



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**Αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού  
στο μάθημα Φυσική Β΄ Λυκείου**

**Σακελλάρης Αλέξανδρος**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Επιβλέπων**  
**Λουκόπουλος Αθανάσιος**  
**Επίκουρος Καθηγητής Π.Θ.**

**Λαμία, 2018**



**UNIVERSITY OF THESSALY**  
**SCHOOL OF SCIENCE**  
**INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE**

**Evaluation on educational software in the subject  
of 11th Grade Physics**

**Sakellaris Alexandros**

**Master thesis**

**Advisor**  
**Loukopoulos Athanasios**  
**Assistant Professor UTH**

**Lamia, 2018**



***Στην οικογένειά μου***



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ:**

**«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ  
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (Τ.Π.Ε.) ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ»**

**Αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού  
στο μάθημα Φυσική Β΄ Λυκείου**

**Σακελλάρης Αλέξανδρος**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Επιβλέπων  
Λουκόπουλος Αθανάσιος  
Επίκουρος Καθηγητής Π.Θ.**

**Λαμία, 2018**

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «Αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού στο μάθημα Φυσική Β΄ Λυκείου» αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο Δηλών  
Λαμία 29.06.2018

Αλέξανδρος Ι. Σακελλάρης

**Αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού  
στο μάθημα Φυσική Β΄ Λυκείου**

**Σακελλάρης Αλέξανδρος**

**Τριμελής Επιτροπή:**

Λουκόπουλος Αθανάσιος (Επιβλέπων)

Σταμούλης Γεώργιος

Σανδαλίδης Χαρίλαος

**Επιστημονικός Σύμβουλος:**

Λουκόπουλος Αθανάσιος

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>Περίληψη.....</i>	<i>1</i>
<i>Abstract .....</i>	<i>2</i>
<i>Πρόλογος.....</i>	<i>3</i>
<i>Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό πλαίσιο .....</i>	<i>4</i>
<i>1.1 Οι ιδέες των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2 Πειραματικές δραστηριότητες στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών .....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.1 Είδη εργαστηριακών πειραμάτων.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2 Εικονικά Εργαστηριακά Περιβάλλοντα .....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.3 Είδη εκπαιδευτικού λογισμικού.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3 Παιδαγωγική αξιοποίηση εκπαιδευτικών λογισμικών.....</i>	<i>15</i>
<i>1.4 Θεωρίες Μάθησης και Εκπαιδευτικό Λογισμικό .....</i>	<i>17</i>
<i>1.5 Αξιολόγηση Εκπαιδευτικού Λογισμικού .....</i>	<i>19</i>
<i>1.6 Λογισμικά που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.....</i>	<i>21</i>
<i>1.6.1 Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον (Σ.Ε.Π. ).....</i>	<i>21</i>
<i>1.6.2 Διαδραστικές προσομοιώσεις PhET .....</i>	<i>22</i>
<i>1.6.3 Διαδραστικές προσομοιώσεις Seilias .....</i>	<i>23</i>
<i>1.6.4 Λογισμικό «Φυσική – Προσομοιώσεις Πειραμάτων» .....</i>	<i>24</i>
<i>Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία .....</i>	<i>26</i>
<i>2.1 Δείγμα έρευνας.....</i>	<i>26</i>
<i>2.2 Ερευνητικά ερωτήματα .....</i>	<i>26</i>
<i>2.3 Ερευνητική διαδικασία.....</i>	<i>27</i>
<i>2.4 Εργαλείο συλλογής δεδομένων .....</i>	<i>28</i>
<i>2.5 Διδακτική παρέμβαση .....</i>	<i>28</i>
<i>2.5.1 Διδακτικό αντικείμενο: Θερμότητα-Θερμοδυναμική.....</i>	<i>28</i>
<i>2.5.2 Διδακτικό αντικείμενο: Οριζόντια βολή .....</i>	<i>29</i>

2.5.3 Διδακτικό αντικείμενο: Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο .....	30
2.5.4 Διδακτικό αντικείμενο: Βαρυτικό πεδίο της Γης-Δορυφόροι.....	31
2.6 Ανάλυση δεδομένων .....	32
Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα .....	34
Αποτελέσματα με βάση τα ερωτηματολόγια .....	35
3.1 Λογισμικό «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον» .....	35
3.1.1 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E1) και τμήματος στο Pre-Test.....	35
3.1.2 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E1) και τμήματος στο Post-Test .....	37
3.1.3 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης πειραματικής ομάδας στο Post-Test.....	39
3.2 Διαδραστικές προσομοιώσεις PhET .....	41
3.2.1 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E2) και τμήματος στο Pre-Test.....	41
3.2.2 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E2) και τμήματος στο Post-Test .....	42
3.2.3 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης πειραματικής ομάδας στο Post-Test.....	43
3.3 Διαδραστικές προσομοιώσεις Seilias .....	46
3.3.1 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E3) και τμήματος στο Pre-Test.....	46
3.3.2 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E3) και τμήματος στο Post-Test .....	48
3.3.3 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης πειραματικής ομάδας στο Post-Test.....	50
3.4 Λογισμικό «Φυσική – Προσομοιώσεις Πειραμάτων» .....	52

3.4.1 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E4) και τμήματος στο Pre-Test.....	52
3.4.2 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E4) και τμήματος στο Post-Test .....	54
3.4.3 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης πειραματικής ομάδας στο Post-Test.....	55
3.5 Αποτελέσματα αξιολόγησης λογισμικών, διαδραστικών προσομοιώσεων από τους μαθητές .....	58
3.5.1 Λογισμικό «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον» .....	58
3.5.2 Διαδραστικές προσομοιώσεις PhET .....	59
3.5.3 Διαδραστικές προσομοιώσεις Seilias .....	60
3.5.4 Λογισμικό «Φυσική – Προσομοιώσεις Πειραμάτων» .....	61
Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα .....	64
Βιβλιογραφία .....	67
Παράρτημα 1: Ερωτηματολόγια .....	73
Παράρτημα 2: Φύλλα Εργασίας .....	86
Παράρτημα 3: Φύλλα Αξιολόγησης Λογισμικών.....	103
Παράρτημα 4: Ημερολόγιο δραστηριοτήτων .....	108

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που διδάσκοντα με παραδοσιακή μέθοδο έννοιες και φαινόμενα της φυσικής, με εκείνα των μαθητών που εμπλέκονται σε μια καινοτόμα και κονστρουκτιβιστή διδασκαλία ίδιου περιεχομένου με τη χρήση λογισμικών. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 37 μαθητές της Β΄ τάξης Θετικού Προσανατολισμού, ενός Λυκείου της ευρύτερης περιοχής της Λαμίας. Για τις ανάγκες της έρευνας συγκροτήθηκαν τέσσερις διδακτικές παρεμβάσεις στις παρακάτω ενότητες: «Θερμότητα-Θερμοδυναμική», «Οριζόντια Βολή», «Κίνηση Σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο» και «Βαρυτικό Πεδίο της Γης-Δορυφόροι». Πριν την κάθε διδακτική παρέμβαση, όλοι οι μαθητές συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια (pre questionnaire) ανάδειξης αρχικών ιδεών για τις παραπάνω ενότητες. Στη συνέχεια, οι μαθητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες και διδάχθηκαν την κάθε θεματική ενότητα αποτελώντας εναλλάξ, την πειραματική και την ομάδα ελέγχου. Η εκάστοτε πειραματική ομάδα, εργάστηκε σε εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον με δομημένα φύλλα εργασίας, ενώ η ομάδα ελέγχου διδάχθηκε το ίδιο περιεχόμενο με παραδοσιακή διδασκαλία. Στο τέλος κάθε παρέμβασης οι μαθητές συμπλήρωσαν το αρχικό ερωτηματολόγιο (post questionnaire) για να ελεγχθεί η εννοιολογική αλλαγή των μαθητών. Από την ανάλυση των δεδομένων (pre-post) προέκυψε ότι οι ομάδες των μαθητών που χρησιμοποίησαν τα εικονικά εργαστήρια, είχαν καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με τους υπολοίπους. Επίσης, κάθε ομάδα που χρησιμοποίησε λογισμικό, στο τέλος κάθε παρέμβασης, το αξιολόγησε σύμφωνα με την 5/θμια κλίμακα του Likert. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα λογισμικά αξιολογούνται από τους μαθητές ως κατάλληλα βοηθήματα για το κάθε διδακτικό αντικείμενο.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Φυσική Β΄ Λυκείου, Εναλλακτικές Ιδέες, Διδακτική Παρέμβαση, Εκπαιδευτικό Λογισμικό, Αξιολόγηση, Εικονικό Εργαστηριακό Περιβάλλον.



## Abstract

The aim of the present thesis is to compare the learning results of students who are taught about concepts and phenomena in physics by using conventional methods with the results of those who were taught the same content but with the use of innovative and constructive teaching by using relative software. The sample of the research consisted of 37 students attending the 11<sup>th</sup> grade of a Greek Senior High School in the region of Lamia, who have chosen Physics and Math as specialty courses. For the needs of the research four teaching intervention were conducted in the following fields of physics: “Heat – Thermodynamics”, “Horizontal throw”, “Motion of particles in homogenous electrostatic field”, and “Gravitational Field of Earth – Satellites”. Before each teaching intervention, all students filled in pre questionnaires in order to brainstorm initial ideas on the above chapters. Afterwards, the students were split in two groups and were taught each chapter, being the experimental and control group alternately. Each experimental group worked in a virtual working environment with structured working sheets, while the control group was taught the same content by using conventional teaching methods. At the end of every intervention, the students filled in the post questionnaire in order to check their conceptual change. The data analysis (pre – post) showed that the groups of students who used the virtual workshops had better performance in comparison with the others. Furthermore, each group that used a software, evaluated it in accordance with the 5-degree Likert scale. The results lead to the conclusion that software programs are evaluated by the students as proper teaching material for every part of the course.

**Keywords:** 11<sup>th</sup> Grade Physics, Alternative Ideas, Teaching Intervention, Teaching Software, Evaluation, Virtual Working Environment.

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο: «Αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού στο μάθημα Φυσική Β΄ Λυκείου» στο πλαίσιο του διατμηματικού προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών: «Πληροφορική και Υπολογιστική Βιοϊατρική» του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Η εργασία εντάσσεται στο ευρύ πεδίο των μελετών στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) που μελετούν τη συμβολή των πειραματικών διαδικασιών στα μαθησιακά αποτελέσματα (Ευαγγέλου & Κώτσης, 2012; Abrahams & Millar, 2008; Hofstein & Lunetta, 2004; Hucke & Fischer, 2002). Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά τη συμβολή τεσσάρων διδακτικών παρεμβάσεων οι οποίες βασίζονται σε διαφορετικά λογισμικά για τη διδασκαλία φαινομένων και εννοιών της φυσικής Θετικού Προσανατολισμού Β΄ Λυκείου. Οι ίδιοι οι μαθητές αξιολογούν τη συμβολή των λογισμικών στην κατανόηση των εκάστοτε εννοιών.

# Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό πλαίσιο

## 1.1 Οι ιδέες των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών

Τα παιδιά, πριν ακόμη φοιτήσουν στο σχολείο, μέσω των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων και μέσα από την κοινωνική επαφή και τη γλώσσα, αρχίζουν να οικοδομούν ένα ευρύ φάσμα ιδεών για το πώς λειτουργεί ο κόσμος. Οι ιδέες αυτές χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν και να ερμηνεύσουν ό,τι υποπίπτει στην αντίληψή τους. Οι απόψεις των μαθητών για τα φαινόμενα, ομαδοποιούνται και συγκροτούν ερμηνευτικά πρότυπα που καταγράφονται συνήθως ως εναλλακτικές ιδέες (alternative conceptions ή παρανοήσεις (misconceptions), ή προϋπάρχουσες ιδέες, ή διαισθητικές ιδέες (intuitive notions), ή ως νοητικά μοντέλα (Κόκκοτας, 2008, Driver et al., 2000).

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για φαινόμενα και έννοιες των Φυσικών Επιστημών έχουν μια παγκοσμιότητα. Πιο συγκεκριμένα, μαθητές ακόμη και σε απομακρυσμένες μεταξύ τους περιοχές εμφανίζουν παρόμοιες αντιλήψεις. Τα παιδιά σχηματίζουν τις ιδέες αυτές από τις προσωπικές τους εμπειρίες και τα βιώματά τους. Επίσης, οι ιδέες αυτές, διακρίνονται από γενικότητα και διαχρονική ισχύ. Μερικές από αυτές είναι τόσο καλά εδραιωμένες που δύσκολα αλλάζουν ακόμη και μετά από συστηματική διδασκαλία, ακόμη και ύστερα από κατάλληλες παρατηρήσεις και πειράματα. Έτσι, είναι πολύ πιθανών οι μαθητές να εφαρμόζουν τις επιστημονικές ιδέες για την επίλυση προβλημάτων και ασκήσεων μέσα στην σχολική αίθουσα, αλλά να αδυνατούν να τις εφαρμόσουν εκτός σχολείου για την ερμηνεία των φυσικών φαινομένων (Driver et al., 2000).

Παρακάτω παρουσιάζονται οι εναλλακτικές ιδέες που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική επισκόπηση για τις έννοιες και τα φαινόμενα που θα επεξεργαστούμε στην παρούσα εργασία.

### **A. Οι Εναλλακτικές ιδέες στη μηχανική**

Το μάθημα και η διδασκαλία της Φυσικής, για τη Β/θμια εκπαίδευση, έχει αρκετά εμπόδια σχετικά με τους τρόπους και τις μεθόδους διδασκαλίας. Τέτοιο εμπόδιο είναι οι λανθασμένες ιδέες των μαθητών για φαινόμενα και έννοιες των φυσικών επιστημών. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με αρκετές έρευνες (Gilbert and Watts, 1983, Finegold & Gorsky 1991) που έχουν πραγματοποιηθεί στο πεδίο της μηχανικής και συγκεκριμένα

την έννοια της δύναμης, έχουν οριοθετήσει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών όπως φαίνεται παρακάτω:

- 1) Η δύναμη συνδέεται μόνο με την κίνηση του σώματος και όχι και με την παραμόρφωση του.
- 2) Όταν ένα σώμα παραμένει ακίνητο, τότε δεν ασκούνται σε αυτό δυνάμεις.
- 3) Σταθερή κίνηση απαιτεί σταθερή δύναμη.
- 4) Όταν ένα σώμα κινείται τότε ασκείται σε αυτό μια δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησης.
- 5) Η ταχύτητα ενός σώματος είναι ανάλογη προς τη δύναμη.

#### **B. Οι Εναλλακτικές ιδέες για «Θερμοκρασία-Θερμότητα»**

Σύμφωνα με βιβλιογραφική επισκόπηση (Χαλκιά, 2012, Driver et al. 2000) οι μαθητές όλων των βαθμίδων έχουν εναλλακτικές ιδέες που σχετίζονται με τις έννοιες «Θερμοκρασία – Θερμότητα». Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες από αυτές, με τις οποίες θα ασχοληθούμε στην παρούσα εργασία:

- 1) Η θερμοκρασία και η θερμότητα ταυτίζονται.
- 2) Η θερμοκρασία ενός σώματος σχετίζεται με το μέγεθος, τον όγκο ή τη μάζα του.
- 3) Η θερμοκρασία αποτελεί ιδιότητα των σωμάτων.
- 4) Η θερμοκρασία εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του σώματος ή άλλα χαρακτηριστικά του σώματος και όχι από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός του.
- 5) Η διάδοση της θερμότητας δεν είναι μονόδρομος.
- 6) Τα μεταλλικά αντικείμενα γίνονται πιο γρήγορα θερμά από τα ξύλινα ή τα πλαστικά λόγω της έμφυτης έλξης των μετάλλων για θερμότητα και της τάσης τους να τη διατηρούν.
- 7) Ανάλογα με τη σύσταση του μονωτικού υλικού, η αιτία ροής της θερμότητας είναι το προς μόνωση σώμα ή το σώμα που χρησιμοποιείται ως μονωτής.
- 8) Το υλικό έχει την ιδιότητα να είναι θερμό ή ψυχρό (π.χ. το σιδερένιο δοχείο είναι ψυχρότερο από ένα συνηθισμένο γυάλινο δοχείο)
- 9) Τα πουλόβερ μας κάνουν θερμότερους.
- 10) Η θερμότητα κινείται με διαφορετικές ταχύτητες στα διαφορετικά υλικά.
- 11) Η θερμότητα είναι ζεστή ενώ η θερμοκρασία μπορεί να είναι και κρύα και ζεστή.
- 12) Ένας μεγαλύτερος κύβος πάγου θα έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από ένα μικρό κύβο και συνεπώς ο μεγαλύτερος θα χρειαστεί περισσότερο χρόνο για να λιώσει.

### **Γ. Οι Εναλλακτικές ιδέες για την «Οριζόντια Βολή» και την «Κίνηση κάθετα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο»**

Για την οριζόντια βολή (OB) και την Κάθετη κίνηση σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο (ΟΗΠ) εντοπίζονται αρκετές εναλλακτικές ιδέες, σύμφωνα με την εγχώρια και διεθνή βιβλιογραφία (Driver et al., 2000). Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες από αυτές, με τις οποίες θα ασχοληθούμε στην παρούσα εργασία:

- 1) Όσο πιο μεγάλη είναι η μάζα του σώματος τόσο μικρότερο είναι το βεληνεκές του. Σπανιότερα υπάρχει και η ακριβώς αντίθετη άποψη (η οποία στηρίζεται στην έννοια της αδράνειας).
- 2) Η OB είναι καμπύλη, άρα μεγαλύτερη διαδρομή, άρα χρειάζεται περισσότερο χρόνο.
- 3) Η ΕΠ είναι επιταχυνόμενη συνεπώς θα πραγματοποιηθεί ταχύτερα από την ΕΟΚ.
- 4) Η OB είναι ίδια σε όλα τα βαρυτικά πεδία.
- 5) Όσο μεγαλύτερο το αρχικό ύψος, τόσο μικρότερο το βεληνεκές.
- 6) Το σχήμα της τροχιάς είναι «τμήμα κύκλου».
- 7) Ένα σώμα που κάνει ομαλή κυκλική κίνηση δεν έχει επιτάχυνση.
- 8) Η φυγόκεντρος δύναμη είναι πραγματική δύναμη.
- 9) Η κυκλική κίνηση δεν απαιτεί την ύπαρξη δύναμης.

### **Δ. Οι Εναλλακτικές ιδέες για «Δορυφόρους»**

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Driver et al., 2000) εντοπίζονται εναλλακτικές ιδέες για τη βαρύτητα και τους δορυφόρους, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

- 1) Τα βαρύτερα σώματα πέφτουν γρηγορότερα από τα ελαφρύτερα.
- 2) Για να ενεργεί η βαρύτητα πρέπει να υπάρχει αέρας.
- 3) Η βαρύτητα συνδέεται μόνο με τη Γη.
- 4) Η βαρύτητα «σπρώχνει», «τραβάει» ή «συγκρατεί».

## **1.2 Πειραματικές δραστηριότητες στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών**

### **1.2.1 Είδη εργαστηριακών πειραμάτων**

Σύμφωνα με τον Dillon (2008) τα πειράματα αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ), συμβάλλοντας στην κατανόηση εννοιών και φαινομένων αλλά και στην ανάπτυξη διερευνητικών δεξιοτήτων. Επίσης, αποτελούν ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο στα χέρια εκπαιδευτικών (Ευαγγέλου & Κώτσης, 2010; Καλκάνης, 2003; Χαλκιά, 2000;). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, εντοπίζονται δυο είδη πειραματικών δραστηριοτήτων. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα πειράματα που γίνονται με πραγματικά-φυσικά υλικά (Κουμαράς, 1994; Σάββας, 1996; Κουμαράς, 2002; Τσελφές, 2003) και στη δεύτερη, τα εικονικά πειράματα που πραγματοποιούνται μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών με τη βοήθεια κατάλληλων λογισμικών (Μικρόπουλος, 2004; Ψύλλος, 2007), τα λεγόμενα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα. Και για τις δυο περιπτώσεις εντοπίζονται θετικά αλλά και αρνητικά στοιχεία (Σολομωνίδου, 2006; Hofstein & Lunetta, 2004).

Στην παρούσα έρευνα θα ασχοληθούμε με τη δεύτερη κατηγορία εργαστηριακών πειραμάτων. Θα περιγράψουμε τα χαρακτηριστικά αυτών των εργαστηριακών περιβαλλόντων καθώς και τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η εκπαιδευτική διαδικασία.

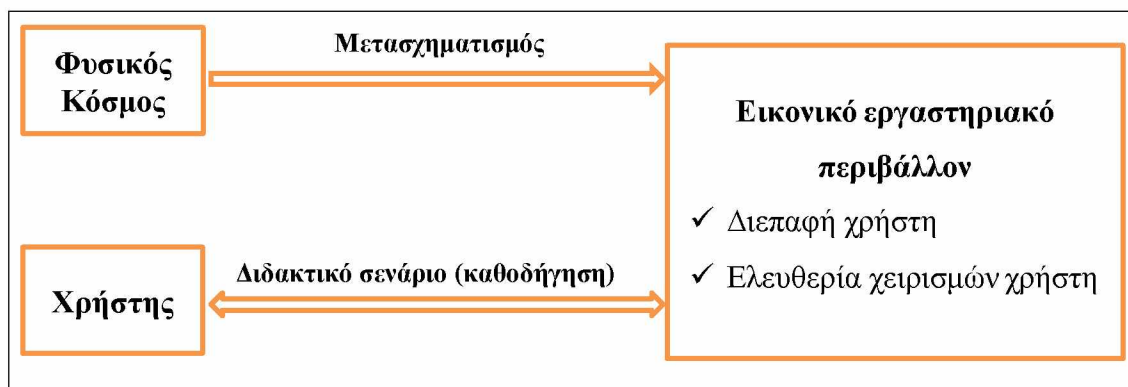
### **1.2.2 Εικονικά Εργαστηριακά Περιβάλλοντα**

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική επισκόπηση, τα εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα (virtual laboratory environments) μπορούν να προσομοιώσουν (με εικονικό και λειτουργικό τρόπο) εργαστήρια Φυσικών Επιστημών, όργανα, πειράματα αλλά και διαδικασίες στην οθόνη ενός υπολογιστή (Kocijancic & O' Sullivan, 2004). Συνεπώς, αποτελούν μικρόκοσμους με:

- εικονικά όργανα/συσκευές για την μέτρηση και καταγραφή των αποτελεσμάτων των εικονικών πειραμάτων και
- αντικείμενα που μπορούν να αλληλεπιδρούν.



Σύμφωνα με το διάγραμμα 1, τα εικονικά εργαστήρια είναι συστήματα, τα χαρακτηριστικά των οποίων, μέσω των κατάλληλων διδακτικών μετασχηματισμών, επιτρέπουν τη διδακτική ένταξή τους σε διαδικασίες κατανόησης του φυσικού περιβάλλοντος.



*Διάγραμμα 1: Διδακτική ένταξη εικονικού εργαστηριακού περιβάλλοντος*

Η χρήση των ΤΠΕ (Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνιών) στην εκπαίδευση χαρακτηρίζεται από καινοτομίες και από την ανάπτυξη εικονικών εργαστηρίων που συνεισφέρουν σημαντικά στη διδασκαλία αλλά και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Jimoyiannis et. al., 2000; Jimoyiannis & Komis, 2001; Hofstein & Lunetta, 2004; Τζιμογιάννης, 2004; Μικρόπουλος, 2006; Ταραμόπουλος, 2011).

Οι παραπάνω εξελίξεις έχουν φτάσει στο συμπέρασμα ότι πρέπει να επαναπροσδιοριστεί ο ρόλος των εικονικών πειραμάτων και προσομοιώσεων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (National Research Council, 2000; Bybee, 2000; Krajcik, et al., 2001; Ευαγγέλου, 2012; Ταβέλη κ.α., 2012).

Η ένταξη στην εκπαιδευτική διαδικασία ενός **εικονικού εργαστηριακού περιβάλλοντος**, επηρεάζεται κυρίως από τρεις παράγοντες που προσδιορίζουν τις δυνατότητες του εικονικού περιβάλλοντος και το ρόλο που μπορεί αυτό να διαδραματίσει κατά τη διδασκαλία. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- A. Ο λειτουργικός παράγοντας**, που είναι σχετικός με τις απλοποιήσεις και το μετασχηματισμό της επιστημονικής θεωρίας, για να αναδειχθούν τα στοιχεία εκείνα που καλείται να διαχειριστεί το εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον.
- B. Το περιβάλλον διεπαφής του χρήστη**, που καθορίζει τον τρόπο αλληλεπίδρασης του χρήστη με το προσομοιωμένο περιβάλλον και
- Γ. Η ελευθερία χειρισμών του χρήστη**, που καθορίζει την παραχωμένη δυνατότητα στον χρήστη να παρεμβαίνει στον προσομοιωμένο κόσμο και να αλλάζει τις

παραμέτρους του ώστε να διερευνά τα φαινόμενα που τον ενδιαφέρουν (Kocijancic & O' Sullivan, 2004).

#### **A. Ο λειτουργικός παράγοντας**

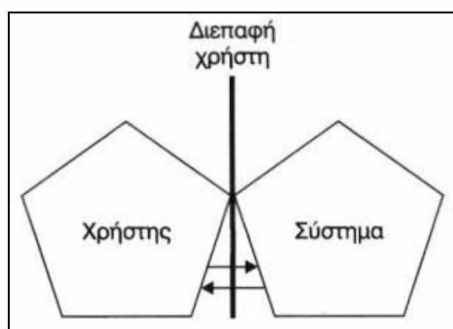
Το εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον απεικονίζει στην οθόνη του υπολογιστή ένα σύστημα από έννοιες, διαδικασίες, φαινόμενα και αντικείμενα ενσωματώνοντας σε αυτό στοιχεία των παραγόντων που παίρνουν μέρος. Η παραπάνω διαδικασία επιτυγχάνεται με τον μετασχηματισμό του φυσικού κόσμου (**Διάγραμμα 1**) μέσα από παραδοχές και απλοποιήσεις που μπορούν να γίνουν στην επιστημονική θεωρία, ώστε να αναδειχτούν τα λειτουργικά στοιχεία που καλείται να διαχειριστεί το εικονικό περιβάλλον. Συνεπώς, ο μετασχηματισμός αναφέρεται στο βαθμό συμφωνίας του πραγματικού φαινομένου με το φαινόμενο που αναπαρίσταται εικονικά. Γενικά, επιδιώκεται η συνέπεια ενός εικονικού περιβάλλοντος με το επιστημονικό πρότυπο ώστε να αποφευχθεί η καλλιέργεια εσφαλμένων αντιλήψεων στους διδασκόμενους. Σε πολλές περιπτώσεις όμως, εντοπίζεται αλλοίωση αυτής της συνέπειας, που έχει σκοπιμότητα, ώστε να είναι δυνατή η μελέτη φαινομένων με την επιλεκτική επίδραση ορισμένων παραγόντων και την απουσία άλλων, κάτι το οποίο είναι αδύνατο να γίνει σε ένα πραγματικό πείραμα.

Από την άλλη όμως πλευρά, η πολυπλοκότητα και η συνθετότητα του πραγματικού κόσμου δεν είναι εφικτό να προσδιοριστεί με ακρίβεια, με αποτέλεσμα την αναπόφευκτη έστω και μικρή απόκλιση των εικονικών φαινομένων από τα πραγματικά. Τα εικονικά περιβάλλοντα, παρότι φαίνεται ότι αποτελούν αναπαραστάσεις του πραγματικού κόσμου, αποτελούν ουσιαστικά αναπαραστάσεις των μοντέλων που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή του πραγματικού κόσμου (Λεύκος, 2011).

#### **B. Η διεπαφή του χρήστη**

Ο όρος διεπαφή χρήστη (user interface) είναι το σύνολο των συστατικών ενός συστήματος το οποίο επιτρέπει αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ συστήματος και χρήστη. Η διεπαφή χρήστη ενός συστήματος έχει σχέση με το ίδιο το σύστημα, το χρήστη του συστήματος και τον τρόπο που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.





**Διάγραμμα 2:** Σχηματική αναπαράσταση διεπαφής χρήστη

Το περιβάλλον διεπαφής των εικονικών εργαστηρίων χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερη φιλικότητα στη διασύνδεση του υπολογιστή με το χρήστη, κυρίως χάρη στις σύγχρονες τεχνικές πολυμέσων. Οι πολύ μεγάλες όμως δυνατότητες που δίνουν οι σύγχρονες τεχνικές απεικόνισης δε χρησιμοποιούνται ώστε να δημιουργηθούν περιβάλλοντα πολύ πλούσια σε παραστάσεις και όγκο «άχρηστων»-μη ουσιαστικών πληροφοριών. Αυτό θα δημιουργούσε παρόμοια προβλήματα με προβλήματα του φυσικού περιβάλλοντος που επιθυμούμε να αποφύγουμε. Για το λόγο αυτό, για καθαρά διδακτικούς σκοπούς δεν είναι επιθυμητή μία σχετικά ακριβής αναπαράσταση, αλλά μία επιλεκτική απόκλιση από την πραγματικότητα η οποία να συμβάλλει στην προσανατολισμένη διερεύνηση των φυσικών φαινομένων.

Κατά την εκτέλεση ενός πειράματος σε πραγματικό εργαστήριο, οι ενέργειες ρύθμισης τόσο των παραμέτρων όσο και των μεταβλητών επιτυγχάνονται με πρακτικούς χειρισμούς, ενώ κατά την εκτέλεση του πειράματος σε ένα εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον, ο χρήστης πραγματοποιεί χειρισμούς των μονάδων εισόδου του υπολογιστή (π.χ. πληκτρολόγιο, ποντίκι), που δεν έχουν το λειτουργικό αντίστοιχό τους στη φύση. Τα εικονικά εργαστήρια προκειμένου να επιτύχουν αληθοφανείς προσεγγίσεις των φαινομένων χρησιμοποιούν:

- κατάλληλα σχεδιασμένα εικονικά αντικείμενα με μορφή οικεία από την καθημερινότητα και
- χειρισμούς που προσομοιάζουν με τους πραγματικούς, δημιουργώντας την αίσθηση στο χρήστη ότι αυτός αλληλεπιδρά άμεσα με τα αντικείμενα.

Η αισθητική αληθοφάνεια βοηθάει το χρήστη αφενός να εξοικειωθεί με τις λειτουργίες του φυσικού περιβάλλοντος και αφετέρου να μεταφέρει τις γνώσεις και τις δεξιότητες που έλαβε από το αναπαριστώμενο περιβάλλον, στον πραγματικό κόσμο.

Σύμφωνα με τους Kocijancic & O' Sullivan (2004) στα εικονικά εργαστήρια ενσωματώνονται ως ειδικά μέσα μετάδοσης πληροφοριών, κατά τη μελέτη των

φυσικών φαινομένων, οι πολλαπλές αναπαραστάσεις της εξέλιξης ενός φαινομένου και οι γραφικές παραστάσεις των μεταβολών των μεγεθών. Ακόμη, αντιλαμβανόμαστε τη χρονική εξέλιξη του εκάστοτε φαινομένου μέσα από τα ορατά αποτελέσματά του. Πιο συγκεκριμένα, η φωτοβολία ενός λαμπτήρα, η κίνηση ενός σώματος είναι παραδείγματα φαινομένων που η χρονική εξέλιξή τους γίνεται εύκολα αντιληπτή, καθώς είναι ορατά τα αποτελέσματα των φαινομένων. Υπάρχουν όμως και φαινόμενα όπως, το άνοιγμα ή το κλείσιμο διακόπτη σε κύκλωμα πηνίου-πηγής, η φόρτιση ή η εκφόρτιση πυκνωτή, στα οποία δεν υπάρχουν μακροσκοπικά ορατές ενδείξεις. Για να γίνουν αντιληπτά αυτά τα φαινόμενα τα μόνα οπτικά εργαλεία που διαθέτουν οι μαθητές είναι οι μεταβολές της φωτοβολίας ενός λαμπτήρα που είναι συνδεδεμένος στο κύκλωμα και η κατασκευή της γραφικής παράστασης της τάσης ή της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα σε συνάρτηση με το χρόνο. Βέβαια, η χρονική εξέλιξη των παραπάνω φαινομένων μπορεί να είναι ταχύτατη, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η παρατήρηση της μεταβολής τόσο της φωτοβολίας του λαμπτήρα, όσο και των ενδείξεων των οργάνων μέτρησης. Αντιθέτως, σε ένα εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον η χρονική εξέλιξη του φαινομένου είναι ελεγχόμενη και μπορεί σε κάθε στιγμή να παγώσει η εξέλιξη του φαινομένου προκειμένου ο μαθητής να κάνει τις απαραίτητες παρατηρήσεις. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας-σχηματισμού γραφικής παράστασης ταυτόχρονα με την χρονική εξέλιξη του πειράματος, που δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να έχει εικόνα της χρονικής εξέλιξης του φαινομένου. Με τη συγχρονική γραφική απεικόνιση ο μαθητής μπορεί να αντιληφθεί καλύτερα τη χρονική εξέλιξη των μεγεθών του πειράματος και έτσι να γίνει απλούστερη η διασύνδεση θεωρίας και φαινομένου.

### **Γ. Η ελευθερία χειρισμών**

Βασικό στοιχείο του εικονικού περιβάλλοντος, αποτελεί η δυνατότητα ελέγχου και ελευθερίας χειρισμών που παρέχονται στο χρήστη, έτσι ώστε αυτός να έχει δυνατότητα παρέμβασης στα διάφορα στοιχεία του λογισμικού. Αυτό καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τη μορφή αλληλεπίδρασης του χρήστη με το διερευνητικό περιβάλλον. Ο χρήστης έχει την ευελιξία να δημιουργεί πειραματικές διατάξεις ανάλογα με τους επιδιωκόμενους διδακτικούς στόχους, να επιλέγει μέσα από μια μεγάλη ποικιλία εικονιδίων που αντιπροσωπεύουν αντικείμενα, ιδιότητες και σχέσεις μεταξύ τους ή λειτουργίες διαχείρισης. Αντίθετα, κατά τη διεξαγωγή ενός πραγματικού εργαστηριακού πειράματος, είναι περιορισμένη η δημιουργία δυναμικών καταστάσεων

αλληλεπίδρασης πολλών μεταβλητών, μέσα από τις οποίες οι μαθητές να μπορούν να διερευνήσουν τις ποσότητες των φυσικών μεγεθών που επηρεάζουν την εξέλιξη των φαινομένων που μελετώνται. Ενώ, τα εικονικά εργαστήρια η δυναμική αλληλεπίδρασης περιλαμβάνει τόσο τη δυνατότητα παραμετροποίησης των φυσικών μεγεθών, όσο και τη δυνατότητα μεταβολής παραμέτρων που δεν υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο. Σύμφωνα με έρευνες, οι προσομοιώσεις φαινομένων σε αλληλεπιδραστικό περιβάλλον βοηθούν τους μαθητές να χειριστούν τις συνθήκες εξέλιξης ενός φαινομένου, να μεταβάλλουν τις μεταβλητές που το επηρεάζουν και να παρατηρήσουν τα αποτελέσματα αυτών των χειρισμών (Jimogiannis & Komis, 2001).

### 1.2.3 Είδη εκπαιδευτικού λογισμικού

Σύμφωνα με τους Paterson και Strickland (1986) το εκπαιδευτικό λογισμικό μπορεί να ταξινομηθεί, μεταξύ άλλων, με κριτήριο τη χρήση του στη μαθησιακή διαδικασία ως εξής:

1. Λογισμικό εξάσκησης (Drill & Practice)
2. Λογισμικό Παρουσίασης (Tutorial)
3. Εκπαιδευτικό Παιχνίδι (Educational game)
4. Προσομοιώσεις-εικονικά εργαστήρια (Simulations)
5. Λογισμικό Επίλυσης προβλήματος (Problem solving software)
6. Περιβάλλοντα Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality)

#### Τύποι προσομοιώσεων

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Δημητριάδης, 2015) μπορούμε να διακρίνουμε διάφορα είδη προσομοιώσεων ανάλογα με την εκπαιδευτική τους στόχευση:

**A. Εννοιολογική (conceptual):** περιλαμβάνει έννοιες, γεγονότα και αρχές σχετικά με το σύστημα που προσομοιώνεται. Διακρίνεται σε:

1. **φυσική προσομοίωση (natural):** στην οποία ένα φυσικό φαινόμενο ή κατάσταση αναπαρίσταται από το υπολογιστικό σύστημα στην οθόνη επιτρέποντας στον χρήστη να μάθει κάτι για αυτό όταν χειρίζεται κάποια ή κάποιες μεταβλητές (προσομοιωτής πτήσης)
2. **επαναληπτική προσομοίωση (iterative):** στην οποία ο χρήστης εκτελεί διαδοχικές φορές την προσομοίωση επιλέγοντας τιμές για τις διάφορες παραμέτρους.

**B. Λειτουργική (operational):** εστιάζει σε αλληλουχίες νοητικών διαδικασιών που ενεργοποιούνται κατά τη λειτουργία και χειρισμό του συστήματος. Διακρίνεται σε:

1. **διαδικαστική προσομοίωση (procedural):** η οποία στοχεύει να διδάξει μια αλληλουχία ενεργειών για την επίτευξη κάποιου στόχου
2. **προσομοίωση κατάστασης (situational):** κατά την οποία ο χρήστης εξερευνά εναλλακτικές διαδρομές σε ένα σύστημα για να μελετήσει τις επιπτώσεις τους.

Όσον αφορά την προσομοίωση (simulation) αυτή ορίζεται ως η μέθοδος μελέτης ενός αντικειμένου ή ενός φαινομένου ή μιας δραστηριότητας ή μιας διαδικασίας, με τη βοήθεια ενός άλλου συστήματος. Πρόκειται δηλαδή, για μια αναπαράσταση ή ένα μοντέλο που έχει κατασκευαστεί για να αναπαραστήσει και να επιτρέψει την

κατανόηση της λειτουργίας ενός συστήματος. Το σύστημα προσομοίωσης «μιμείται» τη συμπεριφορά αυτού που αναπαριστά και συνεπώς επιτρέπει εξοικείωση με τα χαρακτηριστικά του και κατανόηση των λειτουργιών του. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ένα μοντέλο που «εκτελείται» σε έναν υπολογιστή.

Στη σχολική πράξη η προσομοίωση, δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν πειράματα που υπό πραγματικές συνθήκες θα ήταν αρκετά επικίνδυνα (ένα πείραμα χημείας) ή θα απαιτούσαν αρκετό χρόνο (Klahr et al., 2007). Τα εικονικά περιβάλλοντα μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες πειραματισμού που δεν είναι επιτεύξιμες σε ένα πραγματικό εργαστήριο, όπως π.χ. η απουσία τριβών και αντιστάσεων. Επιπλέον, η παρατήρηση φαινομένων που εξελίσσονται πολύ γρήγορα ή πολύ αργά ή δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι, δεν είναι δυνατή σε ένα πραγματικό εργαστήριο στα πλαίσια ενός μαθήματος μίας διδακτικής ώρας. Άλλο ένα πλεονέκτημα της προσομοίωσης είναι ότι κοστίζει λιγότερα χρήματα από ένα πραγματικό πείραμα και δίνει τη δυνατότητα επανάληψης του ιδίου φαινομένου κατά βούληση των μαθητών. Επιπλέον, οι πραγματικές διατάξεις μπορεί να τραβήξουν την προσοχή των μαθητών και να τους αποπροσανατολίσουν από τα στοιχεία του μοντέλου που εξερευνούν (Finkelstein et al., 2005). Τέλος, τα εικονικά περιβάλλοντα μπορούν να βοηθήσουν στην αποτελεσματική αντιμετώπιση δυσκολιών ώστε να εκτιμηθούν οι προβλέψεις τις θεωρίας σε περιπτώσεις που δεν είναι παρατηρήσιμες στην πραγματικότητα.

### **1.3 Παιδαγωγική αξιοποίηση εκπαιδευτικών λογισμικών**

Σε μια διδασκαλία που έχει άκρως παραδοσιακό χαρακτήρα, ο ίδιος ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τη γνώση και τις πληροφορίες σε ένα προκαθορισμένο πλαίσιο, συνήθως με όρους και λέξεις που οι ίδιοι οι μαθητές δεν μπορούν να αντιληφθούν. Σε αυτό το πλαίσιο οι μαθητές καλούνται, βασιζόμενοι στη θεωρία που έχουν προηγουμένως διδαχθεί, να γενικεύσουν και να δημιουργήσουν πιθανές συνδέσεις μεταξύ των συνθηκών ενός προβλήματος που τους τίθεται και των αναγκών πράξεων για την επίλυση του προβλήματος. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές, αν και μπορούν να απομνημονεύσουν μια πληροφορία δύσκολα μπορούν να την «ανασύρουν» και να τη χρησιμοποιήσουν όταν αυτή χρειάζεται για την επίλυση ενός προβλήματος (Pelerman, 1992). Οι δυσκολίες που εμφανίζονται στην κατανόηση και αφομοίωση της επιστημονικής γνώσης για τις Φυσικές Επιστήμες καθιστούν απαραίτητη την αλλαγή του τρόπου διδασκαλίας από τον παραδοσιακό δασκαλοκεντρικό σε άλλες μορφές που εμπλέκουν τους μαθητές σε δημιουργικές μαθησιακές διαδικασίες. Σύμφωνα με την Vosniadou (1994) η εννοιολογική κατανόηση μπορεί να προέλθει μέσα από μαθησιακές διαδικασίες οι οποίες προάγουν τη γνωστική σύγκρουση των μαθητών. Η διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής, σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, με τη χρήση κατάλληλων λογισμικών συμβάλλει ουσιαστικά σε αυτή την εννοιολογική αλλαγή (Bybee 2000).

Τα λογισμικά μπορούν να αποτελέσουν ένα αρκετά χρήσιμο διδακτικό εργαλείο και να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τη μαθησιακή διαδικασία στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Οι μαθητές μπορούν να εμπλακούν ενεργά σε διαδικασίες μελέτης και έρευνας, έρχονται σε επαφή με την επιστήμη με άμεσο τρόπο και επιτυγχάνουν υψηλότερα επίπεδα μάθησης όταν εμπλέκονται σε τέτοιου είδους δραστηριότητες (Ευαγγέλου & Κώτσης, 2009 & Brant, et. al., 1991). Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι η χρήση των αισθήσεων των μαθητών βοηθάει αρκετά στην κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου. Πιο συγκεκριμένα, οι προσομοιώσεις για το μάθημα της Φυσικής έχουν παιδαγωγική αξία καθώς συνδέουν τη θεωρία με την πράξη (Hertel & Millis, 2002).

Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί ότι στη χρήση των εικονικών πειραμάτων/λογισμικών εντοπίζονται και περιορισμοί κυρίως στο γεγονός ότι οι διατάξεις απαιτούν πολύπλοκους χειρισμούς ή δεν υπάρχει ελευθερία παρέμβασης στις



διατάξεις των εργαστηριακών οργάνων (Pyatt & Sims, 2007). Σύμφωνα με μελέτες, προκύπτει ότι τα λογισμικά έχουν την ίδια αποτελεσματικότητα με τα πραγματικά πειράματα ή είναι πιο αποτελεσματικά, ως προς την επιφερόμενη εννοιολογική εξέλιξη (Finkelstein, 2005, Zacharia, 2007). Από σχετικές έρευνες, αποδεικνύεται ότι τα εκπαιδευτικά προγράμματα σε συνδυασμό με τις προσομοιώσεις, παρέχουν ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο που οδηγεί στην επίλυση προβλημάτων (Kirkley, 2004).

Βέβαια, υπάρχουν και μελέτες στις οποίες τα λογισμικά δεν είναι τόσο αποτελεσματικά όσο τα πραγματικά (Marshall & Young, 2006) και συνεπώς η αποτελεσματικότητα των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων σε σχέση με τα πραγματικά εργαστήρια εξακολουθεί να αποτελεί ένα ανοικτό ερευνητικό ερώτημα.

## **1.4 Θεωρίες Μάθησης και Εκπαιδευτικό Λογισμικό**

Ο τρόπος που χρησιμοποιούνται τα εκπαιδευτικά λογισμικά στη μαθησιακή διαδικασία εξαρτάται τόσο από τη διδακτική προσέγγιση που ακολουθεί όσο και από τις παιδαγωγικές θεωρίες και τις Θεωρίες Μάθησης που χρησιμοποιούνται. Σύμφωνα με τη διδακτική προσέγγιση και τις θεωρίες μάθησης μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κατηγορίες: (ΕΤΠΕ, 2002)

**1. Περιβάλλοντα Καθοδηγούμενης Διδασκαλίας** που στηρίζονται κυρίως στις Θεωρίες Συμπεριφοράς (drill and practice, tutorials, games, multimedia)

**2. Περιβάλλοντα Μάθησης μέσω (καθοδηγούμενης ή όχι) Ανακάλυψης και Διερεύνησης** που στηρίζονται κυρίως στις Γνωστικές Θεωρίες και στις Θεωρίες Οικοδόμησης της Γνώσης (discovery, exploratory learning)

**3. Περιβάλλοντα Έκφρασης, Οικοδόμησης, Επικοινωνίας και Αναζήτησης της Πληροφορίας** που στηρίζονται στις Θεωρίες Οικοδόμησης της Γνώσης και κυρίως δε στις Κοινωνικοπολιτισμικές Θεωρίες Μάθησης (portals, web games).

Οι κυριότερες σύγχρονες θεωρίες για τη μάθηση είναι: οι συμπεριφοριστικές (Behaviorism), η ανακαλυπτική, ο εποικοδομητισμός (Constructivism) με τις διάφορες μορφές του και οι κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης.

Πιο συγκεκριμένα, στις συμπεριφοριστικές θεωρίες το επίκεντρο της διδασκαλίας είναι ο ίδιος ο εκπαιδευτικός και η διδασκαλία στοχεύει στην τροποποίηση της συμπεριφοράς του μαθητή ως αποτέλεσμα πρόσκτησης της νέας γνώσης και αγνοούνται οι προηγούμενες γνώσεις (Boyle, 1997). Σύμφωνα με τον Bruner (1961), στις ανακαλυπτικές θεωρίες τονίζεται ο ρόλος της αλληλεπίδρασης των μαθητών με τα υλικά για μια αποτελεσματική μάθηση. Οι μαθητές εμπλέκονται σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων με την καθοδήγηση του εκάστοτε εκπαιδευτικού χωρίς πάλι όμως να λαμβάνονται υπόψη οι αρχικές τους ιδέες. Οι μαθητές στα πλαίσια μια ανακαλυπτικής διδασκαλίας παρατηρούν, κάνουν μετρήσεις, καταγράφουν, συγκρίνουν, σχεδιάζουν και εκτελούν ένα πείραμα, προβλέπουν και ελέγχουν τις προβλέψεις τους και βγάζουν συμπεράσματα (Hacker, 1984, Καριώτογλου 2006). Το ανακαλυπτικό μοντέλο μάθησης αγνοεί τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών.

Αντίθετα, σύμφωνα με τις θεωρίες της εποικοδόμησης η μάθηση είναι η εξέλιξη ή η αλλαγή των προηγούμενων αντιλήψεων του μαθητή. Κυρίαρχο ρόλο σε αυτές τις θεωρίες κατέχουν οι ιδέες των μαθητών πάνω στις οποίες οικοδομεί ο κάθε μαθητής



χωριστά τη γνώση (Driver, 2000). Οι μαθητές κατασκευάζουν προσωπικά νοήματα για το προς διδασκαλία γνωστικό αντικείμενο, βασιζόμενοι στις προϋπάρχουσες ιδέες τους και στη διδασκαλία. Αυτές οι ιδέες (εναλλακτικές απόψεις) δομούνται από τους μαθητές σύμφωνα με προσωπικές τους εμπειρίες τόσο από το φυσικό όσο και από το κοινωνικό περιβάλλον στο οποίο ζούνε (Καριώτογλου, 2006).

Εξέλιξη, των παραπάνω θεωριών αποτελεί η διερευνητική προσέγγιση που αποτελεί μια ευρέως αποδεκτή μέθοδο διδασκαλίας κυρίως στο μάθημα των φυσικών επιστημών, σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Minner et, al., 2010). Σε αυτή την περίπτωση οι ίδιοι οι μαθητές με τρόπο ενεργητικό και με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, ανακαλύπτουν τη νέα γνώση (Driver 1986, Κουμαράς 1990). Βασικό στοιχείο της διερευνητικής διδασκαλίας, αποτελεί η πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών και η παροχή κινήτρων (Jong & Van Joolingen, 1998) καθώς και η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών. Η διδασκαλία θέτει το μαθητή στο επίκεντρο και ο εκπαιδευτικός έχει καθοδηγητικό ρόλο. Καθώς οι μαθητές επεξεργάζονται διάφορες προσομοιώσεις, η γνώση προσεγγίζεται βιωματικά και τους δίνεται η δυνατότητα να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Η διδασκαλία, του μαθήματος της φυσικής, με τη βοήθεια των εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων γίνεται μέσω κατάλληλων διδακτικών σεναρίων τα οποία καθορίζουν αρκετά το βαθμό καθοδήγησης από τους εκπαιδευτικούς. Βέβαια σε πολλά λογισμικά δίνεται η δυνατότητα στον εκπαιδευτικό αλλά και στους μαθητές να διαφοροποιήσουν την διάταξη του εκάστοτε πειραματικού περιβάλλοντος. Συμπερασματικά, όποια μέθοδος και να ακολουθηθεί, το εικονικό περιβάλλον λειτουργεί συμπληρωματικά της παραδοσιακής διδασκαλίας.

## **1.5 Αξιολόγηση Εκπαιδευτικού Λογισμικού**

Η διαδικασία της αξιολόγησης ενός Εκπαιδευτικού Λογισμικού είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και βασίζεται σε ένα σύνολο καθορισμένων προδιαγραφών και αναμενόμενων αποτελεσμάτων, που προκύπτουν από τη χρήση του προϊόντος που αξιολογείται (Μικρόπουλος, 2000). Η Σολωμονίδου (2006) ορίζει την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού λογισμικού πολυμέσων ως μια τυπική διαδικασία η οποία σχετίζεται άμεσα με τη σχεδίαση του και επιτρέπει σε τρίτους να εκτιμήσουν την αποτελεσματικότητά του ως προς τον σκοπό για τον οποίο αναπτύχθηκε ή χρησιμοποιείται. Για να αξιολογηθεί ένα εκπαιδευτικό λογισμικό εντοπίζονται διάφορες μέθοδοι και τεχνικές, δεν υπάρχουν όμως κοινά αποδεκτά κριτήρια για όλα τα εκπαιδευτικά λογισμικά. Μέσω της αξιολόγησης δίνεται η δυνατότητα βελτίωσης του συγκεκριμένου λογισμικού και η πρακτική χρήση των αποτελεσμάτων στη δημιουργία παρόμοιων λογισμικών (Παναγιωτακόπουλος, Πιερρακέας & Πιντέλας, 2003).

Η αξιολόγηση του Εκπαιδευτικού Λογισμικού αφορά όλα τα εμπλεκόμενα μέρη από την επιστημονική ομάδα που ήταν υπεύθυνη για την παραγωγή του, τον εκπαιδευτικό που το χρησιμοποίησε, μέχρι και το μαθητή που συμμετέχει στην εκπαιδευτική διαδικασία. Επιπλέον, αφορά τους ειδικούς στη διδακτική μεθοδολογία, το φορέα χρηματοδότησης, την εκπαιδευτική διοικητική αρχή στα όρια δικαιοδοσίας της οποίας πρόκειται να εφαρμοστεί και τέλος την ερευνητική εκπαιδευτική κοινότητα (Μικρόπουλος, 2000).

Οι γενικοί στόχοι της αξιολόγησης του Εκπαιδευτικού Λογισμικού είναι να εξεταστεί ο διδακτικός και παιδαγωγικός σχεδιασμός του και να επισημανθούν τα θετικά αλλά και τα αρνητικά του στοιχεία (Chinién & Hlynka, 1993). Ακόμη, να αξιολογείται από τεχνολογικής άποψης για τον εντοπισμό του βαθμού αποτελεσματικότητας των τεχνολογιών που χρησιμοποιήθηκαν αναδεικνύοντας τα ισχυρά και τα αδύνατά του σημεία. Επίσης, αξιολογούνται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του ώστε να προκύψουν πιθανές βελτιωτικές αλλαγές και να αναδειχθούν τα στοιχεία εκείνα τα οποία θα βελτίωναν την επεκτασιμότητα του. Το λογισμικό μπορεί να λειτουργήσει σαν εκπαιδευτικό μέσο για συγκεκριμένο εκπαιδευτικό θέμα, συνεπώς πρέπει να μετρηθεί ο βαθμός καταλληλότητάς του (Μικρόπουλος, 2000). Εκτός αυτού, πρέπει να πληροί κάποιες

βασικές αρχές για να είναι κατάλληλο για εκπαιδευτική χρήση. Σύμφωνα με τους Γεωργιάδου & Οικονομίδης (2001), τέτοιοι παράγοντες είναι η κατάλληλη παρουσίαση και οργάνωση της ύλης, οι διαδικασίες υποστήριξης και η αξιολόγηση της μάθησης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω γίνεται σαφές πως η διαδικασία της αξιολόγησης είναι μια διαδικασία που ξεκινά από τη πρώτη στιγμή της παραγωγής του Εκπαιδευτικού Λογισμικού και συνεχίζεται και μετά την παραγωγή και διάθεσή του, προκειμένου να προσαρμοστεί στα συνεχώς μεταβαλλόμενα εκπαιδευτικά δεδομένα της εκάστοτε χώρας (Παναγιωτακόπουλος, Πιερρακέας & Πιντέλας, 2003).

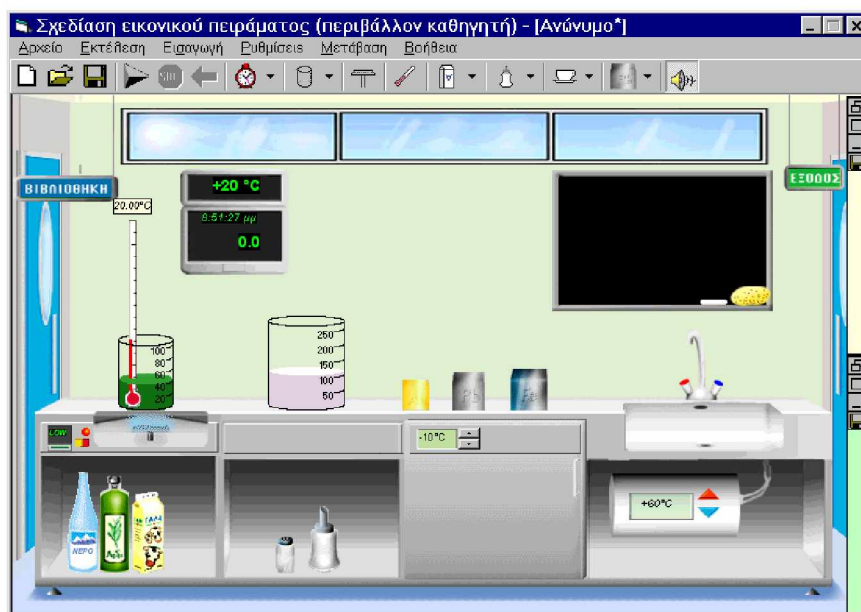
## 1.6 Λογισμικά που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

### 1.6.1 Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον (Σ.Ε.Π. )

Ένα παράδειγμα ολοκληρωμένου εικονικού εργαστηρίου, το οποίο χρησιμοποιείται στα σχολεία, είναι το Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον (Σ.Ε.Π.). Το λογισμικό Σ.Ε.Π. αποτελείται από δυο ανοιχτά εικονικά εργαστήρια, το «Εργαστήριο Θερμότητας» και το «Εργαστήριο Θερμοδυναμικής» για την υποστήριξη της εργαστηριακής διδασκαλίας των θερμικών φαινομένων. Παράλληλα, με τα εργαστήρια αυτά, υπάρχει μια επιλεγμένη εικονική βιβλιοθήκη που περιέχει πολυμεσικό υλικό, που είναι σχετικό με την τεχνολογία και τις καθημερινές εφαρμογές.

#### Τα εικονικά εργαστήρια

Κάθε ένα από τα δυο εικονικά εργαστήρια αποτελούν και ένα προσομοιωμένο μικρόκοσμο της φυσικής επιστήμης. Το κάθε εικονικό εργαστήριο διαθέτει δυο τρόπους λειτουργίας, έναν για τον εκπαιδευτικό και έναν για τον μαθητή. Ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να επιλέγει τα εικονικά όργανα, και είτε ο ίδιος να συνθέτει την πειραματική διάταξη, είτε να διαθέτει τα εικονικά όργανα στον μαθητή, ώστε ο αυτός να συνθέσει την εικονική διάταξη.



**Εικόνα 1:** Διάταξη εικονικού εργαστηρίου θερμότητας λογισμικού Σ.Ε.Π.

**Πηγή:** CD Λογισμικού Σ.Ε.Π.

Ο μαθητής, ανάλογα με τη μορφή του εικονικού εργαστηρίου, είτε έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί μια προαποφασισμένη πειραματική διάταξη, είτε μπορεί να επιλέξει και να συνθέσει ο ίδιος μια ελεύθερη πειραματική διάταξη.

### ***Το πολυμεσικό υλικό***

Το πολυμεσικό υλικό έχει κατηγοριοποιηθεί, ανάλογα με το είδος της πληροφορίας που φέρει, σε ομάδες όπως: κείμενα ιστορικών πληροφοριών, προσομοιώσεις φαινομένων, πειράματα, video πειραμάτων, θέματα τεχνολογίας ή καθημερινής ζωής. Το λογισμικό Σ.Ε.Π. είναι ένα παράδειγμα ολοκληρωμένου εικονικού εργαστηρίου το οποίο χρησιμοποιείται στα σχολεία (Ψύλλος κ.α., 2000, Λεύκος κ.α. 2005).

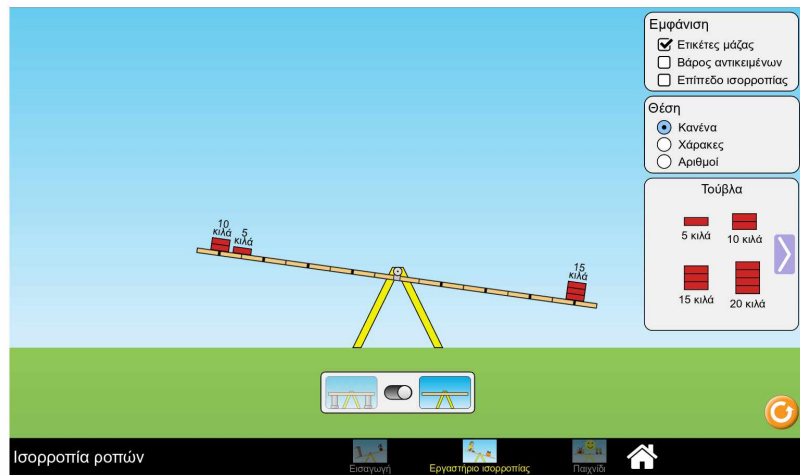
Το λογισμικό Σ.Ε.Π. αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος του Υπουργείου Παιδείας "ΝΑΥΣΙΚΑ" και χρηματοδοτήθηκε από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης και Αρχικής Επαγγελματικής Κατάρτισης (ΕΠΕΑΕΚ). Μετά το σχεδιασμό και κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του λογισμικού πραγματοποιούνταν διαρκής προ-αξιολόγησή του από το ΙΤΥ, τον φορέα υλοποίησης του έργου ΝΑΥΣΙΚΑ, αλλά και από έμπειρους εκπαιδευτικούς του κλάδου ΠΕ04. Οι παρατηρήσεις και οι υποδείξεις τους βοήθησαν σημαντικά την επιστημονική ομάδα στη βελτίωση της οργάνωσης του προγράμματος.

### ***1.6.2 Διαδραστικές προσομοιώσεις PhET***

Το PhET (Physics Education Technology) περιλαμβάνει ένα σύνολο διαδραστικών προσομοιώσεων, οι οποίες είναι ελεύθερα διαθέσιμες με άδεια χρήσης Creative Commons CC- BY, στην ιστοσελίδα <http://phet.colorado.edu> και είναι εύκολο να χρησιμοποιηθούν και να ενσωματωθούν στη διδασκαλία. Η ιστοσελίδα δημιουργήθηκε το 2003 από το Πανεπιστήμιο του Colorado των Η.Π.Α. και για το λόγο αυτό είναι γνωστή και ως PhET Colorado και ανανεώνεται συνεχώς με προσθήκη και νέων προσομοιώσεων.

Οι προσομοιώσεις είναι γραμμένες σε γλώσσα HTML 5 (υπάρχουν και παλαιότερες γραμμένες σε Java και Flash) και μπορούν να «τρέξουν» σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, με τη χρήση ενός οποιοδήποτε φυλλομετρητή (Google Chrome, Mozilla Firefox, Internet Explorer κ.α.). Κάθε προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δυο τρόπους, είτε απευθείας (online) από την ιστοσελίδα <http://phet.colorado.edu>, είτε να αποθηκευθεί στον υπολογιστή και να αναπαραχθεί εκτός σύνδεσης (offline).





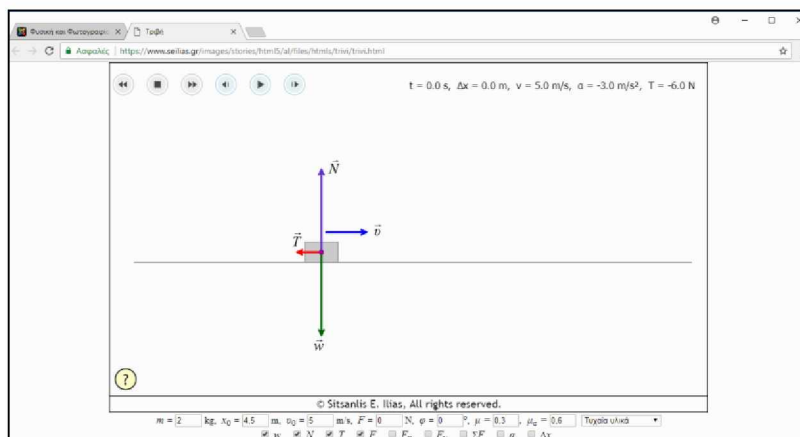
**Εικόνα 2:** Προσομοίωση ισορροπίας ροπών  
**Πηγή:** <https://phet.colorado.edu/en/simulation/balancing-act>

Στις προσομοιώσεις υπάρχουν διαθέσιμα όργανα μέτρησης (αμπερόμετρα, βολτόμετρα, θερμόμετρα, ζυγοί κ.α.) αλλά και χάρακας, που επιτρέπουν στο χρήστη και την ποσοτική διερεύνηση των φυσικών φαινομένων. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πολλούς τρόπους για εκπαιδευτικούς σκοπούς, όπως σε παρουσίαση στο πλαίσιο μιας διάλεξης ή σε εργαστηριακές δραστηριότητες.

Ένα σημαντικό στοιχείο που καθιστά εύχρηστες τις προσομοιώσεις είναι η υποστήριξη της ελληνικής γλώσσας ανάμεσα σε δεκάδες άλλες γλώσσες. Επίσης υπάρχουν διαθέσιμα αναλυτικά εγχειρίδια δραστηριοτήτων στην ελληνική γλώσσα και μια μεγάλη κοινότητα εκπαιδευτικών, που χρησιμοποιεί και στηρίζει ενεργά το PHET.

### 1.6.3 Διαδραστικές προσομοιώσεις Seilias

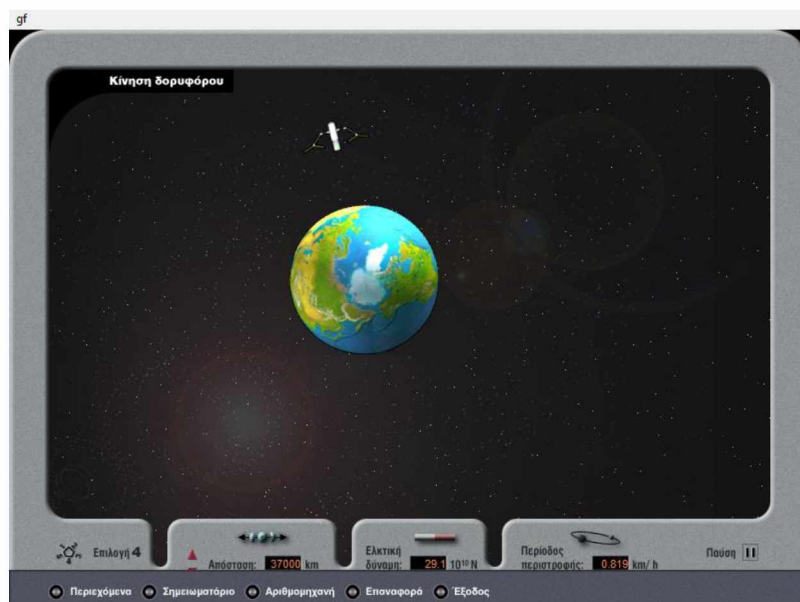
Η ιστοσελίδα [www.seilias.gr](http://www.seilias.gr) δημιουργήθηκε το 2008 από τον Ηλία Σιτσανλή, Φυσικός στο 1ο Γενικό Λύκειο Αλεξανδρούπολης. Στην ιστοσελίδα υπάρχουν πάνω από διακόσιες προσομοιώσεις σε μορφή HTML5, Java και Flash. Οι προσομοιώσεις σε μορφή HTML5 παίζονται σε σταθερό υπολογιστή, σε laptop και σε tablet. Τα flash αρχεία αναπαράγονται σε σταθερό υπολογιστή και σε laptop, αλλά δεν ενδείκνυται για tablet, ενώ τέλος οι προσομοιώσεις που είναι σε μορφή Java παίζονται σε σταθερό υπολογιστή και laptop μόνο. Υπάρχει δυνατότητα οι προσομοιώσεις να αποθηκεύονται στο σκληρό δίσκο και να εκτελούνται τοπικά. Για να «τρέξουν» θα πρέπει να έχετε εγκατασταθεί στον υπολογιστή η Java.



**Εικόνα 3:** Προσομοίωση σε HTML5 για την τριβή ολίσθησης  
**Πηγή:** [http://www.seilias.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=467&Itemid=60&catid=65](http://www.seilias.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=467&Itemid=60&catid=65)

#### 1.6.4 Λογισμικό «Φυσική – Προσομοιώσεις Πειραμάτων»

Η χρήση του λογισμικού «Φυσική-Προσομοιώσεις Πειραμάτων» έχει ως στόχο την υποστήριξη της διδασκαλίας του μαθήματος της Φυσικής δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και συγκεκριμένα του Λυκείου. Το λογισμικό πραγματεύεται 13 θεματικές ενότητες από το χώρο κυρίως της μηχανικής, των ταλαντώσεων, του ηλεκτρομαγνητισμού και της οπτικής. Ο σχεδιασμός του στηρίχθηκε στην διερευνητική και ανακαλυπτική μέθοδο διδασκαλίας, οι οποίες θεωρούνται ως οι καταλληλότερες για την πληρέστερη κατανόηση των φυσικών φαινομένων και εννοιών.



**Εικόνα 4:** Προσομοίωση κίνησης δορυφόρου  
**Πηγή:** CD Λογισμικού «Φυσική – Προσομοιώσεις Πειραμάτων»

Το λογισμικό δημιουργήθηκε στο πλαίσιο του πιλοτικού έργου E13-Ελπίνωρ της Οδύσσειας, που αφορούσε στην αξιοποίηση υπολογιστικών και δικτυακών τεχνολογιών στο Ενιαίο Λύκειο. Ως βασικό στόχο το έργο είχε την ανάπτυξη λογισμικού για μεγάλο αριθμό μαθημάτων του Ενιαίου Λυκείου και την πιλοτική εφαρμογή του σε 15 σχολικές μονάδες των περιοχών Αττικής, Λέσβου, Θράκης και Κεντρικής Μακεδονίας. Ο σχεδιασμός του έργου πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια καθηγητών του Ενιαίου Λυκείου, με απώτερο στόχο το λογισμικό να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο στην προσπάθεια των συναδέλφων τους αφενός να καλύψουν την ύλη και αφετέρου να μεταδώσουν αφηρημένες και δυσκολονόητες έννοιες στους μαθητές τους.



## Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία

### 2.1 Δείγμα έρευνας

Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε σε Γενικό Λύκειο της ευρύτερης περιοχής της Λαμίας κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο 2018. Στην έρευνα συμμετείχαν 37 συνολικά μαθητές και μαθήτριες Θετικού Προσανατολισμού της Β΄ Λυκείου, οι οποίοι ήταν κατανεμημένοι σε δύο τμήματα ως εξής: 17 μαθητές στο τμήμα ΒΘ1 και 20 μαθητές στο τμήμα ΒΘ2.

### 2.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην επίδραση των πειραματικών εικονικών προσομοιώσεων στη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής Θετικού Προσανατολισμού στη Β΄ Λυκείου.

Αυτό στο οποίο κυρίως επικεντρώνεται αφορά στην ανάδειξη των εσφαλμένων αντιλήψεων των μαθητών για το εκάστοτε διδακτικό αντικείμενο και ο μετασχηματισμός τους. Κατά πόσο δηλαδή οι μαθητές, με τη χρήση πειραματικών εικονικών προσομοιώσεων, τροποποιούν προϋπάρχουσες εναλλακτικές απόψεις τους, αποκτούν νέες γνώσεις σύμφωνες με τις επιστημονικά ορθές αντιλήψεις και χρησιμοποιούν τις γνώσεις αυτές για την ερμηνεία φαινομένων.

Σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι να διερευνηθεί ο βαθμός επίδρασης των πειραματικών προσομοιώσεων στη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής Θετικού Προσανατολισμού στη Β΄ Λυκείου και πιο συγκεκριμένα η ανάδειξη των σχετικών εσφαλμένων αντιλήψεων και εναλλακτικών ιδεών των μαθητών μέσα από τη συμπλήρωση των pre και post ερωτηματολογίων. Συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία μελετώνται τα ερευνητικά ερωτήματα:

- α) Ύπαρξη σχέσης μεταξύ της βαθμολογικής επίδοσης στο κάθε ερωτηματολόγιο και της διδασκαλίας με τη χρήση εικονικών προσομοιώσεων
- β) Κατά πόσο επηρέασαν οι διδακτικές παρεμβάσεις τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών
- γ) Πως αξιολογούν οι ίδιοι οι μαθητές κάθε λογισμικό που χρησιμοποιούν.

## 2.3 Ερευνητική διαδικασία

Η εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης διήρκεσε συνολικά 24 διδακτικές ώρες, κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν τέσσερα γνωστικά αντικείμενα – διδακτικές ενότητες που προβλέπονται από το αναλυτικό πρόγραμμα και τις οδηγίες διδασκαλίας, για τους μαθητές Θετικού Προσανατολισμού της Β΄ τάξης Γενικού Λυκείου όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 1.

α/α	Πειραματική Ομάδα	Ομάδα Ελέγχου	Διδακτικό Αντικείμενο	Λογισμικό - Προσομοίωση
1	BΘ1	BΘ2	Θερμότητα - Θερμοδυναμική	Σ.Ε.Π
2	BΘ2	BΘ1	Οριζόντια βολή	PhET
3	BΘ1	BΘ2	Κίνηση σωματιδίων σε Ο.Η.Π.	Seilias
4	BΘ2	BΘ1	Βαρυντικό πεδίο Γης - Δορυφόροι	Φυσική – Προσομοιώσεις πειραμάτων

**Πίνακας 1:** Γνωστικά αντικείμενα και λογισμικά

Σε κάθε γνωστικό αντικείμενο η διαδικασία περιελάμβανε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση, οι μαθητές και των δυο ομάδων (BΘ1 και BΘ2), απάντησαν στις ερωτήσεις ερωτηματολογίων (Βλ. Παράρτημα) σχετικές με το αντικείμενο που είχε προγραμματιστεί να διδαχθούν. Στόχος, ήταν η καταγραφή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σε τέσσερα γνωστικά αντικείμενα: Θερμότητα-Θερμοδυναμική, Οριζόντια Βολή, Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο, Βαρυντικό Πεδίο της Γης - Δορυφόροι. Οι μαθητές απάντησαν στις ερωτήσεις χωρίς να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους. Κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας πραγματοποίησαν στο εργαστήριο Πληροφορικής δραστηριότητες με τις οποίες διερεύνησαν τα υπό μελέτη φαινόμενα στο φιλικό εικονικό εργαστήριο, παρατηρώντας άμεσα και σε επανάληψη τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων. Οι δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν με την καθοδήγηση αντίστοιχου φύλλου εργασίας (Βλ. Παράρτημα), σχετικού με το υπό μελέτη διδακτικό αντικείμενο. Σε κάθε φύλλο εργασίας δίνονταν αναλυτικές οδηγίες οι οποίες καθοδηγούσαν τον μαθητή στην πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων, καθώς και διερευνητικές ερωτήσεις πρόβλεψης ενός φαινομένου. Στους μαθητές της ομάδας ελέγχου, κατά το ίδιο χρονικό διάστημα, πραγματοποιήθηκε διδασκαλία της θεωρίας

του αντίστοιχου διδακτικού αντικειμένου. Τέλος, κατά την τρίτη φάση και οι δυο ομάδες μαθητών απάντησαν ξανά, στις ίδιες ακριβώς ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που είχε τεθεί κατά την πρώτη φάση. Οι μαθητές απάντησαν κάθε ερώτηση χωρίς να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους.

## **2.4 Εργαλείο συλλογής δεδομένων**

Για την αξιολόγηση της μάθησης των μαθητών έγινε σύγκριση των απαντήσεών τους στα pre και post ερωτηματολόγια. Οι ερωτήσεις ήταν ίδιες τόσο στο pre-test όσο και στο post-test, ήταν ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών και σωστού-λάθους (Βλ. Παράρτημα).

Οι απαντήσεις των μαθητών σε κάθε ερωτηματολόγιο βαθμολογήθηκαν σε δύο μόνο επίπεδα. Κάθε λανθασμένη απάντηση βαθμολογείται με μηδέν και κάθε σωστή απάντηση με βαθμό που έχει προκαθοριστεί, έτσι ώστε η μέγιστη βαθμολογία σε κάθε test να είναι 20 βαθμοί. Η συνολική επίδοση του κάθε μαθητή προκύπτει από το άθροισμα της επίδοσής του σε όλες τις ερωτήσεις του κάθε test, ενώ η επίδοση του κάθε τμήματος είναι η μέση τιμή των επιδόσεων των μαθητών του τμήματος και είναι μία συνεχής μεταβλητή η οποία για τα test αυτά κυμαίνεται από 0 έως 20 βαθμούς.

Ο έλεγχος για την ύπαρξη διαφορών στις επιδόσεις ανάμεσα στα αποτελέσματα τόσο των pre-test όσο και των αντίστοιχων post-test έγινε με έλεγχο t για ζευγαρωτά δείγματα, αφού πρώτα πραγματοποιήθηκε έλεγχος αν τα δειγματικά δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή ή όχι.

## **2.5 Διδακτική παρέμβαση**

### **2.5.1 Διδακτικό αντικείμενο: Θερμότητα-Θερμοδυναμική**

Η διδακτική παρέμβαση στο γνωστικό αντικείμενο *Θερμότητα-Θερμοδυναμική*, ολοκληρώθηκε σε οκτώ διδακτικές ώρες, διάρκειας 45 λεπτών. Προκειμένου να διερευνηθούν οι αντιλήψεις και να εξεταστεί το μαθησιακό επίπεδο των μαθητών, κατά τη διάρκεια της πρώτης διδακτικής ώρας, διανεμήθηκε pre ερωτηματολόγιο «Ε1: Θερμότητα-Θερμοδυναμική» (Βλ. Παράρτημα). Οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν στις δέκα τέσσερις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, χωρίς να αλληλεπιδρούν μεταξύ



τους. Μετά το τέλος της συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου πραγματοποιήθηκε εισαγωγή στις έννοιες που διαπραγματεύεται στο αντίστοιχο γνωστικό αντικείμενο.

Τη δεύτερη διδακτική ώρα οι μαθητές της πειραματικής ομάδας (ΒΘ1) στο εργαστήριο πληροφορικής, πραγματοποίησαν τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας «ΦΕ1α: Θερμότητα» κάνοντας χρήση του εργαστηρίου θερμότητας στο λογισμικό «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον» (Βλ. Παράρτημα). Την αντίστοιχη διδακτική ώρα στους μαθητές της ομάδας ελέγχου (ΒΘ2) παρουσιάστηκε η θεωρία της ενότητας Θερμότητα, σύμφωνα με το μοντέλο της παραδοσιακής διδασκαλίας. Κατά την επόμενη διδακτική ώρα επιλύθηκαν από τους μαθητές και των δυο ομάδων ασκήσεις από το σχολικό βιβλίο.

Την τέταρτη διδακτική ώρα οι μαθητές του τμήματος ΒΘ1 βρέθηκαν ξανά στο εργαστήριο πληροφορικής και πραγματοποίησαν τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας «ΦΕ1β: Θερμοδυναμική» (Βλ. Παράρτημα) στο εικονικό εργαστήριο θερμότητας του λογισμικού «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον», με τους μαθητές του τμήματος ΒΘ2 να παρακολουθούν την ανάπτυξη του θεωρητικού τμήματος της ενότητας Θερμοδυναμική με έμφαση στους νόμους των αερίων. Κατά τις επόμενες τρεις διδακτικές ώρες, πέμπτη-έκτη και έβδομη, επιλύθηκαν ασκήσεις και προβλήματα.

Τέλος, οι μαθητές και των δυο τμημάτων, κατά τη διάρκεια της όγδοης ώρας, συμπλήρωσαν το post ερωτηματολόγιο «Ε1: Θερμότητα-Θερμοδυναμική» με τις ίδιες ακριβώς ερωτήσεις (Βλ. Παράρτημα).

### **2.5.2 Διδακτικό αντικείμενο: Οριζόντια βολή**

Η διδακτική παρέμβαση στο γνωστικό αντικείμενο *Οριζόντια Βολή* που εντάσσεται στη διδακτική ενότητα Καμπυλόγραμμες Κινήσεις, πραγματοποιήθηκε σε έξι διδακτικές ώρες, διάρκειας 45 λεπτών η κάθε μια. Κατά τη διάρκεια της πρώτης διδακτικής ώρας, διανεμήθηκε ερωτηματολόγιο «Ε2: Οριζόντια Βολή», προκειμένου να εξεταστεί το μαθησιακό επίπεδο των μαθητών για το γνωστικό αντικείμενο Οριζόντια Βολή. Οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν στις επτά ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και στη μια ερώτηση Σωστού-Λάθους, η οποία περιλάμβανε έξι υποερωτήματα, χωρίς να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Μετά το τέλος της διαδικασίας πραγματοποιήθηκε εισαγωγή στο αντικείμενο Οριζόντια Βολή.

Τη δεύτερη διδακτική ώρα οι μαθητές της πειραματικής ομάδας (ΒΘ2) πραγματοποίησαν στο εργαστήριο πληροφορικής τις δραστηριότητες που περιλάμβανε φύλλο εργασίας «ΦΕ2: Οριζόντια Βολή» για το ομώνυμο φαινόμενο, χρησιμοποιώντας

την προσομοίωση πειράματος με τίτλο «κίνηση εκτοξευόμενων αντικειμένων» στην ιστοσελίδα <https://phet.colorado.edu>. Κατά τη διάρκεια της αντίστοιχης διδακτικής ώρας, στους μαθητές της ομάδας ελέγχου (ΒΘ1) αναλύθηκε η θεωρία της ενότητας Οριζόντια Βολή.

Στη διάρκεια της επόμενης διδακτικής ώρας παρουσιάστηκε η έννοια της αρχής ανεξαρτησίας των κινήσεων, με χρήση παραδειγμάτων από την καθημερινότητα. Κατά τις επόμενες δυο διδακτικές ώρες οι μαθητές και των δυο ομάδων επέλυσαν ασκήσεις.

Ακολούθησε ανακεφαλαίωση της ενότητας, κατά τη διάρκεια της έκτης διδακτικής ώρας, όπου οι μαθητές και των δυο τμημάτων επανέλαβαν τη συμπλήρωση του post ερωτηματολογίου «Ε2: Οριζόντια Βολή» (Βλ. Παράρτημα).

### ***2.5.3 Διδακτικό αντικείμενο: Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο***

Η διδακτική παρέμβαση στο γνωστικό αντικείμενο *Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο* που εντάσσεται στη ευρύτερη διδακτική ενότητα Ηλεκτρικό Πεδίο, πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο τεσσάρων διδακτικών ωρών, διάρκειας 45 λεπτών η κάθε μια.

Αρχικά, κατά τη διάρκεια της πρώτης διδακτικής ώρας διανεμήθηκε pre ερωτηματολόγιο «Ε3: Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο» προκειμένου να διερευνηθεί το μαθησιακό επίπεδο των μαθητών στο συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο. Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από τρεις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και τρεις ερωτήσεις Σωστού-Λάθους με δεκαέξι υποερωτήματα συνολικά. Οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν, χωρίς να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, σε όλα τα ερωτήματα. Μετά το τέλος της διαδικασίας πραγματοποιήθηκε εισαγωγή στο αντικείμενο Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο και στη σπουδαιότητα της χρήσης της αρχής ανεξαρτησίας των κινήσεων στο φαινόμενο.

Την επόμενη διδακτική ώρα, στο εργαστήριο πληροφορικής, οι μαθητές του πειραματικής ομάδας (ΒΘ1) πραγματοποίησαν τις δραστηριότητες που περιελάμβανε φύλλο εργασίας «ΦΕ3: Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο», κάνοντας χρήση της προσομοίωσης πειράματος με τίτλο «Κίνηση Φορτίου σε Ομογενές Ηλεκτρικό Πεδίο» στην ιστοσελίδα [www.seilias.gr](http://www.seilias.gr). Οι μαθητές του άλλου τμήματος (ΒΘ2) παρακολούθησαν την ανάλυση της θεωρίας της ενότητας Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο. Κατά τη

διάρκεια της τρίτης διδακτικής ώρας, επιλύθηκαν ασκήσεις από τους μαθητές και των δυο τμημάτων.

Με το τέλος της ενότητας, κατά τη διάρκεια της τέταρτης διδακτικής ώρας ακολούθησε ανακεφαλαίωση και οι μαθητές και των δυο τμημάτων συμπλήρωσαν το post ερωτηματολόγιο «Ε3: Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο» (Βλ. Παράρτημα).

#### **2.5.4 Διδακτικό αντικείμενο: Βαρυτικό πεδίο της Γης-Δορυφόροι**

Η διδακτική παρέμβαση στο γνωστικό αντικείμενο *Βαρυτικό πεδίο της Γης-Δορυφόροι*, πραγματοποιήθηκε και ολοκληρώθηκε κατά τη διάρκεια έξι διδακτικών ωρών, διάρκειας 45 λεπτών η κάθε μια.. Για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων, διανεμήθηκε pre ερωτηματολόγιο «Ε4: Βαρυτικό Πεδίο της Γης-Δορυφόροι» (Βλ. Παράρτημα). Οι μαθητές, κατά τη διάρκεια της πρώτης διδακτικής ώρας, κλήθηκαν να απαντήσουν στις δέκα ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και τις δυο ερωτήσεις Σωστού-Λάθους με τα οκτώ συνολικά υποερωτήματα, χωρίς να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Μετά το τέλος της διαδικασίας πραγματοποιήθηκε εισαγωγή στην έννοια της παγκόσμιας έλξης και η σύγκρισή της με την ηλεκτρική δύναμη μεταξύ φορτισμένων σωματιδίων.

Τη δεύτερη διδακτική ώρα, οι μαθητές του τμήματος ΒΘ2 (πειραματική ομάδα) εργάστηκαν ομαδικά στο εργαστήριο πληροφορικής με τη χρήση του λογισμικού «Φυσική - Προσομοιώσεις πειραμάτων». Ακολούθησαν τις οδηγίες του Φύλλου εργασίας «ΦΕ4: Βαρυτικό πεδίο της Γης - Δορυφόροι», χρησιμοποιώντας το τμήμα του λογισμικού «Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης-Προσομοίωση της κίνησης δορυφόρων». Στους μαθητές του τμήματος ΒΘ1 (ομάδα ελέγχου) παρουσιάστηκε η θεωρία της ενότητας, με ιδιαίτερη έμφαση στο νόμο της παγκόσμιας έλξης, στο ρόλο της βαρυτικής έλξης -ως κεντρομόλου δύναμης- στην κίνηση των ουρανίων σωμάτων και των τεχνητών δορυφόρων. Στις επόμενες τρεις διδακτικές ώρες επιλύθηκαν ασκήσεις από το σχολικό εγχειρίδιο, από τους μαθητές και των δυο ομάδων.

Κατά τη διάρκεια της έκτης διδακτικής ώρας, πραγματοποιήθηκε ανακεφαλαίωση και οι μαθητές και των δυο τμημάτων, συμπλήρωσαν το post ερωτηματολόγιο «Ε4: Βαρυτικό Πεδίο της Γης-Δορυφόροι» (Βλ. Παράρτημα).



## 2.6 Ανάλυση δεδομένων

Οι μαθητές για κάθε λογισμικό συμπλήρωναν το ίδιο ερωτηματολόγιο (Βλ. Παράρτημα) δυο φορές, μια πριν (pre) και μια μετά (post) την εφαρμογή. Μετά τη συμπλήρωση από τους μαθητές των ερωτηματολογίου, είτε πριν είτε μετά την παρέμβαση, γινόταν βαθμολόγηση αυτών στην εικοσαβάθμια κλίμακα και οι βαθμολογίες καταχωρούντο σε λογιστικό φύλλο. Για την ανάλυση των δεδομένων που προέκυπταν για κάθε λογισμικό, μετά την τελική εφαρμογή, ακολουθήθηκε στατιστική ανάλυση των βαθμολογικών δεδομένων με το στατιστικό πακέτο IBM SPSS (Superior Performance Software System) Statistics 23.0.

Για τη μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων, ανάμεσα στις απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, όσο και των μαθητών της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκε αρχικά έλεγχος κανονικότητας των κατανομών. Επίσης, για τη μελέτη ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στις δύο διδακτικές παρεμβάσεις χρησιμοποιήθηκε το T-Test.

Ένας ακόμη έλεγχος για την βελτίωση ανάμεσα στα αποτελέσματα των pre-test και των αντίστοιχων post-test πραγματοποιήθηκε, με τον υπολογισμό της βελτίωσης κατά Hake (Hake gain).

Ο Hake (1998) εισήγαγε έναν δείκτη  $g$ , ως έναν τρόπο ανάλυσης της αποτελεσματικότητας μίας διδακτικής μεθόδου όπως μετριέται από διαγνωστικά τεστ κλειστού τύπου. Η βελτίωση κατά Hake ορίζεται ως η βελτίωση ανάμεσα στα αποτελέσματα του pre-test και του post-test, σταθμισμένη κατά τη μέγιστη δυνατή βελτίωση. Ο δείκτης ορίζεται ως ο λόγος του πραγματικού μέσου κέρδους προς το μέγιστο δυνατό μέσο κέρδος και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$g = \frac{\text{post} - \text{pre}}{\text{max score} - \text{pre}}$$

όπου pre και post είναι τα αποτελέσματα στα pre-test και post-test αντίστοιχα και max score είναι η μέγιστη επίδοση που μπορεί να επιτευχθεί.

Ο Hake κατηγοριοποίησε τις τιμές του  $g$  ως εξής:

- 0 – 0,3: χαμηλό κέρδος
- 0,3 – 0,7: μέσο κέρδος και
- 0,7 – 1: υψηλό κέρδος.

Η βελτίωση κατά Hake, είναι μία σημαντική παράμετρος μέτρησης της αποδοτικότητας της διδασκαλίας, καθώς σταθμίζοντας τη βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών, διορθώνονται οι επιδράσεις σε αυτήν που προέρχονται από τις διαφορετικές αρχικές γνώσεις τους και θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία (Lenaerts et al, 2003).



## Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα

Η σχέση μεταξύ βαθμού ερωτηματολογίου και της χρήσης ή μη προσομοιώσεων σε εικονικά περιβάλλοντα έγινε στις δύο φάσεις της έρευνας, pre - test και post - test.

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS. Οι μεταβλητές Βαθμολογία στο ερωτηματολόγιο (1-20) και Τμήμα (1=BΘ1, 2=BΘ2) τοποθετούνται στην καρτέλα Variable View του στατιστικού πακέτου, όπου καθορ. Η μεταβλητή Βαθμολογία είναι αριθμητική (Scale) και η μεταβλητή Φύλο ονομαστική (Nominal). Τα δεδομένα για κάθε μεταβλητή εισάγονται στην καρτέλα Data View. Επιλέγεται το κριτήριο T-Test για τον έλεγχο των μέσων όρων του βαθμού του ερωτηματολογίου για κάθε φύλο εφόσον οι τιμές που παίρνει είναι συνεχείς αριθμητικές. Ουσιαστικά επιδιώκεται να συγκριθούν οι μέσοι όροι της επίδοσης στο ερωτηματολόγιο για το κάθε φύλο.

*Βασική προϋπόθεση για να μπορεί να εφαρμοστεί το στατιστικό κριτήριο T-Test είναι οι τιμές του βαθμού για κάθε φύλο να κατανέμονται κανονικά (προϋπόθεση κανονικής κατανομής).*

Θα εξετασθεί σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, αν η μέση βαθμολογία διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ του τμήματος των μαθητών στους οποίους έγινε η παρέμβαση με λογισμικά, σε σχέση με τους υπόλοιπους.

Η σύγκριση δύο ανεξάρτητων δειγμάτων ως προς ένα ποσοτικό χαρακτηριστικό, μπορεί να υλοποιηθεί είτε με παραμετρική, είτε με μη παραμετρική μεθοδολογία. Η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής εξαρτάται από το αν τα δεδομένα προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή (οπότε ακολουθούμε παραμετρικό έλεγχο) ή όχι. Ο παραμετρικός έλεγχος απαιτεί κανονικότητα του δείγματος, σε αντίθεση με τον μη παραμετρικό.

Σε περίπτωση που τα δεδομένα ακολουθούν κανονικότητα, η παραμετρική στατιστική έχει μεγαλύτερη αξιοπιστία.

## Αποτελέσματα με βάση τα ερωτηματολόγια

### 3.1 Λογισμικό «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον»

Η διδασκαλία των εννοιών «Θερμότητα» και «Θερμοδυναμική», πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον» με τους μαθητές του τμήματος ΒΘ1 να αποτελούν την πειραματική ομάδα και τους μαθητές του ΒΘ2 να αποτελούν την ομάδα ελέγχου.

#### 3.1.1 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου Ε1) και τμήματος στο Pre-Test

Αρχικά πραγματοποιείται έλεγχος για την καλή προσαρμογή των δειγματικών δεδομένων στην κανονική κατανομή, με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση:

##### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Η κατανομή των βαθμολογιών στο pre-test, δεν είναι στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

##### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Η κατανομή των βαθμολογιών στο pre-test, είναι στατιστικά διαφορετική από την κανονική,

Εφαρμόζοντας τον έλεγχο κανονικότητας προκύπτουν τα αποτελέσματα.

**Πίνακας 2:** Tests of Normality

	Τμήμα	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Β1Π	1	0,092	17	0,200*	0,986	17	0,993
	2	0,181	20	0,084	0,908	20	0,058

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2, τα p-values (Sig.) για τον έλεγχο της κανονικότητας των δεδομένων για τις δύο ομάδες μαθητών είναι ίσα με 0,200 (0,084) και 0,993 (0,058) για τα Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk τεστ αντίστοιχα. Συνεπώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, δεν καταρρίπτεται η μηδενική υπόθεση της καλής προσαρμογής των δεδομένων στην κανονική κατανομή.

Εφόσον έχει διασφαλιστεί η τήρηση της προϋπόθεσης κανονικής κατανομής μπορεί να εφαρμοστεί το στατιστικό κριτήριο T-Test (παραμετρικός έλεγχος), με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση για τους μέσους όρους επίδοσης των μαθητών των δύο τμημάτων.

#### **Μηδενική υπόθεση**

**H<sub>0</sub>:** Οι μέσοι όροι των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων, παρουσιάζουν αμελητέα διαφορά.

#### **Εναλλακτική υπόθεση**

**H<sub>1</sub>:** Οι μέσοι όροι των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων, παρουσιάζουν σημαντική διαφορά.

*Πίνακας 3: Group Statistics*

	Τμήμα	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
B1Π	1	17	12,59	2,623	0,636
	2	20	12,85	3,183	0,712

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος (Mean) βαθμολογίας του τμήματος 1 (πειραματική ομάδα) είναι μικρότερος από το μέσο όρο του τμήματος 2 (ομάδα ελέγχου) και συγκεκριμένα:  $MO_1 = 12,59$  και  $MO_2 = 12,85$ . Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές του τμήματος 2 έχουν ελαφρώς καλύτερη βαθμολογία.

Για τον έλεγχο ισότητας των διακυμάνσεων (διασπορών) μεταξύ των δύο υπό εξέταση ομάδων εφαρμόζεται ο έλεγχος Levene's Test με:

#### **Μηδενική υπόθεση**

**H<sub>0</sub>:** Οι διακυμάνσεις των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων δύο ομάδων είναι ίσες.

#### **Εναλλακτική υπόθεση**

**H<sub>1</sub>:** Οι διακυμάνσεις των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων είναι άνισες.

Από τον έλεγχο ισότητας των διακυμάνσεων Levene (Levene's Test for Equality of Variances), όπως προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα 4, εφόσον υπάρχει πιθανότητα Sig. ίση με  $55,2\% > 5\%$  δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, άρα οι διασπορές είναι ίσες και επιλέγεται η πάνω τιμή στην στήλη Sig. (2-tailed), η οποία

δίνει για το p-value τιμή  $78,9\% > 5\%$ . Επομένως, οι βαθμολογικές επιδόσεις, των μαθητών των δυο τμημάτων, παρουσιάζουν αμελητέα στατιστική διαφορά.

**Πίνακας 4: Independent Samples Test**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
B1Π Equal variances assumed	0,361	0,552	-0,270	35	0,789	-0,262	0,970	-2,231	1,708
			-0,274	34,976	0,786	-0,262	0,955	-2,200	1,677

### 3.1.2 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E1) και τμήματος στο Post-Test

Θα εξετασθεί σε επίπεδο σημαντικότητας  $5\%$ , αν η μέση βαθμολογία, διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ του τμήματος των μαθητών στους οποίους έγινε η παρέμβαση, σε σχέση με τους υπόλοιπους. Αρχικά γίνεται έλεγχος κανονικής κατανομής με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση, αντίστοιχα:

#### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Η κατανομή των βαθμολογιών δεν είναι στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

#### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Η κατανομή των βαθμολογιών είναι στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

**Πίνακας 5: Tests of Normality**

Τμήμα		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
B1M	1	0,097	17	0,200*	0,969	17	0,794
	2	0,154	20	0,200*	0,921	20	0,102

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Παρατηρούμε στον πίνακα 5, ότι τα p-values (Sig.) για τον έλεγχο κανονικότητας των δεδομένων για τα δυο τμήματα είναι ίσα με 0,200 (0,200) και 0,794 (0,102) για τα

Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk τεστ αντίστοιχα, σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερο του 5%, επομένως δεν καταρρίπτεται η μηδενική υπόθεση κι έτσι οι τιμές των βαθμολογικών επιδόσεων κατανέμονται κανονικά.

Εφόσον διασφαλίζεται η τήρηση της προϋπόθεσης κανονικής κατανομής μπορεί να εφαρμοστεί παραμετρικός έλεγχος με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση για τους μέσους όρους επίδοσης των μαθητών των δύο τμημάτων.

### **Μηδενική υπόθεση**

**H<sub>0</sub>:** Οι βαθμολογικές επιδόσεις, κατά μέσο όρο, των μαθητών των δυο τμημάτων μετά τη διδασκαλία παρουσιάζουν αμελητέα διαφορά.

### **Εναλλακτική υπόθεση**

**H<sub>1</sub>:** Οι βαθμολογικές επιδόσεις, κατά μέσο όρο, των μαθητών των δυο τμημάτων μετά τη διδασκαλία, παρουσιάζουν σημαντική διαφορά.

**Πίνακας 6: Group Statistics**

	Τμήμα	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
BIM	1	17	16,00	2,345	0,569
	2	20	15,65	3,014	0,674

Στον πίνακα 6 φαίνονται οι μέσοι όροι βαθμολογίας των δυο τμημάτων, με την βαθμολογία του τμήματος 1 (πειραματική ομάδα) να είναι μεγαλύτερη από αυτήν του τμήματος 2 (ομάδα ελέγχου).

**Πίνακας 7: Independent Samples Test**

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	0,665	0,420	-0,389	35	0,700	0,350	0,900	-1,477	2,177
Equal variances not assumed			-0,439	34,764	0,694	0,350	0,882	-1,471	2,141

Για τον έλεγχο ισότητας των διακυμάνσεων μεταξύ των δύο υπό εξέταση ομάδων εφαρμόζεται ο έλεγχος Levene's Test, ο οποίος θεωρεί ότι οι διακυμάνσεις είναι ίσες (μηδενική υπόθεση). Σύμφωνα με τον πίνακα 7, εφόσον υπάρχει πιθανότητα Sig. = 0,42 > 0,05 δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, άρα οι διασπορές είναι ίσες. Οπότε

επιλέγεται η πάνω τιμή στη στήλη Sig. (2-tailed) η οποία δίνει για το p-value τιμή 0,70 > 0,05. Άρα οι βαθμολογικές επιδόσεις των μαθητών των δυο τμημάτων, παρουσιάζουν αμελητέα στατιστική διαφορά.

### 3.1.3 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης πειραματικής ομάδας στο Post-Test

Θα εξετασθεί σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, αν η μέση βαθμολογία των μαθητών στους οποίους έγινε διδακτική παρέμβαση, διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ των χρονικών στιγμών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση του λογισμικού «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον». Πραγματοποιείται αρχικά έλεγχος κανονικής κατανομής των δεδομένων με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση:

#### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Η κατανομή των βαθμολογιών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση δεν είναι στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

#### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Η κατανομή των βαθμολογιών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι στατιστικά διαφορετική από την κανονική.

**Πίνακας 8:** Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
B1Π	0,092	17	0,200*	0,986	17	0,993
B1M	0,097	17	0,200*	0,969	17	0,794

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι τα p-values είναι μεγαλύτερα από 5%, οπότε συμπεραίνουμε ότι δεν υπάρχουν στατιστικές ενδείξεις για να απορρίψουμε την κανονικότητα των δειγματικών δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να εφαρμόσουμε την παραμετρική μέθοδο για τη σύγκριση των μέσων τιμών της βαθμολογίας πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση, με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση αντίστοιχα:



### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Οι βαθμολογικές επιδόσεις δε διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των χρονικών στιγμών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Οι βαθμολογικές επιδόσεις διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των χρονικών στιγμών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

**Πίνακας 9: Paired Samples Test**

		Paired Differences							Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	B1Π - B1M	-3,412	0,795	0,193	-3,821	-3,003	-17,690	16	0,000

Δεδομένου ότι το p-value (Sig.) = 0,000 < 0,001 είναι μικρότερο του 0,05 όπως φαίνεται στον πίνακα 9, απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση της μηδενικής στατιστικής διαφοράς, μεταξύ των δύο δειγμάτων μετρήσεων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Αυτό σημαίνει ότι η διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού προκαλεί στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση στις επιδόσεις των μαθητών.

Η μέση βαθμολογία των μαθητών στους οποίους έγινε διδακτική παρέμβαση, αυξήθηκε από 12,59 σε 16,00 όπως φαίνεται στον πίνακα 10.

**Πίνακας 10: Statistics**

		B1Π	B1M
N	Valid	17	17
	Missing	0	0
Mean		12,59	16,00
Std. Deviation		2,623	2,345

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο δείκτης βελτίωσης g, κατά Hake, να παρουσιάζει σταθμισμένη αύξηση κατά 46% ανάμεσα στα αποτελέσματα του pre-test και του post-

test, σύμφωνα με τη σχέση υπολογισμού του δείκτη  $g = \frac{\text{post} - \text{pre}}{\text{max score} - \text{pre}}$

$$\frac{16,00 - 12,59}{20,00 - 12,59} = 0,46$$



### 3.2 Διαδραστικές προσομοιώσεις PhET

Με τις διαδραστικές προσομοιώσεις του PhET (Physics Education Technology) πραγματοποιήθηκε η διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου «Οριζόντια Βολή», με την πειραματική ομάδα να αποτελείται από τους μαθητές του τμήματος ΒΘ2 και οι αντίστοιχοι μαθητές του ΒΘ1 να αποτελούν την ομάδα ελέγχου.

#### 3.2.1 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E2) και τμήματος στο Pre-Test

Αρχικά πραγματοποιείται έλεγχος για την καλή προσαρμογή των δειγματικών δεδομένων στην κανονική κατανομή, με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση:

##### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Τα δειγματικά δεδομένα προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή

##### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Τα δειγματικά δεδομένα δεν προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή

*Πίνακας 11: Tests of Normality*

Τμήμα	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
B2Π 1	0,260	17	0,003	0,871	17	0,022
2	0,282	20	0,000	0,837	20	0,003

a. Lilliefors Significance Correction

Στον πίνακα 11, φαίνονται τα p-values (Sig.) για τον έλεγχο της κανονικότητας των δεδομένων, για τα Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk τεστ, είναι σαφώς μικρότερα του 5%. Αυτό σημαίνει ότι σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση της ικανοποιητικής προσαρμογής των δεδομένων στην κανονική κατανομή. Επομένως θα εφαρμόσουμε μη παραμετρικό έλεγχο, με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση για τους μέσους όρους επίδοσης των μαθητών των δύο τμημάτων:

##### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Οι επιδόσεις των μαθητών των δυο ομάδων παρουσιάζουν αμελητέα διαφορά.

### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Οι επιδόσεις των μαθητών των δυο ομάδων παρουσιάζουν σημαντική διαφορά.

**Πίνακας 12: Test Statistics<sup>a</sup>**

	B2Π
Mann-Whitney U	161,500
Wilcoxon W	314,500
Z	-0,265
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,791
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,798 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Type

b. Not corrected for ties.

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα το p-value (Asymp. Sig) έχει τιμή  $0,798 > 0,05$ . Συνεπώς σε επίπεδο σημαντικότητας 5% δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση, που πρακτικά σημαίνει ότι οι επιδόσεις των μαθητών των δύο ομάδων δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

### 3.2.2 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E2) και τμήματος στο Post-Test

Θα εξετασθεί σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, αν η μέση βαθμολογία, διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ των μαθητών στους οποίους έγινε η παρέμβαση (πειραματική ομάδα), σε σχέση με τους υπόλοιπους (ομάδα ελέγχου).

Πραγματοποιείται αρχικά έλεγχος κανονικότητας με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση αντίστοιχα:

#### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Τα δειγματικά δεδομένα προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

#### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Τα δειγματικά δεδομένα δεν προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

**Πίνακας 13: Tests of Normality**

Τμήμα		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
B2M	1	0,256	17	0,004	0,874	17	0,026
	2	0,200	20	0,036	0,900	20	0,042

a. Lilliefors Significance Correction

Από τον πίνακα 13 προκύπτει ότι οι τιμές των p-values (Sig.) για τον έλεγχο κανονικότητας των δειγματικών δεδομένων για τις δύο ομάδες, είναι μικρότερες του 5%. Συνεπώς σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, δεν αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση της καλής προσαρμογής των δεδομένων στην κανονική κατανομή. Επομένως θα εφαρμόσουμε μη παραμετρικό έλεγχο.

#### **Μηδενική υπόθεση**

**H<sub>0</sub>:** Οι βαθμολογικές επιδόσεις των μαθητών των δυο ομάδων παρουσιάζουν αμελητέα στατιστική διαφορά.

#### **Εναλλακτική υπόθεση**

**H<sub>1</sub>:** Οι βαθμολογικές επιδόσεις των μαθητών των δυο ομάδων παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά.

**Πίνακας 14: Test Statistics<sup>a</sup>**

	B2M
Mann-Whitney U	121,500
Wilcoxon W	274,500
Z	-1,506
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,132
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,141 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Τμήμα

b. Not corrected for ties.

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 14, το p-value (Asymp. Sig.) έχει τιμή 0,132 που είναι μεγαλύτερη του 0,05. Συνεπώς σε επίπεδο σημαντικότητας 5% δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση, που πρακτικά σημαίνει ότι οι βαθμολογίες των δύο ομάδων μαθητών δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

### **3.2.3 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης πειραματικής ομάδας στο Post-Test**

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, θα εξετασθεί αν η μέση βαθμολογία της ομάδας των μαθητών στους οποίους έγινε παρέμβαση (BΘ2), διαφοροποιείται στατιστικά σημαντικά μεταξύ των χρονικών στιγμών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση της διαδραστικής προσομοίωσης του PhET. Αρχικά πραγματοποιείται έλεγχος προσαρμογής των δειγματικών δεδομένων στην κανονική κατανομή, με υποθέσεις:

### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Τα δειγματικά δεδομένα προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Τα δειγματικά δεδομένα δεν προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

**Πίνακας 15:** *Tests of Normality*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
B2Π	0,282	20	0,000	0,837	20	0,003
B2M	0,200	20	0,036	0,900	20	0,042

a. Lilliefors Significance Correction

Από τον πίνακα 15 προκύπτει ότι τα p-values (Sig.) για τον έλεγχο κανονικότητας των δειγματικών δεδομένων, τόσο για το Kolmogorov-Smirnov όσο και για το Shapiro-Wilk τεστ, είναι μικρότερα του 5%. Οπότε συμπεραίνουμε ότι τα δειγματικά δεδομένα δεν προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή και θα εφαρμόσουμε μη παραμετρικό έλεγχο για τη σύγκριση των βαθμολογιών πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση.

### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Οι βαθμολογικές επιδόσεις δε διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των χρονικών στιγμών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, με τη χρήση των διαδραστικών προσομοιώσεων.

### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Οι βαθμολογικές επιδόσεις διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των χρονικών στιγμών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, με τη χρήση των διαδραστικών προσομοιώσεων.

**Πίνακας 16:** *Test Statistics<sup>a</sup>*

	B2M - B2Π
Z	-3,955 <sup>b</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Καθόσον το p-value (Asymp. Sig. ) έχει τιμή  $< 0,001$ , σε επίπεδο σημαντικότητας 5% απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, που πρακτικά σημαίνει ότι η

διδασκαλία με τη χρήση των διαδραστικών προσομοιώσεων διαφοροποιεί σημαντικά τις βαθμολογικές επιδόσεις των μαθητών.

Όσο αφορά τη μεταβολή της μέσης βαθμολογίας των μαθητών στους οποίους έγινε διδακτική παρέμβαση όπως προκύπτει από τα δεδομένα του πίνακα 17, αυτή αυξήθηκε από 12,85 σε 16,45 παρουσιάζοντας αύξηση κατά 3,60.

*Πίνακας 17: Statistics*

		B2Π	B2M
N	Valid	20	20
	Missing	0	0
Mean		12,85	16,45

Η σύγκριση των μέσων όρων βαθμολογίας των pre-test και post-test φανερώνει βελτίωση, κατά Hake, της επίδοσης του μέσου μαθητή της πειραματικής ομάδας ίση με

50%, όπως προκύπτει από τη σχέση υπολογισμού του δείκτη  $g = \frac{\text{post} - \text{pre}}{\text{max score} - \text{pre}} =$

$$\frac{16,45 - 12,85}{20,00 - 12,85} = 0,50.$$

### 3.3 Διαδραστικές προσομοιώσεις Seilias

Με τη διαδραστική προσομοίωση «Κίνηση φορτίου σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο» της ιστοσελίδας [www.seilias.gr](http://www.seilias.gr), πραγματοποιήθηκε η διδασκαλία του γνωστικού αντικειμένου Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο, με πειραματική ομάδα τους μαθητές του τμήματος ΒΘ1 και ομάδα ελέγχου τους μαθητές του τμήματος ΒΘ1.

#### 3.3.1 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E3) και τμήματος στο Pre-Test

Για την καλή προσαρμογή των δειγματικών δεδομένων στην κανονική κατανομή, πραγματοποιείται έλεγχος κανονικότητας, με μηδενική υπόθεση την ικανοποιητική προσαρμογή και εναλλακτική την μη ικανοποιητική προσαρμογή των δειγματικά δεδομένα προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

**Πίνακας 18:** Tests of Normality

Τμήμα	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
B3Π 1	0,146	17	0,200*	0,975	17	0,903
2	0,181	20	0,087	0,923	20	0,114

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, τα p-values (Sig.) για τον έλεγχο της κανονικότητας των δεδομένων για τις δύο ομάδες μαθητών, τόσο για το Kolmogorov-Smirnov (0,200-0,087) όσο και για το Shapiro-Wilk (0,903-0,114) τεστ έχουν τιμές μεγαλύτερες του 5%. Συνεπώς, δεν καταρρίπτεται η μηδενική υπόθεση της καλής προσαρμογής των δεδομένων στην κανονική κατανομή και έχουμε τη δυνατότητα να εφαρμόσουμε παραμετρικό έλεγχο. Η μηδενική και εναλλακτική υπόθεση για τους μέσους όρους επίδοσης των μαθητών των δύο τμημάτων είναι:

#### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Δεν υπάρχει σημαντική διαφορά του μέσου όρου των βαθμολογικών επιδόσεων, μεταξύ των μαθητών των δυο τμημάτων.

### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Υπάρχει σημαντική διαφορά του μέσου όρου των βαθμολογικών επιδόσεων, μεταξύ των μαθητών των δυο τμημάτων.

*Πίνακας 19: Group Statistics*

Τμήμα	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
B3Π 1	17	13,29	1,961	0,476
2	20	13,50	2,460	0,550

Στον πίνακα 18 φαίνονται οι μέσοι όροι (Mean) βαθμολογίας των τμημάτων 1 (MO<sub>1</sub> = 13,29) και 2 (MO<sub>2</sub> = 13,50), οι οποίοι παρουσιάζουν ελάχιστη διαφορά.

Για τον έλεγχο ισότητας των διασπορών μεταξύ των δύο υπό εξέταση ομάδων εφαρμόζεται ο έλεγχος Levene's Test με:

### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Οι διασπορές των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων είναι ίσες

### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Οι διασπορές των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων είναι άνισες

*Πίνακας 20: Independent Samples Test*

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	0,819	0,372	-0,278	35	0,783	-0,206	0,741	-1,710	1,298
Equal variances not assumed			-0,283	34,879	0,779	-0,206	0,727	-1,682	1,271

Στον παραπάνω πίνακα 20, παρατηρούμε ότι p-value (Sig.(2-tailed)) = 0,783 > 0,05. Συνεπώς σε επίπεδο σημαντικότητας 5% αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, που σημαίνει ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά του μέσου όρου των βαθμολογικών επιδόσεων, μεταξύ των μαθητών των δυο τμημάτων.

Η επιλογή της τιμής του p-value (Sig.(2-tailed)) της 1ης οριζόντιας γραμμής του πίνακα έγινε, διότι από τον έλεγχο ισότητας διασπορών Levene's test, προέκυψε ότι οι



διασπορές των δύο ομάδων μαθητών είναι στατιστικά ίσες (equal variances assumed), καθώς η τιμή του αντίστοιχου p-value (Sig.) βρέθηκε ίση με  $0,372 > 0,05$ .

### 3.3.2 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου E3) και τμήματος στο Post-Test

Θα εξετασθεί σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, αν η μέση βαθμολογία, διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας (BΘ1) στους οποίους έγινε η διδακτική παρέμβαση, σε σχέση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου (BΘ2). Για το σκοπό αυτό αρχικά πραγματοποιείται έλεγχος για την ικανοποιητική ή μη ικανοποιητική προσαρμογή των δειγματικών δεδομένων στην κανονική κατανομή.

#### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Τα δειγματικά δεδομένα προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

#### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Τα δειγματικά δεδομένα δεν προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

*Πίνακας 21: Tests of Normality*

Τμήμα	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
B3M 1	0,170	17	0,200*	0,961	17	0,652
2	0,153	20	0,200*	0,940	20	0,240

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Όπως φαίνεται στον πίνακα 21, τα p-values (Sig.) για τον έλεγχο κανονικότητας των δεδομένων για τα δυο τμήματα είναι ίσα με 0,200 - 0,200 και 0,652 - 0,240 για τα Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk τεστ αντίστοιχα, σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερα του 5%. Επομένως αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση και έτσι οι τιμές των βαθμολογικών επιδόσεων προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή, γεγονός που επιτρέπει την εφαρμογή παραμετρικού ελέγχου, με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση για τους μέσους όρους επίδοσης των μαθητών των δύο τμημάτων:

### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Οι μέσοι όροι των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων, μετά τη διδασκαλία παρουσιάζουν αμελητέα διαφορά

### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Οι μέσοι όροι των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων, μετά τη διδασκαλία παρουσιάζουν σημαντική διαφορά

**Πίνακας 22:** *Group Statistics*

Τμήμα	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
B3M 1	17	16,65	1,935	0,469
2	20	15,40	2,437	0,545

Στον πίνακα 22 παρατηρούμε ότι οι μέσοι όροι των τμημάτων 1 και 2, παρουσιάζουν σημαντική διαφορά καθόσον είναι ίσοι με 16,65 και 15,40 αντίστοιχα.

Για τον έλεγχο ισότητας των διασπορών, μεταξύ των δύο υπό εξέταση ομάδων μαθητών εφαρμόζεται ο έλεγχος Levene's Test.

**Πίνακας 23:** *Independent Samples Test*

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
B3M Equal variances assumed	0,603	0,442	1,702	35	0,098	1,247	0,733	-0,240	2,735
Equal variances not assumed			1,734	34,862	0,092	1,247	0,719	-0,213	2,707

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι για τον έλεγχο ισότητας των διακυμάνσεων Levene (Levene's Test for Equality of Variances), υπάρχει πιθανότητα  $\text{Sig.} = 0,442 > 0,05$ . Αυτό σημαίνει ότι οι διακυμάνσεις είναι ίσες και επιλέγεται η πάνω τιμή στην στήλη Sig. (2-tailed) με το p-value να έχει τιμή  $0,098 > 0,05$ . Άρα οι βαθμολογικές επιδόσεις των μαθητών των δυο τμημάτων, παρουσιάζουν αμελητέα στατιστική διαφορά.

### 3.3.3 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης πειραματικής ομάδας στο Post-Test

Σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, θα εξετασθεί αν η μέση τιμή της βαθμολογίας των μαθητών της πειραματικής ομάδας, διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ των χρονικών στιγμών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση της διαδραστικής προσομοίωσης «Κίνηση φορτίου σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο». Για το σκοπό αυτό αρχικά πραγματοποιείται έλεγχος κανονικής κατανομής των δεδομένων, με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση:

#### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Οι βαθμολογίες των μαθητών της πειραματικής ομάδας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

#### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Οι βαθμολογίες των μαθητών της πειραματικής ομάδας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, δεν προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

Πίνακας 24: Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
B3Π	0,146	17	0,200*	0,975	17	0,903
B3M	0,170	17	0,200*	0,961	17	0,652

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Από τον πίνακα 24 προκύπτει ότι, τόσο για το Kolmogorov-Smirnov όσο και για το Shapiro-Wilk τεστ, τα αντίστοιχα p-values (Sig.) έχουν τιμές μεγαλύτερες από 0,05. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι τα στατιστικά δεδομένα προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή, γεγονός που μας επιτρέπει να εφαρμόσουμε παραμετρική μέθοδο. Για τη σύγκριση των βαθμολογιών πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση, η μηδενική και η εναλλακτική υπόθεση αντίστοιχα είναι:

#### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Οι επιδόσεις των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των χρονικών στιγμών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Οι επιδόσεις των μαθητών διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των χρονικών στιγμών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

**Πίνακας 25: Paired Samples Test**

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	B3Π - B3M	-3,353	0,786	0,191	-3,757	-2,949	-17,591	16	0,000

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 25 το p-value (Sig.) = 0,000 < 0,001 είναι μικρότερο του 5%, με συνέπεια την μη αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης για μηδενική στατιστική διαφορά μεταξύ των βαθμολογικών δεδομένων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Αυτό σημαίνει ότι η διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού προκαλεί στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση στις επιδόσεις των μαθητών.

Η μέση βαθμολογία των μαθητών στους οποίους έγινε διδακτική παρέμβαση, όπως φαίνεται στον πίνακα 26, μεταβλήθηκε από 13,29 σε 16,65 εμφανίζοντας θετική μεταβολή κατά 3,35 μονάδες.

**Πίνακας 26: Statistics**

		B3Π	B3M
N	Valid	17	17
	Missing	0	0
Mean		13,29	16,65

Με αυτό τον τρόπο ο δείκτης βελτίωσης g, ανάμεσα στα αποτελέσματα του pre-test και του post-test παρουσίασε σταθμισμένη αύξηση κατά 50% όπως προκύπτει από

$$\text{τη σχέση υπολογισμού του δείκτη } g = \frac{\text{post-pre}}{\text{max score-pre}} = \frac{16,65 - 13,29}{20,00 - 13,29} = 0,50.$$

### 3.4 Λογισμικό «Φυσική – Προσομοιώσεις Πειραμάτων»

Με τη χρήση του λογισμικού «Φυσική - Προσομοιώσεις Πειραμάτων» πραγματοποιήθηκε η διδασκαλία του γνωστικού αντικειμένου «Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης – Προσομοίωση της κίνησης δορυφόρων», με τους μαθητές του τμήματος ΒΘ2 ως πειραματική ομάδα και τους μαθητές του ΒΘ1 ως ομάδα ελέγχου.

#### 3.4.1 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου Ε4) και τμήματος στο Pre-Test

Αρχικά πραγματοποιείται έλεγχος κανονικότητας για την καλή προσαρμογή των δειγματικών δεδομένων στην κανονική κατανομή, με μηδενική υπόθεση την ικανοποιητική προσαρμογή των δειγματικών δεδομένων στην κανονική κατανομή.

*Πίνακας 27: Tests of Normality*

Τμήμα	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
B4Π 1	0,198	17	0,077	0,890	17	0,047
2	0,148	20	0,200*	0,929	20	0,145

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι τα p-values (Sig.) για τον έλεγχο της κανονικότητας των δεδομένων έχουν τιμές μεγαλύτερες του 0,05 και για τα δυο τεστ, τόσο για το Kolmogorov-Smirnov όσο και για το Shapiro-Wilk. Συνεπώς, αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση της καλής προσαρμογής των δειγματικών δεδομένων στην κανονική κατανομή. Έτσι μπορούμε να εφαρμόσουμε παραμετρικό έλεγχο, με τη μηδενική και την εναλλακτική υπόθεση για τους μέσους όρους επίδοσης των μαθητών των δύο τμημάτων να είναι:

#### **Μηδενική υπόθεση**

**H<sub>0</sub>:** Δεν υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο τμημάτων ως προς τις βαθμολογικές επιδόσεις.

#### **Εναλλακτική υπόθεση**

**H<sub>1</sub>:** Υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο τμημάτων ως προς τις βαθμολογικές επιδόσεις.

**Πίνακας 28:** Group Statistics

Τμήμα	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
B4Π 1	17	12,94	2,164	0,525
2	20	13,10	2,900	0,648

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται οι μέσοι όροι (Mean) βαθμολογίας των τμημάτων 1 ( $MO_1 = 12,94$ ) και 2 ( $MO_2 = 13,10$ ), οι οποίοι διαφέρουν ελάχιστα.

Για τον έλεγχο της ισότητας των διασπορών μεταξύ των μαθητών των δύο τμημάτων εφαρμόζεται ο έλεγχος Levene's Test με:

**Μηδενική υπόθεση**

**H<sub>0</sub>:** Οι διασπορές των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων είναι ίσες.

**Εναλλακτική υπόθεση**

**H<sub>1</sub>:** Οι διασπορές των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων είναι άνισες.

**Πίνακας 29:** Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
B4Π Equal variances assumed	1,136	0,294	-0,186	35	0,854	-0,159	0,854	-1,893	1,576
Equal variances not assumed			-0,190	34,478	0,850	-0,159	0,834	-1,853	1,536

Παρατηρούμε στον πίνακα 29 ότι το p-value (Sig.) έχει τιμή  $0,294 > 0,05$ , επομένως κάνουμε αποδεκτή τη μηδενική υπόθεση για την ισότητα των διασπορών των βαθμολογικών επιδόσεων. Άρα θα χρησιμοποιηθεί για το p-value (Sig.(2-tailed)) η τιμή της 1<sup>ης</sup> οριζόντιας γραμμής, άρα  $p\text{-value} = 0,854 > 0,05$ . Συνεπώς σε επίπεδο σημαντικότητας 5% αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, που σημαίνει ότι δεν υπάρχει



σημαντική διαφορά του μέσου όρου των βαθμολογικών επιδόσεων, μεταξύ των μαθητών των δυο τμημάτων.

### 3.4.2 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης (ερωτηματολογίου Ε4) και τμήματος στο Post-Test

Θα εξετασθεί σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, αν η μέση βαθμολογία, διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ των μαθητών της πειραματικής ομάδας (ΒΘ2) και των μαθητών της ομάδας ελέγχου (ΒΘ1). Για την πραγματοποίηση αυτού του ελέγχου θα πραγματοποιηθεί αρχικά έλεγχος για την ικανοποιητική προσαρμογή των δειγματικών δεδομένων στην κανονική κατανομή.

#### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Τα δειγματικά δεδομένα προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

#### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Τα δειγματικά δεδομένα δεν προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

*Πίνακας 30: Tests of Normality*

Τμήμα	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
B4M 1	0,196	17	0,082	0,892	17	0,051
2	0,104	20	0,200*	0,952	20	0,402

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 30, τα p-values (Sig.) για τον έλεγχο κανονικότητας των δεδομένων για τα δυο τμήματα είναι σε κάθε περίπτωση, είτε στο Kolmogorov-Smirnov, είτε στο Shapiro-Wilk τεστ, μεγαλύτερα από 0,05. Επομένως οι βαθμολογικές επιδόσεις των μαθητών προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή. Το γεγονός αυτό επιτρέπει την εφαρμογή παραμετρικού ελέγχου, με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση για τους μέσους όρους επίδοσης των μαθητών των δύο τμημάτων:

#### Μηδενική υπόθεση

**H<sub>0</sub>:** Οι μέσοι όροι των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων, μετά τη διδασκαλία παρουσιάζουν αμελητέα διαφορά.



### Εναλλακτική υπόθεση

**H<sub>1</sub>:** Οι μέσοι όροι των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών των δυο τμημάτων, μετά τη διδασκαλία παρουσιάζουν σημαντική διαφορά.

*Πίνακας 31: Group Statistics*

Τμήμα	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
B4M 1	17	14,94	2,384	0,578
2	20	15,90	2,770	0,619

Στον πίνακα 31 φαίνονται οι μέσοι όροι για τα τμήματα 1 και 2, με τον μέσο όρο (15,90) του τμήματος 2 να υπερτερεί αυτού του τμήματος 1 (14,94).

Για τον έλεγχο ισότητας των διασπορών, μεταξύ των δύο ομάδων μαθητών εφαρμόζεται ο έλεγχος Levene's Test.

*Πίνακας 32: Independent Samples Test*

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
B3M	Equal variances assumed	1,024	0,319	-1,118	35	0,271	-0,959	0,858	-2,701	0,783
	Equal variances not assumed			-1,132	34,990	0,266	-0,959	0,847	-2,679	0,761

Για τον έλεγχο ισότητας των διασπορών Levene (Levene's Test for Equality of Variances), το p-value (Sig.) έχει τιμή 0,319 > 0,05. Αυτό σημαίνει ότι οι διασπορές είναι ίσες και επιλέγεται η πάνω τιμή στην στήλη Sig. (2-tailed) με το p-value να έχει τιμή 0,271 > 0,05. Άρα οι βαθμολογικές επιδόσεις των μαθητών των δυο τμημάτων, παρουσιάζουν αμελητέα στατιστική διαφορά.

### 3.4.3 Μελέτη συσχέτισης βαθμολογικής επίδοσης πειραματικής ομάδας στο Post-Test

Θα εξετασθεί, σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, αν η βαθμολογία των μαθητών της πειραματικής ομάδας (BΘ2), διαφοροποιείται στατιστικά σημαντικά μεταξύ των

χρονικών στιγμών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση του λογισμικού «Φυσική - Προσομοιώσεις πειραμάτων» Για το σκοπό αυτό αρχικά πραγματοποιείται έλεγχος κανονικής κατανομής των δεδομένων, με μηδενική και εναλλακτική υπόθεση:

#### **Μηδενική υπόθεση**

**H<sub>0</sub>:** Οι βαθμολογίες των μαθητών της πειραματικής ομάδας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

#### **Εναλλακτική υπόθεση**

**H<sub>1</sub>:** Οι βαθμολογίες των μαθητών της πειραματικής ομάδας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, δεν προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή.

**Πίνακας 33:** *Tests of Normality*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
B4Π	0,148	20	0,200*	0,929	20	0,145
B4M	0,104	20	0,200*	0,952	20	0,402

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι, για τον έλεγχο της κανονικότητας των δεδομένων, τόσο για το Kolmogorov-Smirnov όσο και για το Shapiro-Wilk τεστ, τα p-values (Sig.) έχουν τιμή μεγαλύτερη από 0,05. Συνεπώς, σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, η μηδενική υπόθεση της καλής προσαρμογής των δεδομένων στην κανονική κατανομή δεν απορρίπτεται. Το γεγονός αυτό μας επιτρέπει την εφαρμογή παραμετρικής μεθόδου. Η μηδενική και η εναλλακτική υπόθεση για τη σύγκριση των βαθμολογιών πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση, διατυπώνονται ως εξής:

#### **Μηδενική υπόθεση**

**H<sub>0</sub>:** Οι βαθμολογικές επιδόσεις των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των χρονικών στιγμών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

#### **Εναλλακτική υπόθεση**

**H<sub>1</sub>:** Οι βαθμολογικές επιδόσεις των μαθητών διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των χρονικών στιγμών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

**Πίνακας 34: Paired Samples Test**

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	B4Π – B4M	-2,800	1,056	0,236	-3,294	-2,306	-11,854	19	0,000

Στον πίνακα 34 φαίνεται ότι το p-value (Sig.) είναι ίσο με  $0,000 < 0,001 < 0,05$ . Κατά συνέπεια δεν γίνεται αποδεκτή η μηδενική υπόθεση, για στατιστικά μηδενική διαφορά μεταξύ των βαθμολογικών δεδομένων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Επομένως η διδασκαλία με χρήση του λογισμικού προκαλεί στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση στις επιδόσεις των μαθητών.

Στους μαθητές που έγινε διδακτική παρέμβαση παρουσιάστηκε βελτίωση της βαθμολογικής επίδοσης από 13,10 σε 15,90 όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 35.

**Πίνακας 35: Statistics**

	B4Π	B4M
N Valid	20	20
Missing	0	0
Mean	13,10	15,90
Std. Deviation	2,900	2,770

Η συνολική μεταβολή της επίδοσης κατά Hake, ανάμεσα στα αποτελέσματα του pre-test και του post-test υπολογιζόμενη από τη σχέση  $g = \frac{\text{post} - \text{pre}}{\text{max score} - \text{pre}}$ , είναι της τάξεως του 41%.

### 3.5 Αποτελέσματα αξιολόγησης λογισμικών, διαδραστικών προσομοιώσεων από τους μαθητές

Με το τέλος κάθε διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές που αποτελούσαν την πειραματική ομάδα κλίθηκαν να αξιολογήσουν το λογισμικό ή τη διαδραστική προσομοίωση που χρησιμοποίησαν, στο διδακτικό αντικείμενο, στο εργαστήριο πληροφορικής. Στόχος της αξιολόγησης εκ μέρους των μαθητών, ήταν να διερευνηθεί κατά πόσο το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε, ήταν εύχρηστο και κατάλληλο στην κατανόηση του διδακτικού αντικειμένου.

Τα φύλλα αξιολόγησης αποτελούνταν από ερωτήσεις σχετικές με την ευχρηστία ή μη του εκάστοτε λογισμικού, το κατά πόσο οι μαθητές δυσκολεύτηκαν να εκτελέσουν τα εικονικά πειράματα με βάση τις οδηγίες και τέλος αν το λογισμικό βοήθησε να κατανοήσουν το αντίστοιχο γνωστικό αντικείμενο. Στις ερωτήσεις κύκλωναν τον κατάλληλο αριθμό (1-5, κλίμακα Likert) ανάλογα με το κατά πόσο συμφωνούσαν ή διαφωνούσαν με την αντίστοιχη πρόταση. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για κάθε λογισμικό ή διαδραστική προσομοίωση ξεχωριστά.

#### 3.5.1 Λογισμικό «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον»

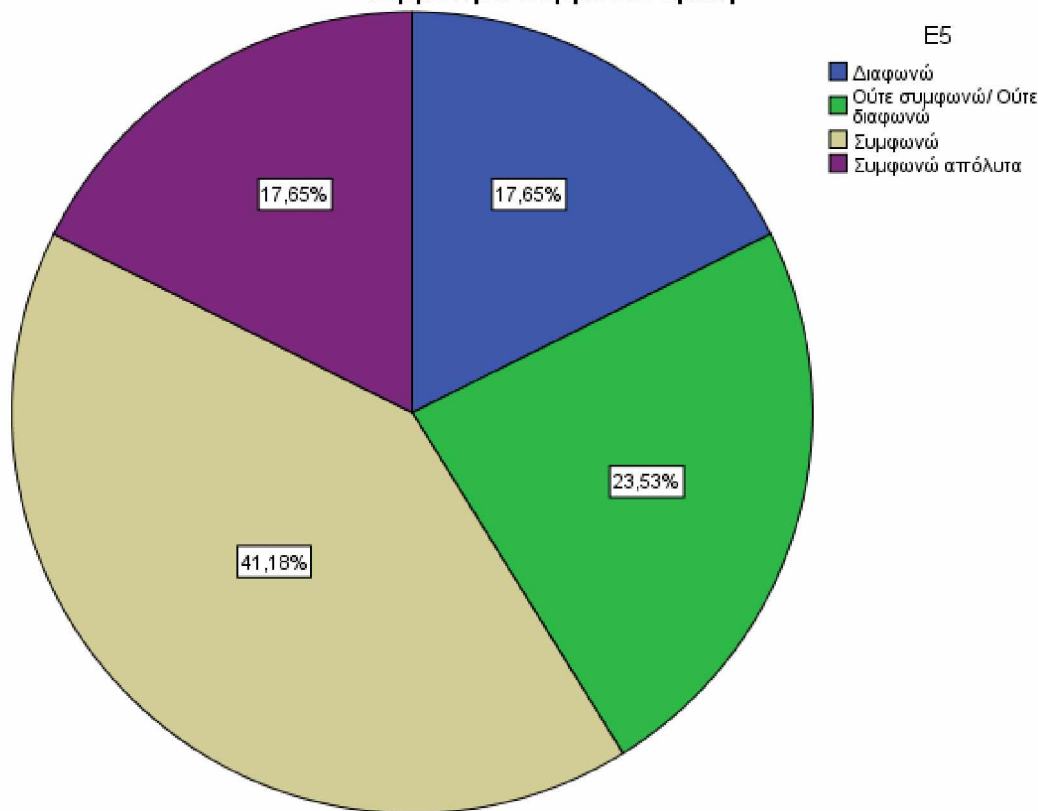
Οι δέκα επτά μαθητές της πειραματικής ομάδας, συμπλήρωσαν το φύλλο αξιολόγησης λογισμικού «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον» (Βλ. Παράρτημα) και οι μέσοι όροι των απαντήσεων που έδωσαν φαίνονται στον πίνακα 36.

*Πίνακας 36: Statistics*

		E1	E2	E3	E4	E5	E6
N	Valid	17	17	17	17	17	17
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		3,76	3,82	3,88	3,53	3,59	3,65

Το λογισμικό αξιολογήθηκε από τους μαθητές με υψηλή βαθμολογία ανώτερη του 3,5 με άριστα το 5. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του ερωτήματος E5: «Το λογισμικό ΣΕΠ είναι κατάλληλο βοήθημα για την κατανόηση του αντικειμένου Θερμότητα-Θερμοδυναμική» στο οποίο 3 στους 5 μαθητές, ποσοστό 59%, απάντησαν ότι συμφωνούν ή συμφωνούν απόλυτα όπως προκύπτει από το διάγραμμα 3.

Το λογισμικό ΣΕΠ είναι κατάλληλο βοήθημα για την κατανόηση του αντικειμένου  
Θερμότητα-Θερμοδυναμική



*Διάγραμμα 3: Καταλληλότητα λογισμικού ΣΕΠ*

### 3.5.2 Διαδραστικές προσομοιώσεις PhET

Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας που συμπλήρωσαν το φύλλο αξιολόγησης των διαδραστικών προσομοιώσεων *PhET* (Βλ. Παράρτημα), έδωσαν υψηλούς μέσους όρους βαθμολογίας όπως φαίνεται και στο σχετικό πίνακα 37.

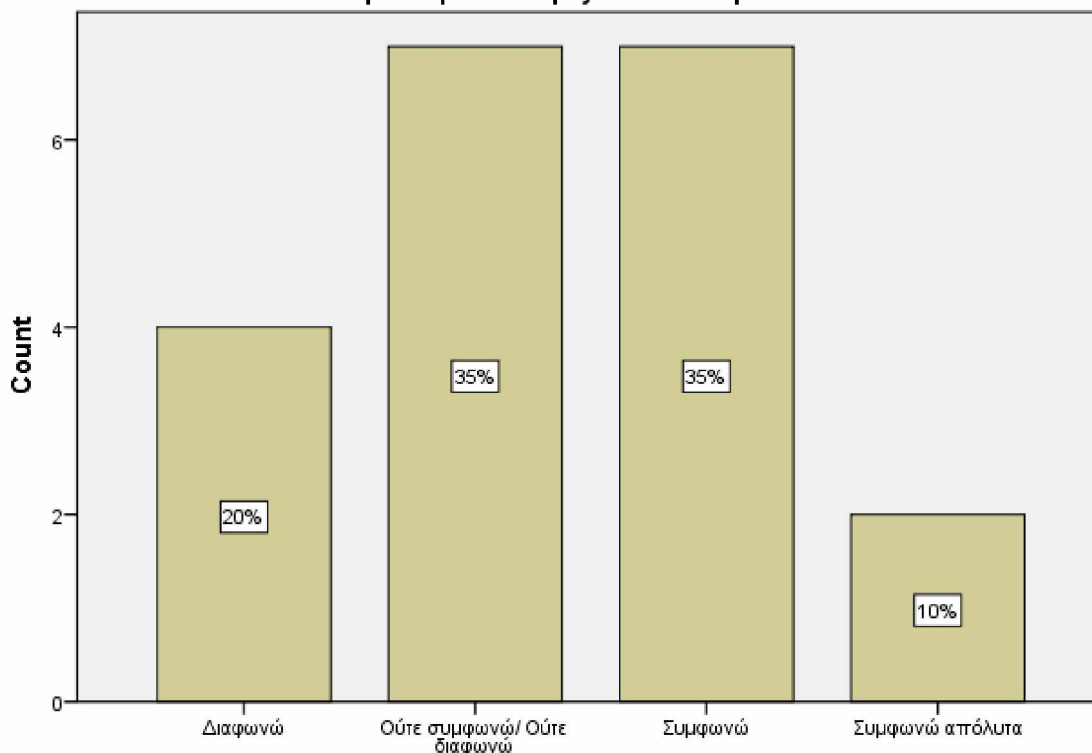
*Πίνακας 37: Statistics*

		E1	E2	E3	E4	E5
N	Valid	20	20	20	20	20
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		3,65	3,55	3,70	3,35	3,55

Η διαδραστική προσομοίωση αξιολογήθηκε από τους μαθητές με βαθμολογία ανώτερη του 3,5 με άριστα το 5, στα τέσσερα από τα πέντε ερωτήματα, όπως φαίνεται στον πίνακα 34. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του ερωτήματος E4: «*Η διαδραστική προσομοίωση «PhET» είναι κατάλληλο βοήθημα για την κατανόηση του*

φαινομένου Οριζόντια Βολή», όπου οι απαντήσεις των μαθητών κατανέμονται εξ ίσου στις επιλογές: Ούτε συμφωνώ/ Ούτε διαφωνώ και Συμφωνώ, όπως προκύπτει από το διάγραμμα 4.

**Η διαδραστική προσομοίωση είναι κατάλληλο βοήθημα για την κατανόηση του φαινομένου Οριζόντια Βολή**



**E4**

**Διάγραμμα 4:** Βαθμολογία καταλληλότητας διαδραστικής προσομοίωσης «PhET»

### 3.5.3 Διαδραστικές προσομοιώσεις Seilias

Οι μαθητές που πραγματοποίησαν τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας «Κίνηση Σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο» μετά το τέλος της διαδικασίας, συμπλήρωσαν φύλλο αξιολόγησης (Βλ. Παράρτημα) των προσομοιώσεων της ιστοσελίδας *Seilias*. Η μέση βαθμολογία σε κάθε ένα από τα πέντε ερωτήματα φαίνεται στον πίνακα 38.

**Πίνακας 38:** Statistics

		E1	E2	E3	E4	E5
N	Valid	17	17	17	17	17
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		3,41	3,59	3,41	3,47	3,76



Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα η προσομοίωση που χρησιμοποιήθηκε απέσπασε αρκετά υψηλή βαθμολογία περί το 3,5. Την υψηλότερη βαθμολογία έδωσαν οι μαθητές στο ερώτημα E5: «*Η χρήση των εικονιδίων, των κουμπιών ενεργειών και των επιλογών (menu) ήταν προφανής*» όπου περίπου το 55% των μαθητών επέλεξε: Συμφωνώ και Συμφωνώ απόλυτα, όπως φαίνεται και στον σχετικό πίνακα 39.

**Πίνακας 39:** *Η χρήση των εικονιδίων, των κουμπιών ενεργειών και των επιλογών (menu) ήταν προφανής*

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 2	2	11,8	11,8	11,8
3	4	23,5	23,5	35,3
4	7	41,2	41,2	76,5
5	4	23,5	23,5	100,0
Total	17	100,0	100,0	

#### 3.5.4 Λογισμικό «Φυσική – Προσομοιώσεις Πειραμάτων»

Η ομάδα των μαθητών που πραγματοποίησαν τις πέντε δραστηριότητες του φύλλου εργασίας «Βαρυτικό Πεδίο της Γης - Δορυφόροι», συμπλήρωσαν το φύλλο αξιολόγησης (Βλ. Παράρτημα) του λογισμικού «Φυσική - Προσομοιώσεις Πειραμάτων». Ο μέσος όρος της βαθμολογίας σε κάθε ένα από τα πέντε ερωτήματα παρουσιάζονται στον πίνακα 40.

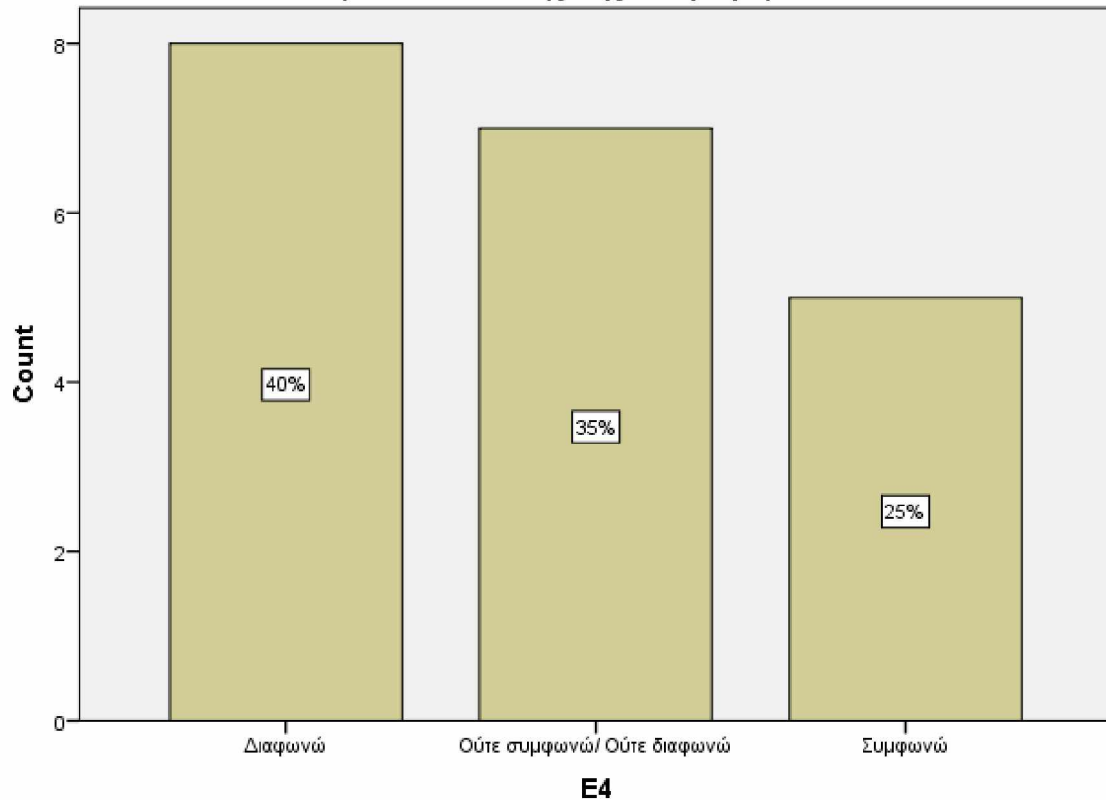
**Πίνακας 40:** *Statistics*

	E1	E2	E3	E4	E5
N Valid	20	20	20	20	20
Missing	0	0	0	0	0
Mean	3,10	2,95	2,95	2,85	3,10

Η βαθμολογία, κατά μέσο όρο, κυμάνθηκε από 2,85 έως 3,10. Τη χαμηλότερη βαθμολογία έδωσαν οι μαθητές στο ερώτημα E4: «*Το λογισμικό Φυσική-Προσομοιώσεις Πειραμάτων είναι το κατάλληλο βοήθημα για την κατανόηση του διδακτικού αντικειμένου Βαρυτικό Πεδίο της Γης - Δορυφόροι*». Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5, υπάρχει συγκεχυμένη άποψη των μαθητών, καθώς δέκα πέντε από τους συνολικά είκοσι μαθητές εμφανίζονται είτε να διαφωνούν (ποσοστό 40%), είτε να κρατούν ουδέτερη στάση (ποσοστό 35%) στο κατά πόσο το λογισμικό Φυσική-

Προσομοιώσεις Πειραμάτων είναι το κατάλληλο βοήθημα για την κατανόηση του διδακτικού αντικειμένου Βαρυτικό Πεδίο της Γης - Δορυφόροι.

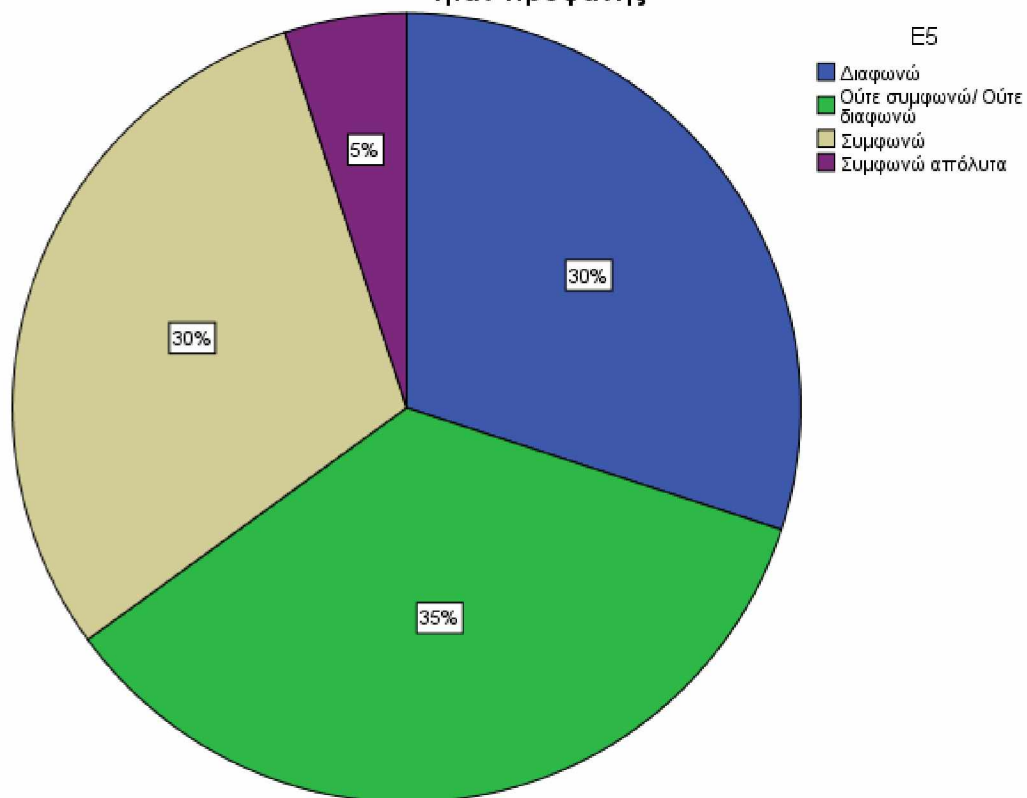
**Το λογισμικό είναι κατάλληλο για την κατανόηση του διδακτικού αντικειμένου Βαρυτικό Πεδίο της Γης - Δορυφόροι**



**Διάγραμμα 5:** Βαθμολογία ευχρηστίας λογισμικού Φυσική-Προσομοιώσεις Πειραμάτων

Στο ερώτημα E5 όπως φαίνεται στο διάγραμμα 6, υπάρχει διαφωνία μεταξύ των μαθητών καθώς το 30% θεωρεί ότι «η χρήση των εικονιδίων, των κουμπιών ενεργειών και των επιλογών (menu) ήταν προφανής», το 35% κρατά ουδέτερη στάση, ενώ 3 στους 10 μαθητές διαφωνούν.

Η χρήση των εικονιδίων, των κουμπιών ενεργειών και των επιλογών (menu) ήταν προφανής



*Διάγραμμα 6: Βαθμολογία ενχρηστίας λογισμικού*

## Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα

Η χρήση των λογισμικών και των προσομοιώσεων βελτίωσε τις επιδόσεις των μαθητών στους οποίους έγινε η κάθε διδακτική παρέμβαση. Πιο συγκεκριμένα:

### **A. Λογισμικό «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον»**

Οι μαθητές της Π.Ο. (ΒΘ1) βελτίωσαν τις επιδόσεις τους μεταξύ pre και post κατά 3,41 μονάδες (27%) ή κατά Hake 46%. Οι μαθητές της Π.Ο. βαθμολόγησαν το λογισμικό που χρησιμοποίησαν με υψηλή βαθμολογία 3,71/5. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει πως πρόκειται για ένα πλήρες και λειτουργικό λογισμικό. Αφού, ο ίδιος ο εκπαιδευτικός μπορεί να επιλέξει εικονικό εργαστήριο με έτοιμα πειράματα ή να δώσει την ελευθερία στους ίδιους τους μαθητές να συνθέσουν μόνοι τους την πειραματική διάταξη με την οποία θα διερευνήσουν το κάθε φυσικό φαινόμενο. Οι οπτικές αναπαραστάσεις του εικονικού εργαστηρίου διακρίνονται από αξιοπιστία και αληθοφάνεια, ενώ υπάρχει υψηλός βαθμός λειτουργικότητας και χειρισμού του.

### **B. Διαδραστικές Προσομοιώσεις Phet**

Η διαδραστική προσομοίωση του ιστοχώρου Phet, βοήθησε τους μαθητές της Π.Ο. (ΒΘ2) να αυξήσουν τις επιδόσεις τους κατά 3,60 μονάδες (28%) ή κατά Hake 50%, την ώρα που οι αντίστοιχοι της Ο.Ε. βελτιώθηκαν από την παραδοσιακή διδασκαλία μόλις 38%. Η διαδραστική προσομοίωση αξιολογήθηκε από τους μαθητές από 3,35 έως 3,70 (με μέσο όρο 3,56/5). Γεγονός που δηλώνει ότι είχε θετική ανταπόκριση από το σύνολο των μαθητών, το οποίο συμβαδίζει με τη βελτίωση της επίδοσής τους από τα pre και post ερωτηματολόγια. Οι προσομοιώσεις αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πειράματα που δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν εξαιτίας επικινδυνότητας, έλλειψης κατάλληλων υλικών, περιορισμού χρόνου. Ακόμη, παρέχουν τη δυνατότητα στους μαθητές, να αλλάζουν με μεταβλητές και παραμέτρους (π.χ. αρχική ταχύτητα, ύψος, επιτάχυνση βαρύτητας, αντίσταση του αέρα) τις οποίες στα πραγματικά πειράματα θα ήταν αρκετά δύσκολο να αλλαχτούν.

### **Γ. Διαδραστικές Προσομοιώσεις Seilias**

Η χρήση της διαδραστικής προσομοίωσης της ιστοσελίδας [www.seilias.gr](http://www.seilias.gr), για την Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτρικό Πεδίο, αύξησε τις επιδόσεις των μαθητών που αποτελούσαν την Π.Ο. (ΒΘ1) κατά 3,35 μονάδες (25%) ή κατά Hake

50%. Η χρήση της διαδραστικής αυτής προσομοίωσης αξιολογήθηκε από τους μαθητές με υψηλό μέσο όρο 3,53/5, και συγκεκριμένα από 3,41 έως 3,76. Γιατί, δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να παρατηρούν μη ορατές καταστάσεις όπως για παράδειγμα τις δυναμικές γραμμές και να είναι ικανοί να συνδέουν μεταξύ τους τις πολλαπλές αναπαραστάσεις.

#### **Δ. Λογισμικό «Φυσική-Προσομοιώσεις πειραμάτων»**

Από την ανάλυση των δεδομένων για το αντικείμενο «Βαρυτικό Πεδίο της Γης-Δορυφόρου» οι επιδόσεις των μαθητών του ΒΘ2, αυξήθηκαν μόλις κατά 2,80 μονάδες (21%) ή κατά Hake 41%. Οι μαθητές αξιολόγησαν την εφαρμοσιμότητα και τις δραστηριότητες του από 2,85 έως 3,10 με μέσο όρο κατώτερο του 3 (2,99/5). Στο συγκεκριμένο λογισμικό, παρατηρήθηκε η μικρότερη μεταβολή επιδόσεων από τις τέσσερις διδακτικές παρεμβάσεις, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την χαμηλή αξιολόγησή του από τους μαθητές. Σημαντικό εύρημα, από την ανάλυση των αξιολογήσεων, αποτελεί ότι το 70% των μαθητών θεωρούν ότι το λογισμικό δεν είναι εύκολα διαχειρίσιμο και φιλικό προς το χρήστη (Ερώτηση 1). Κατά τη χρήση του παρατηρήθηκε ότι έχει κατασκευαστεί για αρκετά παλαιότερο λειτουργικό σύστημα Windows και η μοναδική ανάλυση που λειτουργεί είναι 800x600, με αποτέλεσμα να μην είναι απόλυτα λειτουργικό. Ακόμη, οι αναπαραστάσεις του δεν διακρίνονται από αληθοφάνεια και αξιοπιστία. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιβεβαιώσει ποιοτικά και όχι ποσοτικά, τη σχέση της ελκτικής δύναμης με την απόσταση στο νόμο της παγκόσμιας έλξης. Τέλος, το εικονικό περιβάλλον παρέχει στο χρήστη ελάχιστη καθοδήγηση αλλά και ανατροφοδότηση.

#### **Γενικό συμπέρασμα**

Τα παραπάνω λογισμικά και προσομοιώσεις, διατίθενται ελεύθερα προς χρήση στην ιστοσελίδα <http://photodentro.edu.gr/lor/> που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από το ΙΤΥΕ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ» στο πλαίσιο του έργου «Ψηφιακή Εκπαιδευτική Πλατφόρμα, Διαδραστικά Βιβλία και Αποθετήριο Μαθησιακών Αντικειμένων». Οι διαδραστικές προσομοιώσεις της ιστοσελίδας [www.seilias.gr](http://www.seilias.gr) έχουν δημιουργηθεί από τον Φυσικό Ηλία Σιτσανλή, ενώ της ιστοσελίδας <https://phet.colorado.edu/> από το Πανεπιστήμιο του Colorado και είναι ελεύθερα διαθέσιμες προς χρήση. Το λογισμικό «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον» δημιουργήθηκε στο πλαίσιο του έργου: ΟΔΥΣΣΕΙΑ, της δράσης: ΝΑΥΣΙΚΑ με χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά τη χρονική



περίοδο 1996-2002 και έχει παραχωρηθεί προς χρήση στα σχολεία σε μορφή CD. Αντίθετα, το λογισμικό «Φυσική-Προσομοιώσεις πειραμάτων», δημιουργήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος Ελπίνωρ E-13, ένα πιλοτικό έργο που αφορά στην εισαγωγή δικτυακών και υπολογιστικών τεχνολογιών στο Ενιαίο Λύκειο μακροχρόνιου σχεδιασμού και υλοποίησης κατά την περίοδο 1996-2001, με χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Εφαρμόστηκε πιλοτικά σε 15 Ενιαία Λύκεια της Δυτικής Αθήνας, του Πειραιά, της Θεσσαλονίκης, των Σερρών, της Κομοτηνής, της Μυτιλήνης και της Ξάνθης. Τελικά, δεν παραχωρήθηκε ποτέ προς χρήση στα σχολεία.

### **Περιορισμοί της έρευνας**

Οι διδακτικές παρεμβάσεις για την αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού στο μάθημα της Φυσικής Β΄ τάξης Θετικού Προσανατολισμού, αποτέλεσαν όπως έχει αναφερθεί 37 μαθητές ενός Λυκείου της ευρύτερης περιοχής της Λαμίας. Επομένως, ως περιορισμοί της έρευνας θα μπορούσαν να θεωρηθούν τόσο ο μικρός αριθμός των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα, όσο και η περιοχή διεξαγωγής της. Διεξαγωγή έρευνας σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών της Β΄ τάξης Θετικού Προσανατολισμού από διάφορες περιοχές της χώρας, θα μπορούσε να οδηγήσει σε γενίκευση των αποτελεσμάτων.

### **Προτάσεις για μελλοντική έρευνα**

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτουν οι παρακάτω δυο προτάσεις για τη διεξαγωγή μελλοντικής έρευνας:

- Πραγματοποίηση αντίστοιχης έρευνας δυο μήνες μετά τη διδακτική παρέμβαση, ώστε να διερευνηθεί αν τα μαθησιακά αποτελέσματα παραμένουν αμετάβλητα σε βάθος χρόνου.
- Διεξαγωγή της ίδιας έρευνας σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών, ώστε να διερευνηθεί αν τα μαθησιακά αποτελέσματα μπορούν να γενικευτούν.



## Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση

- ❖ Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30 (14), 1945-1969.
- ❖ Boyle, T., (1997). Design for Multimedia Learning, Prentice Hall.
- ❖ Brant, G., Hooper, E., & Sugrue, B. (1991). Which Comes First the Simulation or the Lecture? *Journal of Educational Computing Research*, 7 (4), 469-481.
- ❖ Bruner, J. (1961). *The act of discovery*. *Harvard Educational Review*, 31 (1):2.
- ❖ Bybee, R. (2000). Teaching science as inquiry. In J. Minstrel & E. H. Van Zee (eds.), *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science* (pp. 20–46). Washington DC: American Association for the Advancement of Science.
- ❖ Chinien, C., & Hlynka, D. (1993). Formative evaluation of prototypical products: from expert to connoisseur. *Educational and Training Technology International* 30 (1), 60-66.
- ❖ Dillon, J. & Osborne, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections. London: Nuffield Foundation.
- ❖ Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, 67, 443-45
- ❖ Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών- Μια Παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών (επιμέλεια Π. Κόκκοτας, μετάφραση Μ. Χατζή), εκδ. Τυπωθήτω, Αθήνα.
- ❖ Finegold, M., & Gorsky, P. (2007). Students' concepts of force as applied to related physical systems: A search for consistency. *International Journal of Science Education* 13 (1), 97-113.
- ❖ Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid S., & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 1: 1-8.

- ❖ Gilbert, J., & Watts, M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- ❖ Hacker, R. G. (1984). A typology of approaches to science teaching in schools. *European Journal of Science Education*, 6 (2): 153-167.
- ❖ Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics. *American Journal of Physics*, 66 (1), 64–74.
- ❖ Hertel, J. P., & Millis, B. J. (2002). Using simulations to promote learning in higher education: An introduction. Sterling, VA: Stylus Publishing.
- ❖ Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88 (1), 28-54.
- ❖ Huckle, L. & Fischer, H. E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). Teaching and learning in the science laboratory (pp. 205-218). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- ❖ Jimoyiannis, A., Mikropoulos, T. A., & Ravanis, K. (2000). Students' performance towards computer simulations on kinematics. *Themes in Education*, 1(4), 357-372.
- ❖ Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36, 183-204.
- ❖ Kirkley, S., & Kirkley, J. (2004). Creating next generation blended learning environments using mixed reality, Video Games and Simulations. *TechTrends*, 42-53.
- ❖ Klahr, D., Triona, L. M., & Williams, C. (2007). Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (1): 183-203.
- ❖ Krajcik, J., Mamlok, R., & Hug, B. (2001). Modern content and the enterprise of science: Science education in the twentieth century. In L. Corno (ed.), *Education across a Century: The Centennial Volume* (pp. 205–238), Chicago: University of Chicago Press.
- ❖ Kocijancic, S., & O'Sullivan, C. (2004). Real or Virtual Laboratories in Science Teaching - is this Actually a Dilemma? *Informatics in Education*, 3 (2): 239-250.

- ❖ Lenaerts, J., Wieme, W., & Van Zele, E. (2003), Peer instruction: a case study for an introductory magnetism course. *European Journal of Physics*, 24, 7–14.
- ❖ Marshall, J. A., & Young, E. S. (2006). Pre-service teacher's theory development in physical and simulated environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (9), 907-937.
- ❖ Minner, D., D., Levy, A. J., & Century, J. (2009). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *JRST*, 47 (4): 474-496.
- ❖ National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy Press.
- ❖ Paterson, W. & Strickland, J., (1986). Garbage In/Garbage Out: Evaluating Computer Software, *The English Record*, 11-15.
- ❖ Pyatt, K., & Sims, R. (2007). Learner performance and attitudes in traditional versus simulated laboratory experiences. In *Proceedings of ASCILITE - Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education Annual Conference 2007* (pp. 870-879).
- ❖ De Jong, T., Wouter, R. & Joolingen, V. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68 (2), 179-201.
- ❖ Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1994). Mental Models of the Day/Night Cycle. *Cognitive Science - A multidisciplinary Journal*, 18 (1), 123-183.
- ❖ Zacharia, Z. C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23 (2), 120-132.

## Ελληνόγλωσση

- ❖ Γεωργιάδου, Ε. & Οικονομίδης, Α. (2001). Όργανο Αξιολόγησης Εκπαιδευτικού Λογισμικού, *Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Συνεδρίου για την Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη - Εκπαιδευτικό Λογισμικό και Διαδίκτυο*, CD-ROM, ΥΠΕΠΘ: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- ❖ Δημητριάδης, Σ. (2015). Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτικό λογισμικό. Ελληνικά ακαδημαϊκά ηλεκτρονικά συγγράμματα και βοηθήματα. Αθήνα

- ❖ ΕΤΠΕ (2002). Οι θέσεις της ΕΤΠΕ για το Εκπαιδευτικό Λογισμικό, Κείμενο εργασίας μετά από πρόκληση της Επιτροπής Στρατηγικής για την Πληροφορική στην Εκπαίδευση (ΕΣΠΕ) του ΥΠΕΠΘ.
- ❖ Ευαγγέλου, Β. Φ., & Κώτσης, Θ. Κ. (2009). Γνωρίσματα ερευνών της Διεθνούς Βιβλιογραφίας σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης (Επιμ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σ. 335-342).
- ❖ Ευαγγέλου, Β. Φ. & Κώτσης, Θ. Κ. (2012). Συγκριτική μελέτη της επίδρασης πραγματικών και εικονικών πειραμάτων στη μάθηση για το φαινόμενο του βρασμού του νερού σε μαθητές Ε' και ΣΤ' Δημοτικού Σχολείου. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 7 (1-2), 5-24.
- ❖ Καλκάνης, Γ. (2003). Το ιστορικό (;) μέλλον των ερευνητικών και εκπαιδευτικών πειραμάτων. Στο Κ. Σκορδούλης & Κ. Χαλκιά (Επιμ.), *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου: «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φ.Ε.»* (99-108). Αθήνα: Π.Τ.Δ.Ε.
- ❖ Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Θεσσαλονίκη: Γράφημα.
- ❖ Κόκκοτας, Π. (2008). Διδακτική των φυσικών επιστημών: Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- ❖ Κουμαράς, Π., Ψύλλος, Δ., Βαλασιάδης, Ο., & Ευαγγελινός, Δ. (1990). Επισκόπηση των απόψεων ελλήνων μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, τεύχος 13, σελίδες 125 - 154.
- ❖ Κουμαράς, Π. (1994). Υλικά καθημερινής χρήσης για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στους μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. *Εκπαιδευτική Κοινότητα*, 27, 34-37.
- ❖ Κουμαράς, Π. (2002). Οδηγός για την Πειραματική Διδασκαλία της Φυσικής. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- ❖ Λεύκος, Ι., Ψύλλος, Δ., Χατζηκρανιώτης, Ε., & Παπαδόπουλος, Α. (2005). Μία πρόταση για την εργαστηριακή υποστήριξη της διδασκαλίας της θερμικής

ακτινοβολίας με συνδυασμένη χρήση εργαλείων ΤΠΕ. *Πρακτικά του 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»* (σ. 114-120). Σύρος.

- ❖ Λεύκος, Ι., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2009). Ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων μέσα από ένα εικονικό περιβάλλον στην περιοχή των θερμικών φαινομένων. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης (επιμ.), *Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σ. 495-503).
- ❖ Μικρόπουλος, Τ. (2000). Εκπαιδευτικό Λογισμικό, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- ❖ Μικρόπουλος, Τ. (2004). Μία πρόταση για τη σχεδίαση και αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού. Στο Ι. Βλαχάβας κ.α. (επιμ.) *«Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην Ελληνική Εκπαίδευση: Απολογισμός και προοπτικές»* (σ. 98-110). Θεσσαλονίκη: Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.
- ❖ Μικρόπουλος, Τ. (2006). *Ο Υπολογιστής ως γνωστικό εργαλείο*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- ❖ Παναγιωτακόπουλος, Χ., Πιερρακέας, Χ., & Πιντέλας, Π. (2003). *Το εκπαιδευτικό λογισμικό και η αξιολόγησή του*, εκδόσεις Μεταίχμιο.
- ❖ Σάββας, Σ. (1996). Το ερευνητικό εξελισσόμενο μοντέλο στη διδασκαλία της φυσικής με ιδιοκατασκευές και πειράματα με απλά μέσα. Πρόταση εφαρμογής για το δημοτικό σχολείο. Διδακτορική Διατριβή. Π.Τ.Δ.Ε. Αθήνας.
- ❖ Σολομωνίδου, Χ. (2006). *Νέες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία, Εποικοδομητισμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης*. Αθήνα : Μεταίχμιο.
- ❖ Ταβέλη, Ε., Ολυμπίου Γ., & Ζαχαρία, Ζ. (2012). Σύγκριση της επίδρασης του πραγματικού και εικονικού πειραματισμού στις επεξηγήσεις που δίνουν φοιτητές για φαινόμενα που αφορούν στο συγκείμενο «Φως και Χρώμα» μετά τη διατύπωση προβλέψεων και την παρατήρηση των συγκεκριμένων φαινομένων. Στο Ν. Τσαγγαρίδου, Κ. Μαύρου, Σ. Συμεωνίδου, Ε. Φτιάκα, Α. Συμεού, Ι. Ηλία (Επιμ.), *Πρακτικά 12<sup>ου</sup> Συνεδρίου Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου* (σ. 79-89). Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- ❖ Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2011). Μπορούν τα ανοικτά εικονικά περιβάλλοντα να χρησιμοποιηθούν στη θέση των πραγματικών εργαστηρίων; Η εμπειρία του ΑΜΑΠ στο χώρο του ηλεκτρισμού. Στο Γ.

Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (επιμ.), *Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες* (σ. 658-665).

- ❖ Τζιμογιάννης, Α. (2004). Οι προσομοιώσεις στη Διδασκαλία της Φυσικής. Στο Ι. Βλαχάβας, Β. Δαγδιλέλης, Γ. Ευαγγελίδης, Γ. Παπαδόπουλος, Μ. Σατρατζέμη, & Δ. Ψύλλος (επιμ.), *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην ελληνική εκπαίδευση: απολογισμός και προοπτικές* (σ. 240-254). Θεσσαλονίκη: Α.Π.Θ. και Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.
- ❖ Τριανταφύλλου, Ι. Σ. (2017). Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων με χρήση του πακέτου IBM SPSS Statistics, Λαμία (σελ 74)
- ❖ Τσελφές, Β. (2003). Πειράματα με τη Θερμότητα, το Φως και τα Ηλεκτρικά Κυκλώματα. Αθήνα: ΕΚΠΑ, Πρόγραμμα Εκπαίδευσης Μουσουλμανοπαίδων 2002-2004.
- ❖ Ψύλλος, Δ., Αργυράκης, Π., Βλαχάβας, Ι., Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπισδικιάν Γκ., Ρεφανίδης, Ι., Λεύκος, Ι., Κορομπίλης, Κ., Βράκας, Δ., Γάλλος, Α., Πετρίδου, Ε., & Νικολαΐδης, Ι. (2000). Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον για τη διδασκαλία Θερμότητας-Θερμοδυναμικής, *Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου «ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»*, Πάτρα.
- ❖ Ψύλλος, Δ. (2007). Μοντέλα και κόσμοι στους εικονικού χώρους. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος & Γ. Τσαπαρλής (Επιμ.), *Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»*. Τόμος Α. 31-41, Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.



## **Παράρτημα 1: Ερωτηματολόγια**

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ 1**  
**E1: Θερμότητα-Θερμοδυναμική**

Όνοματεπώνυμο: .....

Τάξη: .....

Ημερομηνία: .....

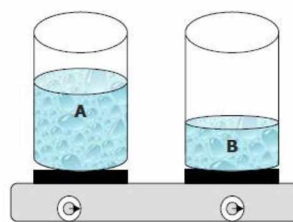
*Στις ερωτήσεις E1 έως E14 να κυκλώσεις την πρόταση που θεωρείς καταλληλότερη.*

- E1.** Πιάνεις με το χέρι σου ένα παγάκι. Θα μεταφερθεί:
- α.** Θερμοκρασία από το χέρι στο παγάκι
  - β.** Θερμότητα από το παγάκι στο χέρι
  - γ.** Θερμότητα από το χέρι στο παγάκι και κρύο από το παγάκι στο χέρι
  - δ.** Θερμότητα από το χέρι στο παγάκι
- E2.** Γεμίζουμε τρία όμοια ποτήρια με νερό, λάδι και χυμό αντίστοιχα. Τα αφήνουμε στον πάγκο του εργαστηρίου όλο το βράδυ. Η θερμοκρασία του εργαστηρίου είναι συνεχώς σταθερή. Την επόμενη μέρα μετρούμε τη θερμοκρασία των υγρών.
- α.** Χαμηλότερη θερμοκρασία έχει το ποτήρι με το νερό
  - β.** Χαμηλότερη θερμοκρασία έχει το ποτήρι με το λάδι
  - γ.** Έχουν την ίδια θερμοκρασία και τα τρία ποτήρια
  - δ.** Χαμηλότερη θερμοκρασία έχει το ποτήρι με το χυμό
- E3.** Στον πάγκο του εργαστηρίου τοποθετούμε ένα κομμάτι ξύλου και ένα κομμάτι σιδήρου, που έχουν το ίδιο σχήμα και μέγεθος. Η θερμοκρασία του εργαστηρίου είναι σταθερή. Μετά από 12 ώρες μετράμε τη θερμοκρασία των δυο αντικειμένων.
- α.** Χαμηλότερη θερμοκρασία έχει το κομμάτι ξύλου
  - β.** Χαμηλότερη θερμοκρασία έχει το κομμάτι του σιδήρου
  - γ.** Τα δυο αντικείμενα έχουν την ίδια θερμοκρασία
  - δ.** Δεν μπορούμε να απαντήσουμε



- E4.** Έχουμε ένα κρύο σιδερένιο δοχείο με καφέ. Για να κρατήσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο κρύο το περιεχόμενο του τι πρέπει να κάνουμε;
- α.** Να τυλίξουμε το δοχείο με αλουμινόχαρτο
  - β.** Να τυλίξουμε το δοχείο με μάλλινο ύφασμα
  - γ.** Τίποτα από τα παραπάνω

**E5.** Τα δοχεία A και B περιέχουν νερό ίδιας θερμοκρασίας. Ζεσταίνουμε το δοχείο A και στη συνέχεια ζεσταίνουμε το δοχείο B, ώστε το νερό που περιέχει να φτάσει στην ίδια θερμοκρασία με το νερό του δοχείου A. Μεγαλύτερο ποσό θερμότητας μεταφέρθηκε:



- α.** Στο δοχείο A
- β.** Στο δοχείο B
- γ.** Στα δυο δοχεία μεταφέρθηκε το ίδιο ποσό θερμότητας
- δ.** Δεν μπορούμε να απαντήσουμε επειδή δεν γνωρίζουμε τις θερμοκρασίες

**E6.** Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου υποβάλλεται σε ισόθερμη συμπίεση μέχρι να διπλασιαστεί η πίεσή του. Η πυκνότητα του αερίου:

- α.** Θα διπλασιαστεί
- β.** Θα υποδιπλασιαστεί
- γ.** Θα παραμείνει σταθερή
- δ.** Θα υποτετραπλασιαστεί

**E7.** Σε δοχείο με σταθερά τοιχώματα βρίσκεται ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου. Αν αυξηθεί η θερμοκρασία του αερίου, η πίεση:

- α.** Θα αυξηθεί
- β.** Θα μειωθεί
- γ.** Θα παραμείνει σταθερή
- δ.** Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε

**E8.** Η θερμοκρασία ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου είναι  $27^{\circ}\text{C}$ . Θερμαίνουμε το αέριο υπό σταθερή πίεση έως ότου ο όγκος του διπλασιαστεί. Η νέα θερμοκρασία του αερίου είναι:

- α.**  $54^{\circ}\text{C}$
- β.**  $127^{\circ}\text{C}$
- γ.**  $227^{\circ}\text{C}$
- δ.**  $327^{\circ}\text{C}$

**E9.** Σε δοχείο με σταθερά τοιχώματα βρίσκεται ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου. Αν ο αριθμός των μορίων του αερίου διπλασιαστεί, η πίεση:

- α.** Θα τετραπλασιαστεί
- β.** Θα διπλασιαστεί
- γ.** Θα υποτετραπλασιαστεί
- δ.** Θα υποδιπλασιαστεί

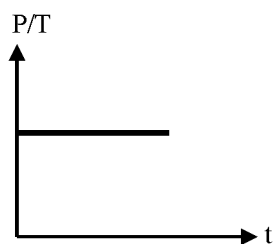
**E10.** Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου υποβάλλεται σε αντιστρεπτή μεταβολή κατά την οποία τετραπλασιάζεται η πίεση, υπό σταθερό όγκο. Για να επανέλθει το αέριο στην αρχική του πίεση, υπό σταθερή θερμοκρασία, πρέπει ο όγκος να:

- α.** Τετραπλασιαστεί
- β.** Διπλασιαστεί
- γ.** Υποτετραπλασιαστεί
- δ.** Δεκαεξαπλασιαστεί

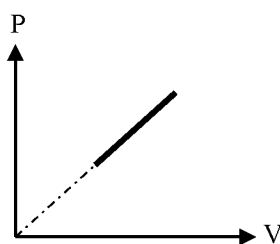
**E11.** Το έργο στην ισόχωρη αντιστρεπτή μεταβολή:

- α.** Είναι θετικό
- β.** Είναι μηδέν
- γ.** Είναι αρνητικό
- δ.** Είναι άλλοτε θετικό και άλλοτε αρνητικό

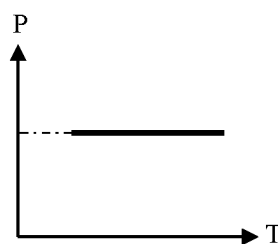
**E12.** Από τα διαγράμματα αυτό που παριστάνει ισόχωρη μεταβολή, είναι το:



**Δ1**



**Δ2**

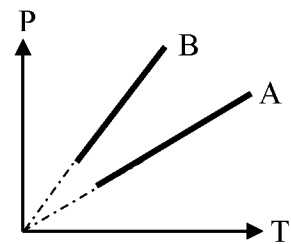


**Δ3**

- α.** Δ1
- β.** Δ2
- γ.** Δ3
- δ.** Κανένα

**E13.** Στο διπλανό διάγραμμα φαίνονται οι μεταβολές δύο αερίων που έχουν ίδια μάζα, υπό σταθερό όγκο για το καθένα. Το αέριο που έχει μεγαλύτερο όγκο είναι:

- α.** Το A
- β.** Το B
- γ.** Τα δυο αέρια έχουν τον ίδιο όγκο
- δ.** Δεν μπορούμε να απαντήσουμε



**E14.** Σε δοχείο σταθερού όγκου περιέχεται ορισμένη ποσότητα αερίου. Για να τετραπλασιαστεί η πίεση και ταυτόχρονα να διπλασιαστεί η απόλυτη θερμοκρασία, πρέπει με κάποιον τρόπο η μάζα του αερίου, να:

- α.** Τετραπλασιαστεί
- β.** Διπλασιαστεί
- γ.** Υποδιπλασιαστεί.
- δ.** Παραμένει ίδια

## ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ 2

### Ε2: Οριζόντια Βολή

Όνοματεπώνυμο: .....

Τάξη: .....

Ημερομηνία: .....

Στις ερωτήσεις Ε1 έως Ε7 να κυκλώσεις την πρόταση που θεωρείς καταλληλότερη.

- E1.** Δύο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  εκτοξεύονται οριζόντια από το ίδιο ύψος, την ίδια χρονική στιγμή με αρχικές ταχύτητες μέτρων  $υ_0$  και  $2υ_0$  αντίστοιχα. Στο έδαφος πρώτο θα φτάσει:
- α.** Το σώμα  $\Sigma_1$
  - β.** Το σώμα  $\Sigma_2$
  - γ.** Και τα δυο ταυτόχρονα
  - δ.** Δεν μπορούμε να απαντήσουμε αφού δεν γνωρίζουμε τη μάζα τους
- E2.** Δύο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$  εκτοξεύονται οριζόντια από το ίδιο ύψος, την ίδια χρονική στιγμή με αρχικές ταχύτητες μέτρων  $υ_0$  και  $2υ_0$  αντίστοιχα. Μεγαλύτερο βεληνεκές έχει:
- α.** Το σώμα  $\Sigma_1$
  - β.** Το σώμα  $\Sigma_2$
  - γ.** Τα δυο σώματα έχουν το ίδιο βεληνεκές
  - δ.** Δεν μπορούμε να απαντήσουμε αφού δεν γνωρίζουμε τη μάζα τους
- E3.** Δυο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$ , με μάζες  $m$  και  $2m$  αντίστοιχα εκτοξεύονται οριζόντια από το ίδιο ύψος, την ίδια χρονική στιγμή με αρχικές ταχύτητες ίδιου μέτρου. Στο έδαφος πρώτο φτάνει:
- α.** Το σώμα  $\Sigma_1$
  - β.** Το σώμα  $\Sigma_2$
  - γ.** Τα δυο σώματα φτάνουν ταυτόχρονα στο έδαφος
  - δ.** Δεν μπορούμε να απαντήσουμε αφού δεν γνωρίζουμε το ύψος
- E4.** Δυο σώματα  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$ , ίδιας μάζας εκτοξεύονται οριζόντια από ύψη  $h_1$  και  $h_2 = 2h_1$  αντίστοιχα, την ίδια χρονική στιγμή με αρχικές ταχύτητες ίδιου μέτρου. Στο έδαφος πρώτο φτάνει:



- α. Το σώμα  $\Sigma_1$
- β. Το σώμα  $\Sigma_2$
- γ. Τα δυο σώματα φτάνουν ταυτόχρονα στο έδαφος
- δ. Δεν μπορούμε να απαντήσουμε αφού δεν γνωρίζουμε την ταχύτητα

**E5.** Ο χρόνος που κάνει ένα σώμα που εκτελεί οριζόντια βολή για να φτάσει στο έδαφος εξαρτάται από:

- α. Τη μάζα του σώματος
- β. Το ύψος από το έδαφος
- γ. Την αρχική ταχύτητα
- δ. Όλα τα παραπάνω

**E6.** Στην άκρη ενός τραπέζιου βρίσκονται δύο σφαίρες  $\Sigma_1$  και  $\Sigma_2$ . Κάποια χρονική στιγμή η σφαίρα  $\Sigma_1$  εκτοξεύεται οριζόντια με ταχύτητα  $u_0$ , ενώ η σφαίρα  $\Sigma_2$  αφήνεται ελεύθερη. Ποια σφαίρα φτάνει πρώτη στο πάτωμα;

- α. Η σφαίρα  $\Sigma_1$
- β. Η σφαίρα  $\Sigma_2$
- γ. Οι δύο σφαίρες φτάνουν ταυτόχρονα στο πάτωμα
- δ. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε, γιατί δεν ξέρουμε το ύψος του τραπεζιού

**E7.** Η σχέση που συνδέει το βεληνεκές  $S$  με το αρχικό ύψος  $h$ , είναι:

- α. Το ύψος  $h$  είναι ανάλογο του  $S$  ( $h \sim S$ )
- β. Το ύψος  $h$  είναι ανάλογο του τετραγώνου του  $S$  ( $h \sim S^2$ )
- γ. Το ύψος  $h$  είναι αντιστρόφως ανάλογο του  $S$  ( $h \sim 1/S$ )
- δ. Το ύψος  $h$  είναι ανάλογο της τετραγωνικής ρίζας του  $S$  ( $h \sim \sqrt{S}$ )

*Στην ερώτηση E8 να χαρακτηρίσεις με το γράμμα  $\Sigma$  κάθε σωστή και με το γράμμα  $\Lambda$  κάθε λανθασμένη πρόταση.*

- E8.** Ένα σώμα εκτελεί οριζόντια βολή
- α. Το σώμα κατά την κίνησή του έχει σταθερή επιτάχυνση
  - β. Η ταχύτητα του σώματος βολή είναι σταθερή
  - γ. Στον οριζόντιο άξονα το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση
  - δ. Η κατακόρυφη συνιστώσα της ταχύτητας του σώματος είναι σταθερή

**ε.** Η κίνηση του σώματος είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη

**στ.** Η τροχιά είναι παραβολική και η επιτάχυνση είναι συνεχώς κάθετη στην ταχύτητα

### ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ 3

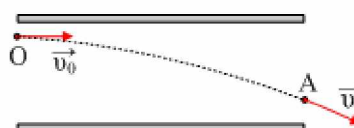
#### E3: Κίνηση σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο<sup>1</sup>

Όνοματεπώνυμο: .....

Τάξη: .....

Ημερομηνία: .....

Στο Ο.Η.Π. του σχήματος εισέρχεται κάθετα στις δυναμικές γραμμές με αρχική ταχύτητα  $v_0$ , φορτισμένο σωματίδιο μάζας  $m$  και φορτίου  $q > 0$ . Το σωματίδιο εξέρχεται από το σημείο Α, έχοντας εκτραπεί από την διεύθυνση εισόδου. Το βάρος του σωματιδίου να θεωρηθεί αμελητέο.



Στις ερωτήσεις E1 έως E3, να κυκλώσεις την πρόταση που θεωρείς καταλληλότερη.

- E1.** Η δύναμη που δέχεται το σωματίδιο έχει κατεύθυνση:
- α. Την κατεύθυνση της αρχικής ταχύτητας
  - β. Την κατεύθυνση της ταχύτητας σε κάθε σημείο της τροχιάς
  - γ. Κατακόρυφη προς τα κάτω
  - δ. Κατακόρυφη προς τα πάνω
- E2.** Η επάνω πλάκα είναι:
- α. Θετικά φορτισμένη
  - β. Αρνητικά φορτισμένη
  - γ. Αφόρτιστη γιατί το σωματίδιο εκτρέπεται λόγω του βάρους του
  - δ. Δεν μπορούμε να απαντήσουμε
- E3.** Μεγαλύτερη ταχύτητα έχει το σωματίδιο:
- α. Στο σημείο Ο
  - β. Στο σημείο Α
  - γ. Η ταχύτητα στο Α είναι ίση με την ταχύτητα στο σημείο Ο
  - δ. Σε κάθε σημείο της τροχιάς του έχει την ίδια ταχύτητα

<sup>1</sup> Μέρος των ερωτήσεων του E3 αντλήθηκαν από την ιστοσελίδα <http://dmargarisb.blogspot.com/>

Στις ερωτήσεις E4 έως E6, να χαρακτηρίσεις με το γράμμα Σ κάθε σωστή και με το γράμμα Λ κάθε λανθασμένη πρόταση.

- E4.** Αν αυξηθεί η αρχική ταχύτητα  $v_0$  του σωματιδίου, τότε:
- α.** Θα αποκτήσει μεγαλύτερη επιτάχυνση
  - β.** Το σωματίδιο θα κινηθεί λιγότερο χρόνο μέσα στο πεδίο
  - γ.** Η κατακόρυφη εκτροπή του σωματιδίου θα γίνει μικρότερη
  - δ.** Η κατακόρυφη ταχύτητα του σωματιδίου θα αυξηθεί
- E5.** Αν αυξηθεί η τάση μεταξύ των δύο παραλλήλων πλακών τότε:
- α.** Θα αυξηθεί η ένταση του πεδίου
  - β.** Θα αυξηθεί η επιτάχυνση του σωματιδίου
  - γ.** Θα ελαττωθεί ο χρόνος κίνησης μέσα στο πεδίο
  - δ.** Το σωματίδιο θα εκτραπεί περισσότερο από το πεδίο
  - ε.** Ίσως το σωματίδιο δεν βγει από το πεδίο
  - στ.** Η τελική ταχύτητα του σωματιδίου θα αυξηθεί
- E6.** Αν πλησιάσουν οι δυο παράλληλες πλάκες, με την ίδια τάση μεταξύ τους, τότε:
- α.** Θα αυξηθεί η ένταση του πεδίου
  - β.** Θα αυξηθεί η επιτάχυνση του σωματιδίου
  - γ.** Θα ελαττωθεί ο χρόνος κίνησης μέσα στο πεδίο
  - δ.** Το σωματίδιο θα εκτραπεί περισσότερο από το πεδίο
  - ε.** Ίσως το σωματίδιο δεν βγει από το πεδίο
  - στ.** Η τελική ταχύτητα του σωματιδίου θα μειωθεί

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ 4**  
**E4: Βαρυντικό Πεδίο της Γης-Δορυφόροι<sup>2</sup>**

Όνοματεπώνυμο: .....

Τάξη: .....

Ημερομηνία: .....

*Στις ερωτήσεις E1 έως E10 να κυκλώσεις την πρόταση που θεωρείς καταλληλότερη.*

- E1.** Η δύναμη της παγκόσμιας έλξης μεταξύ Γης και ενός σώματος:
- α.** Εξαρτάται από την ύπαρξη αέρα μεταξύ Γης και ενός σώματος
  - β.** Είναι αντιστρόφως ανάλογη με την απόσταση στην οποία βρίσκεται το σώμα από την επιφάνεια της Γης
  - γ.** Υπάρχει μόνο όταν το σώμα βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια της Γης
  - δ.** Είναι ανάλογη με το γινόμενο των μαζών της Γης και του σώματος
- E2.** Δύο σώματα βρίσκονται σε ορισμένη απόσταση μεταξύ τους. Τα δυο σώματα:
- α.** Έλκονται
  - β.** Απωθούνται
  - γ.** Άλλοτε έλκονται και άλλοτε απωθούνται
  - δ.** Δεν μπορούμε να απαντήσουμε αν δεν γνωρίζουμε το υλικό από το οποίο αποτελείται κάθε σώμα
- E3.** Δύο σώματα με μάζες  $m_1$  και  $m_2$ , που βρίσκονται σε απόσταση  $r$ , έλκονται μεταξύ τους με δύναμη μέτρου  $F$ . Αν τα σώματα είχαν διπλάσιες μάζες, τότε θα έλκονται με δύναμη μέτρου:
- α.** Υποτετραπλάσιου
  - β.** Υποδιπλάσιου
  - γ.** Διπλάσιου
  - δ.** Τετραπλάσιου
- E4.** Δύο σώματα με μάζες  $m_1$  και  $m_2$ , που βρίσκονται σε απόσταση  $r$ , έλκονται μεταξύ τους με δύναμη μέτρου  $F$ . Αν η απόσταση μεταξύ των σωμάτων διπλασιαστεί, τότε θα έλκονται με δύναμη μέτρου:
- α.** Υποτετραπλάσιου

<sup>2</sup> Μέρος των ερωτήσεων του E4 αντλήθηκαν από την ιστοσελίδα [http://www.kee.gr/html/themata\\_main.php](http://www.kee.gr/html/themata_main.php)

- β. Υποδιπλάσιου
- γ. Διπλάσιου
- δ. Τετραπλάσιου

**E5.** Δύο σώματα με μάζες  $m_1$  και  $m_2$ , που βρίσκονται σε απόσταση  $r$ , έλκονται μεταξύ τους με δύναμη μέτρου  $F$ . Αν η μάζα κάθε σώματος διπλασιαστεί και τα σώματα βρεθούν σε διπλάσια απόσταση, τότε θα έλκονται με δύναμη μέτρου:

- α. Υποδιπλάσιου
- β. Ίδιου
- γ. Διπλάσιου
- δ. Τετραπλάσιου

**E6.** Ένας δορυφόρος περιστρέφεται γύρω από τη Γη με ταχύτητα σταθερού μέτρου  $v$ , που έχει ως αποτέλεσμα η κινητική του ενέργεια να παραμένει σταθερή. Στο δορυφόρο ασκείται δύναμη:

- α. Που έχει κατεύθυνση, την κατεύθυνση της ταχύτητας σε κάθε σημείο
- β. Που έχει κατεύθυνση, αντίθετη από την κατεύθυνση της ταχύτητας σε κάθε σημείο
- γ. Δεν ασκείται δύναμη αφού η κινητική ενέργεια παραμένει σταθερή
- δ. Που έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της Γης

**E7.** Ένας δορυφόρος Α περιστρέφεται γύρω από τη Γη σε τροχιά ακτίνας  $r$ . Στη θέση του δορυφόρου Α τοποθετηθεί δορυφόρος Β διπλάσιας μάζας. Για τα μέτρα  $v_A$  και  $v_B$  των ταχυτήτων περιστροφής των δυο δορυφόρων ισχύει:

- α.  $v_A = v_B$
- β.  $v_A = 2v_B$
- γ.  $v_A = 4v_B$
- δ.  $v_B = 2v_A$

**E8.** Ένας δορυφόρος Α περιστρέφεται γύρω από τη Γη σε τροχιά ακτίνας  $r$ . Στη θέση του δορυφόρου Α τοποθετηθεί δορυφόρος Β διπλάσιας μάζας. Για τις περιόδους περιστροφής  $T_A$  και  $T_B$  των δυο δορυφόρων ισχύει:

- α.  $T_A = 4T_B$
- β.  $T_A = 2T_B$
- γ.  $T_B = 2T_A$
- δ.  $T_A = 2T_B$



- E9.** Η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς ενός τεχνητού δορυφόρου της Γης αυξάνεται. Το μέτρο της γραμμικής του ταχύτητας:
- α.** αυξάνεται
  - β.** ελαττώνεται
  - γ.** παραμένει σταθερό
  - δ.** δεν μπορούμε να απαντήσουμε αν δεν γνωρίζουμε τη μάζα του
- E10.** Δύο δορυφόροι, ίσης μάζας, διαγράφουν την ίδια κυκλική τροχιά μεγάλης ακτίνας γύρω από τη Γη. Οι δορυφόροι κινούνται με αντίθετες φορές, συγκρούονται μετωπικά και πλαστικά. Αμέσως μετά την κρούση το συσσωμάτωμα που προκύπτει:
- α.** θα εξακολουθεί να κινείται στην ίδια τροχιά
  - β.** θα εκτελέσει ελεύθερη πτώση
  - γ.** θα γίνει δορυφόρος της Γης σε μικρότερο ύψος από το αρχικό
  - δ.** θα κινηθεί προς τη Γη με σταθερή επιτάχυνση

*Στις ερωτήσεις E11 και E12, να χαρακτηρίσεις με το γράμμα Σ κάθε σωστή και με το γράμμα Λ κάθε λανθασμένη πρόταση.*

- E11.** Δύο τεχνητοί δορυφόροι με μάζες  $m$  και  $2m$ , αντίστοιχα, διαγράφουν κυκλικές τροχιές ίδιας ακτίνας και ίδιας φοράς γύρω από τη Γη.
- α.** Οι δορυφόροι έχουν την ίδια περίοδο
  - β.** Οι δορυφόροι έχουν την ίδια κινητική ενέργεια
  - γ.** Οι δορυφόροι έχουν κεντρομόλο επιτάχυνση ίδιου μέτρου
  - δ.** Οι δορυφόροι είναι δυνατό να συγκρουστούν
- E12.** Δύο τεχνητοί δορυφόροι διαγράφουν κυκλικές γύρω από τη Γη.
- α.** Αν οι δύο δορυφόροι έχουν ταχύτητες ίσου μέτρου, θα έχουν και ίδια περίοδο περιστροφής
  - β.** Αν οι δύο δορυφόροι έχουν ταχύτητες διαφορετικού μέτρου είναι δυνατό να συγκρουστούν
  - γ.** Όποιος δορυφόρος κινείται σε τροχιά μεγαλύτερης ακτίνας, έχει μικρότερη κινητική ενέργεια
  - δ.** Όποιος δορυφόρος έχει μεγαλύτερη μάζα, έχει και μεγαλύτερο μέτρο ταχύτητας

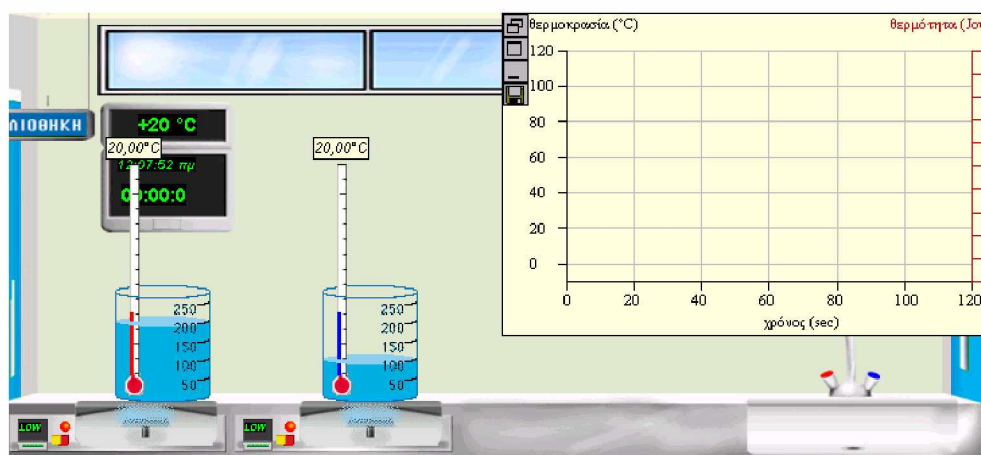
## Παράρτημα 2: Φύλλα Εργασίας

## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΦΕ1α: Θερμότητα<sup>3</sup>

Όνοματεπώνυμο: .....  
Τάξη: ..... Ημερομηνία: .....

### Ακολουθούμενα βήματα

Στο λογισμικό «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον» ενεργοποίησε το εργαστήριο θερμότητας.



### Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>

Στο εικονικό εργαστήριο δημιουργείς τη παραπάνω διάταξη ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

1. Στο ένα δοχείο βάζεις 100 g νερού και στο άλλο 200 g νερό.
2. Ενεργοποιείς την προβολή της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας [άξονες: (0,120) sec και (-20,120) °C].
3. Καθορίζεις τη χρονική επιτάχυνση σε x2.
4. Ανάβεις τους δύο λύχνους διαλέγοντας τη χαμηλή παροχή και ζεσταίνεις τα δοχεία μέχρι τους 50°C περίπου.

**Πρόβλεψη:** Θα φθάσουν γρηγορότερα στους 50°C τα ... .. g νερό γιατί ... ..

Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης δημιουργούνται, στο παράθυρο των γραφικών παραστάσεων, δύο γραμμές με διαφορετική κλίση, μια για κάθε ποσότητα νερού.

**Πρόβλεψη:** Μεγαλύτερη κλίση θα έχει η γραμμή που αντιστοιχεί στα ... .. g

Συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα, χρησιμοποιώντας τις τιμές από τη γραφική παράσταση ("πατώντας" με το ποντίκι πάνω στη γραμμή της).

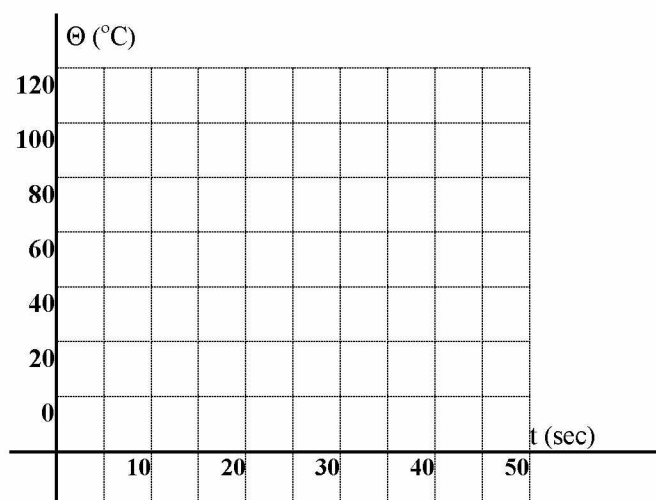
<sup>3</sup> Μέρος του ΦΕ1α έχει αντληθεί από το CD «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον Εγχειρίδιο Μαθητή τεύχος 1: Θερμότητα»

Θερμοκρασία	Χρόνος που απαιτήθηκε	
	Νερό 100 g	Νερό 200 g
20 °C	0 s	0 s
30 °C	.... s	.... s
40 °C	.... s	.... s
50 °C	.... s	.... s

Παρατηρείς την άνοδο της θερμοκρασίας του νερού από το θερμόμετρο και αντίστοιχα τη γραμμή στο διάγραμμα των γραφικών παραστάσεων.

- ✚ Η πρόβλεψή σου αν τα 100 ή τα 200 g θα φθάσουν γρηγορότερα στους 50°C ήταν .....
- ✚ Η πρόβλεψή σου αν μεγαλύτερη κλίση θα έχει η γραμμή για τα 100 ή τα 200 g ήταν .....

Με τη βοήθεια και του πίνακα να σχεδιάσεις τις γραφικές παραστάσεις, που βλέπεις στην οθόνη στο παρακάτω διάγραμμα χρησιμοποιώντας διαφορετικό χρώμα για καθεμιά.



### Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>

Στο εικονικό εργαστήριο δημιουργείς τη παραπάνω διάταξη ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

1. Στο ένα δοχείο βάζεις 100 g νερού ενώ στο άλλο 100 g λαδιού.
2. Ενεργοποιείς την προβολή της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας [άξονες: (0,120) sec, (-20,120) °C].
3. Καθορίζεις τη χρονική επιτάχυνση σε x2.

4. Ανάβεις τους δύο λύχνους διαλέγοντας τη χαμηλή παροχή και ζεσταίνεις τα δοχεία μέχρι τους 50°C περίπου.

**Πρόβλεψη:** Θα φθάσουν γρηγορότερα στους 50°C τα 100 g ... .. γιατί ... ..

Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης δημιουργούνται, στο παράθυρο των γραφικών παραστάσεων δύο γραμμές με διαφορετική κλίση, μια για κάθε ποσότητα νερού.

**Πρόβλεψη:** Μεγαλύτερη κλίση θα έχει η γραμμή που αντιστοιχεί στα 100 g ... ..

Συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα, χρησιμοποιώντας τις τιμές από τη γραφική παράσταση ("πατώντας" με το ποντίκι πάνω στη γραμμή της).

Θερμοκρασία	Χρόνος που απαιτήθηκε	
	Νερό 100 g	Λάδι 100 g
20 °C	0 s	0 s
30 °C	.... s	.... s
40 °C	.... s	.... s
50 °C	.... s	.... s

Παρατηρείς την άνοδο της θερμοκρασίας του νερού από το θερμόμετρο και αντίστοιχα τη γραμμή στο διάγραμμα των γραφικών παραστάσεων.

- ✚ Η πρόβλεψή σου αν τα 100g νερού ή λαδιού θα φθάσουν γρηγορότερα στους 50°C ήταν .....
- ✚ Η πρόβλεψή σου αν μεγαλύτερη κλίση θα έχει η γραμμή για τα 100 g νερού ή λαδιού ήταν .....
- ✚ Αυτό σημαίνει ότι το λάδι σε σύγκριση με ίση ποσότητα νερού θερμαίνεται πιο .....
- ✚ Αν ζεστάνεις με την ίδια παροχή θερμότητας διπλάσια ποσότητα λαδιού (200 g), μεγαλύτερη κλίση θα έχει η γραμμή που αντιστοιχεί στα ..... g. Αυτό σημαίνει ότι 200 g λαδιού σε σύγκριση με 100 g λαδιού θερμαίνονται πιο .....

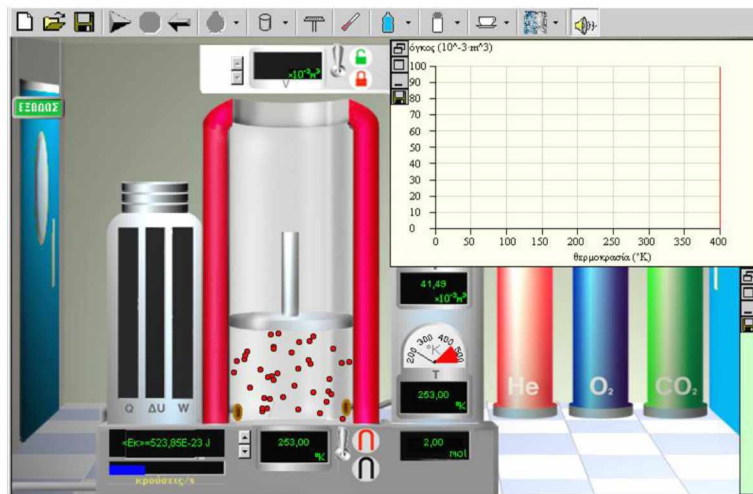
## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΦΕ1β: Θερμοδυναμική

Ονοματεπώνυμο: .....  
Τάξη: ..... Ημερομηνία: .....

### Ακολουθούμενα βήματα

Στο λογισμικό «Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον» ενεργοποίησε το εργαστήριο θερμοδυναμικής.

### Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>

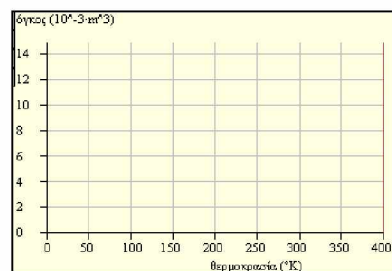


Άνοιξε το αρχείο **Gas00.lab** και διαμόρφωσε την πειραματική διάταξη της εικόνας, ως εξής:

- Το έμβολο ελεύθερο
- Γραφική παράσταση  $V - T$  με κλίμακες  $0-100 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  και  $0-400 \text{ K}$
- Εισαγωγή  $2 \text{ mol He}$  (η ποσότητα θα παραμείνει σταθερή σε όλη τη διάρκεια του πειράματος)
- Αρχική θερμοκρασία  $T_0 = 253 \text{ K}$

Πίεσε το κουμπί «εκτέλεση πειράματος». Αυξάνοντας τη θερμοκρασία συμπλήρωσε τον πίνακα με τις τιμές που δίνει ο μετρητής όγκου.

T (K)	V (m <sup>3</sup> )
253	
283	
313	
343	
373	



Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, ο όγκος .....



Με κλικ σε ένα σημείο της καμπύλης μπορείτε να δείτε τα ζεύγη τιμών (V, T) που αντιστοιχούν σε αυτό.

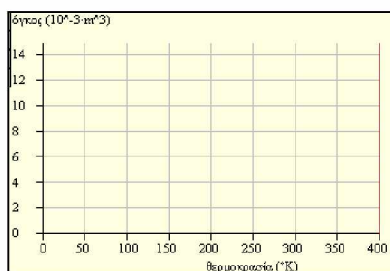
Με αυτόν τον τρόπο βρείτε ποιος όγκος αντιστοιχεί στις πιο κάτω θερμοκρασίες:

$T_1 = 270 \text{ K}$	$V_1 = \dots \text{ m}^3$
$T_2 = 300 \text{ K}$	$V_2 = \dots \text{ m}^3$
$T_3 = 350 \text{ K}$	$V_3 = \dots \text{ m}^3$

Τα μεγέθη V και T, είναι ποσά .....  
 Η αντιστρεπτή μεταβολή μιας σταθερής μάζας ενός αερίου, όταν η πίεσή του διατηρείται σταθερή, λέγεται .....

Πίεσε το κουμπί «STOP» χωρίς να κλειδώσεις το έμβολο και διατηρώντας τη θερμοκρασία στους 253K, διπλασιάστε την πίεση στο δοχείο ( $P = 2,026 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ ) με την προσθήκη ενός βαριδίου. Πιέζοντας το κουμπί «εκτέλεση πειράματος» επανέλαβε την παραπάνω διαδικασία.

T (K)	V (m <sup>3</sup> )
253	
283	
313	
343	
373	



Είναι πάλι ίδια η σχέση μεταξύ V - T; .....

Σε τι διαφέρει η νέα καμπύλη από την προηγούμενη; .....

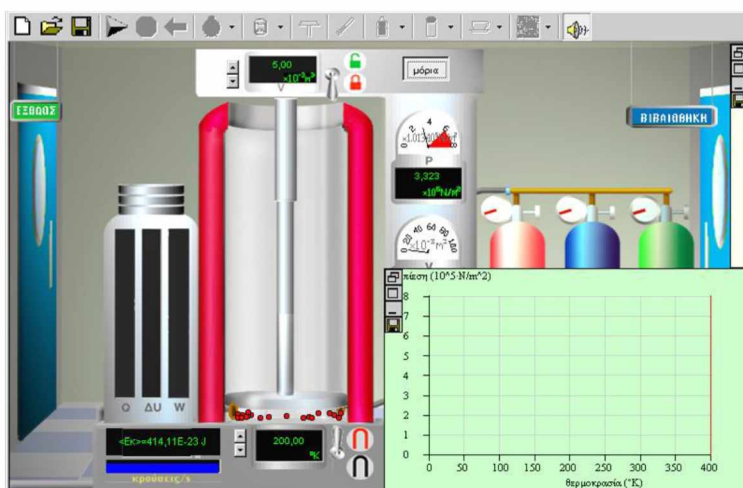
Με κλικ σε ένα σημείο της καμπύλης μπορείτε να δείτε τα ζεύγη τιμών (P, T) που αντιστοιχούν σε αυτό.

Με αυτόν τον τρόπο βρείτε ποια πίεση αντιστοιχεί στις πιο κάτω θερμοκρασίες:

$T_1 = 250 \text{ K}$	$V_1 = \dots \text{ m}^3$
$T_2 = 300 \text{ K}$	$V_2 = \dots \text{ m}^3$
$T_3 = 350 \text{ K}$	$V_3 = \dots \text{ m}^3$

Οι νέες τιμές όγκου είναι ..... (αυξημένες, ελαττωμένες), τώρα που η πίεση στο δοχείο είναι μεγαλύτερη.

## Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>



Άνοιξε το αρχείο **Gas00.lab** και διαμορφώστε την πειραματική διάταξη της εικόνας.

→ Το έμβολο ελεύθερο

→ Γραφική παράσταση P - T με κλίμακες  $0-8 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$  και  $0-400 \text{ K}$

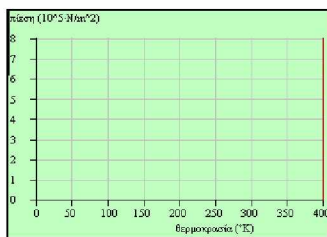
→ Αρχικός όγκος  $V_0 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ , σταθερός σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.

→ Εισαγωγή  $1 \text{ mol He}$  (η ποσότητα θα παραμείνει σταθερή σε όλη τη διάρκεια του πειράματος)

→ Αρχική θερμοκρασία  $T_0 = 200 \text{ K}$

Πίεσε το κουμπί «εκτέλεση πειράματος». Αυξάνοντας τη θερμοκρασία συμπλήρωσε τον πίνακα με τις τιμές που δίνει ο μετρητής πίεσης.

T (K)	P (N/m <sup>2</sup> )
200	
250	
300	
350	
400	



Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, η πίεση .....

Με κλικ σε ένα σημείο της καμπύλης μπορείτε να δείτε τα ζεύγη τιμών (P, T) που αντιστοιχούν σε αυτό.

Βρείτε μ' αυτόν τον τρόπο ποιος όγκος αντιστοιχεί στις πιο κάτω θερμοκρασίες:

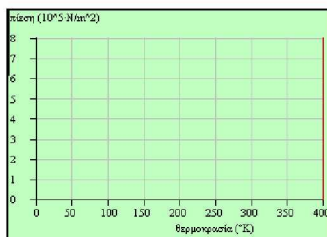
$T_1 = 275 \text{ K}$	$P_1 = \dots \text{ N/m}^2$
$T_2 = 325 \text{ K}$	$P_2 = \dots \text{ N/m}^2$
$T_3 = 375 \text{ K}$	$P_3 = \dots \text{ N/m}^2$

Τα μεγέθη P και T, είναι ποσά .....

Η αντιστρεπτή μεταβολή μιας σταθερής μάζας ενός αερίου, όταν ο όγκος του διατηρείται σταθερός, λέγεται .....

Πίεσε το κουμπί «STOP» χωρίς να ξεκλειδώσεις το έμβολο και διατηρώντας τη θερμοκρασία στους  $200 \text{ K}$ , διπλασιάστε τον όγκο μέσα στο δοχείο ( $V = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ). Πιέζοντας το κουμπί «εκτέλεση πειράματος» επανέλαβε την παραπάνω διαδικασία.

T (K)	P (N/m <sup>2</sup> )
200	
250	
300	
350	
400	



Είναι πάλι ίδια η σχέση μεταξύ P - T; .....

Σε τι διαφέρει η νέα καμπύλη από την προηγούμενη; .....

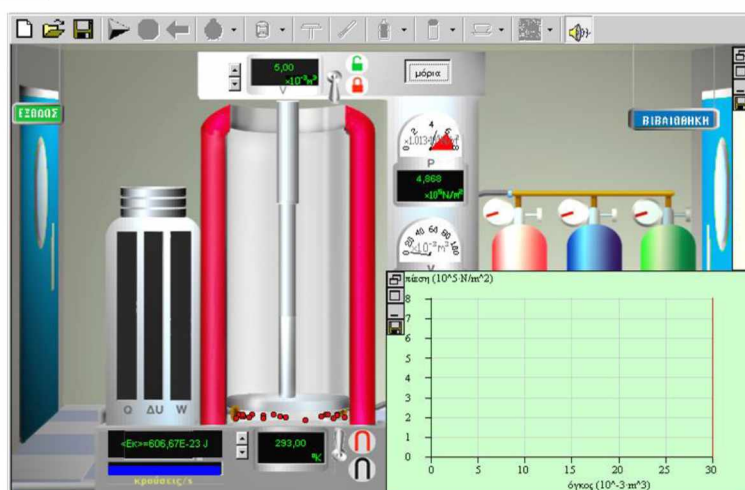
Με κλικ σε ένα σημείο της καμπύλης μπορείτε να δείτε τα ζεύγη τιμών (P, T) που αντιστοιχούν σε αυτό.

Με αυτόν τον τρόπο βρείτε ποια πίεση αντιστοιχεί στις πιο κάτω θερμοκρασίες:

$T_1 = 275 \text{ K}$	$P_1 = \dots \text{ N/m}^2$
$T_2 = 325 \text{ K}$	$P_2 = \dots \text{ N/m}^2$
$T_3 = 375 \text{ K}$	$P_3 = \dots \text{ N/m}^2$

Οι νέες τιμές πίεσης είναι .....  
(αυξημένες, ελαττωμένες), τώρα που ο όγκος μέσα στο δοχείο είναι μεγαλύτερος.

### Δραστηριότητα 3<sup>η</sup>



Άνοιξε το αρχείο **Gas00.lab** και διαμορφώστε την πειραματική διάταξη της εικόνας.

→ Το έμβολο κλειδωμένο

→ Γραφική παράσταση P - V με κλίμακες  $0-8 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$  και  $0-30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

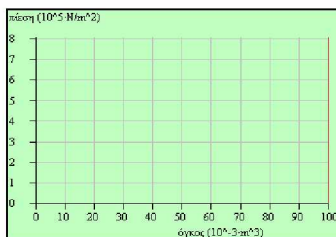
→ Αρχικός όγκος  $V_0 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

→ Εισαγωγή 1 mol He (η ποσότητα θα παραμείνει σταθερή σε όλη τη διάρκεια του πειράματος)

→ Αρχική θερμοκρασία  $T_0 = 293 \text{ K}$ , σταθερή για όλη τη μεταβολή.

Πίεσε το κουμπί «εκτέλεση πειράματος». Αυξάνοντας τον όγκο συμπλήρωσε τον πίνακα με τις τιμές που δίνει ο μετρητής πίεσης.

V (m <sup>3</sup> )	P (N/m <sup>2</sup> )
$5 \cdot 10^{-3}$	
$10 \cdot 10^{-3}$	
$15 \cdot 10^{-3}$	
$20 \cdot 10^{-3}$	
$25 \cdot 10^{-3}$	



Όταν ο όγκος αυξάνεται, η πίεση .....

Με κλικ σε ένα σημείο της καμπύλης μπορείτε να δείτε τα ζεύγη τιμών (P, V) που αντιστοιχούν σε αυτό.

Βρείτε μ' αυτόν τον τρόπο ποιος όγκος αντιστοιχεί στις πιο κάτω θερμοκρασίες:

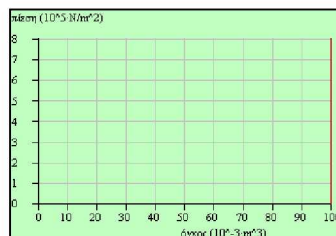
$V_1 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$P_1 = \dots \text{ N/m}^2$
$V_2 = 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$P_2 = \dots \text{ N/m}^2$
$V_3 = 16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$P_3 = \dots \text{ N/m}^2$

Τα μεγέθη P και V, είναι ποσά .....

Η αντιστρεπτή μεταβολή μιας σταθερής μάζας ενός αερίου, όταν η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερός, λέγεται .....

Πίεσε το κουμπί «STOP». Διατηρώντας τον όγκο στα  $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  αυξήστε τη θερμοκρασία στο δοχείο σε  $363^0 \text{ K}$ . Πιέζοντας το κουμπί «εκτέλεση πειράματος» επανέλαβε την παραπάνω διαδικασία.

V (m <sup>3</sup> )	P (N/m <sup>2</sup> )
$5 \cdot 10^{-3}$	
$10 \cdot 10^{-3}$	
$15 \cdot 10^{-3}$	
$20 \cdot 10^{-3}$	
$25 \cdot 10^{-3}$	



Είναι πάλι ίδια η σχέση μεταξύ P - V; .....

Σε τι διαφέρει η νέα ισόθερμη καμπύλη από την προηγούμενη;

.....

Με κλικ σε ένα σημείο της καμπύλης μπορείτε να δείτε τα ζεύγη τιμών (P, T) που αντιστοιχούν σε αυτό.

Με αυτόν τον τρόπο βρείτε ποια πίεση αντιστοιχεί στις πιο κάτω θερμοκρασίες:

$V_1 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$P_1 = \dots \text{ N/m}^2$
$V_2 = 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$P_2 = \dots \text{ N/m}^2$
$V_3 = 16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$P_3 = \dots \text{ N/m}^2$

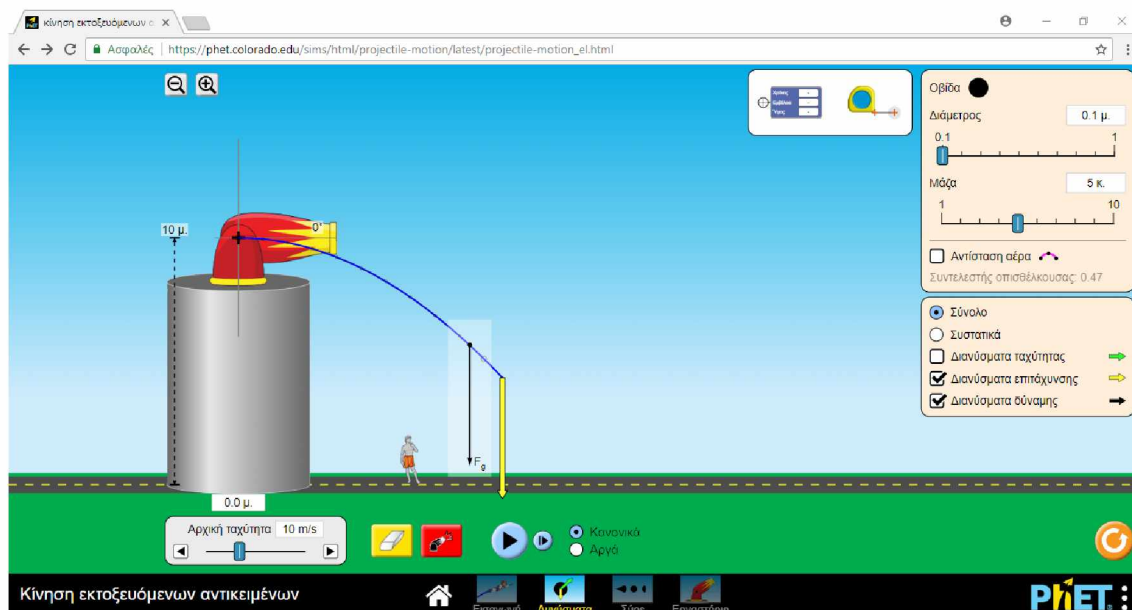
Οι νέες τιμές πίεσης είναι .....  
(αυξημένες, ελαττωμένες), τώρα που η θερμοκρασία στο δοχείο είναι μεγαλύτερη.

## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΦΕ2: Οριζόντια βολή

Όνοματεπώνυμο: .....  
Τάξη: ..... Ημερομηνία: .....

### Ακολουθούμενα βήματα

Στην ιστοσελίδα [https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion\\_el.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_el.html) ενεργοποίησε την προσομοίωση πειράματος με τίτλο «κίνηση εκτοξευόμενων αντικειμένων»



### Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>

Τοποθέτησε το πυροβόλο σε οριζόντια θέση, ρύθμισε το ύψος στα 10m, τη μάζα του σώματος σε 1kg και την αρχική ταχύτητα σε 10m/s. Στη συνέχεια πάτησε το κουμπί κόκκινου χρώματος που απεικονίζει πυροβόλο. Μετά το τέλος της βολής, σύρε από την εργαλειοθήκη τον μετρητή χρόνου – εμβέλειας - ύψους, τοποθέτησε το κυκλικό σκόπευτρο στο σημείο που το σώμα συνάντησε το έδαφος και κατέγραψε το χρόνο κίνησης και το βεληνεκές (εμβέλεια).

Επανάλαβε το πείραμα διατηρώντας σταθερό το ύψος και τη μάζα του σώματος, ρυθμίζοντας την ταχύτητα συμπλήρωσε τον πίνακα.

Ταχύτητα (m/s)	Χρόνος (s)
10	
20	
30	

**Συμπέρασμα:** Το μέτρο της αρχικής ταχύτητας του σώματος και ο χρόνος κίνησης είναι  
.....

Ταχύτητα (m/s)	Βεληνεκές (m)
10	
20	
30	

**Συμπέρασμα:** Το μέτρο της αρχικής ταχύτητας του σώματος και το βεληνεκές είναι .....

### Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>

Τοποθέτησε το πυροβόλο σε οριζόντια θέση, ρύθμισε το ύψος στα 10m, τη μάζα του σώματος σε 2kg και την αρχική ταχύτητα σε 10m/s. Στη συνέχεια πάτησε το κουμπί κόκκινου χρώματος που απεικονίζει πυροβόλο. Μετά το τέλος της βολής, σύρε από την εργαλειοθήκη τον μετρητή χρόνου – εμβέλειας - ύψους, τοποθέτησε το κυκλικό σκόπευτρο στο σημείο που το σώμα συνάντησε το έδαφος και κατέγραψε το χρόνο κίνησης και το βεληνεκές (εμβέλεια).

Επανάλαβε το πείραμα διατηρώντας σταθερό το ύψος και την αρχική ταχύτητα του σώματος, ρυθμίζοντας τη μάζα συμπλήρωσε τον πίνακα.

Μάζα (kg)	Χρόνος (s)
2	
4	
6	

**Συμπέρασμα:** Η μάζα του σώματος και ο χρόνος κίνησης είναι .....

Μάζα (kg)	Βεληνεκές (m)
2	
4	
6	

**Συμπέρασμα:** Η μάζα του σώματος και το βεληνεκές είναι .....

### Δραστηριότητα 3<sup>η</sup>

Τοποθέτησε το πυροβόλο σε οριζόντια θέση, ρύθμισε το ύψος στα 5m, τη μάζα του σώματος σε 5kg και την αρχική ταχύτητα σε 20m/s. Στη συνέχεια πάτησε το κουμπί κόκκινου χρώματος που απεικονίζει πυροβόλο. Μετά το τέλος της βολής, σύρε από την εργαλειοθήκη τον μετρητή χρόνου – εμβέλειας - ύψους, τοποθέτησε το κυκλικό σκόπευτρο στο σημείο που το σώμα συνάντησε το έδαφος και κατέγραψε το χρόνο κίνησης και το βεληνεκές (εμβέλεια).

Επανάλαβε το πείραμα διατηρώντας σταθερή τη μάζα και την αρχική ταχύτητα του σώματος, ρυθμίζοντας το ύψος συμπλήρωσε τον πίνακα.



Ύψος (m)	Χρόνος (s)	Βεληνεκές (m)
5		
10		
15		

**Συμπέρασμα 1:** Ο χρόνος κίνησης και το ύψος είναι .....

**Συμπέρασμα 2:** Το βεληνεκές και το ύψος είναι .....

#### Δραστηριότητα 4<sup>η</sup>

Τοποθέτησε το πυροβόλο σε οριζόντια θέση, ρύθμισε το ύψος στα 10m, τη μάζα του σώματος σε 1kg και την αρχική ταχύτητα στα 10m/s. Από το κίτρινο χρώματος μενού που βρίσκεται δεξιά ενεργοποίησε τις επιλογές: διανύσματα ταχύτητας – επιτάχυνσης – δύναμης. Ενεργοποίησε την επιλογή αργά και πάτησε το κουμπί κόκκινου χρώματος. Διέκοψε την κίνηση και σύρε από την εργαλειοθήκη τον μετρητή μήκους και μέτρησε το μήκος των διανυσμάτων της οριζόντιας και κατακόρυφης ταχύτητας. Στη συνέχεια επανέλαβε τη διαδικασία άλλες δύο φορές μέχρι το σώμα να φτάσει στο έδαφος, συμπλήρωσε τον πίνακα.

Χρόνος (s)	Οριζόντια ταχύτητα (m/s)	Κατακόρυφη ταχύτητα (m/s)

Συμπλήρωσε τις φράσεις με τις λέξεις ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ, ΑΥΞΑΝΕΙ, ΠΑΡΑΜΕΝΕΙ ΣΤΑΘΕΡΗ

**Συμπέρασμα 1:** Η οριζόντια ταχύτητα του σώματος .....

**Συμπέρασμα 2:** Η κατακόρυφη ταχύτητα του σώματος .....

Παρατήρησε τα διανύσματα επιτάχυνσης και δύναμης κατά τη διάρκεια της κίνησης και συμπλήρωσε τον πίνακα με τις λέξεις ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ, ΑΥΞΑΝΕΙ, ΠΑΡΑΜΕΝΕΙ ΣΤΑΘΕΡΗ

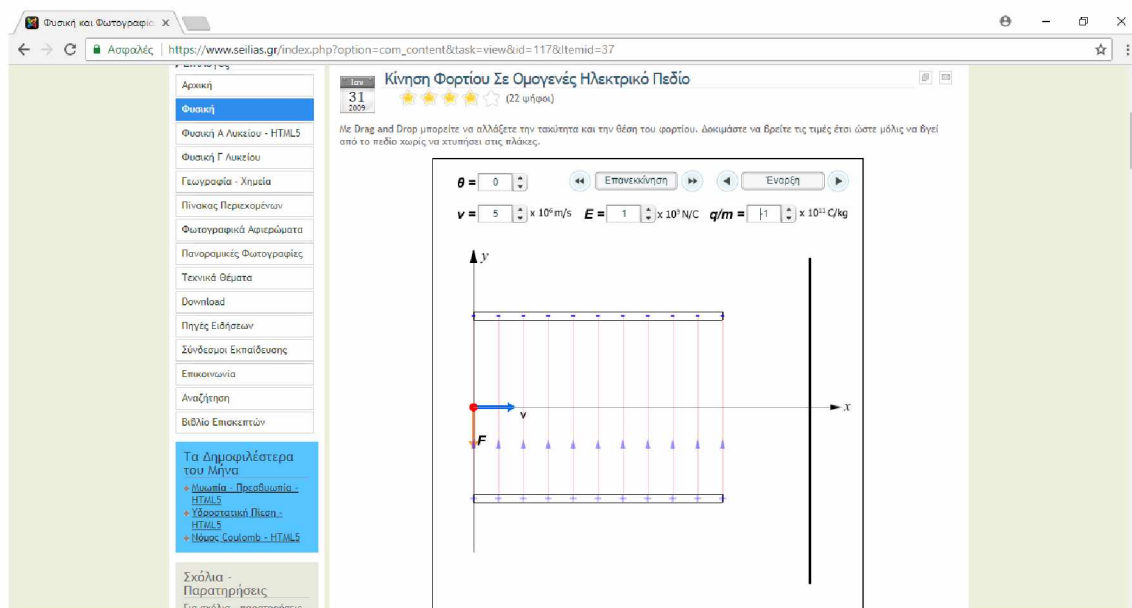
Χρόνος (s)	Επιτάχυνση	Δύναμη

## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

### ΦΕ3: Κίνηση Σωματιδίων σε Ομογενές Ηλεκτροστατικό Πεδίο

Ονοματεπώνυμο: .....  
Τάξη: ..... Ημερομηνία: .....

Στην ιστοσελίδα [www.seilias.gr](http://www.seilias.gr) ενεργοποίησε την προσομοίωση πειράματος με τίτλο «Κίνηση Φορτίου σε Ομογενές Ηλεκτρικό Πεδίο»



#### Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>

1. Τοποθέτησε το φορτισμένο σωματίδιο στη θέση  $x = 0, y = 0$ .
2. Ρύθμισε την αρχική ταχύτητα  $v = 3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ , την ένταση του πεδίου  $E = 0,8 \cdot 10^3 \text{ N/C}$  και το ειδικό φορτίο  $q/m = -0,25 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$ .
3. Πάτησε το **πλήκτρο συνέχεια** και τη στιγμή που φτάνει στο όριο του πεδίου πάτησε **stop**.
4. Επανάλαβε το πείραμα διατηρώντας σταθερή την ένταση του πεδίου και ρυθμίζοντας την αρχική ταχύτητα συμπλήρωσε τους πίνακες.

Ταχύτητα ( $10^6 \text{ m/s}$ )	Χρόνος (s)
3	
6	
9	

**Συμπέρασμα:** Ο χρόνος παραμονής του σωματιδίου στο πεδίο είναι .....  
..... με το μέτρο της αρχικής του ταχύτητας.

Ταχύτητα ( $10^6$ m/s)	Απόκλιση y (cm)
3	
6	
9	

**Συμπέρασμα:** Όταν η αρχική ταχύτητα του σωματιδίου διπλασιάζεται ( $v = 6 \cdot 10^6$  m/s) ή τριπλασιάζεται ( $v = 9 \cdot 10^6$  m/s) η απόκλιση του σωματιδίου ..... ή ..... αντίστοιχα.

Η απόκλιση του σωματιδίου από την αρχική του διεύθυνση είναι ..... με το ..... της αρχικής του ταχύτητας.

### Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>

1. Τοποθέτησε το φορτισμένο σωματίδιο στη θέση  $x = 0$ ,  $y = 0$ .
2. Ρύθμισε την αρχική ταχύτητα  $v = 10 \cdot 10^6$  m/s, την ένταση του πεδίου  $E = 0,6 \cdot 10^3$  N/C και το ειδικό φορτίο  $q/m = -0,5 \cdot 10^{11}$  C/kg.
3. Πάτησε το **πλήκτρο συνέχεια** και τη στιγμή που φτάνει στο όριο του πεδίου πάτησε **stop**.
4. Επανέλαβε το πείραμα διατηρώντας σταθερή την αρχική ταχύτητα και ρυθμίζοντας την ένταση του πεδίου συμπλήρωσε τους πίνακες.

Ένταση ( $10^3$ N/C)	Απόκλιση y (cm)
0,6	
1,2	
1,8	

**Συμπέρασμα:** Η απόκλιση του σωματιδίου από την αρχική του διεύθυνση είναι ..... με την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου.

### Δραστηριότητα 3<sup>η</sup>

1. Τοποθέτησε το φορτισμένο σωματίδιο στη θέση  $x = 0$ ,  $y = 0$ .
2. Ρύθμισε την αρχική ταχύτητα  $v = 10 \cdot 10^6$  m/s, την ένταση του πεδίου  $E = 1 \cdot 10^3$  N/C και το ειδικό φορτίο  $q/m = -0,5 \cdot 10^{11}$  C/kg.
3. Πάτησε το πλήκτρο συνέχεια και τη στιγμή που φτάνει στο όριο του πεδίου πάτησε stop.
4. Επανέλαβε το πείραμα διατηρώντας σταθερή την αρχική ταχύτητα και ρυθμίζοντας την ένταση του πεδίου συμπλήρωσε τους πίνακες.

Ειδικό φορτίο ( $10^{11}$ C/kg)	Απόκλιση y (cm)
- 0,5	
- 1,0	
- 1,5	

**Συμπέρασμα:** Όταν το φορτίο του σωματιδίου διπλασιάζεται ή τριπλασιάζεται η απόκλιση του σωματιδίου ..... ή ..... αντίστοιχα. Η απόκλιση του σωματιδίου από την αρχική του διεύθυνση είναι ..... με το ειδικό φορτίο του σωματιδίου.

#### Δραστηριότητα 4<sup>η</sup>

1. Τοποθέτησε το φορτισμένο σωματίδιο στη θέση  $x = 0, y = 0$ .
2. Ρύθμισε την αρχική ταχύτητα  $v = 10 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ , την ένταση του πεδίου  $E = 1 \cdot 10^3 \text{ N/C}$  και το ειδικό φορτίο  $q/m = - 0,5 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$ .
3. Πάτησε το πλήκτρο **συνέχεια** και τη στιγμή που φτάνει στο όριο του πεδίου πάτησε **stop**.

Αλλάζτε το πρόσημο του φορτίου του σωματιδίου και επαναλάβετε τη διαδικασία. Τι παρατηρείτε;

.....  
.....

Ορίστε το ειδικό φορτίο του σωματιδίου μηδέν. Τι κίνηση κάνει το σωματίδιο μέσα στο πεδίο;

.....  
.....

**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**  
**ΦΕ4: Βαρυτικό Πεδίο της Γης - Δορυφόροι**

Ονοματεπώνυμο: .....  
Τάξη: ..... Ημερομηνία: .....

**Ακολουθούμενα βήματα**

Στο λογισμικό «Φυσική – Προσομοιώσεις Πειραμάτων» ενεργοποίησε «Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης – Προσομοίωση της κίνησης δορυφόρων»

**Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>**

Ενεργοποίησε την *Επιλογή 1*. Δυο ακίνητα σφαιρικά αντικείμενα βρίσκονται σε ορισμένη απόσταση. Σημείωσε το μέτρο της ασκούμενης ελκτικής δύναμης. Επανέλαβε το πείραμα παίρνοντας σφαίρες διαφορετικών μαζών, μεταβάλλοντας κάθε φορά κάποιο από τα  $m_1$ ,  $m_2$  κρατώντας την απόσταση  $r$ , σταθερή. Συμπλήρωσε τον πίνακα.

Μάζα $m_1$	Μάζα $m_2$	Δύναμη $F$

**Συμπέρασμα:** Η ασκούμενη δύναμη είναι ..... της μάζας  $m_1$ , ..... της μάζας  $m_2$ .

**Επανέλαβε** το πείραμα παίρνοντας δυο σφαίρες μεταβάλλοντας κάθε φορά την απόσταση  $r$ , κάνοντας κλικ στον άξονα *Απόσταση*. Συμπλήρωσε τον πίνακα.

Απόσταση $r$	Δύναμη $F$

**Συμπέρασμα:** Η ασκούμενη δύναμη είναι ..... της απόστασης  $r$ .

**Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>**

Ενεργοποίησε την *Επιλογή 2*. Τοποθέτησε ένα σώμα σε διάφορες αποστάσεις από τη Γη, κάνοντας κλικ στον άξονα *Απόσταση* (η απόσταση να παίρνει τιμές που είναι πολλαπλάσια του μισού της ακτίνας της Γης). Συμπλήρωσε τον πίνακα.

Απόσταση $r$	Δύναμη $F$

**Συμπέρασμα:** Η ασκούμενη δύναμη είναι ..... της απόστασης  $r$ .

### Δραστηριότητα 3<sup>η</sup>

Ενεργοποίησε την *Επιλογή 3*. Τοποθέτησε ένα σώμα στην επιφάνεια της Γης, η οποία περιστρέφεται. Οι δυνάμεις που δέχεται το σώμα είναι .....

### Δραστηριότητα 4<sup>η</sup>

Ενεργοποίησε την *Επιλογή 4*. Δορυφόρος περιστρέφεται γύρω από τη Γη. Τοποθέτησε ένα σώμα σε διάφορες αποστάσεις από τη Γη, στο επίπεδο του ισημερινού. Μετέβαλε την ακτίνα περιστροφής του δορυφόρου, κάνοντας κλικ στον άξονα *Απόσταση*. Συμπλήρωσε τον πίνακα.

Απόσταση $r$	Περίοδος $T$

**Συμπέρασμα:** Η περίοδος περιστροφής του δορυφόρου είναι ..... της απόστασης  $r$ .

### Δραστηριότητα 5<sup>η</sup>

Ενεργοποίησε την *Επιλογή 5*. Παρατήρησε την τροχιά του δορυφόρου.

**Συμπέρασμα:** Ο τεχνητός δορυφόρος φαίνεται ..... καθώς βρίσκεται πάντοτε πάνω από το ίδιο σημείο της επιφάνειας της γης και η περίοδός του είναι .....

Ένας δορυφόρος που κινείται πάνω από τον ισημερινό, σε ύψος ..... km, με ταχύτητα ..... km/h ώστε να φαίνεται ακίνητος από τη Γη, καθώς βρίσκεται πάντοτε πάνω από το ίδιο σημείο της επιφάνειας της Γης, ονομάζεται .....



## Παράρτημα 3: Φύλλα Αξιολόγησης Λογισμικών

**Φύλλο αξιολόγησης (ΦΑ1) λογισμικού  
«Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον» (ΦΕ1α και ΦΕ1β)**

Ονοματεπώνυμο: .....  
Τάξη: ..... Ημερομηνία: .....

*Κύκλωσε τον κατάλληλο αριθμό, ανάλογα με το πόσο συμφωνείς ή διαφωνείς με την πρόταση*

	Διαφωνώ απόλυτα	Διαφωνώ	Ούτε συμφωνώ/ Ούτε διαφωνώ	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
<b>E1.</b> Το λογισμικό ήταν φιλικό και εύκολα διαχειρίσιμο	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E2.</b> Η εκτέλεση των δραστηριοτήτων στο ΦΕ1α, σύμφωνα με τις οδηγίες, δε με δυσκόλεψε καθόλου	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E3.</b> Η εκτέλεση των δραστηριοτήτων στο ΦΕ1β, σύμφωνα με τις οδηγίες, δε με δυσκόλεψε καθόλου	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E4.</b> Η πλοήγηση και η μετάβαση στα διάφορα μέρη της προσομοίωσης ήταν εύκολη	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E5.</b> Το λογισμικό ΣΕΠ είναι κατάλληλο βοήθημα για την κατανόηση του αντικειμένου Θερμότητα-Θερμοδυναμική	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E6.</b> Η χρήση των εικονιδίων, των κουμπιών ενεργειών και των επιλογών (menu) ήταν προφανής	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

**Φύλλο αξιολόγησης (ΦΑ2)**  
**διαδραστικής προσομοίωσης «PhET» (ΦΕ2)**

Ονοματεπώνυμο: .....	Ημερομηνία: .....
Τάξη: .....	

*Κύκλωσε τον κατάλληλο αριθμό, ανάλογα με το πόσο συμφωνείς ή διαφωνείς με την πρόταση*

	Διαφωνώ απόλυτα	Διαφωνώ	Ούτε συμφωνώ/ Ούτε διαφωνώ	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
<b>E1.</b> Το περιβάλλον της προσομοίωσης ήταν φιλικό και εύκολα διαχειρίσιμο	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E2.</b> Η εκτέλεση των δραστηριοτήτων στο ΦΕ2, σύμφωνα με τις οδηγίες, δε με δυσκόλεψε καθόλου	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E3.</b> Η πλοήγηση και η μετάβαση στα διάφορα μέρη της προσομοίωσης ήταν εύκολη	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E4.</b> Η διαδραστική προσομοίωση «PhET» είναι κατάλληλο βοήθημα για την κατανόηση του φαινομένου Οριζόντια Βολή	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E5.</b> Η χρήση των εικονιδίων, των κουμπιών ενεργειών και των επιλογών (menu) ήταν προφανής	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

**Φύλλο αξιολόγησης (ΦΑ3)  
διαδραστικής προσομοίωσης «Seilias» (ΦΕ3)**

Ονοματεπώνυμο: .....  
Τάξη: ..... Ημερομηνία: .....

*Κύκλωσε τον κατάλληλο αριθμό, ανάλογα με το πόσο συμφωνείς ή διαφωνείς με την πρόταση*

	Διαφωνώ απόλυτα	Διαφωνώ	Ούτε συμφωνώ/ Ούτε διαφωνώ	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
<b>E1.</b> Το περιβάλλον της προσομοίωσης ήταν φιλικό και εύκολα διαχειρίσιμο	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E2.</b> Η εκτέλεση των δραστηριοτήτων στο ΦΕ3, σύμφωνα με τις οδηγίες, δε με δυσκόλεψε καθόλου	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E3.</b> Η πλοήγηση και η μετάβαση στα διάφορα μέρη της προσομοίωσης ήταν εύκολη	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E4.</b> Η διαδραστική προσομοίωση «Seilias» είναι το κατάλληλο βοήθημα για την κατανόηση της Κίνησης Φορτίου σε Ομογενές Ηλεκτρικό Πεδίο	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E5.</b> Η χρήση των εικονιδίων, των κουμπιών ενεργειών και των επιλογών (menu) ήταν προφανής	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

**Φύλλο αξιολόγησης (ΦΑ4) λογισμικού  
«Φυσική-Προσομοιώσεις Πειραμάτων» (ΦΕ4)**

Ονοματεπώνυμο: .....  
Τάξη: ..... Ημερομηνία: .....

*Κύκλωσε τον κατάλληλο αριθμό, ανάλογα με το πόσο συμφωνείς ή διαφωνείς με την πρόταση*

	Διαφωνώ απόλυτα	Διαφωνώ	Ούτε συμφωνώ/ Ούτε διαφωνώ	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
<b>E1.</b> Το περιβάλλον του λογισμικού ήταν φιλικό και εύκολα διαχειρίσιμο	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E2.</b> Η εκτέλεση των δραστηριοτήτων στο ΦΕ4, σύμφωνα με τις οδηγίες, δε με δυσκόλεψε καθόλου	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E3.</b> Η πλοήγηση και η μετάβαση στα διάφορα μέρη της προσομοίωσης ήταν εύκολη	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E4.</b> Το λογισμικό «Φυσική-Προσομοιώσεις Πειραμάτων» είναι το κατάλληλο βοήθημα για την κατανόηση του διδακτικού αντικείμενου Βαρυτικό Πεδίο της Γης - Δορυφόροι	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>E5.</b> Η χρήση των εικονιδίων, των κουμπιών ενεργειών και των επιλογών (menu) ήταν προφανής	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

## Παράρτημα 4: Ημερολόγιο δραστηριοτήτων

Διδακτικό αντικείμενο	Διδακτική ώρα	Δραστηριότητα	Λογισμικό	Πειραματική ομάδα
Θερμότητα	1	Εισαγωγή - pre	Σ.Ε.Π.	B1Θ
Θερμότητα	2	Εργαστήριο H/Y	Σ.Ε.Π.	B1Θ
Θερμότητα	3	Ασκήσεις	Σ.Ε.Π.	B1Θ
Θερμοδυναμική	4	Εργαστήριο H/Y	Σ.Ε.Π.	B1Θ
Θερμοδυναμική	5	Ασκήσεις	Σ.Ε.Π.	B1Θ
Θερμοδυναμική	6	Ασκήσεις	Σ.Ε.Π.	B1Θ
Θερμοδυναμική	7	Ασκήσεις	Σ.Ε.Π.	B1Θ
Θερμοδυναμική	8	Ανακεφαλαίωση - post	Σ.Ε.Π.	B1Θ
Οριζόντια Βολή	1	Εισαγωγή - pre	Phet	B2Θ
Οριζόντια Βολή	2	Εργαστήριο H/Y	Phet	B2Θ
Οριζόντια Βολή	3	Ασκήσεις	Phet	B2Θ
Οριζόντια Βολή	4	Ασκήσεις	Phet	B2Θ
Οριζόντια Βολή	5	Ασκήσεις	Phet	B2Θ
Οριζόντια Βολή	6	Ανακεφαλαίωση - post	Phet	B2Θ
Ομογενές Η.Π.	1	Εισαγωγή - pre	seilias	B1Θ
Ομογενές Η.Π.	2	Εργαστήριο H/Y	seilias	B1Θ
Ομογενές Η.Π.	3	Ασκήσεις	seilias	B1Θ
Ομογενές Η.Π.	4	Ανακεφαλαίωση - post	seilias	B1Θ
Δορυφόροι	1	Εισαγωγή - pre	Προσομοιώσεις	B2Θ
Δορυφόροι	2	Εργαστήριο H/Y	Προσομοιώσεις	B2Θ
Δορυφόροι	3	Ασκήσεις	Προσομοιώσεις	B2Θ
Δορυφόροι	4	Ασκήσεις	Προσομοιώσεις	B2Θ
Δορυφόροι	5	Ασκήσεις	Προσομοιώσεις	B2Θ
Δορυφόροι	6	Ανακεφαλαίωση - post	Προσομοιώσεις	B2Θ