιχνίδια κρύβουν ιδιαίτερα απαιτητική και τεχνική ερμηνεία αυτό οδηγεί, κάποιες φορές, σε αντίθετα από τα προσδοκώμενα αποτελέσματα, απογοητεύοντας τους μαθητές (Güémez, Fiolhais, & Fiolhais, 2009).

Η συνεισφορά του παιχνιδιού στην πολύπλευρη ανάπτυξη των παιδιών αναγνωριζόταν από παλιά και συνεχίζει μέχρι και σήμερα, με ιδιαίτερη έμφαση να δίνεται στην εκπαιδευτική του αξία. Έχει διαπιστωθεί, ότι συμβάλλει στην ανάπτυξη του επικοινωνιακού τομέα, στη βελτίωση της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και στην ωρίμανση του συναισθηματικού τομέα (Σκουμπουρδή, 2015). Θεωρείται ως η βάση πολλών προγραμμάτων, κυρίως των πρώτων εκπαιδευτικών βαθμίδων, ως υποστηρικτικό πλαίσιο για τη διδασκαλία και τη μάθηση επιστημονικών εννοιών και διαδικασιών προκαλώντας την υιοθέτηση θετικής στάσης για τις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά κι ενισχύοντας την επιθυμία των παιδιών για ενασχόληση με αυτούς τους τομείς (Abbott, 1994; Szendrei, 1996; Bennett, Wood, & Rogers, 1997; Edo, Planas, & Badillo, 2009; Afari, Aldridge, & Fraser, 2012; Bragg, 2012). Ακολουθώντας την παραπάνω λογική, η χρήση των πειραματικών «τρυκ» ως σχεδιασμένα ενταγμένων παιχνιδιών ανάμεσα στην εκτέλεση πειραμάτων, οδήγησε σε σημαντική αύξηση του κινήτρου των παιδιών για μάθηση αλλά και σε ικανοποιητική συμμετοχή τους. Σηκώνοντας το χέρι, για να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους για τα διάφορα πειράματα ή για την κρυμμένη φυσική πίσω από τα τρυκ, πραγματοποιώντας μια μέτρηση, αλληλεπιδρώντας με τον ερευνητή, για να εξάγουν συμπεράσματα ή να διατυπώσουν τις απορίες και τις απόψεις τους, ήταν φανερό η ενεργητική τους παρουσία κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των φύλλων εργασίας.

Όσον αφορά το γνωστικό τομέα, δε διαπιστώθηκε δυσκολία στην κατανόηση της δομής των φύλλων εργασίας, λόγω της εξοικείωσης των μαθητών με την επιστημονική/εκπαιδευτική μέθοδο από το Δημοτικό και της επιλογής απλών, καθημερινών κι εύκολων στη χρήση υλικών. Η παρουσία πλήθους εικόνων ήταν, όπως οι ίδιοι μαθητές ανέφεραν, ελκυστική και αρκετά κατατοπιστική για τη σωστή εκτέλεση των πειραμάτων. Σε γενικές γραμμές, οι μαθητές δεν προβληματίστηκαν, ούτε δυσκολεύτηκαν από τη γλωσσική διατύπωση των φύλλων εργασίας. Παρόλα αυτά, διαγνώστηκαν κάποια προβλήματα στα οποία γίνεται αναφορά παρακάτω.

Συγκεκριμένα, στο πρώτο φύλλο εργασίας (Ανάκλαση και Διάχυση του φωτός) εντοπίστηκαν δυσκολίες στην αποσαφήνιση της φυσικής πίσω από το τρίτο πείραμα – τρυκ, όπου παρουσίαζε δύο όμοια κεριά, το ένα αναμμένο και το άλλο όχι, σε ίση

απόσταση από ένα τζάμι και καλούνταν οι μαθητές να διαπιστώσουν, γιατί φαίνονται και τα δύο αναμμένα. Επίσης, στο τελευταίο βήμα του φύλλου εργασίας «γενικεύω», παρουσιάστηκε δυσκολία από τα παιδιά να διακρίνουν σωστά τα διάφορα είδη καθρεφτών.

Στο δεύτερο φύλλο εργασίας (Διάθλαση του φωτός) χρειάστηκε να πραγματοποιηθούν κάποιες αλλαγές. Συγκεκριμένα, στο πρώτο πείραμα διαπιστώθηκε από την έρευνα, πως δεν ήταν αναγκαίο, για να κατανοήσουν οι μαθητές την αντιστοιχία της ακτίνας πρόσπτωσης με την ακτίνα διάθλασης, να γίνει πειραματισμός και με το νερό, στο οποίο είχε διαλυθεί γάλα εβαπορέ, όταν ήδη είχε προηγηθεί πειραματισμός με απλό νερό. Κρίθηκε λοιπόν, πως αυτό δεν συνεισέφερε στην καλύτερη εμπέδωση και κατανόηση του συγκεκριμένου θέματος, οπότε παρέμεινε το κομμάτι του πειραματισμού με το νερό και αφαιρέθηκε αυτό με το νερό και το γάλα εβαπορέ. Οι περισσότερες αλλαγές όμως πραγματοποιήθηκαν στο δεύτερο πείραμα, λαμβάνοντας υπόψη και την καταγραφή και ερμηνεία των ερευνητικών δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, όπως ήταν δομημένο και διατυπωμένο στο φύλλο εργασίας, διαπιστώθηκε, πως η διαδικασία εκτέλεσής του ήταν απαιτητική και δύσκολη για τους μαθητές και ταυτόχρονα δεν εξυπηρετούσε τη σωστή καταγραφή των μετρήσεων από αυτούς. Έτσι, επιλέχθηκε μια ολική αναδιατύπωση της συγκεκριμένης πειραματικής διαδικασίας, η οποία οδήγησε στην αποφυγή προβλημάτων και παρερμηνειών και βοήθησε στην απρόσκοπτη εκτέλεση των πειραμάτων και καταγραφή μετρήσεων από τους μαθητές κι επομένως στην ευκολότερη εξαγωγή συμπερασμάτων από αυτούς. Τέλος, παρατηρήθηκε δυσκολία στο τελευταίο βήμα «γενικεύω», όπου καλούνταν οι μαθητές να επιλέξουν, αν μπορεί κανείς να τρέξει γρηγορότερα στην άμμο δίπλα στη θάλασσα ή μέσα στη θάλασσα σε βάθος μισού μέτρου και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Διαπιστώθηκε, ότι αυτό το κομμάτι ήταν απαιτητικό αλλά και δεν εξυπηρετούσε, όπως ήταν διατυπωμένο, στην κατανόηση και στην αφομοίωση της γνώσης, καθώς κύριος ανασταλτικός παράγοντας ήταν η έλλειψη γνώσεων για το αντικείμενο από τους μαθητές αλλά και ο υψηλός βαθμός δυσκολίας στην εμπέδωση της γνώσης, οπότε επιλέχθηκε από τον γράφοντα να επαναδιατυπωθεί το συγκεκριμένο σημείο, προκειμένου να ξεπεραστούν τα συγκεκριμένα προβλήματα και να γίνει πιο εύκολα αντιληπτή η εξήγηση στους μαθητές.

Επιπλέον, η συγκεκριμένη έρευνα επαλήθευσε την ύπαρξη του περιορισμένου διδακτικού χρόνου που διαθέτει το Αναλυτικό Πρόγραμμα για το μάθημα της Φυσικής, ο οποίος συγκεκριμένα ανέρχεται σε μόλις μία ώρα την εβδομάδα. Αν συνυπολογιστούν οι εργάσιμες εβδομάδες, οι σχολικές εκδρομές, οι επίσημες αργίες κλπ., οι πραγματικές ώρες είναι λιγότερες από τριάντα. Οπότε, πρακτικά, από τις δώδεκα ενότητες που περιλαμβάνει το σχολικό εγχειρίδιο κάποιες δεν είναι δυνατό να διδαχτούν. Επομένως, για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, ο καθηγητής είναι πιθανό να καταλήξει στη μείωση των φύλλων εργασίας με επιλεκτική επιλογή κάποιων από αυτά, για να πραγματοποιηθούν, με τον κίνδυνο, αν δεν υπάρξει κάποια κεντρική καθοδήγηση από τη συγγραφική ομάδα ή το υπουργείο, ο κάθε φυσικός να

επιλέγει ο ίδιος τι πρόκειται να διδαχθεί με εύλογα τα προβλήματα που προκύπτουν από την υιοθέτηση αυτής της τακτικής. Μια άλλη πρακτική είναι η μείωση των διδακτικών ωρών που διατίθενται για την επεξεργασία του κάθε φύλλου εργασίας, που, όμως, έχει ως συνέπεια μια γνωστική, μαθησιακή και παιδαγωγική προσέγγιση βιαστική, όχι εμπειριστατωμένη και επισταμένη κι, επομένως, αναποτελεσματική για τους μαθητές.

Μία ενδεχομένως λύση, για να αρθούν οι δυσκολίες που αναφέρθηκαν, θα ήταν να χωριστούν οι ενότητες του βιβλίου της Φυσικής σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη θα περιληφθούν ενότητες, οι οποίες, έπειτα από συζήτηση όλων των αρμόδιων φορέων (υπουργείο, συγγραφική ομάδα, σύλλογοι καθηγητών), θα θεωρηθούν από την εκπαιδευτική κοινότητα ως οι πιο σημαντικές, για να διδαχτούν και θα καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό των ωρών που προβλέπονται για τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής. Στη δεύτερη θα περιλαμβάνονται οι λιγότερο σημαντικές ενότητες, που θα διδάσκονται, αλλά θα καταλαμβάνουν το μικρότερο ποσοστό των ωρών. Επιπλέον, το ΥΠ.Ε.Π.Θ. θα μπορούσε να προβεί σε μια ανακατανομή των ωρών που διατίθενται για τη διδασκαλία κάποιων συγκεκριμένων διδακτικών αντικειμένων, προσθέτοντας μια επιπλέον ώρα στη Φυσική με αντίστοιχη μείωση μιας ώρας από τη βιολογία ή τη γεωγραφία, μαθημάτων που γνωστικά και μαθησιακά προσεγγίζουν τη Φυσική.

## **Αντί Επιλόγου**

Μπορεί η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών να έχει αλλάξει τη δυναμική της σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια και να βρίσκεται σε μια εξελικτική πορεία, ωστόσο η προσπάθεια για την περαιτέρω ανάπτυξή της συνεχίζεται. Στα δύσκολα χρόνια που διανύουμε, αυτοί που εμπλέκονται με το εκπαιδευτικό σύστημα, θα πρέπει να μάχονται για τη διασφάλιση ενός καλύτερου «διδακτικού» μέλλοντος για τα παιδιά και ιδίως για αυτά με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες. Εξάλλου, όπως είχε γράψει ο Λευτέρης Παπαδόπουλος και είχε τραγουδήσει ο Παύλος Σιδηρόπουλος: «υπερασπίσου το παιδί, γιατί αν γλιτώσει το παιδί, υπάρχει ελπίδα».



## Βιβλιογραφία

- Abbott, L. (1994). 'Play is ace!' Developing play in schools and classrooms. In J. R. Moyles, *The excellence of play* (pp. 76-87). The Open University Press.
- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14) , 1945-1969.
- Afari, E., Aldridge, J., & Fraser, B. (2012). Effectiveness of using games in tertiary-level mathematics classrooms. *International Journal of Science and Mathematics*, 10(6) , 1369-1392 .
- Andersson, B. (1986). The experiential gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8(2) , 155-171.
- Apple, M. (1980). *Ιδεολογία και Αναλυτικά Προγράμματα*. Θεσσαλονίκη: Παρατηρητής.
- Aref, H., Hutzler, S., & Weaire, D. (2007). Toying with physics. *European Physics News*, 38(3) , 23-26 .
- Beatty, I. (2004, February 3). Retrieved July 24, 2015, from Transforming student learning with classroom communication systems: <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/ERB0403.pdf>
- Becu-Robinault, K. (2002). Modelling activities of students during a traditional labwork. In D. Psillos, & H. N. (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 51-64). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Bell, R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7) , pp. 30-33 .
- Ben-Ari, M. (2005). *Just a Theory: Exploring the Nature of Science*. Prometheus Books.
- Bennett, N., Wood, L., & Rogers, S. (1997). *Teaching through play. Teachers thinking and classroom practice*. The Open University Press.
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R. F., & Loughran, J. J. (1999). Helping Students Learn from Laboratory Work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1) , 27-31 .
- Beth McCulloch Vinson. (2001). A comparison of preservice teacher's mathematics anxiety before and after a methods class emphasizing manipulatives. *Early Childhood Education Journal*, 29(2) , 89-94.

- Bragg, L. A. (2012). Testing the effectiveness of mathematical games as a pedagogical tool for children's learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(6) , 1445-1467 .
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (1999). *How people learn: brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., Cocking, R. R., Donovan, M. S., & Pellegrino, J. W. (2000). *How people learn: Brain, Mind, Experience and School*. Washington DC: National Academy Press.
- Braswell, J., Lutkus, A., Grigg, W., Santapau, S., Tay-Lim, B., & Johnson, M. (2001). *The Nation's Report Card: Mathematics 2000*. Washington, DC: U.S. Department of Education, Office of Educational Research and Improvement, National Center for Education Statistics.
- Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided Discovery in a Community of Learners. In K. M. (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 229-270). Cambridge: MA: MIT Press/Bradford.
- Brusilovsky, P., & Peylo, C. (2003). Adaptive and intelligent web-based educational systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13(2) , 159-172 .
- Bunting, C., Gunstone, R., Corrigan, D., Dillon, J., & Jones, A. (2015). The Future in Learning Science: Themes, Issues and Big Ideas. In C. Bunting, R. Gunstone, D. Corrigan, J. Dillon, & A. Jones, *The Future in Learning Science: What's in it for the Learner?* (pp. 1-18). Springer.
- Buty, C. (2002). Modelling in geometrical optics using a microcomputer. In D. Psillos, & H. N. (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 231-242). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Caldwell. (2007). Clickers in the Large Classroom: Current Research and best-practice tips. *CBE — Life Sciences Education*, 6(1) , pp. 9-20 .
- Callahan, C. M., Moon, T. R., & Oh, S. (2013). *Status of Middle School Gifted Programms*. Charlottesville, Virginia: University of Virginia - National Research Center on the Gifted and Talented .
- Chateau, J. (1983). *Οι Μεγάλοι Παιδαγωγοί. Από τον Πλάτωνα και τον Σωκράτη ως τον Τζων Ντιούι και τη Μαρία Μοντεσσόρι*. Αθήνα: Γλάρος.
- Chiappetta, E. L., & Fillman, D. A. (2007). Analysis of five high school biology textbooks used in the United States for inclusion of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(15) , 1847–1868 .

- Chingos, M. M., & Whitehurst, G. J. (2012). *Choosing blindly: Instructional materials, teacher effectiveness, and the common core*. Washington, DC: Brookings Institution.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1) , 66-71 .
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2007). Early childhood mathematics learning. In F. K. (ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning a project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 461-555). Information Age Publishing.
- Cohen, R., Eylon, B., & Ganiel, U. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Journal of Physics*, 51(5) , 407-412 .
- Common Core State Standards Initiative*. (n.d.). Retrieved September 14, 2015, from Standards for Mathematical Practice: <http://www.corestandards.org/Math/Practice/>
- Council of the European Union . (2009). Council conclusions of 12 May 2009 on a strategic framework for European cooperation in education and training ('ET 2020'). *Official Journal of the European Union (OJL)* , 119(2) .
- Crouch, C. H., Fagen, A. P., & Callen, J. P. (2004). Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? *American Journal of Physics*, 72(6) , 835-838 .
- Davis, E. A. (2006, January 30). Preservice elementary teachers' critique of instructional materials for science. *Science Education*, 90(2) , pp. 348-375 .
- Deci, E., Spiegel, N., Ryan, R., Koestner, R., & Kauffman, M. (1982). The effects of performance standards on teaching styles: The behaviour of controlling teachers. *Journal of Educational Psychology*, 74(6) , 852-859 .
- Dewey. (2014). Οι Φυσικές Επιστήμες ως περιεχόμενο και ως μέθοδος. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 1 , pp. 11-18.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V., & Sklaveniti, S. (2003). Towards an Analysis of Visual Images in School Science Textbooks and Press Articles about Science and Technology. *Research in Science Education*, 33 , pp. 189-216 .
- dos Santos, R. (2012). Second Life as a Platform for Physics Simulations and Microworlds: An Evaluation. *Proceedings of the CBLIS 2012-10th Conference on Computer-Based Learning in Science*, (pp. 173-180). Barcelona.
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?* The Open University Press.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science — research into children's ideas*. London : Routledge.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.

ECBI Chile - *Educación en Ciencias basada en la Indagación* . (2012). Retrieved July 28, 2015, from <http://www.ecbichile.cl/>

Edo, M., Planas, N., & Badillo, E. (2009). Mathematical learning in a context of play. *European Early Childhood Education Research Journal*, 17(3) , 325-341 .

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6) , pp. 56-59 .

European Agency for Development in Special Needs Education. (2003). *Συμμετοχική Εκπαίδευση και Πρακτικές στη Σχολική Τάξη*. European Agency for Development in Special Needs Education.

European Commission. (2011). *Science Education in Europe: National Policies, Practises and Research*.

Fondation " La main à la pâte". (n.d.). Retrieved July 28, 2015, from <http://www.fondation-lamap.org/>

Ford, A., Pugach, M. C., & Otis-Wilborn, A. (2001). Preparing general educators to work well with students who have disabilities: What's reasonable at the preservice level? *Learning Disabilities Quarterly*, 24 , pp. 275-285 .

Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York: Palgrave/Macmillan.

Gellert, U. (2004, March). Didactic material confronted with the concept of mathematical literacy. *Educational Studies in Mathematics*, 55(1) , pp. 163-179 .

Güémez, J., Fiolhais, C., & Fiolhais, M. (2009). Toys in physics lectures and demonstrations - a brief review. *Physics Education*, 44(1) , pp. 53-64 .

Gunstone, R. (1987). Student understanding in mechanics: A large population survey. *American Journal of Physics*, 55(8) , 691-696 .

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1) , 64-74 .

Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53(11) , 1043-1055 .

Harlen, W. (2015). *Working with Big Ideas of Science Education*. Science Education Programme (SEP) of IAP.

- Hastings, R. P., & Oakford, S. (2003). Student teachers' attitudes towards the inclusion of children with special needs. *Educational Psychology*, 23(1) , pp. 87-94 .
- Hewitt, P. G. (1983). Millikan Lecture 1982: The missing essential - a conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics* .
- Hewitt, P. G. (2009). *Οι έννοιες της φυσικής*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης .
- Hiebert, J., & Wearne, D. (1993). Instructional tasks, classroom discourse, and students' learning in second-grade arithmetic. *Instructional tasks, classroom dAmerican Educational Research Journal*, 30(2) , 393-425 .
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19(1) , pp. 175-184 .
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88 , pp. 28-54 .
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Naaman-Mamlök, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7) , 791-806.
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010, August). Labwork and Learning in Secondary School Chemistry: The Importance of Teacher and Student Interaction. *Research in Science Education*, 40(4) , pp. 505-523 .
- Holzner, S. (2006). *Physics for Dummies*. Wiley Publishing.
- Hucke, L., & Fischer, H. E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In D. Psillos, & H. N. (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 205-218). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Individuals with Disabilities Education Act (IDEA), (2002). *Twenty-fourth Annual Report to Congress on the Implementation of the Individuals with Disabilities Education Act*. Washington D.C: U.S. Department of Education.
- Jarvis, P. (2010). *Adult Education and Lifelong Learning (Theory and Practice)*. Routledge.
- Jenkins, H. (2006). *Confronting the Challenges of Participatory Culture: Media Education for the 21st Century. An Occasional Paper on Digital Media and Learning*. The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation.
- Johnson, K. (1996). *Physics for you, New National Curriculum Edition for GCSE*. Stanley Thornes (publishers) Ltd.

Jorde, D., & Dillon, J. (2012). *Cultural Perspectives in Science Education - Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective*, 5 (pp. 1-12) , Sense Publishers .

Kahn, P., & O'Rourke, K. (2005). *Handbook of Enquiry & Problem Based Learning*. Galway.

Kalkanis, G., Hatzidaki, P., & Stavrou, D. (2003, March). An Instruction Model for a Radical Conceptual Change Towards Quantum Mechanics Concepts. *Science Education*, 87(2) , pp. 257-280.

Kamii, C. (2000). Η προσχολική εκπαίδευση σύμφωνα με τη θεωρία του Piaget. In E. K. (ed.), *Θεωρία και μεθοδολογία της σχολικής εκπαίδευσης*. Αθήνα: Πατάκη.

Kavale, K., & Forness, S. (2000). The Great Divide in Special Education: Inclusion, Ideology and Research. In B. G. Cook, M. Tankersley, & T. J. Landrum, *Advances in Learning and Behavioural Disabilities*, 14 (pp. 179-215). Emerald Books.

Kesidou, S., & Roseman, J. E. (2002). How well do middle school science programs measure up? Findings from Project 2061's curriculum review. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6) , 522-549 .

Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding it up: helping children learn mathematics* . Washington DC: National Academy Press.

Kirch, S. A., Bargerhuff, M. E., Turner, H., & Wheatly, M. (2005). Inclusive Science Education: Classroom Teacher and Science Educator Experiences in CLASS Workshops. *School Science and Mathematics (Peer Reviewed Journal)*, 105(4) , 175-195.

*Kleine Forscher*. (2015). Retrieved July 28, 2015, from <http://www.haus-der-kleinen-forscher.de/en/>

Knight, R. D. (2006). *Πέντε εύκολα μαθήματα - Στρατηγικές για τη επιτυχή διδασκαλία της Φυσικής*. Διάυλος.

(2006). Συνέντευξη ενός φοιτητή Φυσικής από τη μελέτη της Sheila Tobias για τη Διδακτική των Επιστημών, 1990. In R. D. Knight, *Πέντε Εύκολα Μαθήματα (Στρατηγικές για την επιτυχή διδασκαλία της Φυσικής)*. Διάυλος.

Krajcik, J. (2014). The Importance of Viable Models in the Construction of Professional Development. In B. S. Wojnowski, & C. H. (Eds.), *Models and approaches to STEM professional development* (pp. 33-45). Washington DC: National Science Teachers Association.

Léna, P. (2015). Science education for all children, a challenge for their future . *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* . Ρόδος.

- Levinstein, H. (1982). The physics of toys. *The Physics Teacher*, 20 , pp. 358–365 .
- Lombardi, M. M. (2007). *Educause Library - Learning Initiative (advancing learning through IT innovation)*. Retrieved August 10, 2015, from Authentic Learning for the 21st Century: An Overview: <http://net.educause.edu/ir/library/PDF/eli3009.pdf>
- Marshall, J. C., Horton, B., & Smart, J. (2009). 4E X 2 Instructional Model: Uniting Three Learning Constructs to Improve Praxis in Science and Mathematics Classrooms. *Journal of Science Teacher Education*, 20 , 501-516.
- Massachusetts Institute of Technology. (n.d.). *Teaching & Learning Laboratory (TLL)*. Retrieved Ιούλιος 21, 2015, from What is Strategic Teaching?: <http://tll.mit.edu/help/what-strategic-teaching>
- McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource Letter: PER-1: Physics Education Research. *American Journal of Physics*, 67(9) , 755-767.
- Megalou, E., & Kaklamanis, C. (2014). Photodentro LOR, The Greek National Learning Object Repository. *Megalou, E., & Kaklamanis, C. (2014). Photodentro LOR, The Greek National Learning Object Repository. Proceedings of INTED 2014: International Technology, Education and Development Conference , (pp. 309-319). Valencia.*
- Mercer, N., & Sams, C. (2006). Teaching children how to use language to solve maths problems. *Language and Education*, 20(6) , pp. 507-528 .
- Minner, D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction - What Is It and Does it Matter: Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. [Science Education]. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4) , 474-496.
- Modha, D. S., Ananthanarayanan, R., Esser, S. K., Ndirango, A., Sherbondy, A. J., & Singh, R. (2011). Cognitive computing. *Communications of the ACM*, 54(8) , pp. 62-71 .
- Moulton, J. (1997). *How Do Teachers Use Textbooks? A Review of the Research Literature - Technical Paper No. 74*. Health and Human Resources Analysis for Africa Project, Office of Sustainable Development, Bureau for Africa, U.S. Agency for International Development.
- Moyer, P. S. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 47(2) , 175-197 .
- Moyer, P., & Jones, G. (2004). Controlling choice: Teachers, pupils and manipulatives in mathematics classrooms. *School, Science and Mathematics*, 104(1) , pp. 16-31 .

Murad Jurdak; Rihab Abu Zein. (1998). The effect of journal writing on achievement in and attitudes towards mathematics. *School Science and Mathematics*, 98(8), pp. 412-419 .

NAGC. (2010, March). *National Association for Gifted Children - Supporting the needs of high potential learners* . Retrieved July 29, 2015, from Position Statement - Redefining Giftedness for a New Century: Shifting the Paradigm: <http://www.nagc.org/>

National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education.* Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council, N. R., Michaels, S., Shouse, A. W., & A.Schweingruber, H. (2007). *Ready, Set, Science!: Putting Research to Work in K-8 Science Classrooms.* National Academies Press.

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States.* Washington, DC: The National Academies Press.

OECD. (2015). Retrieved Ιούλιος 23, 2015, from PISA 2015: Draft Science Framework: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>

OECD. (2015). *PISA 2015 Draft Science Framework* .

Osborne, R. J., Bell, B. F., & Gilbert, J. K. (1983). Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education*, 5(1) , 1-14 .

Papadakis, S., Xenos, M., & Mitsou, E. (2005). Experiences and technical issues from the delivery of computer-based learning materials in the Hellenic Open University. *Open Education: the Journal for Open and Distance Education and Educational Technology*, 1(2) , 12-28 .

Parada, S. E., & Sacristán, A. I. (2010). Teacher's reflections on the use of instruments in their mathematics lessons: A case-study. *Proceedings of the 34th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Volume 4 (pp. 25-32 ). Belo Horizonte, Brazil: M. Pinto; T. Kawasaki.

Pedretti, E., & Nazir, J. (2011, July). Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education*, 95(24) , pp. 601-626 .

Peterson, K. (2011). *A Qualitative Study of Instructional Strategies Used by Elementary General Education Teachers in Inclusive Classrooms.* Kalamazoo: Western Michigan University.



Pizzini, E. L., Shepardson, D. P., & Abell, S. K. (1992, February). The questioning level of select middle school science textbooks. *School Science and Mathematics*, 92(2) , pp. 74-79 .

*Primary Connections - Linking science with literacy*. (2015). Retrieved July 28, 2015, from <https://www.primaryconnections.org.au/>

Reay, N. W., Li, P., & Bao, L. (2008). Testing a new voting machine question methodology. *American Journal of Physics*, 76(2) , 171-178 .

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Saviz, C., & Shakerin, S. (2010). “How Does It Work?”: Using Toys to Inspire Wonder and Develop Critical Thinking Skills in Fluid Mechanics. *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*. Louisville, KY.

Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1) , pp. 158-186 .

Schwarz, C. V., Gunckel, K. L., Smith, E. L., Covitt, B. A., Bae, M., Enfield, M., et al. (2008). Helping Elementary Preservice Teachers Learn to Use Curriculum Material for Effective Science Teaching. *Science Education*, 92(2) , pp. 345-377 .

Segrè, E. (2001). *Ιστορία της Φυσικής (Τόμος Α') - Από την πτώση των σωμάτων έως τα ραδιοκύματα*. Διάυλος.

Shernoff, D. J., & Csikszentmihalyi, M. (2009). Cultivating engaged learners and optimal learning environments . In *Handbook of positive psychology in schools* (pp. 131-145).

Shipley, E. F., & Shepperson, B. (1990, February). Countable entities: Developmental changes. *Cognition*, 34(2) , pp. 109-136 .

Shwartz, Y., Weizman, A., Fortus, D., Krajcik, J., & Reiser, B. (2008). The IQWST experience: Using coherence as a design principle for a middle school science curriculum. *The Elementary School Journal*, 109(2) , 199-219 .

Siddiqui, M. (2008). *Excellence of teaching (A model approach)*. APH Publishing Corporation.

Skoumios, M., & Hatzinikita, V. (2006). Research-based teaching about science at the upper primary school level. *International Journal of Learning*, 13(5) , 29-42 .

- Skoumios, M., & Hatzinikita, V. (2005). The role of cognitive conflict in science concept learning. *International Journal of Learning*, 12(7) , 185-194 .
- Skoumios, M., & Passalis, N. (2010). Chemistry Laboratory Activities: The Link between Practice and Theory. *The International Journal of Learning*, 17(6) , 101-114 .
- Skoumios, M., & Passalis, N. (2013). Students' Interaction and Its Relationship to Their Actions and Verbalized Knowledge during Chemistry Labwork. *Creative Education*, 14(1) , pp. 1-8 .
- Skoumpourdi, C., & Mpakopoulou, I. (2011). The prints: A picture book for pre-formal geometry. *Early Childhood Education Journal*, 39(3) , 197-206 .
- Smith, K. V., Loughran, J., Berry, A., & Dimitrakopoulos, C. (2012). Developing Scientific Literacy in a Primary School. *International Journal of Science Education*, 34(1) , 127-152 .
- Sutton, C. (2007). Οι λέξεις, οι φυσικές επιστήμες και η μάθηση. In Π. Κόκκοτας, *Οι Φυσικές Επιστήμες στο σχολείο του μέλλοντος*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Szendrei, J. (1996). Concrete materials in the classroom. In A. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, & C. Laborde, *International handbook of mathematics education* (pp. 411-434 ). Kluwer Academic Publishers.
- Tansley, R., Bass, M., Stuve, D., Branschofsky, M., Chudnov, D., McClellan, G., et al. (2003). The DSpace institutional digital repository system: current functionality. *Proceedings of the 3rd ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries* (pp. 87-97). IEEE Computer Society.
- (2000). *The Dakar Framework for Action*. Dakar: UNESCO.
- (1999). *The role of classroom teacher and the role of support personnel in implementing inclusion - Final Report*. Luxemburg: European Committee.
- Thomas, C. C., Correa, V., & Morsink, C. (1991). *Interactive Teaming. Consultation and Collaboration in Special Programms*. New York: Merrill.
- Tobin, K. G. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90 , pp. 403-418 .
- Todas, A., & Skoumios, M. (2014). Practical Work in Primary Science: Actions and Verbalized Knowledge. *The International Journal of Early Childhood Learning*, 20(2) , 37-50 .

- Trna, J., Trnova, E., & Makydova, L. (2010). Physics Learning Tasks for Students with Special Educational Needs: Disabled and Gifted. *Teaching and Learning Physicstoday: Challenges? Benefits? - Proceedings of selected papers of the GIREP-ICPE-MPTL International Conference* (pp. 196-202). Reims: University of Udine (Italy).
- Trumper, R. (1993). Children's energy concepts: A cross-age study. *International Journal of Science Education*, 15 , 139-148 .
- U.S. Department of Education. (2004). *No Child Left Behind Act, P. L. 107-110* , Title IX, Part A, Definition 22 (sec. 9101).
- UNESCO. (1988). *Games and Toys in the Teaching of Science and Technology - Division of Science Technical and Environmental Education (Document series No. 29)*. Paris: Ed. N. K. Lowe.
- UNESCO. (1994). *The Salamanca Statement and Framework on Special Needs Education*. Paris: UNESCO.
- Van-Tassel-Baska, J., Quek, C., & Feng, A. (2007). Influences of parents and teachers. The development and use of a structured teacher observation scale to assess differentiated best practice. *Roeper Review - Journal of the Roeper Institute*, 29(2) , 84-92 .
- Varol, F., & Farram, D. C. (2006). Early mathematical growth: how to support young children's mathematical development. *Early Childhood Education*, 33(6) , 381-387 .
- Watson, A., & Geest, E. D. (2005). Principled teaching for deep progress: improving mathematical learning beyond methods and materials. *Educational Studies in Mathematics*, 58(2) , 209-234 .
- Weber, G., & Brusilovsky, P. (2001). ELM-ART: An adaptive versatile system for Web-based instruction. *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, 12 , 351-384 .
- White, B., Shimoda, T., & Frederiksen, J. (1999). Enabling Students to Construct Theories of Collaborative Inquiry and Reflective Learning: Computer Support for Metacognitive Development. *International Journal of Artificial Intelligence*, 10 , 151-182 .
- Wieman, C., & Perkins, K. (2005, November). Transforming Physics Education. *Physics Today*, 58(11) .
- Wing, R. E., & Beal, C. R. (2004). Young children's judgements about the relative size of shared portions: the role of material type. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(1) , pp. 1-14 .

Young, H. D. (1994). *Φυσική - Τόμος Β' (Ηλεκτρομαγνητισμός, Οπτική, Σύγχρονη φυσική)*. Παπαζήση.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education. *Science Education*, 89 , pp. 357-377 .

Αγαλιώτης, Ι. (2008). Μελέτη με τίτλο: Υποστήριξη μαθητών με ΕΕΑ ή προβλήματα συμπεριφοράς. ΟΕΠΕΚ.

Αλαχιώτης, Σ. Ν. (2007). *Εισαγωγή στην εξέλιξη*. Εκδοτικός Οίκος Α. Α. Λιβάνη.

Βρεττός, Γ., & Καψάλης, Α. (1997). *Αναλυτικό Πρόγραμμα, σχεδιασμός - αξιολόγηση - αναμόρφωση*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Γκιγκούδη, Α., Καρούτης, Α., Πιερράτος, Θ., & Τσακίρη, Μ. (2015, Ιούνιος). Παίζοντας με τις Φυσικές Επιστήμες: όταν οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν προβλήματα προσανατολισμένης διερεύνησης. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση* , σσ. 81-93.

Δελλασούδας, Α. Γ. (2005). *Εισαγωγή στην ειδική παιδαγωγική: Σχολική ένταξη μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες*. Αθήνα: Ιδιωτική έκδοση.

Δράκος, Γ. Δ., & Τσιναρέλης, Γ. Σ. (2011). *Ψυχοκοινωνικές παράμετροι των σχολικών δυσκολιών*. Διάδραση.

Ημέλλου, Ό. Ι. (2003). *Ήπιες δυσκολίες μάθησης - Προσεγγίσεις στο γενικό σχολείο*. Αθήνα: Ατραπός.

Καράμπελας, Κ., Μαντικού, Σ., Τόδας, Α., Κατσούρης, Γ., Καρβουνίδης, Σ., & Τσιόκανου, Μ. (2015). Σχεδιάζοντας Εκπαιδευτικό Υλικό για Ταλαντούχα και Χαρισματικά Παιδιά. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* . Ρόδος.

Καψάλης, Α., & Χαραλάμπους, Δ. (2007). *Σχολικά Εγχειρίδια: Θεσμική εξέλιξη και σύγχρονη προβληματική*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Κόκκοτας, Π. (1989). *Διδακτική των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Γρηγόρη.

Κόκκοτας, Π., & Πήλιουρας, Π. (2009). Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε ένα συνεργατικό μαθησιακό περιβάλλον. *Διδασκαλία φυσικών επιστημών - Έρευνα & Πράξη*, 8(3) , σσ. 11-17 .

Κολιάδης, Ε. (1991). *Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτική πράξη - Συμπεριφοριστικές θεωρίες*. Αθήνα.

Κουλαϊδής, Β. (1994). Επιστημολογία και κατασκευή Αναλυτικών Προγραμμάτων: Η επιλογή περιεχομένου για τη διδασκαλία των ΦΕ. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 75 , σσ. 22-29 .

Κουλαϊδής, Β. (2001). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: αντικείμενο και αναγκαιότητα. Στο Β. Κουλαϊδής, *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Τόμος Α')* (σσ. 25-50). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (ΕΑΠ).

Κουμαράς, Π. (2015, Ιούλιος 24). Η Φυσική δεν είναι μόνο εννοιολογικό περιεχόμενο, είναι επίσης μεθοδολογία λύσης (καθημερινών) προβλημάτων και στάση ζωής. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 6 , σσ. 19-28 .

Κουμαράς, Π. (2015). *Μονοπάτια της Σκέψης στον Κόσμο της Φυσικής - Για την ανάπτυξή της, για τη διδασκαλία της, για τη μάθησή της*. Ιούνιος: Gutenberg.

Κουμαράς, Π., Κεραμιδάς, Κ., & Τσεχερίδης, Σ. (2011). *Προγράμματα σπουδών Φυσικών Επιστημών στην κατεύθυνση γνώσεις και ικανότητες για τη ζωή. Τόμος II: Φυσική Α' Γυμνασίου-Α' Λυκείου* (σ. 37). Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.

Κουμαράς, Π., Πράμας, Χ., & Σταμπούλη, Μ. (2011). *Προγράμματα Σπουδών στην κατεύθυνση «Γνώσεις και Ικανότητες για τη ζωή» - Τόμος I: Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση* (σ. 43). Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.

Κουμπάρου, Χ., & Λουζιώτης, Β. (2009). Ομάδα Εργασίας Εκπαιδευτικών: Αναμόρφωση των Αναλυτικών Προγραμμάτων της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Πλαίσιο αρχών και θέσεων. Στο Λ. Γούμενος, & Π. Χ. (επιμ.), *Μελέτες-Έρευνες I* (σσ. 9-71). Αθήνα: ΚΕ.ΜΕ.ΤΕ.

Κωνσταντίνου, Κ. Π., Φερωνύμου, Γ., Κυριακίδου, Ε., & Νικολάου, Χ. (2004). *Οι φυσικές επιστήμες στο νηπιαγωγείο: βοήθημα για τη νηπιαγωγό*. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου.

Ματσαγγούρας, Η. (2002). *Στρατηγικές Διδασκαλίας: Η Κριτική Σκέψη στη Διδακτική Πράξη*. Αθήνα: Gutenberg.

Νικολάου, Γ. (2005). *Διαπολιτισμική Διδακτική, Το νέο περιβάλλον – Βασικές Αρχές*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Νόμος 3699. (2008). *Εφημερίς της Κυβερνήσεως (Φ.Ε.Κ. 199)* .

Ντολιοπούλου, Ε. (2003). *Σύγχρονα προγράμματα για παιδιά σχολικής ηλικίας*. Αθήνα: Τυπωθήτω - Γιώργος Δαρδανός.

Παναγιωτακόπουλος, Χ., Πιερρακέας, Χ., & Πιντέλας, Π. (2003). *Το Εκπαιδευτικό Λογισμικό και η Αξολόγησή του*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Ραβάνης, Κ. (2004). *Οι φυσικές επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση*. Αθήνα: Τυπωθήτω - Γιώργος Δαρδανός.

Ράπτης, Α., & Ράπτη, Α. (2007). *Μάθηση και Διδασκαλία στην Εποχή της Πληροφορίας - Ολική Προσέγγιση*, Τόμος Α'. Αθήνα.

Σαπουντζή, Λ., & Σκουμιός, Μ. (2015). Ανάλυση ερωτήσεων σχολικών εγχειριδίων Φυσικής Β' Γυμνασίου ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που ενεργοποιούν στους μαθητές. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* (σσ. 579-596). Ρόδος: Χ. Σκουμπουρδή; Μ. Σκουμιός.

Σκουμιός, Μ., & Σκουμπουρδή, Χ. (2015). Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: "Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες"* (σσ. 14-37). Ρόδος: Χ. Σκουμπουρδή; Μ. Σκουμιός.

Σκουμπουρδή, Χ. (2015). Αξιολόγηση Επιτραπέζιων Παιχνιδιών. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* (σσ. 174-184). Ρόδος: Χ. Σκουμπουρδή; Μ. Σκουμιός.

Σκουμπουρδή, Χ. (2012). *Σχεδιασμός ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών*. Αθήνα: Πατάκη.

Σούλης, Σ. Γ. (2007). *Μαθαίνοντας βήμα βήμα στο σχολείο και στο σπίτι (Διδακτικές στρατηγικές εκπαίδευσης παιδιών με μέτρια ή βαριά νοητική υστέρηση)*. Τυπωθήτω.

Σπυροπούλου-Κατσάνη, Δ. (2002). *Διδακτικές και Παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες*. Αθήνα: Τυπωθήτω - Γιώργος Δαρδανός.

Σπύρτου, Α., & Ζάχου, Π. (2015). Εκπαιδευτικό υλικό για τις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο: ανάπτυξη και παρουσίαση του υλικού σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* (σσ. 393-408). Ρόδος: Χ. Σκουμπουρδή; Μ. Σκουμιός.

Σταθοπούλου, Χ., Σκουμπουρδή, Χ., & Καφούση, Σ. (2009). Η διδασκαλία των μαθηματικών σε πολυγλωσσικές τάξεις: ανατρέποντας τις κοινωνικές ανισότητες. Στο Χ. Γκόβαρης, *Διαπολιτισμικό σχολείο - Ζητήματα διδασκαλίας και μάθησης* (σσ. 131-148). Αθήνα: Ατραπός.

Σταυρίδου, Ε. (2000). *Συνεργατική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.

Συλλογικό Έργο: Γ. Καλκάνης; Ο. Γκικοπούλου; Ε. Καπότης; Δ. Γουσόπουλος; Μ. Πατρινόπουλος; Π. Τσάκωνας; Π. Δημητριάδης; Λ. Παπατσίμπα; Κ. Μιτζήθρας; Α. Καπόγιαννης; Δ.Ι. Σωτηρόπουλος; Α. Δρόλαπας. (2014). *Η Φυσική με Πειράματα - Α' Γυμνασίου - Βιβλίο Εκπαιδευτικού*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων Διόφαντος.

Συλλογικό Έργο: Ν. Αντωνίου; Π. Δημητριάδης; Κ. Καμπούρης; Κ. Παπαμιχάλης; Λ. Παπασιμίπα. (2014). *Φυσική Γ' Γυμνασίου*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.

Ταρνανίδης, Δ., Αρτέμη, Σ., Μαΐδου, Α., & Πολάτογλου, Χ. (2015). Χώρος Ανάπτυξης Εκπαιδευτικού Υλικού για τη Δραστηριότητα «Τετάρτες στη Σχολή Θετικών Επιστημών». *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* (σσ. 597-605). Ρόδος: Χ. Σκουμπουρδή; Μ. Σκουμιός.

Ταψής, Ν., Βαρσαμίδου, Α., Καρβέλας, Ε., Μουλά, Ε., Νικολάου, Α., Ορφανός, Σ., και συν. (2015). Σχεδιασμός και Δημιουργία Παιγνιδιών μαθησιακών δραστηριοτήτων σε εικονικούς κόσμους για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* (σσ. 1048-1062). Ρόδος: Χ. Σκουμπουρδή; Μ. Σκουμιός.

Τζιμογιάννης, Α. (2007). Το παιδαγωγικό πλαίσιο αξιοποίησης των ΤΠΕ ως εργαλείο κριτικής και δημιουργικής σκέψης. Στο Β. Κουλαϊδής, *Σύγχρονες Διδακτικές Προσεγγίσεις για την Ανάπτυξη Κριτικής-Δημιουργικής Σκέψης για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση* (σσ. 333-354). Αθήνα: ΟΕΠΕΚ.

Τζιμογιάννης, Α., & Σιόρεντα, Α. (2007). Το Διαδίκτυο ως εργαλείο ανάπτυξης της κριτικής και δημιουργικής σκέψης. Στο Β. Κ. (επιμ.), *Σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις για την ανάπτυξη κριτικής-δημιουργικής σκέψης* (σσ. 355-374). Αθήνα: ΟΕΠΕΚ.

Τσακμάκη, Π., & Κουμαράς, Π. (2015). Ο αιτιακός συλλογισμός των μαθητών ως παράγοντας για το σχεδιασμό διδακτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* (σσ. 606-619). Ρόδος: Χ. Σκουμπουρδή; Μ. Σκουμιός.

Τσατσαρώνη, Α., & Κουλαϊδής, Β. (2001). Τα χαρακτηριστικά των σχολικών εγχειριδίων και του παιδαγωγικού κειμένου. Στο Δ. Κολιόπουλος, Β. Κουλαϊδής, Α. Τσατσαρώνη, Β. Χατζηνικήτα, Β. Χρηστίδου, & J. Ogborn, *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Τόμος Β')* (σσ. 267-289). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Τσελφές, Β., & Μουστάκα, Μ. (2004). Τσελφές, Β., Μουστάκα, Μ. (2004). Σχετικά με τη φύση της διδασκόμενης επιστήμης στα παιδιά της προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας. *Διδασκαλία των φυσικών επιστημών - Έρευνα και Πράξη*, 7, σσ. 12-21.

Τσομπανάκη, Ε. (n.d.). Ανάκτηση October 5, 2015, από Εισαγωγή στη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 14.0: <http://stat-athens.aueb.gr/~akostaki/gr/courses/SPSS14.pdf>

ΥΠ.Ε.Π.Θ.-Π.Ι. (2000, Μάρτιος). Πολλαπλή Νοημοσύνη Μεταφράσεις άρθρων. Λευκωσία.

Φύκαρης, Ι. (2010). *Σύγχρονες διαστάσεις του διδακτικού έργου και ρόλου του εκπαιδευτικού: Όρια και δυνατότητες*. Θεσσαλονίκη: Αφοι Κυριακίδη.

Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Αθήνα: Πατάκη.

Χατζηγεωργίου, Γ. (2004a). *Η φυσική μέσα από τα μάτια του μικρού παιδιού*. Αθήνα: Γρηγόρη.

Χατζηγεωργίου, Γ. (2004b). Ο ρόλος της σχολικής εκπαίδευσης στην ανάπτυξη της διερευνητικής στάσης των παιδιών. *Διδασκαλία των φυσικών επιστημών - Έρευνα και πράξη*, 7 , σσ. 19-21 .

Χατζηγεωργίου, Γ. (2001). Χτίζοντας τα θεμέλια για την ανάπτυξη των εννοιών της Φυσικής στην προσχολική ηλικία: ο ρόλος της κίνησης των αντικειμένων και της αφήγησης. Στο Κ. Ραβάνης, *Η μύηση των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (σσ. 50-57). Πάτρα: Πανεπιστημιακές εκδόσεις.

Χρηστάκης, Κ. (2013). *Προγράμματα και στρατηγικές διδασκαλίας για άτομα με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και σοβαρές δυσκολίες μάθησης*. Αθήνα: Διάδραση.



Παράρτημα

# Φύλλα Εργασίας Φύλλα Εργασίας



Α' Γυμνασίου  
Ανάκλαση – Διάθλαση – Διάχυση

Αθήνα 2015

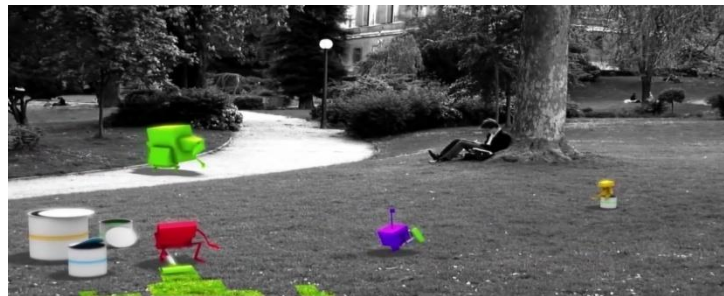
❖ **Εισαγωγικό Ερέθισμα\_1:**

Παρακολουθήστε το παρακάτω απόσπασμα από την ταινία κινουμένων σχεδίων «NEMO» (τίτλος αποσπάσματος: Finding Nemo, Avysos). Σε τι βοηθάει το φως του ψαριού; Σκεφτείτε μερικές χρήσεις του φωτός.



❖ **Εισαγωγικό Ερέθισμα\_2:**

Ο τίτλος του δεύτερου βίντεο είναι «Reulf» και είναι έργο των φοιτητών από το Πανεπιστήμιο του Παρισιού (University of Paris VIII) σε σκηνοθεσία Quentin Carnicelli, Charles Klipfel και Jean-François Jégo ως μέρος του μεταπτυχιακού προγράμματος “Arts and Technologies de l’Image”. Το απόσπασμα απεικονίζει μικρά πλάσματα με πινέλο να φωτίζουν ένα ασπρόμαυρο Παρίσι. Πώς επηρεάζουν τα χρώματα τη ζωή μας;



❖ **Εισαγωγικό Ερέθισμα\_3:**

Βλέπετε κάτι παράλογο στον παρακάτω πίνακα ζωγραφικής του Ρενέ Μαγκρίτ; Πιστεύετε ότι απεικονίζεται το σπίτι κατά τη διάρκεια της ημέρας ή της νύχτας;



## 1. Ανάκλαση – Διάχυση του φωτός

### α. Τι πρέπει να γνωρίζω



- ✚ Το φως διαδίδεται ευθύγραμμα.
- ✚ Όπως καθεμιά από τις ηλιαχτίδες που ξεπηδούν από τον ήλιο στα σχέδια που κάνουμε όταν είμαστε μικρά παιδιά, έτσι και στη φυσική συμβολίζουμε τη διάδοση του φωτός με ευθείες γραμμές με βέλος στην άκρη που τις αποκαλούμε «ακτίνες».
- ✚ Για να δούμε ένα αντικείμενο πρέπει να φωτίζεται και φως από αυτό να πέσει στο μάτι μας.



## β. Αναρωτιέμαι – Υποθέτω

Παρατήρησε προσεκτικά τις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα Α



Εικόνα Β

Στην εικόνα Α το βουνό Μπέλες καθρεφτίζεται στα ήρεμα νερά της λίμνης Κερκίνης. Συζήτησε με τους συμμαθητές σου για ποιο λόγο νομίζεις ότι καθρεφτίζεται το βουνό στα ήρεμα νερά, ενώ αντίθετα δεν καθρεφτίζεται στην ταραγμένη επιφάνεια των νερών της λίμνης στην εικόνα Β.

Γράψε τις υποθέσεις σου στις παρακάτω γραμμές.

.....  
.....  
.....  
.....

## γ. Πειραματίζομαι

Ελέγξτε τις υποθέσεις σας, κάνοντας πειράματα.

### ΠΕΙΡΑΜΑ 1 (Επαλήθευση Νόμου Ανάκλασης)

Υλικά / Όργανα:



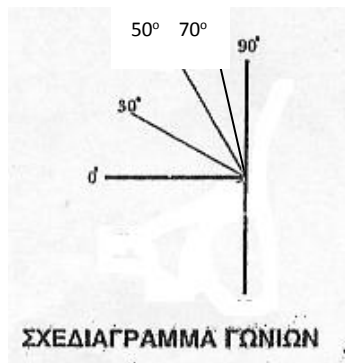
συσκευή λέιζερ



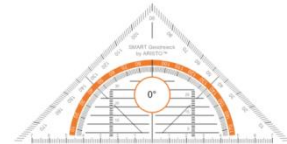
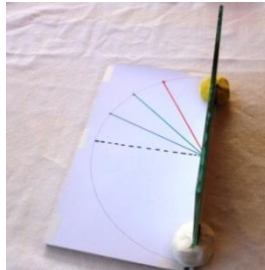
επίπεδος καθρέφτης



πλαστελίνη



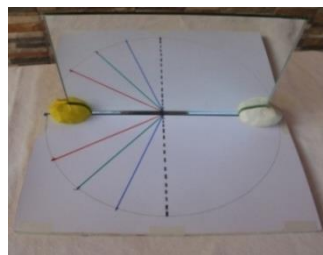
φύλλο χαρτί με σχεδιάγραμμα γωνιών



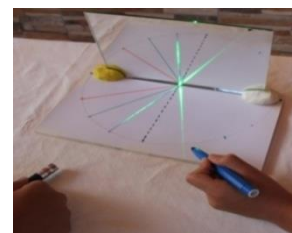
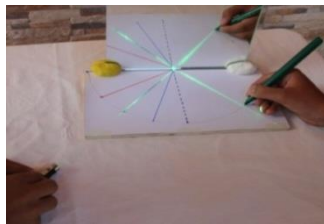
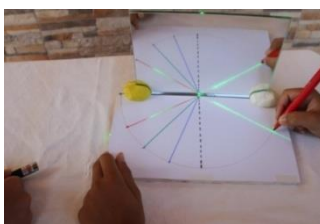
μοιρογνωμόνιο

### Βήματα:

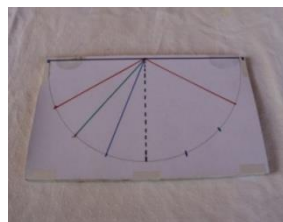
- 1) Στερεώνουμε τον καθρέφτη με την πλαστελίνη πάνω στο φύλλο χαρτί, όπως δείχνει το σχήμα.



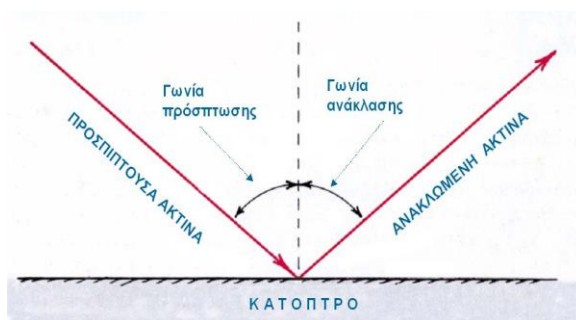
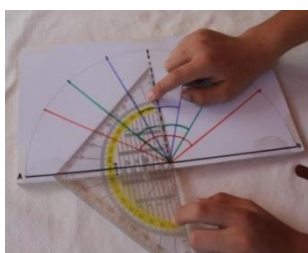
- 2) Στρέφουμε τη συσκευή λέιζερ ούτως ώστε η φωτεινή δέσμη να εφαρμόζει πάνω στην κόκκινη γραμμή (που αντιστοιχεί σε γωνία  $70^\circ$ ). Σημειώνουμε μία κουκίδα στο ημικύκλιο στο σημείο που βλέπουμε την ανακλώμενη ακτίνα. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία για την πράσινη και μπλε γραμμή, όπως φαίνεται στις εικόνες.



- 3) Αφαιρούμε τον καθρέφτη και ενώνουμε τα σημεία που βρήκαμε με το κέντρο του ευθύγραμμου τμήματος.



- 4) Με το μοιρογνωμόνιο μετράμε τις γωνίες ανάκλασης που προέκυψαν.



Κατάγραψε τις μετρήσεις σου στον παρακάτω πίνακα.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	Γωνία πρόσπτωσης	Γωνία ανάκλασης
Α' μέτρηση		
Β' μέτρηση		
Γ' μέτρηση		

Τι διαπιστώνεις από τις παραπάνω μετρήσεις σου;

.....

.....

.....

.....

.....

## ΠΕΙΡΑΜΑ 2

**Υλικά / Όργανα:**



συσκευή λέιζερ



επίπεδος καθρέφτης



κομμάτι ξύλου



ύφασμα



φύλλο αλουμινίου

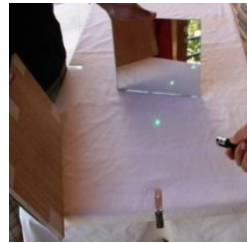


χαρτί Α4



## Βήματα:

- 1) Με τη συσκευή λέιζερ φωτίζουμε πρώτα ένα αντικείμενο με μη λεία και γυαλιστερή επιφάνεια (π.χ. ένα τοίχο ή το κάλυμμα τραπέζιου όπως στην εικόνα) και στη συνέχεια ένα αντικείμενο που έχει λεία και γυαλιστερή επιφάνεια (π.χ. τον καθρέφτη).



Τι παρατηρείς;

.....

.....

.....

.....

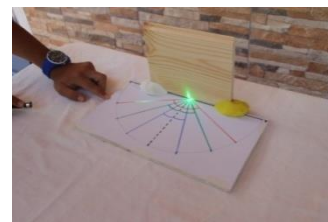
- 2) Χρησιμοποιούμε διάφορα αντικείμενα από διαφορετικά υλικά (κομμάτι ξύλου, ύφασμα, φύλλο αλουμινίου και χαρτί A4). Τι κοινό έχουν οι επιφάνειές τους;

.....

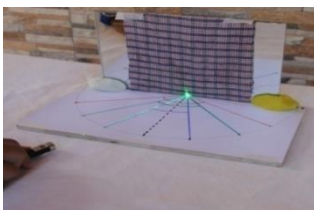
.....

.....

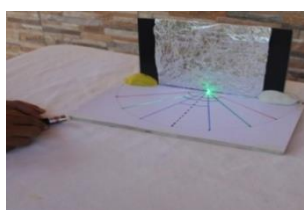
- 3) Φωτίζουμε διαδοχικά τις επιφάνειες των αντικειμένων στο ίδιο σημείο που φωτίζαμε στο προηγούμενο πείραμα τον καθρέφτη.



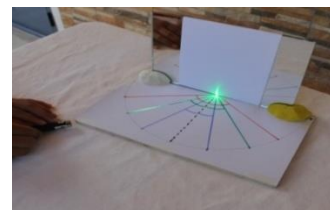
ξύλο



ύφασμα



αλουμινόφυλλο

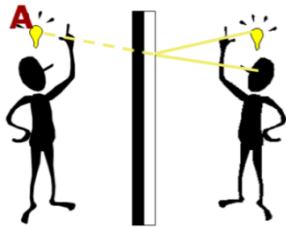


χαρτί A4

Τι διαπιστώνεις να συμβαίνει σε σύγκριση με τις λείες και γυαλιστερές επιφάνειες;

.....  
.....  
.....

**Τι πρέπει να γνωρίζω (συνέχεια)**



✚ Μια φωτεινή ακτίνα ανακλάται στο κάτοπτρο και φτάνει στο μάτι. Ο εγκέφαλος νομίζει ότι προέρχεται από το σημείο A, όπου βλέπει τον γλόμπο.

Αυτό συμβαίνει με όλα τα σημεία και τελικά βλέπουμε ένα συμμετρικό είδωλό μας στον καθρέφτη.

✚ Συνέπειες ανάκλασης



**Ανάκλαση σε επιφάνεια νερού**



**Ανάκλαση σε καθρέφτη**



## ✚ Είδη καθρεφτών



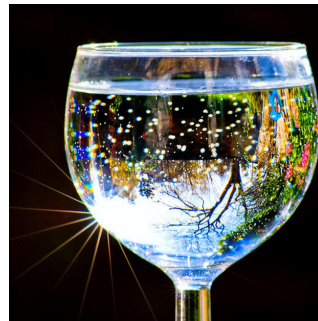
Επίπεδος καθρέφτης



Σφαιρικός καθρέφτης  
(π.χ. επιφάνεια μπάλας  
χριστουγεννιάτικης)



Κυρτός καθρέφτης



Κοίλος καθρέφτης  
Μόνο αυτό το είδος καθρέφτη  
μπορεί να δώσει ένα είδωλο  
αντεστραμμένο (ανάποδο).

## ΠΕΙΡΑΜΑ 3 – Τρικ (Είδωλο σε επίπεδο κάτοπτρο)

### Επίδειξη από το διδάσκοντα

Σημείωση: Το πείραμα βρίσκεται στο (Πατσαδάκης & Πιπίλης, σσ. 44-46, 2004).

### Υλικά / Όργανα:



επίπεδος καθρέφτης



χάρακας



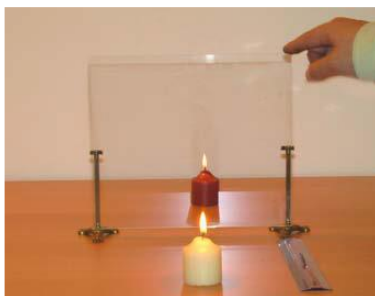
κομμάτι τζάμι



δύο κεριά ίδιου μεγέθους  
αλλά διαφορετικού χρώματος  
(π.χ. άσπρο και κόκκινο)

## Βήματα:

- 1) Τοποθετούμε το ένα κερί μπροστά από τον καθρέπτη και το ανάβουμε. Παρατηρούμε το είδωλο που σχηματίζεται.
- 2) Τοποθετούμε τα δυο κεριά σε ίση απόσταση από το τζάμι με αναμμένο το άσπρο κερί που είναι προς το μέρος των μαθητών. Τότε το είδωλο της φλόγας στο τζάμι δημιουργεί την εντύπωση ότι και το κόκκινο κερί είναι αναμμένο. Η «οπτική άπατη» είναι πιο εμφανής όταν η διάταξη βρίσκεται σε σκοτεινό μέρος.



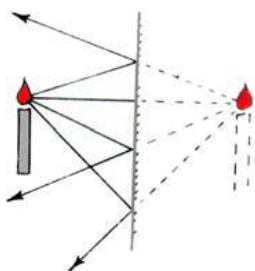
Γιατί φαίνεται σαν να είναι αναμμένο και το κόκκινο κερί;

.....  
.....  
.....

- 3) Καλούμε τους μαθητές να δουν από το πλάι όπου και παρατηρούν ότι το κόκκινο κερί όντως παραμένει σβηστό.



Δεν είναι μαγεία... είναι φυσική !!



Όταν τοποθετούμε ένα αναμμένο κερί μπροστά σε επίπεδο κάτοπτρο, οι φωτεινές ακτίνες του κεριού πάνε προς όλες τις κατευθύνσεις όπως στην εικόνα.

Εμείς βλέπουμε την εικόνα του κεριού στο σημείο που συγκλίνουν οι ακτίνες. Οι φωτεινές ακτίνες δεν βγαίνουν πραγματικά από το σημείο αυτό και γι' αυτό, ότι βλέπουμε μέσα στο κάτοπτρο λέγεται φανταστικό είδωλο.

#### δ. Συμπεραίνω

Γράψε τα συμπεράσματά σου.

.....

.....

.....

.....

#### ε. Γενικεύω

Σύμφωνα με όσα διαπίστωσες παραπάνω, μπορείς τώρα να εξηγήσεις για ποιο λόγο καθρεφτίζεται το βουνό στα ήρεμα νερά της επιφάνειας της λίμνης και γιατί δε συμβαίνει το ίδιο όταν είναι ταραγμένη η επιφάνεια των νερών της λίμνης;

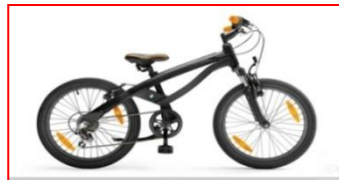
.....

.....

.....

.....

Θα έχεις προσέξει πως στους δρόμους χρησιμοποιούνται ανακλαστικές οδοστρώματος, όπως και σε ρούχα, π.χ. τροχονόμων και οδοκαθαριστών. Αλλά και στα ποδήλατα όλοι μας έχουμε ανακλαστικές στα πεντάλ και στις ρόδες. Για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται; Ποια είναι η αρχή λειτουργία τους;



.....

.....

.....

.....

Κρατήστε ένα κουτάλι μπροστά από το πρόσωπό σας. Κοιτάξτε το είδωλό σας όπως φαίνεται στην μπροστινή πλευρά του κουταλιού και στην πίσω. Τι συμπεραίνετε; Στις παρακάτω εικόνες βλέπετε διάφορα είδη καθρεφτών. Μπορείτε να τα διακρίνετε; Διαλέξτε από τις επιλογές: σφαιρικός καθρέφτης, κυρτός καθρέφτης, επίπεδος καθρέφτης, κοίλος καθρέφτης, κυρτός καθρέφτης.



## 2. Διάθλαση του φωτός

### α. Τι πρέπει να γνωρίζω



- ✚ Η ταχύτητα του φωτός στο νερό, στο γυαλί κ.α. είναι μικρότερη από την ταχύτητά του στον αέρα.
- ✚ Όταν το φως περνά από ένα διαφανές υλικό σε ένα άλλο, η ταχύτητα διάδοσής του είναι διαφορετική και η διεύθυνση διάδοσής του αλλάζει. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται διάθλαση.

#### ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ - BY SSSM

	<p>το φαινόμενο της αλλαγής διεύθυνσης διάδοσης του φωτός όταν περνάει από ένα οπτικό υλικό σε ένα άλλο, στο οποίο διαδίδεται με διαφορετική ταχύτητα!</p> <p>Πώς ;;</p>
<p>η ακτίνα 1 λέγεται προσπίπτουσα η ακτίνα 2 διαθλωμένη και η 3 κάθετη στο σημείο Ο</p> <p><math>\pi</math> = γωνία πρόσπτωσης</p> <p><math>\delta</math> = γωνία διάθλασης το φως εισέρχεται από τον αέρα στο νερό, δηλ. από οπτικά αραιότερο σε οπτικά πυκνότερο υλικό και γι' αυτό <math>\delta &lt; \pi</math></p>	<p>όταν το φως, περνά από ένα οπτικά πυκνότερο σε ένα οπτικά αραιότερο υλικό, τότε είναι <math>\delta &gt; \pi</math></p> <p>πυκνότερο υλικό</p> <p>αραιότερο υλικό</p>

## β. Αναρωτιέμαι – Υποθέτω

Παρατήρησε προσεκτικά τις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα Α



Εικόνα Β



Εικόνα Γ (με νερό)



Εικόνα Δ (με νερό)

Στις εικόνες Α και Β μπορούμε να δούμε ένα άδειο γυάλινο δοχείο πυρέξ από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Το δοχείο περιέχει ένα νόμισμα στο εσωτερικό του. Στη συνέχεια, γεμίζουμε ολοκληρωτικά το δοχείο με νερό. Έτσι, στην εικόνα Γ το νόμισμα φαίνεται να έχει ανυψωθεί (όταν κοιτάζεις από επάνω το δοχείο), ενώ στην εικόνα Δ φαίνεται να υπάρχουν δύο νομίσματα μέσα στο δοχείο.

Γιατί πιστεύετε ότι συμβαίνει αυτό; Γράψε τις υποθέσεις σου στις παρακάτω γραμμές.

.....  
.....  
.....  
.....

## γ. Πειραματίζομαι

Έλεγξε τις υποθέσεις σου, κάνοντας πειράματα.

**Υλικά / Όργανα (Για τα πειράματα της Διάθλασης):**



επίπεδος καθρέφτης



μαύρος μαρκαδόρος



μοιρογνώμονιο



χάρακας



μπουκαλάκι με νερό



κόκκινος μαρκαδόρος



χαρτοταινία



γυάλινο δοχείο πυρέξ



γάλα εβαπορέ



νόμισμα



συσκευή λέιζερ  
(με καινούριες μπαταρίες)

## ΠΕΙΡΑΜΑ 1 (Διάθλαση \_ από τον αέρα στο νερό)

### Βήματα:

- 1) Τοποθετούμε μια λωρίδα χαρτοταινίας στο πίσω μέρος του καθρέφτη στο μέσον του. Χρησιμοποιώντας έναν χάρακα και το μαύρο μαρκαδόρο σχεδιάζουμε μια διακεκομμένη γραμμή.

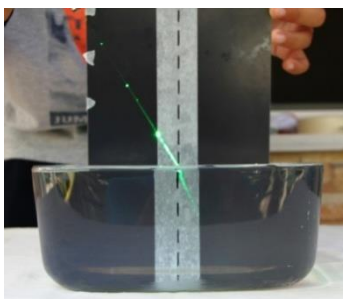


- 2) Αφού τοποθετήσουμε στην αριστερή πλευρά του καθρέφτη σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους (π.χ. 5 εκατοστών) τρία μικρά κομμάτια χαρτοταινίας, τον βυθίζουμε σε ένα πυρέξ γεμάτο μέχρι επάνω με νερό, όπως δείχνουν οι εικόνες.

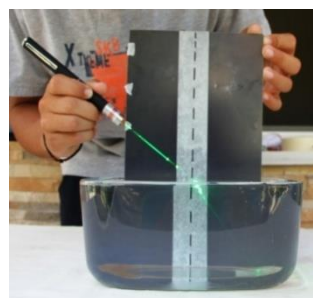
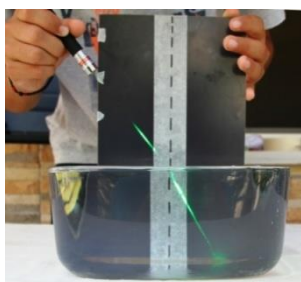




- 3) Κρατώντας σταθερό τον καθρέφτη, ανοίγουμε τη συσκευή λέιζερ προσέχοντας η δέσμη φωτός να ξεκινά από το ανώτερο κομμάτι χαρτοταινίας και να «χτυπά» στην κάθετη διακεκομμένη γραμμή στο σημείο επαφής της με το νερό.

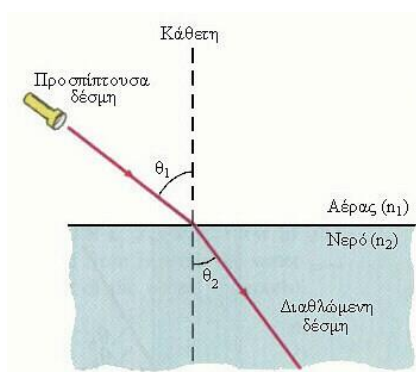


- 4) Επαναλαμβάνουμε το βήμα (3), με τη δέσμη φωτός να ξεκινά πλέον από τη μεσαία και την κάτω θέση αντίστοιχα.



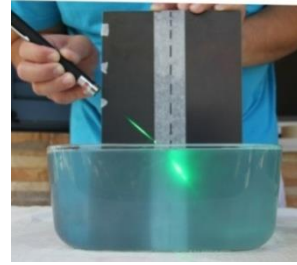
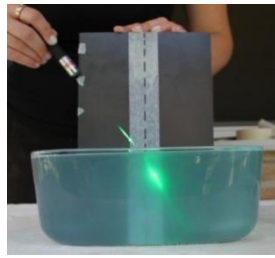
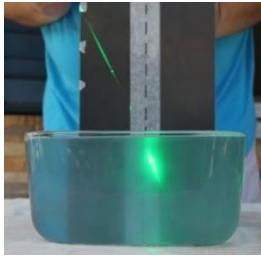
- 5) Επαναλαμβάνουμε τα προηγούμενα βήματα (με τη φωτεινή δέσμη να αρχίζει κάθε φορά από διαφορετικό κομματάκι χαρτοταινίας), δίνοντας μεγάλη προσοχή στο άνοιγμα της γωνίας πρόσπτωσης και της γωνίας διάθλασης κάθε φορά.

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:** Η γωνία πρόσπτωσης σχηματίζεται από τη φωτεινή δέσμη του λέιζερ και την κάθετη διακεκομμένη γραμμή έξω από το νερό, ενώ η γωνία διάθλασης σχηματίζεται από τη φωτεινή δέσμη του λέιζερ και την κάθετη διακεκομμένη γραμμή μέσα στο νερό.





- 6) Επαναλαμβάνουμε το πείραμα, αφού πρώτα διαλύσουμε λίγο γάλα εβαπορέ στο νερό του δοχείου. Προσέχουμε, όμως, να διακρίνεται η διακεκομμένη γραμμή.



Τι παρατηρείτε στο άνοιγμα της γωνίας πρόσπτωσης και διάθλασης στις δύο περιπτώσεις (δοχείο με νερό, δοχείο με νερό και γάλα εβαπορέ);

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## ΠΕΙΡΑΜΑ 2 (Επαλήθευση Νόμου Διάθλασης)

### Βήματα:

- 1) Επαναλαμβάνουμε το προηγούμενο πείραμα, παρατηρώντας προσεκτικά κάθε φορά το άνοιγμα της γωνίας διάθλασης. Με τον μαύρο μαρκαδόρο σημειώνουμε ένα σημάδι στο σημείο που η ακτίνα διάθλασης «πέφτει» στη δεξιά πλευρά της χαρτοταινίας πάνω στο πυρέξ.
- 2) Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία (βυθίζοντας τον καθρέφτη σε δοχείο με νερό και γάλα εβαπορέ) σημειώνοντας με έναν κόκκινο μαρκαδόρο.

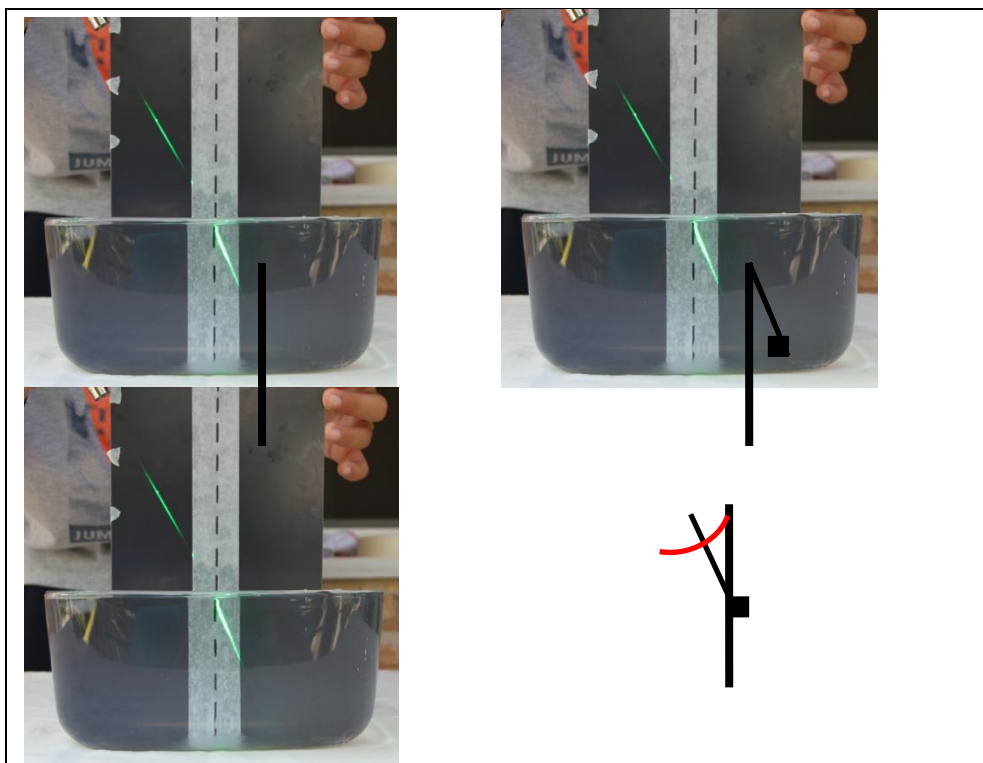
Μπορείτε να διακρίνετε κάποια διαφορά στο άνοιγμα της γωνίας διάθλασης στις δύο περιπτώσεις; Σε ποια από τις δύο περιπτώσεις πλησιάζει περισσότερο η ακτίνα διάθλασης την κάθετη διακεκομμένη γραμμή; Γιατί συμβαίνει αυτό;

.....  
.....

- 3) Με έναν χάρακα σχεδιάζουμε πάνω στο δοχείο κατά μήκος της διακεκομμένης γραμμής, όπως φαίνεται στην πρώτη εικόνα. Αφού αφαιρέσουμε τον καθρέφτη και αδειάσουμε με προσοχή το δοχείο, ενώνουμε πρώτα το μαύρο σημάδι από μια θέση (π.χ. την επάνω) με το επάνω άκρο της γραμμής (δεύτερη εικόνα). Με ένα μοιρογνωμόνιο μετράμε το άνοιγμα

της γωνίας διάθλασης (τρίτη εικόνα). Επαναλαμβάνουμε τις μετρήσεις και για τα υπόλοιπα σημεία.

### Παράδειγμα μέτρησης



Καταγράψτε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα:

Είδος Υλικού	<u>Επάνω θέση</u> (η γωνία πρόσπτωσης έχει το μικρότερο άνοιγμα)	<u>Μεσαία θέση</u> (η γωνία πρόσπτωσης δεν έχει ούτε το μικρότερο ούτε το μεγαλύτερο άνοιγμα)	<u>Κάτω θέση</u> (η γωνία πρόσπτωσης έχει το μεγαλύτερο άνοιγμα)
Δοχείο με νερό (μαύρα σημεία)			
Δοχείο με νερό και γάλα εβαπορέ (κόκκινο σημείο)			

Τι διαπιστώνετε από τις μετρήσεις σας;

.....  
.....  
.....  
.....

### ΠΕΙΡΑΜΑ 3 – Τρικ (Οπτική ψευδαίσθηση\_1)

#### Επίδειξη από το διδάσκοντα

Σημείωση: Το πείραμα βρίσκεται στο (Στυλιανακάκης, σσ. 17-18).

#### Υλικά / Όργανα:



γυάλινο δοχείο πυρέξ



νόμισμα



πέτασμα από χαρτόνι ή μελαμίνη

#### Βήματα:

- 1) Βάζουμε το νόμισμα στο δοχείο και τοποθετούμε το πέτασμα όρθιο σε τέτοια θέση ώστε να μη βλέπουμε το αντικείμενο στο δοχείο.



- 2) Γεμίζουμε το δοχείο με νερό και κοιτάμε από την ίδια θέση το δοχείο. Το αντικείμενο θα φαίνεται.



Σχόλιο: Στην εικόνα βλέπουμε ένα κομμάτι σιδήρου αντί για νόμισμα.

Δεν είναι μαγεία... είναι φυσική !!



Στο μάτι του παρατηρητή φθάνουν φωτεινές ακτίνες από το βυθό αλλά από τις ακτίνες που εκπέμπει το νόμισμα καμία δεν μπορεί να φθάσει στο μάτι του παρατηρητή, μέσα από τον αέρα, δεδομένου ότι το φως στον αέρα διαδίδεται ευθύγραμμα.

Ένα μέρος από το φως που εκπέμπεται από το νόμισμα διαθλάται στη διαχωριστική επιφάνεια και φθάνει στο μάτι του παρατηρητή.



#### ΠΕΙΡΑΜΑ 4 – Τρικ (Οπτική ψευδαίσθηση\_2)

Επίδειξη από το διδάσκοντα



Δεν είναι μαγεία... είναι φυσική !!

Κάνουμε τις διαγώνιες... καμπύλες.

Η διάταξη είναι πολύ απλή και μπορεί να γίνει και από τους μαθητές στο σπίτι.

#### δ. Συμπεραίνο

Γράψε τα συμπεράσματά σου.

.....

.....

.....

.....

Λέξεις – κλειδιά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διατύπωση των συμπερασμάτων:

φωτεινή δέσμη – διαδίδεται – οπτικά αραιότερο υλικό (μέσο) – οπτικά πυκνότερο υλικό (μέσο) – αλλάζει διεύθυνση διάδοσης – διαφορετική ταχύτητα – διάθλαση του φωτός – γωνία πρόσπτωσης – ανάλογη - γωνία διάθλασης – μικρότερη – μεγαλύτερη – ανάλογη με το είδος του υλικού

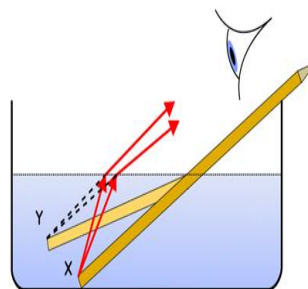
Μια φώκια απολαμβάνει τις βουτιές της στο ενυδρείο. Ένα παχύ κρύσταλλο μας χωρίζει από το θηλαστικό. Το σώμα της φώκιας (φαίνεται να) έχει κοπεί σε δύο κομμάτια.



Ο «υπεύθυνος» για ό, τι παράξενο παρατηρούμε στη φωτογραφία δεν είναι άλλος από τη διάθλαση του φωτός. Το φως, που ανακλά το βυθισμένο στο νερό τμήμα του σώματος της φώκιας, πριν εισέλθει στον φακό της φωτογραφικής μηχανής αλλάζει μέσο διάδοσης κινούμενο αρχικά στο νερό, μετά στο γυαλί του ενυδρείου και τελικά στον αέρα. Υπόκειται, έτσι, σε δύο διαθλάσεις και εμείς, τελικά, βλέπουμε το σώμα της φώκιας να είναι σπασμένο (Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, 2014).

#### δ. Γενικεύω

Γεμίζουμε ένα ποτήρι με νερό και στη συνέχεια βάζουμε το μολύβι πλάγια μέσα στο νερό. Τι παρατηρούμε αν κοιτάξουμε από ένα μέτρο απόσταση και όχι από πάνω; Εξηγήστε γιατί το μέρος του μολυβιού φαίνεται λυγισμένο ή σπασμένο στην επιφάνεια του νερού.



.....  
.....  
.....  
.....

Σύμφωνα με όσα διαπιστώσατε παραπάνω μπορείτε να εξηγήσετε για ποιο λόγο, όταν κοιτάμε από επάνω, το νόμισμα φαίνεται να έχει ανυψωθεί, ενώ, όταν κοιτάμε από πλάγια φαίνεται σαν να υπάρχουν δύο νομίσματα;

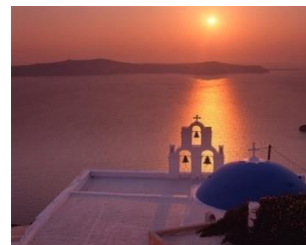


.....  
.....  
.....  
.....

Πού μπορεί κάποιος να τρέξει πιο γρήγορα: στην άμμο δίπλα στη θάλασσα ή μέσα στη θάλασσα σε βάθος μισού μέτρου; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

.....  
.....  
.....

Κατά την ανατολή και τη δύση, μπορεί κανείς να κοιτάξει τον ήλιο χωρίς να τυφλώνεται. Πού νομίζετε ότι οφείλεται αυτό; Αιτιολογήστε την άποψή σας και προσπαθήστε να βρείτε περισσότερες πληροφορίες για το φαινόμενο στο διαδίκτυο, τις οποίες να γράψετε στις παρακάτω γραμμές.



.....  
.....  
.....

Το ουράνιο τόξο σχηματίζεται από την ανάκλαση, τη διάθλαση και το διασκεδασμό του φωτός σε σφαιρικές σταγόνες νερού. Μάθετε περισσότερες λεπτομέρειες για τον τρόπο δημιουργίας του και μεταφέρετέ τα συνοπτικά στις παρακάτω γραμμές.

.....

.....

.....

.....

.....



**Ουράνιο τόξο πάνω από το πατρικό σπίτι του Νεύτωνα, στο Woolsthorpe της Αγγλίας**