



Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας
Πρόγραμμα Σπουδών: Μεταπτυχιακή Ειδίκευση
Καθηγητών Φυσικών Επιστημών

Πτυχιακή Εργασία

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΧΡΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ
ΤΑΞΗ

Χρήστος Ι. Παππάς

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Κωνσταντίνα Στεφανίδου

Πάτρα, Ιούλιος 2019

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΧΡΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ
ΤΑΞΗ

Χρήστος Ι. Παππάς

Επιτροπή Επίβλεψης Πτυχιακής / Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:
Κωνσταντίνα Στεφανίδου
Ε.ΔΙ.Π, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:
Ευαγγελία Μαυρικάκη
Αναπλ.Καθηγήτρια, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ

Πάτρα, Ιούλιος 2019

*Στη Λυδία και στον Ιάσονα
...την ελπίδα και το κίνητρο.*

Περίληψη

Η μελέτη των αποτελεσμάτων των διάφορων μορφών διδακτικών παρεμβάσεων, που ως στόχο έχουν να βοηθήσουν τους μαθητές να γεφυρώσουν το χάσμα ανάμεσα στην επιστημονική θεωρία και στα εμπειρικά τους δεδομένα, αποτελεί σημαντικό ερευνητικό τομέα στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών. Σ' αυτή την εργασία μελετήθηκαν δύο ομάδες (πειραματική και ελέγχου) της Α τάξης του Γενικού Λυκείου, για να προσδιοριστεί ο ρόλος της χρήσης των τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών (ΤΠΕ) σε συνδυασμό με τη διερευνητικού τύπου μάθηση, στη διδασκαλία του 1^{ου} νόμου Newton. Στην ομάδα ελέγχου η διδασκαλία έγινε με τον παραδοσιακό τρόπο, δηλαδή πρώτα παρουσιάστηκε το θεωρητικό πλαίσιο και στη συνέχεια ακολούθησαν παραδείγματα ερωτήσεις και εφαρμογές. Στην πειραματική ομάδα η διδασκαλία έγινε σε ομάδες, διερευνητικά, με χρήση φύλλων εργασίας και των λογισμικών Interactive Physics και Tracker. Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά και δείχνουν ότι ο συνδυασμός κατάλληλου λογισμικού και διδακτικής μεθόδου μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο που θα βοηθήσει τους μαθητές να αντιμετωπίσουν τους γνωστικούς τους περιορισμούς και να αναπτύξουν τη λειτουργική κατανόηση των φυσικών επιστημών.

Λέξεις – Κλειδιά

ΤΠΕ, Διερευνητική μάθηση, 1^{ος} Νόμος Newton

Teaching Science through Information and Communication Technologies (ICT). The use of educational software in the classroom.

Christos Pappas

Abstract

The study of the impact of various forms of teaching interventions, which aim to help students bridge the gap between scientific theory and empirical data, is an important research field in science education. In this study, two groups (experimental and control) of the First Grade of the General Lyceum were studied in order to determine the role of the use of Information and Communication technologies (ICT) in combination with the Inquiry Based Learning in the teaching of the 1st Newton Law. In the control group the teaching was conducted in the traditional way, that is, the theoretical framework was first presented, followed by examples of questions and applications. In the experimental group, the teaching took place in groups, adopting Inquiry Based Learning through the use of worksheets and Interactive Physics and Tracker software. The results are encouraging and show that a combination of appropriate software and teaching methods can be an important tool which allows the teacher to help students cope with cognitive constraints and develop functional understanding of natural sciences.

Keywords

ICT education, Inquiry Based Learning, Newton's 1st Law

Περιεχόμενα

Περίληψη v

Abstract vi

Περιεχόμενα vii

Κατάλογος εικόνων και σχημάτων ix

Κατάλογος πινάκων x

Συνομογραφίες & Ακρωνύμια xi

1. ΤΠΕ 1

1.1 ΤΠΕ ΚΑΙ ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ 1

- 1.1.1 Η διαδικασία μάθησης και η χρήση ΤΠΕ 1
- 1.1.2 Έρευνες για την επίδραση των ΤΠΕ στη μάθηση 2
- 1.1.3 ΤΠΕ και περιβάλλοντα μάθησης 4

1.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΤΠΕ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ (ΦΕ) 6

- 1.2.1 Εισαγωγή - Πλεονεκτήματα της χρήσης εκπαιδευτικού λογισμικού στη διδασκαλία των ΦΕ 6
- 1.2.2 Προσδοκίες και πραγματικότητα από τη χρήση των ΤΠΕ στις ΦΕ 8
- 1.2.3 Η συμβολή των ΤΠΕ στη μάθηση των ΦΕ 9
 - Μαθαίνοντας ΦΕ με προσομοιώσεις 10
 - Μαθαίνοντας ΦΕ μέσω μοντελοποίησης 13
 - Συστήματα καταγραφής δεδομένων 14
 - Μαθαίνοντας ΦΕ μέσω δημιουργίας και επεξεργασίας πολυμέσων και video 15
 - Χρήση διαδικτύου 16
 - Φορητές συσκευές και συσκευές απεικόνισης 17

1.3 ΤΠΕ: ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ 18

- 1.3.1 Εμπόδια στην ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη διδασκαλία των ΦΕ 18
 - Η πρόσβαση 19
 - Ο εκπαιδευτικός 19
- 1.3.2 Τι γίνεται στο Ελληνικό σχολείο; 21
 - Επίλογος 24

2. ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ 25

2.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ 25

- 2.1.1 Αρχαιότητα 25
- 2.1.2 Μεσαιωνικοί χρόνοι και Αναγέννηση 25
- 2.1.3 Σύγχρονη Εποχή 26

2.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ 27

- 2.2.1 Φάσεις και κύκλοι της διερευνητικής μάθησης 27
- 2.2.2 Το πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης 33
- 2.2.3 Τα επίπεδα της διερεύνησης 42
- 2.2.4 Παρανοήσεις - Τι δεν είναι η διερευνητική μάθηση. 44

2.3 ΚΡΙΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ 45

- 2.3.1 Διερεύνηση εναντίον καθοδηγούμενης διδασκαλίας 45
- 2.3.2 Ανθρώπινη Γνωστική Αρχιτεκτονική 47
- 2.3.3 Μνήμη εργασία ή λειτουργική μνήμη 49
- 2.3.4 Γνωστική αρχιτεκτονική και εποικοδομισμός 50
- 2.3.5 Σύγκριση καθοδηγούμενων και μη μορφών μάθησης 52
- 2.3.6 Έρευνες υπέρ της καθοδηγούμενης διδασκαλίας 52
- 2.3.7 Συμπεράσματα 53

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ 1ΟΥ ΝΟΜΟΥ NEWTON ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΠΕ 55

3.1 Η ΕΡΕΥΝΑ 55

- 3.1.1 Στόχοι 55
- 3.1.2 Το δείγμα 55
- 3.1.3 Η εκπαιδευτική παρέμβαση 55
- 3.1.4 Λίγα λόγια για το λογισμικό 56

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 58

3.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΧΟΛΙΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 69

- 3.3.1 Ερωματολόγιο αρχικού και τελικού ελέγχου 69
- 3.3.2 Παρατηρήσεις στις απαντήσεις των ομάδων. 70
- 3.3.3 Περιορισμοί – Προεκτάσεις της έρευνας 75

3.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ 76

Βιβλιογραφικές αναφορές 78

Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο Αρχικού – Τελικού Ελέγχου και Φύλλα Εργασίας 90

Παράρτημα Β: Απαντήσεις των ομάδων στα φύλλα εργασίας 120

Κατάλογος εικόνων και σχημάτων

Σχήμα 1 Κύκλος Έρευνας των White και Frederiksen. 30

Σχήμα 2 Κύκλος έρευνας των Justice et al. 32

Σχήμα 3 Οι όροι που αφορούν τις φάσεις της διερεύνησης ταξινομημένοι σε 34 ομάδες 34

Σχήμα 4 Το πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης των Pedaste et al. 39

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Επίπεδα διερεύνησης και παρεχόμενη πληροφορία. 43

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου αρχικού και τελικού ελέγχου. 69

Πίνακας 3: Αντιστοίχιση στόχων με τα φύλλα εργασίας και το ερωτηματολόγιο αρχικού και τελικού ελέγχου. 93

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

Ε.Ο.Εβ.Κ.	Ευθύγραμμη Ομαλά Επιβραδυνόμενη Κίνηση
Ε.Ο.Εχ.Κ.	Ευθύγραμμη Ομαλά Επιταχυνόμενη Κίνηση
Ε.Ο.Κ.	Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση
ΤΠΕ	Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών
ΦΕ	Φυσικές Επιστήμες
CAI	Computer Assisted Instruction
FMM	Force and Motion Microworld
IP	Interactive Physics
ITS	Intelligent Tutoring System
IWB	Interactive WhiteBoard

1. ΤΠΕ

1.1 ΤΠΕ ΚΑΙ ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1.1.1 Η διαδικασία μάθησης και η χρήση ΤΠΕ

Η χρήση της τεχνολογίας τις τελευταίες δεκαετίες αντανακλά σε μεγάλο βαθμό τις μεταβαλλόμενες αντιλήψεις για τον τρόπο με τον οποίο διαμορφώνεται η μάθηση και η διδασκαλία. Συμβατικά, η μάθηση έχει θεωρηθεί ως μια παθητική δραστηριότητα μετάδοσης γνώσεων από κάποιον που γνωρίζει, σε κάποιον που δεν το κάνει. Κατά την άποψη αυτή, η μάθηση κατανοείται πρωτίστως ως αναπαραγωγή της γνώσης και ως προϊόν που μπορεί να δοθεί έτοιμο στον μαθητή. Δηλαδή η γνώση θεωρείται σα μια συγκεκριμένη, μεταβιβάσιμη οντότητα και το μυαλό ως αποθηκευτικό σκεύος (Sfard, 1998). Οι όροι καθοδηγητικό μοντέλο ή μοντέλο μετάδοσης (instructionist or transmission models) χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν αυτή τη διαδικασία μάθησης. Πιο πρόσφατα, η μάθηση έχει κατανοηθεί ως μια εποικοδομητική διαδικασία, όπου ο εκπαιδευόμενος συμμετέχει ενεργά στην κατασκευή γνώσης μέσω ειδικά σχεδιασμένων δραστηριοτήτων ατομικών ή συνεργατικών, που υποστηρίζουν περισσότερο τη μάθηση σε βάθος παρά σε έκταση. Επομένως, η μάθηση θεωρείται πιο συχνά, όχι ως μια διαδικασία μεταφοράς, αλλά ως μια διαδικασία μετασχηματισμού, συμμετοχής, δημιουργίας γνώσης και εφαρμογής. Αυτή η συμμετοχική προσέγγιση έρχεται σε έντονη αντίθεση με την παραδοσιακή άποψη της μάθησης ως αποτελέσματος ή προϊόντος (Wilson, 1995). Αυτές οι διαφορετικές αντιλήψεις, έχουν καθορίσει σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο με τον οποίο οι ΤΠΕ μπορούν να σχεδιαστούν για να υποστηρίξουν και να προωθήσουν τη μάθηση.

Παράλληλα με τις μεταβαλλόμενες αντιλήψεις για τη μάθηση, βλέπουμε τα κύματα εφαρμογών που υποστηρίζονται από τις ΤΠΕ στην τάξη τις τελευταίες δεκαετίες. Ξεκίνησαν με την αυτοματοποιημένη διδασκαλία (Computer Assisted Instruction - CAI), στα τέλη της δεκαετίας του '70 και τη δεκαετία του '80, όπου οι μαθητές ενθαρρύνονταν να μαθαίνουν από προγράμματα εξάσκησης και πρακτικής, καθώς και από προγράμματα προσομοίωσης. Σε αυτή την περίοδο, ο υπολογιστής χρησίμευε κυρίως ως υποκατάστατο του εκπαιδευτικού, διδάσκοντας και εξετάζοντας τους μαθητές και ενσωματώθηκε στα εκπαιδευτικά προγράμματα, συμπληρώνοντας ή αντικαθιστώντας πιο συμβατικές μεθόδους διδασκαλίας.

(Kulik & Kulik, 1991). Σύντομα οι μαθητές κλήθηκαν να μάθουν να προγραμματίζουν τον υπολογιστή χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού όπως η Logo και η BASIC και ο υπολογιστής θεωρήθηκε ως παιδαγωγός. Υπήρχε η προσδοκία ότι ο προγραμματισμός θα φέρει τα μαθησιακά και μεταγνωστικά οφέλη, όπως η βελτίωση της επίλυσης προβλημάτων και των δεξιοτήτων σκέψης (Papert, 1980). Από τα τέλη της δεκαετίας του '80, οι ΤΠΕ χρησιμοποιούνταν κυρίως ως εργαλείο στην τάξη, όπου η επεξεργασία κειμένου, η διαχείριση βάσεων δεδομένων και το λογισμικό υπολογιστικών φύλλων χρησιμοποιούνται ως εφαρμογές ανοιχτού τύπου για την υποστήριξη των φυσικών επιστημών των μαθηματικών και άλλων γνωστικών τομέων. Σε μια έρευνα που έγινε από τον Becker (Becker, 2000) η επεξεργασία κειμένου φέρεται να ήταν το μόνο λογισμικό που είχε ευρεία (μεταξύ των σχολικών μαθημάτων) και συχνή χρήση. Με την εμφάνιση του διαδικτύου στην τάξη, από τα μέσα της δεκαετίας του 1990, ο παγκόσμιος ιστός (Web) χρησιμοποιήθηκε ως ένα μέσο επικοινωνίας, ως πόρος πληροφόρησης, καθώς και ως αυτοεκδοτικό εργαλείο. Ο ιστός διευκόλυνε επίσης την ανάπτυξη πολυμεσικών εφαρμογών. Βαθμιαία οι ΤΠΕ χρησιμοποιήθηκαν για να δημιουργηθούν μαθησιακά περιβάλλοντα που υποστήριζαν τις διδακτικές προσεγγίσεις μέσω της διερεύνησης, της επίλυσης προβλημάτων και της κατασκευής της γνώσης από τους μαθητές. Από το 2000, οι εφαρμογές ηλεκτρονικής μάθησης, κοινωνικής δικτύωσης και κινητής τηλεφωνίας έχουν κερδίσει δημοτικότητα. Αυτές οι εφαρμογές ΤΠΕ υποστηρίζονται από διαφορετικές αντιλήψεις για τη μαθησιακή διαδικασία. Όπως προτείνει ο Koschmann (Koschmann, 1996), το CAI υποστηρίζεται από μια συμπεριφοριστική προσέγγιση ενώ το ευφυές σύστημα διδασκαλίας (Intelligent Tutoring System – ITS) βασίζεται σε μια γνωστική φιλοσοφία. Η γλώσσα προγραμματισμού βασίζεται σε μια συμπεριφοριστική προσέγγιση, ενώ οι συνεργατικές προσεγγίσεις που υποστηρίζονται από υπολογιστή υποκινούνται από τις θεωρίες του κοινωνικού εποικοδομισμού (Dede, 2008).

1.1.2 Έρευνες για την επίδραση των ΤΠΕ στη μάθηση

Καθώς, στην κοινωνία της γνώσης, η χρήση των ΤΠΕ στην τάξη θεωρείται αναπόφευκτη (Anderson, 2008), λόγω της διείσδυσης της τεχνολογίας αλλά και για την προετοιμασία των μαθητών για μελλοντική απασχόληση (Selwyn, 2000), η πίεση για τη χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση οδήγησε σε αυτό που αναφέρουν οι Maddux & Cummings (Maddux & Cummings, 2004) ως το σύνδρομο του Everest, με μια γενική αντίληψη ότι «οι υπολογιστές θα πρέπει να

ενσωματωθούν στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα απλώς και μόνο επειδή είναι εκεί» (σελ. 5). Ως ταχέως εισαγόμενο πρόσθετο στην τάξη, η χρήση των ΤΠΕ οδηγείται συχνά από μια τεχνολογικά επικεντρωμένη προσέγγιση, όπου οι τεχνολογικές καινοτομίες υιοθετούνται στην τάξη για να καθοδηγήσουν την διδασκαλία χωρίς να υπάρχει η κατάλληλη επικύρωση από μελέτες (Maddux & Cummings, 2004).

Έχει διεξαχθεί ένας μεγάλος αριθμός μεμονωμένων και μετα-αναλυτικών μελετών για τη διερεύνηση των επιπτώσεων των ΤΠΕ και των αποτελεσμάτων από τη χρήση τους. Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες είναι μελέτες σύγκρισης μέσων, διερευνώντας τα αποτελέσματα της χρήσης της τεχνολογίας ως μέσου διδασκαλίας, σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Συνήθως διεξάγονται με τάξεις χωρισμένες σε πειραματικές ομάδες και ομάδες ελέγχου, με την πειραματική ομάδα να διδάσκεται μέσω υποβοηθούμενης από τον υπολογιστή διδασκαλίας και την ομάδα ελέγχου από τον εκπαιδευτικό. Τα συμπεράσματα αυτών των μελετών δείχνουν γενικά ότι οι ΤΠΕ έχουν θετικό, αλλά μετριοπαθές αποτέλεσμα (Kulik & Kulik, 1991; Blok et al., 2002). Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι τα ευρήματα σχετικά με τις επιδράσεις της χρήσης ΤΠΕ δεν είναι πάντοτε θετικά και τα συνολικά αποτελέσματα πρέπει να θεωρηθούν αβέβια. Για παράδειγμα, μια προηγούμενη ανασκόπηση από τους Kulik et al (Kulik et al., 1985) ανέφερε ότι η μάθηση με βάση την προσομοίωση δεν έχει θετική επίδραση στην επίτευξη των διδακτικών στόχων. Τα πιο ευνοϊκά αποτελέσματα φαίνεται να οφείλονται στην προσοχή που δίνεται στη χρήση της διδασκαλίας που αφορά τη χρήση της τεχνολογίας (Vanderbilt, 1996). Επίσης, σε λεπτομερή ανασκόπηση 30 μελετών (Dillon & Gabbard, 1998) που επικεντρώνονται στις ποσοτικές επιδράσεις των υπερμέσων (hypermedia) στα μαθησιακά αποτελέσματα, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ως μορφή παρουσίασης της πληροφορίας, η αξία της υπερμέσων στην διδασκαλία ήταν περιορισμένη.

Κατά την αξιολόγηση της επίδρασης της χρήσης της τεχνολογίας στην μάθηση, ορισμένοι ερευνητές (Salomon & Lowyck, 2006) αμφισβητούν την εγκυρότητα του διαχωρισμού της τεχνολογίας από το πλαίσιο διδασκαλίας και μάθησης, καθώς είναι δύσκολο, εάν όχι αδύνατο, να προσδιοριστεί σε ποιο βαθμό η τεχνολογία από μόνη της, μπορεί να οδηγήσει σε οποιαδήποτε βελτίωση στη μάθηση. Εξάλλου, το μαθησιακό περιβάλλον είναι ένα σύνθετο σύστημα όπου η συνεργασία και οι αλληλεπιδράσεις πολλών παραγόντων θα επηρεάσουν τη διαδικασία μάθησης (Salomon & Lowyck, 2006). Στην αποκαλούμενη «Συζήτηση για τις ΤΠΕ», που ξεκίνησε από τον (Clark, 1983), ο Clark ισχυρίζεται ότι οι εκπαιδευτικές μέθοδοι

δεν μπορούν να διαχωριστούν από τις ΤΠΕ και είναι η εκπαιδευτική μέθοδος εκείνη που επηρεάζει τη μάθηση ως μέσο « οι ΤΠΕ είναι απλά οχήματα που παραδίδουν οδηγίες αλλά δεν επηρεάζουν τα επιτεύγματα των μαθητών περισσότερο από ότι το φορτηγό που παραδίδει τα ψώνια μας προκαλεί αλλαγές στη διατροφή μας. Βασικά, η επιλογή του οχήματος μπορεί να επηρεάσει το κόστος ή την έκταση της διανομής αλλά μόνο το περιεχόμενο του οχήματος μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα» (σελ. 445). Η θέση του Clark υποστηρίζεται από τον Mayer (Mayer, 2003), ο οποίος έχει πραγματοποιήσει μια σειρά μελετών πολυμέσων, χρησιμοποιώντας την ίδια διδακτική μέθοδο σε διάφορα περιβάλλοντα των ΤΠΕ, για να δείξει ότι ήταν η εκπαιδευτική μέθοδος που προωθούσε την ενεργητική γνωστική διαδικασία που προκάλεσε τη μάθηση, και όχι τα περιβάλλοντα που παρέχουν οι ΤΠΕ. Ομοίως, μια έρευνα που έγινε από την ομάδα Vanderbilt (Vanderbilt, 1996) υποστηρίζει την ανάγκη διερεύνησης της αποτελεσματικότητας των διδακτικών σχεδίων και όχι των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση περιεχομένου. Υποστηρίζοντας μια αντίθετη στάση, ο Kozma (Kozma, 1994) ισχυρίζεται ότι το μέσο και η μέθοδος πρέπει να έχουν μια πιο ολοκληρωμένη σχέση και ότι και τα δύο αποτελούν μέρος του διδακτικού σχεδιασμού. Κάποιες τεχνολογίες, μπορεί να έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά, τα οποία μπορούν να παρέχουν εκείνες τις προοπτικές για να υποστηρίξουν εκπαιδευτικές στρατηγικές που δεν θα ήταν δυνατές χωρίς την τεχνολογία.

Με τη μετατόπιση της κατανόησης της μάθησης και του ρόλου της τεχνολογίας στη μαθησιακή διαδικασία, ο Mayer (Mayer, 1997) υποστηρίζει ότι η έρευνα για τα αποτελέσματα των ΤΠΕ βασίζεται σε μια ξεπερασμένη αντίληψη που βλέπει τη μάθηση ως μεταφορά της γνώσης. Ως εκ τούτου θα πρέπει να γίνει μια μετάβαση από την τεχνοκεντρική προς μια μαθητοκεντρική προσέγγιση της μάθησης. Οι μελλοντικές έρευνες για την τεχνολογία και τη μάθηση θα πρέπει να έχουν ως επίκεντρο το μαθητή και όχι το μέσο μεταφοράς της πληροφορίας. Επομένως, είναι καιρός να μετατοπιστεί η εστίαση της έρευνας «από τις ΤΠΕ ως μεταφορείς μεθόδων στις ΤΠΕ ως παράγοντες διευκόλυνσης της δημιουργίας γνώσης από την πλευρά των μαθητών» (Kozma, 1994) (σελ. 13).

1.1.3 ΤΠΕ και περιβάλλοντα μάθησης

Η πρόσφατη έρευνα για την τεχνολογία και τη μάθηση έδωσε μεγαλύτερη προσοχή στην ενσωμάτωση της τεχνολογίας στο μαθησιακό περιβάλλον (Salomon, 1998). Γνωρίζουμε τώρα

ότι ολόκληρη η κουλτούρα του μαθησιακού περιβάλλοντος θα επηρεάσει τη μάθηση και όχι μια τεχνολογία ή μια ενιαία δραστηριότητα που συνεπάγεται τη χρήση της τεχνολογίας. Είναι επομένως πιο παραγωγικό να μελετηθούν οι επιπτώσεις των ΤΠΕ μέσα στο μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο και ενσωματώνονται. Πολλοί ορισμοί υπάρχουν γύρω από το όρο μαθησιακό περιβάλλον, με τους ερευνητές να έχουν διαφορετικές απόψεις τόσο στην έκταση όσο και στο βάθος που αυτός καλύπτει. Ο όρος μαθησιακό περιβάλλον μπορεί να οριστεί στενά για να αναφερθεί σε ένα λογισμικό που δημιουργείται για την υποστήριξη συγκεκριμένων τύπων μάθησης. Ένας ευρύτερος ορισμός του μαθησιακού περιβάλλοντος, όπως πρότεινε ο Sawyer (Sawyer, 2006), θα περιλαμβάνει τους ανθρώπους (καθηγητές, μαθητές και άλλους ανθρώπους στο περιβάλλον), τους υπολογιστές και τους ρόλους τους, την αρχιτεκτονική και τη διάταξη της τάξης, τα φυσικά αντικείμενα στο φυσικό περιβάλλον, καθώς και το ψυχολογικό, κοινωνικό και πολιτιστικό περιβάλλον. Ομοίως, οι Salomon & Almog (Salomon & Almog, 1998) χρησιμοποιούν τον όρο μαθησιακό περιβάλλον για να αναφερθούν στο σύνολο των δραστηριοτήτων διδασκαλίας και εκμάθησης, σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο, μαζί με κάθε τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Θεωρώντας τα ως πολύπλοκα συστήματα, οι Salomon & Lowyck (Salomon & Lowyck, 2006) υποστηρίζουν ότι υπάρχουν τρία χαρακτηριστικά των μαθησιακών περιβαλλόντων. Πρώτον, υπάρχουν διαφορετικά στοιχεία σε ένα μαθησιακό περιβάλλον, όπως τα χαρακτηριστικά των μαθητών και των εκπαιδευτικών, οι αλληλεπιδράσεις μαθητών - μαθητών και μαθητών - εκπαιδευτικών, οι μαθησιακές δραστηριότητες και τα υλικά, καθώς και οι κανονισμοί. Δεύτερον, αυτά τα στοιχεία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους δίνοντας έτσι νόημα το ένα στο άλλο. Τέλος, το μαθησιακό περιβάλλον δεν είναι στατικό, καθώς οι αλληλεπιδράσεις και οι συνέπειές τους αλλάζουν διαρκώς. Η κατανόηση των χαρακτηριστικών των μαθησιακών περιβαλλόντων θα βελτιώσει τον τρόπο με τον οποίο η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη στήριξη της μάθησης σε αυτά τα περιβάλλοντα.

Ένα μαθησιακό περιβάλλον δεν έχει απαραίτητως φυσικό χώρο. Μπορεί να υπάρχει σε μια διαδικτυακή σύνδεση. Για παράδειγμα, πολλά online μαθήματα έχουν δημιουργήσει ένα εικονικό περιβάλλον για να διευκολύνουν τη διαδικασία μάθησης. Αυτά τα μαθήματα μερικές φορές λαμβάνουν χώρα σε μια πιο επίσημη δομή όπου χρησιμοποιούνται συστήματα διαχείρισης μαθημάτων όπως το Edmodo <https://www.edmodo.com/?language=el> το Tes Blendspace <https://www.tes.com/lessons> και η ηλεκτρονική σχολική τάξη (η - τάξη) <https://eclass.sch.gr/>. Επί του παρόντος διεξάγονται όλο και περισσότερες έρευνες για την

κατανόηση των χαρακτηριστικών των εικονικών περιβαλλόντων μάθησης και του τρόπου με τον οποίο επηρεάζουν τη μάθηση. Τα περιβάλλοντα μάθησης μπορούν να σχεδιαστούν και να αναπτυχθούν ως μαθησιακές κοινότητες. Η μελέτη των μαθησιακών κοινοτήτων αποτελεί ένα πεδίο αυξανόμενης ερευνητικής δραστηριότητας και θεωρείται ως ένας αποτελεσματικός τρόπος υποστήριξης τόσο της μάθησης όσο και της δημιουργίας γνώσεων.

Τα περιβάλλοντα μάθησης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνολογία, που μπορεί όχι μόνο να διευκολύνει, αλλά και να διαμορφώνει, το σχεδιασμό αυτών των μαθησιακών περιβαλλόντων (Salomon, 1998), ώστε να είναι επικεντρωμένα στους μαθητές. Προσοχή πρέπει να δοθεί στα πέντε θεμέλια κατά τους Hannafin & Land (Hannafin & Land, 1997), των μαθησιακών περιβαλλόντων που είναι το παιδαγωγικό, το τεχνολογικό, το πολιτιστικό και το πραγματολογικό. Επίσης, ο Bielaczyc (Bielaczyc, 2006) επεσήμανε ότι κατά το σχεδιασμό ενός μαθησιακού περιβάλλοντος, στο πλαίσιο της τάξης, το πεδίο εφαρμογής της διαδικασίας σχεδιασμού δεν πρέπει να επικεντρώνεται μόνο στο ίδιο το εκπαιδευτικό εργαλείο (δηλ. λογισμικό) αλλά πρέπει επίσης να εξετάσει *«το λογισμικό, την τεχνική υποδομή και τις προδιαγραφές του υλικού, την κοινωνική υποδομή: οι κοινωνικές δομές που υποστηρίζουν τη μάθηση με τα εργαλεία μάθησης, τους τρόπους με τους οποίους η μάθηση με τη χρήση ΤΠΕ εντάσσεται στο πρόγραμμα σπουδών και σχετίζεται με τα πρότυπα και τη γνώση του καθηγητή σχετικά με τη λειτουργικότητα των ΤΠΕ»* (σελ. 316). Ένας σημαντικός τομέας στη μελέτη του σχεδιασμού του μαθησιακού περιβάλλοντος, είναι ο τρόπος με τον οποίο η τεχνολογία μπορεί να υποστηρίξει αποτελεσματικά τόσο την κοινωνική δομή όσο και τις υποδομές που ενισχύουν τη διαδραστικότητα μέσα στο μαθησιακό περιβάλλον.

1.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΤΠΕ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ (ΦΕ)

1.2.1 Εισαγωγή - Πλεονεκτήματα της χρήσης εκπαιδευτικού λογισμικού στη διδασκαλία των ΦΕ

Η χρήση ΤΠΕ επιτρέπει την εξατομικευμένη διδασκαλία. Κάθε μαθητής μαθαίνει ακολουθώντας το δικό του ρυθμό. Ο υπολογιστής «παρουσιάζει» αυτό που πρόκειται να διδαχθεί μέσα από πολλαπλές αναπαραστάσεις και ο διδασκόμενος έχει σε πολλές περιπτώσεις

εκπαιδευτικών λογισμικών τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσει μαζί τους απαντώντας σε ερωτήσεις, ελέγχοντας μ' αυτό τον τρόπο το επίπεδο κατανόησης του αντικειμένου που μελετά.

Ένα δεύτερο πλεονέκτημα από τη χρήση των ΤΠΕ είναι ότι μας επιτρέπεται η διαφοροποίηση ανάμεσα στο χρόνο που διδάσκεται ένα μάθημα και στο χρόνο που αυτό μελετάται και μαθαίνεται από τους μαθητές.

Στις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας, ο εκπαιδευτικός θα πάρει τις εργασίες ή τις γραπτές δοκιμασίες για να τις διορθώσει και να τις επιστρέψει μετά από κάποιες μέρες όπως γίνεται συνήθως. Όταν οι μαθητές λαμβάνουν τα διορθωμένα γραπτά, ενδιαφέρονται κυρίως για το αποτέλεσμα – βαθμολογία – παρά για την κατανόηση των όποιων λαθών έχουν κάνει. Με τη χρήση των ΤΠΕ, αυτή η χρονική καθυστέρηση δεν υφίσταται, μιας και ο μαθητής έχει τη δυνατότητα άμεσης ανατροφοδότησης για το αν η απάντηση που έδωσε είναι σωστή ή λάθος. Σε πολλά εκπαιδευτικά λογισμικά η ανατροφοδότηση μάλιστα δεν σταματά στο χαρακτηρισμό της απάντησης ως λανθασμένης, αλλά συνοδεύεται και από την παρουσίαση της κατάλληλης θεωρίας, ώστε ο μαθητής μελετώντας την να φτάσει στη σωστή απάντηση.

Με τη χρήση των εκπαιδευτικών λογισμικών, οι μαθητές μαθαίνουν αυτενεργώντας και όχι παθητικά, όπως συμβαίνει με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας. Μπορούν να επαναλάβουν ένα εικονικό πείραμα όσες φορές θέλουν, προκειμένου να κατανοήσουν ένα φαινόμενο και να ανακαλύψουν τους συσχετισμούς με τις παραμέτρους που το επηρεάζουν. Στο παραδοσιακό σχολείο υπάρχει χρονικός περιορισμός σε ότι αφορά τις ώρες διδασκαλίας κάθε ενότητας, που είναι ο ίδιος για όλους τους μαθητές ανεξάρτητα από το επίπεδο των γνώσεών τους ή τα ενδιαφέροντά τους.

Οι ΤΠΕ παρέχουν τη δυνατότητα τηλεεκπαίδευσης σύγχρονης ή ασύγχρονης. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί η διδασκαλία, χωρίς ο μαθητής και ο εκπαιδευτικός να βρίσκονται στον ίδιο χώρο την ίδια χρονική στιγμή. Οι δυνατότητες που προσφέρει η τηλεματική φαίνεται να είναι απεριόριστες. Η επικοινωνία εκπαιδευτικού μαθητή μέσω, όχι μόνο κειμένων, αλλά εικόνας και ήχου που μπορεί να γίνεται σύγχρονα ή ασύγχρονα θα επιτρέψει σε απομακρυσμένα νησιά αλλά και σε δυσπρόσιτες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας να αποδεσμευτούν από την εκπαιδευτική απομόνωση.

Οι νέες τεχνολογίες μας δίνουν την ευκαιρία να διαμορφώσουμε εξειδικευμένες ομάδες ή τάξεις που δεν θα μπορούσαν να υπάρξουν χωρίς τη χρήση των ΤΠΕ για οικονομικούς και άλλους λόγους. Επιπλέον οι ΤΠΕ εξομαλύνουν τις ανισότητες στη εκπαίδευση δίνοντας ίσες ευκαιρίες για πρόσβαση στη γνώση. Ο μαθητής μπορεί να έχει πρόσβαση σε ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες, σε δεδομένα από εργαστήρια φυσικών επιστημών και σε ένα πλήθος διαλέξεων για κάθε γνωστικό αντικείμενο που τον ενδιαφέρει.

Μέσω των ΤΠΕ δίνεται η δυνατότητα εξομοίωσης πειραμάτων, που είναι δύσκολο ή και αδύνατο να πραγματοποιηθούν στο σχολικό εργαστήριο, είτε λόγω κόστους είτε λόγω επικινδυνότητας (Garyfallidou et al. , 2001).

1.2.2 Προσδοκίες και πραγματικότητα από τη χρήση των ΤΠΕ στις ΦΕ

Οι προσδοκίες για την ενίσχυση της μάθησης των φυσικών επιστημών με τη βοήθεια των ΤΠΕ υπήρξαν υψηλές από τις πρώτες μέρες εμφάνισης αυτών των τεχνολογιών. Οι δυνατότητες υποστήριξης και διευκόλυνσης της μάθησης των φυσικών φαινομένων μέσω της διερεύνησης προσομοιώσεων, της μοντελοποίησης των επιστημονικών διαδικασιών, της αυτόματης καταγραφής και ανάλυσης δεδομένων, και της δυνατότητας πρόσβασης επιστημονικών πληροφοριών αλλά και επικοινωνίας με τους εκπαιδευτικούς είναι υψηλές. Μελέτες περιπτώσεων σε ολόκληρο τον κόσμο έδειξαν ότι η πληροφορική μπορεί να επιτρέψει καινοτόμες πρακτικές για τη μάθηση των ΦΕ στην τάξη. Ωστόσο, ενώ η επιστημονική έρευνα έχει μετασηματιστεί με την τεχνολογία των υπολογιστών, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας του νέου τομέα της βιοπληροφορικής, η χρήση της πληροφορικής στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών εμφανίζεται να είναι ασυνεχής, ανομοιομορφη και περιορισμένη. Οι κυριότεροι λόγοι για αυτό έχουν να κάνουν με τη φύση του προγράμματος σπουδών των φυσικών επιστημών, τη διαθεσιμότητα του κατάλληλου εξοπλισμού και λογισμικού και την κατανόηση του παιδαγωγικού δυναμικού των διαφόρων μορφών ΤΠΕ και το πώς αυτές μπορούν να ενσωματωθούν με αποτελεσματικό τρόπο ώστε να στηρίζουν τη μάθηση και τη διδασκαλία.

Οι τάσεις σε ολόκληρο τον ανεπτυγμένο κόσμο δείχνουν πτώση του ενδιαφέροντος και της αφομοίωσης των ΦΕ (Gago et al., 2005; Osborne & Collins, 2001). Τα στοιχεία δείχνουν ότι τα παιδιά ενδιαφέρονται για τις ΦΕ αλλά σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με άλλα μαθήματα

(Jenkins & Nelson, 2005). Οι μαθητές δυσανασχετούν στα μαθήματα των ΦΕ γιατί θεωρούν ότι απαιτούν υπερβολική απομνημόνευση και επανάληψη, συνεχή αντιγραφή και λήψη σημειώσεων, χωρίς να δίνεται ο απαραίτητος χρόνος για τη συζήτηση των εννοιών των ΦΕ και την αφομοίωσή τους. Αυτό ανησυχεί τόσο τους εκπαιδευτικούς των ΦΕ όσο και τις κυβερνήσεις και, συνεπώς, αρκετές χώρες προχώρησαν πρόσφατα σε ριζική αναθεώρηση των προγραμμάτων σπουδών των αντίστοιχων μαθησιακών αντικειμένων. Αυτές οι εξελίξεις επικεντρώθηκαν στις ανάγκες της μάθησης των επιστημών στον εικοστό πρώτο αιώνα και έχουν αναγνωρίσει ένα ρόλο, που όμως δεν έχει ακόμη καθοριστεί σαφώς, για την πληροφορική.

1.2.3 Η συμβολή των ΤΠΕ στη μάθηση των ΦΕ

Από τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί όσον αφορά την επίδραση των ΤΠΕ στην μάθηση των ΦΕ έχουν εξαχθεί ποικίλα συμπεράσματα. Κάποιες μελέτες δείχνουν ότι υψηλά επίπεδα χρήσης ΤΠΕ στη διδασκαλία συνδέονται με καλύτερα αποτελέσματα για τους μαθητές στις Φ.Ε (Harrison et al., 2002; Christmann et al., 1997). Επιπροσθέτως μελέτες υποστηρίζουν ότι η χρήση ΤΠΕ δίνει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την επίτευξη των διδακτικών στόχων στις ΦΕ, παρά σε άλλα γνωστικά αντικείμενα (Christmann et al., 1997). Άλλες μελέτες αναφέρουν πως δεν υπάρχει ξεκάθαρη διαφορά στην επίτευξη των διδακτικών στόχων στα μαθήματα των ΦΕ ανάμεσα στις τάξεις που χρησιμοποιούν σε μεγάλο βαθμό τις ΤΠΕ και σε εκείνες που τις χρησιμοποιούν ελάχιστα (La Velle et al., 2003). Αυτές οι έρευνες και οι αναλύσεις δείχνουν πως η χρήση των ΤΠΕ προάγει τη μάθηση των ΦΕ αλλά δεν παρέχουν κάποια πληροφόρηση για το πώς αυτό συμβαίνει.

Αποδείξεις για το πια είναι τα αίτια πίσω από την επιτυχία των ΤΠΕ στη διδακτική των ΦΕ, προκύπτουν από λεπτομερείς μελέτες που έχουν γίνει για τη χρήση συγκεκριμένων τύπων ΤΠΕ που σχετίζονται με τις πειραματικές αναπαραστάσεις. Τέτοιου είδους ΤΠΕ που έχει αποδειχθεί ότι προάγουν την εκμάθηση των ΦΕ είναι τα λογισμικά προσομοίωσης, τα λογισμικά μοντελοποίησης και τα λογισμικά καταγραφής δεδομένων. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν μελέτες από τη διεθνή βιβλιογραφία για το πώς αυτού του είδους τα λογισμικά λειτουργούν ενισχυτικά για τη μάθηση των ΦΕ. Άλλοι τύποι ΤΠΕ όπως τα πολυμέσα, η δημιουργία και επεξεργασία video, η έρευνα στο διαδίκτυο έχουν μελετηθεί λιγότερο αλλά η δυναμική τους στην υποστήριξη της διδασκαλίας των ΦΕ φαίνεται να είναι υψηλή.

Μαθαίνοντας ΦΕ με προσομοιώσεις

Προφανές πλεονέκτημα από τη χρήση των προσομοιώσεων στα μαθήματα των ΦΕ είναι το ότι επιτρέπουν τη διερεύνηση φαινομένων που είναι δύσκολο, επικίνδυνο ή κοστοβόρο να πραγματοποιηθούν σε ένα σχολικό εργαστήριο. Η χρήση των προσομοιώσεων για παράδειγμα είναι ιδανική για φαινόμενα στα οποία η ύλη έχει πολύ μικρές διαστάσεις (ατομικά φαινόμενα) ή πολύ μεγάλες (διάστημα), αλλά και για φαινόμενα που πραγματοποιούνται πολύ γρήγορα ή πολύ αργά, ώστε να είναι εφικτή η άμεση παρατήρησή τους στο εργαστήριο. Αυτό διευρύνει τις ευκαιρίες για την κατανόηση των φυσικών φαινομένων, αλλά προκαλεί επίσης ερωτήματα για το φάσμα των φαινομένων που θα πρέπει να εξεταστούν στη σχολική τάξη και σε ποιο επίπεδο λεπτομέρειας. Σε ποιο βαθμό θα πρέπει οι προσομοιώσεις να αντικαταστήσουν τα πειράματα και την επιτόπια εργασία, και ποιες είναι οι πρόσθετες δυνατότητες μάθησης που αυτές παρέχουν;

Ένα πρώτο βήμα στην διερεύνηση αυτών των ερωτήσεων είναι να διερευνήσουμε πώς μαθαίνουν οι μαθητές από προσομοιώσεις. Ορισμένες μελέτες σχετικά με τη χρήση προσομοιώσεων βασισμένων στις ΤΠΕ, επικεντρώθηκαν σε μία από τις πιο δύσκολες πτυχές της διδασκαλίας των ΦΕ, που είναι η προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής και η αντιμετώπιση συγκεκριμένων εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών σε σχέση με τα φυσικά φαινόμενα. Έχει εδραιωθεί με εκτεταμένες μελέτες ότι τα παιδιά αναπτύσσουν τις δικές τους «αφελείς θεωρίες» για να εξηγήσουν τα φυσικά φαινόμενα που παρατηρούν στον κόσμο γύρω τους και αυτές οι εναλλακτικές αντιλήψεις τείνουν να παραμένουν παρά τη σχολική φοίτηση (Guesne & Tiberghien, 1985; Driver et al., 1985).

Η έρευνα για τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών έδωσε την ώθηση για τη δημιουργία ενός κινήματος, προς μια εποικοδομηστική προσέγγιση στην επιστήμη της παιδαγωγικής (Driver & Easley, 1978). Πιο πρόσφατα, οι κοινωνικο-πολιτισμικές θεωρίες που βασίζονται σε εκείνες του Vygotsky και άλλων έχουν εφαρμοστεί στη μάθηση των επιστημών και έχουν διερευνηθεί άλλες παιδαγωγικές διαδικασίες, που βασίζονται σε εποικοδομηστικού τύπου προσεγγίσεις για τη μάθηση των ΦΕ (Scott et al., 1991; Duit & Treagust, 2003).

Όμως, παρά την ανάπτυξη των εποικοδομηστικών παιδαγωγικών πρακτικών, από την εποχή της δεκαετίας του 1980 που έχουν γίνει εκτενείς έρευνες για την εννοιολογική αλλαγή, δεν

υπάρχουν σαφή στοιχεία για το πώς οι εποικοδομητικές θεωρίες της μάθησης σχετίζονται με την πραγματική μάθηση και με τις πρακτικές διδασκαλίας των εκπαιδευτικών (Harlen, 1999; Duit & Treagust, 2003).

Οι ΤΠΕ δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να οικοδομήσουν και να διερευνήσουν τις ιδέες τους και ως εκ τούτου αυξάνουν τις πιθανότητες επίτευξης των διδακτικών στόχων μέσα σε ένα εποικοδομιστικό πλαίσιο. Οι προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων ειδικότερα αυξάνουν αυτές τις πιθανότητες με το πλήθος των επιλογών που παρέχουν. Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές κατανοούν βαθύτερα τα φαινόμενα όταν τους δίνεται η δυνατότητα να τα μελετήσουν μέσω προσομοιώσεων, με τις οποίες αλληλεπιδρούν, μεταβάλλοντας παραμέτρους (Whitelock, 1991). Στις περιπτώσεις όπου οι προσομοιώσεις πειραμάτων έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να αντιμετωπιστούν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, έχει δείχθει ότι τα αποτελέσματα των παρεμβάσεων αυτών οδήγησαν σε εννοιολογική αλλαγή (Tao & Gunstone, 1999).

Οι προσομοιώσεις φαινομένων που δεν μπορούν εύκολα να παρατηρηθούν, επιτρέπουν στους μαθητές να οπτικοποιήσουν και να ερευνήσουν αυτά τα φαινόμενα. Για παράδειγμα, οι Ardac και Akaygun (Ardac & Akaygun, 2004) πραγματοποίησαν ένα ελεγχόμενο πείραμα σε μαθητές ηλικίας 13-14 ετών χρησιμοποιώντας το λογισμικό Vischem <http://www.vischem.com.au/> που ανέπτυξε η Tasker και διαπίστωσαν σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις των μαθητών που διδάχθηκαν με τη χρήση πολυμέσων που ενσωμάτωναν τις μακροσκοπικές, συμβολικές και μοριακές αναπαραστάσεις χημικών φαινομένων. Τα αποτελέσματα σχετικά με τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις υποδεικνύουν επίσης ότι οι μαθητές μπορούν να επωφεληθούν, όταν υπάρχει η κατάλληλη καθοδήγηση και προτροπή για την επεξεργασία πολλαπλών αναπαραστάσεων του ίδιου φαινομένου.

Σε μελέτες που περιλάμβαναν τη χρήση εικονικών πειραμάτων στη διδακτική διαδικασία (Tao & Gunstone, 1999; Monaghan & Clement, 1999) έγινε ανάλυση προκειμένου να προσδιοριστούν οι προοπτικές στα μαθησιακά αποτελέσματα και οι συναφείς παιδαγωγικές πρακτικές που οδηγούν σε εννοιολογική αλλαγή (Webb*, 2005). Για παράδειγμα σε μια μελέτη των Tao & Gunstone (Tao & Gunstone, 1999) ενσωματώθηκε στη διδασκαλία της φυσικής για δέκα εβδομάδες σε δεκαπεντάχρονους μαθητές σε σχολείο της Μελβούρνης το λογισμικό Force and Motion Microworld (FMM). Το λογισμικό περιλάμβανε προσομοιώσεις ειδικά σχεδιασμένες στο να έρχονται οι μαθητές αντιμέτωποι με τις εναλλακτικές τους απόψεις

στη μηχανική. Οι εκπαιδευτικοί είχαν διδάξει άλλες ενότητες της φυσικής αλλά όχι το συγκεκριμένο τμήμα στο οποίο αναφερόταν το λογισμικό. Οι μαθητές εργάζονταν σε ζευγάρια και ολοκλήρωσαν τη μαθησιακή διαδικασία, στηριζόμενοι στα φύλλα εργασίας, στο λογισμικό FMM και στη μεταξύ τους αλληλεπίδραση. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας οι μαθητές συμπλήρωναν και οικοδομούσαν ο ένας πάνω στις ιδέες του άλλου και σταδιακά έφτασαν σε κοινή κατανόηση των φαινομένων. Τα θετικά αποτελέσματα εδώ, σύμφωνα με τους ερευνητές, σχετίζονται με τον κατάλληλο συνδυασμό του λογισμικού, των φύλλων εργασίας και τις αλληλεπίδρασης μεταξύ των μαθητών.

Προκειμένου να μπορέσουν οι μαθητές να κάνουν καλή χρήση των προσομοιώσεων αυτές θα πρέπει από το σχεδιασμό τους να είναι απλές. Πολύπλοκα λογισμικά όσες δυνατότητες και αν έχουν μάλλον απογοητεύουν το χρήστη παρά του ενισχύουν το ενδιαφέρον για διερεύνηση. Ακόμα όμως και αν οι προσομοιώσεις είναι εύκολες στη χρήση τους, είναι απαραίτητες κάποιες συγκεκριμένες οδηγίες μιας και κάποιοι μαθητές δεν διαθέτουν ακόμα της απαραίτητες δεξιότητες στη χρήση υπολογιστή (Piburn et al., 2005).

Συνοψίζοντας, υπάρχουν έρευνες που αποδεικνύουν (Webb*, 2005) ότι οι τομείς των ΦΕ που παρουσιάζουν δυσκολία ως προς τη κατανόησή τους από τους μαθητές, πρέπει να αντιμετωπίζονται με προσεκτικά σχεδιασμένη διδακτική διαδικασία σε συνδυασμό με τις κατάλληλα σχεδιασμένες προσομοιώσεις, προκειμένου να επιτύχουμε παραγωγική μάθηση. Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες έρευνες αναφέρονται σε ηλικίες μαθητών από 11 – 18 ετών. Στα πρώιμα μαθητικά χρόνια του δημοτικού σχολείου οι δάσκαλοι φαίνεται να θεωρούν αποτελεσματικότερη την διδακτική προσέγγιση μέσω της πραγματικής – πρακτικής έρευνας με τη χρήση έτοιμων δεδομένων, έναντι των προσεγγίσεων που εντάσσουν τις προσομοιώσεις (Murphy, 2003). Ο βαθμός στον οποίο πρέπει να χρησιμοποιούνται οι προσομοιώσεις εξαρτάται από τις αποφάσεις σχετικά με το περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών, και τη συγκριτική αξία των πρακτικών ερευνών και των προσομοιώσεων, η οποία εξαρτάται από τη φύση του θέματος και την ηλικία των μαθητών. Προς το παρόν τα αποτελέσματα από την ολοένα αυξανόμενη χρήση των προσομοιώσεων στη διδασκαλία των ΦΕ δείχνουν να είναι ενθαρρυντικά.

Μαθαίνοντας ΦΕ μέσω μοντελοποίησης

Ενώ το λογισμικά προσομοιώσεων επιτρέπουν την εξερεύνηση προκατασκευασμένων μοντέλων με την αλλαγή των τιμών των μεταβλητών τους, τα λογισμικά μοντελοποίησης υποστηρίζουν την κατασκευή ενός μοντέλου από το μηδέν ή τη συμπλήρωση από τους μαθητές ενός μοντέλου που δεν είναι ακόμη ολοκληρωμένο. Έτσι, ενώ σε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης της κεντρικής ελαστικής κρούσης, οι μαθητές μπορούν να μεταβάλλουν την ταχύτητα και τη μάζα των σωμάτων, σε ένα πρόγραμμα μοντελοποίησης μπορούν να διαμορφώνουν το μοντέλο εισάγοντας νέες μεταβλητές που σχετίζονται για παράδειγμα με τις διευθύνσεις των ταχυτήτων των συγκρουόμενων σωμάτων ή και με την ελαστικότητά τους. Η διαμόρφωση του μοντέλου γίνεται με τον καθορισμό τύπων ή με τη σύνταξη κώδικα σε κάποια γλώσσα προγραμματισμού και αυτό εξαρτάται από το εκάστοτε λογισμικό.

Η ανάπτυξη των δεξιοτήτων στη χειρισμό αλλά και στη κατασκευή μοντέλων είναι σημαντική για την κατανόηση της επιστημονικής μεθόδου από τους μαθητές. Ωστόσο, οι Duit & Treagust (Duit & Treagust, 2003) έκαναν μια έρευνα ανασκόπησης σχετικά με την ανάπτυξη της ικανότητας μοντελοποίησης των μαθητών και ανέφεραν ότι οι μαθητές «βρίσκουν ότι τα διάφορα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για να εξηγήσουν τις έννοιες των ΦΕ προκαλούν σύγχυση και είναι δυσνόητα» (σελ. 678).

Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι σήμερα υπάρχουν αρκετές αποδείξεις που πιστοποιούν τη συνεισφορά της μοντελοποίησης στην καλύτερη κατανόηση των ΦΕ από τους μαθητές. Οι Niedderer et al (Niedderer et al., 1991), σε ανασκόπηση που έκαναν σε έρευνες που αφορούσαν τη διδασκαλία των ΦΕ, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η μοντελοποίηση με τη βοήθεια υπολογιστών στο επίπεδο της ανώτερης δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (μαθητές ηλικίας 16-18 ετών) λειτουργεί θετικά και επιτρέπει στους μαθητές να αντιμετωπίσουν, όχι μόνο περισσότερα αλλά και πιο σύνθετα φαινόμενα. Για τους μικρότερους σε ηλικία μαθητές, η κατασκευή ποιοτικών μοντέλων με τη βοήθεια εκπαιδευτικού λογισμικού, είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη των δεξιοτήτων τους σε σχέση με τη λογική των επιστημονικών διαδικασιών (Webb*, 2005). Σε άλλη έρευνα (Barnea & Dori, 1999) που έγινε σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο Ισραήλ, που χρησιμοποίησαν λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης, παρατηρήθηκε ότι παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στη κατανόηση του χημικού δεσμού και της μοριακής γεωμετρίας.

Πρόσφατες έρευνες έχουν εξετάσει λεπτομερώς το τι σκέπτονται οι μαθητές ενώ συνεργάζονται με ένα περιβάλλον μοντελοποίησης, π.χ. κατά τη δημιουργία ενός μοντέλου για την ανάπτυξη των φυτών, οι μαθητές έδειξαν να αναπτύσσουν την ικανότητα αφαιρετικής σκέψης σε διάφορα επίπεδα (Ergazaki et al., 2005). Άλλες μελέτες, π.χ. εξετάζοντας τη μοντελοποίηση των μονοδιάστατων συγκρούσεων μεταξύ κινούμενων αντικειμένων, με βάση τον προγραμματισμό στο ToonTalk <http://www.toontalk.com/> (Simpson et al., 2005), αποκάλυψαν τη σημασία της ύπαρξης ενός περιβάλλοντος μοντελοποίησης με κατάλληλο επίπεδο πολυπλοκότητας, που θα επιτρέπει στους μαθητές να επικεντρωθούν στο επιστημονικό πρόβλημα και όχι στην πρόκληση της εκμάθησης του λογισμικού.

Η χρήση λογισμικού για τη δημιουργία μοριακών μοντέλων μπορεί να επιτρέψει στους μαθητές να επιτύχουν υψηλότερους βαθμούς κατανόησης των αντίστοιχων φαινομένων (Dori et al., 2003). Για παράδειγμα, οι Dori & Barak (Dori & Barak, 2001) διεξήγαγαν μια πειραματική μελέτη με 276 μαθητές από εννέα σχολεία στο Ισραήλ χρησιμοποιώντας μια νέα μέθοδο διδασκαλίας στην οποία οι μαθητές δημιούργησαν φυσικά και εικονικά τρισδιάστατα μοριακά μοντέλα. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα και ήταν πιο ικανοί στο να ορίζουν και να εφαρμόσουν τις νέες έννοιες. Συγκεκριμένα, ήταν πιο ικανοί σε τέσσερα επίπεδα κατανόησης στη χημεία: συμβολικό, μακροσκοπικό, μικροσκοπικό και διαδικαστικό.

Οι έρευνες που αναφέρθηκαν δείχνουν ότι όταν στους μαθητές παρέχεται το κατάλληλο λογισμικό και η προσεκτικά σχεδιασμένη υποβοήθηση, αυτοί μπορούν να επιτύχουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα και να κατανοήσουν τις έννοιες των ΦΕ και τις σχέσεις μεταξύ τους. Γενικά, η χρήση λογισμικών μοντελοποίησης, για τις ΦΕ στη σχολική τάξη, είναι αρκετά σπάνια και σίγουρα πολύ λιγότερο συχνή από την χρήση προσομοιώσεων, κυρίως, επειδή απαιτεί περισσότερο προγραμματισμό και κατανόηση από τον εκπαιδευτικό.

Συστήματα καταγραφής δεδομένων

Οι συσκευές αυτόματης καταγραφής και ανάλυσης δεδομένων είναι πλέον άμεσα διαθέσιμες και είναι εύχρηστες για έρευνες πεδίου και εργαστηρίου. Αυτές οι μέθοδοι αναφέρονται ως καταγραφές δεδομένων (data logging) ή εργαστήρια βασισμένα σε μικροϋπολογιστές (microcomputer-based laboratories MBL). Η έρευνα για την μαθησιακή τους αξία έχει

αποδώσει διαφορετικά αποτελέσματα (Kulik & Thurgood, 2003). Ο Barton (Barton, 2004), σε μια ανασκόπηση ερευνών σχετικά με την καταγραφή δεδομένων, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το κύριο όφελος είναι η εξοικονόμηση χρόνου. Ωστόσο, οι Linn & Hsi (Linn & Hsi, 2000), διαπίστωσαν ότι οι μαθητές επιτυγχάνουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα, όταν επεξεργάζονται και ερμηνεύουν δεδομένα που έχουν συλλέξει οι ίδιοι σε πραγματικό χρόνο, παρά όταν επεξεργάζονται στοιχεία από έτοιμες βάσεις δεδομένων. Επίσης μπορούν να εφαρμόσουν τη νέα γνώση και σε φαινόμενα για τα οποία δεν έχουν συλλέξει δεδομένα, κάτι που δείχνει ότι η αλληλεπίδραση των μαθητών με τέτοιου είδους λογισμικά, αλλά και μεταξύτες, ενισχύει τη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών (Russell et al., 2004).

Άλλα οφέλη για τη μάθηση των μαθητών μπορεί να προκύψουν από τις μεγαλύτερες ευκαιρίες για ουσιαστική αλληλεπίδραση με τους εκπαιδευτικούς. Για παράδειγμα, όπου οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες χρησιμοποιώντας καταγραφείς δεδομένων για να καταγράψουν πειραματικά αποτελέσματα, αυτό απελευθέρωσε τους εκπαιδευτικούς να κυκλοφορήσουν και να τονώσουν τη συζήτηση και τη σκέψη για τα αποτελέσματα (Rogers & Finlayson, 2004).

Μαθαίνοντας ΦΕ μέσω δημιουργίας και επεξεργασίας πολυμέσων και video

Λιγότερες είναι οι έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με τη δημιουργία πολυμέσων και την επεξεργασία video και την επίδρασή τους στη μάθηση των ΦΕ, σε σύγκριση με άλλες μορφές ΤΠΕ. Οι Michel et al. (Michel et al., 1999) στη μελέτη τους συστήνουν τη δημιουργία video clips από τους μαθητές γιατί θεωρούν ότι τέτοιου τύπου δραστηριότητες ενισχύουν την παρατηρητικότητα τους και τους ενθαρρύνουν στο να σκέπτονται, τι είναι αυτό που πρέπει να καταγραφεί και τι όχι στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο, κάτι που οδηγεί στη βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών. Σε ένα παράδειγμα από τη μελέτη αυτή, ένας καθηγητής βιολογίας παρήγαγε ένα CD-ROM με μικρά κλιπ από ταινίες που έκαναν μαθητές κατά τη διάρκεια ενός μακροχρόνιου πειράματος για την καλλιέργεια φυτών. Οι μαθητές αργότερα ενσωμάτωσαν αυτά τα video clips σε επιστημονικές παρουσιάσεις. Σε μια άλλη μελέτη, οι εκπαιδευτικοί διαπίστωσαν ότι η μαγνητοσκόπηση και η επεξεργασία ενός βίντεο σχετικά με τις δυνάμεις βοήθησαν τους μαθητές να αφομοιώσουν τις επιστημονικές έννοιες πιο αποτελεσματικά, γρήγορα και ουσιαστικά από ότι θα είχαν επιτευχθεί με φυλλάδια ή εγχειρίδια (Reid et al., 2002).

Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι η δημιουργία κινουμένων σχεδίων (animations) από τους μαθητές, ωφελεί στην κατανόηση των ΦΕ. Για παράδειγμα, μια πειραματική μελέτη σε μαθητές που ανέπτυξαν τα δικά τους κινούμενα σχέδια, που αφορούσαν τις μοριακές διεργασίες κατά τη θέρμανση και την ψύξη, έδειξε ότι πέτυχαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Vermaat et al., 2003).

Χρήση διαδικτύου

Από μελέτες που έχουν διεξαχθεί στο Ηνωμένο Βασίλειο και στις Ηνωμένες Πολιτείες διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές μπορούν να επωφεληθούν από την πρόσβαση σε διαδικτυακούς πόρους όταν παρέχεται εκτεταμένη υποστήριξη από τον εκπαιδευτικό (Rogers & Finlayson, 2004; Hoffman et al., 2003; Lim, 2004). Η υποστήριξη επιτυγχάνεται μέσα από τη χρήση ενδοδικτύων (intranets) στα οποία ο εκπαιδευτικός μπορεί να διαμορφώσει ηλεκτρονικά φύλλα εργασίας με ενσωματωμένους υπερσυνδέσμους όπου οι μαθητές μπορούν να αναλάβουν εργασίες χρονικά οριοθετημένες πάνω σε θέματα που αφορούν το μαθησιακό τους αντικείμενο.

Μια προσέγγιση που αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ είναι αυτή του ιστοχώρου έρευνας που ονομάζεται WISE (Web-based Inquiry Science Environment) <http://wise.berkeley.edu/>. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα παρέχει υποστηρικτικό υλικό για τις εξετάσεις των μαθητών, ευθυγραμμισμένο με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών τους. Επιπλέον περιλαμβάνει πλήθος διαδραστικών εφαρμογών για τις ΦΕ με ενσωματωμένα φύλλα εργασίας και δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να τα διαμορφώσει ώστε να επιτύχει τη μάθηση ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε μαθητή του. Παραδείγματα τέτοιων ενδοδικτύων στη χώρα μας είναι το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο www.sch.gr και το Ψηφιακό Σχολείο <http://dschool.edu.gr/> μια ψηφιακή πλατφόρμα για εκπαιδευτικούς και μαθητές. Άλλα παραδείγματα τέτοιου λογισμικού που οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν ηλεκτρονικές τάξεις είναι το Edmodo <https://www.edmodo.com/?language=el> και το Tes Blendspace <https://www.tes.com/lessons>.

Από καιρό αναγνωρίζεται ότι τα προγράμματα σπουδών που ενσωματώνουν τη διερευνητικού τύπου μάθηση, βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν και να εξοικειωθούν με τον τρόπο με τον οποίο διεξάγονται οι επιστημονικές έρευνες. Για παράδειγμα, η χρήση του διαδικτύου και των τηλεσκοπίων απομακρυσμένης πρόσβασης επιτρέπει στους μαθητές να αναλάβουν

ερευνητικές εργασίες στην οπτική και ραδιοαστρονομία και να συμβάλλουν σημαντικά σε προγράμματα παγκόσμιας εμβέλειας (Hollow, 2000). Διερευνητικές εργασίες τέτοιου τύπου, θα ήταν δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να πραγματοποιηθούν σε σχολικό επίπεδο αν δεν υπήρχε το διαδίκτυο που προσφέρει πρόσβαση σε ένα ευρύ φάσμα πληροφοριών και βάσεων δεδομένων για την υποστήριξή τους.

Φορητές συσκευές και συσκευές απεικόνισης

Η φύση των συσκευών υλικού, που επιτρέπουν την αλληλεπίδραση με το λογισμικό και τους πόρους μάθησης, επηρεάζουν επίσης τις ευκαιρίες μάθησης μέσα και έξω από την τάξη καθώς και τη διαχείριση της τάξης. Για παράδειγμα, οι μεγάλες οθόνες μπορούν να υποστηρίξουν τη διδασκαλία ολόκληρης της τάξης και οι διαδραστικοί πίνακες (IWB) ή οι κινητές συσκευές που συνδέονται ασύρματα με έναν προβολέα δεδομένων μπορούν να υποστηρίξουν διάφορους τύπους αλληλεπίδρασης μεταξύ μαθητών, υπολογιστών και εκπαιδευτικών μέσα στην τάξη.

Πολλές μελέτες έχουν διεξαχθεί και διεξάγονται επί του παρόντος για τη διερεύνηση της χρήσης και του αντίκτυπου των IWB και μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (Smith et al., 2005) αποκαλύπτει ότι οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές είναι κατά πολύ θετικοί όσον αφορά τον αντίκτυπο και τη δυναμική τους. Περιπτωσιολογικές μελέτες σε καθηγητές ΦΕ που είχαν τη δυνατότητα τακτικής χρήσης τεχνολογιών απεικόνισης, έδειξαν ότι τις αφομοίωσαν γρήγορα και τις ενσωμάτωσαν στη διδασκαλία τους, αναγνωρίζοντας τα πλεονεκτήματα που τους παρείχαν τα μέσα αυτά, στο να παρουσιάζουν και να εξηγούν το διδακτικό τους αντικείμενο στην τάξη (Webb & Cox, 2004). Οι εκπαιδευτικοί των ΦΕ αναγνώρισαν τα βασικά πρόσθετα πλεονεκτήματα των τεχνολογιών παρουσίασης, όπως η δυνατότητα προβολής εκπαιδευτικού λογισμικού ή ιστοσελίδων ή η αποθήκευση των σημειώσεων των σχημάτων και των διαγραμμάτων που έφτιαχναν στον πίνακα κατά τη διάρκεια του μαθήματος και η επανεξέτασή τους αργότερα στο ίδιο μάθημα ή σε επόμενο μάθημα (Hennessy et al., 2007; Webb & Cox, 2004). Οι εκπαιδευτικοί θεώρησαν επίσης ότι οι IWB βοηθούν στο να συμμετέχουν οι μαθητές πιο ενεργά στις συζητήσεις μέσα στην τάξη, μιας και δημιουργούν ένα περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων με την εισαγωγή κειμένων, ήχου και έγχρωμης εικόνας που διεγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών. Και εδώ πρέπει να τονιστεί ότι η χρήση του μέσου από μόνη της δεν αρκεί για να αναπτύξουν τις δεξιότητές τους οι μαθητές,

απαιτείται σε κάθε περίπτωση ο λεπτομερειακός και στοχευμένος σχεδιασμός (Miller et al., 2005).

Η Harden (Harden, 2005) περιέγραψε πώς ένας προβολέας δεδομένων, ασύρματα συνδεδεμένος, με φορητούς υπολογιστές χρησιμοποιήθηκε στη διδασκαλία των ΦΕ στο σχολείο της. Η παιδαγωγική διαδικασία περιλάμβανε τη χρήση ανοιχτών ερωτήσεων ή κουίζ ως υποκινητές του ενδιαφέροντος των μαθητών, διαδικτυακές συνδέσεις με σχετικές ειδήσεις ώστε να παρέχεται ο συσχετισμός με την καθημερινή ζωή, την παρουσίαση βήμα προς βήμα οδηγιών που περιλαμβάνουν οπτικές υπενθυμίσεις εύκολα ορατές από όλη την τάξη για τις ομάδες με τις μικρότερες δυνατότητες, εισαγωγή των πειραματικών δεδομένων σε λογιστικά φύλλα και δημιουργία γραφικών παραστάσεων και τέλος χρήση ενός λογισμικού παρουσίασης όπως π.χ. Power Point από το οποίο οι μαθητές μπορούσαν να επιλέγουν απαντήσεις. Οι ερωτήσεις βοηθούσαν στο να παραχθεί μια διαμορφωτική αξιολόγηση ενώ υποστηρίζονταν από εικόνες κατάλληλα επιλεγμένες ώστε να διεγείρεται το ενδιαφέρον των μαθητών (Black & Harrison, 2006).

Οι αξιολογήσεις από τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές καταλήγουν στο ότι η χρήση φορητών συσκευών και η ασύρματη δικτύωση βελτίωσαν τις δυνατότητες και ενίσχυσαν τα κίνητρα των μαθητών για την μάθηση των ΦΕ σε μια σειρά από εκπαιδευτικές δραστηριότητες που δεν πραγματοποιούνται αποκλειστικά και μόνο μέσα στην τάξη αλλά και έξω από αυτή, όπως π.χ. σε επισκέψεις σε μουσεία και βιομηχανίες. (Scanlon et al., 2005).

1.3 ΤΠΕ: ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

1.3.1 Εμπόδια στην ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη διδασκαλία των ΦΕ

Μέσω της συνεχούς χρήσης της τεχνολογίας στη σχολική διαδικασία, δημιουργείται το κατάλληλο πλαίσιο ώστε οι μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητές τους στη χρήση των νέων τεχνολογιών. Κύριοι παράγοντες που συχνά αναφέρονται πως επηρεάζουν την ανάπτυξη των δεξιοτήτων στις ΤΠΕ είναι (1) η πρόσβαση στο υλικό, το λογισμικό και τους επικοινωνιακούς πόρους, και (2) ένας εκπαιδευτικός στην τάξη που γνωρίζει πώς να διευκολύνει τη μάθηση των

μαθητών μέσω της εφαρμογής αυτών των πόρων. Η έλλειψη αυτών των παραγόντων μπορούν συχνά να αποτελέσουν εμπόδια στην επίτευξη των στόχων από τους μαθητές.

Η πρόσβαση

Η πρόσβαση είναι το αρχικό και συχνά δυσκολότερο εμπόδιο που πρέπει να ξεπεράσει κάποια σχολική μονάδα. Για την αντιμετώπιση ζητημάτων πρόσβασης, πρέπει να λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με ένα πλήθος θεμάτων όπως είναι: α) η υλικοτεχνική υποδομή (λεπτομέρειες όπως η ηλεκτρική καλωδίωση υποδομές που είναι απαραίτητες για την υποστήριξη των υπολογιστών και των διακομιστών, κατάλληλος φυσικός χώρος για δρομολογητές, κόμβους, διακομιστές, πύργους CD και βασικό εξοπλισμό δικτύου), β) τα επίπεδα πρόσβασης στον ιστό (ευρυζωνική, ασύρματη κ.λπ.) σε κάθε τάξη, εργαστήριο ή βιβλιοθήκη, γ) η επιλογή και εγκατάσταση του λογισμικού που απαιτείται για τη στήριξη του εκπαιδευτικού προγράμματος σπουδών του σχολείου, δ) μέτρα ασφαλείας και την απαραίτητη τεχνική υποστήριξη σε επαρκή επίπεδα ώστε να διευκολυνθεί η αυξημένη και αποτελεσματική χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση.

Ο εκπαιδευτικός

Ο δεύτερος βασικός παράγοντας περιλαμβάνει τον εκπαιδευτικό, που είναι ειδικευμένος στη διευκόλυνση της μάθησης που υποστηρίζεται από την τεχνολογία. Ο εκπαιδευτικός αναλαμβάνει την ευθύνη για τη δημιουργία του περιβάλλοντος στην τάξη και την προετοιμασία των ευκαιριών μάθησης που διευκολύνουν τη χρήση της τεχνολογίας από τους μαθητές για την έρευνα, την επικοινωνία, τη λήψη αποφάσεων και την ανάπτυξη προϊόντων γνώσης. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητο όλοι οι εκπαιδευτικοί στην τάξη να είναι προετοιμασμένοι να παρέχουν στους μαθητές τους αυτές τις ευκαιρίες μάθησης.

Είναι ευρέως αποδεκτό πως οι πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών αποτελούν ισχυρούς δείκτες για τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζουν τη διδασκαλία τους μέσα στην τάξη. Οι ιδέες, οι στάσεις και οι αντιλήψεις καθορίζονται α) από τις εμπειρίες που είχαν οι ίδιοι στα μαθητικά τους χρόνια και οι οποίες δε μεταβάλλονται σημαντικά κατά τα φοιτητικά τους ζώη και β) από τη δική τους διδακτική εμπειρία μέσα στην τάξη (Aguirre & Haggerty, 1995).

Οι πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών έχουν ισχυρό αντίκτυπο στην προθυμία τους να υιοθετήσουν μεταρρυθμίσεις προγραμμάτων σπουδών και νέες διδακτικές στρατηγικές. Οι εκπαιδευτικοί δεν αλλάζουν εύκολα τις ιδέες και τις αντιλήψεις τους, και ακόμη λιγότερο τις εκπαιδευτικές τους πρακτικές στην τάξη (Kagan, 1992). Πολλές από τις μεταρρυθμίσεις που επιχειρήθηκαν στα προγράμματα σπουδών απέτυχαν γιατί οι υπεύθυνοι του σχεδιασμού τους δεν έλαβαν υπόψη τους καθόλου ή τουλάχιστον στο βαθμό που θα έπρεπε τη σημασία αυτών των παραμέτρων.

Η κατανόηση των παραγόντων που ευνοούν ή παρεμποδίζουν τις διαδικασίες αλλαγής των στάσεων και των πεποιθήσεων των εκπαιδευτικών, έχει καταστεί ένα από τα κύρια θέματα στην έρευνα για την επιστημονική εκπαίδευση (Lederman, 1999; Mellado, 1998; Van Driel et al., 2001), μεταξύ άλλων. Ως εκ τούτου, οι πληροφορίες σχετικά με τις πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών των ΦΕ και τα είδη των εμπειριών που παρέχουν οι εκπαιδευτικοί στις αίθουσες διδασκαλίας τους αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή των μεταρρυθμίσεων που στοχεύουν στη βελτίωση της μάθησης των ΦΕ στην τάξη.

Η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση των ΦΕ δεν αποσκοπεί στην απλή βελτίωση των παραδοσιακών μεθόδων διδασκαλίας. Αντίθετα, συνδέεται με θεμελιώδεις αλλαγές στη διαδικασία μάθησης, η διδασκαλία μετατοπίζεται από το δασκαλοκεντρικό μοντέλο σε ένα περιβάλλον μάθησης που είναι μαθητοκεντρικό (Webb & Cox, 2004). Πολλοί ερευνητές (De Jong & Joolingen, 1998; Jonassen et al., 2003) υποστηρίζουν τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που ενσωματώνουν τις ΤΠΕ, γιατί παρέχουν ευκαιρίες για ενεργό μάθηση (Webb & Cox, 2004) προωθούν την επιστημονική έρευνα (De Jong & Joolingen, 1998) και την εννοιολογική αλλαγή (Jimoyiannis & Komis, 2001; Tao & Gunstone, 1999). Με τη χρήση προσομοιώσεων, για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να μεταβάλλουν μια σειρά παραμέτρων εισόδου, να παρατηρήσουν την έκταση στην οποία κάθε μεμονωμένη παράμετρος επηρεάζει το υπό μελέτη σύστημα, και να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα των πειραμάτων μέσω μιας ενεργού διαδικασίας υποθέσεων και δοκιμασίας ιδεών. Εναλλακτικά, μπορούν να διερευνήσουν συνδυασμούς παραμέτρων και να παρατηρήσουν την επίδρασή τους στην εξέλιξη του εξεταζόμενου φυσικού συστήματος.

1.3.2 Τι γίνεται στο Ελληνικό σχολείο;

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών η διδασκαλία των ΦΕ στα ελληνικά σχολεία σχεδιάστηκε ως μια διαδικασία μεταφοράς πληροφοριών από το δάσκαλο στο μαθητή, που είχε παθητικό ρόλο, με σκοπό την κάλυψη του περιεχομένου του προγράμματος σπουδών και την προετοιμασία των μαθητών για τις εξετάσεις. Σύμφωνα με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας, οι ΦΕ παρουσιάζονται ως ένα συμπαγές σώμα γνώσεων, θεωριών και κανόνων που πρέπει να απομνημονευθούν, αντί ως ένας τρόπος σκέψης και κατανόησης των φαινομένων (Hewson & Hewson, 1987; Koballa et al., 2000). Πιο συγκεκριμένα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση δίνεται έμφαση α) στις διαλέξεις μέσω των οποίων οι καθηγητές μεταδίδουν εξηγώντας προφορικά το περιεχόμενο, β) στην κάλυψη του περιεχομένου του υποχρεωτικού προγράμματος σπουδών, γ) στην προετοιμασία των μαθητών για τις εξετάσεις, δ) στην αυστηρή παρακολούθηση των εγχειριδίων και του εγκεκριμένου υλικού που τα συνοδεύει και ε) στην εκπαίδευση των μαθητών ώστε αυτοί να αποκτήσουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για την επίλυση συμβατικών προβλημάτων με χαρτί, μολύβι και πολύπλοκο μαθηματικό φορμαλισμό (Siorenta & Jimoyiannis, 2008).

Το 1998, ανακοινώθηκαν θεμελιώδεις αλλαγές στο πλαίσιο μιας φιλόδοξης εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, που αφορούσαν κυρίως τους μαθησιακούς στόχους, τα εκπαιδευτικά μέσα και τις διδακτικές προσεγγίσεις. Το νέο πρόγραμμα σπουδών για τις ΦΕ είχε ως στόχο να προωθήσει την ενεργό συμμετοχή των μαθητών, να διερευνήσουν και να σκεφτούν τις επιστημονικές έννοιες και τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου. Οι πειραματισμοί των μαθητών στο εργαστήριο των ΦΕ και η εμπλοκή τους στις μαθησιακές δραστηριότητες που βασίζονται στις ΤΠΕ προτάθηκαν ως βασικά ζητήματα για την προώθηση ουσιαστικών αλλαγών στην εκπαίδευση των ΦΕ.

Τα τελευταία χρόνια, έχει γίνει μια σημαντική ανάπτυξη των υποδομών στα ελληνικά σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Πλήρως εξοπλισμένα επιστημονικά εργαστήρια, συστήματα MBL, εργαστήρια υπολογιστών που συνδέονται με το διαδίκτυο και η ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού ή η προσαρμογή στα ελληνικά διεθνώς διαδεδομένων εκπαιδευτικών λογισμικών όπως για παράδειγμα τα Interactive Physics, Modellus, Cabri κ.ά. (Οδυσσέα, 2000). Στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας για την Κοινωνία της Πληροφορίας (Κοινωνία της Πληροφορίας, 2003), το Υπουργείο Παιδείας και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχουν επίσης χρηματοδοτήσει ένα έργο μεγάλης κλίμακας σχετικά με την κατάρτιση των

εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ στην εκπαίδευση. Η πρώτη φάση αυτού του προγράμματος, συνολικού κόστους 240 εκατομμυρίων ευρώ, πραγματοποιήθηκε κατά την περίοδο 2002-2003 και περίπου 84.000 εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης συμμετείχαν (Jimoyiannis & Komis, 2007).

Η μεγάλη πλειοψηφία των εκπαιδευτικών έχει μια θετική στάση όσον αφορά τη χρήση των ΤΠΕ για τη διδασκαλία των ΦΕ. Υπάρχουν όμως παράγοντες που εμποδίζουν τους καθηγητές να χρησιμοποιούν εργαλεία ΤΠΕ στην καθημερινή εκπαιδευτική πρακτική όπως:

α) Παιδαγωγικές και διδακτικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί (για παράδειγμα, μαθησιακές δραστηριότητες και διαχείριση των εργασιών των μαθητών με τις ΤΠΕ).

β) Οι εκπαιδευτικοί δεν είναι ακόμη πεπεισμένοι για τη δυναμική των ΤΠΕ όσον αφορά την ενίσχυση της κατανόησης και της μάθησης των ΦΕ από τους μαθητές.

γ) Το εργαστήριο υπολογιστών δεν είναι ελεύθερο όταν οι καθηγητές των ΦΕ επιθυμούν να το χρησιμοποιήσουν (στα περισσότερα ελληνικά σχολεία υπάρχει μόνο ένα εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών με 10-12 υπολογιστές, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για τις ανάγκες των μαθημάτων πληροφορικής).

δ) Ειδικά για το Λύκειο η «πίεση» των Πανελλαδικών εξετάσεων κυριαρχεί τόσο στην κουλτούρα της διδασκαλίας των καθηγητών όσο και στις κουλτούρα της μάθησης από τους μαθητές, οδηγώντας σε μια επιτακτική ανάγκη να καλυφθεί η γνώση του περιεχομένου με τέτοιο τρόπο που να αντικατοπτρίζει αυστηρά τον τρόπο με τον οποίο αυτή η γνώση παρουσιάζεται στα εγχειρίδια και τον τρόπο με τον οποίο αξιολογείται στις τελικές εξετάσεις.

Τα προσωπικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών όπως η διδακτική εμπειρία, η ηλικία, ο τύπος του σχολείου και οι ικανότητες τους στη χρήση των νέων τεχνολογιών, παίζουν σημαντικό ρόλο και επηρεάζουν τις αντιλήψεις τους για εργαστηριακή διδασκαλία και χρήση ΤΠΕ στις ΦΕ. Φαίνεται ότι οι νεότεροι εκπαιδευτικοί και όσοι χρησιμοποιούν περιστασιακά τις ΤΠΕ, είναι περισσότερο πρόθυμοι να ενσωματώσουν πλήρως τις ΤΠΕ στη διδασκαλία τους ακολουθώντας καινοτόμα προγράμματα σπουδών που έχουν ως κέντρο το μαθητή.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η ενσωμάτωση καινοτόμων προσεγγίσεων στην πρακτική της τάξης των επιστημών είναι ένα πολύπλοκο και πολύπλευρο ζήτημα. Οι διαρθρωτικές αλλαγές και οι αλλαγές στο πρόγραμμα σπουδών, δεν είναι οι ίδιες επαρκείς για την προώθηση της

εκπαιδευτικής αλλαγής μεταξύ των εκπαιδευτικών των ΦΕ και για τη βελτίωση της διδασκαλίας και τις συνθήκες μάθησης στην τάξη. Οι εκπαιδευτικές κρίσεις και οι αποφάσεις των εκπαιδευτικών επηρεάζονται από τις αντιλήψεις τους για τη γνώση και τη μάθηση, τις στάσεις και τις προσωπικές προτεραιότητες που έχουν. Συνεπώς, δεν πρέπει να αγνοείται ο ρόλος του δασκάλου των ΦΕ και, ειδικότερα, οι εκπαιδευτικές πεποιθήσεις του, εάν οι κατευθύνσεις της εκπαιδευτικής πολιτικής στοχεύουν σε μια διαρκή αλλαγή στην επιστημονική εκπαίδευση.

Η επιτυχία μιας εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης βασίζεται κυρίως στο πόσο καλά οι καθηγητές καταλαβαίνουν και εσωτερικοποιούν τις πολλές πτυχές των προτεινόμενων παιδαγωγικών αλλαγών (για παράδειγμα οι στρατηγικές που βασίζονται στη διερευνητική μάθηση, η συνεργατική μάθηση, η εννοιολογική κατανόηση, η ανάπτυξη δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου, και ούτω καθεξής). Οι εκπαιδευτικοί δεν πρέπει να χρησιμοποιούν τις τεχνολογικές καινοτομίες ως επιπλέον ή υποστηρικτικό υλικό στην παραδοσιακή διδασκαλία τους, αλλά θα πρέπει να είναι σε θέση να αναδιοργανώσουν τις διδακτικές τους προσεγγίσεις για την υλοποίηση των στόχων ενός σύγχρονου προγράμματος σπουδών. Οι κατευθυντήριες οδηγίες καθορίζουν τον εθνικό στόχο των εκπαιδευτικών μεταρρυθμίσεων, αλλά τα συνακόλουθα δύσκολα καθήκοντα της αναθεώρησης του προγράμματος σπουδών, της αλλαγής της φιλοσοφίας της διδασκαλίας και των πρακτικών της και της προσαρμογής νέων μεθόδων αξιολόγησης, όπως είναι η διαμορφωτική, ανάγονται στους ίδιους τους εκπαιδευτικούς. Τα προγράμματα επαγγελματικής κατάρτισης πρέπει να παρέχουν στους καθηγητές των ΦΕ ευκαιρίες να επαναπροσδιορίσουν τις στάσεις και τις αντιλήψεις τους, να προβληματιστούν σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση από την ανταπόκριση του σχολικού τους περιβάλλοντος και να δημιουργήσουν ένα διάλογο με τα τοπικά μέλη του σχολείου εκθέτοντάς τους τα ζητήματα αυτά (Lumpe et al., 2000).

Οι καλά εκπαιδευμένοι και με κίνητρα εκπαιδευτικοί μπορούν να βελτιώσουν τις συνθήκες μάθησης που προσφέρονται στους μαθητές. Τα αποτελεσματικά προγράμματα που αποσκοπούν στην προετοιμασία και υποστήριξη των εκπαιδευτικών πρέπει να είναι ευέλικτα, συνεχή και να λαμβάνουν υπόψη τις διαφορετικές προοπτικές, τους στόχους και την επαγγελματική τους εξέλιξη.

Επίλογος

Οι παιδαγωγικές καινοτομίες, συμπεριλαμβανομένης της ενσωμάτωσης της πληροφορικής, της διαμορφωτικής αξιολόγησης και της χρήσης τεχνικών διαλόγου και επιχειρηματολογίας, θα μπορούσαν να επιτρέψουν σημαντικές βελτιώσεις στη διδασκαλία των ΦΕ, αλλά αποτελούν σημαντική πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς, τους ακαδημαϊκούς και τους υπεύθυνους των προγραμμάτων σπουδών. Ιστορικά, οι εκπαιδευτικοί των ΦΕ σχεδίαζαν και δίδασκαν στις τάξεις τους αυτόνομα, ακολουθώντας συνήθως ένα πρόγραμμα σπουδών που καθορίζονταν από το Υπουργείο Παιδείας, αλλά κάνοντας τις δικές τους παιδαγωγικές παρεμβάσεις. Τα τελευταία χρόνια οι εκπαιδευτικοί έχουν δημιουργήσει σχέδια εργασίας από κοινού και μοιράζονται την παιδαγωγική εμπειρία στα σχολεία τους. Οι εκπαιδευτικοί ανέπτυσαν πάντοτε τους δικούς τους πόρους σε κάποιο βαθμό, αλλά τώρα η τεχνολογία τους επιτρέπει να παράγουν ένα ευρύτερο φάσμα ειδών υλικού και να τα μοιράζονται ευκολότερα. Έτσι, διατίθεται ένα μεγάλο μέρος μαθησιακού και διδακτικού υλικού.

Ωστόσο, ισχυρά εργαλεία συγγραφής δεν εξασφαλίζουν καλά σχεδιασμένα υλικά. Οι δεξιότητες σχεδιασμού και οι παιδαγωγικές γνώσεις είναι επίσης ζωτικής σημασίας. Ένα πρότυπο για την ανάπτυξη των προγραμμάτων σπουδών θα πρέπει να έχει ως κορμό την συνεχή επαφή πρωτοπόρων εκπαιδευτικών, ερευνητών, σχεδιαστών και προγραμματιστών για να διερευνήσει νέες προσεγγίσεις στη μάθηση και την ανάπτυξη υλικών. Η ευρύτερη ανταλλαγή και ενσωμάτωση των πορισμάτων της έρευνας, των παιδαγωγικών ιδεών και των πόρων γίνεται τώρα μέσω δικτυακών πυλών όπως αυτή του e-Twinning <https://www.etwinning.net/el/pub/index.htm>. Το e-Twinning προσφέρει μία πλατφόρμα για το προσωπικό (εκπαιδευτικούς, διευθυντές, βιβλιοθηκάρους, κ.λ.π.) που εργάζονται στα σχολεία, σε μία από τις Ευρωπαϊκές χώρες, που λαμβάνουν μέρος, για να επικοινωνούν, να συνεργάζονται, να διεξάγουν έργα, να μοιράζονται και, να ανταλλάσσουν εμπειρίες. Η Κεντρική Υπηρεσία Στήριξης λειτουργεί υπό το European Schoolnet, <http://www.eun.org/> μία διεθνή συνεργασία 34 Ευρωπαϊκών Υπουργείων Παιδείας, το οποίο αναπτύσσει μάθηση για σχολεία, εκπαιδευτικούς και μαθητές σε ολόκληρη την Ευρώπη.

2. ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ

2.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1.1 Αρχαιότητα

Το πνεύμα διερεύνησης έχει ένα ισχυρό ιστορικό προηγούμενο στην Αρχαία Ελλάδα και στη μαιευτική μέθοδο που χρησιμοποιεί ο Σωκράτης όταν διεξάγει διάλογο με τους συνομιλητές του. Ξεκινώντας από την ιδέα ότι το μόνο που γνώριζε ήταν ότι δεν γνώριζε τίποτα, ο Σωκράτης συμμετείχε σε μια συστηματική διαδικασία αμφισβήτησης για να ανακαλύψει βασικές αλήθειες για την εσωτερική λειτουργία του φυσικού κόσμου και για ηθικά ζητήματα που σχετίζονται με τέτοιες διαρκείς ανησυχίες όπως η φύση της δικαιοσύνης. Παρουσιάζοντας φαινομενικά απλά ερωτήματα όπως: Τι είναι η δικαιοσύνη; Ο Σωκράτης έδειξε ότι πολλές κοινές παραδοχές ήταν λανθασμένες και μάλιστα παράλογες. Η σωκρατική μέθοδος δεν μπορεί να θεωρηθεί ως διδασκαλία με την παραδοσιακή έννοια που συνεπάγεται τη μετάδοση γνώσης από κάποιον που είναι πιο καταρτισμένος σε όσους έχουν λιγότερη γνώση. Ο δάσκαλος εδώ δεν είναι ο «σοφός επί σκηνής» με τον μαθητή τοποθετημένο ως παθητικό δέκτη πληροφοριών. Αντίθετα με τη βοήθεια της «ειρωνείας» δηλαδή της προσωπικής άγνοιας «εκμαιεύει» την αλήθεια από το μαθητή. Σε αυτή τη διαδικασία έρευνας, τόσο ο δάσκαλος όσο και ο μαθητής ζητούν να εξετάσουν ερωτήματα που αποσκοπούν στην αποσαφήνιση των βασικών υποθέσεων που στηρίζουν μια αξίωση αλήθειας ή των λογικών συνεπειών μιας συγκεκριμένης σκέψης (Friesen & Scott, 2013).

2.1.2 Μεσαιωνικοί χρόνοι και Αναγέννηση

Ενώ αυτό το πνεύμα διερεύνησης στη δυτική παράδοση μπορεί να έχει προκύψει στην Αρχαία Ελλάδα, ο ίδιος ο όρος μπορεί να εντοπιστεί στα μέσα του 13ου αιώνα μέσω της λατινικής λέξης *inquirere*, που σημαίνει κυριολεκτικά «να αναζητήσουμε». Το πνεύμα της αναζήτησης απαντήσεων στα μυστήρια του σύμπαντος που βασίζεται όχι στην καθιερωμένη παράδοση ή στην δεισιδαιμονία αλλά στην παρατήρηση, τον πειραματισμό και την εμπειρική επαλήθευση, απέκτησε δυναμική στις αρχές του 1500 στη Βόρεια Ιταλία. Οι βασικές αναγεννησιακές φιγούρες όπως ο Galileo Galilei και ο Leonardo da Vinci ήταν εμβληματικές για μια αναζήτηση γνώσεων που εξαπλώθηκε στην υπόλοιπη Ευρώπη στα τέλη του 16ου αιώνα με

την ώθηση της δημιουργίας νέων τεχνολογιών, π.χ. μικροσκόπιο, τηλεσκόπιο, τυπογραφείο κ.λπ. Αυτό το πνεύμα διερεύνησης και επιστημονικής ανακάλυψης έλαβε χώρα σε ευρύτερη κλίμακα κατά τον Ευρωπαϊκό Διαφωτισμό που ξεκίνησε τον 18ο αιώνα (Friesen & Scott, 2013).

2.1.3 Σύγχρονη Εποχή

Ως ένας από τους βασικούς ηγέτες του προοδευτικού κινήματος στην εκπαίδευση, ο Dewey (1860-1952), ενθάρρυνε τους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιήσουν την έρευνα ως πρωταρχική στρατηγική διδασκαλίας στις τάξεις τους. Ακολουθώντας την επιστημονική μέθοδο, η συγκεκριμένη διδακτική προσέγγιση μέσω της διερεύνησης εμπλέκεται στην ανίχνευση πολύπλοκων καταστάσεων, διευκρινίζοντας το πρόβλημα, διατυπώνοντας μια δοκιμαστική υπόθεση, εξετάζοντας την υπόθεση, αναθεωρώντας με αυστηρές δοκιμασίες και ενεργώντας επί της λύσης (Dewey, *How We Think*, 1910).

Ο Dewey άσκησε κριτική στις παιδαγωγικές πρακτικές που ήταν βασισμένες στη μετάδοση και εστίαζαν στην απόκτηση πληροφοριών εις βάρος της καλλιέργειας τρόπων σκέψης και στάσεων του νου που σχετίζονται με τους τρόπους δημιουργίας της επιστημονικής γνώσης. Ενθάρρυνε τους μαθητές να διατυπώσουν προβλήματα που σχετίζονται με τις δικές τους εμπειρίες και να αυξήσουν τις αναδυόμενες αντιλήψεις τους με την προσωπική τους γνώση. Πίστευε ότι ο δάσκαλος δεν πρέπει απλώς να στέκεται μπροστά στην τάξη και να μεταδίδει πληροφορίες που θα απορροφώνται παθητικά από τους μαθητές. Αντ' αυτού, οι μαθητές πρέπει να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία μάθησης και να έχουν ένα βαθμό ελέγχου πάνω σε αυτό που μαθαίνουν. Ο ρόλος του δασκάλου πρέπει να είναι αυτός του διευκολυντή και του οδηγού (Dewey, *The Theory of Inquiry*, 1938).

Από τη σκοπιά του προγράμματος σπουδών, ο Dewey, πίστευε ότι η ενεργός έρευνα πρέπει να χρησιμοποιείται όχι μόνο για να αποκτήσει ο μαθητής γνώσεις και συγκεκριμένες διαθέσεις, αλλά και για να μάθει πώς να ζήσει. Θεωρούσε ότι ο σκοπός της εκπαίδευσης είναι να βοηθήσει τους μαθητές να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητές τους, να ενισχύσουν τη δημοκρατία και να προωθήσουν το κοινό καλό.

Στη σύγχρονη εποχή το ανακαλυπτικό ρεύμα (1960 – 1975) συναντά το κατάλληλο πολιτικό πλαίσιο για να εκφραστεί. Ο ανταγωνισμός της Αμερικής και της τότε Σοβιετικής Ένωσης για

την κατάκτηση του διαστήματος αλλά και οι όλο και μεγαλύτερες εφαρμογές της τεχνολογίας στην παραγωγή, κάνουν επιτακτική την ανάγκη για τη δημιουργία ενός εκπαιδευτικού συστήματος που θα «παράγει» ικανούς μηχανικούς και επιστήμονες στο χώρο των φυσικών επιστημών. Για την πρωτοπορία δεν αρκεί η απομνημόνευση της γνώσης, απαιτείται η δημιουργία νέας, άρα και η κατάλληλη εκπαίδευση για αυτό (Κουμαράς, 2017).

Εκτός όμως από το πολιτικό πλαίσιο, έχουμε αλλαγές και στο χώρο της ψυχολογίας που ασχολείται με τους μηχανισμούς της μάθησης. Ο μιχαεβιορισμός δεν είναι πια η κυρίαρχη θεωρία μάθησης. Η φιλοσοφία του ανακαλυπτικού ρεύματος, που έχει τις ρίζες του στα έργα των Dewey, Piaget, Vygotsky και Freire μεταξύ άλλων, είναι ότι ο άνθρωπος μαθαίνει μέσα από την εμπειρία με κοινωνική ή όχι αλληλεπίδραση. Η γνώση δε μεταφέρεται αλλά οικοδομείται προσωπικά από τον κάθε μαθητευόμενο. Η επίδραση αυτής της θεωρίας για τη μάθηση, μαζί με το Θετικισμό που είναι το κυρίαρχο ρεύμα στη φιλοσοφία της επιστήμης οδήγησε στην υπόθεση ότι: Οι μαθητές μπορούν να οδηγηθούν μόνοι τους στη γνώση των Φυσικών Επιστημών, να την «ανακαλύψουν» (Κουμαράς, 2017).

2.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ

2.2.1 Φάσεις και κύκλοι της διερευνητικής μάθησης

Η μάθηση βασισμένη στην έρευνα (Inquiry – Based Learning) κερδίζει δημοτικότητα στα προγράμματα σπουδών της επιστήμης, στα διεθνή ερευνητικά και αναπτυξιακά προγράμματα καθώς και στη διδασκαλία. Ένας από τους βασικούς λόγους είναι ότι η επιτυχία της μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά λόγω των πρόσφατων τεχνικών εξελίξεων που επιτρέπουν τη διεξαγωγή της έρευνας μέσω ηλεκτρονικών μαθησιακών περιβαλλόντων. Συχνά οργανώνεται σε φάσεις έρευνας που μαζί αποτελούν έναν κύκλο έρευνας.

Η διερευνητική μάθηση είναι μια εκπαιδευτική στρατηγική στην οποία οι μαθητές ακολουθούν μεθόδους και πρακτικές παρόμοιες με εκείνες των επαγγελματιών επιστημόνων για να κατασκευάσουν τη γνώση. Μπορεί να οριστεί ως μια διαδικασία ανακάλυψης νέων αιτιακών σχέσεων, με τον μαθητή να διαμορφώνει υποθέσεις και να τις ελέγχει διεξάγοντας πειράματα και / ή κάνοντας παρατηρήσεις (Pedaste et al., 2012). Συχνά αντιμετωπίζεται ως προσέγγιση

επίλυσης προβλημάτων και περιλαμβάνει την εφαρμογή διαφόρων δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων (Pedaste & Sararuu, 2006). Η βασισμένη στην έρευνα μάθηση δίνει έμφαση στην ενεργό συμμετοχή και την ευθύνη του εκπαιδευόμενου για την ανακάλυψη γνώσεων που είναι νέες γι' αυτόν (De Jong & Joolingen, 1998). Σε αυτή τη διαδικασία, οι μαθητές εκτελούν συχνά μια αυτοκατευθυνόμενη, εν μέρει επαγωγική και εν μέρει απαγωγική / παραγωγική μαθησιακή διαδικασία κάνοντας πειράματα για να ερευνήσουν τις σχέσεις για τουλάχιστον μία σειρά εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών (Wilhelm & Beishuizen, 2003).

Πολλές ποσοτικές μελέτες υποστηρίζουν την αποτελεσματικότητα της μάθησης που βασίζεται στην έρευνα ως εκπαιδευτική προσέγγιση. Οι Alfieri et al. (Alfieri et al., 2011), για παράδειγμα, πραγματοποίησαν μια στατιστική ανάλυση που συνδυάζει τα αποτελέσματα πολλών ανεξάρτητων επιστημονικών μελετών (μετα-ανάλυση) συγκρίνοντας την διερευνητική μάθηση με άλλες μορφές διδασκαλίας, και διαπίστωσαν ότι η διδασκαλία μέσω της έρευνας οδήγησε σε καλύτερη μάθηση. Μια μετα-ανάλυση των Furtak et al. (Furtak et al., 2012) καταλήγει στο συμπέρασμα πως η διδακτική προσέγγιση μέσω της διερευνητικής μάθησης εμφανίζεται να έχει θετικότερα αποτελέσματα έναντι της παραδοσιακής διδασκαλίας. Οι Minner et al. (Minner et al., 2010) ανέλυσαν τα ευρήματα 138 μελετών και σύμφωνα με τα συμπεράσματά τους υπάρχει μια σαφής, θετική τάση που ευνοεί τις διδακτικές πρακτικές που βασίζονται στην έρευνα, ιδιαίτερα δε σε αυτές που δίνουν έμφαση στην ενεργό σκέψη των μαθητών και στην εξαγωγή συμπερασμάτων από τα δεδομένα. Οι στρατηγικές διδασκαλίας που εμπλέκουν ενεργά τους μαθητές στη διαδικασία μάθησης μέσω διερεύνησης είναι πιο πιθανό να αυξήσουν την εννοιολογική κατανόηση από ότι οι στρατηγικές που βασίζονται σε πιο παθητικές τεχνικές, οι οποίες είναι συχνά απαραίτητες στο τρέχον εκπαιδευτικό περιβάλλον με τυποποιημένη αξιολόγηση.

Οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις αυξάνουν ακόμη περισσότερο την επιτυχία της μάθησης με βάση την έρευνα. Τα εικονικά εργαστήρια (προσομοιώσεις), τα πραγματικά εργαστήρια που είναι προσβάσιμα από απόσταση αλλά και τα πειραματικά δεδομένα από φυσικά εργαστήρια που είναι διαθέσιμα μέσα από το διαδίκτυο διευκολύνουν τη διερευνητική μάθηση. Για τους μαθητές προσφέρεται η ευκαιρία να πραγματοποιήσουν επιστημονικά πειράματα σε παιδαγωγικά δομημένους χώρους μάθησης και στους καθηγητές δίνεται η δυνατότητα να δημιουργήσουν ή/ και να προσαρμόσουν της φάσεις μάθησης με τη βοήθεια αλληλεπιδραστικών περιβαλλόντων που παρέχει η νέα τεχνολογία. (De Jong et al., 2014). Τα

όργανα της εκπαιδευτικής πολιτικής σε παγκόσμιο επίπεδο θεωρούν ότι η μάθηση που είναι βασισμένη στην έρευνα είναι ζωτικής σημασίας για την οικοδόμηση μιας επιστημονικά εγγράμματης κοινότητας (Education, Science, & Economy, 2007; Council, 2000).

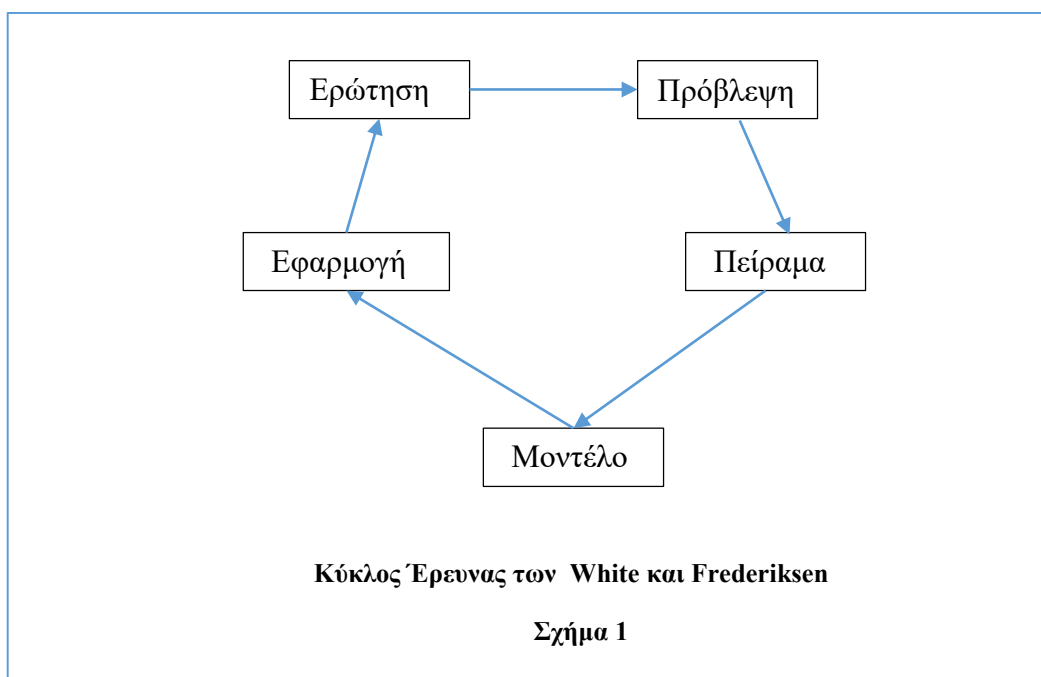
Η διερευνητική μάθηση φιλοδοξεί να προσελκύσει τους μαθητές σε μια αυθεντική επιστημονική διαδικασία ανακάλυψης. Από παιδαγωγική άποψη, η περίπλοκη επιστημονική διαδικασία χωρίζεται σε μικρότερες, λογικά συνδεδεμένες μονάδες που καθοδηγούν τους μαθητές και εστιάζουν την προσοχή στα σημαντικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής σκέψης. Αυτές οι μεμονωμένες μονάδες ονομάζονται φάσεις έρευνας και το σύνολο των συνδέσεών τους αποτελεί έναν κύκλο έρευνας.

Η εκπαιδευτική βιβλιογραφία περιγράφει διάφορες φάσεις έρευνας και κύκλους. Για παράδειγμα, το κυκλικό μοντέλο μάθησης 5E (Bybee et al., 2006) απαριθμεί πέντε φάσεις έρευνας: *Εμπλοκή, Εξερεύνηση, Επεξήγηση, Επεξεργασία και Αξιολόγηση (Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, Evaluation)*. Στην πρώτη φάση – *φάση Εμπλοκής* – ο εκπαιδευτικός εμπλέκει τους μαθητές με το προς μελέτη θέμα προσανατολίζοντάς τους μέσω μιας ενδιαφέρουσας κατάστασης. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να είναι μια εικόνα, ένα νέο από την επικαιρότητα, ένα σύντομο βίντεο, ένα αξιοθέατο. Ακολουθεί η *φάση της Εξερεύνησης*. Σε αυτή οι μαθητές διατυπώνουν τις υποθέσεις τους για το εν λόγω θέμα. Ανάλογα με το πόσο ανοιχτή είναι η διερεύνηση σχεδιάζουν το πείραμα με το οποίο θα ελέγξουν τις υποθέσεις τους μόνοι τους, ή το εκτελούν κατόπιν καθοδήγησης από τον εκπαιδευτικό. Συμπληρώνουν τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας. Ανάλογα με την περίπτωση και τους διδακτικούς στόχους, το πείραμα γίνεται με περισσότερη ή λιγότερη καθοδήγηση. Η τρίτη φάση είναι αυτή της *Επεξήγησης*. Οι μαθητές εξηγούν τα πειραματικά δεδομένα και αν χρειαστεί επαναλαμβάνουν ένα ή περισσότερα πειράματα. Ουσιαστικά βλέπουν αν ισχύουν οι υποθέσεις που είχαν κάνει αρχικά. Η τέταρτη φάση είναι η *φάση της Επεξεργασίας*. Οι μαθητές επεξεργάζονται τα ευρήματά τους και συζητούν περαιτέρω εφαρμογές ή νέες υποθέσεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε εμπάθυνση επί του θέματος. Η περαιτέρω επεξεργασία μπορεί να γίνει μέσω άρθρων εφημερίδων, ιστοσελίδων κλπ. Τέλος έχουμε τη φάση της *Αξιολόγησης*. Σε αυτήν γίνεται η αξιολόγηση των διδακτικών στόχων της ενότητας. Συνήθως χρησιμοποιείται ερωτηματολόγιο βασισμένο στα φύλλα εργασίας και παρατίθεται στο τέλος της κάθε ενότητας.

Ένας κύκλος έρευνας που προτείνεται από τους White & Frederiksen (White & Frederiksen, 1998) επίσης προσδιορίζει πέντε φάσεις έρευνας, αλλά τις χαρακτηρίζει ως *Ερώτηση*,

Πρόβλεψη, Πείραμα, Μοντέλο και Εφαρμογή (*Question, Predict, Experiment, Model, and Apply*) (Σχήμα 1). Μια διάκριση μεταξύ αυτών των παραδειγμάτων είναι ότι οι αρχικές φάσεις του κύκλου 5E (Engagement and Exploration) προτείνουν να αρχίσουμε με μια επαγωγική προσέγγιση (εμπειρική / προσέγγιση βάσει δεδομένων), ενώ οι δύο πρώτες φάσεις του κύκλου έρευνας των White and Frederiksen (*Question and Predict*) υποδηλώνουν μια απαγωγική – παραγωγική προσέγγιση (θεωρητική / προσέγγιση βάσει υποθέσεων). Ωστόσο, τόσο η επαγωγή όσο και η απαγωγή μπορούν να συνυπάρχουν σε έναν κύκλο έρευνας. Οι Klahr & Dunbar (Klahr & Dunbar, 1988) χαρακτήρισαν τη διαδικασία επιστημονικής συλλογιστικής ως διπλή αναζήτηση σε δύο χώρους, που ονομάζουν χώρο πειράματος και χώρο υποθέσεων. Ο τρόπος με τον οποίο οι ερευνητές επιλέγουν να εξισορροπήσουν τις επαγωγικές και απαγωγικές – παραγωγικές προσεγγίσεις σε έναν κύκλο έρευνας, μπορεί να επηρεάσει την επιλογή ή / και τη διεύθυνση των φάσεων έρευνας.

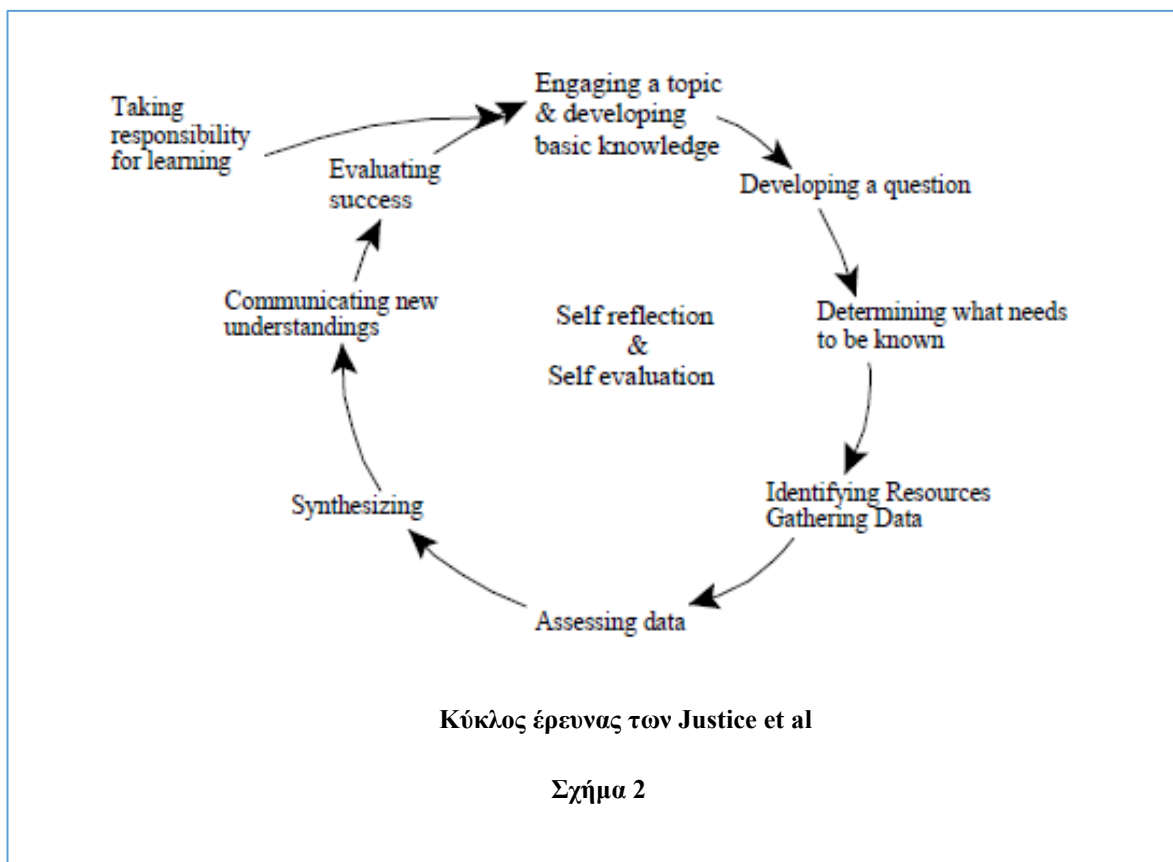
Οι κύκλοι διερεύνησης ακολουθούν μια ιστορική εξέλιξη εκπαιδευτικών μοντέλων και ως εκ τούτου αντιπροσωπεύουν μια σύγχρονη άποψη που βασίζεται σε ένα στερεό ιστορικό υπόβαθρο. Οι Bybee et al. (Bybee et al., 2006) συζήτησαν την προέλευση του διδακτικού μοντέλου 5E και έδειξαν ότι τα πρώτα πλαίσια άρχισαν με τον ορισμό ενός καταλόγου θεμελιωδών εννοιολογικών φάσεων. Για παράδειγμα, ο Dewey (1933) επεσήμανε διάφορες σημαντικές πτυχές της μάθησης που βασίζεται στην έρευνα, όπως ο καθορισμός ενός προβλήματος, η διατύπωση μιας υπόθεσης και η διεξαγωγή δοκιμών. Τα μεταγενέστερα



πλαίσια εξέτασαν την αλληλεπίδραση μεταξύ των φάσεων, την αλληλουχία των φάσεων, τις τροποποιήσεις στην ορολογία και την αναγκαιότητα συγκεκριμένων φάσεων. Οι Bybee et al. (Bybee et al., 2006) υπογράμμισαν ότι τα προγενέστερα εκπαιδευτικά μοντέλα χρησίμευσαν ως θεμέλιο για την κατασκευή νεότερων μοντέλων. Επομένως, πολλοί σύγχρονοι κύκλοι έρευνας αντανακλούν εμμέσως πτυχές προηγούμενων πλαισίων.

Ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζεται ένας κύκλος διερεύνησης συνήθως υποδηλώνει μια διατεταγμένη ακολουθία φάσεων. Ωστόσο, οι ερευνητές αποφεύγουν να χαρακτηρίσουν τη μάθηση μέσω της διερεύνησης ως μια προκαθορισμένη και ομοιόμορφη γραμμική διαδικασία. Οι συνδέσεις μεταξύ των φάσεων μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με το πλαίσιο. Σε έναν κύκλο έρευνας που προτάθηκε από τους Justice et al. (Justice et al., 2002), μια ενιαία φάση έρευνας (Self-Reflection / Self-Evaluation) συνδέεται άμεσα με όλες τις άλλες φάσεις (Σχήμα 2). Οι συγγραφείς υποστήριξαν ότι αυτή η συγκεκριμένη φάση έρευνας, η οποία ενθαρρύνει την αυτογνωσία του εκπαιδευόμενου, είναι απαραίτητη σε όλες τις φάσεις έρευνας.

Ο τρόπος με τον οποίο οργανώνονται οι φάσεις έρευνας σε έναν κύκλο έρευνας μπορεί να εξαρτάται από τη φύση της φάσης. Οι de Jong & Njoo (de Jong & Njoo, 1992), για παράδειγμα, διαχωρίζουν τις διαδικασίες διερεύνησης σε αυτές που παράγουν άμεσα ή μετασχηματίζουν πληροφορίες (transformative processes - μετασχηματιστικές διαδικασίες) και σε αυτές που διαχειρίζονται τη διαδικασία εκμάθησης (regulative processes - κανονιστικές διαδικασίες). Όπως συμβαίνει με τους διάφορους όρους που ισχύουν για διαφορετικές φάσεις έρευνας, εμφανίζεται επίσης μια ποικιλία στην κατανόηση των σχέσεων και της αλληλουχίας των φάσεων έρευνας μέσα στους κύκλους έρευνας, για παράδειγμα, εάν οι κανονιστικές διαδικασίες σχετίζονται με ολόκληρη την γενική μάθηση που βασίζεται στην έρευνα ή με κάθε συγκεκριμένη φάση.



Σε διάφορες μελέτες (Bybee et al., 2006; Justice et al., 2002; White & Frederiksen, 1998) διαπιστώνεται ότι υπάρχουν ποικίλες περιγραφές των κύκλων έρευνας που προέρχονται από διάφορους ερευνητές οι οποίοι χρησιμοποιούν διάφορες ορολογίες για φάσεις που είναι ουσιαστικά οι ίδιες. Η προτίμηση ενός όρου σε σχέση με έναν άλλο δεν είναι προβληματική, αρκεί η ορολογία να είναι σαφώς καθορισμένη και κατανοητή. Εκείνο όμως που είναι σημαντικό είναι το να καθοριστεί πόσες φάσεις έρευνας είναι πραγματικά μοναδικές και εννοιολογικά ανεξάρτητες. Η ποικιλομορφία των κύκλων έρευνας μπορεί να απλουστευθεί σύμφωνα με το πλαίσιο από τους (Klahr & Dunbar, 1988), στις οποίες οι διαδικασίες συλλογιστικής διερεύνησης χωρίζονται σε δύο μέρη. Τα δύο μέρη σχετίζονται με την επαγωγική / απαγωγική - παραγωγική διχοτόμηση στην επιστημονική συλλογιστική και, στην περίπτωση των διαφόρων κύκλων έρευνας, μπορεί να είναι ότι διαφορετικοί ερευνητές έχουν κατασκευάσει διαφορετικούς κύκλους με βάση την προτίμηση στη μια προσέγγιση έναντι της άλλης.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι πολλά από τα εκπαιδευτικά μοντέλα επικεντρώνονται αποκλειστικά σε διαδικασίες μετασχηματιστικής μάθησης και δεν περιλαμβάνουν τις διαδικασίες κανονιστικής μάθησης ως ανεξάρτητες φάσεις έρευνας. Η αλληλεπίδραση μεταξύ μετασχηματιστικών και κανονιστικών διαδικασιών θεωρείται πλέον ως βασικό στοιχείο στην μάθηση που βασίζεται στην έρευνα (De Jong & Joolingen, 1998).

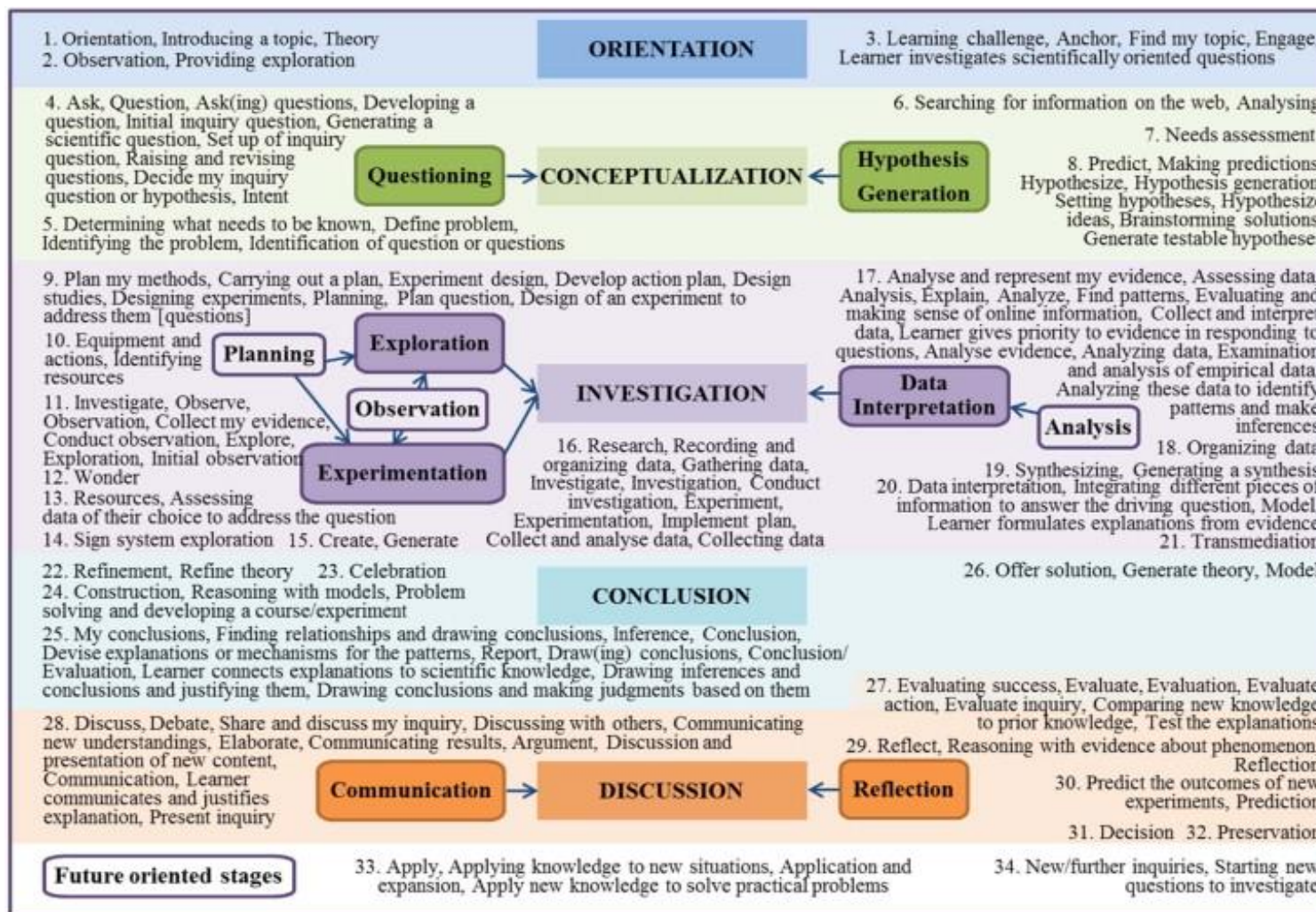
Οι Pedaste et al. (Pedaste et al., 2015) έκαναν μια έρευνα εξετάζοντας δύο ερωτήματα. Το πρώτο ήταν το ποιες είναι οι απαραίτητες φάσεις στο πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης και το δεύτερο πως θα πρέπει να είναι οργανωμένες αυτές οι φάσεις σε κύκλους έρευνας. Από την ανασκόπηση που έκαναν διαπίστωσαν μια ποικιλία από 109 διαφορετικούς όρους που αφορούσαν τις φάσεις της διερεύνησης. Πολλοί από αυτούς παρουσίαζαν μικρότερη ή μεγαλύτερη αλληλεπικάλυψη, κάτι που τους οδήγησε στην πρόταση ταξινόμησή τους σε 34 ομάδες (Σχήμα 3). Στη συνέχεια οι 34 αυτές ομάδες ταξινομήθηκαν και ξαναοργανώθηκαν σε 11 υποψήφιες φάσεις και τέλος προτάθηκε ένα πλαίσιο διερευνητικής διαδικασίας με 5 κύριες φάσεις που αποτελούνται από μερικές δευτερεύουσες φάσεις (Σχήμα 4).

2.2.2 Το πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης

Οι 5 κύριες φάσεις που αποτελούν τον κύκλο της διερευνητικής μάθησης είναι: η φάση του Προσανατολισμού, η Εννοιολογική φάση, η φάση της Έρευνας, η φάση των Συμπερασμάτων, και η φάση της Συζήτησης (*Orientation, Conceptualization, Investigation, Conclusion, and Discussion*)

Ο Προσανατολισμός επικεντρώνεται στην τόνωση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας σε σχέση με το επικείμενο πρόβλημα. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, το μαθησιακό θέμα εισάγεται από το περιβάλλον ή δίδεται από τον εκπαιδευτικό ή καθορίζεται από τον μαθητή. Οι κύριες μεταβλητές του θέματος εντοπίζονται κατά τη διάρκεια της φάσης του Προσανατολισμού και το αποτέλεσμά του είναι η διατύπωση του προβλήματος (Pedaste et al., 2015).

Η Εννοιολογική φάση είναι μια διαδικασία κατανόησης μιας έννοιας ή εννοιών που αφορούν το διατυπωμένο πρόβλημα. Είναι χωρισμένη σε δύο δευτερεύουσες φάσεις, αυτή της διατύπωσης ερωτήσεων και αυτή της διατύπωσης υποθέσεων.



Σχήμα 3: Όροι που αναφέρονται στις φάσεις της διερεύνησης ταξινομημένοι σε 34 ομάδες. (Pedaste et al., 2015)

Αυτές οι δευτερεύουσες φάσεις παράγουν παρόμοια αλλά διακριτά αποτελέσματα. Η διατύπωση ερωτήσεων καταλήγει σε μια ερευνητική ερώτηση ή πιο ανοιχτές ερωτήσεις σχετικά με έναν τομέα, ενώ η διατύπωση υποθέσεων καταλήγει σε μια δοκιμαστική υπόθεση. Και οι δύο βασίζονται στη θεωρητική αιτιολόγηση και περιέχουν ανεξάρτητες και εξαρτώμενες μεταβλητές, αλλά έχουν μια βασική διαφορά – η υπόθεση είναι μια δήλωση που εμπεριέχει μια πρόβλεψη για τη σχέση που συνδέει τις μεταβλητές του προβλήματος, κάτι που δεν συμβαίνει στην περίπτωση μιας ερευνητικής ερώτησης (Mäeots et al., 2008). Έτσι, τα αποτελέσματα της Εννοιολογικής φάσης είναι ερευνητικά ερωτήματα ή υποθέσεις που πρέπει να διερευνηθούν ή και τα δύο, εάν διατυπωθούν πρώτα ερωτήματα έρευνας και στη συνέχεια δημιουργούνται υποθέσεις βάσει αυτών.

Η Έρευνα είναι η φάση όπου η περιέργεια μετατρέπεται σε δράση με σκοπό να απαντηθούν οι διατυπωμένες ερευνητικές ερωτήσεις ή υποθέσεις. Οι δευτερεύουσες φάσεις της Έρευνας είναι η Εξερεύνηση, ο Πειραματισμός και η Διερμηνεία Δεδομένων. Οι μαθητές διερευνούν / παρατηρούν, σχεδιάζουν διαφορετικά πειράματα αλλάζοντας τιμές σε μεταβλητές, πραγματοποιούν προβλέψεις και ερμηνεύουν τα αποτελέσματα, (Lim, 2004; White & Frederiksen, 2005). Γενικά, η εξερεύνηση είναι ένας συστηματικός τρόπος διεξαγωγής έρευνας με στόχο την εξεύρεση σχέσης μεταξύ των μεταβλητών (Lim, 2004). Σε αυτή την περίπτωση θα συλλεχθούν στοιχεία για τη δοκιμή μιας υπόθεσης και κατά τον προγραμματισμό του πειράματος θα πρέπει να οριστούν οι παράμετροι που θα πρέπει να διατηρούνται σταθερές ή που θα μεταβάλλονται κατά τη διεξαγωγή ενός πειράματος. Τόσο η εξερεύνηση όσο και ο πειραματισμός περιλαμβάνουν εκτός από την υλοποίηση των ερευνητικών δραστηριοτήτων και το σχεδιασμό αυτών. Για παράδειγμα, το ποια υλικά θα χρησιμοποιηθούν και με πιο τρόπο καθώς και ο απαιτούμενος εξοπλισμός, αποτελούν μέρος του σχεδιασμού που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια της δευτερεύουσας φάσης της εξερεύνησης ή του πειραματισμού. Κατά τη διάρκεια της Εξερεύνησης και του Πειραματισμού συλλέγονται δεδομένα. Η δευτερεύουσα φάση της Διερμηνείας των δεδομένων επικεντρώνεται στην κατανόηση των συλλεγόμενων δεδομένων και της σύνθεσης νέων γνώσεων (Bruce & Casey, 2012; Justice et al., 2002; Lim, 2004; White & Frederiksen, 1998; Wilhelm & Walters, 2006). Το τελικό αποτέλεσμα της φάσης της Έρευνας είναι η ερμηνεία των δεδομένων (μια διατύπωση των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών) που θα επιτρέψει την επιστροφή στο αρχικό ερευνητικό ερώτημα ή την υπόθεση και θα συνάγει ένα συμπέρασμα σχετικά με το αρχικό ερώτημα ή την αρχική υπόθεση.

Τα Συμπεράσματα είναι η φάση στην οποία αναφέρονται τα βασικά αποτελέσματα μιας μελέτης (de Jong, 2006). Σε αυτή τη φάση οι εκπαιδευόμενοι αντιμετωπίζουν τα αρχικά ερευνητικά τους ερωτήματα ή υποθέσεις και εξετάζουν εάν αυτά απαντώνται ή υποστηρίζονται από τα αποτελέσματα της μελέτης (White et al., 1999). Μπορεί να οδηγήσει σε νέες θεωρητικές γνώσεις. Το αποτέλεσμα της φάσης των συμπερασμάτων είναι ένα τελικό συμπέρασμα σχετικά με τα ευρήματα της μάθησης που βασίζεται στην έρευνα, ανταποκρινόμενο στις ερευνητικές ερωτήσεις ή υποθέσεις.

Η Συζήτηση περιλαμβάνει τις δευτερεύουσες φάσεις της Επικοινωνίας και του Προβληματισμού. Η Επικοινωνία μπορεί να θεωρηθεί ως μια εξωτερική διαδικασία όπου οι μαθητές παρουσιάζουν και κοινοποιούν τα ευρήματά τους και τα συμπεράσματά τους σε συμμαθητές και καθηγητές και λαμβάνουν σχόλια και ανατροφοδότηση από αυτούς ακούγοντας τις δικές τους αντιλήψεις (Bruce & Casey, 2012). Ο Προβληματισμός ορίζεται ως η διαδικασία σκέψης για οτιδήποτε στο μυαλό του εκπαιδευόμενου, π.χ. για την επιτυχία της διαδικασίας ή του κύκλου έρευνας, ενώ προτείνει νέα προβλήματα για έναν νέο κύκλο έρευνας και υποδεικνύει πώς θα μπορούσε να βελτιωθεί η διαδικασία μάθησης που είναι βασισμένη στην έρευνα (Lim, 2004; White & Frederiksen, 1998). Θεωρείται κυρίως ως εσωτερική διαδικασία (Τι έκανα; Γιατί το έκανα; Έκανα καλά; Ποιες είναι οι άλλες επιλογές σε μια παρόμοια κατάσταση;). Στο πλαίσιο αυτής της διαδικασίας, εντάσσονται διάφορες δραστηριότητες, όπως παιχνίδια ρόλων, καταγραφή ημερολογίου ή και καθοδηγητικές ερωτήσεις (Runnel et al., 2013), οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να βελτιώσουν τα επίπεδα ποιότητας του προβληματισμού τους σε ότι αφορά την περιγραφή, την αιτιολόγηση, τη κριτική και τη συζήτηση (Leijen et al., 2012). Έτσι, ο Προβληματισμός συχνά επικεντρώνεται περισσότερο στη διαδικασία εκμάθησης με βάση την έρευνα ενώ η Επικοινωνία έχει να κάνει με τα αποτελέσματα αυτής της διαδικασίας σε επίπεδο γνωστικού τομέα. Και οι δύο δευτερεύουσες φάσεις της Συζήτησης μπορούν να θεωρηθούν ότι συμβαίνουν σε δύο πιθανά επίπεδα: (1) επικοινωνία ή προβληματισμός της όλης διαδικασίας στο τέλος της μάθησης που βασίζεται στην έρευνα ή (2) σε σχέση με μία μόνο φάση του κύκλου.

Συνοπτικά για τις κύριες και δευτερεύουσες φάσεις του κύκλου που προτείνεται από τους (Pedaste et al., 2015) έχουμε:

Κύριες Φάσεις:

- 1) *Προσανατολισμού*: Η διαδικασία τόνωσης της περιέργειας για ένα μαθησιακό θέμα. Διατύπωση προβλήματος.
- 2) *Εννοιολογική*: Η διαδικασία διατύπωσης ερωτήσεων και / ή υποθέσεων.

Δευτερεύουσες φάσεις

- a) διατύπωσης ερωτήσεων: Η διαδικασία δημιουργίας ερευνητικών ερωτημάτων με βάση το προαναφερθέν πρόβλημα.
 - b) δημιουργίας υποθέσεων: Η διαδικασία δημιουργίας υποθέσεων σε σχέση με το δηλωθέν πρόβλημα.
- 3) *Έρευνας*: Η διαδικασία σχεδιασμού εξερεύνησης ή πειραματισμού, η συλλογή και η ανάλυση δεδομένων με βάση το πειραματικό σχέδιο ή την εξερεύνηση.

Δευτερεύουσες φάσεις

- a) εξερεύνησης: Η διαδικασία της συστηματικής και προγραμματισμένης παραγωγής δεδομένων με βάση μια ερευνητική ερώτηση.
 - b) πειραματισμού: Η διαδικασία σχεδιασμού και διεξαγωγής ενός πειράματος για την εξέταση μιας υπόθεσης.
 - c) ερμηνείας δεδομένων: Η διαδικασία απόδοσης νοήματος στα δεδομένα που συλλέγονται και η σύνθεση νέας γνώσης.
- 4) *Συμπερασμάτων*: Η διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων από τα δεδομένα. Σύγκριση των συμπερασμάτων από τα δεδομένα με τις υποθέσεις ή τα ερευνητικά ερωτήματα.
 - 5) *Συζήτησης*: Η διαδικασία παρουσίασης των αποτελεσμάτων συγκεκριμένων φάσεων ή ολόκληρου του κύκλου έρευνας μέσω της επικοινωνίας με άλλους ή / και του ελέγχου της όλης διαδικασίας μάθησης ή των φάσεων της, συμμετέχοντας σε δραστηριότητες ανατροφοδότησης.

Δευτερεύουσες φάσεις

- a) επικοινωνίας: Η διαδικασία παρουσίασης των αποτελεσμάτων μιας φάσης έρευνας ή ολόκληρου του κύκλου έρευνας σε άλλους (συνομηλίκους, καθηγητές) και συλλογή ανατροφοδοτήσεων από αυτούς. Συζήτηση με άλλους.
- b) προβληματισμού: Η διαδικασία περιγραφής, κριτικής, αξιολόγησης και συζήτησης ολόκληρου του κύκλου της έρευνας ή μιας συγκεκριμένης φάσης. Εσωτερική συζήτηση.

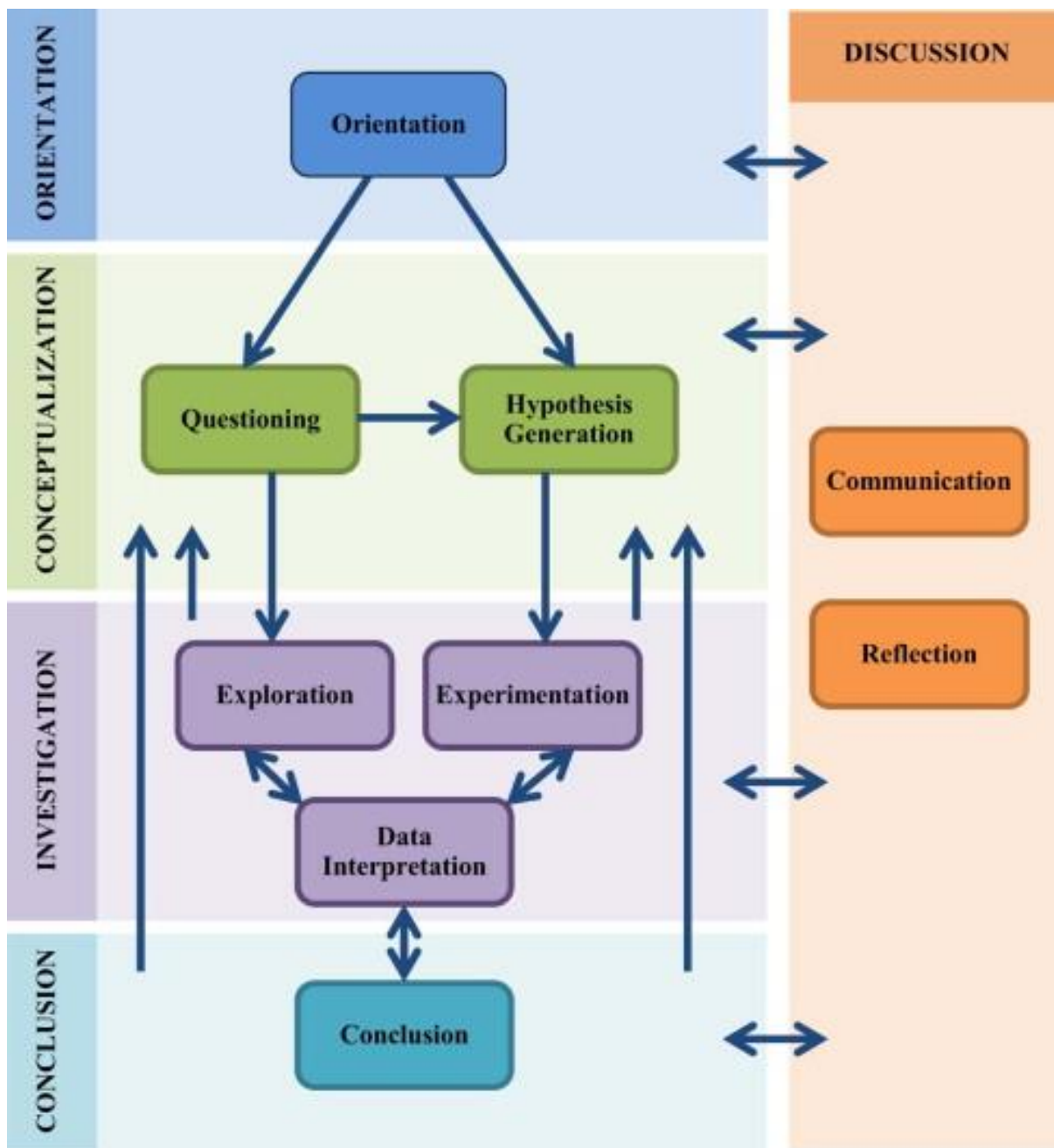
Σχηματικά το πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης όπως παρουσιάζεται από τους Pedaste et al (Pedaste et al., 2015) είναι αυτό που δείχνεται στο Σχήμα 4 στην επόμενη σελίδα.

Τα βέλη στην εικόνα παρουσιάζουν διαφορετικές διαδρομές μέσω του πλαισίου. Αν και ο κύκλος συχνά ξεκινά με τον Προσανατολισμό, εμφανίζει ευελιξία στις διαδρομές που μπορούν να ακολουθηθούν. Τρεις πιθανοί κύκλοι έρευνας μπορούν να ανιχνευθούν ακολουθώντας τα βέλη: (α) Προσανατολισμός – Διατύπωση Ερωτήσεων - Εξερεύνηση - Ερμηνεία δεδομένων (δυνατότητα στον κύκλο να επιστρέψει στην ερώτηση) – Συμπεράσματα, (β) Προσανατολισμός – Διατύπωση Υποθέσεων – Πειραματισμός - Ερμηνεία Δεδομένων (δυνατότητα στον κύκλο να επιστρέψει στην Δημιουργία Υποθέσεων) - Συμπέρασμα και (γ) Προσανατολισμός – Διατύπωση Ερωτήσεων – Δημιουργία Υποθέσεων - Πειραματισμός - Ερμηνεία δεδομένων (δυνατότητα στον κύκλο να επιστρέψει στη διατύπωση ερωτήσεων ή στη δημιουργία υποθέσεων) - Συμπεράσματα.

Η φάση της Συζήτησης μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνολο διαδικασιών που είναι "προαιρετικές" για τον κύκλο της έρευνας, διότι για έναν μεμονωμένο μαθητευόμενο, τα μαθησιακά αποτελέσματα με βάση την έρευνα μπορούν συχνά να επιτευχθούν χωρίς οποιαδήποτε επικοινωνία ή προβληματισμό. Ωστόσο, η ποιότητα της μάθησης που βασίζεται στην έρευνα και των συναφών μαθησιακών ωφελειών της μπορεί να εξαρτηθεί από τις συζητήσεις κατά τη διάρκεια κάθε φάσης έρευνας ή / και μετά την ολοκλήρωση όλων των άλλων φάσεων. Αρκετοί συγγραφείς συμπεριέλαβαν τη Συζήτηση ως κορυφαία φάση έρευνας (Bruce & Casey, 2012; Valanides & Angeli, 2008), ενώ άλλοι θεωρούν τη φάση των Συμπερασμάτων ως το τελικό στάδιο ενός κύκλου έρευνας (De Jong & Joolingen, 1998; Council, 1996).

Βάσει του πλαισίου τους οι Pedaste et al (Pedaste et al., 2015) προτείνουν την έναρξη του κύκλου της διερευνητικής μάθησης με τον Προσανατολισμό, όπου οι μαθητές όχι μόνο αποκτούν μια ιδέα σχετικά με το θέμα που θα διερευνηθεί, αλλά και τους παρουσιάζεται το πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί. Στο επόμενο βήμα, της Εννοιολογικής φάσης, οι μαθητές

έχουν διαφορετικές δυνατότητες να διαμορφώσουν την βασική ιδέα που πρέπει να μελετηθεί στη διαδικασία της διερευνητικής μάθησης.



Σχήμα 4: Το πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης των Pedaste et al., 2015 με τις κύριες και τις δευτερεύουσες φάσεις του κύκλου.

Μπορούν να ακολουθήσουν μια προσέγγιση που βασίζεται σε υποθέσεις ή μια προσέγγιση που βασίζεται σε ερωτήσεις. Αν οι μαθητές δεν έχουν συγκεκριμένη ιδέα και μόνο ένα γενικό σχέδιο για το τι πρέπει να διερευνήσουν, θα πρέπει να ξεκινούν από πιο ανοικτά ερωτήματα που θα τους καθοδηγούν στην εξερεύνηση ενός φαινομένου (προσέγγιση που βασίζεται στην πληροφορία, κύκλος (α)). Σε αυτή την περίπτωση, αναμένεται ότι οι μαθητές θα επιστρέψουν στη φάση του Εννοιολογικού σχεδιασμού εάν έχουν προσδιορίσει, αναθεωρήσει ή παράξει νέες ιδέες από τη φάση της Εξερεύνησης ή της συλλογής δεδομένων, αλλά μπορούν επίσης να μετακινηθούν απευθείας από την Εξερεύνηση στην Ερμηνεία Δεδομένων και στα Συμπεράσματα. Αν οι μαθητές έχουν μια πιο συγκεκριμένη, συχνά θεωρητικά βασισμένη ιδέα για το τι πρέπει να διερευνήσουν, τότε μια προσέγγιση που βασίζεται στην υπόθεση είναι καταλληλότερη (κύκλος (β)). Μια ελαφριά απόκλιση από την τελευταία θα μπορούσε να είναι η προσέγγιση με βάση ερωτήσεις, όπου οι μαθητές έχουν μια ερώτηση και ο επόμενος στόχος τους είναι να συλλέξουν πληροφορίες για να διατυπώσουν μια συγκεκριμένη υπόθεση ως πιθανή απάντηση στο ερώτημα (κύκλος (γ)). Συμπερασματικά, οι τρεις προτεινόμενες αλλά όχι οι μόνες πιθανές πορείες είναι οι εξής:

(α) Προσανατολισμός – Διατύπωση Ερωτήσεων – Εξερεύνηση – Διατύπωση Ερωτήσεων – Εξερεύνηση – Ερμηνεία – Συμπέρασμα. Ο βρόχος μεταξύ ερωτήσεων και εξερευνήσεων μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές, αλλά είναι επίσης δυνατή η άμεση μετάβαση από την πρώτη Εξερεύνηση στην Ερμηνεία δεδομένων. Η Επικοινωνία και ο Προβληματισμός μπορεί να προστεθούν σε κάθε φάση.

(β) Προσανατολισμός - Υπόθεση – Πειραματισμός – Ερμηνεία - Υπόθεση – Πειραματισμός – Ερμηνεία – Συμπέρασμα. Ο βρόχος μεταξύ Υπόθεσης – Πειραματισμού - Ερμηνείας μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές, αλλά είναι επίσης δυνατό να μετακινηθεί κατευθείαν από την πρώτη Ερμηνεία δεδομένων στα Συμπεράσματα. Η Επικοινωνία και η Προβληματισμός μπορούν να προστεθούν σε κάθε φάση.

(γ) Προσανατολισμός – Διατύπωση Ερωτήσεων - Υπόθεση – Πειραματισμός - Ερμηνεία δεδομένων - (Διατύπωση Ερωτήσεων) Υπόθεση – Πείραμα – Ερμηνεία - Συμπέρασμα (ο βρόχος μεταξύ Υπόθεσης – Πειραματισμού - Ερμηνείας μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές, αλλά είναι επίσης πιθανό να μεταβούμε απευθείας από την πρώτη Ερμηνεία Δεδομένων στα Συμπεράσματα. Μετά την Επεξήγηση Δεδομένων μπορεί να χρειαστεί να αναθεωρηθούν

οι Ερωτήσεις, αλλά συχνότερα αναθεωρούνται μόνο οι Υποθέσεις. Η Επικοινωνία και ο Προβληματισμός μπορούν να προστεθούν σε κάθε φάση.

Από τα παραπάνω μπορούμε να θεωρήσουμε τη διερευνητική μάθηση ως μια κυκλική διαδικασία σε πολλαπλά επίπεδα και είναι προφανές πως οι διαδρομές που περιγράφηκαν μπορούν να σχηματίσουν διαφορετικούς κύκλους έρευνας. Επιπλέον, το σημείο εκκίνησης του κύκλου μπορεί να μεταβληθεί με ευελιξία. Για παράδειγμα, κάποιος μπορεί να ξεκινήσει από την Εξερεύνηση ενός φαινομένου και αργότερα να μεταβεί στην Εννοιολογική φάση για να διατυπώσει σημαντικές υποθέσεις.

Σε όλες τις φάσεις από τον Προσανατολισμό στο Συμπέρασμα είναι επίσης δυνατές οι διαδικασίες της φάσης Συζήτησης. Τόσο η Επικοινωνία όσο και ο Προβληματισμός μπορούν να θεωρηθούν ως συνεχείς διαδικασίες που βοηθούν τους μαθητές να λαμβάνουν ανατροφοδότηση σχετικά με τη μαθησιακή τους διαδικασία, μοιράζοντας τα αποτελέσματά τους και τις ιδέες που σχετίζονται με τη διαδικασία με άλλους. Αυτό σημαίνει άμεση επικοινωνία μεταξύ των μαθητών, των εκπαιδευτικών κ.λπ. Ωστόσο, θα μπορούσε επίσης να περιλαμβάνει την καθοδηγούμενη παρακολούθηση της μαθησιακής διαδικασίας των σπουδαστών, χρησιμοποιώντας δραστηριότητες προβληματισμού. Σε αυτό το πλαίσιο, η συζήτηση μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία που υποστηρίζει τη μεταγνώση ή τις κανονιστικές διαδικασίες της διερευνητικής μάθησης όπως προτείνεται από τους (de Jong & Njoo, 1992). Δύο τύποι Προβληματισμού μπορούν να διακριθούν (Pedaste et al., 2015): (α) Προβληματισμός κατά τη διάρκεια της δράσης, όπου οι μαθητές αξιολογούν τη διαδικασία μάθησης, ενώ εκτελούν τις δραστηριότητες μιας συγκεκριμένης φάσης ή (β) Προβληματισμός επί της δράσης, όπου οι μαθητές αξιολογούν τη διαδικασία μάθησης μετά την ολοκλήρωση ολόκληρου του κύκλου της έρευνας. Και στις δύο περιπτώσεις, οι μαθητές χρησιμοποιούν τα αποτελέσματα του προβληματισμού τους είτε για να αναθεωρήσουν τις δραστηριότητες με τις οποίες ασχολούνται κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων φάσεων (π.χ. επαναδιατυπώνοντας την ερευνητική τους ερώτηση) είτε ως είσοδο για έναν νέο κύκλο έρευνας. Ως εκ τούτου, προκύπτει ότι η επίδραση του προβληματισμού του ατόμου σχετικά με την επιτυχία των φάσεων έρευνας ή τη βελτίωση των δεξιοτήτων έρευνας σχετίζεται στενά με την ποιότητα του προβληματισμού. Ομοίως, η επικοινωνία μπορεί να θεωρηθεί ως επικοινωνία «εν δράσει» ή επικοινωνία «επί της δράσης», δηλ. είτε είναι μέρος μιας φάσης έρευνας είτε εκτελείται ως ξεχωριστή δραστηριότητα στο τέλος του κύκλου έρευνας.

Το νέο πλαίσιο μάθησης που βασίζεται στην έρευνα που παρουσιάζεται στο σχήμα 4 αντικατοπτρίζει σε γενικές γραμμές μια σύγχρονη άποψη βασισμένη στη διερευνητική μάθηση. Προέρχεται από μια συστηματική ανασκόπηση των πλαισίων μάθησης που βασίζονται στην έρευνα και βρίσκεται στην εκπαιδευτική ερευνητική βιβλιογραφία και αποτελεί μια προσπάθεια κάλυψης πολλών διαφορετικών υλοποιήσεων της μάθησης που βασίζεται στην έρευνα. Τα πρώτα πλαίσια της μάθησης με βάση την έρευνα μπορεί να έχουν παραμελήσει τις μεταγνωστικές διαδικασίες, οι οποίες στο σχήμα 4 βρίσκονται στη φάση της Συζήτησης και σχετίζονται επίσης με τις τέσσερις μετασηματιστικές φάσεις γενικής έρευνας. Η πιθανότητα ότι η βασισμένη στην έρευνα μάθηση μπορεί κατά κύριο λόγο να ακολουθήσει μια προσέγγιση επαγωγικής ή παραγωγικής συλλογιστικής, όπως αναφέρουν οι Klahr & Dunbar (Klahr & Dunbar, 1988), περιλαμβάνεται στο Σχήμα 4 μέσω της χρήσης διαφόρων φάσεων στα στάδια της Εννοιολογικής φάσης και της φάσης της Διερεύνησης. Πάντως, το πλαίσιο δεν περιορίζεται σε μία μόνο προσέγγιση αφού οι φάσεις σύνδεσης των διαδρομών στο Σχήμα 4 επιτρέπουν επαναλήψεις και κυκλική κίνηση, αυξάνοντας έτσι το φάσμα των πιθανών υλοποιήσεων διεργασίας έρευνας. Συνολικά, το πλαίσιο συγκεντρώνει τα βασικά στοιχεία της μάθησης που βασίζεται στην έρευνα και τα συνδέει με τέτοιο τρόπο ώστε να καταδεικνύει ότι οι πολλαπλές υλοποιήσεις των κύκλων έρευνας μπορούν να αναπτυχθούν από ένα ενιαίο πλαίσιο (Pedaste et al., 2015).

2.2.3 Τα επίπεδα της διερεύνησης

Τα επίπεδα της διερεύνησης καθορίζονται σε σχέση με το πόσες πληροφορίες παρέχονται στους μαθητές και είναι τέσσερα.

Στο 1^ο επίπεδο: Επιβεβαιωτική διερεύνηση. Δίνονται στους μαθητές η ερώτηση, οι οδηγίες που θα ακολουθήσουν στην έρευνά τους και τα απαιτούμενα υλικά. Η Επιβεβαιωτική διερεύνηση χρησιμοποιείται όταν οι στόχοι του εκπαιδευτικού είναι α) να ενισχύσει κάτι που έχει ήδη διδαχθεί, β) να εισάγει τους μαθητές στην εμπειρία της διεξαγωγής έρευνας και γ) να ασκηθούν οι μαθητές αρχικά στο να διαβάζουν και να εκτελούν γραπτές οδηγίες και στη συνέχεια σε ερευνητικές δεξιότητες όπως είναι η συλλογή, η καταγραφή και η επεξεργασία δεδομένων (Κουμαράς, 2017).

Στο 2^ο επίπεδο: Καθοδηγούμενη διερεύνηση (Καθοδηγούμενη ανακάλυψη). Δίνονται στους μαθητές η ερώτηση, τα απαιτούμενα υλικά και οι οδηγίες για τη διαδικασία που θα ακολουθήσουν. Οι μαθητές δε γνωρίζουν την απάντηση πριν εκτελέσουν το πείραμα, δηλαδή δεν έχει προηγηθεί η σχετική διδασκαλία που είναι και η διαφορά με την επιβεβαιωτική διερεύνηση (Κουμαράς, 2017).

Στο 3^ο επίπεδο: Προσανατολισμένη διερεύνηση. Δίνεται στους μαθητές μόνο το πρόβλημα, δηλαδή η ερώτηση που θα διερευνήσουν. Οι μαθητές αποφασίζουν μόνοι τους για το ποια θα είναι η πορεία που θα ακολουθήσουν για να απαντήσουν στο ερώτημα. Για τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν υπάρχουν δύο δυνατότητες. Η πρώτη είναι να δοθεί από τον εκπαιδευτικό ένα σύνολο υλικών ώστε να διαλέξουν οι μαθητές αυτά που θεωρούν ότι τους χρειάζονται και η δεύτερη να αφεθούν οι μαθητές ελεύθεροι να επιλέξουν τα υλικά που κρίνουν ότι είναι απαραίτητα για τον πειραματισμό (Κουμαράς, 2017).

Στο 4^ο επίπεδο: Ανοιχτή διερεύνηση. Οι μαθητές διατυπώνουν ερωτήματα, σχεδιάζουν και πραγματοποιούν την έρευνα. Για τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν ισχύει ότι και στην Προσανατολισμένη διερεύνηση. Η διαφορά με το προηγούμενο επίπεδο είναι ότι οι μαθητές επιλέγουν μόνοι τους το ερώτημα που θα διερευνήσουν (Κουμαράς, 2017).

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα επίπεδα διερεύνησης και η παρεχόμενη πληροφορία σε κάθε ένα από αυτά.

	Παρεχόμενη πληροφορία			
Επίπεδο διερεύνησης	Ερώτηση	Οδηγίες	Αποτέλεσμα	Υλικά
Επιβεβαιωτική	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι
Καθοδηγούμενη	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι
Προσανατολισμένη	Ναι	Όχι	Όχι	;
Ανοιχτή	Όχι	Όχι	Όχι	;

Πίνακας 1: Επίπεδα διερεύνησης και παρεχόμενη πληροφορία. (Κουμαράς, 2017)

2.2.4 Παρανοήσεις - Τι δεν είναι η διερευνητική μάθηση.

Η διερεύνηση ως διαδικασία απαιτεί από τους μαθητές να απαντούν σε ερευνητικές ερωτήσεις μέσω της ανάλυσης δεδομένων που κάνουν οι ίδιοι. Δεν συνιστά επομένως διερεύνηση η ανάθεση στους μαθητές μιας εργασίας (project) που απαιτεί μόνο συλλογή δεδομένων από το δίκτυο ή από βιβλία χωρίς τη ταυτόχρονη εμπλοκή τους στην ανάλυση και επεξεργασία αυτών των δεδομένων. Επίσης δεν αποτελούν διερεύνηση διαδικασίες που έχουν ως στόχο την πρακτική εξάσκηση π.χ. το πώς να χειρίζονται οι μαθητές διάφορες συσκευές προκειμένου να πραγματοποιούν μετρήσεις. Οι δεξιότητες στο χειρισμό πειραματικών οργάνων είναι απαραίτητες για τη διερεύνηση αλλά δεν αποτελούν από μόνες τους διερεύνηση (Κουμαράς, 2017).

Η διερευνητική μάθηση δεν είναι πανάκεια. Η αποτελεσματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών πραγματοποιείται μέσα από μια πληθώρα προσεγγίσεων και στρατηγικών. Ακόμη και αν ήταν εφικτή η προσέγγιση όλων των θεμάτων μέσω της διερεύνησης το πιθανότερο θα ήταν να καταλήξει βαρετή για τους μαθητές.

Ως διερεύνηση επίσης δε νοείται μόνο η διαδικασία κατά την οποία οι μαθητές διατυπώνουν και επεξεργάζονται τα δικά τους ερωτήματα. Αυτό είναι το τελικό επίπεδο της διερεύνησης, ο επιθυμητός στόχος. Για να φτάσουν οι μαθητές σ' αυτό το ανώτερο επίπεδο διερεύνησης θα πρέπει να μάθουν πώς να διατυπώνουν ερωτήσεις πώς να σχεδιάζουν και να εκτελούν πειράματα και πώς να ταξινομούν και να ερμηνεύουν τα δεδομένα.

Η συμμετοχή των μαθητών σε διερευνητικές δραστηριότητες δεν σημαίνει κατ' ανάγκη ότι πραγματοποιείται διερευνητική διδασκαλία και μάθηση. Η φυσική παρουσία και συμμετοχή του μαθητή στη διενέργεια διερευνητικών διαδικασιών παρότι επιθυμητή δεν εγγυάται και τη νοητική του συμμετοχή σε κάποιο από τα χαρακτηριστικά της διερεύνησης. Θα πρέπει αυτό που πρόκειται να μάθει – και εδώ υπεισέρχεται ο ρόλος του εκπαιδευτικού – να του κεντρίζει το ενδιαφέρον, μόνο τότε η συμμετοχή μετατρέπεται από παθητική σε ενεργητική.

Μια ακόμη παρανόηση είναι ότι η διερεύνηση μπορεί να διδαχθεί χωρίς να δίνουμε έμφαση στο μαθησιακό περιεχόμενο. Μια τάση που υπήρχε κατά τη δεκαετία του 1960 έδινε έμφαση στις κανονιστικές διαδικασίες σε βάρος των μετασχηματιστικών διαδικασιών. Οι υποστηρικτές αυτής της τάσης ισχυρίζονταν ότι αρκεί οι μαθητές να γνωρίζουν τις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου και τότε θα είναι ικανοί να μάθουν οποιοδήποτε περιεχόμενο

εφαρμόζοντας αυτές τις διαδικασίες. Η τάση αυτή σήμερα παρότι εξακολουθεί να υφίσταται θεωρείται ξεπερασμένη. Η κατανόηση των διαδικασιών της διερεύνησης από το μαθητή δεν μπορεί να αναπτυχθεί αποκομμένη από το εννοιολογικό περιεχόμενο. Η επικρατούσα άποψη σήμερα είναι ότι οι μαθητές πρέπει να μάθουν να χρησιμοποιούν την επιστημονική μέθοδο για να ανακαλύψουν τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και στη συνέχεια τις ικανότητες που απέκτησαν να είναι σε θέση να τις μεταφέρουν σε θέματα της καθημερινής τους ζωής (Κουμαράς, 2017).

2.3 ΚΡΙΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ

2.3.1 Διερεύνηση εναντίον καθοδηγούμενης διδασκαλίας

Κατά τη διάρκεια του τελευταίου μισού και πλέον αιώνα υπάρχουν διαφωνίες σε σχέση με την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας μέσω της διδακτικής καθοδήγησης. Από τη μία πλευρά αυτής της διαφωνίας είναι εκείνοι που υποστηρίζουν την υπόθεση ότι οι άνθρωποι μαθαίνουν καλύτερα σε ένα ελάχιστο καθοδηγούμενο περιβάλλον, που γενικά ορίζεται ως ένα περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές πρέπει να ανακαλύψουν ή να κατασκευάσουν ουσιαστικές πληροφορίες για τον εαυτό τους (Bruner, 1961; Papert, 1980; Steffe & Gale, 1995). Από την άλλη πλευρά, είναι αυτοί που υποδηλώνουν ότι οι αρχάριοι μαθητές θα πρέπει να έχουν άμεση εκπαιδευτική καθοδήγηση σχετικά με τις έννοιες και τις διαδικασίες που απαιτούνται από έναν συγκεκριμένο κλάδο και δεν πρέπει να αφηθούν να ανακαλύψουν αυτές τις διαδικασίες από μόνοι τους π.χ., (Klahr & Nigam, 2004; Mayer, 2004; Sweller, 2003). Η άμεση εκπαιδευτική καθοδήγηση ορίζεται ως η παροχή πληροφοριών που εξηγούν πλήρως τις έννοιες και τις διαδικασίες που πρέπει να μάθουν οι μαθητές αλλά και ως μια διαδικασία που στηρίζει εκείνες τις στρατηγικές μάθησης που είναι συμβατές με την ανθρώπινη νοητική αρχιτεκτονική. Η μάθηση, με τη σειρά της, ορίζεται ως μια αλλαγή στη μακροπρόθεσμη μνήμη (Kirschner et al., 2010).

Φαίνεται ότι υπάρχουν δύο βασικές παραδοχές στις οποίες βασίζονται τα εκπαιδευτικά προγράμματα που χρησιμοποιούν την ελάχιστη καθοδήγηση. Πρώτον, προκαλούν τους μαθητές να λύσουν "αυθεντικά" προβλήματα ή να αποκτήσουν πολύπλοκες γνώσεις σε πλούσιες σε πληροφόρηση καταστάσεις, βασιζόμενα στην υπόθεση ότι η εκμάθηση των

μαθητών που δίνουν τις δικές τους λύσεις οδηγεί στην πιο αποτελεσματική μαθησιακή εμπειρία. Δεύτερον, φαίνεται να υποθέτουν ότι η γνώση μπορεί να αποκτηθεί καλύτερα μέσω της εμπειρίας που βασίζεται στις διαδικασίες του γνωστικού τομέα (δηλ. αντιμετωπίζουν το παιδαγωγικό περιεχόμενο της μαθησιακής εμπειρίας σαν να είναι ταυτόσημο με τις μεθόδους και τις διαδικασίες ή την επιστημολογία του κλάδου που μελετάται, (Kirschner, 1992). Σύμφωνα με αυτή την αντίληψη πρέπει να παρέχεται η ελάχιστη καθοδήγηση με τη μορφή πληροφοριών σχετικών με τη διαδικασία ή τις εργασίες που είναι διαθέσιμες εάν οι μαθητές επιλέξουν να τις χρησιμοποιήσουν. Οι υποστηρικτές αυτής της προσέγγισης υπονοούν ότι η εκπαιδευτική καθοδήγηση που παρέχει ή ενσωματώνει στρατηγικές εκμάθησης στη διδασκαλία, παρεμβαίνει στις φυσικές διαδικασίες με τις οποίες οι μαθητές αντλούν νέες γνώσεις για να επιτύχουν τους στόχους τους μέσα από τη μοναδική προηγούμενη εμπειρία τους και τους δικούς τους τρόπους μάθησης. Σύμφωνα με τους Kirschner et al. (Kirschner et al., 2010) «Οι μεγάλες ποσότητες καθοδήγησης μπορεί να παράγουν πολύ καλές επιδόσεις κατά τη διάρκεια της άσκησης, αλλά η υπερβολική καθοδήγηση μπορεί να επηρεάσει τη μεταγενέστερη απόδοση. Η προτροπή στους μαθητές για σωστές απαντήσεις στα μαθηματικά, για παράδειγμα, μπορεί να βλάψει την ικανότητά τους αργότερα να ανακτήσουν μόνοι τους σωστές απαντήσεις από τη μνήμη.» (σελ. 76)

Με βάση τις τρέχουσες γνώσεις μας για την ανθρώπινη νοητική αρχιτεκτονική, η ελάχιστη καθοδηγούμενη διδασκαλία είναι πιθανόν να είναι αναποτελεσματική. Ο τελευταίος μισός αιώνας εμπειρικής έρευνας σχετικά με αυτό το θέμα έδωσε συντριπτικές και σαφείς ενδείξεις ότι η ελάχιστη καθοδήγηση κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας είναι σημαντικά λιγότερο αποτελεσματική και αποδοτική από την καθοδήγηση που σχεδιάστηκε ειδικά για να υποστηρίξει τη γνωστική επεξεργασία που είναι απαραίτητη για τη μάθηση (Kirschner et al., 2010).

Οποιαδήποτε διαδικασία διδασκαλίας που αγνοεί τις δομές που συνθέτουν την ανθρώπινη νοητική αρχιτεκτονική δεν είναι πιθανό να είναι αποτελεσματική. Η ελάχιστη καθοδηγούμενη διδασκαλία φαίνεται να προχωράει χωρίς αναφορά στα χαρακτηριστικά της μνήμης εργασίας και στη μακροχρόνια μνήμη ή στις περίπλοκες σχέσεις μεταξύ τους. Το αποτέλεσμα είναι μια σειρά συστάσεων και διαδικασιών διδασκαλίας που οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί βρίσκουν σχεδόν αδύνατο να υλοποιήσουν - και πολλοί πεπειραμένοι εκπαιδευτικοί είναι απρόθυμοι να εφαρμόσουν - επειδή απαιτούν οι μαθητές να ασχοληθούν με γνωστικές δραστηριότητες που

είναι πολύ απίθανο να οδηγήσουν σε αποτελεσματική μάθηση. Ως εκ τούτου, οι αποτελεσματικότεροι εκπαιδευτικοί μπορούν είτε να αγνοήσουν τις συστάσεις είτε, στην καλύτερη περίπτωση, να υποκριθούν ότι τις στηρίζουν (Aulls, 2002).

Σύμφωνα με τους υποστηρικτές της καθοδηγούμενης διδασκαλίας, η ανωτερότητά της εξηγείται στο πλαίσιο της γνώσης μας για την ανθρώπινη νοητική αρχιτεκτονική, τις διαφορές στο γνωστικό επίπεδο των μαθητών και το γνωστικό φορτίο. Παρόλο που οι άτυπες ή ελάχιστα καθοδηγούμενες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις είναι πολύ δημοφιλείς και διαισθητικά ελκυστικές, γίνεται λόγος για το ότι αυτές οι προσεγγίσεις αγνοούν τόσο τις δομές που συνθέτουν την ανθρώπινη νοητική αρχιτεκτονική όσο και στοιχεία από εμπειρικές μελέτες του περασμένου μισού αιώνα που δείχνουν σταθερά ότι η ελάχιστα καθοδηγούμενη διδασκαλία είναι λιγότερο αποτελεσματική και λιγότερο αποδοτική από τις εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που δίνουν μεγάλη έμφαση στην καθοδήγηση της διαδικασίας μάθησης των μαθητών. Το πλεονέκτημα της καθοδήγησης αρχίζει να υποχωρεί μόνο όταν οι μαθητές έχουν επαρκώς υψηλές προγενέστερες γνώσεις που τους επιτρέπουν να έχουν μια "εσωτερική" καθοδήγηση (Kirschner et al., 2010).

2.3.2 Ανθρώπινη Γνωστική Αρχιτεκτονική

Η γνωστική αρχιτεκτονική του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι ένα πεδίο έρευνας που ασχολείται με τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται οι γνωστικές μας δομές. Οι σύγχρονες θεωρίες της ανθρώπινης νοητικής αρχιτεκτονικής χρησιμοποιούν ως βάση τους το μοντέλο των Atkinson & Shiffrin (Atkinson & Shiffrin, 1968). Σύμφωνα με αυτό η ανθρώπινη μνήμη διακρίνεται σε αισθητηριακή, εργασίας και μακρόχρονη. Οι σχέσεις μεταξύ της μνήμης εργασίας και της μακρόχρονης μνήμης, σε συνδυασμό με τις γνωστικές διαδικασίες, είναι κρίσιμης σημασίας για τη μάθηση.

Η κατανόηση του ρόλου της μακροχρόνιας μνήμης στην ανθρώπινη γνώση έχει αλλάξει δραματικά τις τελευταίες δεκαετίες. Δεν θεωρείται πλέον ως παθητικό αποθετήριο διακριτών, απομονωμένων θραυσμάτων πληροφορίας που μας επιτρέπουν να επαναλάβουμε αυτό που έχουμε μάθει. Ούτε θεωρείται μόνο ως συστατικό της ανθρώπινης νοητικής αρχιτεκτονικής που έχει απλώς περιφερειακή επιρροή σε πολύπλοκες γνωστικές διαδικασίες όπως η σκέψη και η επίλυση προβλημάτων. Αντίθετα, η μακροχρόνια μνήμη θεωρείται πλέον ως η κεντρική,

κυρίαρχη δομή της ανθρώπινης νόησης. Όλα όσα βλέπουμε, ακούμε και σκεφτόμαστε εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό και επηρεάζονται από τη μακρόχρονη μνήμη μας. (Kirschner et al., 2010)

Οι εργασίες του De Groot (De Groot, 2014) πάνω σε πεπειραμένους και αρχάριους σκακιστές και αντίστοιχες δημοσιεύσεις από τους Chase & Simon (Chase & Simon, 1973), έχουν επιδράσει σημαντικά στην αλλαγή της αντίληψης για το ρόλο της μακροχρόνιας μνήμης στον γνωστικό τομέα. Οι πεπειραμένοι σκακιστές είναι πολύ καλύτεροι σε σχέση με τους αρχάριους στο να αναπαριστούν τις θέσεις των κομματιών από πραγματικές παρτίδες σκακιού όταν τις δουν για λίγα δευτερόλεπτα, ενώ δεν διαφέρουν στην αναπαραγωγή τυχαίων συνθέσεων πάνω στη σκακιέρα. Τέτοιου τύπου διαφορές έχουν παρατηρηθεί και σε άλλους τομείς εκτός από το σκάκι. π.χ. (Egan & Schwartz, 1979; Jeffries et al., 1981). Αυτά τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι εξειδικευμένοι λύτες προβλημάτων αντλούν τις ικανότητές τους αξιοποιώντας την εκτεταμένη εμπειρία που είναι αποθηκευμένη στη μακροχρόνια μνήμη τους και στη συνέχεια επιλέγουν και εφαρμόζουν γρήγορα τις καλύτερες διαδικασίες για την επίλυση προβλημάτων. Το γεγονός ότι αυτές οι διαφορές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξηγήσουν πλήρως τις ικανότητες επίλυσης προβλημάτων τονίζει τη σημασία της μακροχρόνιας μνήμης για τη γνώση. Είμαστε επιδέξιοι σε ένα τομέα επειδή η μακροχρόνια μνήμη μας περιέχει τεράστιες ποσότητες πληροφοριών σχετικά με αυτό τον τομέα. Οι πληροφορίες αυτές μας επιτρέπουν να αναγνωρίσουμε γρήγορα τα χαρακτηριστικά μιας κατάστασης και μας δείχνει, συχνά ασυνείδητα, τι πρέπει να κάνουμε και πότε να το κάνουμε. Χωρίς το τεράστιο απόθεμα πληροφοριών στη μακροχρόνια μνήμη, θα είμαστε σε μεγάλο βαθμό ανίκανοι για όλα, από απλές πράξεις όπως η διέλευση δρόμου (τα δεδομένα στη μακροχρόνια μνήμη μας πληροφορούν πώς να αποφύγουμε την κυκλοφορία των οχημάτων, μια ικανότητα που πολλά άλλα ζώα δεν μπορούν να αποθηκεύσουν στις μακροπρόθεσμες αναμνήσεις τους) έως τις πολύπλοκες δραστηριότητες όπως το παιχνίδι σκακιού ή η επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Έτσι, η μακρόχρονη μνήμη μας ενσωματώνει μια μαζική βάση γνώσεων που είναι κεντρική σε όλες τις δραστηριότητες που βασίζονται στη γνώση (Kirschner et al., 2010).

Σύμφωνα με τους υποστηρικτές της καθοδηγούμενης διδακτικής προσέγγισης, η ίδια η αρχιτεκτονική της μακροπρόθεσμης μνήμης είναι αυτή που παρέχει την απόλυτη δικαιολογία για τη χρήση αυτών των μορφών διδασκαλίας. Ο σκοπός όλων των διδακτικών προσεγγίσεων

είναι να αλλάξουν τη μακροπρόθεσμη μνήμη. Εάν δεν έχει αλλάξει τίποτα στη μακροπρόθεσμη μνήμη, τίποτα δεν έχει μαθευτεί. Οποιαδήποτε διδακτική διαδικασία που δεν καθορίζει ή δεν μπορεί να καθορίσει τι έχει αλλάξει στη μακρόχρονη μνήμη ή που δεν αυξάνει την αποτελεσματικότητα με την οποία οι σχετικές πληροφορίες αποθηκεύονται ή ανακτώνται από τη μακροπρόθεσμη μνήμη είναι πιθανόν να είναι αναποτελεσματική (Kirschner et al., 2010).

2.3.3 Μνήμη εργασία ή λειτουργική μνήμη

Η μνήμης εργασίας, επίσης γνωστή ως λειτουργική μνήμη, μπορεί να ορίζεται ως το σύνολο των διαδικασιών που μας επιτρέπουν την προσωρινή αποθήκευση και το χειρισμό των πληροφοριών για να εκτελούμε περίπλοκες γνωστικές εργασίες, όπως η κατανόηση της γλώσσας, η ανάγνωση, οι μαθηματικές δεξιότητες, η εκμάθηση ή η συλλογιστική. Η μνήμη εργασίας είναι ένα είδος βραχυπρόθεσμης μνήμης. Τα χαρακτηριστικά της εργασιακής μνήμης είναι ότι α) έχει περιορισμένη χωρητικότητα καθώς μπορούμε να αποθηκεύουμε μόνο 7 ± 2 έννοιες, β) είναι ενεργή, δηλαδή όχι μόνο αποθηκεύει πληροφορίες, αλλά τις χειραγωγεί και τις μετασχηματίζει και γ) το περιεχόμενό της ενημερώνεται μόνιμα.

Οι περιορισμένες δυνατότητες επεξεργασίας της εργασιακής μνήμης φαίνεται να επηρεάζονται από τις αλληλεπιδράσεις της με τη μακρόχρονη μνήμη (Sweller, 2003; Sweller, 2004). Νέες πληροφορίες, όπως νέοι συνδυασμοί αριθμών ή γραμμμάτων, μπορούν να αποθηκευτούν μόνο για σύντομες περιόδους με σοβαρούς περιορισμούς στο ποσό των πληροφοριών που μπορούν να είναι επεξεργάσιμες. Αντιθέτως, όταν η λειτουργική μνήμη επεξεργάζεται πληροφορίες που είχαν προηγουμένως μαθευτεί και είναι αποθηκευμένες στη μακρόχρονη μνήμη, αυτοί οι περιορισμοί εξαφανίζονται.

Οποιαδήποτε εκπαιδευτική θεωρία που αγνοεί τα όρια της μνήμης εργασίας όταν ασχολείται με νέες πληροφορίες ή αγνοεί την εξαφάνιση αυτών των ορίων όταν χειρίζεται οικείες πληροφορίες είναι απίθανο να είναι αποτελεσματική. Οι διδακτικές προσεγγίσεις που υποστηρίζουν την ελάχιστη καθοδήγηση κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας προχωρούν σαν να μην υπάρχει μνήμη εργασίας ή, αν υπάρχει, ότι δεν έχει κανέναν σχετικό περιορισμό όταν ασχολείται με τις νέες πληροφορίες, τις ίδιες τις πληροφορίες που ενδιαφέρουν τις δομικές εκπαιδευτικές διαδικασίες. Οι υποστηρικτές της καθοδηγούμενης διδακτικής προσέγγισης

ισχυρίζονται ότι η επίλυση προβλημάτων, η οποία είναι κεντρική σε μια εκπαιδευτική διαδικασία που υποστηρίζει την ελάχιστη καθοδήγηση, που ονομάζεται διδασκαλία με βάση την έρευνα, θέτει τεράστιο βάρος στη μνήμη εργασίας (Sweller, 1988). Θα πρέπει επομένως οι υποστηρικτές της ερευνητικής διδασκαλίας να εξηγήσουν πως μια τέτοια διδακτική διαδικασία παρακάμπτει τα γνωστά όρια της μνήμης εργασίας όταν ασχολείται με νέες πληροφορίες.

2.3.4 Γνωστική αρχιτεκτονική και εποικοδομισμός

Οι ανθρώπινες δομές μνήμης και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις έχουν άμεσες επιπτώσεις στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό (Sweller et al., 1998). Η διδασκαλία μέσω της διερεύνησης απαιτεί από τον εκπαιδευόμενο να αναζητήσει πληροφορίες σχετικές με το πρόβλημα που τίθεται, κάτι που δημιουργεί μεγάλες απαιτήσεις στη μνήμη εργασίας. Ο φόρτος αυτός στη μνήμη εργασίας δεν συμβάλλει στη συσσώρευση γνώσεων στη μακρόχρονη μνήμη, επειδή κατά την εργασία η λειτουργική μνήμη χρησιμοποιείται για την εξεύρεση λύσεων προβλημάτων και δεν είναι διαθέσιμη ώστε να χρησιμοποιηθεί για μάθηση. Πράγματι, είναι δυνατό να αναζητηθούν παρατεταμένες χρονικές περιόδους λειτουργίας της εργασιακής μνήμης με ελάχιστες μεταβολές στη μακροπρόθεσμη μνήμη π.χ., βλέπε (Sweller et al., 1982). Ο στόχος της διδασκαλίας είναι σπάνια η αναζήτηση ή η ανακάλυψη πληροφοριών. Το επιθυμητό είναι να δοθεί στους μαθητές συγκεκριμένη καθοδήγηση για το πως να χειρίζονται πληροφορίες με τρόπους που είναι συνεπείς με έναν στόχο μάθησης και να αποθηκεύουν το αποτέλεσμα στη μακρόχρονη μνήμη.

Οι συνέπειες της απαίτησης από τους αρχάριους μαθητές να αναζητήσουν λύσεις προβλημάτων χρησιμοποιώντας μια περιορισμένη μνήμη εργασίας ή τους μηχανισμούς με τους οποίους η μη καθοδηγούμενη ή ελάχιστα καθοδηγούμενη διδασκαλία μπορεί να διευκολύνει την αλλαγή της μακροχρόνιας μνήμης φαίνεται να αγνοείται συνήθως. Το αποτέλεσμα είναι ένα σύνολο διαφορετικών ονομάτων αλλά παρόμοιων διδακτικών προσεγγίσεων που απαιτούν ελάχιστη καθοδήγηση που αποσυνδέεται από πολλά που γνωρίζουμε για την ανθρώπινη γνώση. Η πρόταση ελάχιστης καθοδήγησης ήταν κατανοητή όταν ο Bruner (1961) πρότεινε την ανακάλυψη ως εκπαιδευτικό εργαλείο επειδή οι δομές και οι σχέσεις που συνιστούν την ανθρώπινη γνωστική αρχιτεκτονική δεν είχαν ακόμη χαρτογραφηθεί. Τώρα βρισκόμαστε σε ένα εντελώς διαφορετικό περιβάλλον, διότι γνωρίζουμε

πολύ περισσότερα για τις δομές, τις λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά της μνήμης εργασίας και της μακροπρόθεσμης μνήμης, τις σχέσεις μεταξύ τους και τις συνέπειές τους για τη μάθηση και την επίλυση προβλημάτων. Αυτή η νέα κατανόηση αποτέλεσε τη βάση για συστηματική έρευνα και ανάπτυξη των εκπαιδευτικών θεωριών που αντανakλούν την τρέχουσα κατανόηση της γνωστικής αρχιτεκτονικής π.χ., (Anderson, 1996)

Δεδομένης της ασυμβατότητας της ελάχιστα καθοδηγούμενης διδασκαλίας με τις γνώσεις μας για την ανθρώπινη νοητική αρχιτεκτονική, ποια ήταν η αιτιολόγηση αυτών των διδακτικών προσεγγίσεων; Η πιο πρόσφατη εκδοχή της διδασκαλίας με ελάχιστη καθοδήγηση προέρχεται από τον κονστρουκτιβισμό π.χ., (Steffe & Gale, 1995), που υποστηρίζει ότι η γνώση κατασκευάζεται από τους μαθητές και άρα (α) θα πρέπει να έχουν την ευκαιρία να την κατασκευάσουν παρουσιάζοντας τους στόχους με την ελάχιστη πληροφόρηση, και (β) η μάθηση είναι ιδιοσυγκρασιακή και, ως εκ τούτου, οι κοινές μορφές ή στρατηγικές διδασκαλίας είναι αναποτελεσματικές. Η εποικοδομηστική περιγραφή της μάθησης είναι ακριβής, αλλά οι εκπαιδευτικές συνέπειες που προτείνονται από τους κονστρουκτιβιστές δεν ακολουθούν απαραίτητα.

Οι περισσότεροι μαθητές όλων των ηλικιών γνωρίζουν πώς να κατασκευάζουν γνώσεις όταν τους παρέχονται επαρκείς πληροφορίες και δεν υπάρχει καμία απόδειξη ότι η παρουσίαση της ελάχιστης δυνατής πληροφόρησης ενισχύει περισσότερο την ικανότητά τους να κατασκευάζουν μια αναπαράσταση. Στην πραγματικότητα, φαίνεται να συμβαίνει το αντίθετο. Οι μαθητές πρέπει να κατασκευάσουν μια νοητική αναπαράσταση ή σχήμα ανεξάρτητα από το εάν τους παρέχονται πλήρεις ή μερικές πληροφορίες. Οι πλήρεις πληροφορίες όμως θα οδηγήσουν σε ακριβέστερη αναπαράσταση, η οποία θα αποκτάται επίσης πιο εύκολα. Επομένως, ο κονστρουκτιβισμός βασίζεται σε μια παρατήρηση που αν και περιγραφικά ακριβής, δεν οδηγεί σε αποτελεσματικές παιδαγωγικές τεχνικές (Clark & Estes, 1998; Clark & Estes, 1999; Kirschner et al., 2004). Ωστόσο, πολλοί εκπαιδευτικοί, και σχεδιαστές εκπαιδευτικών προγραμμάτων φαίνεται να έχουν υιοθετήσει τις ελάχιστα καθοδηγούμενες εκπαιδευτικές διαδικασίες και προσπαθούν να τις εφαρμόσουν.

2.3.5 Σύγκριση καθοδηγούμενων και μη μορφών μάθησης

Ο Mayer (Mayer, 2004) επανεξέτασε πρόσφατα στοιχεία από μελέτες που διεξήχθησαν από το 1950 έως τα τέλη της δεκαετίας του '80, συγκρίνοντας τη διερευνητική μάθηση, με διάφορες μορφές καθοδηγούμενης διδασκαλίας καταλήγοντας στο ότι η πρώτη υστερεί σε αποτελεσματικότητα σε σχέση με τις δεύτερες. Ισχυρίζεται ότι η ανεπάρκεια των διδακτικών προσεγγίσεων με ελάχιστη καθοδήγηση εμφανίζεται ήδη σε εμπειρικές μελέτες από τα μέσα της δεκαετίας του '50. Παρόλα αυτά η τότε δημοφιλής μη κατευθυνόμενη προσέγγιση συνεχίζει να εμφανίζεται σε κάθε επόμενη δεκαετία με διαφορετικό όνομα. Η μάθηση μέσω της ανακάλυψης έδωσε τη θέση της στη βιωματική μάθηση την οποία ακολούθησε η μάθηση μέσω της επίλυσης προβλημάτων που έδωσε τη θέση της στη διερευνητική μάθηση. Ο Mayer (Mayer, 2004) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η «*συζήτηση για την ανακάλυψη έχει επαναληφθεί πολλές φορές στην εκπαίδευση, αλλά κάθε φορά, τα αποδεικτικά στοιχεία εννοούσαν μια καθοδηγούμενη προσέγγιση στη μάθηση*» (σελ. 18).

2.3.6 Έρευνες υπέρ της καθοδηγούμενης διδασκαλίας

Μελέτες που τάσσονται υπέρ μιας καθοδηγούμενης διδασκαλίας έχουν γίνει και από τους π.χ. (Moreno, 2004; Tuovinen & Sweller, 1999; Hardiman et al., 1986; Brown & Campione, 1994) επισημαίνουν πως όταν οι μαθητές μαθαίνουν φυσικές επιστήμες στην τάξη με καθαρά ερευνητικές μεθόδους και ελάχιστη ανατροφοδότηση δημιουργείται συχνά μια κατάσταση σύγχυσης και απογοήτευσης που οδηγεί σε παρερμηνείες. Άλλοι π.χ., (Carlson et al., 1992; Schauble, 1990) διαπίστωσαν ότι επειδή οι ψευδείς εκκινήσεις είναι κοινές σε τέτοιες μαθησιακές καταστάσεις, η ανεύθυνη ανακάλυψη είναι συνήθως αναποτελεσματική. Ο Moreno (Moreno, 2004) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει ένα αυξανόμενο σώμα ερευνών που δείχνει ότι οι μαθητές επιτυγχάνουν ποιοτικότερη και βαθύτερη μάθηση περισσότερο μέσω των καθοδηγούμενων παρά μέσω των ανακαλυπτικών διαδικασιών. Παρόμοια συμπεράσματα αναφέρθηκαν από τους (Chall, 2000; McKeough et al., 2013; Schauble, 1990). Οι Klahr & Nigam (Klahr & Nigam, 2004), σε μια πολύ σημαντική μελέτη, δεν εξέτασαν μόνο εάν οι μαθητές των φυσικών επιστημών έμαθαν περισσότερα μέσω της ανακαλυπτικής προσέγγισης έναντι της άμεσης διδασκαλίας, αλλά επίσης, και τη διαφορά στην ποιότητα της μάθησης. Συγκεκριμένα, έλεγξαν αν όσοι είχαν μάθει μέσω της ανακάλυψης ήταν σε καλύτερη θέση να μεταφέρουν τη μάθησή τους σε νέα πλαίσια. Τα

ευρήματα ήταν ξεκάθαρα. Άμεσες οδηγίες που υποδηλώνουν αυξημένα ποσοστά καθοδήγησης, συμπεριλαμβανομένων των παραδειγμάτων, οδήγησε σε πολύ περισσότερη μάθηση από την ανακάλυψη. Αυτοί οι σχετικά λίγοι μαθητές που έμαθαν μέσω της ανακάλυψης δεν έδειξαν ενδείξεις ανώτερης ποιότητας μάθησης.

2.3.7 Συμπεράσματα

Οι επικριτές της διδασκαλίας με ελάχιστη καθοδήγηση ισχυρίζονται ότι δεν υπάρχει ικανό σώμα έρευνας που να υποστηρίζει τη συγκεκριμένη μέθοδο. Αντίθετα θεωρούν ότι οι υπάρχουσες μελέτες δείχνουν ότι η ισχυρά καθοδηγούμενη διδασκαλία είναι αποδοτικότερη σε σχέση με τη ελάχιστα καθοδηγούμενη ειδικά για αρχάριους ή μέσου επιπέδου μαθητές. Ακόμη και για τους σπουδαστές με σημαντικές προηγούμενες γνώσεις, η ισχυρή καθοδήγηση κατά την εκμάθηση θεωρείται συχνότερα εξίσου αποτελεσματική με τις μη προσανατολισμένες προσεγγίσεις. Όσον αφορά τη μη καθοδηγούμενη διδασκαλία, όχι μόνο είναι λιγότερο αποτελεσματική, αλλά υπάρχουν επίσης ενδείξεις ότι μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα στους μαθητές, αφού οι ελλειπείς ή αποδιοργανωμένες γνώσεις οδηγούν συχνά σε παρερμηνείες.

Αν και οι λόγοι για τη συνεχιζόμενη δημοτικότητα μιας αποτυχημένης προσέγγισης είναι ασαφείς, η προέλευση της υποστήριξης για διδασκαλία με ελάχιστη καθοδήγηση μπορεί να βρεθεί στην αναμόρφωση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων στη μετά – Sputnik εποχή. Εκείνη την περίοδο, οι εκπαιδευτικοί μετατοπίστηκαν μακριά από τη διδασκαλία ενός επιστημονικού τομέα ως σώματος γνώσης, προς την υπόθεση ότι η γνώση μπορεί καλύτερα ή μόνο να μαθευτεί μέσω εμπειρίας που βασίζεται μόνο στις διαδικασίες του εκάστοτε γνωστικού τομέα. Αυτή η άποψη φαίνεται να έχει οδηγήσει στις μη καθοδηγούμενες πρακτικές και στην απόρριψη της διδασκαλίας με βάση τα γεγονότα, τους νόμους, τις αρχές και τις θεωρίες που αποτελούν το περιεχόμενο ενός τομέα. Η έμφαση στην πρακτική εφαρμογή αυτού που μαθαίνεται φαίνεται πολύ θετική. Εντούτοις, μπορεί να είναι λάθος να υποθέσουμε ότι το παιδαγωγικό περιεχόμενο της μαθησιακής εμπειρίας είναι ταυτόσημο με τις μεθόδους και τις διαδικασίες (δηλαδή την επιστημολογία) του υπό μελέτη μαθήματος και είναι λάθος να υποθέσουμε ότι η διδασκαλία θα πρέπει να επικεντρώνεται αποκλειστικά στην εφαρμογή. Είναι λυπηρό το γεγονός ότι οι σημερινές εποικοδομηστικές απόψεις έχουν γίνει ιδεολογικές και συχνά επιστημολογικώς αντίθετες με την παρουσίαση και την εξήγηση της γνώσης. Οι

επικριτές των διδακτικών προσεγγίσεων με ελάχιστη η καθόλου καθοδήγηση συμφωνούν με τους Handelsman et al. (Handelsman et al., 2004), οι οποίοι έθεσαν το παρακάτω ερώτημα για τις μεθόδους διδασκαλίας: *«Γιατί οι εξαιρετικοί επιστήμονες που απαιτούν αυστηρές αποδείξεις για επιστημονικούς ισχυρισμούς στην έρευνά τους εξακολουθούν να χρησιμοποιούν και, μάλιστα, υπερασπίζονται μόνο μέσω μιας διαισθητικής προκατάληψης, μεθόδους διδασκαλίας που δεν είναι οι πιο αποτελεσματικές;»* "(Σελ. 521). Οι ίδιοι επίσης συμφωνούν με τη σύσταση του Mayer (Mayer, 2004) ότι *«θα προωθήσουμε τις εκπαιδευτικές μεταρρυθμιστικές προσπάθειες από τον ασαφή και αντιπαραγωγικό κόσμο της ιδεολογίας - που μερικές φορές κρύβεται κάτω από τα διάφορα πανό του κονστρουκτιβισμού - στον κοφτερό και παραγωγικό κόσμο της θεωρητικής έρευνας για τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι μαθαίνουν»* (σελ.18).

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ 1ΟΥ ΝΟΜΟΥ NEWTON ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΠΕ

3.1 Η ΕΡΕΥΝΑ

3.1.1 Στόχοι

Η έρευνα αυτής της εργασίας έχει ως στόχο να μελετήσει την επίδραση της χρήσης των ΤΠΕ και της Διερευνητικής Μεθόδου στο μάθημα της Φυσικής σε μαθητές της Α΄ Λυκείου. Πιο συγκεκριμένα τα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

1. Ποιες είναι οι μεγαλύτερες δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές του Λυκείου στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με τον 1^ο Νόμο Newton (δύναμη και κίνηση, ισορροπία, αδράνεια)
2. Ποια είναι η επίδραση στην επίτευξη των διδακτικών στόχων (βλ. Διδακτικό Σενάριο σελ. 57) από τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης και λογισμικού ανάλυσης και μοντελοποίησης video.
3. Ποια η επίδραση της διερευνητικής μεθόδου στην επίτευξη των διδακτικών στόχων.

3.1.2 Το δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν τα δύο τμήματα της Α τάξης του Γενικού Λυκείου Νέας Περάμου Αττικής, με το πρώτο Α1 με 23 μαθητές να συνιστά την πειραματική ομάδα και το δεύτερο Α2 με 22 μαθητές την ομάδα ελέγχου.

3.1.3 Η εκπαιδευτική παρέμβαση

Η σειρά μαθημάτων πραγματοποιήθηκε το Φεβρουάριο του 2019 στο Γενικό Λύκειο Νέας Περάμου Αττικής. Η διάρκειά της ήταν τέσσερις διδακτικές ώρες, όσα και τα φύλλα εργασίας. Σε όλους τους μαθητές δόθηκε το ίδιο ερωτηματολόγιο αρχικού και τελικού ελέγχου που φαίνεται στο Παράρτημα Α.

Στην ομάδα ελέγχου μετά το ερωτηματολόγιο αρχικού ελέγχου η διδασκαλία του 1^{ου} Νόμου

Newton έγινε με τον παραδοσιακό τρόπο στην τάξη. Πρώτα παρουσιάστηκε η αντίστοιχη θεωρία και ακολούθησαν παραδείγματα και ερωτήσεις για την εφαρμογή της νέας γνώσης. Η διάρκεια ήταν δύο διδακτικές ώρες. Το αναλυτικό πρόγραμμα προτείνει μία διδακτική ώρα για τη διδασκαλία του 1^{ου} και του 2^{ου} νόμου (βιβλίο καθηγητή σελ. 78).

Η πειραματική ομάδα χωρίστηκε σε έξι ομάδες. Σε κάθε μια από τις τέσσερις διδακτικές ώρες δόθηκε και το αντίστοιχο φύλλο εργασίας (Παράρτημα Α). Η σειρά των μαθημάτων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο υπολογιστών, όπου είχε γίνει η εγκατάσταση του απαραίτητου λογισμικού (Interactive Physics και Tracker) και των αντίστοιχων εικονικών πειραμάτων των φύλλων εργασίας. Στην πειραματική ομάδα είχε προηγηθεί η κινηματική μελέτη της ελεύθερης πτώσης με τη χρήση του Tracker ώστε οι ομάδες να εξοικειωθούν με το λογισμικό. Επίσης εικονικά πειράματα με τη χρήση του IP είχαν εφαρμοστεί και κατά τη διδασκαλία της ομαλής και επιταχυνόμενης κίνησης. Το φύλλο εργασίας θα έπρεπε να συμπληρώνεται σε 30' και ο υπόλοιπος χρόνος περίπου 15' ήταν αφιερωμένος στη συζήτηση των αποτελεσμάτων. Ο διδάσκων κατά τη διάρκεια του μαθήματος μετακινούνταν στο εργαστήριο μεταξύ των ομάδων ελέγχοντας τη διαδικασία και δίνοντας οδηγίες ή διευκρινήσεις όπου και όταν αυτό ήταν απαραίτητο.

3.1.4 Λίγα λόγια για το λογισμικό

Interactive Physics (IP)

Το εκπαιδευτικό λογισμικό διερευνητικού χαρακτήρα Interactive Physics είναι ένα πλήρες εργαστήριο κίνησης στον υπολογιστή που συνδυάζει μια απλή διεπαφή (user interface) με μια δυνατή μηχανή που προσομοιώνει τις βασικές αρχές της Κλασικής Μηχανικής του Νεύτωνα. Με το Interactive Physics ο εκπαιδευτικός δημιουργεί προσομοιώσεις σχεδιάζοντας αντικείμενα στην οθόνη και ζωντανεύοντας αυτές τις προσομοιώσεις με εκπληκτική κίνηση. Η δημιουργία προσομοιώσεων γίνεται μέσω της σχεδίασης στην οθόνη του υπολογιστή, με τον ίδιο τρόπο όπως σε ένα πρόγραμμα ζωγραφικής ή σχεδιασμού. Υπάρχουν διαθέσιμα ελατήρια, σχοινιά, αποσβεστήρες, μετρητές και μια ποικιλία άλλων σχηματικών αντικειμένων. Κάνοντας κλικ στην Εκτέλεση, η προσομοίωση τίθεται σε κίνηση. Η ισχυρή μηχανή προσομοίωσης του Interactive Physics ορίζει πως θα κινηθούν τα αντικείμενα και παρουσιάζει μια πολύ ρεαλιστική κίνηση. Μεγέθη όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση, η ροπή, η γωνιακή ροπή,

η κινητική ενέργεια και η τριβή μπορούν να υπολογιστούν ενώ εκτελείται η προσομοίωση. Οι μετρήσεις αυτές μπορούν να εμφανιστούν με αριθμούς, με γραφικές παραστάσεις ή κινούμενα διανύσματα. Με το Interactive Physics παρέχεται η δυνατότητα δοκιμής εναλλακτικών υποθετικών σεναρίων. Οι μαθητές μπορούν να κάνουν προβλέψεις, να εκτελούν προσομοιώσεις και να βλέπουν άμεσα τα αποτελέσματα. Επίσης, το Interactive Physics διαθέτει ένα ενσωματωμένο σύστημα προγραμματισμού (scripting) που επεκτείνει τις δυνατότητές του. Το ΥΠΑΙΘ έχει αποκτήσει (στο πλαίσιο του έργου ΠΛΕΙΑΔΕΣ/ΑΜΑΛΘΕΙΑ-I) χρονικά απεριόριστη άδεια χρήσης του λογισμικού και του συνοδευτικού υλικού εντός του σχολικού περιβάλλοντος και για έως 3.200 ελληνικά δημόσια σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα και το Εξωτερικό και για απεριόριστο αριθμό σταθμών εργασίας ανά σχολικό εργαστήριο. Το IP και το συνοδευτικό του υλικό βρίσκονται στη διεύθυνση <http://photodentro.edu.gr/edusoft/r/8531/177?locale=el>.

Tracker

Το Tracker είναι ελεύθερο λογισμικό ανάλυσης και μοντελοποίησης video, που έχει κτιστεί πάνω στο δίκτυο Open Source Physics (OSP) Java, σχετικά με τη Φυσική. Μεταξύ των χαρακτηριστικών του περιλαμβάνονται οι δυνατότητες ιχνηλασίας αντικειμένων και επεξεργασία δεδομένων για την γραφική απεικόνιση της θέσης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης των αντικειμένων. Υπάρχει η δυνατότητα μοντελοποίησης της κίνησης σωματιδίων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση φασμάτων και εικόνων συμβολής φωτός. Έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται σε εισαγωγικά εργαστήρια φυσικής, τόσο σε σχολικό όσο και σε ανώτερο επίπεδο, ενώ ενδείκνυται για χρήση και επίδειξη σε διαλέξεις. Μαζί με το Tracker προσφέρεται και ένας αριθμός έτοιμων βίντεο πειραμάτων. Υπάρχουν αρκετά λογισμικά ανάλυσης βίντεο, το Tracker όμως προσφέρεται ελεύθερα από το δημιουργό του Douglas Brown. Έτσι, το λογισμικό αυτό μπορεί να εγκατασταθεί τόσο σε υπολογιστές του σχολείου, όσο και σε προσωπικούς υπολογιστές εκπαιδευτικών και μαθητών, παρέχοντας τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να το αξιοποιήσει ποικιλοτρόπως. Φυσικά, είναι κατοχυρωμένη η πνευματική ιδιοκτησία του λογισμικού, όπως και όλων των συνοδευτικών κειμένων και videos και η ελεύθερη χρήση προϋποθέτει την αναφορά στους δημιουργούς και κυρίως την μη εμπορική εκμετάλλευση αυτών. Το λογισμικό είναι διαθέσιμο στη διεύθυνση <https://physlets.org/tracker/>.

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

1. Θέμα / Γνωστικό αντικείμενο

Δυναμική – 1^{ος} Νόμος Newton

2. Βαθμίδα

A τάξη Γενικού Λυκείου

3. Διάρκεια

4 διδακτικές ώρες.

4. Σχέση με το αναλυτικό πρόγραμμα.

Αντιστοιχεί σε τμήμα της διδακτέας ύλης της Α τάξης του Γενικού Λυκείου.

5. Προαπαιτούμενες γνώσεις.

Οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν την ευθύγραμμη ομαλή και την ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση. Θα πρέπει να μπορούν να αντλούν πληροφορίες και να σχεδιάζουν τις γραφικές παραστάσεις που αφορούν τις παραπάνω κινήσεις. Επίσης είναι απαραίτητο να γνωρίζουν και να εφαρμόζουν τους κανόνες για τον υπολογισμό της συνισταμένης δυνάμεων. Επιπλέον στη συγκεκριμένη σειρά μαθημάτων είναι απαραίτητη και η κινηματική μελέτη της ελεύθερης πτώσης ως παράδειγμα ευθύγραμμης ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης.

6. Γνωστικά εμπόδια – Εναλλακτικές απόψεις

α. Πολλοί από τους μαθητές πιστεύουν ότι τα σώματα κινούνται μόνο όταν σε αυτά δρα κάποια δύναμη.

β. Δυσκολία στη διάκριση μεταξύ της συνεχούς και της χρονικά περιορισμένης δράσης μιας δύναμης πάνω σ' ένα σώμα. Πολλοί από τους μαθητές πιστεύουν ότι η δύναμη παραμένει στο σώμα ακόμα και όταν χαθεί η επαφή με το σώμα που του την ασκεί.

γ. Πιστεύουν ότι η άσκηση δύναμης είναι απαραίτητη προκειμένου η κίνηση να γίνεται με σταθερή ταχύτητα.

δ. Όλα τα σώματα μπορεί να τεθούν σε κίνηση με ευκολία σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας (τα σώματα δεν παρουσιάζουν αδράνεια σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας).

ε. Όλα τα σώματα σταδιακά ακινητοποιούνται όταν πάψει να ασκείται σε αυτά η δύναμη που

συντηρούσε την κίνηση.

στ. Η αδράνεια είναι δύναμη η οποία συντηρεί την κίνηση των σωμάτων. (Βιβλίο εκπαιδευτικού σ.78)

7. Διδακτικοί στόχοι

Γενικοί στόχοι - Σκοποί

α. Να αυξηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών για τη φυσική.

β. Οι μαθητές να αποκτήσουν στοιχεία επιστημονικής μεθοδολογίας και διαδικασίας και να ασκηθούν στον επιστημονικό τρόπο σκέψης – στην επιστημονική μέθοδο.

γ. Οι μαθητές να γνωρίζουν έννοιες, θεωρίες, νόμους και αρχές που θα τις εφαρμόζουν για να ταξινομήσουν, να προβλέπουν, να γενικεύουν και να ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα.

Ειδικοί στόχοι

Γνωστικοί:

Οι μαθητές στο τέλος της διδακτικής ενότητας θα πρέπει:

α. Να μπορούν να διατυπώσουν το νόμο της αδράνειας.

β. Να μπορούν να τον χρησιμοποιούν ερμηνεύοντας φαινόμενα της καθημερινής τους ζωής.

γ. Να εξοικειωθούν με την επιστημονική μέθοδο μέσα από τη διαδικασία μικρών ερευνών.

δ. Να αναγνωρίζουν το ρόλο της αδράνειας σε φαινόμενα της καθημερινής ζωής.

ε. Να υιοθετήσουν την άποψη ότι σε συνθήκες έλλειψης τριβών, η δυσκολία αλλαγής της κινητικής κατάστασης των σωμάτων οφείλεται στην αδράνεια. (Βιβλίο εκπαιδευτικού σ.78)

Ψυχοκινητικοί:

Να αποκτήσουν οι μαθητές δεξιότητες πειραματικής διαδικασίας. Να μπορούν να πραγματοποιούν πειράματα, να χρησιμοποιούν όργανα, να συναρμολογούν διατάξεις, να χειρίζονται συσκευές και υλικά.

Συναισθηματικοί στόχοι:

α. Να αποκτήσουν επιστημονική εντιμότητα. Να μη βγάζουν συμπεράσματα όταν έχουν ελλιπείς πληροφορίες και δεδομένα, να αναθεωρούν τις απόψεις τους όταν διαπιστώνουν ότι είναι λανθασμένες.

β. Να επικοινωνούν και να συνεργάζονται ουσιαστικά και αποτελεσματικά με τους άλλους ανθρώπους.

γ. Να αναπτύξουν την παρατηρητικότητα, την ερευνητική τους διάθεση, την κριτική ικανότητα και τη δημιουργικότητά τους.

8. Μέθοδος διδασκαλίας

Διερευνητική – Καθοδηγούμενη Διερεύνηση – Επιβεβαιωτική Διερεύνηση

9. Προστιθέμενη παιδαγωγική αξία από την χρήση των ΤΠΕ

«Όταν η απτή κιναισθητική εμπειρία με πραγματικά αντικείμενα είναι αδύνατο να πραγματοποιηθεί, η προσομοίωση με υπολογιστή είναι αναμφίβολα το επόμενο καλύτερο μέσο. Επίσης η προσομοίωση είναι χρήσιμη, επειδή παρέχει στους μαθητές πολλές ευκαιρίες εξάσκησης της σκέψης τους με ένα συνεχώς ανατροφοδοτούμενο σύστημα δοκιμής και λάθους. Παράλληλα ενισχύει τις παρατηρήσεις που προηγούμενα είχαν γίνει με το πείραμα.» (Arons, 1992, σ. 115)

10. Λογισμικό - συνδυασμός λογισμικών

1. Διαδίκτυο <https://www.youtube.com/watch?v=EabUUrZFnFE>
2. Interactive Physics (IP), <http://photodentro.edu.gr/edusoft/r/8531/177?locale=en>
3. Tracker, <https://physlets.org/tracker/>

11. Οργάνωση τάξης & απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Ομάδες – Διαδίκτυο - Χρήση λογισμικού – Βιντεοπροβολέας

Δραστηριότητες (1^{ος} Νόμος Newton)

Στο 1^ο φύλλο εργασίας Στόχος είναι οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι ένα σώμα στο οποίο η συνισταμένη των δυνάμεων που του ασκούνται είναι μηδέν, ηρεμεί ή κινείται ευθύγραμμα και ομαλά, ενώ αν η συνισταμένη των δυνάμεων που του ασκούνται είναι διάφορη του μηδενός τότε το σώμα κάνει μεταβαλλόμενη κίνηση.

Στη φάση προσέλκυσης του ενδιαφέροντος οι μαθητές διαβάζουν ένα κείμενο που αναφέρεται στο Pioneer 10. Το ερώτημα στο οποίο καλούνται να απαντήσουν είναι το πώς το διαστημικό αυτό σκάφος εξακολουθεί να κινείται μετά από τόσα χρόνια από την εκτόξευσή του.

Αφού οι μαθητές διατυπώσουν την υπόθεσή τους, ακολουθεί εικονικό πείραμα με χρήση του λογισμικού Interactive Physics (IP). Στο πείραμα φαίνεται ένα διαστημικό σκάφος που βρίσκεται μακριά από ουράνια σώματα. Το σκάφος είναι ακίνητο και οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να ασκούν δύο αντίρροπες δυνάμεις - στο πίσω και το εμπρός μέρος του σκάφους – κατά την οριζόντια διεύθυνση. Το εύρος των τιμών που μπορούν να πάρουν οι δυνάμεις ρυθμίζεται με τη βοήθεια αντίστοιχων μεταβολέων. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα ρύθμισης της αρχικής ταχύτητας του σκάφους με τον αντίστοιχο μεταβολέα. Τέλος στην οθόνη φαίνεται και η γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου του σκάφους.

Ζητάμε από τους μαθητές να δώσουν μηδενικές τιμές για την αρχική ταχύτητα και τη δύναμη F_2 που ασκείται στο πρόσθιο τμήμα και να θέσουν σε κίνηση το σκάφος χρησιμοποιώντας μόνο την F_1 . Οι μαθητές δίνουν τιμές στην F_1 και παρατηρώντας την κίνηση και το διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου διαπιστώνουν ότι αυτή είναι επιταχυνόμενη. Στη συνέχεια θέτουμε το ερώτημα αν θα μπορούσαν να δώσουν μια τιμή στην F_1 ώστε το σκάφος να κινηθεί με σταθερή ταχύτητα. Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι και για μικρές τιμές της δύναμης η κίνηση εξακολουθεί να είναι επιταχυνόμενη. Προσδοκούμε να συμπεράνουν ότι η δράση σταθερής δύναμης έχει ως αποτέλεσμα όχι μια κίνηση με σταθερή ταχύτητα αλλά μια κίνηση με σταθερή επιτάχυνση.

Στο επόμενο στάδιο έχουμε και την δράση της F_2 . Ζητάμε από τους μαθητές να δώσουν μια τιμή στην F_1 με τη βοήθεια του μεταβολέα της και μια τιμή στην F_2 . Τους ενημερώνουμε ότι η δράση της F_1 είναι ρυθμισμένη ώστε να αρχίζει τη στιγμή $t_0 = 0$, ενώ η δράση της F_2 ξεκινά με μια χρονοκαθυστέρηση δύο δευτερολέπτων. Θέτουμε ερωτήσεις για το είδος της κίνησης τόσο κατά τη διάρκεια των δύο πρώτων δευτερολέπτων στα οποία δρα μόνο η F_1 όσο και μετά από το δεύτερο δευτερόλεπτο οπότε έχουμε τη δράση και των δύο. Ζητάμε από τους διδασκόμενους να θέσουν μια τιμή για την F_1 και στη συνέχεια με δοκιμές μέσω του μεταβολέα τιμών της F_2 να βρουν την τιμή της F_2 που θα έχει ως αποτέλεσμα το σκάφος να κινηθεί με σταθερή ταχύτητα μετά από δύο δευτερόλεπτα. Το πρόγραμμα είναι ρυθμισμένο ώστε να γίνεται παράθεση των γραφημάτων και όχι διαγραφή τους μετά από κάθε αλλαγή στην τιμή της F_2 και οι μαθητές έχουν μια γραφική παράσταση στην οποία μπορούν να δουν ταυτόχρονα τα διαφορετικά αποτελέσματα ώστε να επιτυγχάνεται πιο εύκολα η σύγκριση. Μέσω του πειράματος επιθυμούμε να διακρίνουν οι μαθητές μας την κατάσταση της ομαλής

κίνησης όπου η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν από αυτή της επιταχυνόμενης όπου είναι διάφορη του μηδενός.

Οι πρωτογενείς αντιλήψεις των μαθητών για την κίνηση είναι βαθιά ριζωμένες, κάτι εντελώς φυσιολογικό μιας και αυτές υπαγορεύονται από την κοινή λογική. Το παράδειγμα με το διαστημικό σκάφος είναι ένα πολύ καλό παράδειγμα για να ανατραπεί αυτή η αντίληψη. Είναι όμως ένα παράδειγμα από ένα περιβάλλον τελείως ξένο από αυτό της καθημερινής αντίληψης του μαθητή. Για να αποφύγουμε τον κίνδυνο της παγίωσης μιας αντίληψης του ότι «αυτά συμβαίνουν στο διάστημα αλλά εδώ συμβαίνουν άλλα» θα πρέπει να αναφερθούμε και σε φαινόμενα της καθημερινής τους ζωής. Στη συνέχεια του φύλλου εργασίας φαίνεται μια εικόνα ενός αντικειμένου που κινείται με τη δράση μιας δύναμης που του ασκούμε πάνω σε ένα οριζόντιο επίπεδο.

Ο στόχος και εδώ παραμένει ο ίδιος με το προηγούμενο πείραμα. Αναλυτικότερα, αν θεωρήσουμε ότι στην αντίληψη των μαθητών μας αληθείς είναι οι προτάσεις, «*Το σώμα είναι ακίνητο άρα δεν ασκούνται δυνάμεις.*» και «*Το σώμα κινείται γιατί του ασκείται δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησης.*» επιδίωξή μας δεν είναι να συνδέσουμε την κατάσταση της ακινησίας με την κατάσταση της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης – κάτι που αρχικά δεν θα έπειθε – αλλά να «σπάσουμε» το δεσμό ανάμεσα στην κατάσταση της ομαλής από την επιταχυνόμενη κίνηση. Αν επιτευχθεί αυτή διάκριση και οι μαθητές διαχωρίσουν την κατάσταση της ευθύγραμμης ομαλής από αυτή τη επιταχυνόμενης θα είναι πιο εύκολο στη συνέχεια να συνδέσουμε την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με την ακινησία. Εξάλλου η αμφισβήτηση της αλήθειας της πρότασης ότι «*Το σώμα κινείται γιατί του ασκείται δύναμη.*» ξεκινά με το πειραματικό δεδομένο ότι ένα σώμα σε ένα οριζόντιο δάπεδο δεν ξεκινά την κίνησή του για οποιαδήποτε τιμή της δύναμης αλλά μονάχα όταν αυτή ξεπεράσει κάποια ελάχιστη τιμή που αντιστοιχεί στη τιμή της μέγιστης στατικής τριβής.

Στη φάση διατύπωσης της υπόθεσης ζητάμε από τους μαθητές να παρατηρήσουν προσεκτικά την εικόνα και με δεδομένο ότι το αντικείμενο κινείται με σταθερή ταχύτητα να καταγράψουν τις υποθέσεις που δίνουν απαντήσεις στα ερωτήματα: «*Γιατί νομίζετε ότι κινείται το σώμα;*» «*Τι πιστεύετε ότι θα συμβεί αν σταματήσει η δράση της δύναμης πάνω του;*» και «*Τι εκτιμάτε ότι θα πρέπει να κάνω αν θέλω να συνεχίσει την κίνησή του με σταθερή ταχύτητα;*» Συνήθως ένα σημαντικό ποσοστό των μαθητών απαντά ότι το σώμα κινείται γιατί του ασκείται δύναμη. Στη συνέχεια μέσα από τη διερευνητική μέθοδο και τη διαδικασία της γνωστικής σύγκρουσης, θα

επιδιώξουμε να συμπεράνουν πως η δράση μιας δύναμης δεν οδηγεί κατ' ανάγκη στη κίνηση αλλά και όταν αυτό συμβαίνει τότε εμφανίζονται δύο διαφορετικές καταστάσεις, αυτές της ομαλής και της επιταχυνόμενης κίνησης.

Μετά από τη διατύπωση των υποθέσεων από τους μαθητές, ακολουθεί η φάση του πειραματισμού μέσω εικονικού πειράματος με τη χρήση του λογισμικού (IP). Στο εικονικό πείραμα δείχνεται ένας κύβος που ισορροπεί πάνω σε ένα οριζόντιο δάπεδο. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να ασκήσουν μια δύναμη κατά την οριζόντια διεύθυνση, της οποίας μπορούν να μεταβάλλουν το μέτρο με τη βοήθεια ενός κουμπιού (μεταβολέας δύναμης). Επίσης μπορούν να παρατηρούν τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου του σώματος.

Ζητάμε από τους μαθητές να ξεκινήσουν το πείραμα θέτοντας διάφορες τιμές στη δύναμη και να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους απαντώντας σε ερωτήσεις όπως: *Το σώμα ξεκινά την κίνησή του για οποιαδήποτε τιμή της δύναμης ή υπάρχει κάποιο κατώφλι πάνω από το οποίο αρχίζει αυτή; Τι συμβαίνει όταν η δύναμη πάρει την τιμή αυτή και τι όταν η τιμή της γίνει μεγαλύτερη από αυτή του κατωφλίου; Τι παρατηρείτε στο διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου όταν η δύναμη παίρνει μεγάλες τιμές σε σχέση με την τιμή κατωφλίου; Ποια πρέπει να είναι η τιμή της δύναμης ώστε το σώμα να κινείται με σχεδόν σταθερή ταχύτητα;*

Επιδιώκουμε οι μαθητές μέσα από τη φάση επεξήγησης – επεξεργασίας να διαπιστώσουν κατ' αρχάς ότι η δράση της δύναμης μπορεί να αφήνει το σώμα «αδιάφορο» σε ακινησία να το κινεί με σταθερή ταχύτητα ή να το επιταχύνει. Στόχος είναι διακρίνουν οι μαθητές την κατάσταση της ομαλής από την επιταχυνόμενη κίνηση όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, αλλά και να αναδειχθεί ο ρόλος της τριβής που υπεισέρχεται στο πείραμα και πως η δράση της F που ασκούμε εμείς δεν είναι η μόνη παράμετρος που καθορίζει την κίνηση του σώματος.

Στο τέλος του φύλλου εργασίας οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν ποιοτικά δύο δυνάμεις που ασκούνται σε ένα ποδηλάτη κατά την οριζόντια διεύθυνση ώστε αυτός να συνεχίσει την κίνησή του ομαλά να επιταχυνθεί ή να επιβραδυνθεί.

Στο 2^ο φύλλο εργασίας ο στόχος είναι να αναγνωρίσουν οι μαθητές ότι «*Η δύναμη που θέτει ένα σώμα σε κίνηση, δεν συνεχίζει να υπάρχει και όταν το σώμα πάψει να είναι σε επαφή με το δράστη που άσκησε τη δύναμη.*» (Βιβλίο καθηγητή σ.78)

Στη φάση της εμπλοκής πληροφορούμε τους μαθητές για την Αριστοτελική αντίληψη για την κίνηση. Είναι σημαντικό να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι μια διαδικασία λογικών συλλογισμών – όπως αυτοί που έκανε ο Αριστοτέλης – που είναι συμβατοί με την καθημερινή μας αντίληψη για τα φαινόμενα δεν σημαίνει ότι είναι και ορθοί. Οι λογικοί συλλογισμοί δεν οδηγούν σε συμπεράσματα και γενικεύσεις αλλά σε υποθέσεις και εκτιμήσεις. Το αν αυτές οι υποθέσεις είναι σωστές ή όχι θα μας το αποδείξει η πειραματική διαδικασία.

Η Αριστοτελική αντίληψη ότι η ενεργούσα δύναμη (κινούν) εξακολουθεί να ασκείται στο σώμα ακόμα και όταν χαθεί η επαφή με το αίτιο που την προκαλεί, είναι πολύ ισχυρή. Αν για παράδειγμα πετάξουμε μια μπάλα κατακόρυφα προς τα πάνω και ζητήσουμε από τους μαθητές να σχεδιάσουν τις δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτή κατά τη διάρκεια της κίνησής της προς τα πάνω ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών σχεδιάζει και μια δύναμη – η μόνο μία – κατά την κατεύθυνση της ταχύτητας.

Στη φάση της διατύπωσης της υπόθεσης ζητάμε από τους μαθητές να παρατηρήσουν προσεκτικά την εικόνα στην οποία φαίνεται ο αθλητής του Curling τη στιγμή που ο «βράχος» χάνει την επαφή με το χέρι του πάνω στον παγωμένο διάδρομο. Δίνοντάς τους την πληροφορία ότι ο «βράχος» εμφανίζει μηδενικές τριβές με τον πάγο, ζητάμε από τους μαθητές να σχεδιάσουν – στο σχήμα που τους δίνεται – τις δυνάμεις που ασκούνται στο «βράχο» κατά την οριζόντια διεύθυνση τόσο κατά τη διάρκεια που αυτός ήταν σε επαφή με το χέρι του αθλητή όσο και μετά το χάσιμο της επαφής. Στην ίδια ερώτηση (2.1) τους ζητείται να αιτιολογήσουν την υπόθεση που έκαναν.

Στη συνέχεια δείχνουμε τμήμα video από πραγματικούς αγώνες του συγκεκριμένου αθλήματος και ζητάμε από τις ομάδες να περιγράψουν τα είδη των κινήσεων που πιστεύουν ότι εκτελεί το αντικείμενο πάνω στο διάδρομο. (Ερώτηση 2.2)

Συνήθως οι μαθητές σχεδιάζουν μία δύναμη προς τα δεξιά πάνω στο σώμα καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησής του, ακόμη και μετά το χάσιμο της επαφής, κάτι που παραπέμπει στην εναλλακτική αντίληψη που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Ακολουθεί εικονικό πείραμα με τη χρήση του (IP) στο οποίο φαίνεται η κάτοψη ενός γηπέδου Curling, ο «βράχος» (κίτρινο χρώμα) και η γραφική παράσταση της ταχύτητας του «βράχου» ως συνάρτηση του χρόνου. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλουν το μέτρο, τη φορά και το χρόνο δράσης της δύναμης που ασκείται πάνω στο σώμα κατά την οριζόντια

διεύθυνση. Μεταβάλλοντας τις παραμέτρους της δύναμης και του χρόνου δράσης και με τη βοήθεια του διαγράμματος $u - t$, στο οποίο γίνεται παράθεση γραφημάτων για ευκολότερη σύγκριση, επιδιώκουμε οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι η κίνηση αρχικά – για όσο χρονικό διάστημα δρα η δύναμη – είναι επιταχυνόμενη και μετά ευθύγραμμη ομαλή. Ζητάμε να διακρίνουν τα είδη της κίνησης, να αιτιολογήσουν τα πειραματικά αποτελέσματα και να σχεδιάσουν τη δύναμη στις διάφορες περιπτώσεις (ερωτήσεις 2.3 έως και 2.6).

Στη φάση επεξήγησης – επεξεργασίας – ερώτηση 2.7 – ζητάμε από τους μαθητές να αξιολογήσουν τα πειραματικά αποτελέσματα και να εξάγουν συμπεράσματα. Θέλουμε να διαπιστώσουμε αν μπορούν να διακρίνουν τη διαφορά στην κίνηση από τη συνεχή ή όχι δράση μιας δύναμης πάνω στο σώμα, αλλά και αν μπορούν να προσδιορίσουν ότι ο ρόλος της δύναμης είναι να επιταχύνει και όχι να κινεί.

Στη συνέχεια ακολουθεί παιχνίδι! Οι μαθητές θα πρέπει να πετύχουν το κέντρο του στόχου που φαίνεται με κόκκινο χρώμα πάνω στο παγωμένο διάδρομο. Τους ζητάμε να ρυθμίσουν την τιμή της δύναμης στα 40 N με φορά προς τα δεξιά και το χρόνο δράσης της στα 2 s. Θα πρέπει να βρουν το μέτρο και τη φορά της δύναμης που θα ασκηθεί στο «βράχο» μετά το 2^ο s ώστε αυτός να σταματήσει ακριβώς στο κέντρο του στόχου. (Η εκτέλεση του πειράματος έχει προγραμματιστεί ώστε να σταματά αυτόματα όταν ο «βράχος» υπερβεί το μήκος του διαδρόμου ή όταν η ταχύτητα του μηδενιστεί.). Οι μαθητές μέσα από τη διαδικασία της δοκιμής και του λάθους θέλουμε να διαπιστώσουν ότι για να μεταβάλλουμε την κινητική κατάσταση ενός σώματος - στη συγκεκριμένη περίπτωση να το επιβραδύνουμε - θα πρέπει να του ασκήσουμε μια δύναμη. Επίσης θα διακρίνουν το γεγονός ότι η κίνηση του σώματος προς τα δεξιά δεν συνεπάγεται και δράση δύναμης ίδιας κατεύθυνσης.

Τέλος στη φάση των συμπερασμάτων και της εφαρμογής της νέας γνώσης, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν για τις δυνάμεις που ασκούνται σε αντικείμενα που κινούνται μέσα στον αέρα σε διάφορες περιπτώσεις όπως φαίνονται στις εικόνες που παρατίθενται στο φύλλο εργασίας. Ο στόχος είναι να επιτύχουν οι ομάδες την γενίκευση των όσων έμαθαν και σε άλλα φαινόμενα. Εισάγουμε εδώ και την αντίσταση του αέρα που θα εμφανιστεί ξανά στο 4^ο φύλλο εργασίας.

Στο 3^ο Φύλλο Εργασίας στόχος είναι οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι όταν σε ένα σώμα που κινείται η συνισταμένη δύναμη είναι μηδέν, τότε το σώμα θα συνεχίσει να κινείται ευθύγραμμα και ομαλά.

Ο στόχος είναι ο ίδιος με αυτόν στο 1^ο φύλλο εργασίας με τη διαφορά ότι εκεί ξεκινάμε από μια ιδανική κατάσταση και στη συνέχεια με τις υπόλοιπες δραστηριότητες περνάμε στην εμπλοκή και των άλλων παραμέτρων (τριβή, αντίσταση αέρα) που υπεισέρχονται στα φαινόμενα. Εδώ ο συλλογισμός είναι αντίστροφος. Αφού διαπιστώσαμε την ύπαρξη της τριβής... πάμε τώρα να την εξαλείψουμε. Θέλουμε να αναδειχθεί η δύναμη της αφαίρεσης, στην ερμηνεία των φυσικών φαινομένων.

Για να επιτύχουμε το στόχο μας θα πρέπει να γνωστοποιήσουμε στους μαθητές μας τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, γι' αυτό και στη φάση προσέγκυσης του ενδιαφέροντος παρουσιάζουμε τους κανόνες που υπαγορεύουν τη διαφορετική προσέγγιση των φυσικών φαινομένων από αυτή που επικρατούσε στο μεσαίωνα και την αρχαιότητα. Ενημερώνουμε τους μαθητές ότι ο νέος αυτός τρόπος σκέψης οφείλεται στο Γαλιλαίο και εστιάζουμε σε δύο από τους τέσσερις κανόνες της νέας αντιμετώπισης στην ανάγνωση της φύσης. Ο ένας αναφέρει ότι **«Οι νόμοι ισχύουν με ακρίβεια όχι στη φύση, όπως την αντιλαμβανόμαστε καθημερινά, αλλά σε μια ιδεατή «φύση».**» και ο άλλος ότι **«Είναι δυνατόν να αναπαραχθεί μια λειτουργία της φύσης σε ελεγχόμενο περιβάλλον (πείραμα), ώστε να μελετηθούν οι επιπτώσεις των νόμων που τη διέπουν.»**

Παροτρύνουμε τους μαθητές να συζητήσουν για τους κανόνες και να καταγράψουν τις απόψεις τους για την αξία των πειραμάτων στην ερμηνεία των φυσικών φαινομένων αλλά και για το τι θα μπορούσε να σημαίνει ο χαρακτηρισμός «ιδεατή φύση».

Πληροφορούμε τους μαθητές ότι όταν οι επιστήμονες προσπαθούν να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο κάνουν αρχικές υποθέσεις για το ποιες παράμετροι το επηρεάζουν και στη συνέχεια σχεδιάζουν ένα πείραμα με το οποίο προσπαθούν να διαπιστώσουν πόσες από αυτές τις παραμέτρους επηρεάζουν το φαινόμενο και με ποιο τρόπο. Κάθε φορά όμως μεταβάλλουν μια από τις παραμέτρους ενώ κρατάνε τις υπόλοιπες σταθερές. Ζητάμε από τους μαθητές να απαντήσουν στο φύλλο εργασίας γιατί πιστεύουν ότι συμβαίνει αυτό.

Στη φάση του πειραματισμού οι μαθητές θα εκτελέσουν εικονικό πείραμα με τη χρήση του λογισμικού IP. Στο πείραμα φαίνονται τέσσερις κύβοι που βρίσκονται πάνω σε οριζόντιο

ξύλινο πάτωμα. Στο αριστερό τμήμα της οθόνης φαίνονται και οι γραφικές παραστάσεις ταχύτητας – χρόνου για τον κάθε κύβο. Επίσης στο επάνω μέρος της οθόνης φαίνεται ένας μεταβολέας με τον οποίο μπορούν οι μαθητές να ρυθμίζουν την αρχική ταχύτητα του κύβου. Το ερευνητικό ερώτημα που τίθεται είναι το αν εξαρτάται η απόσταση που διανύει ο κύβος στο ξύλινο πάτωμα από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένος.

Πληροφορούμε τους μαθητές ότι, μέσω του πειράματος, μπορούν να χρησιμοποιήσουν κύβους από λάστιχο, ξύλο, πλαστικό και πάγο. Με δεδομένο ότι όλοι έχουν την ίδια αρχική ταχύτητα τους ζητάμε κάνουν μια αρχική υπόθεση ταξινομώντας τα υλικά με σειρά αυξανόμενης διανυόμενης απόστασης.

Την αρχική υπόθεση ακολουθεί η φάση του πειραματισμού. Ζητάμε από τους μαθητές να δώσουν συγκεκριμένη τιμή για την αρχική ταχύτητα ($v_0=5 \text{ m/s}$) και να παρατηρήσουν το είδος της κίνησης του καθενός. Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι η απόσταση που διανύουν τα σώματα σχετίζεται με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα και ότι η κίνηση είναι επιβραδυνόμενη. Παρατηρούν επίσης ότι στην περίπτωση του πάγου η επιβράδυνση είναι εξαιρετικά μικρή σε σχέση με τις άλλες περιπτώσεις. Με αφορμή αυτό το πειραματικό δεδομένο θέτουμε το ερώτημα για το αν θα μπορούσε ο κύβος να μη σταματά ποτέ και αν ναι υπό ποιες προϋποθέσεις;

Μέσα από τη πειραματική διαδικασία οι μαθητές επιδιώκουμε να αναγνωρίσουν την ύπαρξη της τριβής που είναι υπεύθυνη για την επιβράδυνση των σωμάτων και ότι όταν αυτή δεν υπάρχει – εξιδανίκευση – τότε το σώμα θα συνεχίσει την κίνησή του με σταθερή ταχύτητα.

Στη συνέχεια ενισχύουμε τα συμπεράσματα των μαθητών θέτοντας ερωτήσεις όπως : Τι θα συμβεί μετά από λίγο σε ένα πλοίο ή ένα τρένο που κινείται και σβήσει τις μηχανές του και τι θα συνέβαινε αν οι συνθήκες ήταν ιδανικές; Θέτουμε το ίδιο ερώτημα και για το διαστημικό σκάφος του 1^{ου} φύλλου εργασίας και ζητάμε να καταγράψουν τη διαφορά του τελευταίου παραδείγματος με τα προηγούμενα.

Οι μαθητές στο τέλος της διαδικασίας θα πρέπει να έχουν διαπιστώσει ότι σε μια ιδεατή φύση τα σώματα θα συνεχίσουν να κινούνται με σταθερή ταχύτητα όταν η συνισταμένη των δυνάμεων που δρουν σε αυτά είναι μηδενική. Ακολουθεί η διατύπωση του 1^{ου} ΝΝ.

Στο 4^ο Φύλλο Εργασίας Στόχος: Οι μαθητές να εφαρμόζουν τον 1^ο ΝΝ και να μπορούν να ερμηνεύουν με αυτόν φαινόμενα της καθημερινής τους ζωής.

Σε αυτό το φύλλο εργασίας επιδιώκουμε την ενίσχυση αυτού που ήδη έχουμε διδάξει, δηλαδή του νόμου τη αδράνειας, χρησιμοποιώντας την επιβεβαιωτική διερευνητική διαδικασία για να ερμηνεύσουν οι μαθητές ένα φαινόμενο σε γήινες συνθήκες.

Στη φάση εμπλοκής προβάλλουμε ένα video από την πτώση ενός αλεξιπτωτιστή. Σταματάμε την προβολή τη στιγμή που αλεξιπτωτιστής εγκαταλείπει το αεροπλάνο. Στο φύλλο εργασίας φαίνονται οι άξονες της γραφικής παράστασης ταχύτητας – χρόνου για την κίνησή του. Ζητάμε από τους μαθητές να κάνουν μια εκτίμηση για το πώς αλλάζει η ταχύτητα του αλεξιπτωτιστή από τη στιγμή $t_0 = 0$ που εγκαταλείπει το αεροπλάνο έως τη στιγμή t_1 που ανοίγει το αλεξιπτωτό του και από τη στιγμή t_1 έως τη στιγμή t_2 που προσγειώνεται στο έδαφος, σχεδιάζοντας τη γραφική παράσταση.

Στη συνέχεια προβάλλουμε και το υπόλοιπο μέρος του video. Συνήθως οι μαθητές εκπλήσσονται όταν διαπιστώνουν ότι ταχύτητα του αλεξιπτωτιστή σταθεροποιείται στα 55 m/s πριν ακόμη αυτός ανοίξει το αλεξιπτωτό του τη χρονική στιγμή t_1 . Τους ζητάμε να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους, ότι δηλαδή ο αλεξιπτωτιστής στην αρχή επιταχύνεται, στη συνέχεια κινείται με σταθερή ταχύτητα, όταν ανοίγει το αλεξιπτωτό του επιβραδύνεται μέχρι κάποια χρονική στιγμή όπου και πάλι αποκτά σταθερή ταχύτητα μικρότερη της αρχικής.

Ακολουθεί το στάδιο του πειραματισμού. Οι μαθητές εκτελούν ένα πείραμα που προσομοιάζει την πτώση του αλεξιπτωτιστή μέσα στον αέρα. Θα κατασκευάσουν με μικρές χάρτινες θήκες για κέικ και συνδετήρες το σύστημα του αλεξιπτωτιστή – αλεξίπτωτο. Στη συνέχεια θα αφήσουν την κατασκευή να πέσει από ύψος περίπου δύομιση μέτρων και θα βιντεοσκοπήσουν την πτώση με το κινητό τους τηλέφωνο. Στη συνέχεια η κάθε ομάδα θα επεξεργαστεί το υλικό της λήψης με τη βοήθεια του λογισμικού tracker που παρέχει τόσο δυνατότητες επεξεργασίας όσο και απεικόνισης γραφικών παραστάσεων.

Μέσα από το πείραμα οι μαθητές θα διαπιστώσουν ότι μετά από κάποια χρονική στιγμή η ταχύτητα της κατασκευής τους σταθεροποιείται (οριακή τιμή) και αυτό οφείλεται στο ότι η συνισταμένη των δυνάμεων του βάρους και της αντίστασης του αέρα ισούται με μηδέν.

3.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΧΟΛΙΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

3.3.1 Ερωτηματολόγιο αρχικού και τελικού ελέγχου

		A1: Πειραματική Ομάδα		A2: Ομάδα Ελέγχου	
Αποτελέσματα Ερωτηματολογίου					
		Αρχικού ελέγχου		Τελικού ελέγχου	
Ερώτηση		A1 (23)	A2 (22)	A1(23)	A2(22)
E_1	α	9	9	2	5
	β	1	2	3	2
	γ	13	11	18	15
E_2	α	5	8	5	7
	β	15	10	3	7
	γ	3	4	11	6
	δ	0	0	4	2
E_3	α	0	2	1	4
	β	8	8	8	10
	γ	15	12	14	8
E_4	α	6	6	14	8
	β	17	16	9	14
E_5	α1	14	15	7	11
	α2	9	7	16	11
	β1	18	17	17	12
	β2	5	5	6	10
	γ1	19	13	9	10
	γ2	4	9	14	12

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ερωτηματολογίου αρχικού και τελικού ελέγχου.

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα των απαντήσεων των ομάδων στο ερωτηματολόγιο αρχικού και τελικού ελέγχου. Οι σωστές απαντήσεις είναι υπογραμμισμένες με πράσινο χρώμα.

Από τις απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο αρχικού ελέγχου προκύπτουν δύο συμπεράσματα. Το πρώτο είναι ότι οι δύο ομάδες παρουσιάζουν το ίδιο επίπεδο κατανόησης των εννοιών στις οποίες αναφέρεται η ποιοτική έρευνα, και το δεύτερο ότι και οι δύο ομάδες εμφανίζουν τις ίδιες εναλλακτικές ιδέες που έχουν αναπτυχθεί προηγουμένως στο διδακτικό σενάριο.

Στο ερωτηματολόγιο που επαναλήφθηκε μετά το πέρας της διαδικασίας η πειραματική ομάδα φαίνεται να επιτυγχάνει καλύτερα αποτελέσματα από την ομάδα ελέγχου. Σε όλες τις ερωτήσεις τα ποσοστά επιτυχών απαντήσεων της πειραματικής ομάδας είναι μεγαλύτερα από αυτά της ομάδας ελέγχου με εξαίρεση την ερώτηση 3 και την 5β. Ωστόσο στην ερώτηση 3 τα ποσοστά επιτυχών απαντήσεων είναι μικρά και για τις δύο ομάδες. Εδώ φαίνεται ότι δεν έχει επιτευχθεί ο στόχος και η εναλλακτική άποψη του ότι «*η δύναμη που θέτει ένα σώμα σε κίνηση παραμένει σ' αυτό ακόμα και όταν και όταν το σώμα πάψει να είναι σε επαφή με το δράστη που άσκησε τη δύναμη*» παραμένει σε ισχύ και καθορίζει την ερμηνεία των φαινομένων. Στην ερώτηση 5β ενώ αρχικά και στις δύο ομάδες το ποσοστό των μαθητών που θεωρούν ότι «*όταν η συνισταμένη δύναμη είναι σταθερή τότε το σώμα κινείται με ταχύτητα που μεταβάλλεται*» είναι μικρό και στις δύο ομάδες (22% και 23% αντίστοιχα) στο ερωτηματολόγιο τελικού ελέγχου η πειραματική ομάδα αυξάνει ελάχιστα τα ποσοστά της ενώ η ομάδα ελέγχου τα διπλασιάζει (26% και 45% αντίστοιχα.) Παρόλα αυτά στην πειραματική ομάδα τετραπλασιάζεται σχεδόν ο αριθμός των μαθητών (3/23 και 11/23 αντίστοιχα) που απαντούν σωστά ότι η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα όταν αυτό κινείται με σταθερή ταχύτητα ισούται με μηδέν. Αυτό που παρατηρείται εδώ είναι μια αδυναμία γενίκευσης των πειραματικών δεδομένων και των συμπερασμάτων. Το κάθε φαινόμενο ερμηνεύεται σε συνδυασμό με το τι πίστευα, τι είδα στο πείραμα και πιο είναι το φαινόμενο.

3.3.2 Παρατηρήσεις στις απαντήσεις των ομάδων.

Φύλλο Εργασίας 1

Στην 1.1 στις δύο από τις έξι ομάδες εμφανίζεται η αντίληψη ότι για να κινηθεί το αντικείμενο θα πρέπει να υπάρχει κάποιο αίτιο που θα προκαλεί την κίνησή του. Οι υπόλοιπες ομάδες δεν αναφέρουν την ύπαρξη κάποιας δύναμης που απαιτείται για να συντηρηθεί η κίνηση. Ωστόσο μόνο σε μια ομάδα η απάντηση διατυπώνεται με σαφήνεια, το σώμα δεν σταματά «*διότι δεν του ασκείται καμία δύναμη για να επιβραδυνθεί*».

Στις ερωτήσεις 1.2 έως και 1.5 οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν ότι η δράση δύναμης έχει ως αποτέλεσμα την επιτάχυνση του σώματος και όχι την ομαλή του κίνηση. Από τις απαντήσεις φαίνεται μια τάση για γραμμική σύνδεση της δύναμης με την ταχύτητα και όχι της δύναμης με την επιτάχυνση (ομάδες 3,4). Επίσης στην 1.4 στη συζήτηση που ακολούθησε τέθηκε στους μαθητές των ομάδων 3, 4 και 6 το ερώτημα του τι εννοούν όταν γράφουν ότι η δύναμη πρέπει να είναι μηδέν για να κινείται το σώμα με σταθερή ταχύτητα. Δικαιολόγησαν την απάντηση λέγοντας ότι όσο μικρή και αν ήταν η τιμή της δύναμης πάντα παρατηρούσαν μια έστω και μικρή επιτάχυνση στο διάγραμμα ταχύτητας χρόνου. Η ομάδα 2 έδρασε αυτοβούλως και έδωσε μια αρχική ταχύτητα (κάτι που δεν ήταν στις οδηγίες) στο διαστημόπλοιο πετυχαίνοντας το στόχο για ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

Στις 1.5 έως και 1.8 οι ομάδες απαντούν σωστά και διαπιστώνουν ότι για να επιτύχουν την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση του διαστημοπλοίου θα πρέπει μετά το 2^ο δευτερόλεπτο να ασκήσουν μια αντίθετη δύναμη στο σώμα ώστε η συνισταμένη δύναμη να μηδενιστεί. Παρουσιάζεται όμως και μια σύγχυση στις διατυπώσεις μεταξύ της ταχύτητας και του ρυθμού μεταβολής της (επιτάχυνση) όπως «Δεν επιταχύνεται με την ίδια ταχύτητα (πιο σιγά).» ή «Η κίνηση παραμένει επιταχυνόμενη αλλά με μικρότερη ταχύτητα.»

Στις 1.9 έως 1.11 παρόλο που ορισμένες από τις απαντήσεις θα μπορούσαν να θεωρηθούν σωστές, είναι εμφανής η αντίληψη που υπαγορεύει η κοινή λογική ότι για να διατηρείται η κίνηση ενός σώματος θα πρέπει να ασκείται συνεχώς πάνω του μια δύναμη κατά την κατεύθυνση της κίνησης. Οι μαθητές θεωρούν – και ορθά σύμφωνα με την κοινή λογική – την ηρεμία απολύτως διαφορετική κατάσταση από την κίνηση με σταθερή ταχύτητα. Το πόσο ισχυρή είναι αυτή η αντίληψη φαίνεται και από το γεγονός ότι ενώ στο πρώτο μέρος του φύλλου εργασίας όλες οι ομάδες απαντούν ότι το διαστημόπλοιο κινείται ομαλά όταν η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν, στο παράδειγμα του αντικειμένου που κινείται πάνω στο τραπέζι φαίνεται να επανέρχονται στην αρχική αντίληψη του ότι η δύναμη κινεί και όχι ότι επιταχύνει. Η αδυναμία γενίκευσης των συμπερασμάτων από τις παρατηρήσεις μαζί με τις ερμηνείες που υπαγορεύει η καθημερινή εμπειρία δημιουργεί ένα αρκετά δύσκολο εμπόδιο για την κατανόηση του φαινομένου. Ίσως θα έπρεπε να ρωτάμε τι αναγκάζει το σώμα να σταματά παρά τι το αναγκάζει να κινείται. (Arons, 1992, σ. 111) Οπότε η ερώτηση 1.10 θα μπορούσε να διατυπωθεί ως εξής: «Αν σταματήσει η δράση της δύναμης το σώμα μετά από λίγο ακινητοποιείται. Τι πιστεύετε ότι είναι αυτό που αναγκάζει το σώμα να σταματήσει;»

Στις ερωτήσεις 1.12 έως και 1.18 οι ομάδες γενικά παρατηρούν και καταγράφουν σωστά. Εκεί όμως που παρατηρείται μια δυσκολία είναι στην ερμηνεία των παρατηρούμενων αποτελεσμάτων (ερώτηση 1.17). Μόνο στις ομάδες 1 και 5 εμφανίζεται ο όρος τριβή και σε αυτές οι απαντήσεις δεν είναι πλήρεις. Στη συζήτηση που ακολούθησε πάντως, μετά το τέλος του φύλλου εργασίας, φάνηκε ότι οι μαθητές έχουν αντιληφθεί περισσότερο για το φαινόμενο από αυτά που αφήνει να φανεί η γραπτή τους διατύπωση. Αυτό δείχνει και τη σημασία που έχει η παρουσίαση – συζήτηση των πειραματικών αποτελεσμάτων και των ερμηνειών τους μεταξύ των ομάδων στη διαδικασία της διερευνητικής μάθησης. Ένα ερώτημα που προκύπτει είναι το κατά πόσο ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να επιμένει στη χρήση της επιστημονικής γλώσσας. Η καθημερινή γλώσσα είναι πλούσια, εύληπτη και οικεία. Η επιστημονική είναι λιτή, δυσνόητη και ξένη. Η μία δημιουργεί παρανοήσεις αλλά λειτουργεί γιατί με αυτήν επικοινωνούν και η άλλη είναι ξεκάθαρη αλλά ακαταλαβίστικη.

Στην 1.19 οι τέσσερις από τις έξι ομάδες σχεδίασαν σωστά το σχήμα. Η ερώτηση θα μπορούσε να είναι σαφέστερη αν εκτός από τα διανύσματα των ταχυτήτων στην εικόνα φαίνονταν και τα διανύσματα των δυνάμεων.

Φύλλο Εργασίας 2

Στην 2.1 σε όλες τις απαντήσεις κυριαρχεί η αντίληψη της παραμένουσας δύναμης στο σώμα. Η δράση της δύναμης από το χέρι του αθλητή δεν σταματά ακόμη και όταν αυτός χάσει την επαφή του με το αντικείμενο. Η αντίληψη ότι η δύναμη είναι κάτι που δίνεται στο σώμα και το ακολουθεί είναι δύσκολο να καταπολεμηθεί. Εξάλλου, σύμφωνα με την κοινή λογική, δικαιολογεί μια χαρά και την προς τα δεξιά κίνηση του σώματος. Πάντα πρέπει να υπάρχει μια δύναμη κατά την κατεύθυνση της κίνησης.

Σ' αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί η σημασία της συζήτησης των ομάδων μεταξύ τους αλλά και με το διδάσκοντα. Η χρήση της γλώσσας παίζει και εδώ σημαντικό ρόλο. Για παράδειγμα είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε τις φράσεις «... η δύναμη **δρα** ...» ή «... η δύναμη **ασκείται** ...» παρά τη φράση «... η δύναμη που **δέχεται** το σώμα ...». Το «δέχεται» παραπέμπει σε κάτι που δίνεται στο σώμα και παραμένει σ' αυτό.

Ακόμη και μετά από τη παρουσίαση του video στην ερώτηση 2.2 η αντίληψη ότι για την κίνηση του σώματος είναι απαραίτητη η ύπαρξη δύναμης κατά την κατεύθυνση της ταχύτητας δε φαίνεται να αλλάζει.

Στις ερωτήσεις 2.3 έως και 2.7 οι ομάδες απαντούν σωστά για τα είδη κίνησης του σώματος στις διάφορες περιπτώσεις που τους ζητούνται. Σημαντική και εδώ είναι η δυναμική που προσφέρουν οι ΤΠΕ μέσω της πολλαπλότητας των αναπαραστάσεων. Στην ερώτηση του «Τι ήταν αυτό που σας βοήθησε στο να απαντήσετε;» οι ομάδες αναφέρουν την ταυτόχρονη απεικόνιση της γραφικής παράστασης ταχύτητας – χρόνου στο πάνω μέρος της οθόνης. Παρόλα αυτά όμως στην ερώτηση 2.6 μόνο η 3^η ομάδα διαπιστώνει ότι όταν ο αθλητής αφήνει το σώμα η συνισταμένη δύναμη που του ασκείται είναι μηδέν και σχεδιάζει σωστά το σχήμα. Επίσης στην ερώτηση 2.7 οι πέντε από τις έξι ομάδες συμφωνούν στο ότι η συνεχής δράση μιας δύναμης έχει διαφορετικά αποτελέσματα στην κίνηση του σώματος από αυτά που έχει η δράση μιας δύναμης για ορισμένο χρονικό διάστημα. Επίσης οι τέσσερις από τις έξι ομάδες διαπιστώνουν ότι η δύναμη που ασκεί ο αθλητής δεν «παραμένει» στο σώμα μετά το χάσιμο της επαφής. Στις προτάσεις Γ και Δ για το αν η δύναμη κινεί ή επιταχύνει οι απαντήσεις στο φύλλο εργασίας είναι λανθασμένες. Η ισχυρή αντίληψη της καθημερινής εμπειρίας, που υπαγορεύει ότι η κίνηση οφείλεται στη δράση κάποιας δύναμης, μαζί με την απειρία εξαγωγής δευτερογενών συμπερασμάτων από τα πειραματικά δεδομένα, δεδομένου ότι οι μαθητές δεν έχουν εκπαιδευτεί σε διαδικασίες διερευνητικής μεθόδου, δημιουργεί σύγχυση στα συμπεράσματά τους. Αυτού του είδους οι παρανοήσεις κατά τις οποίες η εφαρμογή των συμπερασμάτων έχει περιπτώσιολογικό και όχι γενικό χαρακτήρα εμφανίζεται σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας.

Στο παιχνίδι που ακολούθησε για την εύρεση του στόχου, όπως και το 4^ο φύλλο εργασίας με το πείραμα του αλεξίπτωτου, οι μαθητές έδειξαν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Στις ερωτήσεις 2.8 και 2.9 της δραστηριότητας όλες οι ομάδες απάντησαν σωστά. Εδώ και πάλι ο στόχος ήταν να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι για να αλλάξει η κινητική κατάσταση του σώματος θα πρέπει να του ασκηθεί δύναμη – η δύναμη επιταχύνει - και ότι η δύναμη με την ταχύτητα δεν έχουν κατ' ανάγκη την ίδια φορά.

Στις ερωτήσεις 2.10 και 2.11 που αφορούν στην εφαρμογή της γνώσης σε άλλες περιπτώσεις οι τέσσερις από τις έξι ομάδες απαντούν σωστά την 2.10, μόνο όμως δύο από αυτές δίνουν στη συνέχεια σωστή απάντηση στη 2.11. Μια από αυτές θεωρεί ότι σωστή είναι η απάντηση (γ)

δηλαδή ότι στο σώμα ασκούνται το βάρος και η δύναμη από τους αθλητές και η άλλη δίνει τη (δ) ως σωστή, δηλαδή ότι στο σώμα ασκείται μόνο μια δύναμη που έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας. Εμφανίζεται δηλαδή ξανά αυτό που αναφέρθηκε προηγουμένως για την ερμηνεία των φαινομένων κατά περίπτωση.

Φύλλο Εργασίας 3

Στις ερωτήσεις 3.1 έως 3.3 έγινε συζήτηση μεταξύ των ομάδων για την αξία των πειραμάτων και τη σημασία του όρου «ιδεατή φύση» που αναφέρονται στην εισαγωγή του φύλλου εργασίας – φάση εμπλοκής – και που αφορούν στο νέο τρόπο μελέτης της φύσης που καθιερώθηκε από το Γαλιλαίο. Σε όλες τις υπόλοιπες ερωτήσεις 3.4 έως 3.15 οι μαθητές κατέληξαν σε γενικές γραμμές σε σωστά συμπεράσματα για τη δράση της τριβής. Στο τέλος του φύλλου εργασίας έγινε και η διατύπωση του 1^{ου} Νόμου του Newton συζητήθηκαν παραδείγματα για την ιδιότητα που έχουν τα σώματα να θέλουν να διατηρήσουν την κινητική τους κατάσταση σταθερή (αδράνεια) και στη συνέχεια στο 2^ο ΝΝ εμφανίζεται η αδράνεια ως αντίσταση στην αλλαγή της κινητικής τους κατάστασης όπου και ποσοτικοποιείται η ιδιότητα αυτή.

Φύλλο Εργασίας 4

Στην ερώτηση 4.1 όλες οι ομάδες σχεδιάζουν τη γραφική παράσταση θεωρώντας ότι η κίνηση του αλεξιπτωτιστή είναι αρχικά επιταχυνόμενη και μετά το άνοιγμα του αλεξιπτωτο επιβραδυνόμενη. Ακόμη όμως και μετά την προβολή του υπόλοιπου τμήματος του video, στο οποίο φαίνεται το πώς μεταβάλλεται η ταχύτητα του αλεξιπτωτιστή με τη βοήθεια του ταχύμετρου που είναι ένθετο στην εικόνα, μόνο μια από τις ομάδες (5^η) διατυπώνει σωστά αυτό που βλέπει. Οι υπόλοιπες ομάδες φαίνεται να «βλέπουν» αυτό που τους υπαγορεύει η αντίληψη που έχουν ήδη σχηματίσει για το συγκεκριμένο φαινόμενο. Για παράδειγμα η 3^η ομάδα απαντά: «Ο αλεξιπτωτιστής επιταχύνει μέχρι τα 55 m/s και μετά ανοίγει το αλεξίπτωτο. Ο αλεξιπτωτιστής σταδιακά επιβραδύνει μέχρι που προσγειώνεται.». Όμοιες είναι και οι απαντήσεις των υπολοίπων ομάδων όπως φαίνεται στο παράρτημα II που παρατίθενται οι απαντήσεις στα φύλλα εργασίας (ερωτήσεις 4.2 και 4.3). Το γεγονός αυτό πιθανόν να οφείλεται στην απειρία των μαθητών σε πειραματικές διαδικασίες που οδηγεί στην αδυναμία

να παρατηρεί, να καταγράφει και να εξάγει συμπεράσματα με βάση τις παρατηρήσεις παραμερίζοντας τις προηγούμενες δικές του ερμηνείες.

Στη φάση του πειραματισμού που ακολούθησε οι μαθητές έδειξαν το μεγαλύτερο ενθουσιασμό, μαζί με το παιχνίδι του στόχου στο 2^ο φύλλο εργασίας. Οι απαντήσεις των ομάδων στις ερωτήσεις 4.4 έως 4.11 στην πλειοψηφία τους ήταν σωστές.

3.3.3 Περιορισμοί – Προεκτάσεις της έρευνας

Η εκπαιδευτική παρέμβαση όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως πραγματοποιήθηκε σε ένα δείγμα 23 μαθητών της Α Λυκείου. Ένα τέτοιο δείγμα θεωρείται μικρό και δημιουργεί περιορισμούς όσον αφορά την δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων, γι' αυτό εξάλλου η έρευνα έχει ποιοτικό χαρακτήρα και όχι ποσοτικό. Ένας επιπλέον περιορισμός ήταν και η χρονική διάρκεια της εκπαιδευτικής παρέμβασης που ήταν μικρή και αφορούσε ένα μικρό μέρος της διδακτέας ύλης οπότε δεν μπορεί να δώσει σαφείς ενδείξεις για την αποτελεσματικότητα της μεθόδου. Ένας τρίτος περιορισμός ήταν η δυνατότητα χρήσης του εργαστηρίου υπολογιστών που χρησιμοποιείται κυρίως για το μάθημα της πληροφορικής. Επίσης η μη εξοικείωση των μαθητών με τις διερευνητικές μεθόδους και με την χρήση Η/Υ στις εκπαιδευτικές διαδικασίες αποτέλεσε έναν ακόμη περιοριστικό παράγοντα. Ο βασικότερος όμως περιοριστικός παράγοντας για τη χρήση των ΤΠΕ και της διερευνητικής μεθόδου είναι το ίδιο το αναλυτικό πρόγραμμα που δημιουργεί ένα πλαίσιο τουλάχιστον αφιλόξενο - αν όχι απαγορευτικό - για τέτοιου είδους διδακτικές παρεμβάσεις.

Προεκτάσεις της έρευνας θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν ποσοτικές μελέτες σε μεγαλύτερο δείγμα τόσο αριθμητικά όσο και κοινωνικοοικονομικά ώστε να υπάρχει η δυνατότητα γενίκευσης των συμπερασμάτων. Έρευνες σε διαφορετικές ηλικίες και τάξεις καθώς και σε διάφορα αντικείμενα των ΦΕ ώστε τα αποτελέσματα να έχουν μεγαλύτερη πληρότητα και εγκυρότητα. Επίσης θα μπορούσε να γίνει αξιοποίηση και άλλων ερευνητικών εργαλείων στη διδακτική παρέμβαση εκτός από τα ερωτηματολόγια αρχικού και τελικού ελέγχου και τα φύλλα εργασίας για τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων. Οι έρευνες δεν θα πρέπει να εστιάζουν μόνο στη χρήση της τεχνολογίας ή στις δραστηριότητες που συνεπάγεται η χρήση αυτής μιας και η μάθηση επηρεάζεται από όλο το μαθησιακό περιβάλλον. Μελέτες πάνω στην κατανόηση των χαρακτηριστικών των μαθησιακών περιβαλλόντων θα μπορούσαν να

βοηθήσουν ώστε να βελτιωθεί ο τρόπος με τον οποίο οι ΤΠΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη στήριξη της μάθησης σε αυτά τα περιβάλλοντα.

3.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η ποιοτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε δείχνει μια διαφορά στην επίτευξη των στόχων της πειραματικής ομάδας σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, υπέρ της πρώτης. Παρότι η διαφορά αυτή δεν φαίνεται να είναι μεγάλη ωστόσο δείχνει τη δυναμική που έχουν οι ΤΠΕ σε συνδυασμό με τη διερευνητική μέθοδο στο να βοηθηθούν οι μαθητές μέσα από την ενεργό συμμετοχή να οικοδομούν τη γνώση ξεπερνώντας τα γνωστικά τους εμπόδια.

Όμως παρά τη ρητορική των υπευθύνων για τη χάραξη της πολιτικής σχετικά με τις δυνατότητες των ΤΠΕ στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών πολλές από τις προτεινόμενες προθέσεις δεν έχουν ακόμα εφαρμοστεί στη τάξη. Φαίνεται πως οι ΤΠΕ δεν έχουν βρει ακόμη τη σωστή τους θέση στο πρόγραμμα σπουδών και εφαρμόζονται σε μικρή κλίμακα, παρά την αποδεδειγμένη από μελέτες αξία τους στη διδασκαλία.

Προβλήματα που αποτρέπουν την εφαρμογή των ΤΠΕ σχετίζονται με την ενσωμάτωση τους στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών. Παλαιότερα τα εκπαιδευτικά πακέτα λογισμικού δεν ήταν σαφώς συνδεδεμένα με το αναλυτικό πρόγραμμα. Επί του παρόντος πολλά από τα βιβλία των μαθητών έχουν ενσωματωμένα πακέτα λογισμικού ή συνδέσμους σε ιστότοπους όπως για παράδειγμα η ιστοσελίδα του Υπουργείου Παιδείας Διαδραστικά Σχολικά Βιβλία <http://ebooks.edu.gr/new/allcoursesdiadrastika.php>. Ωστόσο, οι ψηφιακές εκπαιδευτικές πλατφόρμες όπως είναι η e – me <https://auth.e-me.edu.gr/> βρίσκονται στο αρχικό τους στάδιο και η διάχυσή τους στην εκπαιδευτική κοινότητα είναι ακόμα περιορισμένη.

Επιπλέον, για τη λειτουργική χρήση πολλών εφαρμογών πληροφορικής χρειάζεται περισσότερος χρόνος από ό, τι διατίθεται σε ένα πρόγραμμα σπουδών που οργανώνεται σε περιόδους μαθημάτων (Cuban, 2009). Ο λόγος είναι ότι αυτές οι εφαρμογές έχουν ως στόχο να συμβάλλουν στην απόκτηση πολύπλοκων και παραγωγικών δεξιοτήτων και στην πλήρη κατανόηση των σχετικών με το θέμα εννοιών, οι οποίες συνήθως χρειάζονται περισσότερο χρόνο. Ένα πρόγραμμα σπουδών που προάγει την εις βάθος κατανόηση δεν πρέπει επίσης να

υπερφορτωθεί με περιεχόμενο π.χ., (Linn & Songer, 1988; Pelgrum & Anderson, 1999). Η ενσωμάτωση του πλήρους δυναμικού της πληροφορικής στο πρόγραμμα σπουδών θα απαιτεί συχνά την αναθεώρηση του περιεχομένου και των στόχων του προγράμματος σπουδών και την αναθεώρηση των προγραμμάτων εξέτασης. Για πολλούς εκπαιδευτικούς αυτό είναι πέρα από το πεδίο των δυνατοτήτων τους. Η πίεση για να καλυφθεί το καθορισμένο περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών και η προετοιμασία των μαθητών για εξετάσεις συχνά περιορίζει την ευελιξία του εκπαιδευτικού ώστε να κάνει δημιουργική χρήση των ΤΠΕ.

Οι υπεύθυνοι για τη χάραξη της εκπαιδευτικής πολιτικής που καθορίζουν και το πλαίσιο των στάσεων των αξιών και των ικανοτήτων που απαιτούνται για την κοινωνία της πληροφορίας τονίζουν τον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζει η πληροφορική από την άποψη αυτή. Ταυτόχρονα όμως απαιτούν στοιχεία στην απόδοση των μαθητών με βάση τις απαιτήσεις της τρέχουσας διδακτέας ύλης (Dynarski et al., 2007), οι οποίες μόνο εν μέρει συμφωνούν με το περιεχόμενο, τους στόχους, την παιδαγωγική και τις απαιτήσεις αξιολόγησης του εικοστού πρώτου αιώνα.

Σε ένα πλαίσιο μάθησης και διδασκαλίας των ΦΕ που υποστηρίζεται από τις ΤΠΕ, οι παιδαγωγικοί στόχοι και η αξιολόγηση πρέπει να εναρμονιστούν για να γεφυρωθεί το σημερινό χάσμα μεταξύ του προτεινόμενου, του εφαρμοζόμενου και του επιτευχθέντος προγράμματος σπουδών.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Γαβρόγλου, Κ. (2003). Ιστορία της Φυσικής και της Χημείας. Πάτρα: Ε.Α.Π.
- Κουμαράς, Π. (2017). Διδάσκοντας Φυσική αύριο. Αθήνα: Gutenberg - Π. Κουμαράς.
- Aguirre, J. M., & Haggerty, S. M. (1995). Preservice teachers' meanings of learning. *International Journal of Science Education*, 17(1), 119–131.
- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1.
- Anderson, J. R. (1996). ACT: A simple theory of complex cognition. *American Psychologist*, 51(4), 355.
- Anderson, R. E. (2008). Implications of the information and knowledge society for education. In *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 5–22). Springer.
- Ardac, D., & Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 317–337.
- Arons, A. B. (1992). Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής. Αθήνα: Τροχαλία.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. *Psychology of Learning and Motivation*, 2, 89–195.
[https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
- Aulls, M. W. (2002). The contributions of co-occurring forms of classroom discourse and academic activities to curriculum events and instruction Some of the authors of this publication are also working on these related projects: Inquiry in Education View project KCoaching and modeling human agency View project. *Article in Journal of Educational Psychology*. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.3.520>
- Barnea, N., & Dori, Y. J. (1999). High-school chemistry students' performance and gender differences in a computerized molecular modeling learning environment. *Journal of Science Education and Technology*, 8(4), 257–271.
- Barton, R. (2004). Does data logging change the nature of children's thinking in experimental work in science? In *Using IT effectively in teaching and learning* (pp. 71–80). Routledge.
- Becker, H. J. (2000). Findings from the teaching, learning, and computing survey. *Education*

Policy Analysis Archives, 8, 51.

- Bielaczyc, K. (2006). Designing social infrastructure: Critical issues in creating learning environments with technology. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(3), 301–329.
- Black, P. J., & Harrison, C. (2006). *Science inside the black box: Assessment for learning in the science classroom*. Granada Learning.
- Blok, H., Oostdam, R., Otter, M. E., & Overmaat, M. (2002). Computer-assisted instruction in support of beginning reading instruction: A review. *Review of Educational Research*, 72(1), 101–130.
- Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). *Guided discovery in a community of learners*. The MIT Press.
- Bruce, B. C., & Casey, L. (2012). The practice of inquiry: A pedagogical ‘sweet spot’ for digital literacy? *Computers in the Schools*, 29(1–2), 191–206.
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21–32.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Colorado Springs, Co: BSCS*, 5, 88–98.
- Carlson, R. A., Lundy, D. H., & Schneider, W. (1992). Strategy guidance and memory aiding in learning a problem-solving skill. *Human Factors*, 34(2), 129–145.
- Chall, J. S. (2000). *The Academic Achievement Challenge: What Really Works in the Classroom?*. ERIC.
- Chase, W. G., & Simon, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4(1), 55–81.
- Christmann, E., Badgett, J., & Lucking, R. (1997). Microcomputer-based computer-assisted instruction within differing subject areas: A statistical deduction. *Journal of Educational Computing Research*, 16(3), 281–296.
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research*, 53(4), 445–459.
- Clark, R. E., & Estes, F. (1998). Technology or craft: What are we doing? *EDUCATIONAL TECHNOLOGY-SADDLE BROOK NJ-*, 38, 5–11.
- Clark, R. E., & Estes, F. (1999). The Development of Authentic Educational Technologies. *Educational Technology*, 39(2), 5–16.
- Council, N. R. (1996). *National science education standards*. National Academies Press.

- Council, N. R. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. National Academies Press.
- Cuban, L. (2009). *Oversold and underused*. Harvard University Press.
- De Groot, A. D. (2014). *Thought and choice in chess* (Vol. 4). Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- de Jong, T. (2006). *Computer simulations: Technological advances in inquiry learning*. *Education Forum*.
- de Jong, Ton, & Njoo, M. (1992). Learning and instruction with computer simulations: Learning processes involved. In *Computer-based learning environments and problem solving* (pp. 411–427). Springer.
- De Jong, Ton, Sotiriou, S., & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(1), 3.
- De Jong, Ton, & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201.
- Dede, C. (2008). Theoretical perspectives influencing the use of information technology in teaching and learning. In *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 43–62). Springer.
- Dewey, J. (1910). *How We Think*. Boston: D.C. Heath & Co.
- Dewey, J. (1938). *The Theory of Inquiry*. New York: Henry Holt And Company.
- Dillon, A., & Gabbard, R. (1998). Hypermedia as an educational technology: A review of the quantitative research literature on learner comprehension, control, and style. *Review of Educational Research*, 68(3), 322–349.
- Dori, Y. J., & Barak, M. (2001). Virtual and physical molecular modeling: Fostering model perception and spatial understanding. *Journal of Educational Technology & Society*, 4(1), 61–74.
- Dori, Y. J., Barak, M., & Adir, N. (2003). A Web-based chemistry course as a means to foster freshmen learning. *Journal of Chemical Education*, 80(9), 1084.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). *Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students*.
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671–688.

- Dynarski, M., Agodini, R., Heaviside, S., Novak, T., Carey, N., Campuzano, L., ... Javitz, H. (2007). *Effectiveness of reading and mathematics software products: Findings from the first student cohort.*
- Education, E. C. H. L. G. on S., Science, E. C., & Economy. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe* (Vol. 22845). Office for Official Publications of the European Communities.
- Egan, D. E., & Schwartz, B. J. (1979). Chunking in recall of symbolic drawings. *Memory & Cognition*, 7(2), 149–158.
- Ergazaki, M., Komis, V., & Zogza, V. (2005). High-school students' reasoning while constructing plant growth models in a computer-supported educational environment. *International Journal of Science Education*, 27(8), 909–933.
- Friesen, S., & Scott, D. (2013). Inquiry-Based Learning : A Review of the Research Literature. *Alberta Ministry of Education*, (June), 32. Retrieved from https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36234872/Inquiry-Based-Learning_3.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1555001885&Signature=nUIRD%2BCuwxTCIn9whvUQRjZquJ8%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DInquiry-Based-Learnin
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Gago, J. M., Ziman, J., Caro, P., Constantinou, C., Davies, G., Parchmann, I., ... Sjøberg, S. (2005). *Europe Needs More Scientists: Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology.*
- Garyfallidou, D. M., Ioannidis, G. S., & Ioannidis, G. S. (2001). *Education using Information and Communication Technology (ICT), and ICT education: categories methods and trends Total Experimental Measurement Errors, and their handling View project EDUCATION USING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICT), AND ICT EDUCATION: CATEGORIES METHODS AND TRENDS.* Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/272622269>
- Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science.* Open University Press.
- Handelsman, J., Ebert-May, D., Beichner, R., Bruns, P., Chang, A., DeHaan, R., ... Tilghman, S. M. (2004). *Scientific Teaching* (Vol. 304). Retrieved from <http://nas->

- sites.org/responsiblescience/files/2016/07/Scientific-Teaching.pdf
- Hannafin, M. J., & Land, S. M. (1997). The foundations and assumptions of technology-enhanced student-centered learning environments. *Instructional Science*, 25(3), 167–202.
- Harden, H. (2005). Teaching and learning science using data-projection facilities. *School Science Review*, (318), 59–66.
- Hardiman, P. T., Pollatsek, A., & Well, A. D. (1986). Learning to understand the balance beam. *Cognition and Instruction*, 3(1), 63–86.
- Harlen, W. (1999). *Effective Teaching of Science. A Review of Research. Using Research Series, 21*. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=ED431772>
- Harrison, C., Comber, C., Fisher, T., Haw, K., Lewin, C., Lunzer, E., ... Somekh, B. (2002). *ImpaCT2: The impact of information and communication technologies on pupil learning and attainment*. British Educational Communications and Technology Agency (BECTA).
- Hennessy, S., Wishart, J., Whitelock, D., Deaney, R., Brawn, R., La Velle, L., ... Winterbottom, M. (2007). Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching. *Computers & Education*, 48(1), 137–152.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: Implications for teacher education. *International Journal of Science Education*, 9(4), 425–440. <https://doi.org/10.1080/0950069870090401>
- Hoffman, J. L., Wu, H., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2003). The nature of middle school learners' science content understandings with the use of on-line resources. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 40(3), 323–346.
- Hollow, R. P. (2000). The student as scientist: Secondary student research projects in astronomy. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 17(2), 162–167.
- Jeffries, R., Turner, A. A., Polson, P. G., & Atwood, M. E. (1981). The processes involved in designing software. *Cognitive Skills and Their Acquisition*, 255, 283.
- Jenkins, E. W., & Nelson, N. W. (2005). Important but not for me: Students' attitudes towards secondary school science in England. *Research in Science & Technological Education*, 23(1), 41–57.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and

- learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36(2), 183–204.
- Jonassen, D. H., Howland, J., Moore, J., & Marra, R. M. (2003). *Learning to solve problems with technology: A constructivist perspective*.
- Justice, C., Warry, W., Cuneo, C., Inglis, S., Miller, S., Rice, J., & Sammon, S. (2002). A grammar for inquiry: Linking goals and methods in a collaboratively taught social sciences inquiry course. *The Alan Blizzard Award Paper: The Award Winning Papers*, n1.
- Kagan, D. M. (1992). Implication of research on teacher belief. *Educational Psychologist*, 27(1), 65–90.
- Kirschner, P. A. (1992). Epistemology, practical work and academic skills in science education. *Science & Education*, 1(3), 273–299.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2010). *Educational Psychologist Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching*. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kirschner, P., Strijbos, J.-W., Kreijns, K., & Beers, P. J. (2004). Designing electronic collaborative learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 52(3), 47.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1–48.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 661–667.
- Koballa Jr, T., Graber, W., Coleman, D. C., & Kemp, A. C. (2000). Prospective gymnasium teachers' conceptions of chemistry learning and teaching. *International Journal of Science Education*, 22(2), 209–224.
- Koschmann, T. (1996). Paradigm shifts and instructional technology: An introduction. *CSCL: Theory and Practice of an Emerging Paradigm*, 12(4), 18–19.
- Kozma, R. B. (1994). Will media influence learning? Reframing the debate. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 7–19.
- Kulik, C.-L. C., & Kulik, J. A. (1991). Effectiveness of computer-based instruction: An

- updated analysis. *Computers in Human Behavior*, 7(1–2), 75–94.
- Kulik, J. A., Kulik, C.-L. C., & Bangert-Drowns, R. L. (1985). Effectiveness of computer-based education in elementary schools. *Computers in Human Behavior*, 1(1), 59–74.
- Kulik, J. A., & Thurgood, L. (2003). *Effects of Using Instructional Technology in Elementary and Secondary Schools: What Controlled Evaluation Studies Say Final Report Consultant to SRI International*. Retrieved from <http://www.sri.com/policy/csted/reports/sandt/it>
- La Velle, L. B., McFarlane, A., & Brawn, R. (2003). Knowledge transformation through ICT in science education: A case study in teacher-driven curriculum development-case study 1. *British Journal of Educational Technology*, 34(2), 183–200.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 36(8), 916–929.
- Leijen, Ä., Valtna, K., Leijen, D. A. J., & Pedaste, M. (2012). How to determine the quality of students' reflections? *Studies in Higher Education*, 37(2), 203–217.
- Lim, B. (2004). Challenges and issues in designing inquiry on the Web. *British Journal of Educational Technology*, 35(5), 627–643.
- Linn, M. C., & Hsi, S. (2000). *Computers, teachers, peers: Science learning partners*. Routledge.
- Linn, M. C., & Songer, N. B. (1988). *Curriculum Reformulation: Incorporating Technology into Science Instruction*.
- Lumpe, A. T., Haney, J. J., & Czerniak, C. M. (2000). Assessing teachers' beliefs about their science teaching context. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37(3), 275–292.
- Maddux, C., & Cummings, R. (2004). Fad, fashion, and the weak role of theory and research in information technology in education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 12(4), 511–533.
- Mäeots, M., Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2008). Transforming Students' Inquiry Skills with Computer-Based Simulations. *2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 938–942. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2008.239>
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational*

- Psychologist*, 32(1), 1–19.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125–139.
- Mayer, R. E. (2004). *Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? The Case for Guided Methods of Instruction*. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.1.14>
- McKeough, A., Lupart, J. L., & Marini, A. (2013). *Teaching for Transfer: Fostering Generalization in Learning*. Routledge.
- Mellado, V. (1998). The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Education*, 82(2), 197–214.
- Michel, R. G., Cavallari, J. M., Znamenskaia, E., Yang, K. X., Sun, T., & Bent, G. (1999). Digital video clips for improved pedagogy and illustration of scientific research—With illustrative video clips on atomic spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 54(13), 1903–1918.
- Miller, D., Glover, D., & Averis, D. (2005). Developing pedagogic skills for the use of the interactive whiteboard in mathematics. *British Educational Research Association*, 1–18.
- Minner, D. 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. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Monaghan, J. M., & Clement, J. (1999). Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. *International Journal of Science Education*, 21(9), 921–944.
- Moreno, R. (2004). Decreasing cognitive load for novice students: Effects of explanatory versus corrective feedback in discovery-based multimedia. *Instructional Science*, 32(1–2), 99–113.
- Murphy, C. (2003). *Literature review in primary science and ICT*.
- Niedderer, H., Schecker, H., & Bethge, T. (1991). The role of computer-aided modelling in learning physics. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 84–95.
- Osborne, J., & Collins, S. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: a focus-group study. *International Journal of Science Education*, 23(5), 441–467.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc.

- Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., & Sarapuu, T. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9(1–2), 81–95.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., ... Tsourlidaki, E. (2015, February 1). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, Vol. 14, pp. 47–61.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2006). Developing an effective support system for inquiry learning in a Web-based environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(1), 47–62.
- Pelgrum, W. J., & Anderson, R. E. (1999). *ICT and the Emerging Paradigm for Life-Long Learning*. IEA.
- Piburn, M. D., Reynolds, S. J., McAuliffe, C., Leedy, D. E., Birk, J. P., & Johnson, J. K. (2005). The role of visualization in learning from computer-based images. *International Journal of Science Education*, 27(5), 513–527.
- Reid, M., Burn, A., & Parker, D. (2002). *Evaluation report of the Becta digital video pilot project*.
- Rogers, L., & Finlayson, H. (2004). Developing successful pedagogy with information and communications technology: how are science teachers meeting the challenge? *Technology, Pedagogy and Education*, 13(3), 287–305.
- Runnel, M. I., Pedaste, M., & Leijen, Ä. (2013). MODEL FOR GUIDING REFLECTION IN THE CONTEXT OF INQUIRY-BASED SCIENCE EDUCATION. *Journal of Baltic Science Education*, 12(1).
- Russell, D. W., Lucas, K. B., & McRobbie, C. J. (2004). Role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in thermal physics. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 41(2), 165–185.
- Salomon, G. (1998). Novel constructivist learning environments and novel technologies: Some issues to be concerned with. *Learning and Instruction*, 8, 3–12.
- Salomon, G., & Almog, T. (1998). Educational psychology and technology: A matter of reciprocal relations. *Teachers College Record*, 100, 222–241.
- Salomon, G., & Lowyck, J. (2006). The systemic vs. analytic study of complex learning

- environments. *Handling Complexity in Learning Environments: Theory and Research*, 255–265.
- Sawyer, R. K. (2006). The new science of learning. *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, 1, 18.
- Scanlon, E., Jones, A., & Waycott, J. (2005). Mobile technologies: prospects for their use in learning in informal science settings. *Journal of Interactive Media in Education*, 2005, 17-pages.
- Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49(1), 31–57.
- Scott, P. H., Asoko, H. M., & Driver, R. H. (1991). Teaching for conceptual change: A review of strategies (No. 3-89088-062-2). Kiel, Germany, University of Kiel.
- Selwyn, N. (2000). Researching computers and education—glimpses of the wider picture. *Computers & Education*, 34(2), 93–101.
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27(2), 4–13.
- Simpson, G., Hoyles, C., & Noss, R. (2005). Designing a programming-based approach for modelling scientific phenomena. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(2), 143–158.
- Siorenta, A., & Jimoyiannis, A. (2008). Physics instruction in secondary schools: An investigation of teachers' beliefs towards physics laboratory and ICT. *Research in Science & Technological Education*, 26(2), 185–202.
<https://doi.org/10.1080/02635140802037328>
- Smith, H. J., Higgins, S., Wall, K., & Miller, J. (2005). Interactive whiteboards: boon or bandwagon? A critical review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(2), 91–101.
- Steffe, L. P., & Gale, J. E. (1995). *Constructivism in education*. Lawrence Erlbaum Hillsdale, NJ.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. *Psychology of Learning and Motivation*, 43, 216–266.
- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by

- natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science*, 32(1–2), 9–31.
- Sweller, J., Mawer, R. F., & Howe, W. (1982). Consequences of history-cued and means-end strategies in problem solving. *The American Journal of Psychology*, 455–483.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296.
- Tao, P.-K., & Gunstone, R. F. (1999). Conceptual change in science through collaborative learning at the computer. *International Journal of Science Education*, 21(1), 39–57.
- Tuovinen, J. E., & Sweller, J. (1999). A comparison of cognitive load associated with discovery learning and worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 334.
- Valanides, N., & Angeli, C. (2008). Distributed cognition in a sixth-grade classroom: An attempt to overcome alternative conceptions about light and color. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(3), 309–336.
- Van Driel, J. H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 38(2), 137–158.
- Vanderbilt, C. and T. G. at. (1996). Looking at technology in context: A framework for understanding technology and education research. *Handbook of Educational Psychology*, pp. 807–840. Macmillan New York.
- Vermaat, H., Kramers-Pals, H., & Schank, P. (2003). The use of animations in chemical education. *Proceedings of the International Convention of the Association for Educational Communications and Technology*, 2, 430–441.
- Webb*, M. E. (2005). Affordances of ICT in science learning: implications for an integrated pedagogy. *International Journal of Science Education*, 27(6), 705–735.
- Webb, M., & Cox, M. (2004). A review of pedagogy related to information and communications technology. *Technology, Pedagogy and Education*, 13(3), 235–286.
- White, B., & Frederiksen, J. (2005). A theoretical framework and approach for fostering metacognitive development. *Educational Psychologist*, 40(4), 211–223.
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to All Students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3–118.
- https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2

- White, B. Y., Shimoda, T. A., & Frederiksen, J. R. (1999). Enabling students to construct theories of collaborative inquiry and reflective learning: Computer support for metacognitive development. *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)*, 10, 151–182.
- Whitelock, D. (1991). Investigating a model of commonsense thinking about causes of motion with 7 to 16-year-old pupils. *International Journal of Science Education*, 13(3), 321–340.
- Wilhelm, J. A., & Walters, K. L. (2006). Pre-service mathematics teachers become full participants in inquiry investigations. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 37(7), 793–804.
- Wilhelm, P., & Beishuizen, J. J. (2003). Content effects in self-directed inductive learning. *Learning and Instruction*, 13(4), 381–402.
- Wilson, B. G. (1995). Metaphors for instruction: Why we talk about learning environments. *EDUCATIONAL TECHNOLOGY-SADDLE BROOK NJ-*, 35, 25.

Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο Αρχικού – Τελικού Ελέγχου και Φύλλα Εργασίας

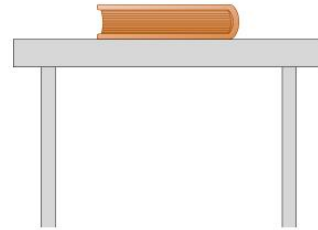
Ερωτηματολόγιο Αρχικού – Τελικού Ελέγχου

Στις προτάσεις των ερωτήσεων 1 έως 4 να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στο σωστό συμπλήρωμά τους.

Ερώτηση 1

Το γεγονός ότι ένα βιβλίο παραμένει ακίνητο όταν το αφήσετε στο θρανίο σας οφείλεται:

- α. στη δύναμη της βαρύτητας
- β. στη δύναμη που του ασκεί το τραπέζι
- γ. στο ότι η συνολική δύναμη που ασκείται στο βιβλίο είναι μηδενική.



Ερώτηση 2

Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθεία τροχιά με σταθερό μέτρο ταχύτητας. Η συνισταμένη των δυνάμεων που δρα πάνω του:

- α. έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας
- β. εξαρτάται από την τιμή της ταχύτητας
- γ. είναι μηδέν
- δ. είναι ίση με το βάρος του αυτοκινήτου

Ερώτηση 3

Ένας ποδοσφαιριστής κλωτσάει μια μπάλα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μπάλα κάποια στιγμή καθώς κινείται στον αέρα με ταχύτητα v .

Αν θεωρήσουμε την αντίσταση του αέρα αμελητέα τότε στη μπάλα:

- α. Ασκείται η δύναμη του βάρους μόνο.
- β. Εξακολουθεί να ασκείται μόνο η δύναμη από την κλωτσιά του ποδοσφαιριστή η οποία έχει την ίδια κατεύθυνση με την ταχύτητα.
- γ. Ασκείται το βάρος προς τα κάτω και η δύναμη του ποδοσφαιριστή που έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας.



Ερώτηση 4

Τα δύο αυτοκίνητα της εικόνας κινούνται σε ευθύ δρόμο με σταθερές ταχύτητες μέτρου 50km/h και 100km/h αντίστοιχα.



Για τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται πάνω τους ισχύει ότι:

- α.** είναι ίση με μηδέν
- β.** έχει κατεύθυνση ίδια με αυτή της ταχύτητας και είναι μεγαλύτερη στο αυτοκίνητο που κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα.

Ερώτηση 5

Σημειώστε με Σ τη σωστή και με Λ τη λανθασμένη πρόταση σε κάθε ένα από τα ζεύγη των παρακάτω προτάσεων.

- α1.** Σε ένα σώμα που κινείται, ασκείται πάντα μια δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησης.
 - α2.** Σε ένα σώμα που κινείται, δεν είναι απαραίτητο να ασκείται δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησης.
-
- β1.** Όταν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα είναι σταθερή, τότε αυτό κινείται με ταχύτητα που είναι σταθερή.
 - β2.** Όταν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα είναι σταθερή, τότε αυτό κινείται με ταχύτητα που μεταβάλλεται.
-
- γ1.** Ένα κινούμενο σώμα σταματά την κίνησή του όταν η συνισταμένη δύναμη που του ασκείται μηδενιστεί.
 - γ2.** Ένα κινούμενο σώμα συνεχίζει την κίνησή του με σταθερή ταχύτητα όταν η συνισταμένη δύναμη που του ασκείται μηδενιστεί.

Στόχοι	Φύλλο Εργασίας	Ερώτηση στο ερωτηματολόγιο αρχικού και τελικού ελέγχου
Ένα σώμα στο οποίο η συνισταμένη των δυνάμεων που του ασκούνται είναι μηδέν, ηρεμεί ή κινείται ευθύγραμμα και ομαλά.	1 ^ο 2 ^ο 3 ^ο 4 ^ο	1, 2, 5γ
Η δύναμη δεν είναι κάτι που δίνεται, ανήκει ή διαμένει σε ένα σώμα.	2 ^ο	3
Η δράση σταθερής δύναμης δεν έχει ως αποτέλεσμα την κίνηση με σταθερή ταχύτητα. Η δύναμη δεν κινεί αλλά επιταχύνει.	1 ^ο 2 ^ο	4, 5β,
Η δύναμη δεν έχει πάντα την κατεύθυνση της κίνησης – ταχύτητας.	2 ^ο 3 ^ο	3, 4, 5α

Πίνακας 3 Αντιστοίχιση στόχων με τα φύλλα εργασίας και τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου αρχικού και τελικού ελέγχου.

Φύλλα Εργασίας

1^ο Φύλλο εργασίας

Φάση Εμπλοκής

Ο Πάιονιρ 10 (Pioneer, πρωτοπόρος) είναι το πρώτο διαστημικό σκάφος που ταξίδεψε πέρα από την ζώνη των αστεροειδών και εξερεύνησε τον Δία από κοντά. Εκτοξεύθηκε στις 2 Μαρτίου 1972, και θα είναι το πρώτο κατασκευασμένο από τον άνθρωπο αντικείμενο που τελικά κατάφερε να εγκαταλείψει το ηλιακό μας σύστημα. Ο Πάιονιρ 10 μεταφέρει την περίφημη «Χρυσή Πινακίδα του Πάιονιρ» ως αναγνωριστικό χαρακτηριστικό και δείγμα ειρηνικού μηνύματος, σε ενδεχόμενη περίπτωση ανακάλυψής του από κάποιον εξωγήινο πολιτισμό στο απώτατο μέλλον. Το τελευταίο αμυδρό σήμα του παραλήφθηκε στις 23 Ιανουαρίου 2003, όταν ήταν 12 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα μακριά από τη γη.

Φάση Υπόθεσης

Ο Πάιονιρ συνεχίζει το ταξίδι του μέσα στο διαστρικό διάστημα σαν ένα πλοίο φάντασμα κατευθυνόμενος με σταθερή ταχύτητα προς τον αστέρα Αλντεμπαράν στον αστερισμό του Ταύρου, όπου και αναμένετε να φτάσει μετά από δύο εκατομμύρια χρόνια.

1.1 Πώς νομίζετε ότι καταφέρνει να κινείται ο Πάιονιρ τόσα χρόνια μετά την εκτόξευσή του;

.....

.....

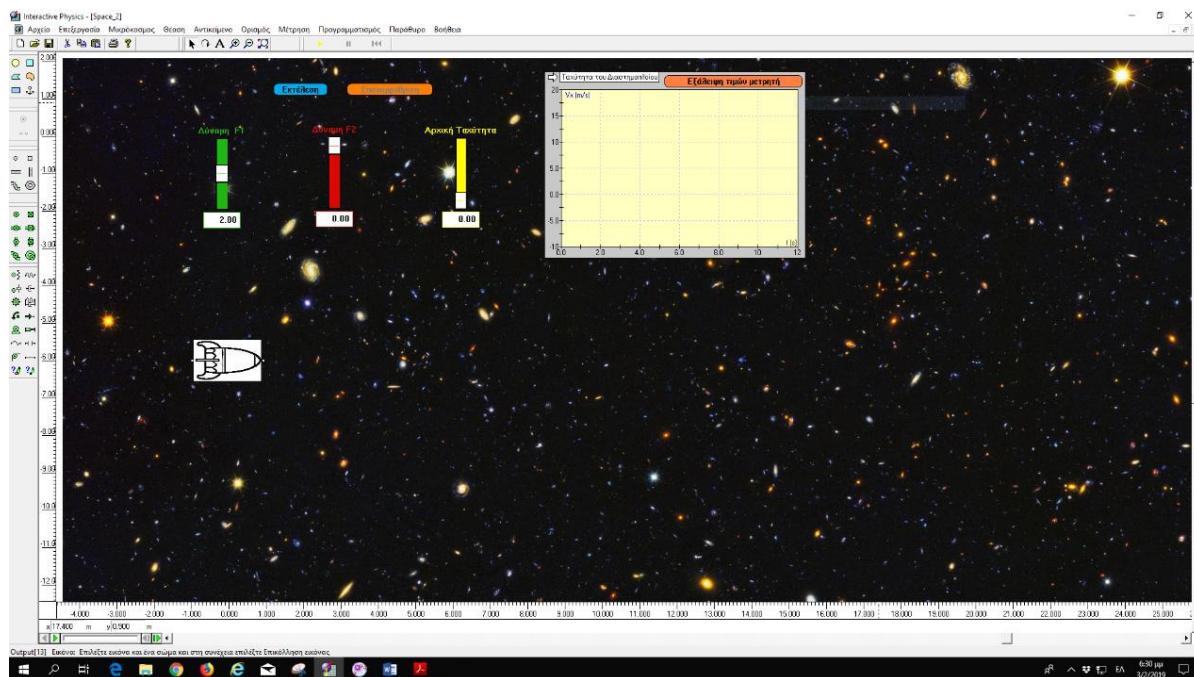
.....

Φάση Πειραματισμού

Ανοίξτε το αρχείο *I_Space_I_ex*

Στην εικόνα φαίνεται ένα διαστημόπλοιο, δύο μεταβολείς (κουμπιά) με τα οποία μπορούμε να ρυθμίζουμε δύο δυνάμεις F_1 και F_2 που ασκούνται κατά την οριζόντια διεύθυνση στο πίσω και το εμπρός μέρος του διαστημοπλοίου αντίστοιχα, ένας ακόμη μεταβολέας με τον οποίο μπορούμε να ρυθμίζουμε την αρχική ταχύτητα και το διάγραμμα ταχύτητας χρόνου του σώματος. Στο διάγραμμα ταχύτητας χρόνου φαίνεται και το κουμπί «Καθαρισμός» με το οποίο μπορείτε να καθαρίσετε το πλαίσιο μέσα στο οποίο εμφανίζονται οι γραφικές παραστάσεις.

Επίσης φαίνονται και τα δύο κουμπιά «**Εκτέλεση**» και «**Επανάραξη**». Με το πρώτο μπορούμε να ξεκινάμε ή να σταματάμε το πείραμα, ενώ με το δεύτερο ξεκινάμε το πείραμα από την αρχή. Δώστε τιμή 0 για την αρχική ταχύτητα του σώματος και για τη δύναμη F_2 που ασκείται στο εμπρός τμήμα και την τιμή 2 N για την F_1 που ασκείται στην ουρά. Πατήστε «εκτέλεση» και:



1.2 Παρατηρήστε το διάγραμμα ταχύτητας χρόνου. *Τι είδους κίνηση εκτελεί το διαστημόπλοιο;*

.....

1.3 Επαναλάβετε το πείραμα για τιμές της $F_1 = 3 \text{ N}$ και 4 N αντίστοιχα. *Τι παρατηρείτε;*

.....
.....

1.4 Μπορείτε να βρείτε μια τιμή της F_1 ώστε το διαστημόπλοιο να κινηθεί με σταθερή ταχύτητα;

.....

Στη συνέχεια δώστε τις τιμές $F_1 = 2 \text{ N}$ και $F_2 = -1 \text{ N}$. (*Η F_1 έχει ρυθμιστεί ώστε να ασκείται στο σώμα από τη στιγμή 0 ενώ η F_2 από τη στιγμή $t = 2 \text{ s}$ και μετά*)

1.5 Τι είδους κίνηση εκτελεί το σώμα από 0 έως 2;

.....

1.6 Μετά από το 2 s;

.....

1.7 Με τιμή για την $F_1 = 2 \text{ N}$, ποια πρέπει να είναι η τιμή της F_2 ώστε το σώμα να εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση μετά το 2 s;

.....

1.8 Ποια είναι η συνισταμένη των δυνάμεων στην προηγούμενη περίπτωση;

.....

Φάση διατύπωσης υπόθεσης

Παρατηρήστε τη διπλανή εικόνα. Αν θεωρήσουμε ότι το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα προς τα δεξιά, καταγράψτε τις απαντήσεις σας στα παρακάτω ερωτήματα:



1.9 Γιατί νομίζετε ότι κινείται το σώμα;

.....

.....

1.10 Τι πιστεύετε ότι θα συμβεί αν σταματήσει η δράση της δύναμης πάνω του;

.....

.....

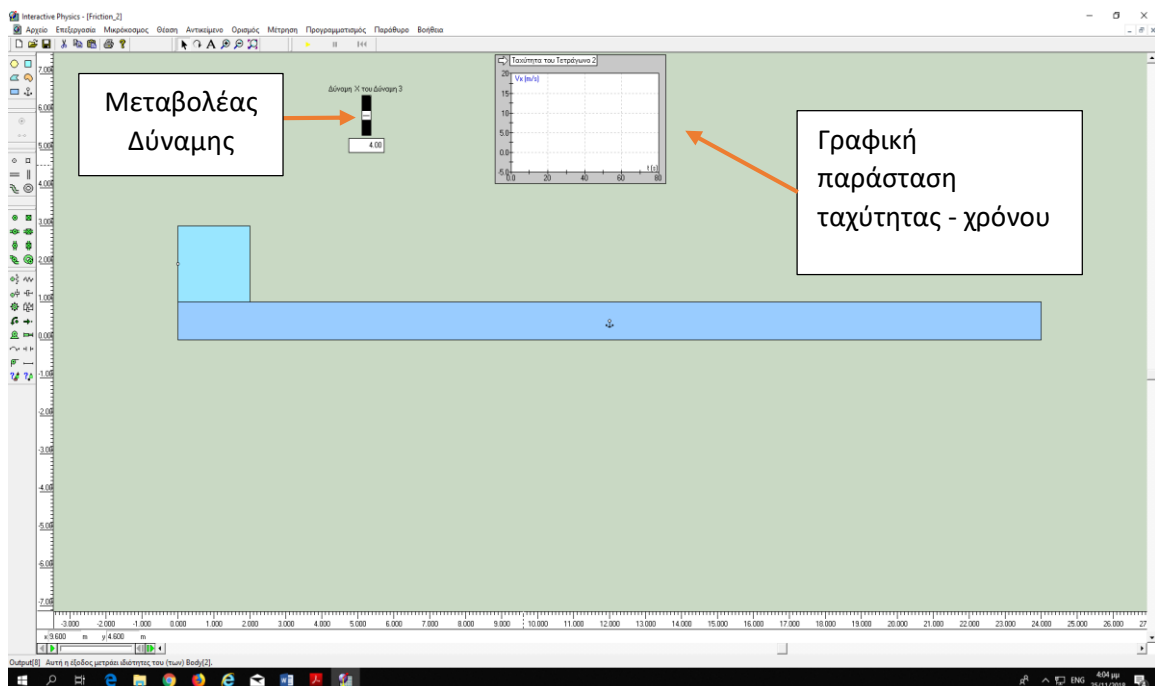
1.11 Τι εκτιμάτε ότι θα πρέπει να κάνω αν θέλω να συνεχίσει την κίνησή του με σταθερή ταχύτητα;

.....

.....

Φάση πειραματισμού

Ανοίξτε το αρχείο *1_Friction_2_ex* από το λογισμικό I.P. Στο εικονικό πείραμα φαίνεται ένα οριζόντιο επίπεδο πάνω στο οποίο βρίσκεται ακίνητος ένας κύβος. Με τη βοήθεια του μεταβολέα που φαίνεται στην εικόνα μπορείτε να μεταβάλλεται την τιμή της οριζόντιας δύναμης που δρα στον κύβο συνεχώς. Το πλαίσιο δίπλα από το μεταβολέα δείχνει τη γραφική παράσταση της ταχύτητας του κύβου σε συνάρτηση με το χρόνο.



Τοποθετήστε το μεταβολέα στη θέση 3 N

1.12 Τι παρατηρείτε;

.....

Στη συνέχεια τοποθετήστε το μεταβολέα πρώτα στη θέση 4 N και μετά στη θέση 5 N.

Απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα.

1.13 Το σώμα ξεκινά την κίνησή του για οποιαδήποτε τιμή της δύναμης ή υπάρχει κάποιο κατώφλι πάνω από το οποίο αρχίζει αυτή;

.....

.....

1.14 Τι συμβαίνει όταν η δύναμη πάρει την τιμή αυτή και τι όταν η τιμή της γίνει μεγαλύτερη από αυτή του κατωφλίου;

.....

.....

1.15 Τι παρατηρείτε στο διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου όταν η δύναμη παίρνει μεγάλες τιμές σε σχέση με την τιμή κατωφλίου;

.....

.....

1.16 Ποια πρέπει να είναι η τιμή της δύναμης ώστε το σώμα να κινείται με σχεδόν σταθερή ταχύτητα;

Φάση επεξήγησης - επεξεργασίας

1.17 Πώς εξηγείτε τα αποτελέσματα των παρατηρήσεών σας;

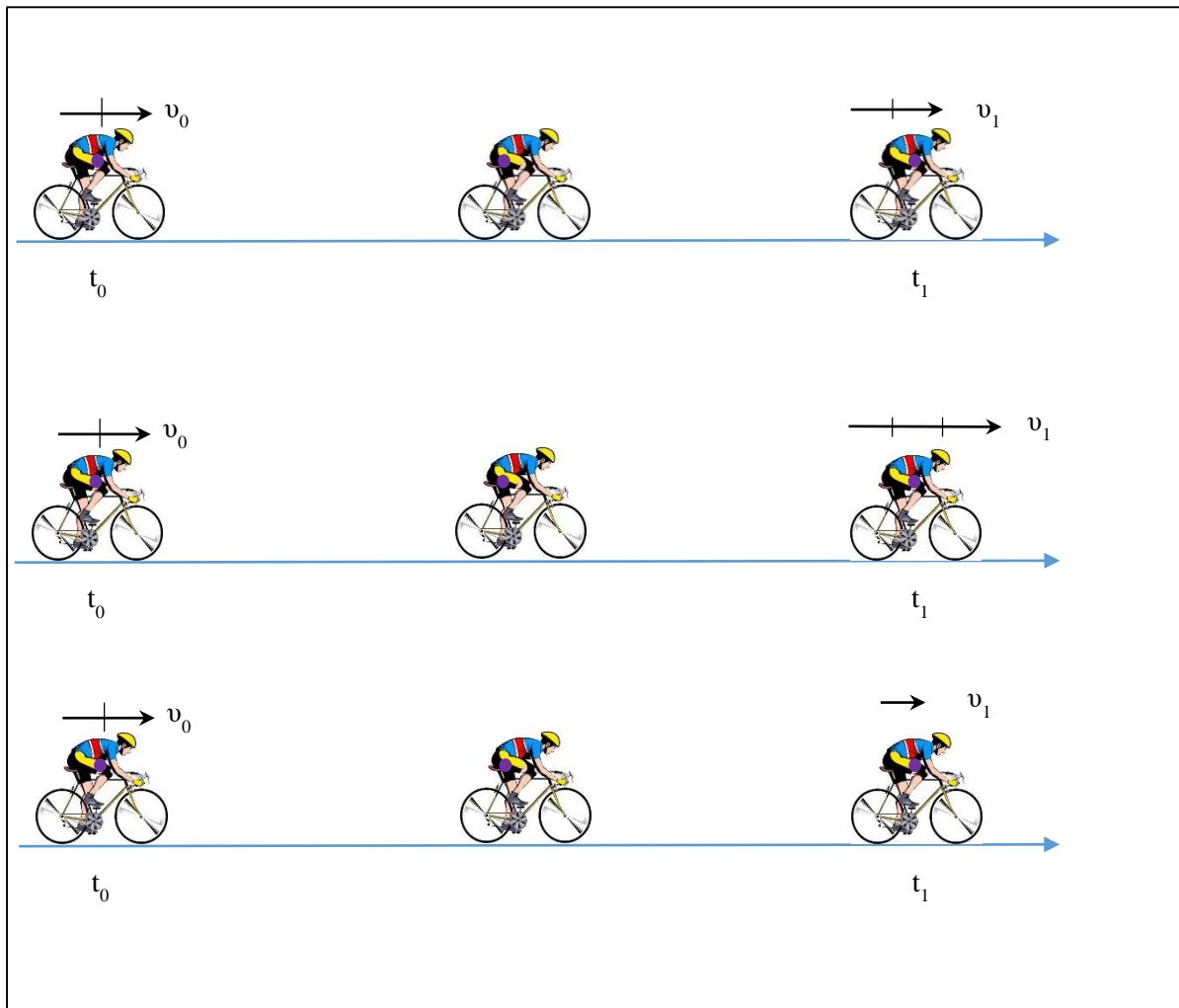
.....

.....

.....

1.18 Από το διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου παρατηρούμε ότι όταν η δύναμη που ασκείται είναι μεγαλύτερη από κάποια τιμή (κατώφλι) τότε το ο κύβος εκτελεί _____ κίνηση. Όταν η τιμή της είναι σχεδόν ίση με αυτή του κατωφλίου τότε ο κύβος κινείται με σχεδόν _____ ταχύτητα.

1.19 Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η ταχύτητα ενός ποδηλάτη τις χρονικές στιγμές t_0 και t_1 αντίστοιχα. Στο χρονικό διάστημα από t_0 έως t_1 στον ποδηλάτη ασκούνται δύο δυνάμεις κατά την οριζόντια διεύθυνση που τα μέτρα τους είναι F_1 και F_2 με $F_2 = 2F_1$. Σχεδιάστε στην ενδιάμεση θέση τις δυνάμεις αυτές σε κάθε μια από τις τρεις περιπτώσεις έτσι ώστε να έχει νόημα το σχήμα τη στιγμή t_1 . (Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την ίδια δύναμη δύο φορές.)



2^ο Φύλλο Εργασίας

Φάση Εμπλοκής

«Η αριστοτελική θεωρία της κίνησης στην υποσελήνια περιοχή βασίζεται σε δύο θεμελιώδεις αρχές. Η πρώτη αρχή αναφέρει ότι η κίνηση δεν είναι ποτέ αυθόρμητη. Πίσω από κάθε κίνηση ο Αριστοτέλης βλέπει τη επενέργεια μιας ενεργούσας δύναμης (κινούν), η οποία βρίσκεται σε συνεχή επαφή με το κινούμενο σώμα.» (Γαβρόγλου, 2003, σ. 48)

Φάση διατύπωσης υπόθεσης

Το Curling είναι ένα ολυμπιακό άθλημα στο οποίο οι αθλητές από τις δύο ομάδες που αγωνίζονται προσπαθούν να πετύχουν ένα στόχο ρίχνοντας ένα αντικείμενο που το αποκαλούν «βράχο» πάνω σε ένα παγωμένο διάδρομο. Ο «βράχος» είναι κατασκευασμένος από υλικό που παρουσιάζει σχεδόν μηδενική τριβή με τον πάγο.

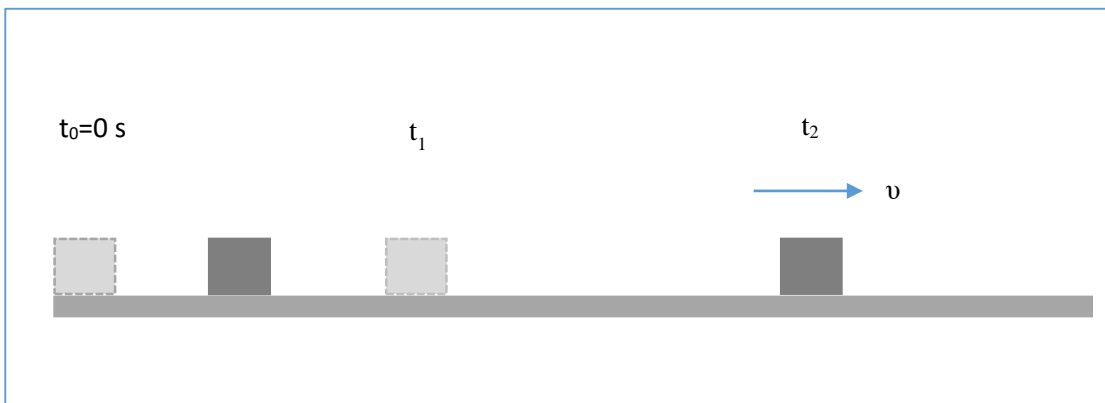


Στην παραπάνω εικόνα ο αθλητής σπρώχνει το «βράχο» από τη χρονική στιγμή t_0 έως τη χρονική στιγμή t_1 και τον αφήνει ελεύθερο.

Στο παρακάτω σχήμα δείχνεται η κίνηση του «βράχου».

2.1 Αν θεωρήσουμε τις τριβές αμελητέες, ποια πιστεύετε ότι είναι η δύναμη που ασκείται κατά την οριζόντια διεύθυνση στο σώμα κάποια επόμενη χρονική στιγμή t_2 που κινείται με ταχύτητα v προς τα δεξιά;

Σχεδιάστε τη δύναμη στο παρακάτω σχήμα και αιτιολογείστε την υπόθεσή σας.



.....

.....

.....

Παρακολουθείστε το video στην παρακάτω διεύθυνση: (Από το 20° έως το 40° s, ή 3.38-3.48)

<https://www.youtube.com/watch?v=v2MagIsyupM>

2.2 Περιγράψτε το είδος ή τα είδη των κινήσεων που πιστεύετε ότι εκτελεί ο «βράχος» πάνω στον παγωμένο διάδρομο. (Θεωρείστε τις τριβές αμελητέες.)

.....

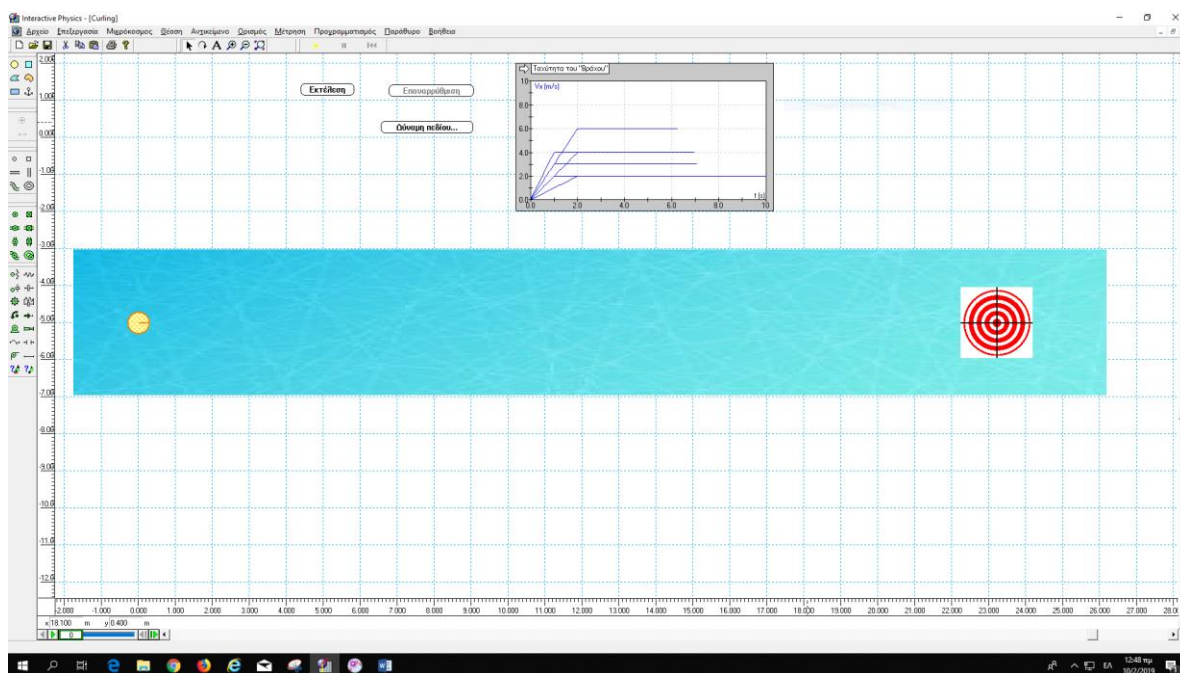
.....

Φάση Πειραματισμού

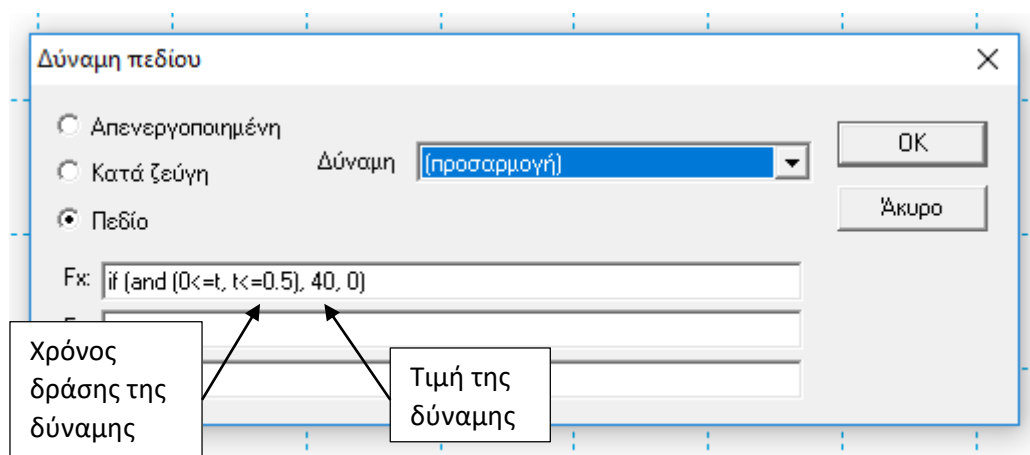
Ανοίξτε το αρχείο **2_Curling_1_ex**. Στο εικονικό πείραμα φαίνεται η κάτοψη (όψη από πάνω) ενός γηπέδου του Curling, ο «βράχος» (κίτρινος κύκλος) και ο στόχος. Στο «βράχο» έχουμε τη δυνατότητα να ασκούμε δυνάμεις κατά την οριζόντια διεύθυνση. Επίσης μπορούμε να μεταβάλλουμε το μέτρο τους, τη φορά τους αλλά και το χρόνο δράσης τους πάνω στο σώμα. Στο πάνω μέρος της οθόνης φαίνεται η γραφική παράσταση της ταχύτητας του «βράχου» σε συνάρτηση με το χρόνο.

Στην οθόνη επίσης φαίνονται τρία κουμπιά. Με το κουμπί «**Εκτέλεση**» μπορείτε να ξεκινάτε και να διακόπτετε το πείραμα. Με το κουμπί «**Επαναρρόθμιση**» ξεκινάτε το πείραμα από την αρχή και με το κουμπί «**Δύναμη πεδίου**» μπορείτε να ρυθμίζετε το μέτρο τη φορά και το χρόνο δράσης της οριζόντιας δύναμης που ασκείται πάνω στο «βράχο» (κίτρινος κύκλος).

Υπάρχει ακόμη ένα κουμπί που είναι ενσωματωμένο στη γραφική παράσταση με το όνομα «**Εξάλειψη τιμών μετρητή**». Το διάγραμμα ταχύτητας χρόνου έχει ρυθμιστεί ώστε να κρατάει τις προηγούμενες γραφικές παραστάσεις για να μπορείτε να κάνετε πιο εύκολα τις συγκρίσεις. Αν όμως «γεμίσει» -όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα- μπορείτε πιέζοντας το συγκεκριμένο κουμπί να «καθαρίζετε» το διάγραμμα.



Πιέστε το κουμπί «**Δύναμη πεδίου**» με δεξί «κλικ» του ποντικιού και θα εμφανιστεί το παρακάτω παράθυρο διαλόγου μέσω του οποίου μπορείτε να μεταβάλλετε την τιμή της δύναμης καθώς και το χρόνο δράσης της.



Αρχικά ρυθμίστε την τιμή της δύναμης στα +10N και το χρόνο δράσης της στα 10s. Το πρόσημο καθορίζει τη φορά της δύναμης (+ για δύναμη με φορά προς τα δεξιά και – για δύναμη με φορά προς τα αριστερά)

Πιέστε «Εκτέλεση» και παρατηρήστε την κίνηση του «βράχου» και τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου.

2.3 Τι παρατηρείτε; Ποιο είναι το είδος της κίνησης του σώματος κατά τη διάρκεια της κίνησής του πάνω στον παγωμένο διάδρομο;

.....
.....

2.4 Στη συνέχεια, αλλάξτε το χρόνο δράσης της δύναμης θέτοντας $t \leq 4$ s, διατηρώντας την τιμή της δύναμης στα 10 N. Πιέστε «Εκτέλεση».

Τι παρατηρείτε; Ποια είναι τώρα τα είδη των κινήσεων που εκτελεί το σώμα πάνω στον παγωμένο διάδρομο;

.....
.....

2.5 Επαναλάβετε το πείραμα με τη δύναμη των 10 N να ασκείται στο σώμα για $t=2s$ θέτοντας $t \leq 2s$.

Τι παρατηρείτε; Τι συμβαίνει με την κίνηση του «βράχου» για όσο χρόνο του ασκείται η δύναμη από το χέρι του αθλητή και τι μετά το χάσιμο της επαφής; Ποια είναι η διαφορά της πρώτης περίπτωσης με τις δύο επόμενες;

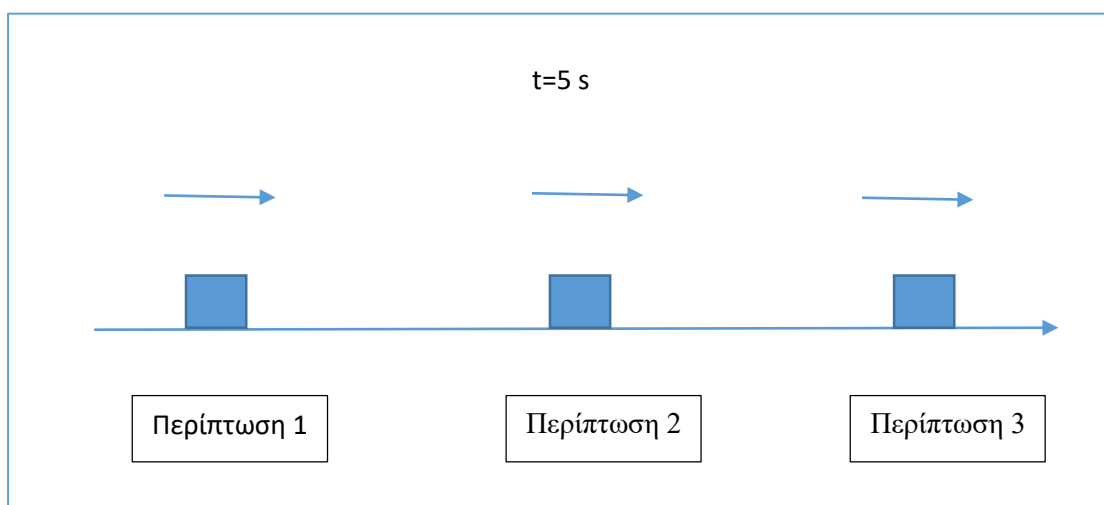
.....

.....

.....

2.6 Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο «βράχος» τη χρονική στιγμή $t=5s$ καθώς κινείται προς τα δεξιά πάνω στον παγωμένο διάδρομο για κάθε μια από τις τρεις προηγούμενες περιπτώσεις.

Σχεδιάστε για την κάθε μια τη δύναμη που ασκείται πάνω στο σώμα.



Φάση Επεξήγησης - Επεξεργασίας

2.7 Με βάση το πείραμα που κάνατε προηγουμένως ποιες από τις παρακάτω προτάσεις θα χαρακτηρίζατε ως αληθείς και ποιες ως λανθασμένες; (Κυκλώστε το αντίστοιχο γράμμα στο τέλος κάθε πρότασης.)

A) Η συνεχόμενη δράση μιας δύναμης πάνω στο σώμα έχει διαφορετικά αποτελέσματα από αυτά που έχει η δράση της ίδιας δύναμης για ορισμένο χρονικό διάστημα. Σ Λ

B) Η δύναμη που ασκείται στο «βράχο» από τον αθλητή είναι κάτι που παραμένει στο «βράχο» και μετά το χάσιμο της επαφής ακολουθώντας τον σε όλη την κίνησή του. Σ Λ

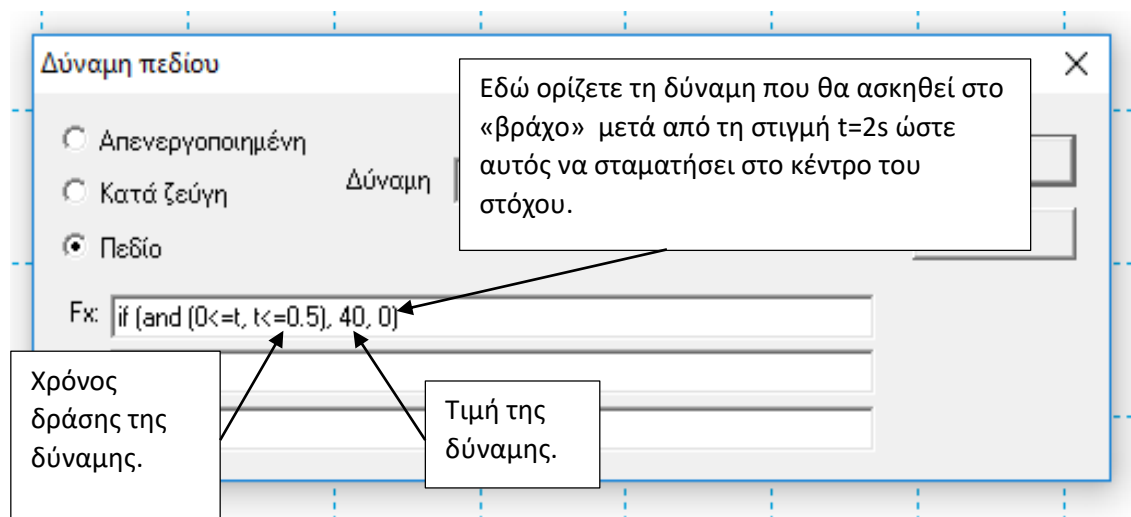
Γ) Η δύναμη επιταχύνει το «βράχο» Σ Λ

Δ) Η δύναμη κινεί το «βράχο» Σ Λ

Και τώρα παιχνίδι. Κερδίζει όποιος πετύχει το στόχο!!!

Πιέστε «**Δύναμη πεδίου**» για να εμφανιστεί το παράθυρο διαλόγου που φαίνεται στη σελίδα 3 του φύλλου εργασίας. Δώστε την τιμή +40 N για τη δύναμη και ορίστε το χρόνο δράσης της για $t \leq 2$ s.

2.8 Ποια είναι η δύναμη που πρέπει να δράσει πάνω στο «βράχο» μετά τη χρονική στιγμή $t=2s$ ώστε αυτός να σταματήσει ακριβώς στο κέντρο του στόχου;



2.9 Στην προσπάθειά σας να πετύχετε το στόχο τι συμπέρασμα βγάλατε για τη φορά που πρέπει να έχει η δύναμη που ασκείται στο σώμα μετά το 2^ο δευτερόλεπτο;

Συμπεράσματα και εφαρμογή της νέας γνώσης

Παρατηρήστε τις παρακάτω εικόνες. Ένας μαθητής ισχυρίζεται ότι τόσο στις μπάλες του μπάσκετ και του τένις όσο και στο βέλος, **κατά την κίνησή τους στον αέρα**, ασκούνται τρεις δυνάμεις: η δύναμη του βάρους **B** του κάθε σώματος, η αντίσταση από τον αέρα **T**, και μια δύναμη **F** από τα χέρια του παίκτη από τη ρακέτα και από τη χορδή του τόξου αντίστοιχα.



2.10 Ο ισχυρισμός του μαθητή είναι:

Σωστός Λάθος

2.11 Αν θεωρείται ότι είναι λάθος τότε ποιο από τα παρακάτω είναι το σωστό συμπλήρωμα της πρότασης:

Στα σώματα κατά την κίνησή τους στον αέρα ασκούνται ...

α. μόνο το Β.

β. το Β και η Τ.

γ. το Β και η F.

δ. μια μόνο δύναμη που έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας τους.

3^ο Φύλλο Εργασίας

Φάση Εμπλοκής

Μελετήστε το παρακάτω απόσπασμα.

«Στο Γαλιλαίο οφείλουμε την καθιέρωση του νέου τρόπου μελέτης της φύσης, το συνδυασμό, δηλαδή, της μαθηματικής διατύπωσης και του πειραματικού ελέγχου. Με το έργο του θεσμοθετούνται οι κανόνες που πρέπει να τηρούνται προκειμένου να μελετηθούν και να κατανοηθούν τα φυσικά φαινόμενα. Οι κανόνες αυτοί υπαγορεύουν μια διαφορετική προσέγγιση της φύσης από αυτήν που επικρατούσε στην Αρχαιότητα και στο Μεσαίωνα. Συνοπτικά είναι οι εξής:

1. Η λειτουργία της φύσης διέπεται από φυσικούς νόμους.
2. **Οι νόμοι ισχύουν με ακρίβεια όχι στη φύση, όπως την αντιλαμβανόμαστε καθημερινά, αλλά σε μια ιδεατή «φύση».**
3. Η διατύπωση των νόμων και η κατανόηση των επιπτώσεών τους είναι δυνατές μόνο με τη χρήση των μαθηματικών.
4. **Είναι δυνατόν να αναπαραχθεί μια λειτουργία της φύσης σε ελεγχόμενο περιβάλλον (πείραμα), ώστε να μελετηθούν οι επιπτώσεις των νόμων που τη διέπουν.»** (Γαβρόγλου, 2003, σ. 125)

3.1 Συζητήστε για τους κανόνες που καθιερώθηκαν για τη μελέτη της φύσης. Ποια για παράδειγμα είναι η αξία των πειραμάτων κατά τη γνώμη σας;

.....

.....

.....

3.2 Τι κατά την άποψή σας θα μπορούσε να σημαίνει ο όρος «ιδεατή φύση»;

.....

.....

.....

Φάση διατύπωσης υπόθεσης

3.3 Οι επιστήμονες προκειμένου να ερμηνεύσουν τα φυσικά φαινόμενα κάνουν υποθέσεις για το ποιες παράμετροι τα επηρεάζουν και στη συνέχεια εκτελούν πειράματα μεταβάλλοντας μια παράμετρο κάθε φορά ώστε να διαψεύσουν ή να επιβεβαιώσουν τις υποθέσεις τους. *Γιατί πιστεύετε ότι μεταβάλλουν μια παράμετρο κάθε φορά;*

.....

.....

.....

Στο επόμενο πείραμα το ερευνητικό ερώτημα είναι το αν εξαρτάται η απόσταση που διανύει ένας κύβος που εκτοξεύεται με συγκεκριμένη αρχική ταχύτητα σε ένα ξύλινο πάτωμα από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένος. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε κύβους από υλικά όπως: Λάστιχο – Ξύλο – Πλαστικό – Πάγο.

3.4 Αν υποθέσετε ότι υπάρχει εξάρτηση, κάντε μια αρχική εκτίμηση ταξινομώντας τους κύβους με σειρά αυξανόμενης διανυόμενης απόστασης.

.....

.....

.....

Πειραματισμός

Ανοίξτε το αρχείο **3_Friction_1_ex** από το λογισμικό I.P. Στο εικονικό πείραμα φαίνονται τέσσερις ακίνητοι κύβοι πάνω σε ισάριθμα οριζόντια επίπεδα. Με το μεταβολέα των ταχυτήτων ορίστε την αρχική ταχύτητα στα 5 m/s. Στη συνέχεια ορίστε το υλικό του κάθε κύβου από πάνω προς τα κάτω ως εξής: 1^{ος} Λάστιχο, 2^{ος} Ξύλο, 3^{ος} Πλαστικό και 4^{ος} Πάγος. Ο ορισμός μπορεί να γίνει ως εξής: Με το ποντίκι πατάμε αριστερό «κλικ» στο 1^ο κύβο και μετά πατάμε το κουμπί «Ιδιότητες» οπότε εμφανίζεται το παράθυρο «Ιδιότητες» στο δεξί μέρος της οθόνης. (Το παράθυρο «Ιδιότητες» εμφανίζεται και με διπλό κλικ στο σώμα του οποίου τις ιδιότητες θέλουμε να ρυθμίσουμε). Στο παράθυρο των ιδιοτήτων στην ιδιότητα υλικό επιλέξτε το βελάκι και θα εμφανιστεί ένα υπομενού με διάφορα υλικά. Επιλέξτε «Λάστιχο» και κλείστε το παράθυρο των ιδιοτήτων. Επαναλάβετε τα βήματα ορίζοντας και το υλικό των υπόλοιπων

κύβων. Αφού ολοκληρώσετε τη διαδικασία ορισμού των υλικών μπορείτε να ξεκινήσετε το πείραμα. Πατήστε το κουμπί «Εκτέλεση» στο πάνω μέρος της οθόνης. Με το ίδιο κουμπί μπορείτε να κάνετε παύση και επανεκτέλεση από εκεί που σταματήσατε. Με το κουμπί «Επαναρύθμιση» ξεκινάτε το πείραμα πάλι από την αρχή.

3.5 Τι παρατηρείται; Εξαρτάται η διανυόμενη απόσταση από το υλικό ή όχι;

.....

3.6 Πως θα χαρακτηρίζατε το είδος κίνηση που εκτελεί ο κάθε κύβος;

.....

.....

3.7 Ποια παράμετρος είναι αυτή που επιδρά στα σώματα και αυτά σταματούν μετά από λίγο;

.....

3.8 Σε ποια από τις περιπτώσεις η επίδραση της προηγούμενης παραμέτρου είναι μικρότερη;

.....

Βήμα 1:
Επιλέξτε αρχική ταχύτητα 5m/s

Βήμα 2:
Αριστερό κλικ στον 1^ο κύβο και μετά πατάμε ιδιότητες για να εμφανιστεί το παρόθυρο ιδιότητες.

Βήμα 3:
Στην ιδιότητα υλικό επιλέγουμε Λάστιχο.

Επαναλαμβάνω τα βήματα 1 έως 3 και για τους κύβους 2, 3, 4, θέτοντας Ξύλο, Πλαστικό και Πάγος αντίστοιχα.

Επεξήγηση - Επεξεργασία

3.9 Κατατάξτε τα υλικά με σειρά από τη μικρότερη προς τη μεγαλύτερη διανυόμενη απόσταση με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα.

.....
.....

3.10 Ήταν σωστή η αρχική εκτίμηση που κάνατε;

.....

3.11 Που οφείλεται το γεγονός ότι σε ορισμένες περιπτώσεις το διανυόμενο διάστημα είναι μικρότερο για την ίδια αρχική ταχύτητα;

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

3.12 Θα μπορούσε ο κύβος να μη σταματά ποτέ και αν ναι υπό ποιες προϋποθέσεις;

.....
.....

3.13 Με βάση τα πειράματα που εκτελέσατε μέχρι τώρα συμπληρώστε το παρακάτω:

Ένα σώμα που κινείται στο πάτωμα μετά από λίγο θα σταματήσει εξαιτίας της

Αν οι συνθήκες ήταν ιδανικές και το πάτωμα ήταν τότε το σώμα θα συνέχιζε να κινείται

3.14 Διατυπώστε αντίστοιχες προτάσεις για τις παρακάτω περιπτώσεις:

Ένα πλοίο που κινείται και σβήνει τις μηχανές του μετά από λίγο

.....

Ένα τρένο που κινείται και σβήνει τις μηχανές του

.....
.....
Ένα διαστημόπλοιο που κινείται στο διάστημα και σβήνει τις μηχανές του

.....
(αγνοήστε τη βαρύτητα και θυμηθείτε ότι στο διάστημα δεν υπάρχει ατμόσφαιρα)

Ποια η διαφορά του τελευταίου παραδείγματος με τα προηγούμενα;

.....
3.15 Σε μια ιδεατή φύση λοιπόν τα σώματα μπορούν να με σταθερή
..... χωρίς να χρειάζονται τη βοήθεια κάποιας που θα τα κινεί.

4^ο Φύλλο Εργασίας

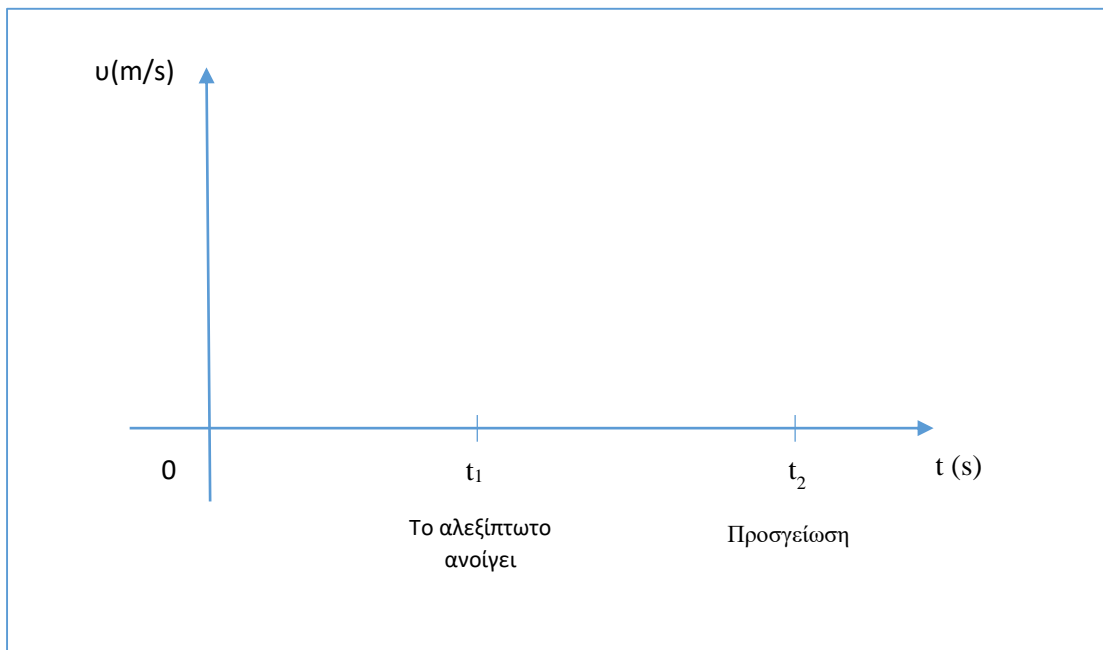
Φάση εμπλοκής

Δείχνουμε το video στη διεύθυνση: <https://www.youtube.com/watch?v=EabUUrZFnFE>

Παύση στο 10° s.

Διατύπωση υπόθεσης

4.1 Ο αλεξιπτωτιστής πέφτει στον αέρα τη χρονική στιγμή μηδέν αλλά το αλεξίπτωτό του το τραβά για να ανοίξει σε κάποια επόμενη χρονική στιγμή, έστω t_1 . Κάντε μια πρόβλεψη για το πως μεταβάλλεται η ταχύτητά του μέχρι τη στιγμή που θα φτάσει στο έδαφος – χρονική στιγμή t_2 - σχεδιάζοντας τη γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου στο παρακάτω διάγραμμα.

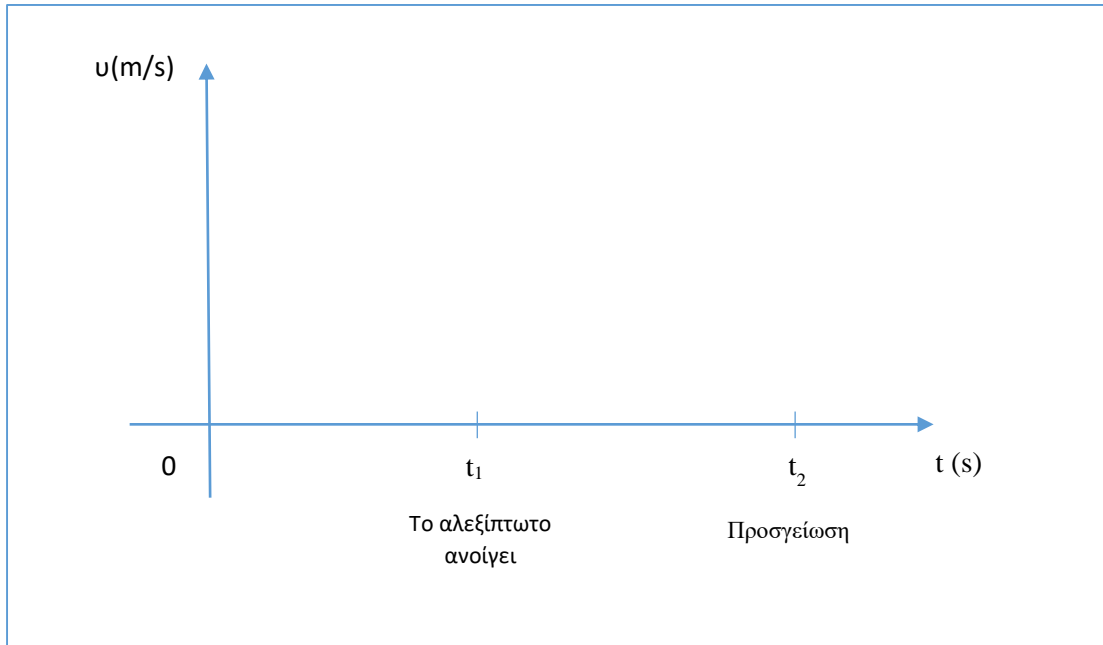


Δείτε το υπόλοιπο μέρος από το video.

4.2 Τι παρατηρείται για την ταχύτητα του αλεξιπτωτιστή από τη στιγμή 0 μέχρι τη στιγμή t_1 που ανοίγει το αλεξίπτωτό του και τι από τη στιγμή t_1 έως τη στιγμή της προσγείωσής του t_2 ;

.....
.....

4.3 Αν η γραφική παράσταση που σχεδιάσατε δεν αντιστοιχεί σε αυτό που είδατε, σχεδιάστε τη ξανά στο επόμενο σχήμα διορθώνοντας τα πιθανά λάθη.



Πειραματισμός

Υλικά που απαιτούνται:

1. Χάρτινες θήκες για κέικ,
2. συνδετήρες,
3. ένα κινητό τηλέφωνο για λήψη video,
4. το λογισμικό ανάλυσης video «Tracker»



<https://physlets.org/tracker/>

5. και ένα αντικείμενο γνωστού μήκους που θα χρησιμοποιηθεί για τη βαθμονόμηση.



Διαδικασία:

Ανοίγουμε μια μικρή οπή στο κέντρο της βάσης της χάρτινης θήκης. Χρησιμοποιούμε ένα συνδετήρα ως άγκιστρο από το οποίο κρεμάμε ακόμη δύο ή τρεις συνδετήρες. Στη συνέχεια από ύψος περίπου τριών μέτρων αφήνουμε τους συνδετήρες να πέσουν με το «αλεξίπτωτό τους» ενώ βιντεοσκοπούμε την πτώση. Στη συνέχεια μεταφέρουμε το αρχείο video στον υπολογιστή και το επεξεργαζόμαστε με το λογισμικό «Tracker».

Επεξεργασία video: Έχουμε τη δυνατότητα ιχνηθέτησης της τροχιάς και παρακολούθησης των γραφικών παραστάσεων θέσης χρόνου και ταχύτητας – χρόνου. Οι διαδικασία ιχνηλασίας της τροχιάς περιγράφεται στο τέλος του φύλλου εργασίας.

Διαγράμματα θέσης – χρόνου, ταχύτητας – χρόνου. Βέλτιστες καμπύλες.

Επεξεργασία – Επεξήγηση

4.4 Θυμηθείτε τι παριστάνει η κλίση της καμπύλης σε ένα διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου.

.....

Παρατηρήστε το διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου που προκύπτει από τα δεδομένα του πειράματος και απαντήστε στις ερωτήσεις:

4.5 Η κλίση μένει σταθερή ή αλλάζει;

.....

.....

4.6 Πώς είναι στην αρχή και πώς μετά από κάποια χρονική στιγμή;

.....

4.7 Τι συμβαίνει με την ταχύτητα του σώματος από εκείνη τη στιγμή και μετά;

.....

.....

.....

4.8 Από τη γραφική παράσταση θέσης – χρόνου παρατηρούμε ότι αρχικά η κίνηση του σώματος είναι _____ και στη συνέχεια είναι _____ .

4.9 Είναι η πτώση του αλεξιπτωτιστή ή της χάρτινης θήκης ελεύθερη ή όχι;

.....
.....

4.10 Ποιες δυνάμεις ασκούνται στον αλεξιπτωτιστή και στο σύστημα του πειράματός σας κατά τη διάρκεια της πτώσης τους;

.....
.....

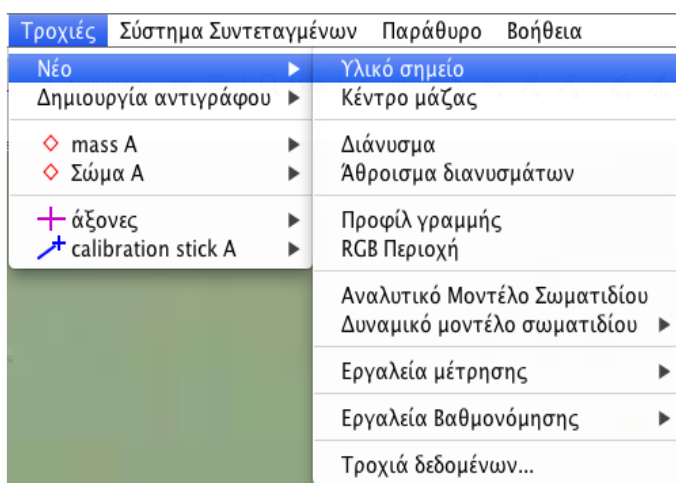
4.11 Από κάποια χρονική στιγμή και μετά η **συνισταμένη δύναμη** τόσο στον αλεξιπτωτιστή όσο και στο σύστημα **θήκη – συνδετήρες** γίνεται όχι όμως και η η οποία παραμένει

Οδηγίες για τη χρήση του λογισμικού Tracker.

A. Ιχνηλασία της τροχιάς του σώματος

Υπάρχουν δύο τρόποι για να δημιουργήσετε τα ίχνη του σώματος που ενδιαφέρεστε στο video.

1ος τρόπος: Στη γραμμή μενού, με αριστερό κλικ επιλέγετε **Τροχιές** και στο πτυσσόμενο μενού επιλέγετε **Νέο** (εικόνα 1).

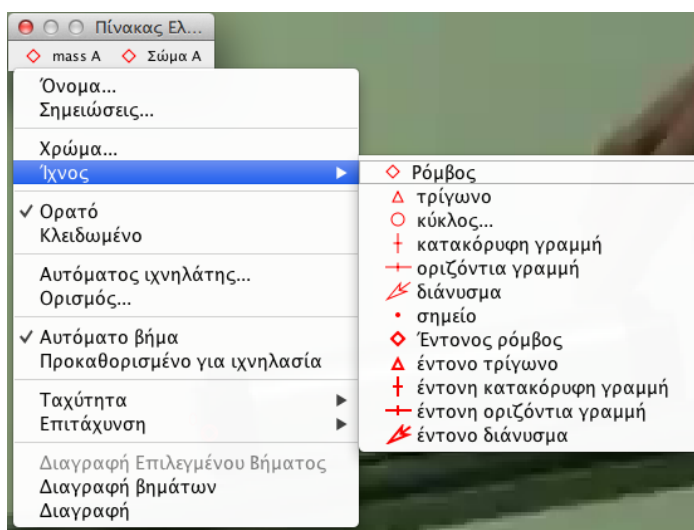


Εικόνα 1

2ος τρόπος: Με αριστερό κλικ στο κουμπί στη γραμμή εργαλείων θα εμφανιστεί το πτυσσόμενο μενού για τη δημιουργία ίχνους (είναι σχεδόν ίδιο με το μενού που εμφανίστηκε με τον πρώτο τρόπο).

Από το μενού που θα εμφανιστεί πρώτη επιλογή είναι το **Υλικό Σημείο** (εικόνα 1). Κάνοντας κλικ πάνω σε αυτό θα ξεδιπλωθεί ένα νέο πτυσσόμενο μενού, το οποίο παρέχει πολλές επιλογές για να προσαρμοστεί το ίχνος στις προτιμήσεις μας. Εξ ορισμού το χρώμα του ίχνους είναι κόκκινο και η μορφή του ρόμβος. Μπορείτε μέσα από τις επιλογές

Χρώμα... να αλλάξετε το χρώμα του ίχνους, ανάλογα με το φόντο της ταινίας σας, ενώ με την επιλογή




Εικόνα 2

Ίχνος... επιλέγετε από τη σχετικά πλούσια συλλογή τη μορφή του ίχνους που επιθυμείτε (εικόνα 2).

Μπορείτε να ονοματίσετε το ίχνος σύμφωνα με τις επιθυμίες σας με την επιλογή **Όνομα...** (η προεπιλογή του προγράμματος είναι **Σώμα Α**) και να κρατήσετε σημειώσεις σχετικά με τις επιλογές σας με τις **Σημειώσεις...** .

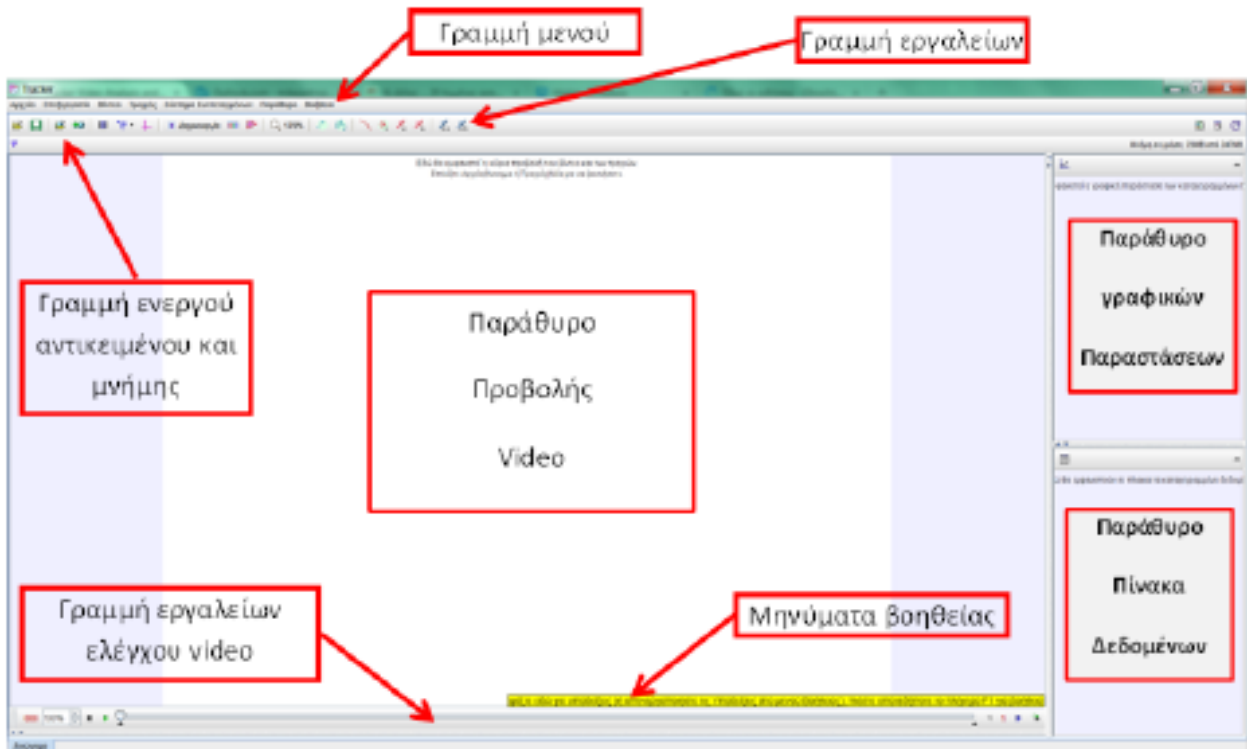
4.7.2. Τοποθετώντας το ίχνος

Για να τοποθετήσουμε το ίχνος πάνω στο κινούμενο αντικείμενο, σε κάθε καρτέ της ταινίας που έχουμε βιντεοσκοπήσει, κρατάμε πατημένο το πλήκτρο **shift** και στο παράθυρο του video θα εμφανιστεί το εικονίδιο  που σηματοδοτεί την έναρξη της ιχνηλασίας. Μετακινείτε το δείκτη του ποντικιού στο σημείο του σώματος που θέλετε να σημάνετε και κάνετε αριστερό κλικ. Το πρόγραμμα θα προχωρήσει αυτόματα στο επόμενο καρτέ, όπου θα επαναλάβετε τη διαδικασία. **Προσοχή** να μην παραλείψετε κανένα καρτέ, διότι είναι υπαρκτός ο κίνδυνος ανακριβειών στις γραφικές παραστάσεις, ενώ στην περίπτωση που επιθυμείτε να αποτυπώσετε ταχύτητες και επιταχύνσεις θα υπάρξουν σοβαρές δυσκολίες.

Εάν κατά την ιχνηλασία συναντάτε δυσκολίες με την ευκρίνεια της εικόνας, μπορείτε να κάνετε μεγέθυνση, ώστε να διευκολυνθείτε στην τοποθέτηση των ίχνων. Η διαδικασία της μεγέθυνσης είναι απλή. Τοποθετείτε το δείκτη του ποντικιού σε κάποιο τυχαίο σημείο του παραθύρου video και με το δεξί πλήκτρο του ποντικιού ή με το ρόδα του ποντικιού, ανάλογα με το μοντέλο που εργάζεστε, μεγεθύνετε ή σμικρύνετε την εικόνα στα επιθυμητά όρια. Μπορείτε επίσης να κάνετε προσαρμογές στο μέγεθος της εικόνας που βλέπετε πατώντας δεξί κλικ σε τυχαίο σημείο του παραθύρου του video και επιλέγοντας **Μεγέθυνση, Σμίκρυνση ή Προσαρμογή μεγέθους στο πλαίσιο** ανάλογα με τις ανάγκες σας.

Αν κάποιο ίχνος έχει τοποθετηθεί λανθασμένα, μπορείτε να προβείτε σε διόρθωση της θέσης του με εξαιρετικά απλό τρόπο. Τοποθετείστε το δείκτη του ποντικιού πάνω στο ίχνος προς διόρθωση και κάντε δεξί κλικ. Αυτομάτως η μορφή του ίχνους μετατρέπεται σε τετράγωνο και είτε με το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού διαρκώς πατημένο είτε με τα πλήκτρα του κέρσορα για μεγαλύτερη ακρίβεια μετακινείτε το ίχνος στην ορθή θέση.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η οθόνη του Tracker.



Β. Καθορισμός αξόνων στη γραφική παράσταση.

The screenshot shows the Tracker software interface with a video analysis of a falling object. A black arrow points from a text box to the graph area.

Με δεξί κλικ εδώ μπορούμε από το μενού που εμφανίζεται να ορίσουμε τι θα παριστάνει ο κατακόρυφος άξονας. Στην περίπτωση μας θέτουμε v_y δηλαδή ο κατακόρυφος άξονας θα παριστάνει την ταχύτητα στον άξονα y .

Γραφικές παραστάσεις \odot Σώμα A

Σώμα A (t, v_y)

t (s)	x (m)	y (m)
0.462	-9.797e-4	0.238
0.495	-9.797e-4	0.342
0.528	-6.762e-4	0.444
0.561	-5.327e-4	0.562
0.595	-2.987e-4	0.668
0.628	-1.922e-3	0.779
0.661	-6.090e-3	0.896
0.694	-3.311e-3	1.001
0.727	2.197e-3	1.118
0.760	-9.797e-4	1.216
0.793	-2.751e-3	1.336
0.826	8.565e-4	1.440

$t=0.495$ s $v_y=3.113$ m/s

063 100% 20181231_122000.mp4 2018-31-12_Fall_10.trk

Παράρτημα Β: Απαντήσεις των ομάδων στα φύλλα εργασίας

ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

	ΑΕ	Ομάδα 1	Ομάδα 2	Ομάδα 3	Ομάδα 4	Ομάδα 5	Ομάδα 6
ΦΕ_1	1.1	Ο δορυφόρος κινείται με σταθερή ταχύτητα διότι δεν του ασκείται καμία δύναμη για να επιβραδυνθεί η ταχύτητά του.	Η άποψή μας πάνω σε αυτό το ζήτημα είναι ότι ο πύραυλος αυτός έχει στο εσωτερικό του μια μηχανή που τον βοηθάει να κινείται όπως οι αστερισμοί.	Σύμφωνα με το τελευταίο σήμα στην αρχή ξεκίνησε με καύσιμα που διατηρήθηκαν για κάποια χρόνια και μετά με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας.	Επειδή δεν έχει βαρύτητα, είναι εύκολο να κινείται στο διάστημα.	Ο Πάιονιρ καταφέρνει να κινείται τόσα χρόνια μετά την εκτόξευσή του αφού στο διάστημα γνωρίζουμε ότι δεν ασκείται βαρύτητα και τριβή στο αντικείμενο.	Από τη στιγμή που δεν υπάρχει βαρύτητα το διαστημόπλοιο συνεχίζει την πορεία του προς τον αστερισμό.
	1.2	Το διαστημόπλοιο εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά	Επιταχυνόμενη	Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.	Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.	Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.	Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.

		επιταχυνόμενη κίνηση.					
1.3	Παρατηρούμε πως η ταχύτητα αυξάνεται ανάλογα με τη δύναμη που της ασκείται.	Επιταχυνόμενη και στις δύο περιπτώσεις. Μόνο που στην περίπτωση της $F_1=4N$ η κλίση είναι μεγαλύτερη.	Όταν η F_1 είναι $3N$ η ταχύτητα είναι μικρότερη ενώ όταν το F_1 είναι $4N$ η ταχύτητα αυξάνεται.	Ότι έχουν ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση και η ταχύτητα σε κάθε περίπτωση αυξάνεται παροδικά.	Παρατηρούμε ότι στο $F=4N$ έχει μεγαλύτερη ταχύτητα από ότι $F=3N$.	Η κίνηση εξακολουθεί να είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη. Όμως για $F_1=4N$ έχει μεγαλύτερη επιτάχυνση.	
1.4	Παρατηρούμε πως δεν υπάρχει καμία τιμή ώστε να κινηθεί με σταθερή ταχύτητα.	Το διαστημόπλοιο θα κινηθεί με σταθερή ταχύτητα όταν η αρχική ταχύτητα είναι $4,5m/s$ $F_1=0$ και F_2 επίσης.	Όταν η F_1 είναι $0N$	$F_1=0N$	Η F_1 πρέπει να είναι αντίθετη με την F_2 ώστε να κάνει ΕΟΚ. $F_1=1N$	$F_1=0N$	
1.5	Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη	Επιταχυνόμενη.	Μεταβαλλόμενη κίνηση.	Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.	Επιταχυνόμενη.	Εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.	

1.6	Είναι και αυτή επιταχυνόμενη με μικρότερη επιτάχυνση	Μετά το 2s η κίνηση είναι επιταχυνόμενη με μια διαφορά στην κλίση η οποία μικραίνει.	Η κίνηση παραμένει επιταχυνόμενη αλλά με μικρότερη ταχύτητα.	Μειώνεται η επιτάχυνση.	Δεν επιταχύνεται με την ίδια ταχύτητα (πιο σιγά).	Εξακολουθεί να έχει ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, απλά η επιτάχυνση είναι μικρότερη.
1.7	Για να συμβεί αυτό πρέπει $F_1=2$ και $F_2=-2$	Για να κάνει το σώμα ευθύγραμμη ομαλή κίνηση μετά το 2s θα πρέπει να είναι η $F_2=-2N$	$F_2=-2N$ ώστε $F_{ολ}=0N$	Πρέπει $F_2=2N$	Η τιμή της F_2 είναι -2 ώστε να εκτελεί ΕΟΚ.	Για να έχει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση μετά από 2s η τιμή του F_2 να είναι $F_2=-2N$
1.8	Από 0 έως 2 $F_{ολ}=2N$ ενώ από 2 και μετά $F_{ολ}=0$	Η συνισταμένη των δυνάμεων στην προηγούμενη περίπτωση θα πρέπει να είναι $F_{ολ}=0N$	$F_{ολ}=0N$	Η συνισταμένη των δύο δυνάμεων είναι μηδέν.	$F_{ολ}=F_1-F_2=2-2=0$	$F_{ολ}=F_1-F_2 \rightarrow$ $F_{ολ}=2-2=0 \rightarrow$ $F_{ολ}=0$

	1.9	Δεν του ασκείται κάποια δύναμη με διαφορετική φορά.	Γιατί του ασκείται μια δύναμη από το χέρι.	Το χέρι ασκεί δύναμη στο πορτοφόλι και σταδιακά η ταχύτητα αυξάνεται.	Γιατί του ασκεί δύναμη το δάχτυλο.	Διότι του ασκείται δύναμη από το χέρι.	Γιατί ασκείται δύναμη στο σώμα.
	1.10	Θα σταματήσει να κινείται.	Μετά από λίγο χρόνο το σώμα θα σταματήσει καθώς στην πορεία η ταχύτητά του θα ελαττώνεται.	Το πορτοφόλι σταματάει να κινείται.	Θα σταματήσει να κινείται.	Θα σταματήσει μέσα σε κάποια δευτερόλεπτα αφού η $\Sigma F=0$	Το σώμα θα μείνει ακίνητο.
	1.11	$F_{ολ}=0$	Θα πρέπει να ασκώ την ίδια δύναμη καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησής του.	Η ταχύτητα του χεριού να είναι σταθερή.	Να συνεχίσει να ασκείται η ίδια δύναμη από το δάχτυλο.	Πρέπει να συνεχίσει να το σπρώχνει με την ίδια δύναμη που ασκεί το χέρι. Η αλλιώς άμα δεν θέλεις να κουράζεσαι και να	Η κίνηση που ασκείται θα πρέπει να είναι ίδια.

						το σπρώχνεις, σπρώξτο στο διάστημα και αυτό θα συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα μόνο του.	
	1.12	Το σώμα δεν κινείται.	Παρατηρούμε ότι ο κύβος δεν κινείται.	Το σώμα μένει ακίνητο όσο ο χρόνος περνάει.	Έχει σταθερή ταχύτητα. Ο κύβος είναι ακίνητος.	Το σώμα μένει ακίνητο.	Παρατηρούμε ότι ο κύβος είναι ακίνητος.
	1.13	Το σώμα δεν κινείται για τιμές $=3,5\text{N}$ και κάτω.	Με τα 4N χρειάζεται ένα χρονικό διάστημα για να ξεκινήσει. Ενώ στα 5N ξεκινάει αμέσως.	Το σώμα ξεκινάει πάντα από το 0 και σταδιακά αυξάνει.	Υπάρχει κάποιο κατώφλι πάνω από το οποίο αρχίζει η κίνηση 4N	Το σώμα δεν ξεκινά την κίνησή του για οποιαδήποτε τιμή της δύναμης που του ασκείται αλλά αρχίζει να κινείται όταν ασκείται	Το σώμα ξεκινάει την κίνησή του, όταν του ασκείται δύναμη ίση με $3,96\text{N}$.

						δύναμη 4N και πάνω.	
	1.14	Στην πρώτη περίπτωση το σώμα δεν κινείται ενώ στη δεύτερη κινείται με $a=0$	Όταν πάρει την τιμή του κατωφλίου επιταχύνεται με μικρή ταχύτητα ενώ όταν γίνει μεγαλύτερη αποκτά μεγαλύτερη επιτάχυνση.	Το σώμα κάνει ευθύγραμμο ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.	Το σώμα αρχίζει να επιταχύνεται και όσο μεγαλώνει η τιμή της δύναμης τόσο αυξάνεται και η επιτάχυνση του σώματος.	Όταν η δύναμη έχει τιμή μικρότερη του κατωφλίου τότε το σώμα μένει ακίνητο αλλά αρχίζει να κινείται όταν ασκείται δύναμη 4N και πάνω.	Το σώμα θα έχει μεγαλύτερη επιτάχυνση όταν η τιμή του γίνεται μεγαλύτερη από αυτή του κατωφλίου.
	1.15	Παρατηρούμε ότι δημιουργούνται κλίσεις όσο και οι δυνάμεις που του ασκούνται.	Παρατηρούμε ότι η κλίση μεγαλώνει άρα μεγαλώνει και η επιτάχυνση.	Η ταχύτητα αυξάνει όλο και πιο πολύ.	Η επιτάχυνση είναι μεγαλύτερη από την προηγούμενη.	Όταν η δύναμη παίρνει μεγάλες τιμές, η επιτάχυνση είναι μεγαλύτερη.	Παρατηρούμε ότι η κίνηση του σώματος είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.
	1.16	Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει κάποια τιμή γι'	Πρέπει να είναι 3,94N	Στο σώμα πρέπει να ασκείται 3,95N	Στα 3,94N η επιτάχυνση είναι	Η τιμή της δύναμης ώστε να κινείται το σώμα με σχεδόν	Η τιμή της δύναμης ώστε το σώμα να κινείται με

		αυτό το φαινόμενο.			ελάχιστη σχεδόν μηδενική.	σταθερή ταχύτητα είναι 4N.	σταθερή ταχύτητα πρέπει να είναι 3,97N
	1.17	Παρατηρούμε ότι για δυνάμεις που του ασκούνται από αντίθετες κατευθύνσεις όπως τριβή το σώμα δεν κινείται για τιμές κάτω από $F=3,5N$	Όταν η δύναμη είναι κοντά στη δύναμη κατωφλίου είναι σχεδόν ευθύγραμμη ομαλή.	Σε όλες τις περιπτώσεις το σώμα κάνει ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με εξαίρεση όταν ασκείται στο σώμα 3,95N	Τα αποτελέσματα των παρατηρήσεών μας τα θεωρήσαμε σωστά, αφού τα αποδείξαμε στο πείραμα.	Το σώμα δεν κινείται όταν η τιμή της δύναμης είναι μικρότερη από του 4N επειδή μάλλον η συνισταμένη της με την τριβή είναι μηδενική.	Όσο μεγαλύτερη δύναμη ασκείται πάνω στο σώμα τόσο θα αυξάνεται η επιτάχυνσή του.
	1.18	... επιταχυνόμενη ... μηδενική ...	... ευθύγραμμη ευθύγραμμη ...	... επιταχυνόμενη σταθερή ...	... επιταχυνόμενη μηδενική ...	... επιταχυνόμενη σταθερή ...	...ΕΟΕΚ ... ΕΟΚ...
	1.19	Σχήμα: Σωστό	Σχήμα: Σωστό	Σχήμα: Σωστό	Σχήμα: Λάθος	Σχήμα: Σωστό	Σχήμα: Λάθος
ΦΕ_2	2.1	Η δύναμη που ασκείται στο t1	Η δύναμη που του ασκείται είναι από	Παρατηρώ πως το σώμα κάνει	Ασκείται μια τριβή η οποία είναι	Ασκείται η δύναμη F από τον αθλητή.	Από t1 έως t2 το χέρι ασκεί δύναμη

		θα είναι ίση με την ταχύτητα που ασκείται στο t_0 αφού δεν υπάρχει κάποια αντίθετη δύναμη για να αλλοιώσει την ταχύτητά του. Σχήμα: Λάθος	τον παίκτη. Η τριβή με τον πάγο είναι σχεδόν μηδενική οπότε δεν την υπολογίζουμε. Σχήμα: Λάθος	επιταχυνόμενη κίνηση. Σχήμα: Λάθος	ελάχιστη γιατί ο πάγος γλιστράει και ασκείται και μια δύναμη F_1 από τον αθλητή. Σχήμα: Λάθος	Σχήμα: Λάθος	F_1 πάνω στη πέτρα. Σχήμα: Λάθος
	2.2	ΕΟΚ	Στην αρχή είναι επιταχυνόμενη και μετά επιβραδύνει.	Επιταχυνόμενη κίνηση, η τριβή είναι ελάχιστη οπότε ασκεί ελάχιστη δύναμη καθώς και η κίνηση που ασκεί η κοπέλα. Στο τέλος μια άλλη δύναμη του ασκείται η	Ασκεί ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση.	Η αρχική ταχύτητα είναι 0 m/s . Έπειτα του ασκείται δύναμη και κάνει ΕΟΚ μέχρι τη στιγμή που συγκρούεται και σταματά.	Το είδος κίνησης είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.

				οποία το σταματά εντελώς.			
	2.3	Ε.Ο.Εχ. κίνηση. Παρατηρούμε πως η ταχύτητα αυξάνεται όσο περνάει ο χρόνος.	Το είδος της κίνησης του σώματος είναι επιταχυνόμενη.	Παρατηρούμε ότι το επιταχύνει. Το είδος κίνησης είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.	Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη και η ταχύτητα αυξάνεται σταδιακά /παροδικά.	Το είδος της κίνησης είναι επιταχυνόμενη.	Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.
	2.4	Το σώμα από τη χρονική στιγμή 0 έως 4 διανύει Ε.Ο.Εχ. κίνηση και από 4 έως 8 Ε.Ο.Κ.	Μέχρι τα 4s επιταχύνει και μετά έχει σταθερή ταχύτητα.	Σταδιακά επιταχύνει και στο 4 δευτερόλεπτο η ταχύτητα μένει σταθερή.	Επιταχύνεται αρχικά μέχρι το 4 s και μετά πηγαίνει ευθύγραμμα και ομαλά.	Ξεκινά με επιτάχυνση μέχρι 4s και έπειτα κάνει ΕΟΚ.	Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση.
	2.5	Όσο βρίσκεται στο χέρι του αθλητή Ε.Ο.Εχ. όταν χάνει την επαφή (2 έως 8)	Όσο το έχει στο χέρι του ο αθλητής επιταχύνει, ενώ όταν το αφήνει έχει σταθερή ταχύτητα.	Σταδιακά επιταχύνει και στο 2 δευτερόλεπτο η ταχύτητα μένει σταθερή.	Στην αρχή επιταχύνει και στη συνέχεια μετά το χάσιμο της επαφής	Ξεκινά με επιτάχυνση μέχρι 2s και έπειτα κάνει ΕΟΚ. Η διαφορά τους είναι ότι στη	Στην πρώτη περίπτωση η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη ενώ

		κάνει Ε.Ο.Κ. Η διαφορά της πρώτης κίνησης από τις δύο επόμενες είναι ότι ο βράχος δεν έχει φύγει από το χέρι του αθλητή.			με τον αθλητή έχει Ε.Ο.Κ.	πρώτη κίνηση εκτελεί επιταχυνόμενη μέχρι 4s ενώ στη δεύτερη μέχρι 2s.	στις δύο επόμενες η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλή.
	2.6	Σχήμα: Λάθος	Σχήμα: Λάθος	Σχήμα: Σωστό	Σχήμα: Λάθος	Σχήμα: Λάθος	Σχήμα: δεν έκαναν
	2.7	Α)Σ Β)Λ Γ) Λ Δ) Λ	Α)Σ Β)Λ Γ) Σ Δ) Σ	Α)Σ Β)Λ Γ) Λ Δ) Σ	Α)Σ Β)Λ Γ) Σ Δ) Σ	Α)Σ Β)Σ Γ) Σ Δ) Σ	Α)Λ Β)Σ Γ) Σ Δ) Σ
	2.8	-21,4	-21,4	-21,4	-21,4	-21,4	-21,4
	2.9	Η φορά της να είναι αντίθετη της πρώτης.	Πρέπει να έχει αντίθετη φορά από την πρώτη δύναμη.	Μετά το 2 δευτερόλεπτο η δύναμη πρέπει να είναι αντίθετη.	Για να πετύχει το στόχο θα πρέπει να έχει αντίθετη φορά για αυτό βάζουμε (-) στη δύναμη.	Μετά το 2 ^ο δευτερόλεπτο ο βράχος για να πετύχει το στόχο, χρειάζεται να του ασκήσουμε μια αντίθετη δύναμη.	Η φορά που πρέπει να έχει η δύναμη είναι αντίθετη από την 1 ^η .
	2.10	Λ	Λ	Σ	Λ	Σ	Λ

	2.11	β	B	Δεν απαντάμε	δ	δ	γ
ΦΕ_3	3.1	Στις ερωτήσεις 3.1 έως 3.3 έγινε συζήτηση μεταξύ των ομάδων και του διδάσκοντα για τη αξία των πειραμάτων στην ερμηνεία των φυσικών φαινομένων και για το τι σημαίνει ο όρος «ιδεατή φύση».					
	3.2						
	3.3						
	3.4	Ξύλο – Πλαστικό – Λάστιχο – Πάγος	Πάγος – Πλαστικό – Ξύλο – Λάστιχο	Πάγος – Πλαστικό – Ξύλο – Λάστιχο	Ξύλο – Πλαστικό – Λάστιχο – Πάγος	Πάγος – Ξύλο – Πλαστικό – Λάστιχο. Διότι οφείλεται στο υλικό για να διανύσει αυξανόμενη απόσταση.	Λάστιχο – Ξύλο – Πλαστικό – Πάγος
	3.5	Παρατηρούμε πως η διανυόμενη απόσταση εξαρτάται από το υλικό.	Ο πάγος έχει μεγαλύτερη επιτάχυνση από όλα και φτάνει πιο μακριά. Σαφώς και εξαρτάται η	Αναλόγως με το υλικό η τριβή είναι μεγαλύτερη και το αντικείμενο διανύει μεγαλύτερη /	Ναι εξαρτάται.	Εξαρτάται από το υλικό η διανυόμενη απόσταση.	Εξαρτάται από το υλικό διότι ο κύβος πάγου διανύει περισσότερη απόσταση.

			διανύομενη απόσταση από το υλικό.	μικρότερη απόσταση.			
	3.6	Σε κάθε ταχύτητα είναι ευθύγραμμη επιβραδυνόμενη.	Όλοι οι κύβοι εκτελούν Ε.Ο.Εβ κίνηση.	Ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη.	Όλοι οι κύβοι κάνουν ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση όμως διαφέρει η επιτάχυνσή τους.	Και οι 4 κύβοι κάνουν Ε.Ο.Εβ. κίνηση. Ο τελευταίος κύβος καθυστερεί να σταματήσει λόγω μεγάλης ταχύτητας.	Οι κύβοι από λάστιχο, ξύλο, πλαστικό και πάγο ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση με τη διαφορά ότι ο κύβος πάγου έχει μικρότερη επιβράδυνση.
	3.7	Η τριβή	Η παράμετρος είναι το υλικό του κύβου.	Η τριβή	Η τριβή.	Εξαρτάται από το υλικό του κάθε του κύβου.	Τα σώματα αυτά σταματούν γιατί υπάρχει υψηλή τριβή.
	3.8	Στην περίπτωση του πάγου όπου η τριβή είναι	Η επίδραση της προηγούμενης παραμέτρου είναι	Στην 4 ^η περίπτωση.	Στον κύβο από πάγο διότι η τριβή που έχει ο πάγος	Στην πρώτη περίπτωση λόγω του υλικού.	Ο κύβος πάγου κάνει ευθύγραμμη ομαλά

		μικρότερη το αντικείμενο διανύει μεγαλύτερη απόσταση.	μικρότερη στην περίπτωση που το υλικό του κύβου είναι λάστιχο.		είναι ελάχιστη, σχεδόν μηδενική.		επιβραδυνόμενη κίνηση όμως με μικρότερη επιβράδυνση από τους άλλους κύβους.
	3.9	Λάστιχο – Ξύλο – Πλαστικό – Πάγος	Λάστιχο – Ξύλο – Πλαστικό – Πάγος	Λάστιχο – Ξύλο – Πλαστικό – Πάγος	Λάστιχο – Ξύλο – Πλαστικό – Πάγος	Λάστιχο – Ξύλο – Πλαστικό – Πάγος	Λάστιχο – Ξύλο – Πλαστικό – Πάγος
	3.10	Όχι	Ναι ήταν σωστή.	Ναι	Όχι	Όχι	Ναι
	3.11	Οφείλεται στο ότι η τριβή είναι μεγαλύτερη σε κάποια υλικά από ότι σε άλλα.	Το γεγονός ότι σε ορισμένες περιπτώσεις το διανυόμενο διάστημα είναι μικρότερο για την ίδια αρχική ταχύτητα είναι το υλικό.	Η τριβή συμβάλλει σημαντικά στο διανυόμενο διάστημα. Όταν αυτή είναι μεγάλη το αντικείμενο κάνει μικρή απόσταση.	Λόγω της μεγαλύτερης τριβής το διάστημα που διανύουν αυτές οι ορισμένες περιπτώσεις είναι μικρότερο.	Το διανυόμενο διάστημα ανεξαρτήτως από την αρχική ταχύτητα οφείλεται στην τριβή του κάθε κύβου.	Το διανυόμενο διάστημα σε ορισμένες περιπτώσεις είναι μικρότερο γιατί είναι μεγαλύτερη η τριβή.

	3.12	Ναι αν δεν υπάρχουν τριβές που σταματούν τον κύβο.	Ο κύβος θα σταματήσει κάποτε όσο λεία και αν είναι η επιφάνεια.	Θα μπορούσε εάν η τριβή ήταν μηδενική.	Γίνεται εάν η τριβή είναι μηδενική και το πάτωμα λείο.	Θα μπορούσε αν το πάτωμα ήταν λείο να μη σταματήσει και πιο συγκεκριμένα ο κύβος από πάγο.	Ο κύβος δεν θα σταματήσει αν δεν υπάρχει η τριβή που τον σταματάει.
	3.13	...τριβής... ...λείο... ...απεριόριστα...	...τριβής... ...λείο... ...απεριόριστα...	...τριβής... ...λείο... ...παντοτινά...	...τριβής... ...λείο... ...ευθύγραμμα ομαλά...	...τριβής... ...λείο... ...απεριόριστα...	...τριβής... ...λείο... ...για πάντα...
	3.14	... θα σταματήσει να κινείται λόγω της αντίστοιχης δύναμης που θα δέχεται από το νερό. ... θα σταματήσει να	...θα συνεχίσει να κινείται με μικρότερη ταχύτητα σχεδόν μηδενική, διότι για να παραμείνει σταθερό θα πρέπει να ρίξει άγκυρα.	...θα σταματήσει ...θα σταματήσει ...θα συνεχίσει να κινείται για πάντα	...θα σταματήσει εξαιτίας της αντίστασης του νερού ...θα σταματήσει λόγω της μεγάλης τριβής στις ράγες ...θα συνεχίσει να κινείται επειδή δεν	...θα συνεχίσει να κινείται με το ρυθμό της θάλασσας και του αέρα. ...μετά από λίγο θα σταματήσει να κινείται αφού του ασκείται τριβή από τις ράγες.	...το πλοίο θα εξακολουθεί να κινείται εξαιτίας των κυμάτων. ...συνεχίζει να κινείται με μικρότερη ταχύτητα μέχρι να σταματήσει.

		κινείται λόγω της τριβής. ... θα συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα. ... ότι στην τελευταία περίπτωση δεν υπάρχουν παράμετροι για να διακόψουν το πείραμα.	...μετά από λίγο θα σταματήσει λόγω τριβής. ...θα συνεχίσει να κινείται. ...ότι στο διάστημα δεν υπάρχει βαρύτητα.		του ασκείται κάποια δύναμη. ...ότι στο διάστημα συνεχίζει να κινείται λόγω της απουσίας της βαρύτητας ενώ τα δύο προηγούμενα σταμάτησαν.	...θα συνεχίσει να αιωρείται επειδή του ασκούνται δυνάμεις και το $\Sigma F=0$...στο τελευταίο παράδειγμα δεν του ασκείται καμιά δύναμη.	...δεν υπάρχει βαρύτητα οπότε θα εξακολουθεί να κινείται. ...στο τελευταίο παράδειγμα δεν υπάρχει κάποια δύναμη που μπορεί να ασκηθεί στο σώμα.
	3.15	... κινούνται ταχύτητα δύναμης ...	...κινούνται... ...ταχύτητα... ...δύναμης...	...κινούνται... ...ταχύτητα... ...δύναμης...	...κινούνται... ...ταχύτητα... ...δύναμης...	...κινούνται... ...ταχύτητα... ...δύναμης...	...κινούνται... ...ταχύτητας... ...δύναμης...
ΦΕ_4	4.1	Επιταχυνόμενη - Επιβραδυνόμενη	Επιταχυνόμενη – Επιβραδυνόμενη	Επιταχυνόμενη – Επιβραδυνόμενη	Επιταχυνόμενη – Επιβραδυνόμενη	Επιταχυνόμενη – Επιβραδυνόμενη	Επιταχυνόμενη – Επιβραδυνόμενη

4.2	Η ταχύτητα του αλεξιπτωτιστή από τη στιγμή που θα ανοίξει το αλεξίπτωτο μειώνεται λόγω της δύναμης που ασκείται από αυτό προς τα πάνω.	Από τη στιγμή 0 μέχρι τη στιγμή t1 επιταχύνει και από τη στιγμή t1 έως τη στιγμή της προσγειώσής του t2 επιβραδύνει.	Ο αλεξιπτωτιστής επιταχύνει μέχρι τα 55 m/s και μετά ανοίγει το αλεξίπτωτο. Ο αλεξιπτωτιστής σταδιακά επιβραδύνει μέχρι που προσγειώνεται.	Μέχρι να ανοίξει το αλεξίπτωτο βλέπουμε επιταχύνει και τελικά όταν το ανοίγει επιβραδύνει μέχρι να προσγειωθεί.	Υπάρχει στην αρχή επιτάχυνση και έπειτα ΕΟΚ. Στη συνέχεια υπάρχει επιβράδυνση, μετά ΕΟΚ και τέλος ταχύτητα 0 αφού προσγειώνεται στο έδαφος.	Από τη στιγμή 0 μέχρι τη στιγμή t1 κάνει Ε.Ο.Εχ. και από την στιγμή t1 μέχρι και την t2 κάνει Ε.Ο.Εβ.
4.3	Επιταχυνόμενη – ΕΟΚ – Επιβραδυνόμενη	Επιταχυνόμενη – Επιβραδυνόμενη	Ευθύγραμμη ομαλή – Επιβραδυνόμενη	Επιταχυνόμενη – Επιβραδυνόμενη	Επιταχυνόμενη – ΕΟΚ – Επιβραδυνόμενη – ΕΟΚ	Επιταχυνόμενη – Επιβραδυνόμενη
4.4	Την επιτάχυνση	Παριστάνει την επιτάχυνση.	Παριστάνει επιτάχυνση	Παριστάνει την επιτάχυνση.	Η κλίση παριστάνει την επιτάχυνση.	Επιτάχυνση
4.5	Αλλάζει.	Η κλίση δεν μένει σταθερή και όσο περνάει ο χρόνος μικραίνει.	Η κλίση αλλάζει.	Αλλάζει, στην αρχή έχουμε κλίση, στη συνέχεια όχι.	Η κλίση αλλάζει.	Η κλίση αλλάζει από τη χρονική στιγμή 0,30.

	4.6	Στην αρχή κάνει Ε.Ο.Εχ. κίνηση και στην συνέχεια ΕΟΚ.	Στην αρχή επιταχύνει και μετά σταθεροποιείται.	Στην αρχή η κλίση είναι μεγάλη και μετά δεν έχει κλίση.	Στην αρχή έχει κλίση και έπειτα όχι.	Στην αρχή είναι επιταχυνόμενη και έπειτα ΕΟΚ	Στην αρχή η κίνηση είναι Ε.Ο.Εχ. και από τη χρονική στιγμή 0,30 γίνεται Ε.Ο.Κ.
	4.7	Μένει σταθερή	Το σώμα στην αρχή επιταχύνει αλλά μετά κάνει ΕΟΚ	Η ταχύτητα του σώματος γίνεται σταθερή.	Η ταχύτητα του σώματος είναι σταθερή.	Κατά τη διάρκεια της ΕΟΚ η ταχύτητα παραμένει σταθερή ενώ έπειτα κατά τη διάρκεια της επιβραδυνόμενης κίνησης η ταχύτητα ελαττώνεται, έπειτα κινείται με σταθερή ταχύτητα και μετά μηδενίζεται.	Η ταχύτητα του σώματος σταθεροποιείται γιατί οι δυνάμεις που του ασκούνται είναι ίσες μεταξύ τους.
	4.8	...Ε.Ο.Εχ.... ...Ε.Ο.Κ....	...επιταχυνόμενη... ...σταθερή...	...επιταχυνόμενη... ...σταθερή...	...επιταχυνόμενη... ...σταθερή...	...επιταχυνόμενη... ...ΕΟΚ...	...επιταχυνόμενη... ...ομαλή...

	4.9	Όχι αφού υπάρχει αντίσταση του αέρα.	Δεν είναι ελεύθερη αφού είναι η δύναμη του αέρα και το βάρος.	Όχι αφού υπάρχει και η δύναμη από τον αέρα.	Δεν είναι ελεύθερη αφού έχει και την αντίσταση του αέρα.	Όχι γιατί ασκείται και η κάθετη δύναμη N προς το πάνω.	Η πτώση είναι ελεύθερη.
	4.10	Η βαρύτητα η αντίσταση του αέρα και η αντίδραση της βαρύτητας.	Ασκείται η δύναμη του αέρα και η δύναμη του βάρους.	Το βάρος και η δύναμη του αέρα.	Το βάρος και η αντίσταση του αέρα.	Ασκούνται η βαρύτητα και η κάθετη δύναμη N .	Οι δυνάμεις που ασκούνται είναι η δύναμη της αντίστασης του αέρα και η δύναμη του βάρους.
	4.11	...0... ...ταχύτητα... ...σταθερή...	...μηδενική... ...επιτάχυνση... ...σταθερή...	...μηδέν... ...ταχύτητα... ...σταθερή...	...μηδενική... ...επιτάχυνση... ...σταθερή...	...0... ...ταχύτητα... ...σταθερή...	...0... ...ταχύτητα... ...σταθερή...

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.