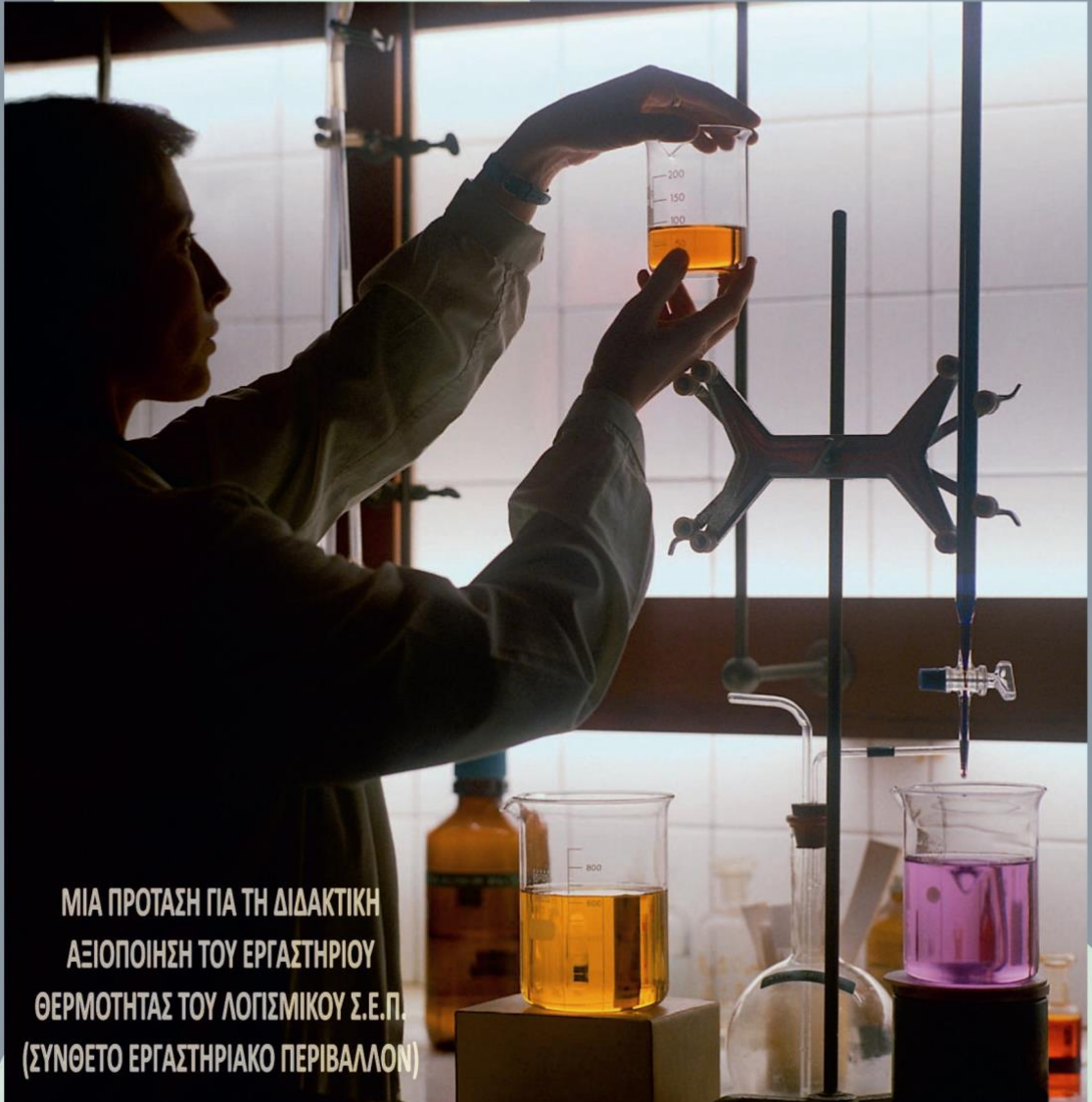


Ιωάννης Λεύκος

# ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ

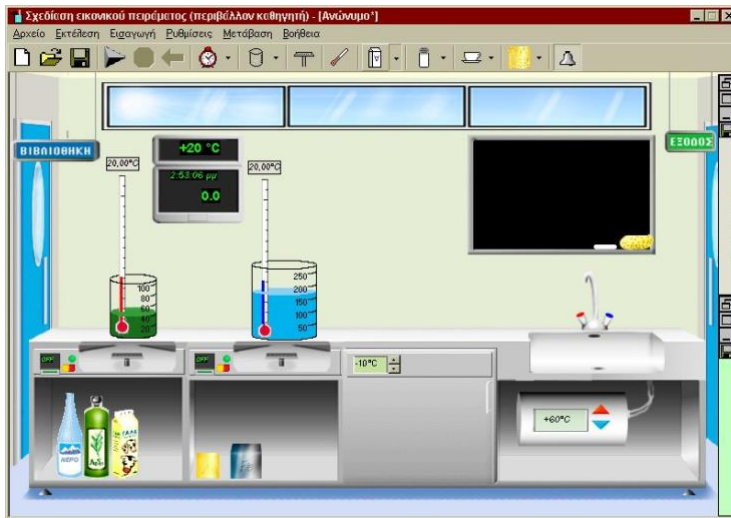


ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ  
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ  
ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Σ.Ε.Π.  
(ΣΥΝΘΕΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ)

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2011

# ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ

Μια Πρόταση για τη Διδακτική Αξιοποίηση  
του Εργαστηρίου Θερμότητας του Λογισμικού Σ.Ε.Π.  
(Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον)



ΛΕΥΚΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ



Το παρόν ψηφιακό βιβλίο διανέμεται ελεύθερα στο διαδίκτυο από τον δημιουργό του, υπό την ακόλουθη άδεια *Creative Commons*: [Αναφορά Δημιουργού – Παρόμοια Διανομή 4.0 Διεθνές \(CC-BY-SA\)](#)

Τίτλος

**«ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ»**

ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ  
ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ Σ.Ε.Π.

Copyright ©2011 Ιωάννης Λεύκος

ISBN: **978-960-93-2884-5**

*Επιμέλεια έκδοσης:*

**ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΦΡΑΦΗΜΑ**

Δ. ΓΟΥΝΑΡΗ 62-68, ΤΚ: 54635

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Τηλ./Fax: 2310-248272

*email: grafima@grafima.com.gr, www.grafima.com.gr*

---



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	
<b>ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ</b>	
<b>ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Εισαγωγή .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Τι είναι το εκπαιδευτικό λογισμικό.....</b>	<b>7</b>
2.α. Τα είδη του Εκπαιδευτικού Λογισμικού .....	8
2.β. Εκπαιδευτικό λογισμικό και μάθηση.....	10
<b>3. Γιατί εικονικό εργαστήριο και προσομοιώσεις.....</b>	<b>12</b>
3.α. Οι προσομοιώσεις Φυσικών Φαινομένων .....	12
3.β. Το περιβάλλον διεπαφής του χρήστη(user interface).....	13
3.γ. Η λειτουργική συνέπεια των προσομοιώσεων.....	14
3.δ. Η ελευθερία ελέγχων του χρήστη .....	14
3.ε. Η διδακτική χρησιμότητα των προσομοιώσεων .....	16
<b>4. Η διδασκαλία των Θερμικών Φαινομένων .....</b>	<b>18</b>
4.α. Βασικές έννοιες και φαινόμενα από την περιοχή της Θερμότητας .....	18
4.β. Διδασκαλία των θερμικών φαινομένων .....	21
4.γ. Οι απόψεις των μαθητών για τα θερμικά φαινόμενα .....	21
4.δ. Η σημασία των γραφικών παραστάσεων στην κατανόηση των θερμικών φαινομένων .....	24
<b>5. Εκπαιδευτικό λογισμικό για τη διδασκαλία θερμικών φαινομένων .....</b>	<b>31</b>
5.α. Εικονικοί Μικρόκοσμοι .....	32
5.β. Ανεξάρτητες Προσομοιώσεις - Java Applets .....	35
<b>6. Συμπεράσματα .....</b>	<b>36</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	
<b>ΤΟ ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Σ.Ε.Π .....</b>	<b>39</b>
<b>1. Σχεδιαστικές αρχές ανάπτυξης του εικονικού εργαστηρίου Σ.Ε.Π .....</b>	<b>39</b>
<b>2. Υλοποίηση των σχεδιαστικών αρχών - Περιγραφή του Εικονικού Εργαστηρίου Θερμότητας .....</b>	<b>41</b>
2.α. Γενικά.....	41
2.β. Οπτική περιγραφή.....	42
2.γ. Αναλυτική περιγραφή των στοιχείων του Εργαστηρίου .....	44
2.δ. Άλλες δυνατότητες.....	53
<b>3. Λειτουργική συνέπεια των προσομοιώσεων στο Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας .....</b>	<b>57</b>
<b>4. Αλγοριθμική αντιμετώπιση των θερμικών φαινομένων στο Σ.Ε.Π.....</b>	<b>59</b>
4.α. Αρχές Φυσικής για το σχεδιασμό του μικρόκοσμου θερμότητας.....	59
4.β. Ο αλγόριθμος των θερμικών ανταλλαγών του εικονικού εργαστηρίου .....	60
<b>5. Παραδείγματα από την λειτουργία του Εικονικού Εργαστηρίου Θερμότητας. 61</b>	

5.α. Χρήση των θερμομέτρων .....	61
5.β. Αλλαγές φυσικής κατάστασης.....	62
<b>6. Συμπεράσματα .....</b>	<b>63</b>

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

#### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ..... 65**

<b>1. Εισαγωγή .....</b>	<b>65</b>
<b>2. Περιγραφή των δραστηριοτήτων.....</b>	<b>65</b>
2.α Σχεδιαστικές αρχές για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων .....	66
2.β Διδακτικοί στόχοι των δραστηριοτήτων .....	67
<b>3. Φύλλα εργασίας: Δομή - Στόχοι.....</b>	<b>68</b>
3.α Σχεδιαστικές Αρχές .....	68
3.β Δομή.....	70
<b>4. Ανάλυση των Φύλλων Εργασίας.....</b>	<b>71</b>
4.α Θεματική ενότητα: ΑΛΛΑΓΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	71
4.β Μελέτη περίπτωσης: ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΒΡΑΣΜΟΥ .....	71
<b>5. Συμπεράσματα .....</b>	<b>89</b>

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

#### **ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ..... 91**

<b>1. Εισαγωγή .....</b>	<b>91</b>
<b>2. Το ερευνητικό ερώτημα.....</b>	<b>94</b>
<b>3. Μεθοδολογία της αξιολόγησης.....</b>	<b>94</b>
3.α. Το δείγμα.....	94
3.β. Οι συνθήκες παρατήρησης.....	95
<b>4. Αξιολόγηση .....</b>	<b>96</b>
4.α. Το εργαλείο της αξιολόγησης.....	96
4.β. Περιγραφή του ερωτηματολογίου .....	98
4.γ. Το ερωτηματολόγιο.....	101
<b>5. Χαρακτηριστικές απαντήσεις στις ανοιχτές ερωτήσεις.....</b>	<b>102</b>
<b>6. Συμπεράσματα .....</b>	<b>103</b>

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

#### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... 105**

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 109**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην μελέτη αυτή παρουσιάζεται μια εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού λογισμικού για τη διδασκαλία των θερμικών φαινομένων.

Χρησιμοποιήθηκε ένα πρωτότυπο λογισμικό, το «Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας», που είναι ένα ανοιχτό υπολογιστικό περιβάλλον προσομοίωσης των θερμικών φαινομένων και προσφέρει μεγάλες δυνατότητες καλλιέργειας των διερευνητικών και πειραματικών δεξιοτήτων των μαθητών. Ο εικονικό εργαστήριο διαθέτει χειριστικό και αισθητηριακό ρεαλισμό σε μεγάλο βαθμό και αρκετά χαρακτηριστικά που μπορούν να διευρύνουν τα όρια ενός πραγματικού εργαστηρίου.

Η διδακτική πρόταση που αναπτύχθηκε αφορά την εργαστηριακή διδασκαλία των φυσικών φαινομένων «Αλλαγής Φυσικής Κατάστασης» των σωμάτων και υλοποιήθηκε με την μορφή Φύλλων Εργασίας με πειραματικές δραστηριότητες που καλούνται να εκτελέσουν οι μαθητές προκειμένου να διερευνήσουν τις αντίστοιχες έννοιες και φαινόμενα. Τα Φύλλα Εργασίας έχουν αρθρωτή δομή προκειμένου οι δραστηριότητες να προσαρμόζονται εύκολα από τον εκπαιδευτικό στις συνθήκες της τάξης του ή και να πραγματοποιούνται σε συνδυασμό με ασκήσεις σε πραγματικό εργαστήριο.

Το συνολικό πακέτο λογισμικού και διδακτικής πρότασης αξιολογήθηκε πιλοτικά από ένα πληθυσμό καθηγητών κλάδου Φυσικών Επιστημών. Η αξιολόγηση έγινε με χρήση ενός ερωτηματολογίου, του οποίου τα δεδομένα αναλύθηκαν στατιστικά και παρουσιάζονται, ενδιαφέρουσα όμως ήταν και η γενικότερη στάση των καθηγητών, μια και οι περισσότεροι έρχονταν πρώτη φορά σε επαφή με τέτοιου είδους εκπαιδευτικό πακέτο λογισμικού.





## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μελέτη, αφορά την ανάπτυξη εφαρμογών βασισμένων σε πακέτο εκπαιδευτικού λογισμικού που αποτελεί ένα «Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας» με σκοπό την υποστήριξη της διδασκαλίας των θερμικών φαινομένων. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε μια διδακτική πρόταση για την εργαστηριακή διδασκαλία φαινομένων «αλλαγής φυσικής κατάστασης» των σωμάτων. Η πρόταση αυτή έχει τη μορφή Φύλλων Εργασίας, που καθοδηγούν τους μαθητές στην εκτέλεση εικονικών πειραμάτων, με χρήση του παραπάνω λογισμικού, με σκοπό την κατανόηση των θερμικών φαινομένων και την καλλιέργεια δεξιοτήτων εργαστηριακής πρακτικής.

Στο πρώτο κεφάλαιο, περιγράφονται συνοπτικά οι βασικές έννοιες της Φυσικής που αναφέρονται στα θερμικά φαινόμενα και παρατίθενται οι κυριότερες εναλλακτικές απόψεις των μαθητών για τα φαινόμενα αυτά, όπως έχουν καταγραφεί ερευνητικά και φαίνεται πως οδηγούν στην ελλιπή κατανόησή τους. Ένα εργαλείο για την καλύτερη κατανόηση των θερμικών φαινομένων θεωρούνται οι γραφικές παραστάσεις των φυσικών μεγεθών, αλλά απαιτούν, όπως τεκμηριώνεται εδώ αναλυτικά, από τους μαθητές, την ύπαρξη δεξιοτήτων κατασκευής, ανάγνωσης και ερμηνείας τους. Παρατίθενται επίσης συνοπτικά τα διάφορα είδη εκπαιδευτικού λογισμικού που συναντούμε σήμερα και δίνεται έμφαση στα περιβάλλοντα προσομοίωσης φαινομένων που κυριαρχούν στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Σημαντική κατηγορία των περιβαλλόντων αυτών αποτελούν τα "εικονικά εργαστήρια", για τα οποία έγινε μια διερεύνηση της αγοράς (όχι μόνο εμπορικού χαρακτήρα αλλά και ακαδημαϊκού) και παρουσιάζονται χαρακτηριστικά αντιπροσωπευτικά δείγματα.

Ένα τέτοιο περιβάλλον με ανοιχτή δομή και πολυμεσικό χαρακτήρα είναι το "Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας" που περιγράφεται αναλυτικά στο δεύτερο κεφάλαιο. Αναφέρονται αναλυτικά οι σχεδιαστικές του αρχές, στις οποίες λήφθηκαν υπόψη τόσο οι δυσκολίες που εμφανίζουν οι μαθητές στην κατανόηση των θερμικών φαινομένων, όσο και τα όποια προβλήματα εμφανίζει η μελέτη τους σε ένα πραγματικό εργαστήριο. Έτσι, ανάμεσα στα χαρακτηριστικά του, που περιγράφονται διεξοδικά, τονίζονται οι πολλαπλές αναπαραστάσεις των φαινομένων, η έμφαση στη συγχρονική προβολή των γραφικών παραστάσεων των φυσικών μεγεθών, η συνέπεια στο θεωρητικό μοντέλο που επιτυγχάνεται χάρη στην "μαθηματική μηχανή" που ελέγχει και καθορίζει την εξέλιξη των φαι-

νομένων, η μεγάλη ελευθερία σύνθεσης και τροποποίησης των πειραματικών διατάξεων και η ευκολία παραμετρικής μελέτης τους, το φιλικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης με το χρήστη που χαρακτηρίζεται από τους αληθοφανείς και διαισθητικούς χειρισμούς των αντικειμένων και τέλος ο έντονα διερευνητικός του χαρακτήρας, που επιτρέπει την καλλιέργεια δεξιοτήτων πειραματικής μελέτης των φυσικών φαινομένων.

Στο τρίτο κεφάλαιο, περιγράφεται η διδακτική πρόταση που αναπτύχθηκε βασισμένη στο «Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας» και αφορά την εργαστηριακή διδασκαλία των φαινομένων αλλαγής φυσικής κατάστασης των σωμάτων. Περιγράφονται αναλυτικά οι σχεδιαστικές αρχές στις οποίες βασίστηκαν οι δραστηριότητες που προτείνονται στη διδακτική προσέγγιση, μέσω των οποίων γίνεται προσπάθεια για την διδασκαλία των φαινομένων και του περιεχομένου της γνωστικής αυτής περιοχής, αλλά και για την ανάπτυξη των πειραματικών δεξιοτήτων των μαθητών, τα οποία αντιμετωπίζονται όχι αποσπασματικά και διαχωρισμένα, αλλά σε διαπλοκή του ενός με το άλλο. Οι δραστηριότητες αυτές, υλοποιούνται με την μορφή Φύλλων Εργασίας, των οποίων η δομή και τα ευρύτερα αλλά και επιμέρους χαρακτηριστικά παρουσιάζονται διεξοδικά. Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα των Φύλλων Εργασίας είναι η αρθρωτή τους δομή, που δίνει την ευχέρεια στον εκπαιδευτικό να τα χρησιμοποιήσει ολόκληρα ή μέρος τους, ανάλογα με τις επιδιώξεις του και τη φυσιογνωμία της τάξης, ή σε συνδυασμό με ασκήσεις σε ένα πραγματικό εργαστήριο. Τέλος, περιγράφεται και σχολιάζεται πλήρως, τόσο σε επίπεδο μορφής και γλώσσας, όσο και σε επίπεδο στοχοθεσίας, ένα συγκεκριμένο Φύλλο Εργασίας για τη μελέτη του βρασμού, με τις δραστηριότητες που καλούνται να εκτελέσουν οι μαθητές και τα επιδιωκόμενα οφέλη.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια πιλοτική αξιολόγηση του όλου πακέτου, που αποτελείται από το λογισμικό και την αντίστοιχη διδακτική πρόταση, που έγινε σε ένα πληθυσμό έμπειρων καθηγητών ΠΕ04 (Φυσικών Επιστημών). Περιγράφεται το πλαίσιο, η μεθοδολογία, τα ερευνητικά ερωτήματα και το εργαλείο της αξιολόγησης, καθώς και η ανάλυση των αποτελεσμάτων με τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε. Γίνεται επίσης αναφορά στις παρατηρήσεις που κατέγραψαν οι καθηγητές και στην ευρύτερη στάση που επέδειξαν κατά την χρήση του πακέτου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, τέλος, συνοψίζονται τα συμπεράσματά μας από αυτή την προσπάθεια παρουσίασης και διδακτικής αξιοποίησης του λογισμικού

αυτού, με στόχο να αποτελέσει μια μικρή ώθηση σε όποιον ενδιαφέρεται να χρησιμοποιήσει τα εικονικά εργαστήρια στην εκπαίδευση και να εκμεταλλευθεί τα όσα πλεονεκτήματα παρουσιάσαμε και αναλύσαμε στην παρούσα μελέτη.

Πρέπει στο σημείο αυτό να αναφέρουμε ότι μέρος της μελέτης αυτής πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του έργου "Ναυσικά / Οδύσσεια", του Υπουργείου Παιδείας, με συνεργασία του Π.Ι. και του Ι.Τ.Υ, για την παραγωγή ελληνικού εκπαιδευτικού λογισμικού. Το "Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας" δε, που αποτέλεσε βάση για την μελέτη αυτή, είναι τμήμα ενός ευρύτερου λογισμικού με την επωνυμία "Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον (ΣΕΠ)", που παράχθηκε για το παραπάνω έργο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

---

#### 1. Εισαγωγή

Από τα πρώτα χρόνια κιάλας της εμφάνισης των Η/Υ, ήταν έντονη η πεποίθηση ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εκπαίδευση. Έτσι άρχισε να παράγεται το Εκπαιδευτικό Λογισμικό. Στις δεκαετίες αυτές που μεσολάβησαν από τότε, οι απόψεις για τη μορφή και τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού άλλαξαν πολύ. Χαρακτηριστικά, μπορούμε να αναφέρουμε από τη μια μεριά, την απλή μεταφορά κειμένων των σχολικών βιβλίων στην οθόνη του Η/Υ, που κυριάρχησε στα πρώτα χρόνια, και από την άλλη, τα πλούσια αλληλεπιδραστικά περιβάλλοντα που συναντούμε στα σύγχρονα λογισμικά ή την εκπαίδευση μέσω Internet. Η πεποίθηση όμως για την χρησιμότητα των Η/Υ στην εκπαίδευση, παραμένει μέχρι σήμερα και μπορούμε να ισχυριστούμε ότι στις μέρες μας, διανύουμε μια περίοδο ωριμότητας.

Έτσι σήμερα, το τοπίο του Εκπαιδευτικού Λογισμικού, εμφανίζεται πιο ξεκάθαρο και οι απόψεις, τόσο των κατασκευαστών του λογισμικού, όσο και των επιστημόνων που ασχολούνται με τη διδακτική του εκμετάλλευση, πιο κατασταλαγμένες. Χωρίς αυτό βέβαια να σημαίνει, ότι η εξέλιξη στο πεδίο αυτό έχει σταματήσει, αφού η ανάπτυξη των Νέων Τεχνολογιών είναι διαρκής και επομένως προκύπτουν νέα δεδομένα και ιδέες για τη χρήση τους στην εκπαίδευση.

#### 2. Τι είναι το εκπαιδευτικό λογισμικό

Εκπαιδευτικό λογισμικό<sup>1</sup> με την αυστηρή έννοια του όρου, θεωρείται το λογισμικό που εμπεριέχει διδακτικούς στόχους, ολοκληρωμένα σενάρια, αλληγορίες με παιδαγωγική σημασία και κυρίως, επιφέρει συγκεκριμένα μαθησιακά αποτελέσματα. Όμως συνήθως το λογισμικό που χρησιμοποιείται για εκπαιδευτικούς σκοπούς, δεν πληροί πάντοτε αυτές τις συνθήκες, συμπεριλαμβάνοντας πακέτα εφαρμογών επιμορφωτικού χαρακτήρα ή εγκυκλοπαιδικού και ψυχαγωγικού τύπου.

---

<sup>1</sup> Μικρόπουλος, 2000.

Το λογισμικό επομένως που χρησιμοποιείται στην εκπαιδευτική διαδικασία, κατηγοριοποιείται ως προς το είδος του, αλλά και ως προς το επιθυμητό παιδαγωγικό αποτέλεσμα, σύμφωνα με τους στόχους που βάζει ο εκπαιδευτικός και μπορεί να περιλαμβάνει εφαρμογές γενικής χρήσης που αξιοποιούνται κατάλληλα στη διδακτική πράξη, εργαλεία λογισμικού για συγκεκριμένους σκοπούς και καθαρά εκπαιδευτικό λογισμικό.

### **2.α. Τα είδη του Εκπαιδευτικού Λογισμικού**

Στις παραγράφους που ακολουθούν, αναλύονται συνοπτικά τα κύρια είδη λογισμικού που συνήθως χρησιμοποιούνται στην εκπαιδευτική διαδικασία<sup>2</sup>:

**Γλώσσες Προγραμματισμού διαδικαστικού ή μη τύπου.** Χρησιμοποιούνται κυρίως για ανάπτυξη δεξιοτήτων κυρίως λογικού ή μαθηματικού τύπου. Ο μαθητής, αναλαμβάνοντας το ρόλο προγραμματιστή, μαθαίνει μέσα από αυτή τη διαδικασία το δομημένο και ιεραρχικό τρόπο σκέψης, προκειμένου να τον εφαρμόζει σε προβλήματα και καταστάσεις όχι μόνο στον Η/Υ, αλλά και εκτός αυτού<sup>3</sup>.

**Πακέτα εφαρμογών γενικής χρήσης.** Εφαρμογές όπως οι επεξεργαστές κειμένου, τα λογιστικά φύλλα και οι βάσεις δεδομένων, χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλα τα σχολικά εργαστήρια Η/Υ, για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Για παράδειγμα ένα λογιστικό φύλλο<sup>4</sup>, μπορεί να διαχειριστεί δεδομένα, κυρίως αριθμητικά και μαθηματικές συναρτήσεις, να τα παρουσιάζει με δυναμικό τρόπο και σε μορφή γραφημάτων με συνέπεια να προσφέρεται για την οπτικοποίηση των νόμων που διέπουν τα φυσικά φαινόμενα, όπως π.χ. η ελεύθερη πτώση ενός σώματος.

**Προσομοιώσεις - Εικονικά Εργαστήρια.** Τα περιβάλλοντα προσομοίωσης ή εικονικών εργαστηρίων, προσομοιώνουν τα φαινόμενα και την εξέλιξή τους, όπως αυτά συμβαίνουν στη φύση ή μέσα σε ένα πραγματικό εργαστήριο. Οι μαθητές μπορούν να σχεδιάζουν και να εκτελούν πειράματα, να ελέγχουν τις συνθήκες και να μεταβάλλουν τις παραμέτρους του φαινομένου κατά βούληση.

<sup>2</sup> Όπως παραπάνω

<sup>3</sup> χαρακτηριστικό παράδειγμα η γλώσσα προγραμματισμού LOGO.

<sup>4</sup> Όπως του Microsoft Excel

Αρκετές από αυτές τις εφαρμογές π.χ. το Interactive Physics, αποτελούν ανοιχτά μαθησιακά περιβάλλοντα που παρέχουν μεγάλο βαθμό αλληλεπίδρασης και ανάπτυξης των ιδεών των μαθητών.

**Παιχνίδια.** Τα παιχνίδια στον Η/Υ, κυρίως ταξινομούνται σε δράσης και στρατηγικής. Η δεύτερη κυρίως κατηγορία, μπορεί να αξιοποιηθεί διδακτικά. Τα παιχνίδια στρατηγικής είναι συνήθως παιχνίδια ρόλων όπου ο χρήστης καλείται να αντιμετωπίσει διάφορες καταστάσεις, σύμφωνα με ένα σενάριο<sup>5</sup>.

**Επικοινωνίες – Διαδίκτυο.** Οι σημερινές δυνατότητες διασύνδεσης των Η/Υ μεταξύ τους αλλά και η πρόσβασή τους στο Διαδίκτυο και τον Παγκόσμιο Ιστό, προσφέρουν νέους τρόπους υποστήριξης της διδασκαλίας. Οι μαθητές έχουν στη διάθεσή τους μια τεράστια πηγή πληροφοριών, με πολύπλοκη και ελεύθερη διασύνδεση και παρουσιασμένων με την τεχνολογία των υπερμέσων. Εύκολα δε, υποστηρίζονται περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης από απόσταση.

**Νοήμονα συστήματα εκπαίδευσης ή διδασχής.** Τα συστήματα αυτά (Intelligent Tutoring Systems), προσπαθούν να συμπεριλάβουν την εμπειρία του εκπαιδευτικού μέσα από εξειδικευμένο λογισμικό και λειτουργούν ως προσωπικοί δάσκαλοι. Περιέχουν συνήθως "μοντέλα" μαθητών ή εκπαιδευτικών, ώστε ο χρήστης να προσαρμόζει τη μάθηση στα μέτρα του, να την εξατομικεύει. Τα συστήματα αυτά, είναι στενά προσανατολισμένα σε συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο και περιλαμβάνουν "κανόνες" μέσω των οποίων "μαθαίνουν" από τον ίδιο τον χρήστη και γίνονται εξυπνότερα.

**Εκπαιδευτικά συστήματα Εικονικής Πραγματικότητας.** Ως Εικονική Πραγματικότητα (VR), ορίζεται ένα περιβάλλον βασισμένο σε Η/Υ, που είναι ισχυρά αλληλεπιδραστικό και όπου ο χρήστης γίνεται συμμετοχός σε έναν "εικονικά πραγματικό" κόσμο. Περιλαμβάνει προσομοιώσεις σε τρισδιάστατο χώρο και πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας αλληλεπιδράσεις μέσα από πολλαπλά κανάλια αισθήσεων, από την οπτική γωνία του χρήστη.

---

<sup>5</sup> Για παράδειγμα στο παιχνίδι SIMtown της Maxis Software, προσομοιώνεται μια πόλη που σχεδιάζεται και δομείται κομμάτι -κομμάτι, ενώ ανάλογα με την ύπαρξη και την κατανάλωση των φυσικών πόρων η εξέλιξή της στο χρόνο είναι επιτυχής ή όχι.

**Εκπαιδευτικές Εφαρμογές Πολυμέσων / Υπερμέσων.** Είναι η κατηγορία που κυριαρχεί σήμερα στον τομέα της εκπαιδευτικής τεχνολογίας και ουσιαστικά, κάθε είδους εκπαιδευτικό λογισμικό, περιλαμβάνει πολυμεσικά<sup>6</sup> στοιχεία και άμεση – μη γραμμική πρόσβαση<sup>7</sup>, στις πληροφορίες που περιέχει.

**Πακέτα Εξάσκησης και Πρακτικής.** Κύριο χαρακτηριστικό αυτών των πακέτων είναι ότι αναφέρονται συνήθως σε συγκεκριμένη διδακτέα ύλη, κάποιου σχολικού Αναλυτικού Προγράμματος, παρέχοντας στο χρήστη ασκήσεις και προβλήματα σχετικά με αυτή. Οι ασκήσεις είναι διαφόρων τύπων και μορφών και περιλαμβάνουν συνήθως και συνοπτική θεωρητική κάλυψη. Σήμερα τα πακέτα αυτά τείνουν να εκλείψουν ως αυτόνομες εφαρμογές γιατί συνήθως περιλαμβάνονται σε ευρύτερες εφαρμογές άλλων τύπων.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι, τα πακέτα εκπαιδευτικού λογισμικού, συνδυάζουν συνήθως περισσότερες από μια από τις ανωτέρω κατηγορίες. Εκτός τούτου, όλα τα πακέτα επενδύονται πλέον με πολυμεσικά στοιχεία και υπερμεσικά χαρακτηριστικά, όμως όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η σημερινή τάση είναι τα στοιχεία αυτά να είναι κυρίαρχα.

## ***2.β. Εκπαιδευτικό λογισμικό και μάθηση<sup>8</sup>***

Σύμφωνα με την ταξινόμηση των θεωριών στην εκπαίδευση<sup>9</sup>, το εκπαιδευτικό λογισμικό υπερμέσων ταξινομείται στις τεχνολογικές θεωρίες, που οριοθετούνται από το αξίωμα: «πρέπει να βελτιώσουμε συγκεκριμένα την τεχνολογία των διαδικασιών της παιδαγωγικής κοινωνίας, αν θέλουμε να πετύχουμε καλύτερη μάθηση». Όμως η εφαρμογή τεχνολογικών θεωριών στην εκπαίδευση, έχει εμφανίσει το πρόβλημα του ελέγχου της διαδικασίας της. Ο εκπαιδευτικός πρέπει να είναι σε θέση να ελέγχει την τεχνολογία και να την εκμεταλλεύεται με τον προσφορότερο τρόπο. Διαφαίνεται μια αλλαγή στο ρόλο του εκπαιδευτικού από αυθεντία και κυρίαρχο της τάξης, σε διαχειριστή, σύμβουλο και συνεργάτη των μαθητών, αρχιτέκτονα της μαθησιακής διαδικασίας.

<sup>6</sup> Ένα σύστημα χαρακτηρίζεται πολυμεσικό, όταν διαχειρίζεται πληροφορίες κωδικοποιημένες σε διάφορα συστήματα συμβολικής αναπαράστασης, κείμενο, εικόνα, φωνή, κινούμενη εικόνα...

<sup>7</sup> Όταν η πρόσβαση και διασύνδεση σε ένα σύνολο πληροφοριών δεν είναι γραμμική, αλλά ακολουθεί άλλους κανόνες, συνήθως νοηματικής αλληλουχίας, χαρακτηρίζεται Υπερμεσικό.

<sup>8</sup> Μικρόπουλος, 2000.

<sup>9</sup> Bertrand, 1994 στο Μικρόπουλος, 2000.



Οι θεωρίες που καθορίζουν τη σχεδίαση και χρήση των εκπαιδευτικών συστημάτων που βασίζονται στην τεχνολογία, έχουν περάσει από τρία στάδια - γενιές.<sup>10</sup>

Η πρώτη γενιά, βασίζεται στην υπόθεση ότι η συμπεριφορά του μαθητή είναι προβλέψιμη ως ένα βαθμό, αν είναι γνωστά τα επιδιωκόμενα από τη διδασκαλία αποτελέσματα, η μεθοδολογία και οι συνθήκες της διαδικασίας. Διαμορφώθηκε από τη συμπεριφορική θεωρία. Παρά τα επιχειρήματα που έχουν διατυπωθεί από πολλούς ερευνητές, για τις ατέλειες των υποθέσεων αυτών, μεγάλο ποσοστό της εκπαίδευσης βασισμένης σε H/Y, ακολουθεί αυτή την προσέγγιση.

Η δεύτερη γενιά των συστημάτων, μετατοπίζει την έμφαση από το περιεχόμενο στον τρόπο παρουσίασης της πληροφορίας. Η αλλαγή οφείλεται στην παραδοχή ότι αυτό που μαθαίνουν οι μαθητές επηρεάζεται και από τον τρόπο που το μαθαίνουν. Από ψυχοπαιδαγωγική άποψη βασίζεται στις γνωστικές θεωρίες.

Καθοριστικό στοιχείο της τρίτης γενιάς συστημάτων βασισμένων σε H/Y, είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητή και εκπαιδευτικής διαδικασίας, αφού συνήθως ο μαθητής αποτελεί ξεχωριστό, εξωτερικό στοιχείο – δέκτη πληροφοριών. Η επίδραση αυτή γίνεται μέσω του εκπαιδευτικού λογισμικού. Δεν είναι παθητικός δέκτης αλλά συμμετέχει και δρα ενεργά. Γίνεται άνοιγμα προς το μαθητή και τη χρήση πολλών μέσων, με άμεση πρόσβαση στις πληροφορίες που περιέχουν. Εξέλιξη της τρίτης γενιάς, αποτελούν τα συστήματα που βασίζονται στην υπόθεση ότι η γνώση οικοδομείται από τον ίδιο τον μαθητή και δεν παρέχεται μόνο από την διδασκαλία. Βασικό θεωρητικό μοντέλο που την υποστηρίζει είναι ο εποικοδομητισμός. Σύγχρονοι τρόποι υλοποίησής τους είναι η εικονική πραγματικότητα και τα ανοιχτά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

Τέλος, πρόσφατες μελέτες, μετατοπίζουν το βάρος του υπολογιστή ως εργαλείο στην εκπαιδευτική διαδικασία, από γνωστικό μέσο, σε εργαλείο που συνεισφέρει στον αισθητηριακό τομέα και βοηθά στην αντίληψη εννοιών και καταστάσεων. Η σπουδαιότητα του H/Y, εντοπίζεται όχι στο γνωστικό, αλλά στον τομέα της αντίληψης που συνδέεται άμεσα με τον γνωστικό. Ο H/Y, δεν μπορεί να κάνει τον μαθητή να σκεφτεί καλύτερα, αλλά του επιτρέπει να έχει περισσότερες εμπειρίες ή να ενισχύσει, με τα πολλαπλά συστήματα συμβόλων και αναπαραστάσεων που διαθέτει, αυτές που λαμβάνει.

<sup>10</sup> Winn, 1993 στο Μικρόπουλος, 2000.

### 3. Γιατί εικονικό εργαστήριο και προσομοιώσεις

Η συλλογή δεδομένων που αφορούν την εξέλιξη φαινομένων, μέσω μιας πειραματικής διάταξης ή από το περιβάλλον, η επεξεργασία των τιμών, η αναπαράσταση των μεταβολών και η επανάληψη των φάσεων με νέες παραμέτρους, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τους νόμους που διέπουν τις μεταβολές αυτές, αποτελούν σύνθετες πειραματικές διαδικασίες<sup>11</sup>.

Από τη διεθνή εμπειρία και έρευνα φαίνεται ότι εφαρμογές Νέων Τεχνολογιών, που έχουν τη δυνατότητα να προσεγγίζουν με πολλαπλά μέσα τη μελέτη ενός πεδίου, μπορούν να υποστηρίξουν επί μέρους φάσεις των εργαστηριακών πρακτικών, υποσκελίζοντας ως ένα βαθμό τους περιορισμούς που πηγάζουν από τις τεχνικές και μεθόδους του κλασικού εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών<sup>12</sup>. Οι ίδιες εφαρμογές των Νέων Τεχνολογιών, πέρα από την υποστήριξη των κλασικών λειτουργιών που προσφέρουν, φαίνεται επίσης ότι εισάγουν νέες δυνατότητες και προοπτικές, οι οποίες επεκτείνουν τα όρια των μεθόδων του κλασικού εργαστηρίου.

#### 3.α. Οι προσομοιώσεις Φυσικών Φαινομένων

Ειδικά για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, έχει κατασκευαστεί μια πληθώρα λογισμικών (πακέτα εξάσκησης, προσομοιώσεις, συστήματα εικονικής πραγματικότητας κ.α.) με σκοπό την υποστήριξη της διδασκαλίας τους (ακολουθώντας διάφορες θεωρίες μάθησης), εκμεταλλευόμενα τις τεχνικές και τα εργαλεία των συστημάτων πολυμέσων (multimedia), παρέχοντας αρκετά φιλική διασύνδεση με το χρήστη.

Σημαντική δε κατηγορία (στην οποία εντάσσεται βέβαια και το Σ.Ε.Π.<sup>13</sup> – το λογισμικό στο οποίο βασίζεται η παρούσα μελέτη), είναι των λογισμικών που έχουν εργαστηριακό χαρακτήρα και τα οποία πέρα από την υποστήριξη των κλασικών λειτουργιών που προσφέρουν, φαίνεται επίσης ότι εισάγουν νέες δυνατότητες και προοπτικές, οι οποίες επεκτείνουν τα όρια των μεθόδων του κλασικού εργαστηρίου. Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι οι πολλαπλές μέθοδοι εντοπισμού, επεξεργασίας και απεικόνισης των πληροφοριών<sup>14</sup> και η παραμετροποίηση των υπό μελέτη φαινομένων. Ως ειδικά μέσα, δε, μετάδοσης πλη-

<sup>11</sup> Swatton, 1995, Leinhardt et al, 1990.

<sup>12</sup> Hartley et al, 1991

<sup>13</sup> Ψύλλος κ.α., 2000.

<sup>14</sup> Συγγραφική Ομάδα Π.Ι., 1999, "Πολυμέσα - Δίκτυα", Βιβλίο Μαθητή Γ' Ενιαίου Λυκείου, Αθήνα.

ροφοριών, συγκαταλέγονται οι διασυνδεδεμένες πολλαπλές αναπαραστάσεις της εξέλιξης των φαινομένων και οι συμβολικές γραφικές παραστάσεις των μεταβολών στα μεγέθη. Η τεχνική αλληλεπίδρασης επεκτείνεται περιλαμβάνοντας τη δυνατότητα παραμετροποίησης και τον άμεσο χειρισμό των αντικειμένων και παραμέτρων.

Παρακάτω ακολουθεί περιγραφή των κυριότερων χαρακτηριστικών, της πιο σύγχρονης αυτής τάσης εκπαιδευτικών πακέτων πολυμέσων, που αποτελούν τα "εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα", τα οποία **προσομοιώνουν**, με εικονικό και λειτουργικό τρόπο, εργαστήρια Φυσικών Επιστημών, φαινόμενα ή πειράματα, στην οθόνη του υπολογιστή<sup>15</sup>.

Ως προσομοίωση θεωρείται, γενικότερα, η μερική μεταφορά και απεικόνιση, σε περιβάλλον υπολογιστή, ενός φυσικού, τεχνητού ή κοινωνικού συστήματος εννοιών και αντικειμένων, φαινομένων ή διαδικασιών, με ενσωμάτωση των λειτουργικών στοιχείων των παραγόντων που λαμβάνουν μέρος<sup>16</sup>.

Ο όρος προσομοίωση αποτελεί ευρεία έννοια η οποία μπορεί να υponοεί:

- Τα ίδια τα λογισμικά.
- Τις διατάξεις που αναπαρίστανται στην οθόνη.
- Τις διαδικασίες που εκτελούνται.

Σε ένα σύστημα προσομοίωσης φαινομένων διακρίνονται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

### **3.β. Το περιβάλλον διεπαφής του χρήστη(user interface)**

Το περιβάλλον διεπαφής του χρήστη το οποίο αφορά την επιλογή των πολυμέσων και καθορίζει την αισθητηριακή μορφή, με την οποία ο προσομοιωμένος κόσμος παρουσιάζεται στον χρήστη, αλλά και τους χειρισμούς που ο τελευταίος πρέπει να εκτελεί. Το γεγονός ότι μία προσομοίωση αποτελεί μεταφορά μιας οντότητας στον υπολογιστή, σημαίνει ότι δεν αντιμετωπίζουμε την ίδια τη πραγματικότητα (reality). Ως αναπαράσταση, μία προσομοίωση υπόκειται σε σειρά από συμβιβαστικές παραδοχές και αφαιρέσεις, οι οποίες καθορίζονται από το σχεδιασμό του προγράμματος και της διδακτικής ένταξης του και από τις τεχνικές δυνατότητες του υπολογιστή. Αν η προσομοίωση είναι πολύ πλούσια σε παραστάσεις και όγκο πληροφοριών στην οθόνη, μπορεί να

<sup>15</sup> Χατζηκρανιώτης, κ.άλ, 1999.

<sup>16</sup> Μπισδικιάν κ.άλ, 1994

επισκιάσει τους παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδιώκουμε να μελετήσουμε<sup>17</sup>. Για διδακτικούς σκοπούς επομένως, δεν είναι δυνατή, αλλά ίσως ούτε και επιθυμητή, μια άκρως αληθοφανής αναπαράσταση. Αυτή μάλιστα η συνειδητή απόκλιση από τη πραγματικότητα τεκμηριώνει το σχεδιασμό και τη χρήση των εικονικών εργαστηρίων και των περιβαλλόντων προσομοίωσης.

### **3.γ. Η λειτουργική συνέπεια των προσομοιώσεων**

Η παραπάνω διάσταση εξετάζει κατά πόσον οι εσωτερικές λειτουργίες μιας προσομοίωσης είναι σύμφωνες με το φαινόμενο που αναπαριστά και με πόση συνέπεια με την πραγματικότητα οι χειρισμοί προκαλούν επιστημονικά αποδεκτές αποκρίσεις. Η σχέση αυτή καθορίζεται κατά τον σχεδιασμό του λογισμικού, βάσει των παραδοχών που έγιναν δεκτές κατά τον μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης, σε γνώση που πρόκειται να αναπαρασταθεί υπολογιστικά. Η λειτουργική δομή της προσομοίωσης, επιδιώκεται να είναι συνεπής με το επιστημονικό πρότυπο, για να αποφευχθούν μη αποδεκτές, σύμφωνα με τη θεωρία, εξελίξεις των εικονικών φαινομένων και εσφαλμένες αντιλήψεις στους μαθητές.

### **3.δ. Η ελευθερία ελέγχων του χρήστη**

Η δυνατότητα του χρήστη να ελέγχει τη συμπεριφορά και τις παραμέτρους του λογισμικού, καθορίζει σημαντικά την μορφή της αλληλεπίδρασης, σε ένα σύστημα προσομοίωσης. Οι εξειδικευμένες λειτουργίες, μέσω των οποίων ο χρήστης αλληλεπιδρά με τον υπολογιστή, η μορφή των ενεργειών που καθορίζουν την εξέλιξη των φαινομένων στην οθόνη και ο βαθμός μέχρι τον οποίο μπορεί κανείς να χειριστεί τις παραμέτρους του περιβάλλοντος, χαρακτηρίζουν την ελευθερία ελέγχου της προσομοίωσης από τον χρήστη<sup>18</sup>. Οι διαφορετικές μορφές της αλληλεπίδρασης και της ελευθερίας χρήσης, οδηγούν και σε σχεδιασμό διαφορετικής διδακτικής προσέγγισης. Θα μπορούσαμε να διακρίνουμε τα περιβάλλοντα προσομοίωσης φαινομένων, σε διάφορους τύπους<sup>19</sup>, σύμφωνα με την ελευθερία χειρισμών που παρέχεται στο χρήστη:

---

<sup>17</sup> Levin et al, 1988

<sup>18</sup> Laurillard, 1988

<sup>19</sup> Μπισδικιάν, Γ., 2000.

Προσομοιώσεις κλειστού τύπου και παραμετρικές

Στην πιο απλή περίπτωση ο χρήστης παρατηρεί μόνο, δεν προβαίνει σε καμία ενέργεια χειρισμού της και επομένως δεν εξασκεί κανένα ουσιαστικό έλεγχο στην προσομοίωση, εκτός από την επιλογή του χρόνου της έναρξης, της παύσης ή της αντίστροφης εκτέλεσης. Αναγνωρίζονται και ως κλειστές προσομοιώσεις ή απλές επιδείξεις φαινομένων και εννοιών. Ο κατασκευαστής έχει προ-επιλέξει τα όργανα και τις συσκευές που θα απαρτίζουν την πειραματική διάταξη και καθορίζει τους φυσικούς νόμους βάσει των οποίων θα εξελίσσονται τα φαινόμενα που ο χρήστης παρακολουθεί στην επίδειξη<sup>20</sup>. Σε άλλες περιπτώσεις, πιθανώς να παρέχεται στο χρήστη η ελευθερία να ορίσει αρχικές τιμές σε μια μεταβλητή, ώστε να μελετήσει, στη συνέχεια, την επίδρασή της πάνω στην εξέλιξη των φαινομένων.

Σε πιο σύνθετα συστήματα - παραμετρικές προσομοιώσεις - παρέχεται η δυνατότητα παρέμβασης του χρήστη στη ρύθμιση μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών, που καθορίζουν την εξέλιξη των φαινομένων. Είναι προκαθορισμένο ποιες θα είναι οι μεταβλητές αυτές, καθώς και η συμβολή τους στη προσομοίωση. Οι χρήστες καλούνται να ορίσουν τιμές στις ανεξάρτητες μεταβλητές, να εκτελέσουν το πείραμα, να πραγματοποιήσουν μετρήσεις και να διερευνήσουν την εξέλιξη μέσω της παραμετροποίησης. Οι δραστηριότητες που συνδέονται με τη χρήση τους, επεκτείνονται προς τη παραμετρική διερεύνηση των φαινομένων που αναπαρίστανται, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις θεωρητικές σχέσεις μεταξύ των μεγεθών που συναντώνται στα φαινόμενα. Η γνωστική περιοχή, το πεδίο των φαινομένων, η εικόνα της πειραματικής διάταξης και η λειτουργικότητα των αντικειμένων, εξακολουθούν να είναι περιορισμένα και αυστηρά καθορισμένα<sup>21</sup>.

Εικονικά Εργαστήρια Ανοιχτού τύπου - Μικρόκοσμοι

Οι μικρόκοσμοι, στις Φυσικές Επιστήμες, αποτελούν ανοικτά μαθησιακά (open learning) περιβάλλοντα, κατασκευής και διερεύνησης της συμπεριφοράς των αντικειμένων ενός εικονικού περιβάλλοντος (προσομοιωμένου κόσμου), καθώς και των συνεπειών των φυσικών νόμων που τα διέπουν. Η ελευθερία χειρισμών που παρέχεται είναι μεγάλη. Ο προς προσομοίωση κόσμος δεν είναι προκατασκευασμένος ή συγκεκριμένος, αλλά μπορεί να δημιουργηθεί από τον

---

<sup>20</sup> Leutner, 1993

<sup>21</sup> Jong et al, 1992

εκπαιδευτικό ή το μαθητή, τη στιγμή που απαιτεί η εφαρμογή. Τα μέσα που έχει ο δημιουργός στη διάθεσή του, για να δομήσει το συγκεκριμένο κάθε φορά κόσμο, επιλέγονται μέσω εικονιδίων που αντιπροσωπεύουν στοιχειώδη αντικείμενα τα οποία πιθανόν να χρησιμοποιηθούν, λειτουργίες διαχείρισης του κόσμου και άλλα βοηθητικά εργαλεία. Ο δημιουργός μπορεί να συνθέσει και να διερευνήσει τη “δική” του εργαστηριακή εφαρμογή επιλέγοντας τα εικονικά όργανα και τη μορφή της διάταξης, χρησιμοποιώντας την ελευθερία παραμετροποίησης των μεγεθών και την δυνατότητα της πολλαπλής αναπαράστασης των αποτελεσμάτων που του παρέχεται. Σε περίπτωση ελεύθερης περιήγησης στις λειτουργίες του περιβάλλοντος, η μεγάλη ελευθερία ελέγχου μπορεί να καταστήσει τη διερεύνηση του μικρόκοσμου χαοτική και πληκτική. Είναι σημαντικό όμως να συμμετάσχουν οι ίδιοι οι μαθητές στις φάσεις δημιουργίας του κόσμου και στη διαδικασία της απόδοσης ιδιοτήτων, γιατί έτσι αποκτούν αναλυτική αντίληψη της δομής του κόσμου και ικανότητα ευκολότερης ερμηνείας των αιτιακών μηχανισμών των λειτουργιών του<sup>22</sup>. Η ελευθερία ως προς το περιεχόμενο τους, το χειρισμό και τη δομή τους, διευρύνει τους σκοπούς της χρήσης των μικρόκοσμων, που καθορίζονται πλέον - κυρίως - από κατευθυνόμενο διδακτικό σχεδιασμό.

Προϊόντα ενός μικρόκοσμου μπορούν να είναι οι προσομοιώσεις φαινομένων, παραμετρικές ή κλειστού τύπου.

Ειδικά δε για τα συστήματα που αφορούν την εκπαίδευση, εκτός των παραπάνω χαρακτηριστικών που αναλύσαμε διακρίνονται και διδακτικές παράμετροι, οι οποίες αφορούν κατά κύριο λόγο, το μοντέλο ένταξης της προσομοίωσης σε μια διδακτική πρακτική και η καθοδήγηση που παρέχεται από τον εκπαιδευτικό ή από το ίδιο το λογισμικό και κατευθύνει τις ενέργειες του χρήστη.

### **3.ε. Η διδακτική χρησιμότητα των προσομοιώσεων**

Από παιδαγωγική άποψη, οι προσομοιώσεις μπορεί να αποδειχθούν πάρα πολύ χρήσιμες όταν συνδυάζονται με καλή κατανόηση του τρόπου σκέψης των μαθητών. Με τη λογική αυτή μπορούμε να αναφέρουμε τις παρακάτω μαθησιακές δραστηριότητες όπου βρίσκουν εφαρμογή:<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Hartley et al, 1991

<sup>23</sup> Wolfgang, & Belloni, 2001

- Μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κάνουν νοητικές συνδέσεις μεταξύ διαφόρων ειδών αναπαραστάσεις. Η φυσική χρησιμοποιεί πολλούς τρόπους αναπαράστασης των φυσικών συστημάτων (λέξεις, εξισώσεις, γραφικές παραστάσεις, πίνακες κλπ.). Φαίνεται ότι πολλοί μαθητές εμφανίζουν προβλήματα στην κατάλληλη διασύνδεση μεταξύ τους αλλά και με το φαινόμενο που αναπαριστούν. Οι προσομοιώσεις με δυναμική και ταυτόχρονη διασύνδεση των διαφόρων αυτών αναπαραστάσεων και κατάλληλη διδακτική χρήση, μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν τέτοιες δεξιότητες, οδηγώντας στην καλύτερη κατανόηση των φυσικών φαινομένων.
- Μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν την αξία των εξισώσεων ως έκφραση σχέσεων μεταξύ πειραματικών μετρήσεων. Πολλές φορές οι μαθητές, στα εργαστήρια φυσικής, αντιμετωπίζουν τις εξισώσεις απλά ως ένα μέσο υπολογισμού μεταβλητών ή ένα τρόπο εξεύρεσης λύσεων στα προβλήματα, χωρίς να κατανοούν ότι αντιπροσωπεύουν τους φυσικούς νόμους που διέπουν τα αντίστοιχα φαινόμενα. Έχοντας όμως μια προσομοίωση φαινομένων, όπου ο μαθητής μπορεί εύκολα να μεταβάλλει τις παραμέτρους και να βλέπει άμεσα τα αποτελέσματα των μεταβολών αυτών, αναδεικνύεται ο σημαντικός ρόλος των εξισώσεων.
- Μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν νοητικά μοντέλα των φυσικών συστημάτων. Κάποιες φορές οι μαθητές, δεν έχουν την εμπειρία ή την αφαιρετική ικανότητα, να συνδυάσουν αυτά που ακούν σε μια διάλεξη ή που διαβάζουν στα βιβλία τους, σε μια νοητική κατανοητή εικόνα. Απλά απομνημονεύουν, ασύνδετα μεταξύ τους, κομματάκια πληροφορίας, με αποτέλεσμα να μην οδηγούνται στην κατανόηση. Η οπτικοποίηση μέσω των προσομοιώσεων και η διασύνδεση των πληροφοριών που αφορούν τα φυσικά συστήματα, μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές στην κατασκευή των αντίστοιχων νοητικών μοντέλων και στην κατανόησή τους.
- Μπορούν να προσφέρουν στους μαθητές μαθησιακές εμπειρίες, μέσω δράσεων και ενεργειών. Οι έρευνες έχουν δείξει ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι ισχυρότερα, όταν οι μαθητές έχουν οι ίδιοι τον έλεγχο των διδακτικών καταστάσεων. Οι προσομοιώσεις προσφέρουν τη δυνατότητα της διερεύνησης των φυσικών φαινομένων από τους ίδιους, με το δικό τους τρόπο και ρυθμό, με συνέπεια να παράγονται πιο αποτελεσματικές μαθησιακές εμπειρίες.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους μαθητές σαν μέσο αναπαράστασης

και επεξήγησης των απόψεών τους στους συμμαθητές τους (sketch-pad). Οι έρευνες δείχνουν την παιδαγωγική αξία που έχει η προσπάθεια επεξήγησης των απόψεών τους, τόσο στον εαυτό τους όσο και στους άλλους. Εδώ βρίσκεται και η σημασία της εργασίας σε ομάδες, όπου 2-3 μαθητές εργάζονται σε μια προσομοίωση, με ένα κοινό στόχο και αναζητούν από κοινού λύσεις στα ερωτήματα που τους τέθηκαν.

#### **4. Η διδασκαλία των Θερμικών Φαινομένων**

Στα τρέχοντα ελληνικά Αναλυτικά Προγράμματα, το κεφάλαιο της Θερμότητας εμφανίζεται στο μάθημα της Φυσικής από το Δημοτικό μέχρι και το τέλος του Λυκείου. Εξάλλου αυτό φαίνεται πως ισχύει και στα παλαιότερα ελληνικά Α.Π. Κατέχει δε μια αρκετά κεντρική θέση σε όλα αυτά μια και αποτελεί ένα από τα "κλασσικά" κεφάλαια της Φυσικής. Ειδικά δε για το Γυμνάσιο, είναι το πρώτο κεφάλαιο με το οποίο έρχονται σε επαφή οι μαθητές (Β' τάξη).

Φαίνεται όμως ότι οι έννοιες που σχετίζονται με τα θερμικά φαινόμενα δεν είναι τόσο εύκολα κατανοητές από τους μαθητές και αυτό ισχύει όπως θα δούμε πιο κάτω, όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και διεθνώς. Εμφανίζουν λοιπόν εναλλακτικές απόψεις, που διαφέρουν από αυτές των επιστημόνων με κύρια ίσως αιτία την διαισθητικότητα των θερμικών φαινομένων, αφού η αίσθηση του θερμού /ψυχρού είναι από τις πρώτες που αντιλαμβανόμαστε όταν ερχόμαστε στη ζωή.

##### **4.a. Βασικές έννοιες και φαινόμενα από την περιοχή της Θερμότητας**

Στο σημείο αυτό ίσως θα ήταν χρήσιμο να αναφέρουμε τις βασικότερες έννοιες που αφορούν τα θερμικά φαινόμενα<sup>24</sup>:

- Η ύλη αποτελείται από άτομα και μόρια που βρίσκονται σε μια διαρκή τυχαία και χαοτική κίνηση, την οποία ονομάζουμε θερμική κίνηση. Λόγω της κίνησης αυτής, όλα τα υλικά σώματα έχουν κάποια **Θερμική Ενέργεια**. Όσο μεγαλύτερη είναι η τυχαία αυτή κινητική ενέργεια των μορίων, τόσο θερμότερο είναι το σώμα. Εκτός από την κινητική ενέργεια τα μόρια των σωμάτων έχουν ενέργεια και σε άλλες μορφές, κυρίως δυναμική, μέσα και ανάμεσα στα μόρια, που επηρεάζει τις θερμικές ιδιότητες των σωμάτων. Το σύνολο όλων των ενεργειών αυτών ονομάζεται **Εσωτερική Ενέργεια**.
- **Θερμοκρασία** είναι το μέτρο της τυχαίας μεταφορικής κίνησης των μορίων

<sup>24</sup> Hewitt, P., 1985, "Οι έννοιες της Φυσικής", τόμος Ι.



ενός σώματος, για την ακρίβεια, είναι το μέτρο της **μέσης κινητικής ενέργειάς** τους. Όταν δυο σώματα διαφορετικής μάζας έχουν ίδια θερμοκρασία, τότε τα μόριά τους έχουν ίδια μέση κινητική ενέργεια, αυτό όμως που έχει περισσότερη ποσότητα ύλης (άρα και μόρια), θα έχει και περισσότερη Θερμική Ενέργεια.

- Κυριότερο χαρακτηριστικό της θερμικής ενέργειας είναι ότι αν φέρουμε δυο σώματα σε επαφή, τότε θα υπάρξει **ροή θερμικής ενέργειας** από το σώμα με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία προς το σώμα με τη μικρότερη θερμοκρασία. Η ροή αυτή θα σταματήσει όταν οι θερμοκρασίες των σωμάτων εξισωθούν, οπότε αποκαθίσταται μεταξύ τους **Θερμική Ισορροπία**. Αυτό δεν σημαίνει ότι τα σώματα αποκτούν την ίδια θερμική ενέργεια, παρά μόνο ότι αποκτούν την ίδια θερμοκρασία.

- Η Θερμική Ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα προς ένα άλλο εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας τους, ονομάζεται **Θερμότητα**. Η θερμότητα δηλαδή ρέει, ενώ η Θερμική Ενέργεια, όχι απαραίτητα.

- Η **θερμομέτρηση**, δηλαδή η μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος, βασίζεται στη θερμική ισορροπία μεταξύ θερμομέτρου και σώματος. Στην πραγματικότητα αυτό που μας δείχνει δηλαδή το θερμομέτρο, είναι η δική του θερμοκρασία, που ισούται όμως και με τη θερμοκρασία του σώματος, από τη στιγμή που έχουν ισορροπήσει θερμοκρασιακά.

- Η μέτρηση, από την άλλη μεριά, των ποσών θερμότητας, γίνεται μέσω μιας μεταβολής που συνοδεύει τη διαδικασία μεταφοράς της. Συνήθως ως μονάδα θερμότητας χρησιμοποιείται η **θερμίδα** που είναι αντίστοιχη με: "το ποσό θερμότητας που απαιτείται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία ενός γραμμαρίου νερού, κατά ένα βαθμό Κελσίου".

- Οι διάφορες ουσίες έχουν διαφορετική ικανότητα να αποθηκεύουν εσωτερική ενέργεια, ανάλογα με τη φύση τους. Για παράδειγμα μια κατσαρόλα νερό χρειάζεται περίπου 15 λεπτά για να φτάσει από τη θερμοκρασία δωματίου σε θερμοκρασία βρασμού, ενώ ίδια ποσότητα σιδήρου στη ίδια φωτιά χρειάζεται μόνο 2 λεπτά περίπου για την ίδια αύξηση της θερμοκρασίας της. Λέμε ότι ο σίδηρος έχει μικρότερη **ειδική θερμότητα** από το νερό. Ειδική θερμότητα μιας ουσίας είναι το ποσό θερμότητας που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας της κατά ένα βαθμό. Η ειδική θερμότητα επηρεάζει όχι μόνο τη θέρμανση των ουσιών, αλλά και τη ψύξη τους.

- Η θερμότητα είπαμε ότι έχει την ιδιότητα να μεταφέρεται από το θερμό σώμα στο πιο κρύο. Η μεταφορά αυτή γίνεται με τρεις τρόπους: με αγωγή, με

ρεύματα και με ακτινοβολία

- Η αγωγή αφορά τη διάδοση της θερμότητας από μόριο σε μόριο, του ίδιου ή διαφορετικού σώματος (όταν αυτά βρίσκονται σε επαφή). Η καλή αγωγή της θερμότητας σε ένα σώμα, εξαρτάται από τον ηλεκτρικό δεσμό της μοριακής δομής του. Υπάρχουν έτσι σώματα που είναι **καλοί αγωγοί** και άλλα που είναι **κακοί αγωγοί** (ή μονωτές).
- Η διάδοση θερμότητας με ρεύματα, αφορά τα αέρια και τα υγρά, αφού σε αυτά μόνο η μάζα τους ρέει.
- Η διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία, γίνεται ακόμα και απουσία υλικού σώματος, δηλαδή ακόμα και στο κενό. Για την ακρίβεια, η θερμική ενέργεια ενός σώματος που ακτινοβολεί, μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ενέργεια και διαδίδεται στο χώρο. Όταν πέσει αυτή πάνω σε ένα σώμα, μετατρέπεται και πάλι σε θερμική ενέργεια. Όλα τα σώματα **ακτινοβολούν** συνεχώς ενέργεια. Ταυτόχρονα όμως και **απορροφούν** συνεχώς ενέργεια. Το κατά πόσο ένα σώμα θα ψύχεται ή θα θερμαίνεται λόγω της ακτινοβολίας, εξαρτάται από το αν εκπέμπει περισσότερη ενέργεια από όση απορροφά ή το αντίθετο. Ο ρυθμός με τον οποίο ένα σώμα εκπέμπει ή απορροφά ακτινοβολία, εξαρτάται από τη φύση του και από τη διαφορά θερμοκρασίας του με το περιβάλλον.
- Ένα φαινόμενο που έχει άμεση σχέση με την θερμική κατάσταση των σωμάτων, είναι η **αλλαγή της φυσικής τους κατάστασης**. Η ύλη υπάρχει σε τέσσερις καταστάσεις: την **στερεή**, την **υγρή**, την **αέρια** και του **πλάσματος**. Οποιοδήποτε σώμα μπορεί να βρεθεί σε οποιαδήποτε από τις καταστάσεις αυτές, αρκεί να πληρούνται ορισμένες συνθήκες, που αφορούν τη θερμοκρασία ή τη πίεση. Η αλλαγή για παράδειγμα από τη μια κατάσταση στην άλλη, με τη σειρά που αναφέρθηκαν, απαιτεί αύξηση της θερμοκρασίας. Κυριότερα φαινόμενα αλλαγής φυσικής κατάστασης είναι:
  - Η Εξάτμιση: μεταβολή κατάστασης στην επιφάνεια ενός υγρού, που γίνεται ατμός. Έχει σαν αποτέλεσμα την ψύξη του υγρού.
  - Ο Βρασμός: γρήγορη εξάτμιση, που συμβαίνει τόσο μέσα στο υγρό, όσο και στη επιφάνειά του. Το υγρό τότε ψύχεται, όπως και στη εξάτμιση.
  - Η Τήξη: μεταβολή κατάστασης από την στερεή στην υγρή μορφή. Για να συμβεί, η ουσία χρειάζεται να απορροφήσει ενέργεια.
  - Η Πήξη: μεταβολή κατάστασης από την υγρή στην στερεή μορφή. Το αντίθετο της τήξης. Όταν συμβαίνει, η ουσία ελευθερώνει ενέργεια.

#### **4.β. Διδασκαλία των θερμικών φαινομένων**

Όπως είπαμε παραπάνω, η διδασκαλία των θερμικών φαινομένων διατρέχει όλο το ελληνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα από το Δημοτικό μέχρι το Λύκειο<sup>25</sup>. Η κύρια όμως αντιμετώπισή τους, τόσο θεωρητικά όσο και εργαστηριακά, γίνεται στη Β' τάξη του Γυμνασίου και συγκεκριμένα στη Β' Γενική Ενότητα με τίτλο: "Θερμότητα". Η ενότητα αυτή είναι μια από τις πέντε συνολικά της Β' τάξης και το αντίστοιχο απόσπασμα του Προγράμματος Σπουδών της τάξης αυτής, παρουσιάζεται στον πίνακα 1.1. Στον ίδιο πίνακα και σε αντιστοιχία, παρουσιάζονται οι εργαστηριακές ασκήσεις της ίδιας ενότητας, όπως εμφανίζονται στα σχολικά εγχειρίδια της τάξης αυτής, από τις δύο συγγραφικές ομάδες των οποίων τα βιβλία χρησιμοποιούνται σήμερα στα Γυμνάσια.. Συγκεκριμένα, από την πρώτη ομάδα προτείνονται πέντε (σε σύνολο 17) ασκήσεις και από τη δεύτερη οκτώ (σε σύνολο 21) ασκήσεις για την εργαστηριακή διδασκαλία των θερμικών φαινομένων.

#### **4.γ. Οι απόψεις των μαθητών για τα θερμικά φαινόμενα**

Παρά την αρκετά εκτενή αντιμετώπιση των θερμικών φαινομένων στα Αναλυτικά Προγράμματα, τόσο σε θεωρητικό επίπεδο όσο και εργαστηριακά, φαίνεται πως οι μαθητές εμφανίζουν, στη χώρα μας αλλά και διεθνώς, γνωστικές δυσκολίες με την μορφή εναλλακτικών απόψεων που διαφέρουν από τις επιστημονικά παραδεκτές<sup>26</sup>. Χαρακτηριστικά είναι τα προβλήματα της μη διαφοροποίησης των εννοιών Θερμότητας - Θερμοκρασίας, το γεγονός ότι θεωρούν κάποια σώματα να είναι από τη φύση τους θερμά (ξύλο) ή ψυχρά (μέταλλα) ασχέτως αν βρίσκονται σε περιβάλλον ίδιας θερμοκρασίας ή ότι δεν αναγνωρίζουν πως ένα αντικείμενο μπορεί να έχει διαφορετικές κατά περίπτωση θερμοκρασίες.

Κύρια πηγή για τη διαμόρφωση αυτών των εναλλακτικών απόψεων, φαίνεται να είναι η καθημερινή αισθητηριακή εμπειρία των μαθητών από τον κόσμο<sup>27</sup>. Όταν τα παιδιά περπατούν, για παράδειγμα, ξυπόλυτα στο σπίτι, κρύνουν όταν ακουμπούν στα πλακάκια όχι όμως και στο ξύλινο πάτωμα, έτσι θεωρούν ότι το ένα υλικό είναι από τη φύση του κρύο και το άλλο ζεστό, παρά

<sup>25</sup> Συγγρ. Ομάδα Π.Ι., 1999, "Προγράμματα Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης - Φυσικές Επιστήμες".

<sup>26</sup> Erickson, G. & Tiberghien, A., 1993, Σκουμιάς Μ.& Χ'Νικήτα, Β., 2000.

<sup>27</sup> Erickson, G. & Tiberghien, A., 1993, Driver, R. et al., 1998.

το ότι βρίσκονται σε περιβάλλον ίδιας θερμοκρασίας. Από την άλλη μεριά φαίνεται πως σημαντικό ρόλο παίζει και η χρήση των λέξεων - όρων της φυσικής, που υπάρχουν στην καθημερινή γλώσσα. Εκφράσεις όπως "κλείσε την πόρτα για να μη μπει μέσα το κρύο", που όλοι μας λέμε και ακούμε, σίγουρα εντείνουν τη δυσκολία στην κατανόηση των θερμικών φαινομένων.

Έτσι οι έννοιες που σχετίζονται με τα θερμικά φαινόμενα, διεθνώς αναγνωρίζονται ως από τις δυσκολότερες των Φυσικών Επιστημών, στην κατανόηση από τους μαθητές.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ		ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΟΔΗΓΟΥ	
ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ	ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ	Συγγρ. Ομάδα: Αντωνίου κ.ά. <sup>28</sup>	Συγγρ. Ομάδα: Καραπαναγιώτης κ.ά.
<b>1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ.</b> -Θερμοκρασία και θερμότητα. Μονάδες C° και K. Θερμότητα και θερμική (θερμοκρασιακή) ισορροπία. Μονάδα joule και cal.	Οι μαθητές:  -Να χρησιμοποιούν τη θερμοκρασία ως μέγεθος που εκφράζει τη θερμική κατάσταση ενός σώματος και την θερμότητα ως ποσό της ενέργειας που δίνεται από το θερμό στο ψυχρό σώμα, όταν βρίσκονται σε θερμική επαφή.	1. Εξίσωση Θερμιδομετρίας 2. Μεταφορά της Θερμότητας με Αγωγιμότητα - Θερμική Ισορροπία	1. Βαθμονόμηση Θερμομέτρου 2. Θερμότητα και Μεταβολή Θερμοκρασίας 3. Η Βασική Εξίσωση της Θερμιδομετρίας
<b>2. ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ</b> -Διαστολή- συστολή στερεών και υγρών και εξάρτησή της στα στερεά από το αρχικό μήκος και τη φύση του υλικού. -Ο βρασμός, η τήξη και η πήξη ως φαινόμενα αλλαγής φάσεων και έμφαση στο γεγονός ότι κατά τη διάρκειά τους, η θερμοκρασία παραμένει σταθερή. -Το σημείο ζέσεως ως δείκτης καθαρότητας ενός σώματος. -Αναφορά στα σημεία τήξης και σημεία πήξης των σωμάτων.	Οι μαθητές:  Να παρατηρούν και να περιγράφουν θερμικά φαινόμενα(διαστολή, συστολή, βρασμός, τήξη-πήξη) και να μετρήσουν τις αντίστοιχες θερμοκρασίες.	3. Θερμική Διαστολή και Συστολή 4. Μετατροπή Υγρού σε Αέριο - Βρασμός	4. Μελέτη της Θερμικής Διαστολής 5. Τήξη και Πήξη 6. Μελέτη του Βρασμού 7. Μελέτη της Εξάτμισης
<b>3. Η ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.</b> -Διάδοση της θερμότητας με αγωγή, ρεύματα, ακτινοβολία, μέσω εφαιρημογών.	Οι μαθητές:  -Να διακρίνουν τους τρόπους διάδοσης της θερμότητας σε καθημερινές εφαρμογές.	5. Μεταφορά Θερμότητας με Ακτινοβολία	8. Θερμότητα και Ακτινοβολία

**Πίνακας 1.1: Τα θερμικά φαινόμενα στο Πρόγραμμα Σπουδών Β' Γυμνασίου και οι ασκήσεις των εγχειριδίων Εργαστηριακών Οδηγών από τις δυο συγγραφικές ομάδες.**

<sup>28</sup> Αντωνίου, Ν. κ.ά., 1999, Καραπαναγιώτης, Β. κ.ά., 1998.

#### **4.δ. Η σημασία των γραφικών παραστάσεων στην κατανόηση των θερμικών φαινομένων**

##### Γιατί γραφικές παραστάσεις:

Η γραφική παράσταση, ως βασικός μηχανισμός συμβολικής αναπαράστασης μεταβολών, αντιμετωπίζεται στις Φυσικές Επιστήμες, ως εργαλείο εγκαθίδρυσης νοητικών δεσμών μεταξύ θεωρίας και φαινομένων, στην αντίληψη των μαθητών. Οι γραφικές παραστάσεις πραγματικού χρόνου, με συγκεκριμένο περιεχόμενο και σε συνθήκες διδασκαλίας, προσεγγίζονται ως μια πρακτική που είναι φυσικά ενσωματωμένη στο εργαστήριο, όχι μόνο ως τεχνική χειρισμού δεδομένων, αλλά επίσης κι ως διδακτικό εργαλείο, που παρέχει δυνατότητες οικοδόμησης δεσμών μεταξύ της θεωρίας και των φαινομένων.

Ως βασικός μηχανισμός συμβολικής αναπαράστασης, οι γραφικές παραστάσεις συναντώνται ευρύτατα στις διαδικασίες χειρισμού και επεξεργασίας δεδομένων στο σχολικό ή ερευνητικό εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών. Οι γραφικές παραστάσεις αποτελούν άριστο εργαλείο για την απεικόνιση συγκεκριμένων δεδομένων και για την αναπαράσταση της σχέσης μεταξύ δύο συνεχών μεταβλητών σε εικονική μορφή, παρέχουν δε την καλύτερη σύνοψη για τη σχέση μεταξύ μεταβλητών σε συναρτήσεις. Η απεικόνιση που προκύπτει είναι δυνατόν να αποκαλύψει τη φύση των σχέσεων των φυσικών μεγεθών, σε βαθμό που να προάγεται η επικοινωνία δύσκολων εννοιών και ιδεών. Νόμοι αερίων, πιέσεις αερίων, καμπύλες θέρμανσης, διαγράμματα φάσεων, σχέση τάσης / έντασης κλπ, διερευνώνται και περιγράφονται μέσω γραφικών παραστάσεων. Χρησιμοποιούνται ευρέως στην οργάνωση μεγάλων ποσών δεδομένων με οικονομικό τρόπο και αποτελούν άριστα εργαλεία στην αναπαράσταση συμμεταβολών μεταξύ συνεχών μετρήσεων.<sup>29</sup> Οι διαστάσεις του ρόλου και της σημασίας των γραφικών παραστάσεων έχουν εντοπιστεί και περιγραφεί από σειρά ερευνών.

##### Οι δεξιότητες χειρισμού γραφικών παραστάσεων

Είναι φανερό ότι μια γραφική συμβολική αναπαράσταση απαιτεί σύνθετους χειρισμούς, για τους οποίους θα πρέπει ένας μαθητής να αναπτύξει το κατάλληλο πλέγμα δεξιοτήτων. Αναγνωρίζονται δυο γενικές κατηγορίες δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων, αυτές που σχετίζονται με τη κατασκευή και

<sup>29</sup> Bowen, M. & Roth, W.M., 1998

αυτές που σχετίζονται με την ερμηνεία τους. Οι δεξιότητες **ερμηνείας** αναφέρονται στη διαδικασία κατά την οποία οι μαθητές αισθητοποιούν, περιγράφουν και αποδίδουν φυσική σημασία σε μια υπάρχουσα γραφική παράσταση, ενώ οι δεξιότητες **κατασκευής** αναφέρονται στο σχεδιασμό σημείων και τμημάτων νέας γραφικής παράστασης, από μια σειρά ποσοτικών ή ποιοτικών δεδομένων. Η κατασκευή και η ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων αποτελούν σύνθετες διαδικασίες και ειδικότερα:

- Αναπαριστούν σχέσεις μεταξύ φυσικών μεγεθών και νόμους της θεωρίας.
- Αποτελούν πηγή δεδομένων ώστε να εξαχθούν σχέσεις μεταξύ φυσικών μεγεθών και να προκύψουν συμπεράσματα για θεωρητικούς νόμους.
- Αποτελούν πηγή δεδομένων για την αναπαραγωγή πειραματικών δραστηριοτήτων ή έκφραση υποθέσεων, αναφορικά με εξελίξεις φαινομένων.
- Αναπαριστούν μεταβολές μεγεθών από φαινόμενα σε εργαστηριακά πειράματα ή από το περιβάλλον.

Μέσω των παραπάνω διαδικασιών, η γραφική συμβολική παράσταση αποκτά σημασία ως νοητική γέφυρα διασύνδεσης μεταξύ της κατανόησης των θεωρητικών νόμων και της περιγραφής και ερμηνείας των αντίστοιχων φυσικών φαινομένων στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες.<sup>30</sup>

Υπάρχει έως σήμερα έλλειψη ενιαίου πλαισίου προγράμματος σπουδών για τον χρονικό και εννοιολογικό συντονισμό της διδασκαλίας των γραφικών παραστάσεων μεταξύ των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Η γνώση περί γραφικών παραστάσεων είναι διασκορπισμένη σε πολλά σχολικά βιβλία. Εισαγωγικά εμφανίζονται με τη μορφή χρωματικών διαγραμμάτων, ραβδογραμμάτων, ισοβαρών καμπυλών και απλών κατασκευών και ερμηνειών σε μιλιμετρέ χαρτί, στα βιβλία "Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο" και "Τα Μαθηματικά μου" του Δημοτικού. Εμφανίζονται στη συνέχεια ως αναπαραστάσεις μεταβολών σε συναρτήσεις και φαινόμενα, στα βιβλία Μαθηματικών και Φυσικής Β' και Γ' Γυμνασίου και στα αντίστοιχα βιβλία του Λυκείου. Να τονίσουμε ότι πολλά βιβλία είναι υπό διαμόρφωση και να μην παραλείψουμε τη σειρά Φυσικής του PSSC, που βασιζόταν, σε μεγάλο βαθμό, στο χειρισμό των γραφικών παραστάσεων.

<sup>30</sup> Bisdikian, G. & Psillos, D., 1998

### Προβλήματα χειρισμού γραφικών παραστάσεων

Η κατασκευή και η ερμηνεία γραφικών παραστάσεων, συνδεδεμένων με συγκεκριμένο περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών, αποτελούν υψηλές γνωστικές διαδικασίες, τις οποίες όμως πολλές φορές οι μαθητές δυσκολεύονται να αφομοιώσουν, παρουσιάζοντας ιδιαίτερα ατομικά γνωρίσματα.<sup>31</sup> Οι δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές κατά το χειρισμό των γραφικών παραστάσεων, συνδέονται είτε με την περιορισμένη κατανόηση των ίδιων των χαρακτηριστικών των γραφικών παραστάσεων είτε με την αδυναμία σύνδεσης των χαρακτηριστικών αυτών με τις μεταβολές στα μεγέθη που αναπαριστώνται.

Ενδεικτικά, τα προβλήματα στην κατανόηση των χαρακτηριστικών των παραστάσεων σχετίζονται με το ότι:<sup>32</sup>

- Συχνά, οι μαθητές δεν γνωρίζουν εάν θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν την κλίση ή το ύψος ενός τμήματος της παράστασης, για να συλλέξουν κάποια πληροφορία. Οι μεταβολές στην κλίση δεν είναι τόσο προφανείς, στην αντίληψη των μαθητών, όσο οι μεταβολές στο ύψος.
- Οι καμπύλες παραστάσεις ερμηνεύονται δυσκολότερα από τις παραστάσεις με ευθύγραμμα τμήματα.
- Δεν είναι εύκολο να συσχετιστούν μεταξύ τους τμήματα γραφικών παραστάσεων που προέρχονται από παράγωγα μεγέθη, όπως, για παράδειγμα, η μεταβολή στην κλίση μιας παράστασης απόστασης/ χρόνου με τη μεταβολή στο ύψος της αντίστοιχης παράστασης ταχύτητας/ χρόνου.
- Είναι δύσκολη η αντιστοίχιση τμημάτων μιας παράστασης με τις συγκεκριμένες φάσεις της λεκτικής περιγραφής της εξέλιξης, στην οποία η παράσταση αναφέρεται.

Αντίστοιχα, παρατηρείται ότι οι μαθητές συναντούν δυσκολίες ή και αδυνατούν να συνδέσουν τα χαρακτηριστικά των παραστάσεων με τις μεταβολές στα μεγέθη που αναπαριστώνται:

- Δεν συνδέουν πάντα μια συνεχή μεταβολή, πχ. της θέσης ενός κινούμενου στοιχείου, με μια συνεχή γραμμή, αλλά τη θεωρούν σαν μια σειρά από διακριτά σημεία. Με την ίδια λογική, πολλοί μαθητές αναπαριστούν μian ακίνητη κατάσταση με ένα σημείο και όχι με οριζόντια γραμμή.

<sup>31</sup> Swatton, P., 1995, Leinhardt, G. et al, 1990.

<sup>32</sup> McDermott, L., 1987, Mokros, J. & Tinker, R., 1987, Beichner, R., 1990.



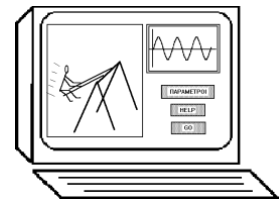
- Δεν διαχωρίζουν τη μορφή της παράστασης απόστασης ή ταχύτητας από το σχήμα της διαδρομής του κινούμενου και προσδοκούν ότι το σχήμα της παράστασης θα είναι όμοιο με το σχήμα της πορείας του.
- Δυσκολεύονται να αναπαραστήσουν αρνητικές μεταβολές, όπως τη μείωση της απόστασης με αρνητική κλίση παράστασης ή τη μείωση της ταχύτητας με τμήμα παράστασης με αρνητικές τιμές του άξονα Υ.
- Θεωρούν ότι η μορφή της παράστασης που περιγράφει τη μεταβολή της απόστασης διατηρείται στις παραστάσεις που περιγράφουν τα παράγωγα μεγέθη ταχύτητας και επιτάχυνσης, μην έχοντας πιθανόν κατανοήσει τη διαδικασία της παραγοντοποίησης από την απόλυτη μεταβολή των τιμών προς το ρυθμό των μεταβολών.

Τα προβλήματα στο χειρισμό των γραφικών παραστάσεων θα μπορούσαν να αποδοθούν κατ' αρχήν στο γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών. Πολλοί μαθητές δεν έχουν το νοητικό επίπεδο για να χειριστούν τις γραφικές παραστάσεις. Οι Leinhardt et al (1990), κατά την ανασκόπηση ερευνών σχετικά με τις αιτίες των προβλημάτων που συναντούν οι μαθητές στο χειρισμό των γραφικών παραστάσεων, κατέληξαν στα εξής:

- Οι μαθητές έχουν τη τάση να θεωρούν ότι οι μεταβολές συμβολίζονται με ευθείες γραμμές. Η αντίληψη για τη γραμμικότητα προέρχεται από την άποψη ότι από δύο σημεία διέρχεται μόνο μια ευθεία γραμμή και όχι άλλες γραμμές, όπως οι καμπύλες. Τα προβλήματα εμφανίζονται όταν οι μαθητές καλούνται να παρεμβάλουν ή να προβλέψουν τιμές που είναι ενδιάμεσες δύο σημείων της παράστασης.
- Υπάρχουν μαθητές που θεωρούν ότι μεταξύ των σημείων, που ορίζονται από τα ζεύγη τιμών, διέρχεται μια συνεχής γραμμή, άλλοι δε ότι η αναπαράσταση αφορά μόνο τα σημεία που κατασκευάστηκαν βάσει τιμών και η παράσταση είναι ασυνεχής για τα υπόλοιπα.
- Υπάρχει δυσκολία να αισθητοποιήσουν οι μαθητές την έννοια του φυσικού μεγέθους και να εντοπίσουν το μέγεθος που σχετίζεται με το φαινόμενο. Άλλα μεγέθη, όπως ο χρόνος, εμφανίζονται πιο οικεία, άλλα συγχέονται μεταξύ τους, όπως η ταχύτητα με το ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας.
- Υπάρχει τάση οι μαθητές να συνδέουν τις γραφικές παραστάσεις με αιτιατούς μηχανισμούς, που καθορίζουν τη σχέση μεταξύ των τιμών των μεταβλητών. Η εμφάνιση προβληματικών χειρισμών αποδίδεται στην ελλιπή γνώση του περιεχομένου.

- Παρουσιάζονται περιπτώσεις μη κατανόησης της σημασίας ορισμένων χαρακτηριστικών των γραφικών παραστάσεων. Πολλοί μαθητές δεν γνωρίζουν εάν θα πρέπει να αντλήσουν πληροφορίες από ένα σημείο γραφικής παράστασης αντί από κάποιο ολόκληρο τμήμα της ή εάν η πληροφορία συνδέεται με την κλίση ή το ύψος του τμήματος.
- Υπάρχει επίσης μεγάλη αναφορά σχετικά με την εικονική ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων, όπως, για παράδειγμα, την απόδοση της μορφής της τροχιάς κινούμενου αντικειμένου στη μορφή της γραφικής παράστασης.

Αν και οι μαθητές δεν παρουσιάζουν μεγάλη δυσκολία με το μηχανικό χειρισμό των δεδομένων, η απόδοσή τους πέφτει δραματικά όταν υπεισέρχονται απαιτήσεις ερμηνείας των μεταβολών ή καθορισμού της σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών (Swatton 1995). Υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ του χειρισμού των δεδομένων και της κατανόησης της συσχέτισης μεταξύ ομάδων δεδομένων. Ο μηχανιστικός χειρισμός δεν αποτελεί απαραίτητα ερμηνευτική διαδικασία και φαίνεται ότι συνδέεται με χαμηλότερου επιπέδου δεξιότητες από ότι οι απαιτήσεις για την κατανόηση του τι αναπαριστούν πραγματικά τα δεδομένα.



Εικ. 3.3 Η κατασκευή γραφικής παράστασης με τη βοήθεια υπολογιστή

Πέρα από την επίδραση του νοητικού επιπέδου, την

κατανόηση των χαρακτηριστικών των γραφικών παραστάσεων και την γνώση της θεωρίας του περιεχομένου που αναπαριστάται, αιτίες στα προβλήματα χειρισμού γραφικών παραστάσεων εντοπίστηκαν επίσης στο μηχανισμό κατασκευής τους. Ομάδες ερευνητών, όπως οι Mokros και Tinker (1987), Brassel (1987) και άλλοι, κατέληξαν ότι η χειρωνακτική και χρονοβόρα διαδικασία κατασκευής και η μη συγχρονικότητα των παραστάσεων με την εξέλιξη των φαινομένων, αποτελούν γενεσιουργό αιτία πολλών από τα προβλήματα κατανόησης των παραστάσεων. Οποιαδήποτε νέα αλλαγή σε παραμέτρους του φαινομένου για τη διερεύνηση της επίδρασης των μεταβλητών, οδηγεί στην εξ αρχής επανάληψη της διαδικασίας κατασκευής, με αποτέλεσμα να αποδυναμώνεται ο συσχετισμός μεταξύ των μεταβολών και των αναπαραστάσεών τους.

### Οι γραφικές παραστάσεις στο εικονικό εργαστήριο

Πολλοί από τους παραπάνω περιορισμούς του τυπικού εργαστηρίου, μπο-

ρούν να αντιμετωπιστούν μέσω της δυνατότητας των υπολογιστών να παράγουν αυτόματα, στην οθόνη τους (Εικ 3.3), γραφικές παραστάσεις σε πραγματικό χρόνο, με δεδομένα που συλλέγονται από προσομοιώσεις των φαινομένων (Μπισδικιάν & Ψύλλος, 1997).

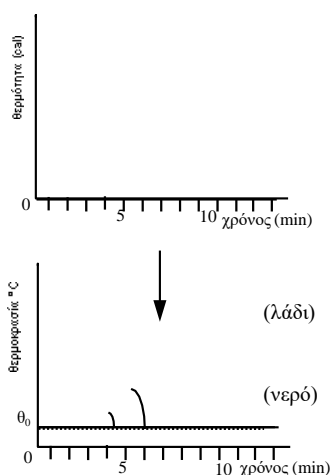
Οι δραστηριότητες που υποστηρίζονται με λήψη δεδομένων μέσω προσομοιώσεων, χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερες δυναμικές λειτουργίες, που διαφοροποιούν την εμπλοκή των μαθητών σε σχέση με τη πρακτική του συνηθισμένου εργαστηρίου.

Συγκεκριμένα, εισάγονται νέες λειτουργίες, μέσω της δυνατότητας αλληλεπιδραστικού και άμεσου χειρισμού των μεταβλητών (interactive variable manipulation) και της εμφάνιση πολλαπλών αναπαραστάσεων (multiple representations), σε πραγματικό χρόνο (real-time), που συνδέονται άμεσα με την εξέλιξη του φαινομένου. Οι μαθητές βιώνουν, για παράδειγμα, ότι η μεταβολή στο μήκος ή τη κλίση τμήματος γραφικής παράστασης είναι αποτέλεσμα δικής τους παρέμβασης, σε κάποια από τις παραμέτρους ενός πραγματικού ή προσομοιωμένου πειράματος. Η ταυτόχρονη εμφάνιση των γραφικών παραστάσεων, σε πραγματικό χρόνο με τη εξέλιξη των φαινομένων, είναι λειτουργία που επιτρέπει τη σύνδεση της μεταβολής των μεγεθών με τα χαρακτηριστικά των παραστάσεων. Η περιγραφή της σχέσης μεταξύ των μεταβλητών, σε μια γραφική παράσταση, αντιμετωπίζεται σαν πηγή πληροφοριών, ως σημείο αφετηρίας για νοητικές δραστηριότητες και σαν μέσο για την ανάπτυξη επιστημονικών ιδεών και όχι ως τελικός σκοπός των μαθημάτων (Rogers, 1995).

Η ένταξη των γραφικών παραστάσεων στη διδασκαλία του περιεχομένου που αναπαριστάται, καθώς και η αναθεώρηση του μηχανισμού κατασκευής και ερμηνείας με τη βοήθεια υπολογιστή, αποτελούν στρατηγικές που χαρακτηρίζουν το "εικονικό εργαστήριο".

#### Γραφικές αναπαραστάσεις θερμικών μεταβολών

Οι γραφικές παραστάσεις παρέχουν ουσιαστικές δυνατότητες στη διδασκαλία θερμικών φαινομένων και εννοιών. Η γραφική αναπαράσταση της

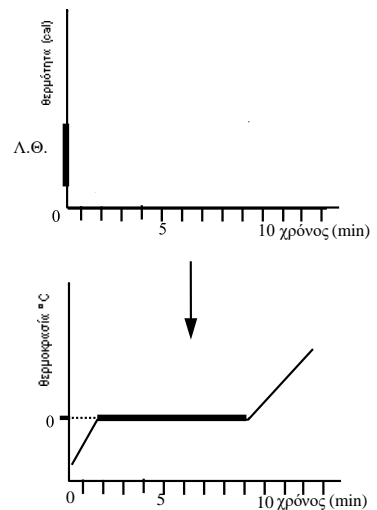


Εικ. 3.4-α: Η ίδια μορφή θέρμανσης προκαλεί διαφορετική μεταβολή θερμοκρασίας (διαφορετική κλίση)

χρονικής συμμεταβολής της θερμότητας και της θερμοκρασίας μπορεί να αποδώσει εικονικά και να καλύψει τα περισσότερα θερμικά φαινόμενα. Ο δυναμικός τρόπος της οπτικοποίησης των παραπάνω μεταβολών, βοηθά στην αποκάλυψη της σχέσης μεταξύ των μεγεθών και παρέχει τη δυνατότητα για τη καλύτερη κατανόησή τους (Linn, 1992).

Μέσω της συσχέτισης ζευγών γραφικών παραστάσεων, με χρονικές μεταβολές θερμότητας και θερμοκρασίας, παρέχονται διδακτικά εργαλεία, που βοηθούν τους μαθητές να διαφοροποιήσουν, στην αντίληψή τους, τις ανάκαθεν αδιαφοροποίητες έννοιες της θερμότητας και θερμοκρασίας. Στο ζεύγος γραφικών παραστάσεων της εικόνας 3.4-α, αποδίδεται συμβολικά ότι συγκεκριμένη μορφή θέρμανσης προκαλεί διαφορετική μεταβολή θερμοκρασίας, στις ίδιες ποσότητες διαφορετικών σωμάτων. Στο παράδειγμα του νερού και του λαδιού, αυτό φαίνεται από τη διαφορετική κλίση της μεταβολής θερμοκρασίας τους. Οι παραστάσεις είναι γραμμικές και έχουν κατασκευαστεί εφαρμόζοντας τη σχέση θερμιδομετρίας, για δύο διαφορετικά υγρά.

Σχεδιάζοντας δραστηριότητες με την ένταξη του "**εικονικού εργαστηρίου**", αποσκοπούμε, εκτός των άλλων, στη κατασκευή και τη μελέτη γραφικών παραστάσεων θερμικών μεταβολών. Οι μαθητές, με εύκολο τρόπο, είναι σε θέση να επιλέγουν το είδος του θερμαινόμενου σώματος, οι δε γραφικές παραστάσεις θερμότητας και θερμοκρασίας κατασκευάζονται ταυτόχρονα με την εξέλιξη του φαινομένου, ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση των χαρακτηριστικών των δύο παραστάσεων μεταξύ τους καθώς και με την εξέλιξη του φαινομένου. Η συσχέτιση των παραστάσεων που αντιστοιχούν στη θέρμανση των διαφορετικών σωμάτων, καθιστά εποπτικά εμφανή τη διαφορετική μεταβολή θερμοκρασίας. Η δυνατότητα μελέτης της επίδρασης του συντελεστή ειδικής θερμότητας  $c$  του κάθε υλικού στη μεταβολή της κλίσης της γραφικής παράστασης, δεν προσφέρεται εύκολα σε ένα κλασικό εργαστήριο, καθίσταται όμως εφικτή μέ-



Εικ. 3.4-β: Η λανθάνουσα θερμότητα (Λ.Θ.) δεν προκαλεί μεταβολή θερμοκρασίας.

σω της ένταξης του "**εικονικού εργαστηρίου**".

Ταυτόχρονα, το "**εικονικό εργαστήριο**" είναι σε θέση να αναπαραστήσει διαδικασίες μέτρησης

και γραφικής αναπαράστασης μεταβολών στα παρεχόμενα ποσά θερμότητας, λειτουργία που επίσης είναι δύσκολη σε κλασικές πειραματικές πρακτικές, αλλά θεωρείται ότι είναι χρήσιμη για τη πειραματική μελέτη της σχέσης θερμιδομετρίας. Επιπλέον, το λογισμικό παρέχει δυνατότητες πολλαπλής αναπαράστασης των μεταβολών της θερμοκρασίας και των ποσών θερμότητας, με ταυτόχρονες γραφικές παραστάσεις πραγματικού χρόνου, προσφέρεται επομένως στους μαθητές η ευκαιρία να διαπιστώσουν ότι η ίδια μορφή παράστασης μεταβολών στο ποσό θερμότητας προκαλεί διαφορετικά αποτελέσματα, δηλαδή διαφορετικές μεταβολές στη θερμοκρασία, συλλογισμός που μπορεί να τους οδηγήσει να κατανοήσουν ότι η θερμότητα και η θερμοκρασία αποτελούν διαφορετικές έννοιες.

Σε παρόμοιο συμπέρασμα είναι δυνατόν να καταλήξουν οι μαθητές με τη συσχέτιση των αντίστοιχων ζευγών γραφικών παραστάσεων θερμότητας και θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια της αλλαγής φυσικής κατάστασης.

Στην εικόνα 3.4-β, που αναπαριστά τις μεταβολές θερμότητας και θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της τήξης του πάγου, σύμφωνα με τους νόμους που διέπουν το φαινόμενο, το τμήμα που αντιστοιχεί στη λανθάνουσα θερμότητα (Λ.Θ.), στη γραφική παράσταση θερμότητας, δεν προκαλεί ανάλογη μεταβολή θερμοκρασίας. Η σταθεροποίηση της θερμοκρασίας στους 0°C, παρά τη παροχή θερμότητας, αποδίδεται από τη χαρακτηριστική βαθμωτή παράσταση τήξης πάγου. Ο συγχρονικός σχηματισμός των αντίστοιχων γραφικών παραστάσεων, μέσω υπολογιστή, στο εργαστήριο, μπορεί να φανερώσει ότι όση ώρα τήκεται ο πάγος και ενώ παρέχεται θερμότητα, αυτή δεν προκαλεί την αναμενόμενη μεταβολή θερμοκρασίας, και για το λόγο αυτό η θερμότητα λέγεται λανθάνουσα και φαίνεται ότι "πάει χαμένη". Άρα, η συσχέτιση των γραφικών παραστάσεων μπορεί να βοηθήσει, πάλι, τους μαθητές, να κατανοήσουν ότι η θερμότητα και η θερμοκρασία είναι διαφορετικές έννοιες που δεν ταυτίζονται.

## 5. Εκπαιδευτικό λογισμικό για τη διδασκαλία θερμικών φαινομένων

Σε αρκετά αναλυτικά προγράμματα, μεταξύ των οποίων και στο τρέχον ελληνικό, εμφανίζεται ο κλάδος της Θερμότητας ως κύριο θέμα θεωρητικής και εργαστηριακής διαπραγμάτευσης. Τα πειράματα σε πραγματικές συνθήκες, στον τομέα της Θερμότητας, είναι ως ένα βαθμό υλοποιήσιμα, η δε θεωρητική τους ερμηνεία μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά σε ένα πρώτο επίπεδο ποιοτι-

κής περιγραφής<sup>33</sup>. Η ποσοτική όμως έκφραση και ο συσχετισμός των μεγεθών (θερμότητα – θερμοκρασία) αποτελεί ένα πολύ πιο σύνθετο πρόβλημα<sup>34</sup>.

Οι περιορισμοί του κλασικού σχολικού εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών στη μελέτη φαινομένων από τον τομέα της Θερμότητας, οδήγησαν στην ανάθεση κλασικών και καινοτόμων λειτουργιών σε εφαρμογές Νέων Τεχνολογιών. Πρακτικά ζητήματα, όπως η μικρή ταχύτητα εξέλιξης των θερμικών φαινομένων και η δυσκολία παραμετρικής διερεύνησης, θεωρητικά ζητήματα, όπως η μη συμφωνία των πειραματικών δεδομένων με τα αναμενόμενα από την θεωρητική διερεύνηση, καθώς και η πρακτική αδυναμία πολλαπλών αναπαραστάσεων των μεταβολών, οδήγησαν στο καθορισμό των απαιτήσεων μας από το εικονικό περιβάλλον.

Ένας τρόπος αντιμετώπισης των προβλημάτων κατανόησης θερμικών εννοιών και φαινομένων, είναι ο συνδυασμός του πραγματικού εργαστηρίου με κατάλληλο λογισμικό (εικονικό εργαστήριο), το οποίο προσομοιώνει, αλλά και επεκτείνει, τις δυνατότητες του πραγματικού εργαστηρίου. Στο "**εικονικό εργαστήριο**" ο μαθητής εκτελεί το πείραμα στην έγχρωμη οθόνη του υπολογιστή, παρακολουθεί ζωντανά, συμμετέχει και κατευθύνει την εκτέλεση ενός φαινομένου, πραγματοποιεί μετρήσεις σε εικονικά όργανα και έχει τη δυνατότητα να διερευνήσει με σχετική ευκολία τα φαινόμενα. Ο χρήστης - μαθητής μπορεί, με το λογισμικό, να μετατρέπει και να παραμετροποιεί το περιβάλλον, δημιουργώντας και διερευνώντας τις δικές του πειραματικές εκδοχές, μόνος του ή με τη βοήθεια του καθηγητή του. Ο προς προσομοίωση κόσμος δεν είναι προκατασκευασμένος ή αυστηρά συγκεκριμένος, αλλά μπορεί να δημιουργηθεί από τον εκπαιδευτικό ή το μαθητή, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της διδασκαλίας. Τα μέσα που έχει ο δημιουργός στη διάθεσή του για να δομήσει το συγκεκριμένο κάθε φορά κόσμο, είναι τα αντικείμενα με τις ιδιότητες τους και τους μεταξύ τους συσχετισμούς, τα όργανα μέτρησης και οι πολλαπλοί μηχανισμοί αναπαραστάσης των μεταβολών<sup>35</sup>.

### **5.a. Εικονικοί Μικρόκοσμοι**

Στην ελληνική και διεθνή αγορά, κυκλοφορούν διάφορα πακέτα λογισμικού που αφορούν την εργαστηριακή διδασκαλία της Θερμότητας και είναι στη

<sup>33</sup> Linn et al, 1991

<sup>34</sup> Kesidou, Duit & Glinn, 1995

<sup>35</sup> Olson, 1988

πλειοψηφία τους ξενόγλωσσα. Είναι χαρακτηριστικό ότι, επειδή στα ευρωπαϊκά και αμερικανικά Αναλυτικά Προγράμματα, η θερμότητα (όπως και η θερμοδυναμική) αντιμετωπίζονται ως κεφάλαια της Χημείας, πολλά από αυτά αφορούν την ευρύτερη εργαστηριακή διδασκαλία της Χημείας. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε ενδεικτικά μερικά από αυτά, σε σύντομη περιγραφή.

### Corel ChemLab

Πρόκειται για ένα περιβάλλον εικονικού εργαστηρίου Χημείας, όπου υπάρχει πολύ μεγάλος αισθητηριακός και χειριστικός ρεαλισμός. Το εργαστήριο έχει δύο χώρους, ένα κύριο εργαστήριο Χημείας και ένα για τους Νόμους των Αερίων. Ο χρήστης μπορεί να διαχειρίζεται αντικείμενα σε τρισδιάστατη αναπαράσταση, όπως δοχεία, ουσίες και συσκευές, ενώ συνοδεύεται και από ένα ηλεκτρονικό βιβλίο θεωρίας. Πρόκειται για ένα κορυφαίας ποιότητας λογισμικό, χαρακτηριστική όμως είναι η έλλειψη της δυνατότητας γραφικής απεικόνισης των μεταβολών των υπό μελέτη μεγεθών.

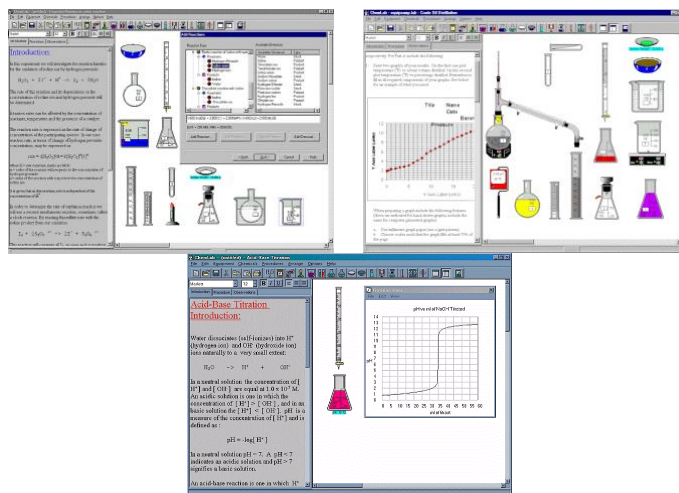


**Εικ. 4.1:** Το εργαστήριο χημείας του Corel ChemLab.

### Model ChemLab

Πρόκειται και πάλι για ένα εικονικό εργαστήριο Χημείας, με κύριο και ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, την παράλληλη χρήση κειμένου και γραφικών. Η οθόνη είναι χωρισμένη σε δύο ή τρία παράθυρα, στο ένα από τα οποία εμφανίζεται το εικονικό πείραμα, ενώ στα άλλα, κείμενα από την αντίστοιχη θεωρία, οδηγίες για την εκτέλεση του πειράματος, αλλά και σημειωματάριο για την καταγραφή των παρατηρήσεων του χρήστη. Ο χειριστικός ρεαλισμός είναι πολύ μεγάλος, ενώ από αισθητηριακή άποψη, το περιβάλλον είναι εντελώς αφαιρετι-

κό και τα αντικείμενα εμφανίζονται δύο διαστάσεων. Σημαντική είναι και η δυνατότητα της αποθήκευσης/ ανάκλησης πειραμάτων, όπως και της προσθήκης νέων εικονικών υλικών. Σε πρόσφατη έκδοση, υπάρχει και η δυνατότητα γραφικής παράστασης εξουδετέρωσης οξέων.

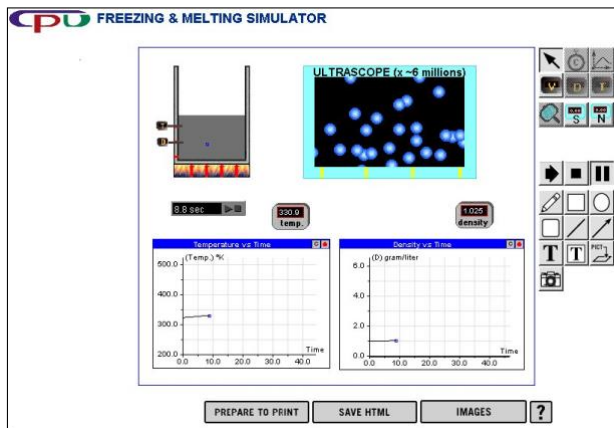


Εικ. 4.2: Το εργαστήριο του Model ChemLab.

### C.P.U. Project

Το λογισμικό C.P.U. Project, είναι μια υβριδική περίπτωση μεταξύ των εικονικών εργαστηρίων που περιγράψαμε παραπάνω και των Java Applets που αναφέρονται στη συνέχεια. Είναι γραμμένο σε γλώσσα Html, όπως δηλαδή οι σελίδες που διαβάζουμε στο Διαδίκτυο και έτσι η χρήση του απαιτεί έναν τυπικό Browser. Παρόλο που στην ουσία αποτελεί ένα σύνολο από ανεξάρτητες προσομοιώσεις, διαθέτει κάποια ελευθέρια χειρισμών και σύνθεσης των πειραματικών διατάξεων, αλλά και προβολής γραφικών παραστάσεων. Έτσι, αν ο χρήστης επιθυμεί σε μια μελέτη τήξης μιας ποσότητας πάγου, λόγω χάρη, να παρακολουθήσει γραφικά την εξέλιξη της θερμοκρασίας, προσθέτει στην πειραματική διάταξη έναν αντίστοιχο αισθητήρα θερμοκρασίας, που ταυτόχρονα δρα ως καταγραφέας του μεγέθους αυτού και το προβάλλει γραφικά σε ένα παράθυρο της οθόνης.

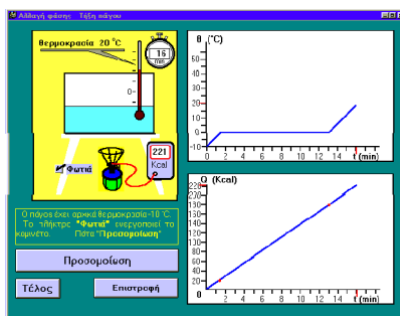




Εικ. 4.3: Το εργαστήριο του CPU.

### 5.β. Ανεξάρτητες Προσομιώσεις - Java Applets

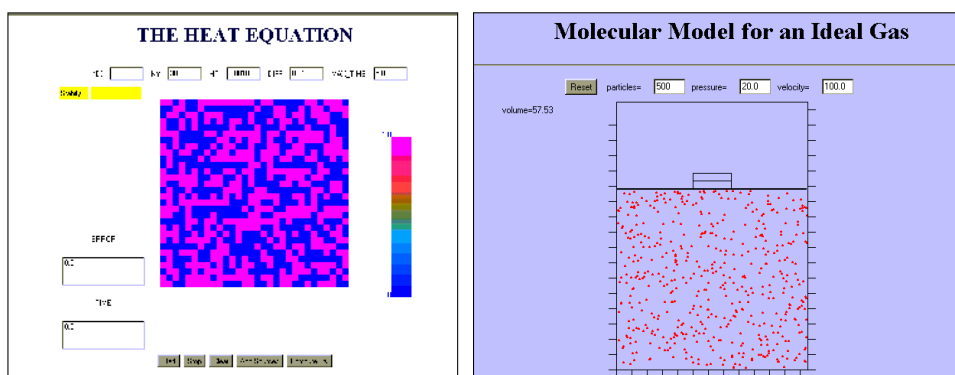
Εκτός από τα ολοκληρωμένα εμπορικά λογισμικά, έχουν παραχθεί διεθνώς στα πλαίσια ερευνητικών εργασιών ή διδακτορικών διατριβών, διάφορες ανεξάρτητες - αυτόνομες προσομιώσεις φαινομένων. Οι προσομιώσεις αυτές συνοδεύονται συνήθως (εκεί ακριβώς εντοπίζεται η αξία τους) και από την αντίστοιχη διδακτική προσέγγιση του κατασκευαστή τους, μέσα στις οποίες είναι ενταγμένες (π.χ. Μπισδικιάν, Γ., 2000), ο δε βαθμός παραμετροποίησής τους είναι συνήθως μικρός και οι πειραματικές διατάξεις δεδομένες.



Εικ. 4.4: Προσομείωση για τη μελέτη των αλλαγών φάσης του νερού.

Μετά από τη ραγδαία ανάπτυξη που γνωρίζει το internet τα τελευταία χρόνια, γίνεται μια μεγάλη προσπάθεια διδακτικής εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων που προσφέρει, κυρίως για την εξ' αποστάσεως εκπαίδευση. Έτσι, στα ίδια πλαίσια των ανεξάρτητων προσομοιώσεων, υπάρχουν πάρα πολλές ιστο-

σελίδες, από εκπαιδευτικά ιδρύματα και όχι μόνο, στις οποίες συναντούμε μικρές αυτόνομες αλληλεπιδραστικές προσομοιώσεις φαινομένων. Το συγγραφικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τους είναι η γλώσσα προγραμματισμού Java. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι αναφέρονται σε ένα και μοναδικό φαινόμενο η κάθε μια (π.χ. συμπίεση αερίου σε δοχείο με έμβολο), η διάταξη είναι δεδομένη, ενώ ο βαθμός παραμετροποίησής τους, ποικίλει από καμιά έως αρκετές μεταβλητές. Ο στόχος τους είναι τις περισσότερες φορές η επίδειξη της αλγοριθμικής προσέγγισης των φαινομένων και για το λόγο αυτό σπάνια συνοδεύονται από πρόταση διδακτικής ένταξης, με εξαίρεση διάφορα applet που εντάσσονται σε σειρές μαθημάτων για εξ' αποστάσεως εκπαίδευση, που προσφέρουν κάποια εκπαιδευτικά ιδρύματα.



Εικ. 4.5: Προσομοιώσεις με την τεχνολογία Java Applet.

Μια πολύ πρόσφατη εξέλιξη της κατηγορίας αυτής των προσομοιώσεων, τα λεγόμενα Physlets, προσφέρουν μαζί με την πειραματική διάταξη και μια διδακτική μεθοδολογία χρήσης της στη διδασκαλία του αντίστοιχου φαινομένου.

## 6. Συμπεράσματα

Η διδασκαλία των θερμικών φαινομένων, από θεωρητική ή και εργαστηριακή άποψη, φαίνεται να είναι αρκετά δύσκολη. Οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τα φαινόμενα και τις ερμηνείες τους και παρουσιάζουν τις δικές τους εναλλακτικές απόψεις. Σημαντικά εργαλεία κατανόησης όπως οι γραφικές παραστάσεις των μεγεθών που εμπλέκονται στα φαινόμενα αυτά, απαιτούν καλλιέργεια αντίστοιχων δεξιοτήτων και εμπλέκουν υψηλές γνωστικές διαδικασίες

που οι μαθητές δυσκολεύονται να αναπτύξουν.

Η ανάπτυξη της επιστήμης των Η/Υ και ιδιαίτερα των πολυμέσων, έδωσε τη δυνατότητα για τη δημιουργία εκπαιδευτικών πακέτων λογισμικού με χαρακτηριστικά που μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να ξεπεράσουν αρκετά από τα προβλήματα κατανόησης των Φυσικών Φαινομένων.

Πολύ ενδιαφέρουσα είναι μια σύγχρονη τάση στο εκπαιδευτικό λογισμικό, των εφαρμογών που έχουν έντονο διερευνητικό χαρακτήρα, τα ανοιχτά περιβάλλοντα προσομοιώσεων ή εικονικά εργαστήρια. Αρκετά από αυτά διαπραγματεύονται τα θερμικά φαινόμενα και φαίνεται ότι μπορούν να υποστηρίξουν πτυχές της εργαστηριακής πρακτικής, αλλά και να την επεκτείνουν σε νέα όρια.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΤΟ ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Σ.Ε.Π.

---

#### 1. Σχεδιαστικές αρχές ανάπτυξης του εικονικού εργαστηρίου Σ.Ε.Π.

Η ανάπτυξη ενός λογισμικού απαιτεί το καθορισμό μιας σειράς σχεδιαστικών αρχών, οι οποίες πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις τεχνικές δυνατότητες του μέσου, τις παραδοχές για το μοντέλο της θεωρίας που πρόκειται να αναπαρασταθεί και τις αποφάσεις για τη διδακτική ένταξη του περιβάλλοντος. Οι αποφάσεις για τη μορφή του "εικονικού εργαστηρίου" και το περιβάλλον διεπαφής, χρειάζεται, επιπλέον, να λάβουν υπόψη τη βιβλιογραφική ανάλυση των γνωρισμάτων των προσομοιώσεων και των στρατηγικών χρήσης τους. Η τεχνική των πολυμέσων, με σκοπό τη πολλαπλή πρόσβαση σε πληροφορίες, υλοποιήθηκε μέσω του σχεδιασμού πολλαπλών αναπαραστάσεων επί της οθόνης, με απλό αλλά αποδεκτό για το επίπεδο των μαθητών τρόπο, επίπεδο που αντιλαμβάνεται την αισθητηριακή και χειριστική αληθοφάνεια του λογισμικού και βασίζεται στη σχέση του με τη πραγματικότητα. Το τμήμα της οθόνης που αναπαριστά τη πειραματική διάταξη, παρουσιάζει, μέσω ελεύθερου σχεδίου, απλές αναπαραστάσεις συσκευών (δοχεία, καμινέτα ..), με μορφή παρόμοια με τις διατάξεις που χρησιμοποιούν οι μαθητές στα πραγματικά πειράματα, ώστε να υπάρχει ομαλή μετάβαση και διασφάλιση εγκυρότητας μεταξύ των δύο μέσων. Η εικονική διάταξη περιλαμβάνει στοιχεία κινούμενης εικόνας (animation) της εξέλιξης του φαινομένου. Ως επιπλέον μέσο πληροφόρησης, η οθόνη των προσομοιώσεων εμφανίζει επίσης αναπαραστάσεις εργαστηριακών οργάνων (θερμόμετρο, χρονόμετρο, ..) με σκοπό την παροχή ποσοτικών ενδείξεων σχετικά με τη μεταβολή των τιμών και την εξοικείωση των μαθητών με τη σημασία του κάθε οργάνου.

Ιδιαίτερο βάρος στο εικονικό εργαστήριο δίνεται στη δημιουργία και την ερμηνεία από τον μαθητή των γραφικών παραστάσεων. Σε όποια εφαρμογή κρίνεται αναγκαίο, σε κάποιο τμήμα της οθόνης, σχηματίζονται ταυτόχρονα και σε άμεση σύνδεση με την εξέλιξη των φαινομένων<sup>36</sup>, γραφικές παραστάσεις θερμότητας και θερμοκρασίας, με σκοπό τη ταυτόχρονη μελέτη της μεταβολής των

---

<sup>36</sup> Brassel, H., 1987, "The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance & velocity", Journal of Research in Science Teaching, Vol. 24, No 4, pp 385-395.

μεγεθών. Σε κάθε χρονική στιγμή της ανάπτυξης των παραστάσεων, προβάλλονται στους δύο άξονες οι αντίστοιχες συντεταγμένες. Η σύγκριση των παραστάσεων και οι προβληματισμοί που προκύπτουν, μπορούν να οδηγήσουν στον εντοπισμό της σχέσης μεταξύ των εννοιών της θερμότητας και της θερμοκρασίας.

Η ελευθερία χειρισμών του μαθητή αφορά τη σύνθεση της πειραματικής διάταξης, την επιλογή των παραμέτρων ή αρχικών συνθηκών μιας πειραματικής διάταξης και τον έλεγχο της πορείας της εξέλιξης<sup>37</sup>. Σε σημεία που κρίθηκε ότι απαιτείται ουσιαστική ευελιξία στους χειρισμούς, επιλέχθηκε ως κατάλληλη μορφή αλληλεπίδρασης η τεχνική του άμεσου χειρισμού των αντικειμένων και των μεταβλητών (direct manipulation). Δεν καθορίζεται από την οθόνη η ακολουθία των δραστηριοτήτων των μαθητών, ώστε το περιβάλλον να είναι ευέλικτο και να προσαρμόζεται σε διάφορα περιβάλλοντα διδασκαλίας. Συμπληρωματικές οδηγίες και η ακολουθία καθοδηγούμενων δραστηριοτήτων συμπεριλαμβάνονται σε κατάλληλα Φύλλα Εργασίας.

Χωρίς να υποβιβάζονται τα πρακτικά οφέλη από τη δυνατότητα τροποποίησης της χρονικής και γεωμετρικής κλίμακας των φαινομένων και την ύπαρξη οικονομικά εφικτού και λειτουργικά ασφαλούς εργαστηρίου, αναδεικνύεται ότι η χρήση του « **εικονικού εργαστηρίου** » παρέχει περιβάλλον, εργαλεία και διαδικασίες ελεύθερης ή κατευθυνόμενης διερεύνησης, τα οποία, εκτός από τη μάθηση του γνωστικού περιεχομένου, παρέχουν επιπλέον ευκαιρίες διαδικαστικής γνώσης, που είναι δυνατόν, υπό ορισμένες συνθήκες, να μεταφερθεί μεταξύ του εικονικού και του πραγματικού κόσμου. Η δυνατότητα διασυνδεδεμένων μεταξύ τους πολλαπλών αναπαραστάσεων της εξέλιξης ενός φαινομένου και η άμεση συσχέτιση μεταξύ τους, με τρόπο κατανοητό για τους μαθητές, σε συνδυασμό με τη τεχνική της αλληλεπιδραστικής παραμετροποίησης και του άμεσου χειρισμού των αντικειμένων και των παραμέτρων, χαρακτηρίζει τη δυναμικότητα του περιβάλλοντος και τεκμηριώνει τη χρήση των προσομοιώσεων μέσω υπολογιστή<sup>38</sup>.

---

<sup>37</sup> Laurillard, 1988

<sup>38</sup> Roth, 1995

## 2. Υλοποίηση των σχεδιαστικών αρχών - Περιγραφή του Εικονικού Εργαστηρίου Θερμότητας

### 2.α. Γενικά

Το Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας αποτελεί ένα «μικρόκοσμο Φυσικής», δηλαδή ένα ανοιχτό υπολογιστικό περιβάλλον το οποίο με συνέπεια και ακρίβεια στα φυσικά φαινόμενα δίνει τη δυνατότητα εικονικής αναπαράστασης και εξέλιξης των φαινομένων του φυσικού κόσμου. Ένα "εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον", αποτελεί μικρόκοσμο στον οποίο προσομοιώνεται στην οθόνη του υπολογιστή ένα εργαστήριο φυσικών επιστημών, με τρόπο εικονικό, λειτουργικό και συνεπές ως προς τα φαινόμενα και την υποκείμενη Φυσική. Ο χρήστης σε άμεση αλληλεπίδραση με το περιβάλλον μπορεί να συνθέτει, να παρακολουθεί και να κατευθύνει την εκτέλεση ενός εικονικού πειράματος, να πραγματοποιεί μετρήσεις με εικονικά όργανα, να συσχετίζει γραφικές παραστάσεις κλπ. Ο μικρόκοσμος του Εργαστηρίου Θερμότητας απαρτίζεται από:

- αντικείμενα (δοχεία) και υλικά που μπορούν να αλληλεπιδρούν ανταλλάσσοντας θερμότητα
- και εικονικά όργανα - συσκευές για την μέτρηση, καταγραφή και γραφική απεικόνιση των εικονικών πειραμάτων.

Ο χρήστης (καθηγητής ή μαθητής) έχει τη δυνατότητα να συνθέσει την εικονική πειραματική διάταξη επιλέγοντας και σύροντας τα αντικείμενα, να ορίσει τις ιδιότητές τους, να κατευθύνει την εκτέλεση του πειράματος, να πραγματοποιεί μετρήσεις και να δημιουργεί την γραφική τους αναπαράσταση.

Το εικονικό εργαστήριο λειτουργεί σε δύο καταστάσεις, του εκπαιδευτικού και του μαθητή. Στη κατάσταση του εκπαιδευτικού, είναι διαθέσιμο όλο το υλικό (όργανα συσκευές κλπ) για τη σύνθεση του εικονικού πειράματος. Ο εκπαιδευτικός είτε επιλέγει τα εικονικά όργανα και συνθέτει μια πειραματική διάταξη, είτε επιτρέπει τη διάθεση των εικονικών οργάνων στο μαθητή, ώστε αυτός να συνθέσει την εικονική διάταξη. Έτσι, ο μικρόκοσμος δεν είναι προκατασκευασμένος ή αυστηρά συγκεκριμένος, αλλά μπορεί να δημιουργηθεί είτε από τον εκπαιδευτικό, είτε και από το μαθητή, εφόσον ο εκπαιδευτικός το επιθυμεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις της διδασκαλίας.

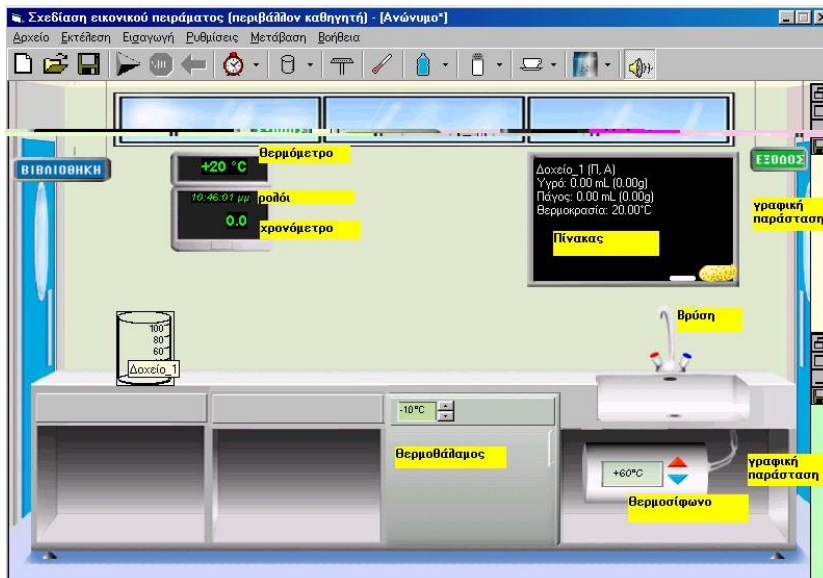
Στο εργαστήριο, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα εκκίνησης, προσωρινής ή οριστικής διακοπής των πειραμάτων και επαναφοράς στην αρχική κατάσταση. Κατά την διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων, τα πειραματικά δεδομένα

καταγράφονται και παρουσιάζονται σε άξονες γραφικών παραστάσεων. Οι γραφικές παραστάσεις εμφανίζονται με επιλογή του χρήστη σε ανασυρόμενα πλαίσια στο άκρο της οθόνης των εργαστηρίων. Το εργαστήριο διαθέτει δύο πλαίσια γραφικών παραστάσεων, τα οποία μπορούν να εμφανιστούν σε κανονική και μεγιστοποιημένη κατάσταση με δυνατότητα προβολής μέχρι δυο μεγεθών ταυτόχρονα κατά τον κατακόρυφο άξονα. Έτσι, μπορούν να παρουσιάζονται γραφικά οι θερμοκρασίες και οι ανταλλαγές θερμότητας των δοχείων της διάταξης και του περιβάλλοντος χώρου, με συμμεταβαλλόμενη τιμή χρόνου κατά τον άξονα X. Η επιλογή των μεγεθών που θα εμφανίζονται καθώς και της κλίμακας των αξόνων, γίνεται από τον χρήστη. Να σημειωθεί ότι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, κατά την εκτέλεση των πειραμάτων, να τροποποιεί την πειραματική διάταξη, με άμεσο αποτέλεσμα στις παραγόμενες γραφικές παραστάσεις. Τέλος παρέχεται η δυνατότητα αποθήκευσης σε αρχεία, των δεδομένων των γραφικών παραστάσεων, για περαιτέρω επεξεργασία τους από λογιστικά φύλλα.

## **2.β. Οπτική περιγραφή**

Τυπική εικόνα του Εικονικού Εργαστηρίου Θερμότητας παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.1. Το εργαστήριο αισθητηριακά (όψη αλλά και χειρισμοί), προσομοιάζει τον χώρο ενός πραγματικού εργαστηρίου, κατάλληλου για πειράματα θερμότητας. Στοιχεία του εργαστηρίου είναι ο πάγκος εργασίας, τα αντικείμενα (δοχεία και λύχνοι) με τα οποία γίνεται η σύνθεση της πειραματικής διάταξης, τα υλικά (στερεά ή υγρά) των οποίων μελετώνται οι θερμικές ιδιότητες και τα εικονικά όργανα μέτρησης (θερμόμετρα, χρονόμετρο) ή απεικόνισης (πίνακας και γραφικές παραστάσεις).





Εικ. 2.1: Ο χώρος του Εργαστηρίου Θερμότητας.

Ανάλογα με το βαθμό ελευθερίας του εικονικού εργαστηρίου που έχει προ-επιλέξει ο εκπαιδευτικός, ο χρήστης - μαθητής έχει στη διάθεσή του, είτε μια προ-κατασκευασμένη (από τον εκπαιδευτικό) πειραματική διάταξη, είτε μια ελεύθερη διάταξη που μπορεί ο ίδιος ο μαθητής να συνθέσει από τα διαθέσιμα όργανα, δοχεία, και υλικά. Όλα τα αντικείμενα που φαίνονται στην εικόνα 2.1, στατικά και μετακινούμενα, είναι λειτουργικά, ο δε χειρισμός τους γίνεται με απλές διαισθητικές κινήσεις του ποντικιού. Το περιβάλλον βοηθά τον χρήστη στους διάφορους χειρισμούς και διαδικασίες, εμφανίζοντας κατάλληλα μηνύματα, αλλάζοντας τη μορφή στον δείκτη του ποντικιού ανάλογα με τις δράσεις, κλπ.

Έτσι πιο συγκεκριμένα, το περιβάλλον περιλαμβάνει:

- πάγκο εργασίας πάνω στον οποίο συντίθενται οι πειραματικές διατάξεις
- εργαστηριακά αντικείμενα (δοχεία και λύχνι) τα οποία αποτελούν τη διάταξη
- εργαστηριακά υλικά (υγρά, στερεά και διαλυτές ουσίες) των οποίων μελετούμε τις θερμικές ιδιότητες
- εργαστηριακά όργανα (θερμόμετρα, χρονόμετρο) για την καταγραφή των αντίστοιχων φυσικών μεγεθών
- γραφικές παραστάσεις των μετρούμενων μεγεθών

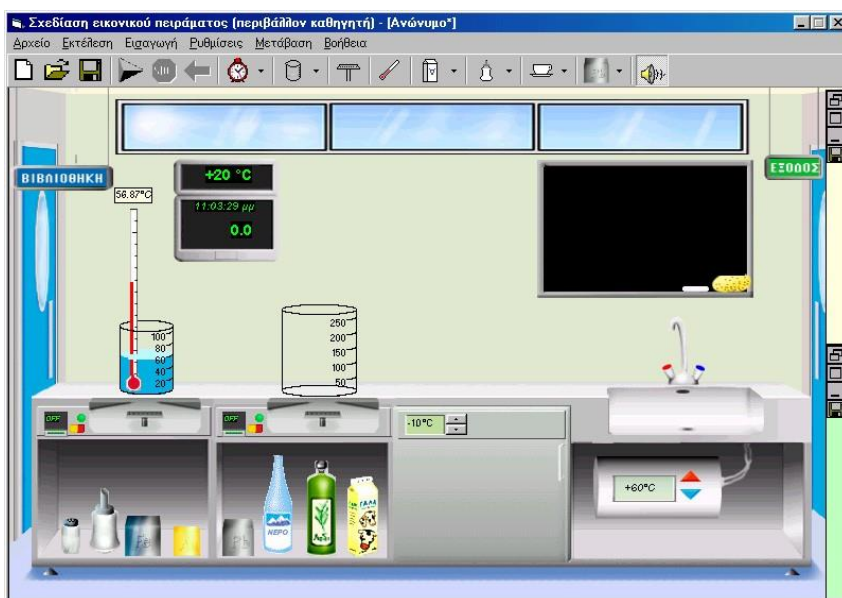
- βοηθητικά όργανα και συσκευές (βρύση και θερμοσίφωνο, θερμοθάλαμος, πίνακας, θερμομετρο και ρολόι τοίχου)
- πλήκτρα ελέγχου της προσομοίωσης του φαινομένου

Όλα τα παραπάνω στοιχεία έχουν κάθε ένα, τη δική τους λειτουργικότητα και ιδιότητες, χάρη στις οποίες ο χρήστης μπορεί να συνθέσει την πειραματική διάταξη και να μελετήσει το φαινόμενο που τον ενδιαφέρει.

## 2.γ. Αναλυτική περιγραφή των στοιχείων του Εργαστηρίου

### Πάγκος εργασίας

Ο πάγκος εργασίας χρησιμεύει για την τοποθέτηση αντικειμένων σε αυτόν και το στήσιμο πειραματικών διατάξεων. Μπορεί κανείς (με κάποιες εξαιρέσεις που θα αναφερθούν στις επόμενες ενότητες) να τοποθετεί αντικείμενα στην επιφάνεια του πάγκου ή μέσα σε αυτόν. Το επάνω μέρος του πάγκου χρησιμοποιείται για το στήσιμο των πειραματικών διατάξεων, ενώ το κάτω μέρος του πάγκου χρησιμοποιείται σαν αποθηκευτικός χώρος αντικειμένων που δεν χρησιμοποιούνται σε μια πειραματική διάταξη.



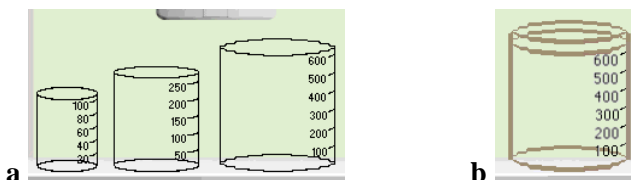
Εικ. 2.2: Ο πάγκος εργασίας με διάφορα αντικείμενα επάνω ή κάτω του.

Στην εικόνα 2.2 φαίνεται μια άποψη του Εργαστηρίου Θερμότητας με διάφορα αντικείμενα τόσο στην επιφάνειά του πάγκου εργασίας, όσο και στο εσωτερικό του.

Κατά συνθήκη, τα αντικείμενα που βρίσκονται κάτω από τον πάγκο δε συμμετέχουν στις θερμικές αλληλεπιδράσεις που συντελούνται κατά την εκτέλεση των πειραμάτων.

### Δοχεία και λύχνοι Bunsen

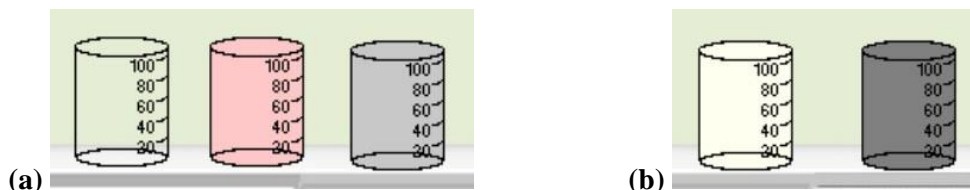
Ο χρήστης έχει στη διάθεσή του τέσσερα είδη δοχείων. Από αυτά, τα τρία είναι θερμοαγώγιμα δοχεία χωρητικότητας 100mL, 250mL και 600mL και το τέταρτο ένα θερμός χωρητικότητας 600mL. Τα δοχεία κατά την εισαγωγή τους είναι άδεια. Στην εικόνα 2.3 φαίνονται τα δοχεία κάθε κατηγορίας. Φυσικά, μπορεί κανείς να εισάγει στην πειραματική διάταξη όσα δοχεία επιθυμεί από την ίδια κατηγορία.



**Εικ. 2.3: (a) Τα τρία διαφορετικά μεγέθη δοχείων και (b) το θερμός.**

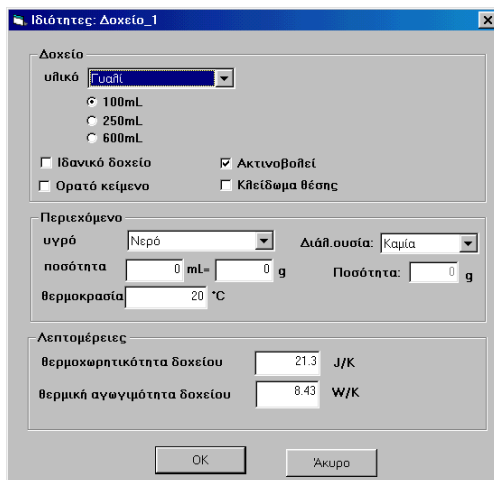
Τα δοχεία εισάγονται αρχικά σε μια τυχαία κενή θέση πάνω στον πάγκο και στη συνέχεια μπορεί ο χρήστης να τα σύρει με το ποντίκι και να τα τοποθετήσει στη θέση που επιθυμεί.

Κάθε δοχείο έχει ορισμένες ιδιότητες, βάσει των οποίων συμμετέχει στις θερμικές αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν στο εργαστηριακό περιβάλλον. Μερικές από αυτές είναι επιλέξιμες και ρυθμιζόμενες από τον χρήστη, ενώ κάποιες άλλες είναι προδιαγεγραμμένες από το ίδιο το λογισμικό.



**Εικ. 2.4: (a) Τα τρία διαφορετικά είδη δοχείων ως προς το υλικό κατασκευής και (b) τα δυο διαφορετικά είδη δοχείων ως προς την ικανότητα θερμικής ακτινοβολίας.**

Οι ιδιότητες ενός δοχείου, εμφανίζονται μετά από πάτημα επάνω του, με το δεξί πλήκτρο του ποντικιού, οπότε και εμφανίζεται το παρακάτω πλαίσιο διαλόγου:



**Εικ. 2.5:** Εμφάνιση και ρύθμιση των ιδιοτήτων ενός δοχείου.

Εκτός λοιπόν από τη χωρητικότητά του, όπως προαναφέραμε, ένα δοχείο διαθέτει μια σειρά από φυσικές ιδιότητες όπως το υλικό κατασκευής του, τη θερμοκρασία του, όπως και το είδος και τη ποσότητα του περιεχομένου του. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα σε κάθε δοχείο, να ρυθμίσει ο χρήστης και κάποιες "εικονικές" ιδιότητες, όπως το αν ακτινοβολεί ή όχι στο περιβάλλον, αν έχει μηδενική ή όχι θερμοχωρητικότητα και αν μπορεί να μετακινείται ή όχι πάνω στον πάγκο. Από την άλλη μεριά, η θερμοχωρητικότητα και η θερμική αγωγιμότητα κάθε δοχείου, είναι δεδομένη ανάλογα με το υλικό και το μέγεθός του.

Με την πολλαπλότητα αυτή στις επιλογές των ιδιοτήτων ενός δοχείου, ο χρήστης έχει τελικά στη διάθεσή του μια αρκετά μεγάλη σειρά από διαφορετικού είδους δοχεία και κατά συνέπεια, μπορεί να συνθέσει την διάταξη που επιθυμεί χρησιμοποιώντας κάθε φορά το καταλληλότερο από αυτά. Έτσι, το εικονικό εργαστήριο, αφενός απέχει πολύ λίγο σε δυνατότητα επιλογής αντικειμένων, αφετέρου διαθέτει αρκετές πρόσθετες δυνατότητες, σε σχέση με ένα πραγματικό σχολικό εργαστήριο.

Η πειραματική διάταξη συμπληρώνεται με τους λύχνους. Στο εργαστήριο

υπάρχει δυνατότητα εισαγωγής ενός ή δυο λύχνων ταυτόχρονα. Οι λύχνοι τοποθετούνται σε συγκεκριμένες θέσεις πάνω στον πάγκο εργασίας (εικ. 2.6) και ενεργοποιούνται με πάτημα του ποντικιού πάνω σε ένα από τα δυο πλήκτρα λειτουργίας τους (κίτρινο, κόκκινο). Τα πλήκτρα αυτά αντιστοιχούν σε λειτουργία του λύχνου με χαμηλή ή υψηλή παροχή θερμότητας.



**Εικ. 2.6:** Οι θέσεις εμφάνισης των λύχνων Bunsen.

### Εργαστηριακά υλικά

Κεντρικό μέρος στην εργαστηριακή διαδικασία βέβαια, καταλαμβάνουν τα υλικά, των οποίων τις θερμικές ιδιότητες μπορούμε να μελετήσουμε. Τα υλικά αυτά μπορούμε να τα διακρίνουμε σε τρεις κατηγορίες: υγρά, στερεά και ουσίες προς διάλυση.

Τα υγρά που διατίθενται στο εργαστήριο είναι νερό, λάδι και γάλα. Τα στερεά είναι χρυσός, σίδηρος και μόλυβδος, ενώ υπάρχουν ως ουσίες προς διάλυση μέσα στα υγρά, αλάτι και σόδα.



**Εικ. 2.7:** Τα υγρά, τα στερεά και οι ουσίες προς διάλυση, που διατίθενται στο εργαστήριο.

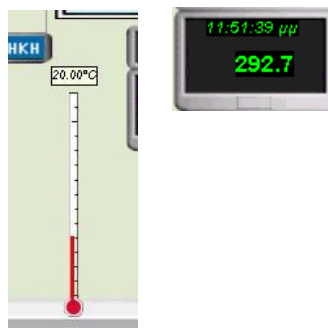
Η επιλογή των υλικών αυτών, έγινε με βάση το γεγονός ότι άπτονται της καθημερινής εμπειρίας των μαθητών, από την μια μεριά και των διαφορετικών φυσικών ιδιοτήτων τους από την άλλη. Έτσι, για παράδειγμα οι μεταλλικοί κύβοι, παρά το γεγονός ότι έχουν διαφορετικό όγκο, επιλέχθηκαν έτσι ώστε να έχουν ίδια μάζα, οι δε θερμικές τους ιδιότητες είναι είτε παρεμφερείς είτε αρκετά διαφορετικές, για να διευκολύνεται η διερευνητική μελέτη των μαθητών.

Όσο για τις διαλυτές ουσίες, επιλέχθηκε μια χαρακτηριστική ετεροπολική (ιο-ντική) ένωση και μια ομοιοπολική, για να καταδεικνύεται με σαφήνεια η διαφορετική επίδρασή τους κατά τη διάλυση στο νερό.

### Εργαστηριακά όργανα

Όπως σε όλα τα εργαστήρια, έτσι και στο εργαστήριο αυτό, απαραίτητα είναι τα όργανα μέτρησης. Στο εργαστήριο της θερμότητας, υπάρχει η δυνατότητα για μέτρηση τριών μεγεθών: της θερμοκρασίας των αντικειμένων, της θερμότητας που ανταλλάσσουν μεταξύ τους και φυσικά του χρόνου στον οποίο συμβαίνουν οι θερμικές μεταβολές.

Το όργανο για τη μέτρηση της θερμότητας και θερμοκρασίας είναι κοινό και έχει τη μορφή θερμομέτρου διαστολής. Έτσι τοποθετώντας σε οποιοδήποτε υλικό του εργαστηρίου θερμομόμετρο, μπορούμε να έχουμε ταυτόχρονα την ένδειξη της θερμοκρασίας του, αλλά και της θερμότητας που ανταλλάσσει. Στο εργαστήριο υπάρχει δυνατότητα ταυτόχρονης χρήσης 10 θερμομέτρων για τη διάκριση των οποίων (και των ενδείξεών τους, όπως θα δούμε στην αμέσως επόμενη παράγραφο) έχει υιοθετηθεί χρωματική κωδικοποίηση. Επισημαίνουμε βέβαια ότι, ενώ η μέτρηση της θερμοκρασίας είναι κοινή εμπειρία για όλους μας, η μέτρηση των ποσών θερμότητας που ανταλλάσσουν τα σώματα είναι «εικονική» και υπολογίζεται θεωρητικά, δεν υπάρχει δηλαδή στη πραγματικότητα όργανο για τέτοια μέτρηση. Στο εικονικό εργαστήριο, ως αισθητήρας για τη μέτρηση των ποσών θερμότητας θεωρείται η σφαίρα στο κάτω μέρος του θερμομέτρου.



**Εικ. 2.8:** Τα όργανα μέτρησης θερμοκρασίας, θερμότητας και χρόνου.

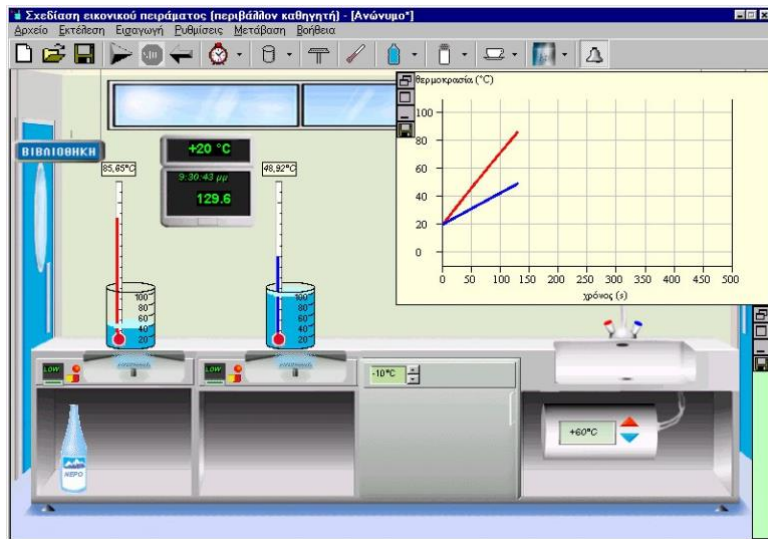
Η μέτρηση και καταγραφή του χρόνου γίνεται με το ρολοι-χρονόμετρο τσί-

χου, το οποίο εμφανίζει την πραγματική τρέχουσα ώρα εκτέλεσης του πειράματος και ταυτόχρονα τον χρόνο που πέρασε από την έναρξή του. Η χρονομέτρηση μπορεί να γίνεται σε μορφή "δευτερόλεπτα/ δέκατα" ή "λεπτά / δευτερόλεπτα / δέκατα", ανάλογα με την επιλογή του χρήστη και με τη διάρκεια του πειράματος. Πρέπει να σημειώσουμε βέβαια ότι η χρονομέτρηση ακολουθεί ένα "εικονικό" χρόνο, τον οποίο μπορεί να ρυθμίσει ο χρήστης και αποτελεί ένα από τα πλεονεκτήματα του εικονικού εργαστηρίου όπως θα περιγραφεί σε ακόλουθη παράγραφο.

### Γραφικές παραστάσεις

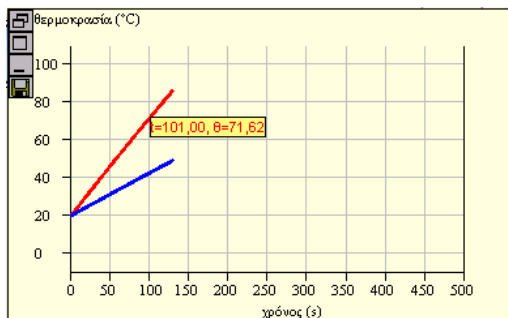
Σημαντικό εργαλείο του εικονικού εργαστηρίου, είναι οι γραφικές παραστάσεις των μετρούμενων μεγεθών, που εμφανίζονται «συγχρονικά», ταυτόχρονα δηλαδή με την εξέλιξη του φαινομένου. Η συγχρονική αυτή καταγραφή, αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα, αφού προσφέρει στο χρήστη τη δυνατότητα άμεσης σύνδεσης της «φαινομενολογικής» αναπαράστασης του φαινομένου που μελετά πάνω στον εργαστηριακό πάγκο, με την «ποιοτική – αφαιρετική» γραφική του αναπαράσταση, βοηθώντας έτσι στη νοητική γεφύρωση των φαινομένων με τη θεωρητική τους προσέγγιση.

Έτσι, στο χώρο του εργαστηρίου θερμότητας, είναι δυνατό να εμφανιστούν ένα ή δύο, ανεξάρτητα μεταξύ τους, παράθυρα γραφικών παραστάσεων όπου παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των μετρούμενων μεγεθών. Με τη λογική αυτή, ο οριζόντιος άξονας είναι πάντοτε ο χρόνος, ενώ ο κατακόρυφος ρυθμίζεται από το χρήστη για την αντιστοίχιση της θερμότητας (σε KJ) ή της θερμοκρασίας (σε °C). Η κλίμακα δε, κατά άξονα, είναι επίσης ρυθμιζόμενη από το χρήστη.



**Εικ. 2.9:** Εμφάνιση του ενός από τα δύο παράθυρα γραφικών παραστάσεων.

Τα παράθυρα των γραφικών παραστάσεων είναι ανασυρόμενα στη δεξιά πλευρά της οθόνης και μπορούν να εμφανίζονται ή να αποκρύπτονται οποιαδήποτε στιγμή, ακόμη και κατά την εξέλιξη του πειράματος, ενώ υπάρχει η δυνατότητα να καταλαμβάνουν και ολόκληρη την οθόνη. Σημαντική είναι επίσης και η ευκολία που παρέχεται στο χρήστη, να λαμβάνει από τη γραφική παράσταση ακριβή ποσοτικά δεδομένα, αν και όταν είναι απαραίτητο. Συγκεκριμένα, πατώντας με το ποντίκι πάνω στη γραμμή, εμφανίζεται το ζεύγος των πειραματικών τιμών που αντιστοιχούν στο σημείο εκείνο, με τη μορφή  $(t=, \theta=)$  ή  $(t=, Q=)$ .



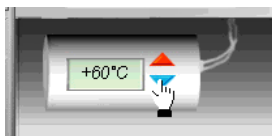
**Εικ. 2.10:** Εμφάνιση του ζεύγους των πειραματικών τιμών που αντιστοιχούν σε ένα σημείο της γραφικής παράστασης.



Τέλος, πρέπει να σημειωθεί η συνθήκη που ακολουθείται στη χρωματική κωδικοποίηση των γραμμών που εμφανίζονται στις γραφικές παραστάσεις. Κατ' αρχήν, κάθε γραμμή που εμφανίζεται αντιστοιχεί σε ένα θερμοόμετρο. Όσα θερμοόμετρα υπάρχουν στην πειραματική διάταξη, τόσες γραμμές εμφανίζονται. Επιπλέον, επειδή κάθε θερμοόμετρο έχει διαφορετικό χρώμα, οι γραμμές ακολουθούν την ίδια χρωματική κωδικοποίηση (π.χ. εικ. 2.9, 2.10., κόκκινο θερμοόμετρο- κόκκινη γραμμή, μπλε θερμοόμετρο- μπλε γραμμή).

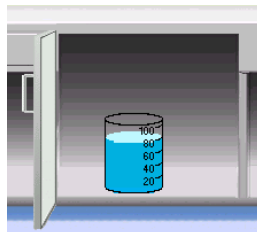
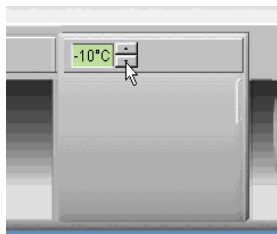
### Βοηθητικά όργανα και συσκευές.

Το περιβάλλον του εργαστηρίου, συμπληρώνεται τέλος, από κάποιες βοηθητικές συσκευές, που διευκολύνουν τη σύνθεση των πειραματικών διατάξεων, τον καθορισμό των αρχικών συνθηκών ή συντελούν στην καλύτερη εποπτεία του φαινομένου. Έτσι, αναλυτικότερα διατίθεται:



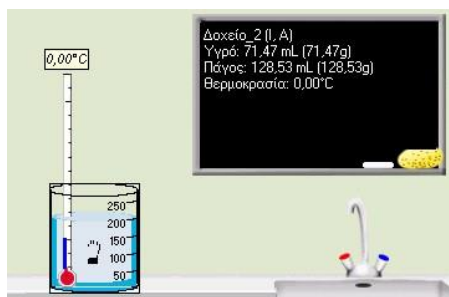
**Εικ. 2.11:** Αλλαγή της θερμοκρασίας του θερμοσίφωνου.

- **Βρύση με θερμοσίφωνο**, με τα οποία μπορούμε να έχουμε άμεση παροχή νερού σε θερμοκρασία (από  $10^{\circ}\text{C}$  μέχρι  $90^{\circ}\text{C}$ ) ρυθμιζόμενη από το χρήστη.
- **Θερμοθάλαμος**, με τον οποίο μπορεί να επιτευχθεί στιγμιαία μια συγκεκριμένη θερμοκρασία (από  $-20^{\circ}\text{C}$  έως  $90^{\circ}\text{C}$ ) σε οποιοδήποτε δοχείο ή στερεό τοποθετηθεί μέσα του. Η θερμοκρασία αυτή ρυθμίζεται από το χρήστη, είτε πριν είτε την ώρα της τοποθέτησης του αντικειμένου.



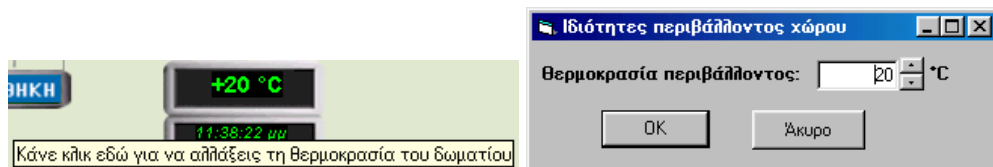
**Εικ. 2.12:** Ρύθμιση της θερμοκρασίας του θερμοθαλάμου και τοποθέτηση δοχείου μέσα του.

- **Πίνακας**, στον οποίο εμφανίζονται οι ιδιότητες των αντικειμένων της πειραματικής διάταξης, όταν βρίσκεται πάνω τους ο δείκτης του ποντικιού. Η χρήση του πίνακα είναι πολλές φορές απαραίτητη για καλύτερη εποπτεία των φαινομένων (π.χ. εικ. 2.13, εμφανίζονται αναλυτικά τα περιεχόμενα του δοχείου σε πάγο και νερό), όταν απλά η εικόνα τους δεν είναι αρκετή.



**Εικ. 2.13:** Εμφάνιση των ιδιοτήτων ενός δοχείου και του περιεχομένου του στον πίνακα.

- **Θερμόμετρο τοίχου**, με το οποίο όχι μόνο παρακολουθούμε τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αλλά ταυτόχρονα δίνεται και η δυνατότητα ρύθμισής της. Αυτή η δυνατότητα δε, αποτελεί μια ακόμη υπέρβαση των δυνατοτήτων ενός «συμβατικού» εργαστηρίου, όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι δεδομένη. Εδώ ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μέσα από ένα εύρος θερμοκρασιών  $-20^{\circ}\text{C}$  έως  $130^{\circ}\text{C}$  και να μελετήσει την επίδραση του περιβάλλοντος στα θερμικά φαινόμενα, κάτω από τις «εξωτικές» αυτές συνθήκες.



**Εικ. 2.14:** Μέτρηση της θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αλλά και ρύθμισή της.

### Πλήκτρα ελέγχου της προσομοίωσης του φαινομένου

Από ένα εικονικό εργαστήριο βέβαια, δεν θα μπορούσαν να λείπουν και τα πλήκτρα με τα οποία ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την έναρξη και διακοπή της προσομοίωσης των φαινομένων που μελετά. Έτσι, όταν συνθέσει την πειραματική του διάταξη και ορίσει τις αρχικές συνθήκες, πατώντας το πλήκτρο «εκτέ-

λεση πειράματος», μπορεί να παρακολουθήσει την εξέλιξη του φαινομένου. Στη συνέχεια, οποιαδήποτε στιγμή θελήσει, μπορεί να πατήσει το πλήκτρο «διακοπή πειράματος», προκειμένου να σταματήσει την εξέλιξη.



Εικ. 2.15: Πλήκτρα ελέγχου της προσομοίωσης και της επιτάχυνσης του χρόνου.

Στην περίπτωση αυτή, ξαναπατώντας την «εκτέλεση» μπορεί να συνεχίσει από το σημείο που σταμάτησε, ή αφού κάνει την οποιαδήποτε αλλαγή επιθυμεί, ενώ και οι γραφικές παραστάσεις, συνεχίζουν την καταγραφή των μεγεθών.

Σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί να επαναφέρει τη διάταξη του στις αρχικές συνθήκες, πατά το πλήκτρο «επαναφορά», οπότε όλα τα υλικά επανέρχονται στην αρχική τους θερμοκρασία, τα δε υγρά και στην αρχική τους ποσότητα, ενώ μηδενίζονται και οι γραμμές στις γραφικές παραστάσεις. Έτσι το πείραμα, μπορεί να επαναληφθεί από την αρχή.

Ένα ακόμη πλήκτρο ελέγχου των προσομοιώσεων, είναι η «**επιτάχυνση χρόνου**». Με το πλήκτρο αυτό (εικ. 2.15), δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να εκτελεί το πείραμα όχι μόνο στην πραγματική του χρονική διάρκεια (επιτάχυνση x1), αλλά και πολλές φορές γρηγορότερα (έως και x100). Η επιλογή αυτή στην κατασκευή του εικονικού περιβάλλοντος, κρίθηκε αναγκαία διότι τα θερμικά φαινόμενα είναι συνήθως αργά στην εξέλιξή τους. Με τη βοήθεια του πλήκτρου αυτού επομένως, προσφέρεται ένα ακόμη πλεονέκτημα έναντι του πραγματικού εργαστηρίου, αφού ο χρήστης, όχι μόνο δε χρειάζεται να περιμένει πολλή ώρα για να παρακολουθήσει ένα φαινόμενο, αλλά, και αυτό είναι το σημαντικότερο, έχει τη δυνατότητα σε λίγη ώρα να εκτελέσει πολλά πειράματα, άρα και να μελετήσει εύκολα ένα φαινόμενο από πολλές απόψεις.

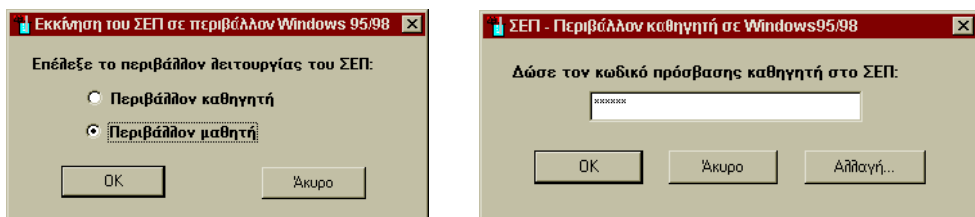
#### 4.δ. Άλλες δυνατότητες

Εκτός από τις λειτουργίες που περιγράφηκαν παραπάνω, το Σ.Ε.Π., ως εκπαιδευτικό λογισμικό που είναι, προσφέρει κάποιες επιπλέον δυνατότητες

προκειμένου να είναι πιο χρήσιμο στους καθηγητές που θα το εντάξουν στην εργαστηριακή διδασκαλία τους. Συγκεκριμένα, δίνεται η δυνατότητα λειτουργίας του περιβάλλοντος σε δυο καταστάσεις (του καθηγητή και του μαθητή), η δυνατότητα αποθήκευσης / ανάκλησης έτοιμων πειραματικών διατάξεων και η δυνατότητα αποθήκευσης πίνακα τιμών από τα δεδομένα των γραφικών παραστάσεων.

### Κατάσταση λειτουργίας καθηγητή(σύνθεσης) - μαθητή(εκτέλεσης)

Η κατάσταση λειτουργίας του Σ.Ε.Π., καθορίζεται από την πρώτη στιγμή της έναρξής του. Ο χρήστης πρέπει να επιλέξει την κατάσταση λειτουργίας. Αν δε, πρόκειται να λειτουργήσει σε κατάσταση καθηγητή, τότε πρέπει να δώσει και το κατάλληλο κωδικό χρήσης, ο οποίος έχει προκαθοριστεί τη στιγμή της πρώτης χρήσης του λογισμικού.

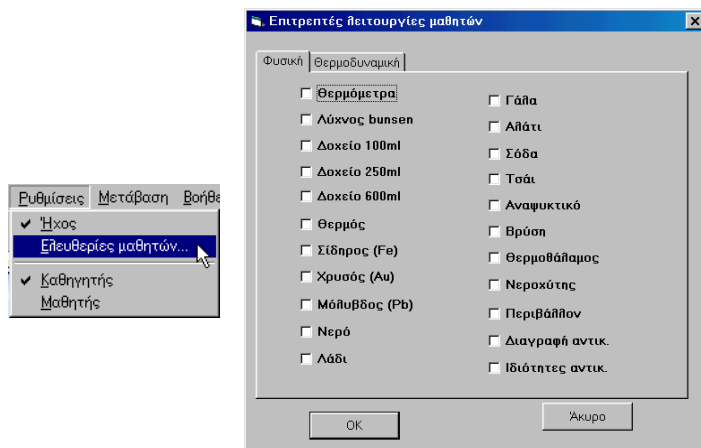


**Εικ. 2.16:** Επιλογή κατάστασης λειτουργίας και εισαγωγή κωδικού καθηγητή.

Με τον όρο περιβάλλον καθηγητή, ορίζεται η κατάσταση λειτουργίας του περιβάλλοντος, όπου ο χρήστης έχει την πλήρη ελευθερία **σύνθεσης** πειραματικών διατάξεων και φυσικά αποθήκευσής τους για μετέπειτα χρήση. Από την άλλη μεριά, ως περιβάλλον μαθητή, ορίζεται η κατάσταση λειτουργίας, όπου ο χρήστης θα **εκτελέσει** τα εικονικά πειράματα που αποθηκεύτηκαν από το περιβάλλον καθηγητή, ενώ ταυτόχρονα υπόκειται (συνήθως) σε κάποιους περιορισμούς.

Με άλλα λόγια, η σημασία της διπλής λειτουργίας του περιβάλλοντος, βρίσκεται στο γεγονός ότι ο χρήστης ως καθηγητής έχει στη διάθεσή του όλα τα όργανα, τα υλικά και όλες τις δυνατότητες που περιγράφηκαν προηγουμένως, ενώ ταυτόχρονα έχει τη δυνατότητα να καθορίσει ποια από αυτά θα έχει στη δυνατότητά του ο χρήστης – μαθητής (εικ. 2.17). Κατά συνέπεια, ο καθηγητής μπορεί σύμφωνα με την επιθυμία του και τη διδακτική του στρατηγική, να προσφέρει στους μαθητές του ένα περιβάλλον πλήρες σε δυνατότητες ή ένα περιβάλλον με περιορισμούς. Οι περιορισμοί αυτοί αφορούν την εισαγωγή, τη μετα-

κίνηση ή τη διαγραφή αντικειμένων (υλικών ή συσκευών) αλλά και τη χρήση βοηθητικών οργάνων όπως ο νεροχύτης και ο θερμοθάλαμος.

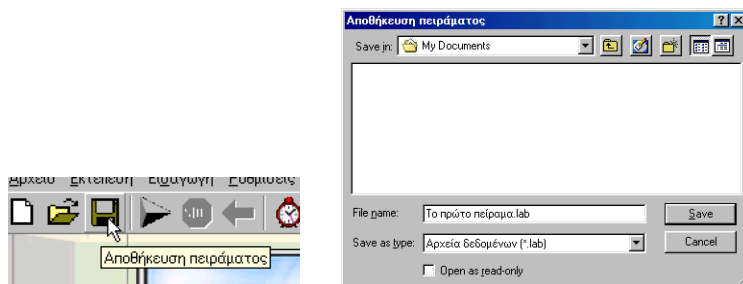


Εικ. 2.17: Καθορισμός από τον καθηγητή της προσφερόμενης ελευθερίας στο μαθητή.

Από άποψη διδακτικής χρήσης, αυτό σημαίνει ότι μπορεί στους μαθητές να προσφερθεί ένα πιο απλοϊκό περιβάλλον προκειμένου να μην αποσπώνται από λειτουργίες που δεν τους είναι απαραίτητες για τη μελέτη του συγκεκριμένου φαινομένου που καλούνται να αντιμετωπίσουν, ή ακόμη και να μην έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλουν την πειραματική διάταξη, όταν δε χρειάζεται.

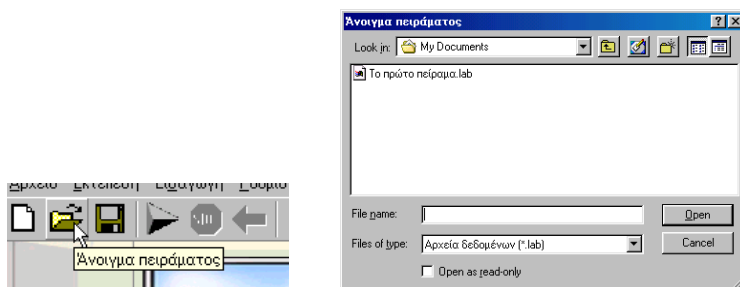
### Αποθήκευση / ανάκληση έτοιμων πειραματικών διατάξεων

Εκτός από τη συνηθισμένη περίπτωση όπου ο χρήστης καλείται να συνθέσει από την αρχή την πειραματική του διάταξη, στο Σ.Ε.Π., δίνεται η δυνατότητα αποθήκευσης και ανάκλησης «πειραμάτων», δηλαδή έτοιμων – στημένων πειραματικών διατάξεων, με τη μορφή «αρχείων» στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Εικ. 2.18: Αποθήκευση πειράματος.

Τη λειτουργία αυτή μπορεί να εκμεταλλευθεί ο καθηγητής, για παράδειγμα, προκειμένου να εξοικονομήσει χρόνο στη διδασκαλία του, προσφέροντας στους μαθητές του μια έτοιμη πειραματική διάταξη, με καθορισμένες τις αρχικές συνθήκες στο εργαστήριο, ώστε να αρχίσουν απευθείας τη μελέτη του φαινομένου που τον ενδιαφέρει.

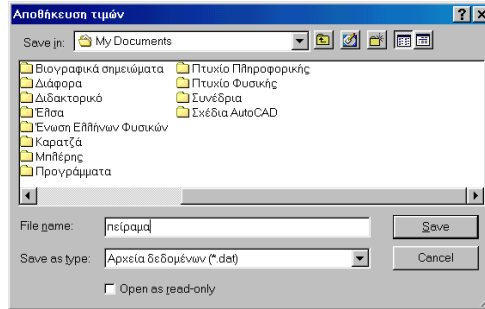


**Εικ. 2.19: Ανάκληση πειράματος.**

Η πειραματική διάταξη επομένως, συντίθεται σε «περιβάλλον καθηγητή», αποθηκεύεται (εικ. 2.18) και στη συνέχεια οι μαθητές την ανακαλούν (εικ. 2.19) και αρχίζουν τη μελέτη του φαινομένου. Εκτός δε από την εξοικονόμηση χρόνου, η δυνατότητα αυτή εξασφαλίζει στον καθηγητή τη βεβαιότητα ότι όλοι οι μαθητές του (οι ομάδες εργασίας), εργάζονται πάνω στην πειραματική διάταξη που επιθυμεί.

#### Αποθήκευση πίνακα τιμών των γραφικών παραστάσεων

Η αποθήκευση των «πειραμάτων», που αναφέραμε παραπάνω, δεν αφορά τα δεδομένα των γραφικών παραστάσεων, αλλά μόνο τη σύνθεση και τις συνθήκες της πειραματικής διάταξης. Υπάρχει όμως και η δυνατότητα αποθήκευσης των πειραματικών μετρήσεων κατά τη μελέτη ενός φαινομένου. Η αποθήκευση σε «αρχείο», γίνεται χρησιμοποιώντας το «εικονίδιο» της δισκέτας, που υπάρχει στο παράθυρο της γραφικής παράστασης (εικ. 2.20) και γίνεται στη μορφή ενός πίνακα τιμών, του οποίου κάθε γραμμή περιλαμβάνει την τιμή του χρόνου, της θερμοκρασίας και του ποσού θερμότητας, για κάθε θερμόμετρο που υπάρχει στη πειραματική διάταξη.



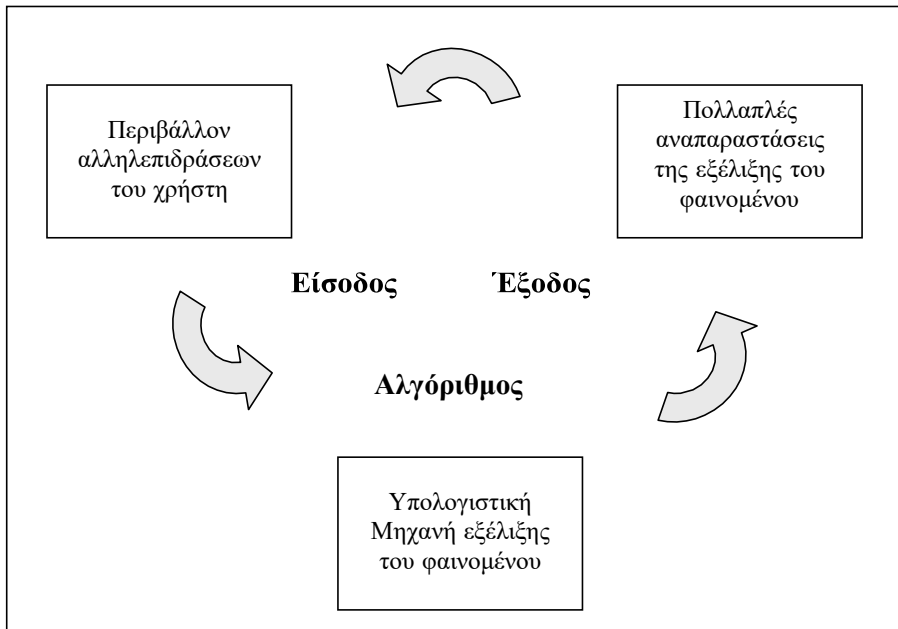
**Εικόνα 2.20: Αποθήκευση δεδομένων γραφικής παράστασης**

Έτσι, προσφέρεται η δυνατότητα της μελέτης των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο εικονικό εργαστήριο μέσα από τα αριθμητικά δεδομένα, αλλά και πιθανώς της διδακτικής εκμετάλλευσης ή επεξεργασίας τους με άλλο τρόπο, όπως για παράδειγμα μέσα σε ένα «λογιστικό φύλλο» (π.χ. στο Microsoft Excel).

### **3. Λειτουργική συνέπεια των προσομοιώσεων στο Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας**

Από τα σημαντικότερα ίσως στοιχεία ενός περιβάλλοντος προσομοιώσεων φυσικών φαινομένων, είναι η συνέπεια με το επιστημονικό μοντέλο της θεωρίας που διέπει τα φαινόμενα αυτά. Μπορούμε να πούμε ότι όσο ελκυστικό, εύχρηστο και ευχάριστο και να είναι ένα τέτοιο περιβάλλον, τα πλεονεκτήματά του δεν μπορούν αν αναδειχθούν, αν απουσιάζει η συνέπεια αυτή, στην εξέλιξη των φαινομένων που μελετώνται. Στην περίπτωση αυτή, προφανώς και καταλύεται ο σκοπός των προσομοιώσεων.

Θα μπορούσαμε να σχηματοποιήσουμε τη δομή του περιβάλλοντος του εικονικού εργαστηρίου, στο παρακάτω διάγραμμα 2.21.



**Εικ. 2.21:** Διαγραμματική δομή λειτουργίας του Εικονικού Εργαστηρίου.

Ο χρήστης έρχεται σε επαφή με το περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου, όπου χειρίζεται τα αντικείμενα της εργαστηριακής διάταξης. Όταν ζητήσει την "Έναρξη" της προσομοίωσης, η κατάσταση του εργαστηριακού χώρου, με όλα τα αντικείμενα και το περιβάλλον, αποτελεί την **είσοδο** για την υπολογιστική μηχανή. Η υπολογιστική μηχανή, ακολουθώντας τον **αλγόριθμο** που εκφράζει το θεωρητικό μοντέλο, προσομοιώνει την εξέλιξη του φαινομένου και την αναπαριστά στο εικονικό εργαστήριο, με αλλαγή στην κατάσταση των αντικειμένων και γραφικά στα διαγράμματα των φυσικών μεγεθών. Αυτή η νέα κατάσταση αποτελεί την **έξοδο** της υπολογιστικής μηχανής. Ανάλογα με την επίδραση του χρήστη δε, μπορεί είτε αυτούσια είτε μετά από τους χειρισμούς του χρήστη, να αποτελέσει την νέα κατάσταση **είσοδου**. Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται συνεχώς, μέχρι τη στιγμή που ο χρήστης ζητήσει την "Διακοπή" της προσομοίωσης.

Επομένως, τα αποτελέσματα των χειρισμών του χρήστη και η συνέπεια που αυτά έχουν με την πραγματικότητα, κρίνονται από την συνέπεια του αλγορίθμου που ακολουθεί η υπολογιστική μηχανή.



Για την επίτευξη της συνέπειας αυτής με το θεωρητικό μοντέλο που διέπει τα θερμικά φαινόμενα, κατασκευάστηκαν (από την ομάδα Αλγοριθμικής Φυσικής που συμμετείχε στην κατασκευή του Σ.Ε.Π.), κατάλληλοι και αρκετά πολύπλοκοι αλγόριθμοι, τους οποίους αναλύουμε παρακάτω.

#### **4. Αλγοριθμική αντιμετώπιση των θερμικών φαινομένων στο Σ.Ε.Π.**

Στο Εικονικό Εργαστήριο θερμότητας ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να εκτελεί το πείραμα στην οθόνη του υπολογιστή, να παρακολουθεί ζωντανά, να συμμετέχει και να κατευθύνει την εκτέλεση ενός φαινομένου, να πραγματοποιεί μετρήσεις σε εικονικά όργανα. Το εικονικό εργαστήριο αποτελεί ένα μικρόκοσμο φυσικής προσαρμοσμένο σε θέματα θερμότητας. Ο μικρόκοσμος αποτελείται από :

αντικείμενα (δοχεία) και υλικά που μπορούν να αλληλεπιδρούν ανταλλάσσοντας θερμότητα

και εικονικά όργανα - συσκευές για την μέτρηση, καταγραφή και γραφική απεικόνιση των εικονικών πειραμάτων.

##### **4.α. Αρχές Φυσικής για το σχεδιασμό του μικρόκοσμου θερμότητας**

Η υλοποίηση ενός μικρόκοσμου θερμότητας απαιτεί την ανάπτυξη των βασικών (γενετήσιων) εξισώσεων που διέπουν τα φαινόμενα της θερμότητας. Για τον προσδιορισμό των γενετήσιων εξισώσεων που διέπουν τον μικρόκοσμο θερμότητας, θεωρούμε ως βασική φυσική διεργασία τη ροή θερμότητας. Τα διαφορετικά σώματα (αντικείμενα του μικρόκοσμου) αλληλεπιδρούν μεταξύ τους θερμικά εφόσον βρίσκονται σε θερμική επαφή. Η ανάπτυξη του μικρόκοσμου γίνεται με τις εξής αρχές:

υπάρχουν δυο βασικά είδη "αντικειμένων" στο μικρόκοσμο, τα υλικά και τα δοχεία που περιέχουν τα υλικά.

κάθε αντικείμενο του μικρόκοσμου έχει υλική υπόσταση και ιδιότητες υλικού (μάζα, πυκνότητα, θερμοκρασία, ειδική θερμότητα, κλπ).

Με τον τρόπο αυτό, στο πρόβλημα φυσικής προσδιορίζεται η θερμική ανταπόκριση ενός υλικού όταν δέχεται ή αποβάλλει θερμότητα διαμέσου των τοιχωμάτων του δοχείου στο οποίο περιέχεται. Το υπολογιστικό πρόβλημα αποτελεί μια συνεχή επίλυση της εξίσωσης διάδοσης της θερμότητας. Το πρόβλημα Φυσικής προσδιορίζεται από τις ακόλουθες αρχές:

Λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του δοχείου, υπάρχει ροή θερμότητας διαμέσου των τοιχωμάτων.

Η ροή θερμότητας προκαλεί:

α. μεταβολή θερμοκρασίας

στο υλικό που περιέχεται στο δοχείο, αλλά και στο ίδιο το δοχείο

στο περιβάλλοντα χώρο, που στη γενικότερη περίπτωση μπορεί να είναι

είτε το περιβάλλον, είτε κάποιο άλλο δοχείο.

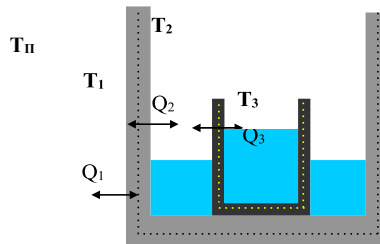
β. μεταβολή της φυσικής κατάστασης

στο υλικό που περιέχεται στο δοχείο

στο περιβάλλοντα χώρο, όταν το δοχείο περιβάλλεται από άλλο υλικό

#### 4.β. Ο αλγόριθμος των θερμικών ανταλλαγών του εικονικού εργαστηρίου

Έστω ότι έχουμε ένα δοχείο με υγρό και παρέχουμε εξωτερικά θερμότητα με ρυθμό  $\Pi$  Joule/sec. Το ζητούμενο είναι η θερμοκρασία του υγρού σε συνάρτηση με τον χρόνο, καθώς και η περίπτωση στην οποία τοποθετούμε και δεύτερο δοχείο με υγρό μέσα στο πρώτο δοχείο.



**Εικ. 2.22:** Σχηματική αναπαράσταση των μεγεθών και συνθηκών που χρησιμοποιεί ο αλγόριθμος για την προσομοίωση των θερμικών φαινομένων.

Θεωρούμε ότι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι  $T_\pi$  και παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του δοχείου συμβολίζεται με  $T_1$  και της εσωτερικής επιφάνειας με  $T_2$ . Το υγρό μέσα στο δοχείο, έχει επίσης πάντα τη θερμοκρασία  $T_2$ . Αν θεωρήσουμε και το δεύτερο δοχείο, τότε η εξωτερική του επιφάνεια έχει την ίδια θερμοκρασία με το υγρό  $T_2$ , ενώ η εσωτερική του επιφάνεια και το περιεχόμενο υγρό έχουν θερμοκρασία  $T_3$ . Τα ποσά θερμότητας που μεταφέρονται από το περιβάλλον προς το εξωτερικό τοίχωμα, από το τοίχωμα προς το πρώτο υγρό και από το πρώτο υγρό προς το τοίχωμα του εσωτερικού δοχείου συμβολίζονται

αντίστοιχα με  $Q_1$ ,  $Q_2$  και  $Q_3$ . Οι θερμοότητες αυτές θεωρούνται θετικές όταν η ροή είναι από μέσα προς τα έξω.

Το πείραμα ξεκινάει δίνοντας κάποιες αρχικές τιμές στις θερμοκρασίες, που εξαρτώνται από τις συνθήκες του πειράματος. Η διαδικασία προχωράει με βήματα χρονικής διάρκειας  $\Delta t$  και στο τέλος κάθε βήματος ανανεώνονται οι τιμές των θερμοκρασιών αυτών.

Αναλυτικά, οι διεργασίες που υλοποιεί ο αλγόριθμος κατά σειρά, στη διάρκεια ενός βήματος, είναι οι ακόλουθες:

- *Αλληλεπίδραση συστήματος-περιβάλλοντος*
- *Μεταφορά θερμότητας από τα δοχεία προς τα υγρά*
- *Ανανέωση των τιμών θερμοκρασίας*

Για κάθε ανταλλαγή θερμότητας γίνονται επιπλέον άλλοι δύο έλεγχοι:

α) Υπολογίζονται η μέγιστη θερμότητα που μπορεί να απορροφηθεί από κάποιο μέσο και η μέγιστη θερμότητα που μπορεί να αποδώσει κάποιο μέσο, π.χ. η θερμότητα που απορροφά κάποιο υγρό μέχρι να εξατμιστεί τελείως.

β) Υπολογίζεται η θερμότητα που θα χρειαζόταν να ανταλλάξουν τα δύο σώματα, ώστε να καταλήξουν σε θερμική ισορροπία.

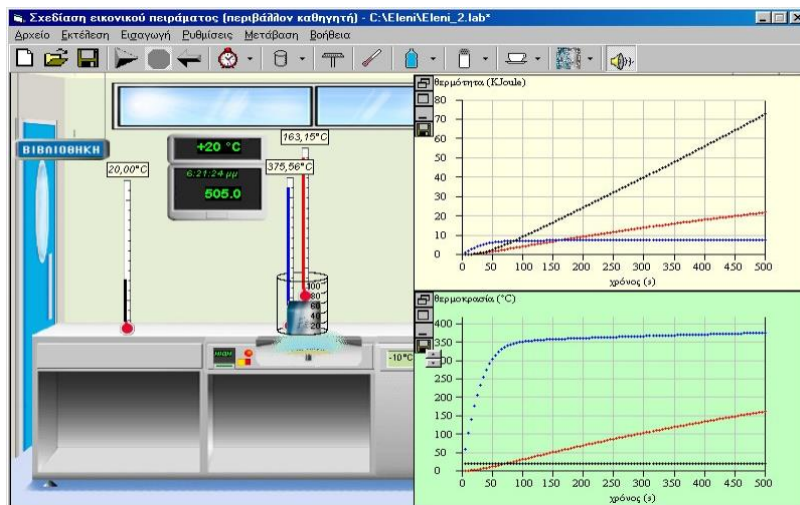
## **5. Παραδείγματα από την λειτουργία του Εικονικού Εργαστηρίου Θερμότητας.**

### **5.a. Χρήση των θερμομέτρων**

Στο παρακάτω πείραμα χρησιμοποιούμε ένα γυάλινο πραγματικό δοχείο που ακτινοβολεί, χωρητικότητας 100 ml και τοποθετούμε μέσα σε αυτό έναν κύβο σιδήρου, μάζας 300 g και θερμοκρασίας 0 °C. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 20 °C. Βάζουμε το δοχείο πάνω σε λύχνο υψηλής παροχής (HIGH). Με θερμομέτρα μετράμε τη θερμοκρασία του δοχείου και του σιδήρου, καθώς και τη θερμότητα που αυτά απορροφούν από το λύχνο.

Το θερμομέτρο που βρίσκεται πάνω στον πάγκο μετρά τη θερμοκρασία του αέρα του δωματίου, η οποία παραμένει σταθερή, επειδή το περιβάλλον έχει άπειρη θερμοχωρητικότητα και τη θερμότητα που απορροφά το περιβάλλον λόγω της ακτινοβολίας των δύο σωμάτων. Αθροίζοντας τα ποσά της θερμότητας που απορρόφησαν το δοχείο, ο σίδηρος και το περιβάλλον, μπορούμε να υπολο-

γίσουμε το συνολικό ποσό θερμότητας που έδωσε ο λύχνος.

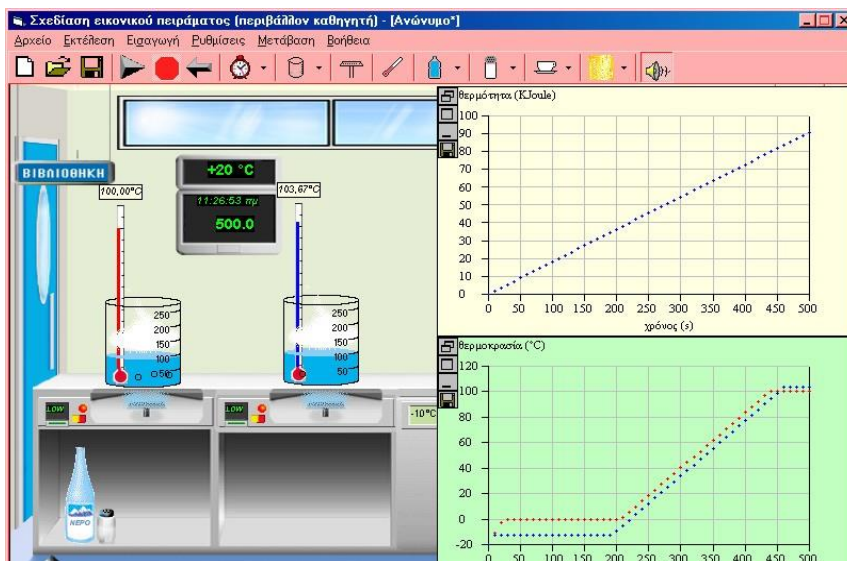


**Εικ. 2.23: Παράδειγμα λειτουργίας των θερμομέτρων στο Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας.**

### 5.β. Αλλαγές φυσικής κατάστασης

Έχουμε δύο ιδανικά γυάλινα δοχεία 250 ml που δεν ακτινοβολούν θερμικά. Και στα δύο δοχεία βάζουμε από 100 ml νερό, αλλά στο ένα από αυτά προσθέτουμε 20 g αλάτι. Τα παγώνουμε και όταν το περιεχόμενό τους φθάσει σε θερμοκρασία  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , τα τοποθετούμε πάνω στους λύχνους. Ρυθμίζουμε και τους δύο λύχνους σε χαμηλή παροχή, και παίρνουμε τις παρακάτω καμπύλες για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία, σε συνάρτηση με το χρόνο. Και για τα δύο δοχεία οι καμπύλες στο διάγραμμα της θερμότητας είναι οι ίδιες και πέφτουν η μία πάνω στην άλλη, καθώς η παροχή του λύχνου είναι η ίδια (LOW) και στο διάγραμμα καταγράφεται η μεταφορά της θερμότητας από το θερμαντικό σώμα στο σύστημά μας. Επειδή τα δοχεία είναι ιδανικά, δεν κατακρατούν καθόλου θερμότητα και έτσι όλη η θερμότητα που παρέχει ο λύχνος διοχετεύεται στο υγρό. Η συμπεριφορά της θερμοκρασίας του νερού και του αλατόνερου συναρτήσει του χρόνου είναι η αναμενόμενη. Το καθαρό νερό ζεσταίνεται μέχρι να φτάσει στους 0 βαθμούς και εκεί η θερμοκρασία παραμένει σταθερή για αρκετό διάστημα, αν και συνεχίζουμε να παρέχουμε θερμότητα. Το γεγονός αυτό μας δείχνει ότι σημειώνεται αλλαγή φάσης και ότι η θερμότητα που παρέχουμε προκαλεί τη μετατροπή του πάγου σε νερό. Στη συνέχεια η θερμοκρασία ανε-

βαίνει και πάλι με σταθερό ρυθμό, μέχρι να αρχίσει ο βρασμός του νερού. Στο δοχείο με το αλατόνερο παρατηρούμε ότι τα σημεία τήξης και βρασμού είναι χαμηλότερο και υψηλότερο αντίστοιχα απ' ό,τι στο καθαρό νερό, γεγονός που είναι σύμφωνο και με την εμπειρία μας.



**Εικ. 2.24:** Παράδειγμα αλλαγών φάσης του νερού στο Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας.

## 6. Συμπεράσματα

Μετά από αυτή την αναλυτική περιγραφή του Εικονικού Εργαστηρίου, μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για ένα περιβάλλον προσομοίωσης θερμικών φαινομένων με μεγάλη συνέπεια στους φυσικούς νόμους, με χαρακτήρα εργαστηρίου, που έχει εντελώς ανοιχτή δομή, ως προς την αλληλεπίδρασή του με το χρήστη. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την κατανόηση των εννοιών που αφορούν τη γνωστική αυτή περιοχή, όσο και για την καλλιέργεια εργαστηριακών δεξιοτήτων των μαθητών.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ

---

#### 1. Εισαγωγή

Κυριότερο χαρακτηριστικό του λογισμικού που παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι το ανοιχτό περιβάλλον με το οποίο έρχεται αντιμέτωπος ο χρήστης, είτε αυτός είναι ο καθηγητής είτε είναι ο μαθητής. Τα πλεονεκτήματα και οι δυνατότητές του πολλές, το ίδιο πολλοί είναι και οι τρόποι που μπορεί κάποιος να το χρησιμοποιήσει στην εργαστηριακή διδασκαλία της Θερμότητας. Η άποψη του καθηγητή και το μοντέλο διδασκαλίας που θα εφαρμόσει, ο χρόνος που επιθυμεί να διαθέσει για τη διδασκαλία του, το γνωστικό και νοητικό επίπεδο των μαθητών και οι συγκεκριμένες κάθε φορά έννοιες και δεξιότητες στις οποίες στοχεύει η διδασκαλία του, είναι μερικοί από τους παράγοντες που καθορίζουν τον τρόπο χρήσης του λογισμικού. Και οι παράγοντες αυτοί βέβαια είναι κάθε φορά διαφορετικοί. Ποια είναι λοιπόν η καταλληλότερη χρήση; Η απάντηση φυσικά δεν είναι μοναδική.

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται η περιγραφή και αιτιολόγηση μιας ολοκληρωμένης πρότασης για τη διδακτική ένταξη του "Εικονικού Εργαστηρίου Θερμότητας", που βασίζεται σε διερευνητικού τύπου δραστηριότητες και υλοποιείται με την μορφή Φύλλων Εργασίας, τα οποία οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν, καταγράφοντας τις απόψεις τους για τα φαινόμενα που μελετούν, τις παρατηρήσεις τους από την εξέλιξη των εικονικών πειραμάτων και τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν μέσα από την μελέτη αυτή.

#### 2. Περιγραφή των δραστηριοτήτων

Κύριος στόχος της εφαρμογής του εικονικού εργαστηρίου αποτελεί η κατανόηση εννοιών και φαινομένων από τον τομέα της Θερμότητας. Ο στόχος εξυπηρετείται με την ένταξη γραφικών παραστάσεων, επιδιώκεται επομένως, ταυτόχρονα, η ανάπτυξη δεξιοτήτων κατασκευής και ερμηνείας γραφικών παραστάσεων θερμικών μεταβολών.

Δεχόμενοι το εποικοδομητικό πρότυπο για τη διδασκαλία και μάθηση<sup>39</sup> και με την εισαγωγή της διττής προσέγγισης της διδασκαλίας των γνώσεων

---

<sup>39</sup> Driver, 1984, Tiberghien, 1996, Psillos & Kariotoglou, 1999

περιεχομένου και των διαδικαστικών γνώσεων, ο σχεδιασμός δραστηριοτήτων, που βασίζεται στις δυνατότητες του λογισμικού, λαμβάνει υπόψη, μαζί με τις αντιλήψεις των μαθητών για το περιεχόμενο της Θερμότητας και τις αντιλήψεις τους για το χειρισμό των γραφικών παραστάσεων, που αναλύθηκαν προηγουμένως.

Οι δραστηριότητες ένταξης του λογισμικού αποτελούν προϊόν συνεκτίμησης σχεδιαστικών αρχών, διδακτικών στόχων και περιεχομένου θεωρίας, φαινομένων και αναπαραστάσεων, υπό το πρίσμα των καινοτόμων λειτουργιών που εισάγουν οι εφαρμογές πολυμέσων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

## **2. α Σχεδιαστικές αρχές για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων**

Οι δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν, ενσωματώνουν σχεδιαστικές αρχές που αφορούν το ρόλο του εικονικού εργαστηρίου και των γραφικών παραστάσεων σε αυτό. Οι βασικές αρχές οι οποίες αποτελούν το πλαίσιο, πάνω στο οποίο δομούνται οι δραστηριότητες και η ακολουθία τους, περιλαμβάνουν τις ακόλουθες θέσεις:

- Εντάσσουμε το "εικονικό εργαστήριο", με στόχο την αντιμετώπιση των περιορισμών των κλασικών εργαστηριακών πρακτικών, την αναπαράσταση απλοποιημένων θεωρητικών προτύπων και την ενίσχυση της παραμετρικής προσέγγισης των εννοιών και των φαινομένων.

- Αποδίδουμε στο "εικονικό εργαστήριο" χαρακτήρα συμπληρωματικό των κλασικών πρακτικών μελέτης του πραγματικού κόσμου, από τον οποίο προέρχονται οι εμπειρίες των μαθητών και η αίσθηση των φαινομένων.

- Εντάσσουμε τεχνικές πολυμέσων, με τη μορφή διασυνδεδεμένων πολλαπλών αναπαραστάσεων της εξέλιξης των μεταβολών (κινούμενες εικόνες, γραφικές παραστάσεις, ενδείξεις εικονικών οργάνων, αριθμητικές απεικονίσεις, κλπ), σε άμεση αλληλεπιδραστική συσχέτιση μεταξύ τους, με σκοπό τη πολλαπλή προσέγγιση στη γνώση.

- Αναθέτουμε στο μαθητή ρόλο διαχείρισης των εμπειρικών δεδομένων που παρέχει ο υπολογιστής και όχι ρόλο απλού παρατηρητή. Οι πολυμεσικές αναπαραστάσεις του υπολογιστή διέρχονται από το πρίσμα της ερμηνευτικής σκοπιάς του κάθε μαθητή, ώστε να αποκτήσουν νόημα. Έτσι, οι δραστηριότητες που υποβάλλουν οι τεχνικές αλληλεπίδρασης, επιτρέπουν στους μαθητές να λαμβάνουν και να αναλύουν τα δεδομένα πολύ γρήγορα και με ακρίβεια, ώστε να έχουν χρόνο για να δοκιμάζουν νέες ιδέες.



- Θεωρούμε ότι οι γραφικές παραστάσεις αναλαμβάνουν εξειδικευμένο ρόλο, ως νοητική γέφυρα, που συνδέει, στις αντιλήψεις των μαθητών, τον κόσμο της θεωρίας με τον κόσμο των αντίστοιχων φαινομένων. Προς τούτο λαμβάνουμε υπόψη ότι οι μαθητές παρουσιάζουν διάφορες απόψεις για τη σημασία των γραφικών παραστάσεων και ιδιαίτερα προβλήματα και παρανοήσεις στο χειρισμό τους.

- Οι εφαρμογές Νέων Τεχνολογιών αναλαμβάνουν ρόλο στον επανακαθορισμό και την κατανομή των δεξιοτήτων. Η μετατόπιση της σπουδαιότητας των δεξιοτήτων από τη χειρωνακτική κατασκευή στην ποιοτική ερμηνεία, ενισχύεται από τη δυνατότητα αυτόματης λήψης πολλαπλών γραφικών παραστάσεων σε πραγματικό χρόνο, μέσω των προσομοιωμένων φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο εικονικό εργαστήριο.

- Θεωρούμε ότι η προσέγγιση της κατανόησης του περιεχομένου και της ανάπτυξης των δεξιοτήτων θα πρέπει να είναι διαπλεκόμενη. Δεν αποσκοπούμε στη μεμονωμένη διδασκαλία του περιεχομένου ή των διαδικασιών, αλλά στον αλφαριθμητισμό στη γραφική συμβολική γλώσσα, η οποία θεωρείται κατάλληλη για τη περιγραφή εννοιών και φαινομένων, κατά την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Η ένταξη του "εικονικού εργαστηρίου" λαμβάνει υπόψη και τις γνώσεις περιεχομένου και τις γνώσεις και δεξιότητες περί γραφικών παραστάσεων.

## **2.β Διδακτικοί στόχοι των δραστηριοτήτων**

Οι δραστηριότητες αποσκοπούν στη κατανόηση του περιεχομένου του τομέα της Θερμότητας από τους μαθητές, με τη ταυτόχρονη ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού των γραφικών παραστάσεων. Επί μέρους στόχοι περιλαμβάνουν την γνωριμία και εξοικείωση των μαθητών με τις τεχνικές χρήσης του εικονικών εργαστηριακών περιβαλλόντων και των πολυμεσικών πειραματικών προσεγγίσεων.

Ως προς τους στόχους της κατανόησης του περιεχομένου από τον τομέα της Θερμότητας, επιδιώκεται οι μαθητές να διαφοροποιήσουν τις έννοιες θερμότητα και θερμοκρασία σε λεκτικό / ποιοτικό και εννοιολογικό επίπεδο. Έτσι γίνεται προσπάθεια:

- Να προσεγγίσουν ποιοτικά τη σχέση θερμοδομετρίας και τις αναπαραστάσεις μεταβολών στη θερμοκρασία την οποία αποκτά ένα σώμα, σε συσχετισμό με τη μάζα του, το είδος του υλικού του και το ποσό θερμότητας που παρέχεται.

- Να κατανοήσουν το φαινόμενο και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των αντίστοιχων γραφικών παραστάσεων, κατά τη διάρκεια της αλλαγής φυσικής κατάστασης.

- Να εμπλουτίσουν την έννοια της θερμότητας, με το στοιχείο της διάδοσης της και να προσεγγίσουν πειραματικά τη μετάδοση θερμότητας με αγωγή και ακτινοβολία.

Ταυτόχρονα, ως επί μέρους στόχοι, θεωρούνται η ανάπτυξη δεξιοτήτων από μέρους των μαθητών, ώστε:

- Να ερμηνεύουν μια γραφική παράσταση, για να εξάγουν συμπεράσματα σχετικά με τη σχέση μεταξύ των μεγεθών.

- Να ερμηνεύουν μια γραφική παράσταση, για να εκφράζουν υποθέσεις αναφορικά με εξελίξεις φαινομένων ή πειραματικών δραστηριοτήτων.

- Να κατασκευάζουν μια γραφική παράσταση με βάση τη θεωρητική σχέση μεταξύ των μεγεθών.

- Να κατασκευάζουν μια γραφική παράσταση από φαινόμενα του περιβάλλοντος ή από το εργαστήριο.

Παράλληλα, στο πλαίσιο των επί μέρους στόχων, αναφορικά με την εξοικείωση με τις πειραματικές μεθόδους και τις τεχνικές πολυμέσων, προβλέπεται οι μαθητές:

- Να γνωρίσουν τη διαδικασία σύνθεσης εικονικών πειραματικών διατάξεων και εκτέλεσης πειραμάτων θερμικών φαινομένων με τα εργαλεία και τις δυνατότητες που προσφέρει το εικονικό εργαστήριο.

- Να εξοικειωθούν με τη τεχνολογία της προσομοίωσης φαινομένων, ως περιβάλλον παραμετρικής διερεύνησης των μεταβολών.

Οι παραπάνω στόχοι προσεγγίζονται, συνδυαστικά, μέσω κατευθυνόμενων δραστηριοτήτων Φύλλων Εργασίας.

### **3. Φύλλα εργασίας: Δομή - Στόχοι**

#### **3.α Σχεδιαστικές Αρχές**

Η ένταξη του λογισμικού και η οργάνωση των διδακτικών έργων καθορίζεται από δραστηριότητες Φύλλων Εργασίας, οι οποίες συντονίζουν τους μαθητές κατά την διεξαγωγή πειραματικών δραστηριοτήτων και στις διαδικασίες χειρισμού γραφικών παραστάσεων, ενώ παράλληλα τους κατευθύνουν στη χρήση του εικονικού εργαστηρίου.

Σε αυτό το πλαίσιο, αναπτύχθηκαν δομημένες δραστηριότητες, που αποσκοπούν στην ολοκληρωμένη μελέτη εννοιών και φαινομένων. Για κάθε έννοια ή φαινόμενο, ανάλογα και με τις παραμέτρους που περιέχουν οι σχέσεις μεταξύ των φυσικών μεγεθών, υπάρχουν ένα ή περισσότερα Φύλλα Εργασίας. Κάθε Φύλλο Εργασίας έχει μια αρθρωτή δομή που αποτελείται από περισσότερα του ενός μέρη (πειράματα), με συνέπεια να χαρακτηρίζεται από σχετική αυτονομία, έτσι ώστε ο εκπαιδευτικός να μπορεί, επιλεκτικά, να οργανώσει μια διδακτική ακολουθία, προσαρμοσμένη στις ανάγκες των μαθητών του.

Για τα Φύλλα Εργασίας προτείνονται επί μέρους φάσεις πρόβλεψης, μετρήσεων, γραφικής αναπαράστασης και έκφρασης συμπερασμάτων για τις σχέσεις μεταξύ των μεγεθών. Η ακόλουθη ενιαία δομή που υιοθετήθηκε και αφορά την ανάπτυξη των παραδειγμάτων Φύλλων Εργασίας που συνοδεύουν το λογισμικό είναι ενδεικτική, κατάλληλα τροποποιημένη για κάθε επί μέρους εφαρμογή και μπορεί να βοηθήσει τον εκπαιδευτικό να αναπτύξει ή να προσαρμόσει το δικό του Φύλλο Εργασίας, στις ιδιαίτερες εκπαιδευτικές και παιδαγωγικές ανάγκες κάθε διαφορετικού μαθητικού κοινού και εργαστηρίου. Ένα τυπικό Φύλλο Εργασίας περιλαμβάνει συνήθως περισσότερα του ενός πειράματα τα οποία περιλαμβάνουν, ενδεικτικά, τις ακόλουθες φάσεις: ( Εικ. 3.1 ):



**Εικ. 3.1:** Ακολουθία φάσεων στα πειράματα ενός τυπικού Φύλλου Εργασίας

**Φάση 1** - Οι μαθητές συνθέτουν την εικονική πειραματική διάταξη στην οθόνη του υπολογιστή.

**Φάση 2** - Εκφράζουν υποθέσεις σχετικά με την εξέλιξη των φαινομένων και τη μεταβολή στα μεγέθη. Κατά περίπτωση, κατασκευάζουν τη γραφική παράσταση που υποθέτουν ότι συμβολίζει την εξέλιξη.

**Φάση 3** - Εκτελούν το πείραμα και παρακολουθούν την εικονική εξέλιξη του φαινομένου και την ταυτόχρονη κατασκευή της γραφικής παράστασης.

**Φάση 4** - Οι μαθητές τροποποιούν τις τιμές των παραμέτρων του πειράματος και επαναλαμβάνουν την έκφραση υποθέσεων και εκτελούν το πείραμα με τα νέα στοιχεία, με σκοπό τη παραμετρική διερεύνηση του πεδίου.

**Φάση 5** - Σε όλες τις φάσεις μπορούν να συγκρίνουν, μεταξύ τους, τις γραφικές παραστάσεις που ελήφθησαν. Η δραστηριότητα αυτή οδηγεί στην ποσοτική προσέγγιση, κατά τη διερεύνηση της θεωρητικής σχέσης μεταξύ των μεγεθών και στην έκφραση συμπερασμάτων.

### 3.β Δομή

Τα Φύλλα Εργασίας περιέχουν επίσης εισαγωγικές πληροφορίες, που αφορούν τους στόχους, τα υλικά, και τις προαπαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις. Σε περιπτώσεις μελέτης περιλαμβάνουν επιπλέον τελικές δραστηριότητες, οι οποίες έχουν παιγνιώδη χαρακτήρα και αποσκοπούν, ως σύνοψη ή διεύρυνση των γνώσεων, στην εφαρμογή και ανατροφοδότηση των συμπερασμάτων. Όπου είναι δυνατόν προβλέπονται, επίσης, συνεργατικές δραστηριότητες, σύμφωνα με τα οποίες οι ομάδες εργασίας ανταλλάσσουν προβλήματα. Η παράθεση, η αναζήτηση συνεργασίας και η διανομή των αποτελεσμάτων της εργασίας κάθε ομάδας μαθητών υλοποιούνται μέσω δυνατότητας αποστολής και λήψης **e-mail**, που παρέχει το λογισμικό.

Η διασύνδεση του πεδίου θερμότητας και των γραφικών παραστάσεων επιδιώκεται, διδακτικά, με την χρήση των παραστάσεων, ως κοινής μεθόδου περιγραφής των θερμικών μεταβολών<sup>40</sup>. Ως εκ τούτου, η ένταξη του λογισμικού βασίζεται στη διαπλοκή, στην αντίληψη των μαθητών, στοιχείων περιεχομένου θερμότητας και χαρακτηριστικών γραφικών παραστάσεων. Η ανάπτυξη της πειραματικής διάταξης στο εικονικό περιβάλλον (Φάση 1), αποσκοπεί στην εξοικείωση και την αισθητοποίησή τους με τις διαδικασίες και τα φαινόμενα, καθώς και στην μετέπειτα ομαλή μετάβαση προς την εκτέλεση της προσομοίωσης. Η γραφική έκφραση υποθέσεων (Φάση 2), αποτελεί το πεδίο αναφοράς για τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών, οι προσομοιώσεις (Φάση 3) καθορίζουν το επίπεδο λειτουργικής αφαίρεσης του περιεχομένου σε σχέση με το επιστημονικό πρότυπο και περιορίζουν την ελευθερία ελέγχου των μαθητών, ώστε αυτή να εστιαστεί στον χειρισμό των παραμέτρων των φαινομένων (Φάση 4). Η σύγκριση των παραστάσεων που λαμβάνονται από τα προσομοιωμένα πειράματα με την παράσταση της πρόβλεψης και η δυνατότητα επανάληψης της κατασκευής

<sup>40</sup> Μπισδικιάν & Ψύλλος, 1998

νέων γραφικών παραστάσεων με νέες τιμές παραμέτρων (Φάση 5), μπορεί να οδηγήσει στην ενίσχυση ή την αναθεώρηση των αντιλήψεων των μαθητών.

#### **4. Ανάλυση των Φύλλων Εργασίας**

##### **4.a Θεματική ενότητα: ΑΛΛΑΓΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Στην ενότητα αυτή, πρόκειται να αναλυθεί λεπτομερειακά, η δομή και η φιλοσοφία των Φύλλων Εργασίας που υλοποιούν, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, την πρόταση διδακτικής ένταξης του "Εικονικού Εργαστηρίου Θερμότητας" στην εργαστηριακή διδασκαλία της Θερμότητας.

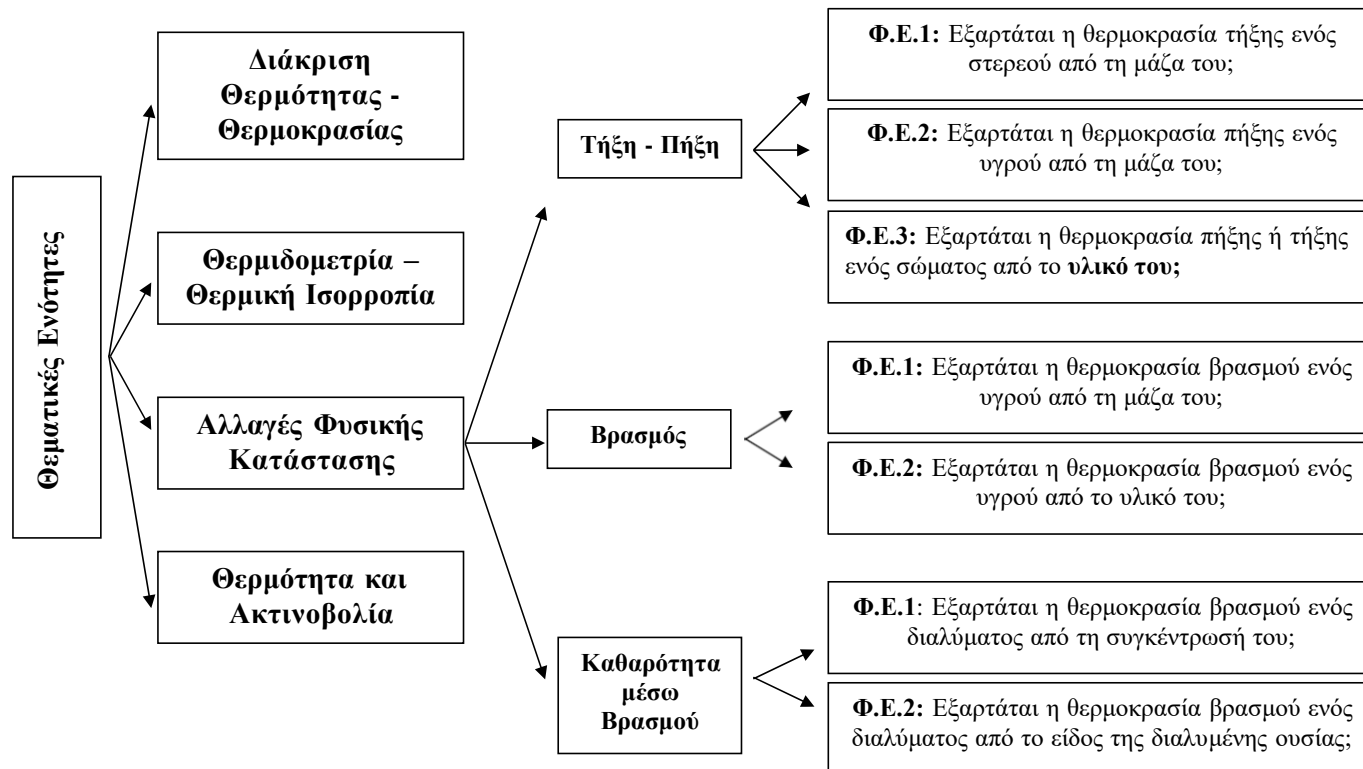
Το σύνολο της διδακτικής πρότασης, αφορά την υποστήριξη της θερμότητας, όπως αυτή εμφανίζεται στο Α.Π. του Γυμνασίου και μπορούμε να πούμε ότι είναι δομημένη σε τέσσερις κύριες θεματικές ενότητες (όπως φαίνεται στην εικόνα.3.2).

Η παρούσα μελέτη, αφορά την αξιοποίηση του λογισμικού και την ανάπτυξη Φύλλων Εργασίας, στα οποία περιέχονται δραστηριότητες που αφορούν την εργαστηριακή μελέτη των αλλαγών φυσικής κατάστασης και συναφών θεμάτων. Η ακόλουθη ανάλυση επομένως, αφορά τα Φύλλα Εργασίας που αναφέρονται στις αλλαγές φυσικής κατάστασης και ως συγκεκριμένο παράδειγμα επιλέχθηκε η μελέτη του φαινομένου του βρασμού. Όμως, οι σχεδιαστικές αρχές και η δομή και μορφολογία των Φύλλων Εργασίας, είναι ενιαία στο σύνολο της διδακτικής πρότασης.

Στην εικόνα 3.2, παρουσιάζεται συνοπτικά το σύνολο των θεματικών εννοιών της διδακτικής πρότασης, ενώ αναλυτικά η οργάνωση των Φύλλων Εργασίας που αφορούν τη μελέτη των αλλαγών φυσικής κατάστασης

##### **4.β Μελέτη περίπτωσης: ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΒΡΑΣΜΟΥ**

Η μελέτη του φαινομένου του βρασμού, στη διδακτική μας πρόταση, υλοποιείται μέσα από δυο (2) Φύλλα Εργασίας με γενικό στόχο να διερευνήσουν οι μαθητές την ανεξαρτησία της θερμοκρασίας βρασμού από τη μάζα του υγρού και την εξάρτηση από το είδος του.



Εικ. 3.2: Η οργάνωση των Φύλλων Εργασίας για την ενότητα «Αλλαγές Φυσικής Κατάστασης».

Η μελέτη αυτή και οι παραπάνω γνωστικοί στόχοι, μέσα από τις δραστηριότητες των Φύλλων Εργασίας, διαπλέκονται με την ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων, ποιοτικού και ημι-ποσοτικού χαρακτήρα.

Για την παρούσα ανάλυση, επιλέχθηκε ως μελέτη περίπτωσης, ένα χαρακτηριστικό / τυπικό Φύλλο Εργασίας, που αφορά στη "Μελέτη του Βρασμού". Όλα τα Φύλλα Εργασίας, έχουν ομοιόμορφη δομή, μορφή, γλώσσα και επιμέρους επικοινωνιακά χαρακτηριστικά, ώστε να διευκολύνεται η χρήση τους από τους μαθητές και η γρήγορη εξοικείωσή τους, περιλαμβάνουν δε περισσότερα του ενός πειράματα (ή παραλλαγές τους), με απώτερο κοινό σκοπό την απάντηση κάποιου "ερευνητικού" ερωτήματος. Στη γενική τους μορφή εξάλλου, μπορούμε να πούμε ότι δε διαφέρουν από αντίστοιχα "τυπικά" Φύλλα Εργασίας, που χρησιμοποιούνται σε συμβατικές εργαστηριακές ασκήσεις.<sup>41</sup>

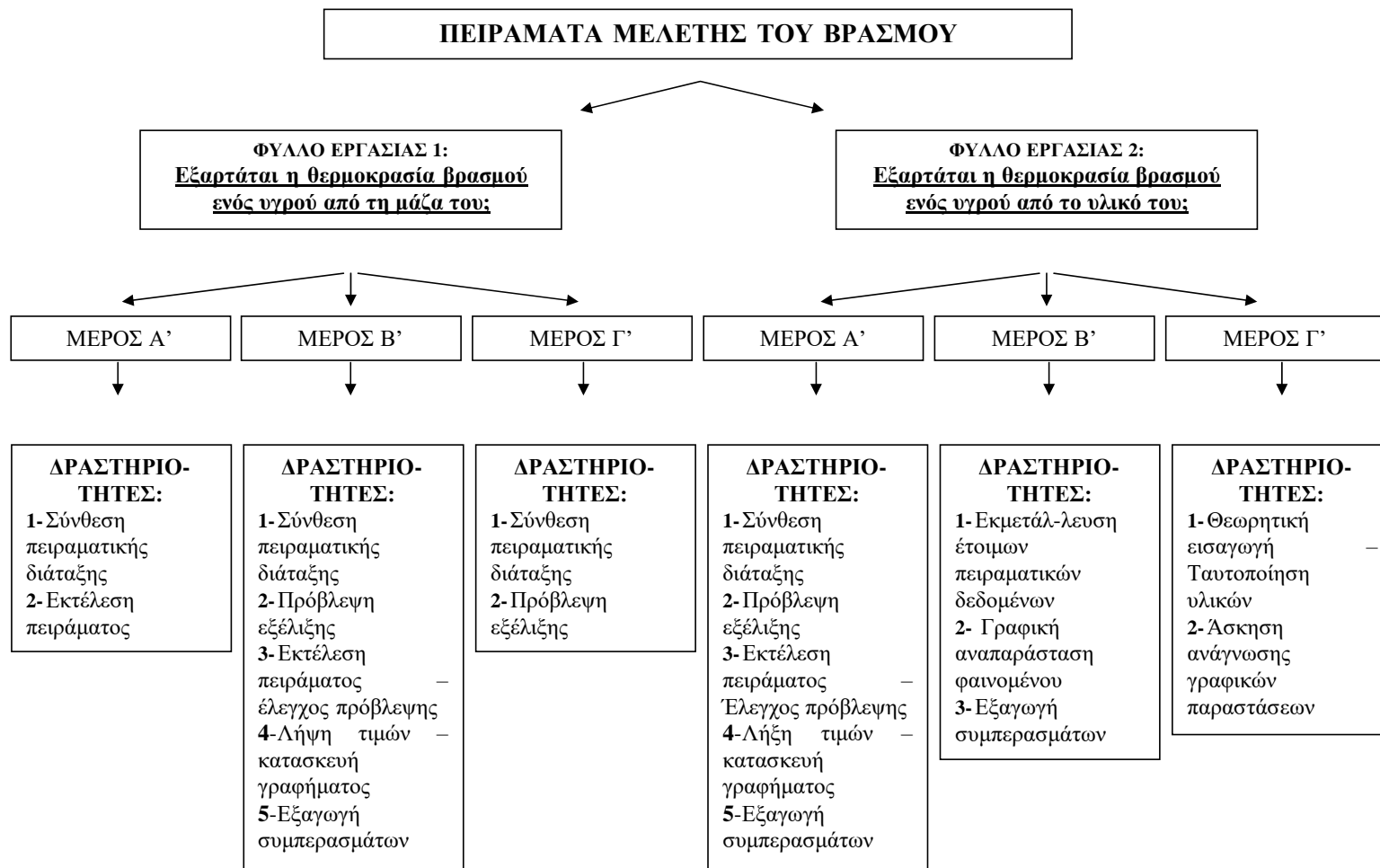
### Δομή

Η δομή των δυο Φύλλων Εργασίας για τη μελέτη του βρασμού, που θα περιγράψουμε, έχουν τη μορφή που παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα. Παρόμοια δομή έχουν και όλα τα υπόλοιπα Φύλλα Εργασίας της διδακτικής μας πρότασης.

Παρατηρούμε κατ' αρχήν, ότι κάθε ένα χωρίζεται σε τρία (3) μέρη. Η αρθρωτή αυτή δομή, είναι μια γενικότερη σχεδιαστική στρατηγική που ακολουθείται σε όλα τα Φύλλα Εργασίας (υπάρχουν και Φ.Ε. με δυο ή τέσσερα μέρη) και σκοπό έχει την εύκολη προσαρμογή τους σε διάφορες συνθήκες διδασκαλίας. Με τη λογική αυτή κάθε μέρος είναι (σχετικά) αυτόνομο, αν και όλα εξυπηρετούν ταυτόχρονα τους ίδιους στόχους, ώστε ο καθηγητής μπορεί να εκτελέσει ή να παραλείψει κάποιο από τα τμήματα αυτά, εκτιμώντας τις συνθήκες της τάξης του.

---





<sup>41</sup> Ν. Αντωνίου κ.ά., "Φυσική Β' Γυμνασίου - Εργαστηριακός Οδηγός", ΥΠ.Ε.Π.Θ., Αθήνα 1999.



Εικ. 3.3: Η δομή των δυο Φύλλων Εργασίας για τη μελέτη του βρασμού



Επικοινωνιακά χαρακτηριστικά

- Κάθε Φύλλο Εργασίας, έχει αρίθμηση και τίτλο στον οποίο δίνεται το ερευνητικό ερώτημα που πρόκειται να απαντηθεί κατά τη μελέτη του π.χ. "Φ.Ε. 4.1: Εξαρτάται η θερμοκρασία βρασμού ενός υγρού από τη μάζα του;"
- Μετά από τον τίτλο, ακολουθεί κατάλογος με τα υλικά του εικονικού εργαστηρίου, που απαιτούνται για την εκτέλεση όλων των πειραμάτων.
- Στην αρχή του Φύλλου Εργασίας επίσης, παρατίθενται οι στόχοι (γνωστικοί ή ανάπτυξης δεξιοτήτων) τους οποίους επιδιώκει η εκτέλεσή του. Πιστεύουμε ότι οι μαθητές πρέπει να γνωρίζουν από την αρχή τον σκοπό της εκτέλεσης των ασκήσεών τους, διότι αυτό βοηθάει στην καλύτερη εστίαση των ενεργειών τους, καθώς τους προσφέρεται ένα σημείο άμεσης αναφοράς.
- Τα μέρη στα οποία χωρίζεται σηματοδοτούνται με πλαισιωμένα κεφαλαία ελληνικά γράμματα : 
- Η σύνθεση των πειραματικών διατάξεων ή οποιαδήποτε αλλαγή πάνω σε αυτές, δηλώνεται με το εικονίδιο : 
- Η προτροπή των μαθητών για καταγραφή της πρόβλεψής τους για την εξέλιξη του φαινομένου, συνοδεύεται από το εικονίδιο: 
- Ενέργειες των μαθητών όπως η εκτέλεση του πειράματος, η κατασκευή διαγραμμάτων, η εξαγωγή συμπερασμάτων κ.λ.π. σηματοδοτούνται με το  γκριζο βελάκι:
- Σημαντικά σημεία των οδηγιών όπως αυτά που αφορούν αρχικές συνθήκες των πειραματικών διατάξεων, αιχμές στη διατύπωση συμπερασμάτων ή θεωρίας, γράφονται με έντονα γράμματα: π.χ. "... μπορούμε να κάνουμε **ταυτοποίηση**, να καταλάβουμε δηλαδή ποιο υγρό είναι"

Λεπτομερής ανάλυση του Φύλλου Εργασίας 4.1: Εξαρτάται η θερμοκρασία βρασμού ενός υγρού από τη μάζα του;

Στην παράγραφο αυτή, αναλύεται το Φ.Ε. 4.1, για τη μελέτη του βρασμού, που αναφέραμε παραπάνω. Η ανάλυση του Φύλλου Εργασίας γίνεται κατά τμήματα, στο κάθε ένα από τα οποία παρουσιάζεται αυτούσιο (πλαισιωμένο σε ένα διάστικτο παραλληλόγραμμο) και στη συνέχεια ακολουθούν τα αντίστοιχα σχόλια.

**Τιμήμα 1ο:****Φ.Ε. 4.1 : Εξαρτάται η θερμοκρασία βρασμού ενός υγρού από τη μάζα του;**

**Περιβάλλον :** Εικονικό Εργαστήριο

**Υλικά :** Δοχεία 250 ml (ιδανικά), Θερμόμετρα, Λύχνοι, Νερό σε θερμοκρασία 20°C

**Περιγραφή**

Στην άσκηση αυτή:

- α) θα μελετήσεις την εξάρτηση της **θερμοκρασίας βρασμού** ενός σώματος από τη **μάζα** του.
- β) θα διερευνήσεις τη συμπεριφορά της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του βρασμού.

Για το σκοπό αυτό:

- γ) θα χρησιμοποιήσεις (εικονικά) μετρητικά όργανα και πειραματικές συσκευές.
- δ) θα συνθέσεις (εικονικές) πειραματικές διατάξεις.
- ε) θα ερμηνεύσεις και θα κατασκευάσεις γραφικές παραστάσεις θερμοκρασίας (θ-t).

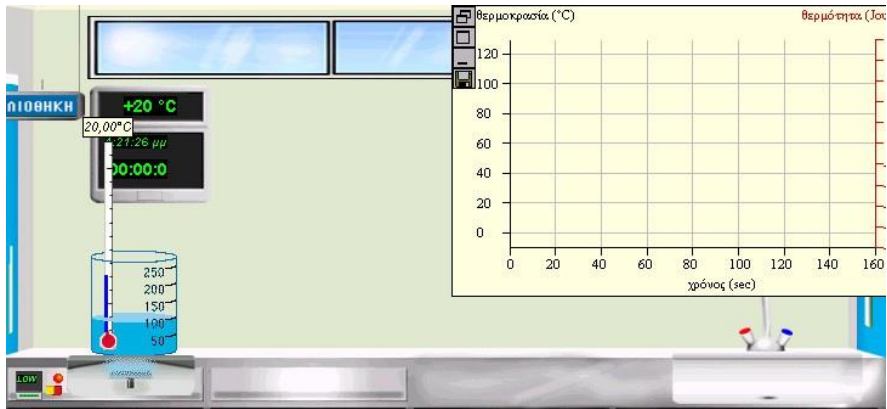
**Στόλιο 1ο:**

Όπως δηλώνεται στον τίτλο του Φύλλου Εργασίας, η μελέτη αφορά την εξάρτηση ή όχι, της θερμοκρασίας βρασμού ενός υγρού (και κατ' επέκταση οποιουδήποτε υλικού), από τη μάζα του.

Στη συνέχεια, καθορίζεται το περιβάλλον μελέτης, δηλαδή το εικονικό εργαστήριο, τα εικονικά αντικείμενα που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές, ενώ παρατίθεται και η στοχοθεσία του Φύλλου Εργασίας.

**Τμήμα 2ο:**

A

**Δημιουργείς στο εικονικό εργαστήριο τη διάταξη :**

- Το δοχείο περιέχει 100 g νερό.
- Ενεργοποιείς την προβολή της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας (άξονες: (0,160) sec, (-10,120) °C)
- Χρονική επιτάχυνση : x 4

**Σχόλιο 2ο:**

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, κάθε Φύλλο Εργασίας αποτελείται από περισσότερα του ενός μέρη, που σηματοδοτούνται και αριθμούνται με πλαϊσιωμένα κεφαλαία ελληνικά γράμματα στο περιθώριο της σελίδας.

Οι οδηγίες για τη σύνθεση κάποιας πειραματικής διάταξης, παρουσιάζονται με δυο τρόπους, μέσω ενός στιγμιότυπου (screen shot) από το εικονικό εργαστήριο όπου φαίνονται τα στοιχεία που αποτελούν την πειραματική διάταξη με το αντίστοιχο παράθυρο γραφικής παράστασης, αλλά και μέσω λεκτικής περιγραφής για περισσότερες λεπτομέρειες και διευκρινήσεις, όπως το είδος και το περιεχόμενο των δοχείων, η κλίμακα και τα μεγέθη των αξόνων, η ρύθμιση στην επιτάχυνση του χρόνου ή σε άλλες περιπτώσεις η θερμοκρασία περιβάλλοντος κ.λ.π. Η σύνθεση των διατάξεων, σηματοδοτείται επίσης με το χαρακτηριστικό εικονίδιο.

Η σύνθεση από μέρους των μαθητών προσφέρει το πλεονέκτημα της

αισθητοποίησης των διαδικασιών και φαινομένων. Όμως, δίνεται εναλλακτικά από το λογισμικό η δυνατότητα, του ανοίγματος ενός έτοιμου αρχείου όπου η διάταξη και οι αρχικές συνθήκες είναι ρυθμισμένες, προσφέροντας στον καθηγητή κέρδος χρόνου, αν πιστεύει ότι οι μαθητές του έχουν ήδη ξεπεράσει το στάδιο της εξοικείωσης με το υπό μελέτη φαινόμενο και της αισθητοποίησής του.

### Τιήμα 3ο:



#### Εκτέλεση

- Ανάβεις το λύχνο διαλέγοντας τη **χαμηλή** παροχή και ζεσταίνεις το δοχείο.
- Παρατηρείς την άνοδο της θερμοκρασίας του νερού από το θερμόμετρο και αντίστοιχα τη γραμμή στο διάγραμμα των γραφικών παραστάσεων.
- Σε κάποια θερμοκρασία έχουν αρχίσει να βγαίνουν φυσαλίδες και ατμοί, ενώ η ποσότητά του νερού μέσα στο δοχείο αρχίζει να ελαττώνεται.

Την ώρα εκείνη το νερό βράζει και σιγά σιγά μετατρέπεται σε ατμό.

- Τι θερμοκρασία δείχνει τότε το θερμόμετρο ; ..... °C
- Παρατήρησε επίσης ότι η κλίση της γραμμής στη γραφική παράσταση αλλάζει.

Σε ποια θερμοκρασία αντιστοιχεί η αλλαγή κλίσης (σπάσιμο) της γραμμής ;  
..... °C

- Ποια είναι επομένως η **θερμοκρασία βρασμού** του νερού ; ..... °C

### Σχόλιο 3ο:

Μορφολογικά στοιχεία, όπως τα έντονα βέλη, οι κουκίδες και οι μαυρισμένες λέξεις, καθοδηγούν την προσοχή του μαθητή στα σημαντικότερα σημεία. Οι ενέργειες που απαιτούνται δε, παρουσιάζονται κατά βήματα για μεγαλύτερη ευκρίνεια. Ο μαθητής κατά περίπτωση πρέπει να επιδράσει στις συσκευές του εικονικού εργαστηρίου, να παρατηρήσει το φαινόμενο, τα όργανα ή τη γραφική παράσταση αλλά και να καταγράψει τις παρατηρήσεις του. Οι παρατηρήσεις αυτές με την καθοδήγηση του Φύλλου Εργασίας είναι πολλαπλές (π.χ. φαινομενολογικά χαρακτηριστικά, ένδειξη οργάνων, τιμές από τη γραφική παράσταση) και αποσκοπούν στην εξαγωγή κάποιου συμπεράσματος.

Έτσι, οι μαθητές θα παρατηρήσουν τα πραγματιστικά χαρακτηριστικά του φαινομένου (φυσαλίδες, ατμοί), την ένδειξη του θερμομέτρου (ψηφιακή και αναλογική) αλλά και τη γραμμή της γραφικής παράστασης που αρχικά εμφανίζει θετική κλίση και μετά (κατά το βρασμό) αλλάζει σε μηδενική κλίση (οριζόντια γραμμή), προκειμένου να επιτευχθεί μια νοητική διασύνδεση όλων αυτών των αναπαραστάσεων

Στο συγκεκριμένο πείραμα, δεν ζητήθηκε να γίνει καμία πρόβλεψη για την εξέλιξη του φαινομένου ούτε για την γραφική παράσταση, διότι αποτελεί ένα στάδιο εξοικείωσης με το φαινόμενο του βρασμού, όπως αυτό εμφανίζεται στο περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου και με τη μορφή αντίστοιχα των γραμμών στη γραφική παράσταση, ώστε να χρησιμοποιηθεί στα επόμενα πειράματα του Φύλλου Εργασίας που αποτελούν και τη κύρια μελέτη του φαινομένου.

#### **Τμήμα 4ο:**

**B**

**Κάνε κάποιες προσθήκες στη διάταξη :**



- Βάλε ακόμη ένα δοχείο 250 ml πάνω από το δεύτερο λύχνο.
- Αναψε το δεύτερο λύχνο διαλέγοντας **χαμηλή** παροχή.
- Το ένα δοχείο να περιέχει 100 g και το άλλο 200 g νερό.
- Ενεργοποίησε την προβολή της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας.

#### **Σχόλιο 4ο:**

Στο σημείο αυτό αρχίζει ένα δεύτερο πείραμα, το δεύτερο μέρος του Φύλλου Εργασίας. Ζητείται από τους μαθητές να κάνουν κάποιες αλλαγές στη διάταξη και η απαίτηση αυτή δηλώνεται τόσο από το χαρακτηριστικό σκίτσο, όσο και από την αρίθμηση με το πλαισιωμένο κεφαλαίο B.

Η σύνθεση της νέας πειραματικής διάταξης βασίζεται στην προηγούμενη, οπότε περιγράφονται βηματικά μόνο οι αλλαγές που είναι απαραίτητο να γίνουν. Όπως και στο μέρος A βέβαια, υπάρχει εναλλακτικά και σύμφωνα με την κρίση του καθηγητή, η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί έτοιμο αρχείο πειράματος, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.

**Τμήμα 5ο:**

Πρόβλεψη



Αν θερμάνεις **τις δύο ποσότητες νερού** με τους λύχνους να έχουν **ίση παροχή**, ποια από τις δύο θα βράσει γρηγορότερα ;

- Θα βράσουν γρηγορότερα τα : 100 g       200 g

Γιατί ; .....

Όταν το νερό φτάσει στη **θερμοκρασία βρασμού**, παρατηρείς την αλλαγή κλίσης (σπάσιμο) της γραμμής στη γραφική παράσταση της θερμοκρασίας.

Επομένως, γρηγορότερα θα εμφανίσει «σπάσιμο» η γραμμή που αντιστοιχεί στα :

100 g       200 g

- Το «σπάσιμο» της γραμμής που αντιστοιχεί στα 200 g νερού θα εμφανιστεί :

σε χαμηλότερη     στην ίδια     σε υψηλότερη

θερμοκρασία σε σχέση με το «σπάσιμο» της γραμμής των 100g νερού.

**Σχόλιο 5ο:**

Το μέρος Β του Φύλλου Εργασίας, όπως είπαμε αποτελεί και το κύριο μέρος της μελέτης του φαινομένου του βρασμού. Έτσι, ακολουθείται πιο πιστά εδώ το μοντέλο σύνθεση διάταξης - πρόβλεψη - έλεγχος πρόβλεψης - μελέτη γραφικής παράστασης (της εικ. 3.1).

Στο τμήμα αυτό λοιπόν, ζητείται από τους μαθητές να καταγράψουν την πρόβλεψή τους για την επίδραση της μάζας του νερού στο χρόνο που απαιτείται για να φτάσει στη θερμοκρασία βρασμού του. Η πρόβλεψη απαιτεί και δικαιολόγηση της άποψης των μαθητών, με πολλούς τρόπους. Με λεκτικού τύπου απάντηση σε ανοιχτή ερώτηση, αλλά και με επιλογή από λίστα πολλαπλών απαντήσεων (multiple choice). Οι ερωτήσεις επιλέχθηκαν έτσι ώστε να γίνεται άμεση σύνδεση των απόψεων των μαθητών με τη μορφή των γραμμών στη γραφική παράσταση. Οι απαιτήσεις για την πρόβλεψη, όπως είναι φανερό, είναι ποιοτικού τύπου.

**Τμήμα 6ο:****Έλεγχος πρόβλεψης**

- Ανάβεις τους δύο λύχνους διαλέγοντας τη **χαμηλή** παροχή.
- Ζεσταίνεις τα δοχεία, μέχρι να φτάσουν και τα δυο στη θερμοκρασία βρασμού.
- Παρατηρείς την άνοδο της θερμοκρασίας του νερού από το θερμόμετρο και αντίστοιχα τη γραμμή στο διάγραμμα των γραφικών παραστάσεων.

**Σχόλιο 6ο:**

Μετά από την καταγραφή της πρόβλεψης και των απόψεων των μαθητών τόσο για το φαινόμενο όσο και για τη μορφή των γραφικών παραστάσεων και σε συμφωνία με τη δομή των Φύλλων Εργασίας που περιγράψαμε παραπάνω, ακολουθεί το τμήμα του ελέγχου. Οι μαθητές καθοδηγούνται, τόσο στην εκτέλεση του πειράματος, όσο και στις παρατηρήσεις που πρέπει να κάνουν.

**Τμήμα 7ο:**

- Η πρόβλεψή σου αν τα 100 ή τα 200 g θα βράσουν γρηγορότερα ήταν :  
λάθος  σωστή
- Η πρόβλεψή σου ότι γρηγορότερα θα εμφανίσει «σπάσιμο» η γραμμή για τα 100 ή τα 200 g ήταν:  
λάθος  σωστή
- Η πρόβλεψή σου για τη θερμοκρασία στην οποία εμφανίζεται το «σπάσιμο» της γραμμής που αντιστοιχεί στα 200 g νερού ήταν:  
λάθος  σωστή

**Σχόλιο 7ο:**

Παρά την καθοδήγηση που έλαβαν στο προηγούμενο τμήμα, οι μαθητές, με συγκεκριμένες ερωτήσεις, καλούνται να ελέγξουν και να καταγράψουν την ορθότητα της πρόβλεψής τους. Είναι ένα σημείο που στόχο έχει τον αναστοχασμό των μαθητών και όπου γίνεται για μια ακόμη φορά προσπάθεια για την επίτευξη ορθής νοητικής σύνδεσης του φαινομένου του βρασμού με τη μορφή και τα επιμέρους χαρακτηριστικά των αντίστοιχων γραφικών παραστάσεων.

**Τμήμα 8ο:**

⇒ Να συμπληρώσεις τον παρακάτω πίνακα 1. Θα βρείς τις τιμές που χρειάζεσαι από την γραφική παράσταση "πατώντας" με το ποντίκι πάνω στη γραμμή της.

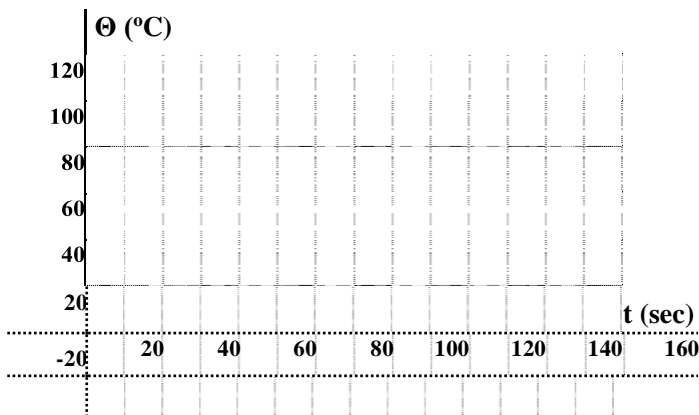
Θερμοκρασία	Χρόνος που απαιτήθηκε	
	Νερό 100 ml	Νερό 200 ml
20 °C	0 s	0 s
40 °C	... s	... s
60 °C	... s	... s
80 °C	... s	... s
100 °C	... s	... s

**Πίνακας 1****Σχόλιο 8ο:**

Το τμήμα αυτό αφορά την καλλιέργεια δεξιοτήτων ανάγνωσης γραφικών παραστάσεων. Οι μαθητές καλούνται να πάρουν τιμές από το διάγραμμα και να τις καταγράψουν στον πίνακα. Ταυτόχρονα τους προσφέρεται μια ακόμη ευκαιρία να δημιουργήσουν την επιθυμητή νοητική διασύνδεση μεταξύ του φαινομένου και της γραφικής παράστασης, αφού θα παρατηρήσουν αυτή τη φορά με ένα άλλο μέσο – τα αριθμητικά δεδομένα – την εξέλιξή του.

**Τμήμα 9ο:**

⇒ Με τη βοήθεια και του πίνακα 1 να σχεδιάσεις τις γραφικές παραστάσεις που βλέπεις στην οθόνη χρησιμοποιώντας διαφορετικό χρώμα για καθεμιά.

**Διάγραμμα 1**



**Σγόλιο 9ο:**

Μετά από την καθοδήγηση για λήψη τιμών από το διάγραμμα, ακολουθεί το τμήμα αυτό όπου οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν οι ίδιοι στο χαρτί, από τα δεδομένα που έχουν στην οθόνη του εικονικού εργαστηρίου, το διάγραμμα που αντιστοιχεί στο φαινόμενο που μελετούν. Καλλιεργούνται επομένως δεξιότητες ανάγνωσης αλλά και κατασκευής γραφικών παραστάσεων. Επιπλέον όπως και προηγουμένως, εξυπηρετείται ο απώτερος σκοπός της νοητικής διάσυνδεσης φαινομένου – γραφικής παράστασης.

**Τυήμα 10ο:**

Επομένως, όταν αλλάξει η μάζα του υγρού, η **θερμοκρασία βρασμού** του :

παραμένει ίδια  επίσης αλλάζει

**Σγόλιο 10ο:**

Τελευταίο τμήμα του Β' μέρους του Φύλλου Εργασίας, είναι η καταγραφή και αποτύπωση του συμπεράσματος στο οποίο κατέληξε η προηγούμενη πειραματική εργασία των μαθητών.

Στο συμπέρασμα αυτό ο στόχος μετατοπίζεται από την ανάπτυξη των δεξιοτήτων σχετικά με τις γραφικές παραστάσεις που περιγράψαμε στα προηγούμενα τμήματα, προς την κατανόηση περιεχομένου, ολοκληρώνοντας έτσι ένα κύκλο από βήματα συνεχούς διαπλοκής των δυο αυτών αξόνων πάνω στους οποίους βασίζεται, όπως περιγράψαμε και στην εισαγωγή, η ανάπτυξη των Φύλλων Εργασίας.

Τμήμα 11ο:

Γ

**Κάνε μια πρόβλεψη :**

Πρόβλεψη



Αν θερμάνεις **μικρότερη ποσότητα νερού** (50 g) αρχικής θερμοκρασίας 20 °C με το λύχνο **σε χαμηλή παροχή**, θα φτάσει γρηγορότερα από τα 100 g νερού στη **θερμοκρασία βρασμού** :

Θα φθάσουν γρηγορότερα στη **θερμοκρασία βρασμού** τα :

100 g νερού       50 g νερού



Να σχεδιάσεις με διακεκομμένη γραμμή στο διάγραμμα 1 τη γραμμή που θα αντιστοιχεί στη θέρμανση των 50 g νερού.

Στόχο 11ο:

Το Φύλλο Εργασίας ολοκληρώνεται με το τρίτο (Γ') μέρος. Εδώ ζητείται από τους μαθητές να καταγράψουν την πρόβλεψή τους για διαφορετική ποσότητα νερού, τόσο απαντώντας στην ερώτηση πολλαπλών επιλογών, όσο και αναπαριστώντας την άποψή τους γραφικά στο διάγραμμα που είχαν κατασκευάσει πριν (Μέρος Β', τμήμα 9°).

Η πρόβλεψη αυτή δρα ενισχυτικά, τόσο ως προς την κατανόηση του φαινομένου, όσο και ως προς την καλλιέργεια των δεξιοτήτων που αφορούν τις γραφικές παραστάσεις και τη σύνδεσή τους με το φαινόμενο.

Δεν απαιτείται στο Φύλλο Εργασίας, να γίνει έλεγχος της ορθότητάς της με αντίστοιχη δραστηριότητα στο εικονικό εργαστήριο, αλλά αυτό βρίσκεται βέβαια στη διακριτική ευχέρεια του καθηγητή να το προτείνει, ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις ανάγκες της διδασκαλίας του. Αντίθετα, αν υπάρχει χρονικός περιορισμός, η αυτονομία του μέρους Γ', δίνει στον καθηγητή τη δυνατότητα, ακόμη και να το παραλείψει εντελώς.

Συνοπτική ανάλυση του Φύλλου Εργασίας 4.2: Εξαρτάται η θερμοκρασία βρασμού ενός υγρού από το είδος του;

Στην παράγραφο αυτή θα περιγραφεί συνοπτικά το δεύτερο Φύλλο Εργασίας που αφορά τα πειράματα μελέτης του βρασμού. Τα γενικά χαρακτηριστικά του βέβαια, είναι όμοια με αυτά που περιγράφηκαν αναλυτικά στην

προηγούμενη παράγραφο. Η περιγραφή περιλαμβάνει αυτούσια τμήματα που περικλείονται σε διάστικτα παραλληλόγραμμα και συνοπτική περιγραφή των υπόλοιπων τμημάτων.

Έτσι, αρχικά εμφανίζεται ο τίτλος του Φύλλου Εργασίας, η περιγραφή του περιβάλλοντος εργασίας και των απαραίτητων εικονικών υλικών και συσκευών, αλλά και η στοχοθεσία του:

**Φ.Ε. 4.2 : Εξαρτάται η θερμοκρασία βρασμού ενός υγρού από το είδος του;**

**Περιβάλλον :** Εικονικό Εργαστήριο

**Υλικά :** Δοχεία 250 ml (ιδανικά), Θερμόμετρα, Λύχνι, Νερό σε θερμοκρασία 20° C, Γάλα σε θερμοκρασία 20° C

**Περιγραφή**

Στην άσκηση αυτή:

- α) θα μελετήσεις την εξάρτηση της **θερμοκρασίας βρασμού** ενός σώματος από το είδος του **υλικού** του.
  - β) θα ταυτοποιήσεις διάφορα υλικά με βάση τη θερμοκρασία βρασμού τους.
  - γ) θα διερευνήσεις τη συμπεριφορά της θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια του βρασμού.
- Για το σκοπό αυτό:
- δ) θα χρησιμοποιήσεις (εικονικά) μετρητικά όργανα και πειραματικές συσκευές.
  - ε) θα συνθέσεις (εικονικές) πειραματικές διατάξεις.
  - στ) θα ερμηνεύσεις και θα κατασκευάσεις γραφικές παραστάσεις θερμοκρασίας (θ-t).

Στη συνέχεια του Φύλλου Εργασίας, που αριθμείται ως Α' μέρος, οι μαθητές καθοδηγούνται στη σύνθεση της πειραματικής διάταξης τόσο μέσω ενός στιγμιότυπου από την οθόνη του εργαστηρίου, όσο και λεκτικά, με αναλυτικότερη περιγραφή των υλικών, των οργάνων και των αρχικών συνθηκών.

Έχοντας συνθέσει την πειραματική διάταξη, καλούνται παρακάτω, να καταγράψουν την πρόβλεψή τους για την εξέλιξη του πειράματος, συνδέοντάς την ταυτόχρονα με την μορφή των γραμμών στη γραφική παράσταση:

Πρόβλεψη



- Αν θερμάνεις τις δύο **ίσες ποσότητες** νερού και γάλακτος με τους λύχνους να έχουν **ίση παροχή**, θα βράσουν στην **ίδια ή σε διαφορετική θερμοκρασία** ;

στην ίδια  σε διαφορετική

Γιατί ; .....

.....

- Πώς θα μπορέσεις να το διαπιστώσεις αυτό παρατηρώντας τις γραμμές στη γραφική παράσταση ; .....

Κατόπιν, καλούνται να ελέγξουν την ορθότητα της παραπάνω πρόβλεψης, εκτελώντας το πείραμα και καθοδηγούμενοι σε συγκεκριμένες παρατηρήσεις που αφορούν τόσο φαινομενολογικά χαρακτηριστικά, όσο και μορφολογικά των γραμμών στη γραφική παράσταση, από την οποία ταυτόχρονα απαιτείται να καταγράψουν αριθμητικά δεδομένα σε αντίστοιχους πίνακες. Ο ένας πίνακας αφορά τη θερμοκρασία των δυο υγρών σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές, ενώ ο άλλος τις χρονικές στιγμές όπου παρατηρείται η αλλαγή κλίσης στο διάγραμμα, για κάθε υγρό χωριστά.

Η ορθότητα ή όχι της πρόβλεψής τους καταγράφεται σε αντίστοιχη ερώτηση:

- Η πρόβλεψή σου αν το νερό και το γάλα βράζουν στην **ίδια ή διαφορετική θερμοκρασία** ήταν:  λάθος  σωστή

Έχοντας καταγράψει τα αριθμητικά δεδομένα από τη γραφική παράσταση, όπως είπαμε παραπάνω, οι μαθητές καλούνται με τη βοήθεια των πινάκων αλλά και της γραφικής παράστασης που βλέπουν στην οθόνη τους, να κατασκευάσουν στο χαρτί τους ένα αντίστοιχο διάγραμμα χρονικής εξέλιξης της θερμοκρασίας των δυο υγρών.

Στο Β' μέρος του Φύλλου Εργασίας, υπάρχει μια δραστηριότητα στην οποία οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν πειραματικά δεδομένα που υποτίθεται ότι κατέγραψε μια άλλη ομάδα που μελέτησε το ίδιο φαινόμενο, με άλλο υγρό (λάδι). Οι μαθητές πρέπει κατ' αρχήν να σχεδιάσουν τη γραμμή που

αντιστοιχεί στο λάδι πάνω στο ίδιο διάγραμμα και στη συνέχεια να τη χρησιμοποιήσουν για να βρουν ποια είναι η θερμοκρασία βρασμού του.

Στη δραστηριότητα αυτή δηλαδή, καλλιεργούνται δεξιότητες εκμετάλλευσης πειραματικών δεδομένων, κατασκευής γραφικών παραστάσεων και χρήσης του για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Το μέρος αυτό, θα μπορούσε εναλλακτικά να γίνει και με τη μορφή συνεργατικής δραστηριότητας, κατά την οποία πράγματι διάφορες ομάδες εργασίας θα μελετήσουν κάθε μια ένα διαφορετικό υγρό, θα ανακοινώσουν τα αποτελέσματά τους στις υπόλοιπες (πιθανώς με χρήση e-mail), ώστε να ακολουθήσει η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω.

**B** Κάποια άλλη ομάδα εργασίας σε άλλη τάξη, μέτρησε τη **θερμοκρασία βρασμού** του λαδιού. Συγκεκριμένα ζέστανε **100 g** λαδιού αρχικής θερμοκρασίας **20 °C** με **χαμηλή παροχή** και παρατήρησε τα μεγέθη που καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα 3 :

Αλλαγή κλίσης της γραμμής στη γραφική παράσταση		
	Χρονική στιγμή	Θερμοκρασία
Λάδι 100 g	135 sec	300 °C

**Πίνακας 3**

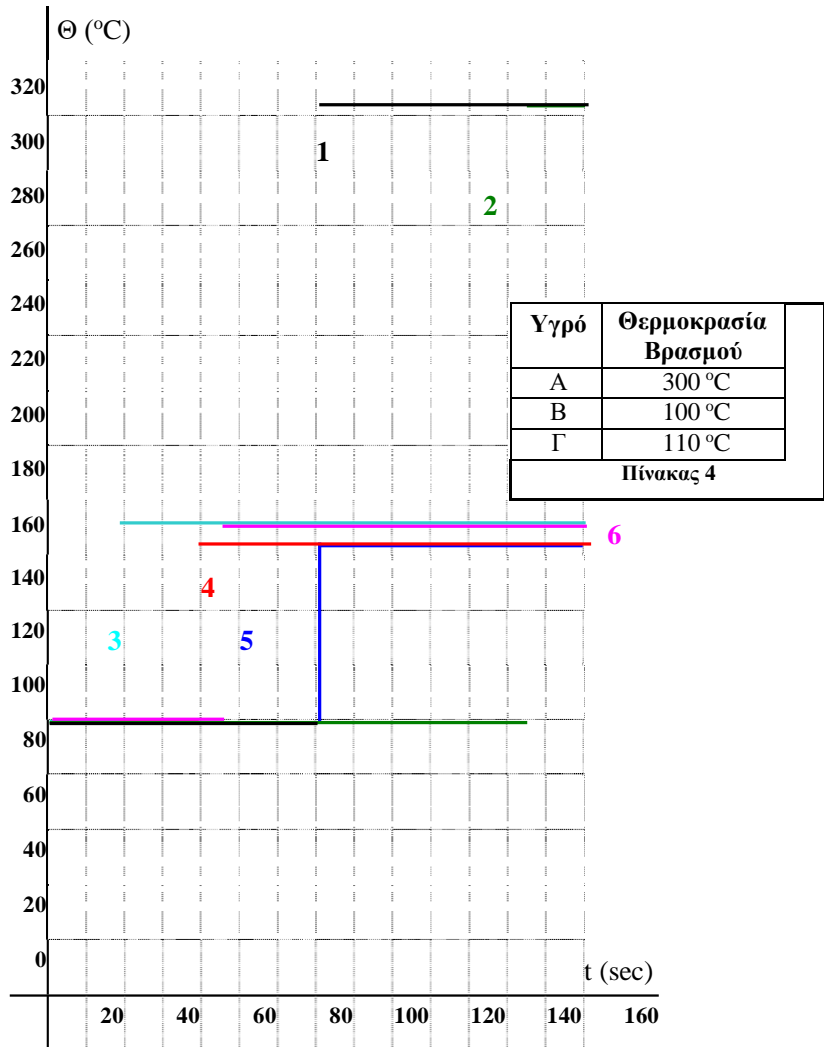
⇒ Με τη βοήθεια του πίνακα 3 να σχεδιάσεις τη γραμμή, που αντιστοιχεί στη θέρμανση της ποσότητας αυτής του λαδιού, στο ίδιο διάγραμμα 1 χρησιμοποιώντας μολύβι.

⇒ Με τα δεδομένα που έχεις, ποια πιστεύεις ότι είναι η θερμοκρασία βρασμού του λαδιού ;

**Θερμοκρασία βρασμού του λαδιού..... °C**

Τέλος, στο μέρος Γ', του Φύλλου Εργασίας, υπάρχει μια δραστηριότητα που αναφέρεται σε μια γνωστή πειραματική διαδικασία που αποτελεί εφαρμογή του συμπεράσματος ότι κάθε υλικό έχει τη δική του χαρακτηριστική θερμοκρασία βρασμού, την ταυτοποίηση. Έτσι, μετά από μια μικρή θεωρητική εισαγωγή, οι μαθητές καλούνται να αντιστοιχίσουν τις γραμμές θέρμανσης που

εμφανίζονται του παρακάτω διαγράμματος, με τις θερμοκρασίες βρασμού τριών διαφορετικών άγνωστων υλικών.



Διάγραμμα 2

Γραμμή θέρμανσης					
1	2	3	4	5	6
Υγρό					

Πίνακας 5

Οι γραμμές θέρμανσης είναι έξι, ενώ τα υλικά τρία, ώστε να γίνει κατανοητό ότι ασχέτως του τρόπου θέρμανσής του, το ίδιο υλικό φτάνει στο βρασμό πάντα στην ίδια θερμοκρασία.

Έτσι οι μαθητές ασκούνται εδώ στην ανάγνωση και την ερμηνεία γραφικών παραστάσεων.

## 5. Συμπεράσματα

Η διάδοση των νέων τεχνολογιών και η εν δυνάμει εφαρμογή τους στην εκπαίδευση, δημιουργεί νέες δυνατότητες στους διδάσκοντες και τους μαθητές για να ασκηθούν στην πειραματική εργασία και να εμπεδώσουν τα θεωρητικά πρότυπα. Η πειραματική εργασία διευρύνεται ώστε να συμπεριλάβει εικονικά πειράματα, τα οποία προσφέρονται για τη κατανόηση φαινομένων και την απόκτηση δεξιοτήτων, όπως είναι ο χειρισμός των συμβολικών αναπαραστάσεων των δεδομένων<sup>42</sup>.

Το "εικονικό εργαστήριο" που αναπτύχθηκε, είναι σε άμεση αλληλεπίδραση (interactivity) με τον χρήστη, ο οποίος παρακολουθεί ζωντανά, συμμετέχει, αλλά και κατευθύνει την εκτέλεση ενός φαινομένου, πραγματοποιεί μετρήσεις σε εικονικά όργανα, δημιουργεί την γραφική αναπαράσταση των μεταβολών. Το προτεινόμενο περιβάλλον παρουσιάζει επιπλέον πλεονεκτήματα, διότι έχει τη δυνατότητα ευέλικτης προσαρμογής στο Αναλυτικό Πρόγραμμα και σε ενδεχόμενες μεταβολές του. Έχει φιλική εργονομία και ευχάριστο -αισθητηριακά- περιβάλλον, με δυνατότητα αλληλεπίδρασης πολλαπλών μορφών με τους μαθητές, καλλιέργειας διερευνητικού πνεύματος και ανώτερων μαθησιακών δεξιοτήτων. Επιπλέον έχει δυνατότητα ένταξης σε πολλαπλά διδακτικά μοντέλα (μεταφοράς γνώσης, εποικοδομητισμός), σε συνδυασμό με τις κατάλληλες οδηγίες και το διαχειριστικό ρόλο του εκπαιδευτικού.

---

<sup>42</sup> Serre et.al 1998





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

---

#### 1. Εισαγωγή

Ο κύριος και προφανής στόχος του σχεδιασμού και της χρήσης ενός εκπαιδευτικού λογισμικού, είναι η βελτίωση της διαδικασίας διδασκαλίας / μάθησης. Η επίτευξη όμως του στόχου αυτού, δεν είναι εξίσου προφανής. Υπάρχουν τόσοι πολλοί παράγοντες που εμπλέκονται στη διαδρομή από την κατασκευή μέχρι τη χρήση και τη διδακτική εκμετάλλευση ενός λογισμικού, που το μονοπάτι, όχι μόνο δεν είναι μοναδικό, αλλά μάλλον είναι και πολύ δύσκολο να χαραχτεί.

Σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια χάραξης μιας πετυχημένης τέτοιας διαδρομής ή τουλάχιστον κάποιων τμημάτων της, έχει η διαδικασία της αξιολόγησης του εκπαιδευτικού λογισμικού ή με άλλα λόγια, ο ποιοτικός του έλεγχος. Μια τέτοια διαδικασία, μπορεί να γίνεται κατά τον σχεδιασμό, την κατασκευή, τη χρήση, αλλά ακόμη και να αφορά τα μαθησιακά αποτελέσματα που ένα λογισμικό μπορεί να επιφέρει.

Υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία διάφορες τάσεις και προτάσεις για τον τρόπο αξιολόγησης του εκπαιδευτικού λογισμικού. Η ευρύτερη κατηγοριοποίηση που συναντούμε αφορά το διαχωρισμό σε: (i) αξιολόγηση κατά τη διάρκεια κατασκευής του λογισμικού (formative) και (ii) συνολική αξιολόγηση του τελικού προϊόντος (summative).

Στο παραπάνω πλαίσιο, εμφανίζεται ιδιαίτερη προτίμηση, τόσο από τη μεριά των κατασκευαστών, όσο και των αξιολογητών, για την συνολική / αθροιστική αξιολόγηση (summative) των πακέτων λογισμικού<sup>43</sup>. Η αξιολόγηση αυτή γίνεται μετά από την ολοκλήρωση και παραγωγή του λογισμικού, με σκοπό να αποδειχθούν οι ιδιότητες και η λειτουργία του. Κλασικό παράδειγμα είναι οι παρουσιάσεις / κριτικές λογισμικού στον "ειδικό" περιοδικό τύπο. Η αξιολόγηση αυτή έχει συνήθως συγκριτικό χαρακτήρα, με σκοπό να καθοδηγήσει τον αγοραστή / χρήστη στην απόφασή του για αγορά του προϊόντος.

Προκειμένου για το εκπαιδευτικό λογισμικό, σκοπός του τύπου αυτού αξιολόγησης, είναι η διερεύνηση της αποτελεσματικότητάς του, όταν εντάσσε-

---

<sup>43</sup> Draper Stephen W., 1997, "The prospects for summative evaluation of C.A.L. in H.E.", Association of learning technology journal, Vol. 5, no. 1, pp. 33-39.

ται μέσα σε διαφορετικά μαθησιακά πλαίσια και μέσα από διαφορετικές συνθήκες χρήσης. Στη φάση αυτή είναι εφικτή και η συγκριτική αξιολόγηση, μια και το προϊόν έχει πια σταθεροποιηθεί και πιθανά έχει αποκτηθεί κάποια πείρα από τη χρήση του<sup>44</sup>. Η τάση αυτή, φαίνεται να έχει πολλούς οπαδούς γιατί η αξιολόγηση κατά τη διάρκεια της κατασκευής του λογισμικού (formative), είναι δυσκολότερη τόσο για πρακτικούς όσο και οικονομικούς λόγους<sup>45</sup>.

Η τάση αυτή όμως δέχεται πολλές κριτικές, μια και όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η εφαρμογή ενός λογισμικού στην εκπαιδευτική πράξη είναι μια διαδικασία τόσο πολύπλοκη, που καθιστά δύσκολο και τον συνολικό έλεγχο των αποτελεσμάτων της. Όπως επισημαίνεται και από τον S. W. Draper (1997)<sup>46</sup>: "Δεν μπορούμε να αντιμετωπίζουμε την χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού, σαν να ήταν μια ηλεκτρική συσκευή, της οποίας η απόδοση μετρείται μια φορά σε τυπικές συνθήκες και μας παρέχει έτσι τη δυνατότητα να αποφασίσουμε αν και με ποιο τρόπο θα τη χρησιμοποιήσουμε".

Για το λόγο αυτό, προτείνονται επιμέρους πλαίσια αξιολόγησης, που αποσκοπούν σε καλύτερη διακριτική ικανότητα και ίσως αποτελεσματικότητα της αξιολόγησης.

Ενδεικτικά μπορούμε να αναφερθούμε στις οπτικές αξιολόγησης λογισμικού που προτείνει ο M. Johnston<sup>47</sup>:

- (α) διαμορφωτική (formative), με στόχο τη βελτίωση του σχεδιασμού,
- (β) συγκριτική (comparative), για την διερεύνηση της εκπαιδευτικής του αποτελεσματικότητας,
- (γ) άμεσης παρατήρησης (direct observation), που λαμβάνει χώρα κατά την εφαρμογή,
- (δ) προβλεπτική (predictive), όπου γίνεται εκτίμηση των χαρακτηριστικών του λογισμικού.

Ακόμη όμως και αυτή η ίδια η διαδικασία, διεθνώς, δεν είναι ξεκάθαρη.

<sup>44</sup> Summative evaluation planning, PLUM project, I.E.T., Open University, <http://iet.open.ac.uk/plum/evaluation/Summative.html>

<sup>45</sup> H. Geissinger, "Educational software: criteria for evaluation", πρακτικά συνεδρίου "ASCILITE 97:Reflections on learning with Technology", Perth, Western Australia.

<sup>46</sup> Draper Stephen W., 1997, "The prospects for summative evaluation of C.A.L. in H.E.", Association of learning technology journal, Vol. 5, no. 1, pp. 33-39.

<sup>47</sup> Johnston M., 1987, "The evaluation of microcomputer programs: an area of debate", Journal of Computer Assisted Learning, Vol. 3.

Από τη μεριά του Π.Ι., το οποίο αποτελεί στη χώρα μας τον εθνικό φορέα παραγωγής / αξιολόγησης λογισμικού, εκφράζεται ένας ευρύτερος προβληματισμός<sup>48</sup>:

"Τα σχετικά ερωτήματα που τίθενται είναι πολλά:

- Τι είδους εκπαιδευτικό λογισμικό προέχει να δημιουργηθεί;
- Πώς μπορούν τα εθνικά εκπαιδευτικά συστήματα να ενθαρρύνουν την παραγωγή εκπαιδευτικού λογισμικού καλής ποιότητας;
- Πώς ορίζεται η ποιότητα του εκπαιδευτικού λογισμικού;
- Υπάρχουν κοινώς αποδεκτά πρότυπα ποιότητας;

Σαφείς απαντήσεις και στα πλέον θεμελιώδη από αυτά τα ερωτήματα δεν έχουν δοθεί. Αποτελούν διεθνώς αντικείμενο διαρκούς αναζήτησης και μελέτης. Οι απαντήσεις που δίνονται, αναθεωρούνται με γρήγορους ρυθμούς και οι μεθοδολογίες που εφαρμόζονται ποικίλουν." Από μέρους του Π.Ι. εξάλλου<sup>49</sup>, μετά από μελέτες πάνω στη διεθνή πρακτική αναφέρονται άλλοι τρόποι διάκρισης της διαδικασίας αξιολόγησης, όπως:

(α) σε προκαταρκτική (predictive) και ερμηνευτική (interpretive), όπου η μεν πρώτη γίνεται από ειδικούς αξιολογητές πριν από την τελική χρήση του λογισμικού, ενώ η δεύτερη γίνεται σε ελεγχόμενες συνθήκες ή ακόμη και στο σχολικό περιβάλλον, όπου το λογισμικό χρησιμοποιείται από τους ίδιους τους τελικούς χρήστες (μαθητές-καθηγητές),

ή ακολουθώντας μια πιο ευρύτερη οπτική (στο ίδιο σκεπτικό που αναλύθηκε και παραπάνω)

(β) σε αξιολόγηση του τελικού προϊόντος και αξιολόγηση κατά τη σχεδίαση και παραγωγή του (διαμορφωτική)

Σε ένα διαφορετικό πλαίσιο, που δεν αναιρεί βέβαια τα προηγούμενα, το Γραφείο Πιστοποίησης και Πολυμέσων του Π.Ι., καθορίζει τέσσερις γενικούς άξονες του εκπαιδευτικού λογισμικού, στους οποίους και βασίζει την αξιολόγησή του<sup>50</sup>:

- (α) Περιεχομένου
- (β) Διδακτικής και Παιδαγωγικής Μεθοδολογίας
- (γ) Ανθρώπινου παράγοντα και
- (δ) Τεχνολογίας

<sup>48</sup> "Έλεγχος ποιότητας εκπαιδευτικού λογισμικού: ο σχεδιασμός και το έργο του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου", Γ. Παπαδόπουλος.

<sup>49</sup> Όπως παραπάνω.

<sup>50</sup> "Η πληροφορική στο σχολείο - Γενικές Προδιαγραφές Εκπαιδευτικού Λογισμικού", Γραφείο Πιστοποίησης και Πολυμέσων - Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΥΠ.Ε.Π.Θ., 1998

περισσότεροι από τους οποίους αναλύονται σε επιμέρους και πιο λεπτομερείς άξονες.

Παρά τις όποιες αποκλίσεις και τις διαφορετικές οπτικές που αναφέραμε, ο στόχος της αξιολόγησης του εκπαιδευτικού λογισμικού, παραμένει κοινός: "ποιος είναι ο ρόλος του, στη στήριξη / ενίσχυση της μαθησιακής διαδικασίας".<sup>51</sup>

Μεταφέροντας λοιπόν τον παραπάνω προβληματισμό και λαμβάνοντας υπόψη το πακέτο λογισμικού που είχαμε στα χέρια μας και τις διαθέσιμες συνθήκες για την εφαρμογή του, μπορούμε να πούμε ότι ακολουθήσαμε μια αξιολόγηση που αφορά το τελικό προϊόν και είναι προβλεπτική (predictive), καθώς χρησιμοποιήθηκαν δυο ομάδες "ειδικών" καθηγητών μετά την ολοκλήρωση του πακέτου, αλλά πριν από την τελική του χρήση στο σχολείο<sup>52</sup>. Η επιλογή μας αυτή, προέκυψε από την πεποίθηση ότι η αξιολόγηση του πακέτου από καθηγητές είναι πολύ σημαντική. Αυτοί είναι που θα κληθούν αργότερα να το εφαρμόσουν στις τάξεις τους και η αποδοχή τους θα επηρεάσει, σε σημαντικό βαθμό, την επιτυχία της εφαρμογής του. Λεπτομέρειες για τις συνθήκες και τη διαδικασία ακολουθούν.

## 2. Το ερευνητικό ερώτημα

Το βασικό ερώτημα, που μας απασχόλησε τόσο κατά την φάση ανάπτυξης, αλλά και ελέγχθηκε μετά την παραγωγή του λογισμικού, είναι αν το συνολικό πακέτο που απαρτίζεται από το λογισμικό και τα προτεινόμενα Φύλλα Εργασίας, είναι **κατάλληλο για την υποστήριξη της εργαστηριακής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο.**

## 3. Μεθοδολογία της αξιολόγησης

### 3.α. Το δείγμα

Προκειμένου να αξιολογηθεί τόσο το λογισμικό όσο και τα Φύλλα Εργασίας (Φ.Ε.), επιλέξαμε ένα πληθυσμό από 39 καθηγητές Γυμνασίου - Λυκείου, κλάδου ΠΕ4. Όλοι οι καθηγητές έχουν υπερ-δεκαπενταετή πείρα στην εκπαίδευση.

Αναλυτικότερα το δείγμα μας αποτελείται από δύο ομάδες:

<sup>51</sup> Κουνατίδου Χ., 2000.

<sup>52</sup> Λεύκος, Ι., κά, 2001.

Η **Ομάδα Α**, αποτελείται από 33 καθηγητές, οι οποίοι παρακολουθούν ένα πρόγραμμα "Ετήσιας Επιμόρφωσης στις Φυσικές Επιστήμες". Θεωρούνται στην έρευνά μας (και διαπιστώθηκε από τις παρατηρήσεις) ότι κατέχουν μεγάλη εμπειρία και γνώση του αντικειμένου (domain experts).

Οι καθηγητές της ομάδας αυτής, κατέχουν τουλάχιστο τις βασικές δεξιότητες χρήσης των Η/Υ και κατά περίπτωση, περιορισμένη ή ελάχιστη εμπειρική γνώση, στη χρήση και την αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού

Η **Ομάδα Β**, απαρτίζεται από 6 καθηγητές, που εκτός από την μεγάλη τους εμπειρία και γνώση πάνω στο αντικείμενο (domain experts), έχουν παρακολουθήσει ετήσιο πρόγραμμα επιμόρφωσης (Ε42) πάνω σε θέματα "Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας" και στη "Χρήση των Νέων Τεχνολογιών" (computer experts).

Οι καθηγητές της **Ομάδας Β**, θεωρούμε ότι έχουν άριστη γνώση, όχι μόνο χρήσης Η/Υ, αλλά και αξιοποίησής τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς έχουν περάσει από διάφορα στάδια χρήσης, ανάλυσης και αξιολόγησης, μεγάλου αριθμού πακέτων εκπαιδευτικού λογισμικού σχετικών με Φυσικές Επιστήμες και πρόκειται να λειτουργήσουν ως πολλαπλασιαστές για την εισαγωγή και χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών στο σχολείο.

### 3.β. Οι συνθήκες παρατήρησης

Όλος ο πληθυσμός έρχονταν σε επαφή με το λογισμικό για πρώτη φορά, ο χρόνος που τους διατέθηκε για τη χρήση του ήταν μία ώρα, ενώ είχε προηγηθεί και περίπου μισής ώρας παρουσίαση - ξενάγηση των βασικών χαρακτηριστικών, δυνατοτήτων και λειτουργιών. Επειδή δε, το λογισμικό περιλαμβάνει δυο εικονικά εργαστήρια (θερμότητας - θερμοδυναμικής), οι καθηγητές χωρίστηκαν σε δυο μεγάλα γκρουπ, προκειμένου να έχουμε εκτιμήσεις από τη χρήση και των δυο εργαστηρίων.

Οι καθηγητές, στη συνέχεια, σχημάτισαν **ομάδες εργασίας** (των 2 ατόμων) και, προσομοιώνοντας την εργασία των μαθητών, κλήθηκαν να εργαστούν ακολουθώντας ένα συγκεκριμένο Φύλλο Εργασίας (**Παράρτημα 1**) ανάλογα με το εργαστήριο που θα χρησιμοποιούσαν. Όσο αφορά τη θερμότητα, το θέμα που κλήθηκαν να διαπραγματευτούν εργαστηριακά ήταν: "**Τήξη - πήξη: εξαρτάται η θερμοκρασία πήξης ή τήξης ενός σώματος, από το υλικό του;**", που αναφέρεται στην αντίστοιχη ενότητα της Γ' Γυμνασίου. Αντίστοιχα, στη θερμοδυναμική, διαπραγματεύτηκαν εργαστηριακά το θέμα: "**Θερμικές Μηχανές**", που αναφέρεται στην ομώνυμη ενότητα της Β' Λυκείου.

Οι ασκήσεις που κλήθηκαν να εκτελέσουν οι καθηγητές, ήταν βασισμένες σε στημένες πειραματικές διατάξεις, όπως φαίνεται και στα Φύλλα Εργασίας. Δεν απαιτήθηκε δηλαδή σύνθεση των συσκευών ούτε των οργάνων μέτρησης. Απλά «άνοιξαν» ένα δεδομένο αρχείο του Η/Υ, όπου ήταν από πριν στημένη όλη η διάταξη και οι απαραίτητες αρχικές ρυθμίσεις. Η προσέγγιση αυτή θεωρήθηκε προτιμότερη χάριν απλότητας και ευκολίας, μια και οι καθηγητές έρχονταν σε επαφή για πρώτη φορά με το λογισμικό.

Επομένως, η διαδικασία που ακολουθήσαμε μπορεί να περιγραφεί σε τρεις φάσεις:

Φάση Α	Επίδειξη του λογισμικού και συζήτηση
Φάση Β	Χωρισμός σε ομάδες εργασίας - Εκτέλεση ασκήσεων
Φάση Γ	Συμπλήρωση ερωτηματολογίου

Λεπτομέρειες για την Φάση Γ, ακολουθούν στην επόμενη παράγραφο.

## 4. Αξιολόγηση

### 4.α. Το εργαλείο της αξιολόγησης

Προκειμένου να απαντήσουμε στο ερευνητικό μας ερώτημα, συντάξαμε ερωτηματολόγιο, που απαντά κυρίως στα παρακάτω ερωτήματα:

- α)** Ποια είναι η εκτίμηση για την φιλικότητα/ ευκολία χρήσης του λογισμικού και κατά πόσο αυτή εξαρτάται από την εξοικείωση του χρήστη στους Η/Υ;
- β)** Ποια είναι η εκτίμηση για τη δυσκολία του Φύλλου Εργασίας και κατά πόσο αυτή εξαρτάται από την εξοικείωση του χρήστη στους Η/Υ;
- γ)** Ποια είναι η εκτίμηση για τα δυο παραπάνω αν η εφαρμογή γινόταν σε μαθητές;
- δ)** Ποια είναι η εκτίμηση για τη συνάφεια του λογισμικού με το Αναλυτικό Πρόγραμμα και για τη χρησιμότητά του στη διδασκαλία;

Το ερωτηματολόγιο, αποτελούταν από κλειστές (διαβαθμισμένες) και ανοιχτές ερωτήσεις, συμπληρώθηκε δε **ατομικά**, μετά από τη χρήση του λογισμικού και τη συμπλήρωση του Φύλλου Εργασίας. Οι κλειστές ερωτήσεις, είχαν όλες 4/βάθμια κλίμακα προκειμένου να αποφευχθεί η (πολύ συνηθισμένη) συγκέντρωση απαντήσεων στο μέσο της κλίμακας. Οι ερωτήσεις αυτές ουσια-

στικά μπορούμε να πούμε ότι ήταν ποιοτικές και ίσως να ακούσε μια δυαδική κλίμακα (Ναι/Όχι), προτιμήσαμε όμως να αυξήσουμε τη διακριτική ικανότητά της με δυο ακόμη ενδιάμεσες διαβαθμίσεις.

Η τελική μορφή του ερωτηματολογίου, που παρουσιάζουμε εδώ, προέκυψε μετά από διερεύνηση που βασίστηκε κυρίως σε μια συγκεντρωτική βιβλιογραφική εργασία των Squires & McDougall<sup>53</sup>, οι οποίοι παραθέτουν πλειάδα ερωτηματολογίων αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού, από ερευνητές ή εταιρίες παραγωγής. Ένα πρώτο σχέδιο που προέκυψε από τη διερεύνηση αυτή και φυσικά κατευθύνθηκε από τα ερευνητικά μας ερωτήματα, επιδείχθηκε σε έμπειρους καθηγητές και μεταπτυχιακούς φοιτητές, που ασχολούνται με το εκπαιδευτικό λογισμικό, προκειμένου να ελεγχθεί σε πρώτη φάση η σαφήνεια του περιεχομένου του. Μετά από τα σχόλια και τις παρατηρήσεις που συλλέξαμε, καταλήξαμε στην τελική μορφή, η οποία και χρησιμοποιήθηκε στην έρευνά μας.

Οι κλειστές ερωτήσεις, αναλύθηκαν στατιστικά και παρουσιάζονται παρακάτω. Για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκαν οι απαντήσεις της ομάδας Α, μια και αποτελεί ένα τυπικό δείγμα καθηγητών, ενώ σαν επιπλέον και λεπτομερέστερη πληροφορία, γίνεται κάθε φορά σύγκριση με τις απαντήσεις της ομάδας Β, η οποία παίζει ένα ρόλο ομάδας ελέγχου.

Οι ανοιχτές απαντήσεις, μας έδωσαν υλικό για να γίνουν εκτιμήσεις των τάσεων και στάσεων των καθηγητών ενώ ταυτόχρονα έγινε σύγκριση με τις κλειστές. Σημειώνουμε εδώ ότι, στους 6 καθηγητές της Ομάδας Β, δόθηκαν κάποιες επιπλέον ερωτήσεις (5Α-5Β), μια και ήμαστε βέβαιοι, βάση της προϋπάρχουσας εκπαίδευσής τους, για την δυνατότητά τους να απαντήσουν.

Οι απαντήσεις στις κλειστές ερωτήσεις, της Ομάδας Α, αντιμετωπίζονται ενιαία ανεξαρτήτως του εργαστηρίου που μελέτησαν, μια και η ανάλυσή τους μας έδωσε μη σημαντικές αποκλίσεις ανά ερώτηση (της τάξεως του 0,02 - 0,05 του Μ.Ο.), προσφέροντάς μας έτσι το πλεονέκτημα του μεγαλύτερου πλήθους δείγματος. Οι απαντήσεις στις ανοιχτές ερωτήσεις, αντίθετα, διαχωρίστηκαν και η πιο κάτω ανάλυση αφορά μόνο το εργαστήριο της Θερμότητας

Επιπλέον δεδομένα για την αξιολόγηση, λήφθηκαν και από το ίδιο το Φύλλο Εργασίας. Έτσι, αφενός ελέγχθηκε η ορθότητα και ο βαθμός συμπλήρωσής τους, αφετέρου καταγράφηκε ο χρόνος που χρειάστηκε για την ολοκλήρω-

<sup>53</sup> Squires D. & McDougall A., 1994, "Choosing and Using Educational Software: A Teachers' Guide", Falmer Press, Bristol, PA, U.S.

ση κάθε τμήματός του.

#### **4.β. Περιγραφή του ερωτηματολογίου**

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήσαμε ήταν ενιαίο και για τα δυο εργαστηριακά περιβάλλοντα με τα οποία ήρθαν σε επαφή οι χρήστες. Προκειμένου όμως να γίνει στη συνέχεια καταμερισμός των απαντήσεων, στην κορυφή του ερωτηματολογίου υπήρχε ένα πεδίο για να συμπληρώσουν οι χρήστες το εργαστήριο, θερμότητα ή θερμοδυναμική, που αξιολόγησαν. Η επιλογή του ενός ή άλλου θέματος, έγινε με κριτήριο την πρόσφατη εμπειρία τους μέσα στη τάξη. Αν δηλαδή είχαν διδάξει Θερμότητα ή Θερμοδυναμική αντίστοιχα, τα τελευταία 3 χρόνια.

Στη συνέχεια ακολουθούν οι επιμέρους ερωτήσεις που περιείχε το ερωτηματολόγιο:

##### **1. Ποιος είναι ο βαθμός εξοικειώσής σας με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή;**

Η ερώτηση αυτή (κλειστή, 4/βάθμια), αποσκοπούσε όχι τόσο στην αντικειμενική ταξινόμηση των καθηγητών πάνω στην εξοικειώσή τους με τον Η/Υ, αλλά στην άποψη που οι ίδιοι έχουν για τον εαυτό τους. Εξαιρώντας βέβαια τον πληθυσμό της ομάδας Β, που εκ των πραγμάτων ανήκουν στην κατηγορία της μέγιστης εξοικειώσης, μας ενδιέφερε να καταγράψουμε τη στάση των καθηγητών απέναντι στο πακέτο ΣΕΠ, ανάλογα με την αίσθηση που έχουν οι ίδιοι για τη χρήση των Η/Υ.

##### **2. Α. Πόσο εύκολο/ φιλικό βρήκατε το εικονικό εργαστήριο με το οποίο ασχοληθήκατε;**

##### **Β. Πόσο εύκολο/ φιλικό θεωρείτε ότι θα ήταν το ίδιο περιβάλλον για το μαθητή;**

Η ερώτηση αυτή, διαχωρίστηκε σε δυο υπο-ερωτήσεις (κλειστές, 4/βάθμιες), κάθε μια από τις οποίες απαντήθηκε χωριστά. Ο διαχωρισμός αυτός μας έδωσε τη δυνατότητα να καταγράψουμε την εκτίμηση των καθηγητών για την ευχρηστία του λογισμικού, τόσο για τους ίδιους όσο και για τους μαθητές τους.

##### **3. Α. Πόσο σαφείς βρήκατε τις οδηγίες του φύλλου εργασίας;**

Η ερώτηση αυτή (κλειστή, 4/βάθμια), αναφέρεται καθαρά στο Φύλλο Εργασίας που χρησιμοποιήσαν οι καθηγητές. Βέβαια, η επαφή τους ήταν με ένα



μόνο συγκεκριμένο Φύλλο Εργασίας, όμως μπορούμε να γενικεύσουμε την παρατήρησή μας, επειδή όλα τα Φύλλα Εργασίας έχουν την ίδια γενική φιλοσοφία, δομή και γλώσσα (με τη διευκρίνιση ότι αυτό αφορά καθένα από τα δυο εργαστήρια χωριστά).

### **3. Β. Πόσο δύσκολο ήταν να εκτελεστούν οι δραστηριότητες που περιλάμβανε;**

Στο ίδιο πλαίσιο της αξιολόγησης του Φύλλου Εργασίας, η ερώτηση αυτή (κλειστή, 4/βάθμια), αποσκοπεί στην καταγραφή της εκτίμησης για τη δυσκολία των δραστηριοτήτων. Τα αποτελέσματα αυτής της καταγραφής, στη συνέχεια συνεκτιμήθηκαν μαζί με τις παρατηρήσεις μας για το βαθμό ολοκλήρωσης των δραστηριοτήτων, κατά τη χρήση του λογισμικού, στο δεδομένο χρόνο που προσφέρθηκε.

### **4. Α. Πόσο χρήσιμο θεωρείτε για τη διδασκαλία σας, το εικονικό εργαστήριο με το οποίο ασχοληθήκατε;**

Η ερώτηση αυτή (κλειστή, 4/βάθμια), αφορά την εκτίμηση για τη χρησιμότητα του λογισμικού στο σχολείο. Οι ερωτώμενοι καθηγητές, όπως αναφέραμε και πριν, έχουν την κατάλληλη διδακτική πείρα, ώστε να εκφέρουν την άποψή του πάνω σ' αυτό το θέμα.

### **4. Β. Ποια η σχέση του με το αναλυτικό πρόγραμμα (Α.Π.);**

Η ερώτηση αυτή (κλειστή, 4/βάθμια), ζητούσε την άποψη των χρηστών, για την σχέση του λογισμικού (του όποιου εργαστηρίου είχαν χρησιμοποιήσει) με το Αναλυτικό Πρόγραμμα του Γυμνασίου-Λυκείου, αν δηλαδή τα φαινόμενα που διαπραγματεύεται, εντάσσονται στα πλαίσια της σχολικής ύλης. Θα μπορούσε κάποιος βέβαια να υποθέσει ότι μια τέτοια ερώτηση είναι άτοπη, αφού η σχολική ύλη είναι μεταβλητή. Δεδομένης όμως της ανοιχτής δομής των εικονικών εργαστηρίων του ΣΕΠ, με την πληθώρα των φαινομένων που αντιμετωπίζει, αλλά και της κυρίαρχης θέσης που έχουν τα φαινόμενα αυτά της θερμότητας και Θερμοδυναμικής στο Αναλυτικό Πρόγραμμα, πιστεύουμε ότι η ερώτηση όχι μόνο δεν είναι άτοπη, αλλά ότι είναι καίρια για την αξιολόγηση του λογισμικού. Επιπλέον, είναι σημαντικό για την Ελληνική πραγματικότητα να καταγραφούν αυτές οι απόψεις, διότι η ελληνική "αγορά" λογισμικού, τροφοδοτείται κυρίως από ξένες παραγωγές (έστω εξελληνισμένες), που μικρή σχέση έχουν με

τις ανάγκες και απαιτήσεις του ελληνικού σχολείου και Α.Π.

Θα πρέπει όμως να διευκρινίσουμε ότι η ερώτηση 4, όπως και η 2, απαντιούνται από τους καθηγητές κρίνοντας από τη μικρή αυτή ενασχόλησή τους με το λογισμικό.

**5. Α. Αναφέρετε μέχρι τρεις ενότητες του Α. Π. στη διδασκαλία των οποίων θα μπορούσε κατά τη γνώμη σας να εφαρμοστεί το εικονικό εργαστήριο :**

Η ερώτηση αυτή είναι ανοιχτού τύπου και δρα συμπληρωματικά με την προηγούμενη (4B). Οι καθηγητές κλήθηκαν να απαντήσουν βάσει της εμπειρίας τους. Μπορούμε να πούμε δε ότι, αποτελεί κατά κάποιο τρόπο πιστοποίηση των απόψεων που καταγράφηκαν στην 4B, αφού ζητά την καταγραφή συγκεκριμένων παραδειγμάτων για τη σχέση του λογισμικού με το Α.Π.

**5. Β. Σχεδιάσετε συνοπτικά μια άλλη εργαστηριακή άσκηση θερμότητας ή θερμοδυναμικής για εφαρμογή του εικονικού εργαστηρίου από τους μαθητές. Παρακαλούμε απαριθμήστε τα κύρια βήματα δραστηριοτήτων που θα ζητούσατε να εκτελέσουν οι μαθητές σας:**

Η ερώτηση αυτή είναι επίσης ανοιχτή και βασίζεται από τη μια στη διδακτική πείρα των καθηγητών και από την άλλη στην εντύπωση που αποκόμισαν από τη χρήση του ΣΕΠ.

Σημειώνουμε και πάλι εδώ ότι, οι ερωτήσεις 5A & 5B, δόθηκαν μόνο στους 6 καθηγητές της Ομάδας Β, γιατί κρίναμε ότι εκτός από διδακτική εμπειρία, απαιτούν και εμπειρία από τη χρήση λογισμικού, άρα δεν ήταν εφικτό να ερωτηθούν οι υπόλοιποι καθηγητές για τους οποίους δεν ήταν γνωστή η εμπειρία τους στο πεδίο αυτό.

**6. Αναφέρετε επιγραμματικά μέχρι δυο πλεονεκτήματα ή /και μειονεκτήματα του εικονικού εργαστηρίου σε σχέση με ένα κλασικό (πραγματικό) εργαστήριο.**

Η ερώτηση αυτή, είναι ανοιχτή και αποσκοπεί στην αποτύπωση των κυριότερων χαρακτηριστικών, κατά την άποψη των χρηστών, βάσει των οποίων το εικονικό εργαστήριο που χρησιμοποιήσαν υπερτερεί ή υστερεί έναντι ενός πραγματικού εργαστηρίου. Οι απαντήσεις των χρηστών, σίγουρα συνδέονται και με την άποψή τους περί της χρησιμότητας του λογισμικού στην τάξη, όπως έχει ήδη καταγραφεί σε προηγούμενη ερώτηση.

## 4.γ. Το ερωτηματολόγιο

**Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον- Ερωτηματολόγιο (../12/2000)**

Θερμότητα .....

Θερμοδυναμική .....

Πρόγραμμα επιμόρφωσης:

1. Ποιος είναι ο βαθμός εξοικείωσής σας με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή;

Κανένας ..... Μικρός ..... Μέτριος ..... Μεγάλος .....

2. A. Πόσο εύκολο/ φιλικό βρήκατε το εικονικό εργαστήριο με το οποίο ασχοληθήκατε;

Πολύ εύκολο .....

Σχετικά εύκολο .....

Σχετικά δύσκολο .....

Πολύ δύσκολο .....

B. Πόσο εύκολο/ φιλικό θεωρείτε ότι θα ήταν το ίδιο περιβάλλον για το μαθητή;

Πολύ εύκολο .....

Σχετικά εύκολο .....

Σχετικά δύσκολο .....

Πολύ δύσκολο .....

3. A. Πόσο σαφείς βρήκατε τις οδηγίες του φύλλου εργασίας;

Ασαφείς .....

Μάλλον ασαφείς .....

Μάλλον σαφείς .....

Σαφείς .....

B. Πόσο δύσκολο ήταν να εκτελεστούν οι δραστηριότητες που περιλάμβανε;

Πολύ εύκολο .....

Σχετικά εύκολο .....

Σχετικά δύσκολο .....

Πολύ δύσκολο.....

4. A. Πόσο χρήσιμο θεωρείτε το εικονικό εργαστήριο που ασχοληθήκατε στη διδασκαλία σας;

Καθόλου χρήσιμο .....

Σχετικά χρήσιμο .....

Αρκετά χρήσιμο .....

Πολύ χρήσιμο .....

B. Ποια η σχέση του με το αναλυτικό πρόγραμμα (Α.Π.);

Καμιά σχέση .....

Μικρή σχέση .....

Μέτρια σχέση .....

Μεγάλη σχέση .....

5. A. Αναφέρετε μέχρι τρεις ενότητες του Α. Π. στη διδασκαλία των οποίων θα μπορούσε κατά τη γνώμη σας να εφαρμοστεί το εικονικό εργαστήριο :

1.....

2.....

3. ....

B. Σχεδιάσετε συνοπτικά μια άλλη εργαστηριακή άσκηση θερμότητας ή θερμοδυναμικής για εφαρμογή του εικονικού εργαστηρίου από τους μαθητές. Παρακαλούμε απαριθμήστε τα κύρια βήματα δραστηριοτήτων που θα ζητούσατε να εκτελέσουν οι μαθητές σας:

α.

β.

γ.

.....

6. Αναφέρετε επιγραμματικά μέχρι δυο πλεονεκτήματα ή /και μειονεκτήματα του εικονικού εργαστηρίου σε σχέση με ένα κλασικό (πραγματικό) εργαστήριο.**Πλεονεκτήματα:****Μειονεκτήματα:**

### 5. Χαρακτηριστικές απαντήσεις στις ανοιχτές ερωτήσεις

Επειδή η έρευνα στην οποία αναφερόμαστε έχει παρουσιαστεί αλλού (Λεύκος κ.α., 2001), θα επικεντρωθούμε στην αναφορά μόνο των απαντήσεων που έδωσαν οι καθηγητές του στην ερώτηση που αφορούσε τα Μειονεκτήματα / πλεονεκτήματα του ΣΕΠ και στη συνέχεια θα περάσουμε στα συμπεράσματα. Στους παρακάτω πίνακες εμφανίζονται χαρακτηριστικές τέτοιες απαντήσεις, της Ομάδας Α και της Ομάδας Β χωριστά, προκειμένου να γίνει σύγκριση μεταξύ τους. Οι απαντήσεις παρατίθενται χωρίς αξιολογική σειρά, ενώ αρκετές από αυτές εμφανίζονται περισσότερες από μια φορά με την ίδια ή παραπλήσια μορφή.

#### Ομάδα Α

<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
1. Πληθώρα δοκιμών - επαναλήψεων	1. Ανάγκες σε Η/Υ
2. Ευκολία παραμετροποίησης	2. Δεν ασκούνται χειρωνακτικές δεξιότητες
3. Επιβεβαίωση αποτελεσμάτων (ασκήσεων)	3. Μετρήσεις χωρίς σφάλματα
4. Άμεση παρουσίαση - εικονοποίηση των αποτελεσμάτων	4. Απαιτείται εξοικείωση με Η/Υ
5. Εποπτική παρουσίαση εννοιών	5. Δημιουργείται η λάθος εντύπωση ότι τα πειράματα γίνονται εύκολα
6. Εύκολη υλοποίηση πειραματικών διατάξεων - λήψη μετρήσεων - καθορισμός συνθηκών πειράματος	6. Χρειάζεται έλεγχος από το διδάσκοντα για να μη φανεί απλά σαν παιχνίδι
7. Αποφυγή ατυχημάτων	
8. Μικρό κόστος εργαστηρίου	
9. Μετρήσεις χωρίς σφάλματα	
10.Χρονικό κέρδος	
11.Διασαφήνιση δύσκολων σημείων θεωρίας	
12.Φιλικό Περιβάλλον	

**Ομάδα Β**

<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Συνδυασμός με γραφικές παραστάσεις</li> <li>2. Φιλικό Περιβάλλον</li> <li>3. Αποφυγή ατυχημάτων</li> <li>4. Ελαχιστοποίηση χρόνου πραγματοποίησης</li> <li>5. Δυνατότητα εύκολης παραμετροποίησης - αλλαγής - επανάληψης πειραμάτων</li> <li>6. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προπαρασκευή των μαθητών για "κλασσικό" εργαστήριο</li> <li>7. Ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων</li> <li>8. Δυνατότητα επεξεργασίας δεδομένων</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Χάνονται οι χειρωνακτικές δεξιότητες</li> <li>2. Δεν υπάρχουν σφάλματα μετρήσεων</li> <li>3. Απαιτείται εξοικείωση με τον Η/Υ</li> </ol>

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι, οι απαντήσεις των δυο ομάδων έχουν αρκετή συνάφεια μεταξύ τους, όμως στην Ομάδα Β, εκφράζονται κάποιες πιο προχωρημένες απόψεις, όπως η μεγάλη σημασία των συγχρονικών γραφικών παραστάσεων, η ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων των μαθητών, η εκμάθηση επεξεργασίας πειραματικών δεδομένων και η προπαρασκευή τους για καλύτερη αντιμετώπιση του "κλασσικού" εργαστηρίου.

**6. Συμπεράσματα**

Ολοκληρώνοντας την πιλοτική αξιολόγηση, καταλήξαμε σε ορισμένα συμπεράσματα σε σχέση και με τα ερευνητικά μας ερωτήματα.

Ξεκινούμε και πάλι από την επισήμανση ότι, οι χρήστες (Ομάδα Α) που κλήθηκαν να αξιολογήσουν το πακέτο αυτό εκπαιδευτικού λογισμικού, ήρθαν για πρώτη φορά σε επαφή μαζί του και μετά από ολιγόλεπτη εξοικείωση, ενώ θυμίζουμε ότι, το δείγμα αποτελείται από καθηγητές με κατά μέσο όρο μέτρια εξοικείωση με τους Η/Υ και μάλλον (τυπική) φτωχή εξοικείωση με πειραματικές διεργασίες και χρήση Φύλλων Εργασίας.

Μετά από όλα αυτά μπορούμε να πούμε ότι:

α) το λογισμικό τους φάνηκε αρκετά εύκολο στη χρήση, αλλά εκφράζουν κάποια επιφύλαξη για την αντιμετώπισή του από τους μαθητές.

β) τα Φύλλα εργασίας θεωρούν ότι είναι σαφή, αλλά τους φάνηκαν κάπως δύσκολα στην εκτέλεση. Παρόλ' αυτά, οι χρόνοι που σημείωσαν στην ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων, είναι αντίστοιχοι με αυτούς της Ομάδας Β, που έχουν δεδομένη εξοικείωση τόσο στη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού, όσο και Φύλλων Εργασίας. Άρα πρόκειται απλά για έκφραση κάποιου είδους φοβίας και όχι αντικειμενικής δυσκολίας.

γ) το λογισμικό τους φάνηκε πολύ χρήσιμο για την διδασκαλία τους και πιστεύουν ότι είναι απόλυτα συμβατό με το Α.Π. του σχολείου.

δ) τα πλεονεκτήματα που αναγνώρισαν από τη μικρή αυτή χρήση, ταυτίζονται, ουσιαστικά, με αυτά των καθηγητών της Ομάδας Β, οι οποίοι έχουν αποκτήσει μια αρκετά καλή κριτική ικανότητα, χάρη στην εκπαίδευσή τους από το πρόγραμμα επιμόρφωσης (Ε42), με κυριότερα την ευκολία στην παραμετροποίηση των μεταβλητών, την ευκολία επαναλήψεων των πειραμάτων και την δυνατότητα πολλαπλών αναπαραστάσεων των φαινομένων. Στα μειονεκτήματα αναφέρουν αυτά για τα οποία θα μπορούσε κανείς να επιχειρηματολογήσει ευρύτερα κατά της χρήσης των Η/Υ, όπως η "εικονική" και όχι ρεαλιστική άσκηση δεξιοτήτων των μαθητών και η απαραίτητη ύπαρξη Η/Υ στα σχολεία και εξοικείωσης των μαθητών στη Νέα Τεχνολογία. Είναι φανερό, δε, ότι μια τέτοια συζήτηση, διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα, αρχίζει να γίνεται παρωχημένη.

Άρα, μπορούμε να πούμε με αρκετή βεβαιότητα ότι, το πακέτο κρίθηκε πολύ θετικά από τους καθηγητές του δείγματος, επομένως θετική είναι και η απάντηση στο κυρίαρχο ερευνητικό μας ερώτημα: **Το εκπαιδευτικό πακέτο που παρουσιάσαμε, είναι κατάλληλο για την υποστήριξη της εργαστηριακής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο.**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

Καθώς η τεχνολογία των Η/Υ, έχει εξελιχθεί στο σημερινό της υψηλό επίπεδο, φαίνεται πως έχουν ωριμάσει αρκετά και οι απόψεις για τον τρόπο χρήσης τους στην εκπαίδευση.

Ακολουθώντας τα σύγχρονα ψυχοπαιδαγωγικά ρεύματα, εμφανίζονται πακέτα εκπαιδευτικού λογισμικού, που έχουν πολυμεσικό χαρακτήρα και ανοιχτό περιβάλλον αλληλεπίδρασης του χρήστη - μαθητή. Τα λογισμικά με τα χαρακτηριστικά αυτά, τοποθετούν στο επίκεντρο της μαθησιακής ακολουθίας τον ίδιο τον μαθητή, καλλιεργώντας τις διερευνητικές του δεξιότητες και προσφέροντάς του πολλαπλές αναπαραστάσεις των πληροφοριών.

Οι Η/Υ, εδώ και πολλά χρόνια, εμφανίζονται στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Κυρίαρχη τάση στην διδακτική εκμετάλλευση των δυνατοτήτων τους είναι τα λογισμικά προσομοίωσης των φυσικών φαινομένων, ενώ εφαρμογές που συνδυάζουν προσομοιώσεις και ανοιχτό - διερευνητικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης, αποτελούν τα εικονικά εργαστήρια ή μικρόκοσμοι.

Το "Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας" του Σ.Ε.Π., είναι ένα λογισμικό που προσομοιάζει ένα πραγματικό εργαστήριο μελέτης θερμικών φαινομένων, συνδυάζει τον ανοιχτό χαρακτήρα των μικροκόσμων, παρέχει μεγάλη δυνατότητα ελευθερίας και διαισθητικών χειρισμών από τους μαθητές και προσφέρει πολλαπλές αναπαραστάσεις των υπό μελέτη φαινομένων.

Χαρακτηριστικά του εικονικού εργαστηρίου, είναι η μεγάλη ευκολία στη σύνθεση και τροποποίηση των πειραματικών διατάξεων, που αποφέρει χρονικά οφέλη στην μελέτη ειδικά των θερμικών φαινομένων και διευκολύνει έτσι την παραμετροποίηση των μεγεθών που λαμβάνουν μέρος σε αυτά, όπως και η δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, που δεν θα ήταν εφικτή σε ένα πραγματικό εργαστήριο.

Φαίνεται λοιπόν ότι ένα εργαλείο εργαστηριακής μελέτης όπως το Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας, μπορεί να ξεπεράσει κάποια από τα μειονεκτήματα που απαντώνται σε ένα πραγματικό εργαστήριο, επεκτείνοντας τα όριά του και προσφέρεται για την ενίσχυση και την καλλιέργεια των εργαστηριακών και διερευνητικών δεξιοτήτων των μαθητών. Με τη λογική αυτή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα και συμπληρωματικά με το πραγματικό εργαστήριο,

εμπλουτίζοντας τις εμπειρίες των μαθητών.

Κυρίαρχη θέση στο εικονικό εργαστήριο, καταλαμβάνουν οι γραφικές αναπαραστάσεις των χρονικών μεταβολών των φυσικών μεγεθών της θερμότητας και της θερμοκρασίας, που εμφανίζονται ταυτόχρονα και συγχρονικά με την εξέλιξη του φαινομένου που παρακολουθεί ο μαθητής.

Καθώς τα προσομοιωμένα φαινόμενα βασίζονται σε μια αλγοριθμική προσέγγιση του πραγματικού κόσμου, όπως αυτός ερμηνεύεται από το επιστημονικό θεωρητικό μοντέλο και οι γραφικές παραστάσεις των μεγεθών αναπαριστούν με γραφικό τρόπο την χρονική εξέλιξή τους, το περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου αποτελεί για τους μαθητές ένα πολύ καλό μέσο υποβοήθησης των νοητικών διασυνδέσεων μεταξύ δυο κόσμων, του κόσμου των φαινομένων και της θεωρίας.

Η διδακτική ακολουθία που αναπτύχθηκε σχετικά με τα φαινόμενα αλλαγής φυσικής κατάστασης, βασισμένη πάνω στο εικονικό εργαστήριο, υλοποιήθηκε με την μορφή Φύλλων Εργασίας, στα οποία με τα οποία γίνεται προσπάθεια εκμετάλλευσης των παραπάνω χαρακτηριστικών του εργαστηρίου. Έτσι, οι μαθητές καθοδηγούνται να μελετήσουν τα φαινόμενα, με τρόπο ώστε να προσλαμβάνουν τις αναπαραστάσεις τους με πολλαπλούς τρόπους, με σκοπό την επιτυχέστερη κατανόησή τους.

Κάθε Φύλλο Εργασίας, διαπραγματεύεται διάφορες πτυχές ενός φαινομένου και περιλαμβάνει αρκετές εργαστηριακές δραστηριότητες, με κοινούς γνωστικούς στόχους αλλά και ευρύτερους στόχους ανάπτυξης πειραματικών δεξιοτήτων των μαθητών. Το γεγονός αυτό δίνει σε κάθε Φύλλο Εργασίας μια αρθρωτή δομή, σε τμήματα, με δραστηριότητες που έχουν μια σχετική αυτονομία.

Με τη δομή αυτή των Φύλλων Εργασίας, προσφέρεται στον καθηγητή η επιλογή της εκτέλεσης ολόκληρου ή κάποιων τμημάτων τους. Κατ' επέκταση, ο καθηγητής μπορεί να προσαρμόσει την διδακτική του προσέγγιση, ανάλογα με την φιλοσοφία του, αλλά και τη φυσιογνωμία και τις απαιτήσεις της τάξης του. Είναι δε δυνατό, να συνδυάσει κάποιες πειραματικές δραστηριότητες του εικονικού εργαστηρίου, με άλλες στο πραγματικό εργαστήριο, εκμεταλλευόμενος τα πλεονεκτήματα που προσφέρει κάθε ένα και δίνοντας μια ευρύτητα εμπειριών και αναπαραστάσεων στους μαθητές, οδηγώντας τους επιτυχέστερα στην κατανόηση των θερμικών φαινομένων.

Καθώς το περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου και τα συνοδευτικά Φύλλα Εργασίας, δεν έχουν ακόμη δοκιμαστεί σε πραγματικές συνθήκες τάξης,



ήταν πολύ ενδιαφέρον να δοκιμάσουμε μια πιλοτική του εφαρμογή και αξιολόγηση.

Για την πιλοτική αυτή αξιολόγηση επιλέχθηκε σαν δείγμα ένα πληθυσμός από δυο ομάδες καθηγητών ειδικότητας Π.Ε.04. (Φυσικών Επιστημών). Η επιλογή αυτή του δείγματος, βασίστηκε στην πεποίθηση ότι οποιαδήποτε προσπάθεια να εφαρμοστεί κάποια καινοτομία όπως η διδασκαλία με τις Νέες Τεχνολογίες, πρέπει πρώτα να γίνει αποδεκτή από του ίδιους τους καθηγητές που θα την εφαρμόσουν. Αν οι καθηγητές δηλαδή δεν πειστούν για την διδακτική αξία και την ευχρηστία της, το πιθανότερο είναι ότι η καινοτομία δεν θα πετύχει στην εφαρμογή της.

Οι δυο ομάδες που αποτέλεσαν το δείγμα της αξιολόγησης, είχαν ως κοινό την μεγάλη (υπερ-15ετή) διδακτική εμπειρία. Κατά τα άλλα, η **B** ομάδα (6 άτομα), εκτός της εμπειρία τους έχουν και καλή γνώση των Η/Υ, όχι μόνο ως χειρισμό, αλλά και ως εφαρμογή στη διδακτική διαδικασία, έχοντας συμμετάσχει σε επιμορφωτικό πρόγραμμα 6μηνης διάρκειας (Έργο Ε42) με θέμα την εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στο σχολείο. Η **A** ομάδα, από την άλλη μεριά (33 άτομα), δεν έχει αυτή την εξειδίκευση και όπως φάνηκε από τις απαντήσεις τους, οι γνώσεις τους τόσο στον χειρισμό των Η/Υ, όσο και στην εφαρμογή τους, εμφανίζουν μια κατανομή (από καμία μέχρι πολύ καλή), που θεωρήθηκε «τυπική» σε σχέση με την γενική εικόνα καθηγητών – χρηστών Η/Υ, που παρατηρείται σήμερα στη χώρα μας. Η διπλή αυτή υπόσταση των ομάδων **A** και **B**, μας έδωσε τη δυνατότητα να ελέγξουμε την στάση των καθηγητών απέναντι στο πακέτο, σε σχέση με την εμπειρία τους στους Η/Υ.

Η αξιολόγηση, ακολούθησε την εξής διαδικασία. Αρχικά έγινε μια μικρή επίδειξη του λογισμικού, μια και οι καθηγητές δεν το είχαν ξαναδεί, όπου παρουσιάστηκαν σύντομα τα κύρια χαρακτηριστικά και λειτουργίες του εικονικού εργαστηρίου. Στη συνέχεια κλήθηκαν να ακολουθήσουν (μπαίνοντας στο ρόλο μαθητή), ένα δεδομένο Φύλλο Εργασίας σε ομάδες των 2 ατόμων, εκτελώντας όλες τις δραστηριότητες και σημειώνοντας ταυτόχρονα το χρόνο που απαιτήθηκε. Τέλος, τους ζητήθηκε να συμπληρώσουν ατομικά ένα ερωτηματολόγιο αξιολόγησης τόσο του λογισμικού όσο και των Φύλλων Εργασίας, μια και θεωρείται ως ενιαίο εκπαιδευτικό πακέτο, από το οποίο και αντλήθηκαν κυρίως τα δεδομένα μας.

Το ερευνητικό μας ερώτημα: **«είναι το εκπαιδευτικό πακέτο που παρουσιάσαμε, κατάλληλο για την υποστήριξη της εργαστηριακής διδασκα-**

**λίας των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο»**, φαίνεται, μετά από την συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων από τα ερωτηματολόγια, πως απαντάται θετικά. Επιπλέον, η όλη ανταπόκριση των καθηγητών ήταν μάλλον ενθουσιώδης, γεγονός που μας κάνει να συμπεράνουμε ότι η αποδοχή του λογισμικού στο σχολείο θα είναι επίσης θετική.

Μετά από την αξιολόγηση που παρουσιάσαμε εδώ, πολύ ενδιαφέρον θα ήταν να δοκιμαστεί το πακέτο και σε μαθητές, δηλαδή σε πραγματικές συνθήκες τάξης, καθώς και να αξιολογηθούν τα γνωστικά αποτελέσματα της εφαρμογής του αυτής, αφού ως εκπαιδευτικό λογισμικό δημιουργήθηκε γι' αυτόν ακριβώς το σκοπό.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Beichner, R., 1990, "The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, No 8, pp-803-815.
2. Bisdikian, G. & Psillos, D., 1998, A Computer- Based approach to relating graphs and physics: The case of heat and temperature", Case study in "Labwork in Science Education", TSER Project, No PL95-2005 (European Commission DG XII).
3. Bowen, M. & Roth, W.M., 1998, "Lecturing Graphics: What features of lectures contribute to students difficulties in learning to interpret graphs?", *Research in Science Education*, 1998, 28(1), pp 77-90.
4. Brassel, H., 1987, "The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance & velocity", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 24, No 4, pp 385-395.
5. Draper S. W., 1997, "The prospects for summative evaluation of C.A.L. in H.E.", *Association of learning technology journal*, Vol. 5, no. 1, pp 33-39.
6. Driver, R., 1984, "Cognitive Psychology and Pupils frameworks in Mechanics", In Lijnse, P. (ed) "The many faces of teaching and learning mechanics (GIPER Conference) ", W.C.C. Netherlands.
7. Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V., 1998, "Οικοδομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών - Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών", *Τυπωθήτω - Δαρδάνος*, Αθήνα.
8. Erickson, G. & Tiberghien, A., 1993, "Θερμότητα - Θερμοκρασία", στο Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A., "Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες", Ε.Ε.Φ. - Τροχαλία, Αθήνα.
9. Geissinger, H., 1997, "Educational software: criteria for evaluation", *πρακτικά συνεδρίου "ASCILITE 97:Reflections on learning with Technology"*, Perth, Western Australia.
10. Hartley J.R., Byard, M.J. & Mallen, C., 1991, "Qualitative modelling and conceptual change in science students". In Birnbaum, L. (ed) "The International Conference on the Learning Sciences: Proceedings of the 1991 Conference", pp 222-230. Charlottesville Va: Association for the Advancement of Computing in Education.

11. Hewitt, P., 1992, "Οι έννοιες της Φυσικής", Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, τόμος I, Ηράκλειο.
12. Johnston M., 1987, "The evaluation of microcomputer programs: an area of debate", *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 3.
13. Jong, T. de & Njoo, M., 1992., "Learning and instruction with computer simulations: Learning processes involved", In E. DeCorte et al (eds) "Computer-based learning environments and problem solving", NATO-ASI Series, Springer-Verlag, Berlin.
14. Kesidou, S., Duit, R., Glinn, S., 1995, "Conceptual Development in Physics: Students' Understanding of Heat", In Glynn, S. & Duit, R. (Eds), "Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice", LEA Pub, N. Jersey.
15. Laurillard, D., 1988, "Computers and the emancipation of students: Giving control to the learner ", In Paul Ramsden (Ed.), "Improving learning ", Kogan Page Pub.
16. Leinhardt, G., Zaslavsky, O. & Stein, M., 1990, "Functions, Graphs and Graphing Tasks, Learning and Teaching", *Review of Educational research*, Spring 1990, Vol. 60 (1), pp 1-64.
17. Leutner, D., 1993, "Guided Discovery Learning with Computer - Based Simulation Games: Effects of Adaptive and non - Adaptive Instructional Support ", *Learning and Instruction*, Vol 3, pp 113-132.
18. Levin, J. & Waugh, M., 1988, "Educational Simulations, Tools, Games and Microworlds: Computer - Based Environments for Learning ", *International Journal of Educational Research*, 12, 1.
19. Linn, M. & Songer, N., 1991, "Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands? ", *Journal of Research in Science Teaching*, 28, pp 885-918.
20. Linn, M., 1992, "The Computer as a Learning Partner: Can computer Tools Teach Science?", in Sheingold et al (Eds), "Technology for Teaching and Learning", AAAS, Washington D.C., US.
21. McDermott, L., 1987, "Students difficulties in connecting graphs and physicsQ Examples from kinematics", *American Journal of Physics*, 55 (6), June 1987, pp503-513.
22. Mokros, J. & Tinker, R., 1987, "The impact of micro-computer- based labs on children's ability to interpret graphs", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 24, No 4, pp 369-383.

23. Olson, J., 1988, " Schoolworks/Microworlds ", Computers and the culture of the classroom, Pergamon Press, Canada
24. PLUM project, 2000, "Summative evaluation planning", I.E.T., Open University, <http://iet.open.ac.uk/plum/evaluation/Summative.html>, κατασκευή σελίδας 28/7/2000
25. Psillos, D. & Kariotoglou, P., 1999, "Teaching fluids: intended knowledge and students' actual conceptual evolution", International Journal of Science Education, Vol 21, No 1, pp 17-38.
26. Rogers, L., 1995, "The computer as an aid for exploring graphs", School Science Review, 76, 276, pp31-39.
27. Roth, W., 1995, "Affordances of Computers in Teacher-Student Interactions: The Case of Interactive Physics ", Journal of research in science teaching, Vol 32, No 4, pp 329-347
28. Serre, M.G., Leach, J., Niedderer, H., Psillos, D., Tiberghien, A. & Vicentini, M., 1998, "Improving Science Education: Issues and research on innovative empirical and computer-based approaches to labwork in Europe", Final Report Project PL95-2005, (Targeted Socio-Economic Research, European Commission DG XII.
29. Squires, D. & McDougall, A., 1994, "Choosing and Using Educational Software: A Teachers' Guide", Falmer Press, Bristol, PA, U.S.
30. Swatton, P., 1995, "Pupil performance in data manipulation and its relationship to the skill of interpretation", Educational Review, Vol 47, No1.
31. Tiberghien, A., 1996, " Construction of prototypical situations in teaching the concept of energy ", In Welford, G. et al (eds), " Research in Science Education in Europe ", Falmer Press.
32. Wolfgang, C. & Belloni, M., 2001, "Physlets: Teaching Physics with Interactive Curricular Material", Prentice Hall, N.J.
33. Αντωνίου, Ν., Βαλαδάκης, Α., Δημητριάδης, Π., Παπαμιχάλης, Κ. & Παπατσιμπα, Λ., 1999, "Φυσική Β' Γυμνασίου - Εργαστηριακός Οδηγός", ΟΕΔΒ, Αθήνα.
34. Καραπαναγιώτης, Β., Παπασταματίου, Ν., Φέρτης, Α. & Χαλέτσος, Χ., 1998, "Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής - β' γυμνασίου", ΟΕΔΒ, Αθήνα.
35. Κουνατίδου, Χ., 2000, "Μελέτη διδασκαλίας και μάθησης Φυσικών Επιστημών από πηγές άτυπης εκπαίδευσης", Διπλωματική Εργασία για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, Π.Τ.Δ.Ε. - Α.Π.Θ.

36. Λεύκος, Ι., Ρεφανίδης, Ι., Γάλλος, Λ., Μπισδικιάν, Γ., Πετρίδου, Ε., Χατζηκρανιώτης, Ε., Βλαχάβας, Ι., Αργυράκης, Π. & Ψύλλος, Δ., 2000, «Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας», Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου «Πληροφορική και Εκπαίδευση», Θεσσαλονίκη Νοε. 2000, ΣΕΠΔΕΘ.
37. Λεύκος, Ι., Χατζηκρανιώτης, Ε. & Ψύλλος, Δ., 2001, «Πιλοτική διερεύνηση των στάσεων των εκπαιδευτικών σε εικονικούς μικρόκοσμους Θερμότητας - Θερμοδυναμικής», Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση και στην Εκπαίδευση από Απόσταση», Ιουν. 2001, Ρέθυμνο, Πανεπιστήμιο Κρήτης.
38. Μικρόπουλος, Τ.Α., 2000, «Εκπαιδευτικό Λογισμικό: Θέματα σχεδίασης και αξιολόγησης λογισμικού υπερμέσων», Κλειδάριθμος, Αθήνα.
39. Μπισδικιάν, Γ. & Ψύλλος, Δ., 1997, «Συσχέτιση φαινομένων και γραφικών παραστάσεων με τη βοήθεια Η/Υ από φοιτητές – υποψήφιους δασκάλους», Πρακτικά διημερίδας: «Οι Φυσικές Επιστήμες και η Τεχνολογία στην Α'θμια Εκπ/ση», Φεβρουάριος 1997, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
40. Μπισδικιάν, Γ. & Ψύλλος, Δ., 1998, "Περίπτωση εφαρμογής Νέων Τεχνολογιών σε διαδικασία σύνδεσης θεωρίας και φαινομένων", Σεμινάριο "Χρήση Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση: Ερευνητικές προσεγγίσεις", ΚΕΕ, 2-4/10/98, Λαγονήσι.
41. Μπισδικιάν, Γ., 2000, "Μελέτη της εφαρμογής πολυμέσων στη διδασκαλία γραφικών παραστάσεων και φυσικών εννοιών", Διδακτορική Διατριβή, Π.Τ.Δ.Ε. - Α.Π.Θ.
42. Μπισδικιάν, Γ., Ευαγγελινός, Δ. & Ψύλλος, Δ., 1994, "Οι προσομοιώσεις μέσω Η/Υ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών", Εργασία στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου Νο 91 ΕΔ 580 της ΓΓΕΤ.
43. Παπαδόπουλος, Γ., "Έλεγχος ποιότητας εκπαιδευτικού λογισμικού: ο σχεδιασμός και το έργο του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου".
44. Ρεφανίδης, Ι., Κορομπίλης, Κ., Μπάρμπας, Α., Κατσούλης, Δ., Χατζηκρανιώτης, Ε., Βλαχάβας, Ι. & Ψύλλος, Δ., 2000, «Εικονικό Εργαστήριο Θερμοδυναμικής», Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου «Πληροφορική και Εκπαίδευση», Θεσσαλονίκη Νοε. 2000, ΣΕΠΔΕΘ.
45. Σκουμιός, Μ. & Χ"Νικήτα, Β., 2000, "Μοντέλα μαθητών για Θερμότητα, Θερμοκρασία και Θερμικά Φαινόμενα", Επιθεώρηση Φυσικής, περ. Γ', τομ. Η', τ. 31, Φθινόπωρο 2000, σελ. 58-71, Ε.Ε.Φ., Αθήνα.

46. Συγγραφική Ομάδα Π.Ι., 1998, Γραφείο Πιστοποίησης και Πολυμέσων - Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, "Η Πληροφορική στο σχολείο - Γενικές Προδιαγραφές Εκπαιδευτικού Λογισμικού", ΥΠ.Ε.Π.Θ., Αθήνα.
47. Συγγραφική Ομάδα Π.Ι., 1999, "Πολυμέσα - Δίκτυα", Βιβλίο Μαθητή Γ'Ενιαίου Λυκείου, ΥΠ.Ε.Π.Θ., Αθήνα.
48. Συγγραφική Ομάδα Π.Ι., 1999, "Φυσικές Επιστήμες", "Προγράμματα Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης", ΥΠ.Ε.Π.Θ., Αθήνα.
49. Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπισδικιάν, Γ. & Ψύλλος, Δ., 1999, "Ανάπτυξη εικονικού εργαστηρίου Θερμότητας", Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση", Πανεπιστήμιο Κρήτης, Οκτώβριος 1999.
50. Ψύλλος, Δ., Αργυράκης, Π., Βλαχάβας, Ι., Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπισδικιάν, Γ., Ρεφανίδης, Ι., Λεύκος, Ι., Κορομπίλης, Κ., Βράκας, Δ., Γάλλος, Λ., Πετρίδου, Ε. & Νικολαΐδης, Ι., 2000, «Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον για τη διδασκαλία Θερμότητας – Θερμοδυναμικής», Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση», Οκτ. 2000, Πάτρα, Πανεπιστήμιο Πατρών.

isbn 978-960-93-2884-5