

Μέρος IV

ΤΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

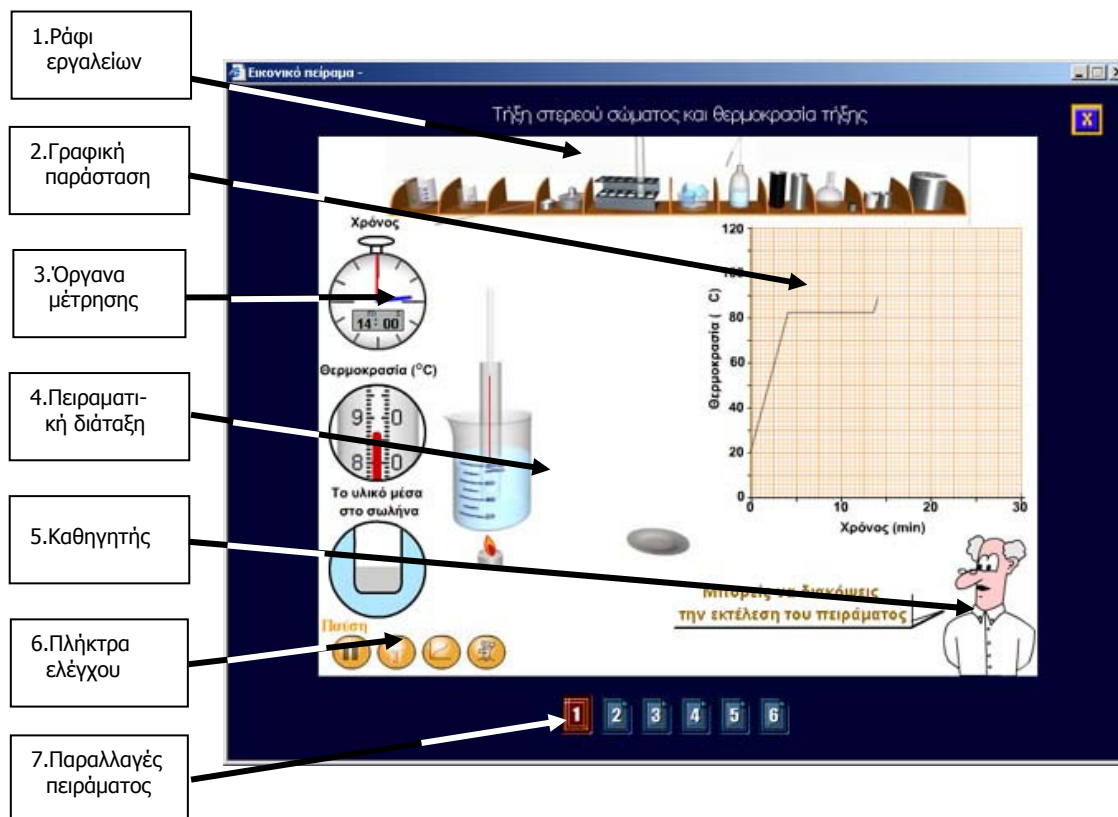
ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Ορισμένα θέματα έχουν ενεργό, στα εικονίδια επιλογών της αρχικής τους σελίδας, το εικονίδιο «Πειραματισμός» (Εικόνα 45). Επιλέγοντας το εικονίδιο εμφανίζεται το περιβάλλον των εικονικών πειραμάτων που σχεδιάστηκε με στόχο τη διερεύνηση του φαινομένου στο οποίο αναφέρεται το θέμα.



Εικόνα 45: Ενεργό εικονίδιο «Πειραματισμού» στον εσωτερικό κύκλο «Διερεύνηση»

Η οθόνη, ο χειρισμός των αντικειμένων, ο έλεγχος της λειτουργίας και η εμφάνιση των αποτελεσμάτων στα εικονικά πειράματα σε όλα τα θέματα, είναι μεταξύ τους παρόμοια.



Εικόνα 46: Περιβάλλον εικονικού πειράματος τήξης

Ακολουθεί η περιγραφή ενός αντιπροσωπευτικού περιβάλλοντος εικονικού πειράματος επισημαίνοντας στη συνέχεια, όπου χρειάζεται, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σε κάθε επιμέρους θέμα. Στο παράδειγμα του σχήματος (Εικόνα 46), το οποίο αφορά ένα πείραμα τήξης ναφθαλίνης, διακρίνονται οι ακόλουθες ομάδες αντικειμένων:

1. **Ράφι εργαλείων:** Υπάρχουν τοποθετημένα όργανα και συσκευές που σχετίζονται με το τρέχον πείραμα. Δίνει την αίσθηση της ύπαρξης ενός εργαστηριακού χώρου.
2. **Γραφική παράσταση:** Σχηματίζεται ταυτόχρονα με την εξέλιξη του πειράματος με τιμές που συμβαδίζουν με τα εικονικά όργανα. Σε περίπτωση παραμετρικής μελέτης, η παράσταση διατηρεί τις καμπύλες για τις διάφορες τιμές με σκοπό τη σύγκρισή τους. Η εμφάνιση της παράστασης στην οθόνη επιλέγεται από το αντίστοιχο πλήκτρο ελέγχου.
3. **Όργανα μέτρησης:** Εμφανίζονται σε κυκλικό πλαίσιο τα όργανα που μετρούν τα φυσικά μεγέθη του φαινομένου. Στο παράδειγμα υπάρχει το χρονόμετρο και το θερμόμετρο. Η εμφάνιση των οργάνων στην οθόνη επιλέγεται από αντίστοιχο πλήκτρο ελέγχου. Σε παρόμοιο πλαίσιο παρέχονται επίσης πληροφορίες σχετικές με το φαινόμενο. Στο παράδειγμα εμφανίζεται η μορφή του θερμαινόμενου σώματος (μπαλάκι) και σε ποια φυσική κατάσταση βρίσκεται σύμφωνα με την εξέλιξη του πειράματος (στερεό ή υγρό).
4. **Πειραματική διάταξη:** Εμφανίζονται οι εικονικές συσκευές και τα αντικείμενα που συνθέτουν την πειραματική διάταξη. Κάποια αντικείμενα είναι στατικά και κάποια απαιτούν την επιλογή τους με τον κέρσορα, ακολουθώντας τις υποδείξεις του «καθηγητή».
5. **Καθηγητής:** Τα κείμενα του «καθηγητή» προτρέπουν και καθοδηγούν το χρήστη σχετικά με τις ενέργειες που θα πρέπει να ακολουθήσει αυτός για να συνθέσει την πειραματική διάταξη και να εκκινήσει το πείραμα. Η εμφάνιση του «καθηγητή» στην οθόνη επιλέγεται από αντίστοιχο πλήκτρο ελέγχου.
6. **Πλήκτρα ελέγχου:** Καθορίζουν την εκκίνηση ή παύση του πειράματος, την επαναφορά στις αρχικές συνθήκες και την εμφάνιση των οργάνων, της γραφικής παράστασης και του «καθηγητή» στην οθόνη. Με τη διέλευση του κέρσορα πάνω από κάθε πλήκτρο παρουσιάζεται λεζάντα που επεξηγεί τη λειτουργία του.



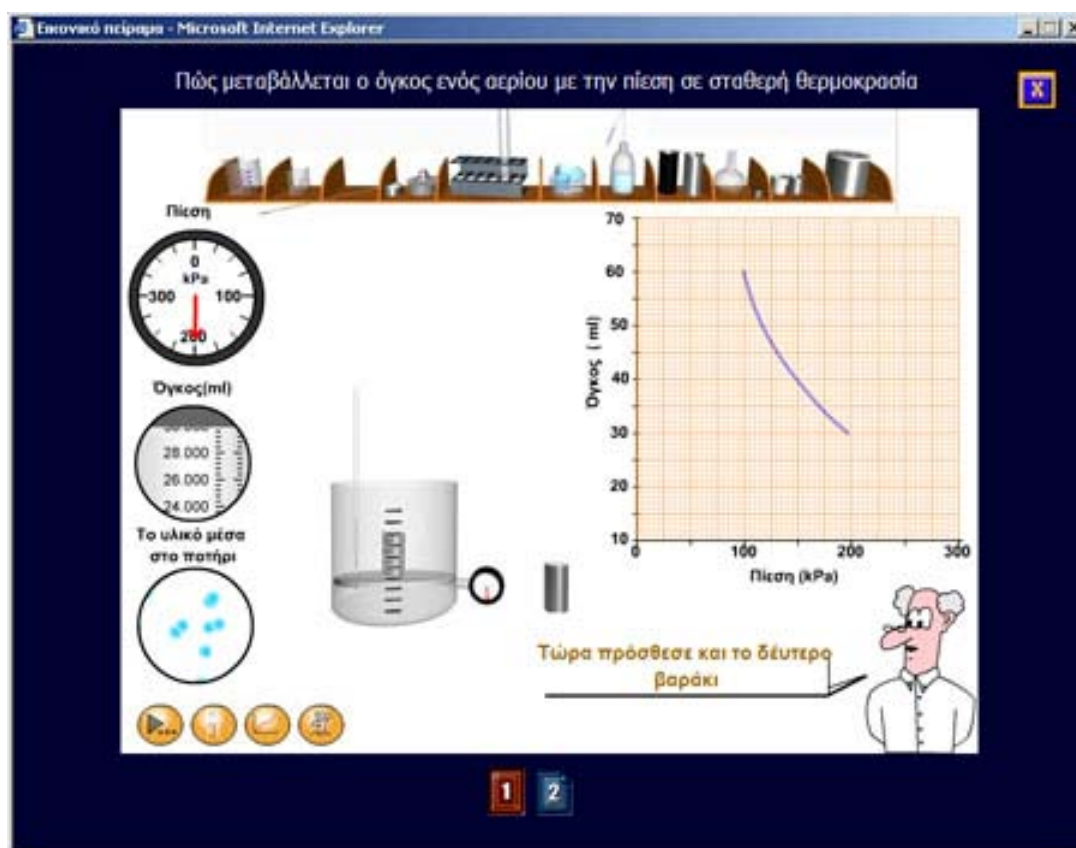
Εικόνα 47: Πλήκτρα ελέγχου εικονικού πειράματος

7. **Παραλλαγές πειράματος:** Η πρώτη σελίδα αναφέρεται στο βασικό πείραμα, όπου μελετάται η εξέλιξη του φαινομένου. Στις παραλλαγές του πειράματος, σε όσα θέματα είναι διαθέσιμες, μελετάται παραμετρικά η επίδραση διαφορετικών αρχικών συνθηκών.

Ακολουθώντας τις προτροπές του «καθηγητή», ο χρήστης συνθέτει την πειραματική διάταξη και πιέζει το πλήκτρο έναρξης του εικονικού πειράματος. Τα όργανα παρέχουν ένδειξη των αριθμητικών τιμών των φυσικών μεγεθών και ταυτόχρονα σχηματίζεται η γραφική παράσταση των μεταβολών τους.

1. ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΠΙΕΣΗΣ

«Πίεση στα αέρια»

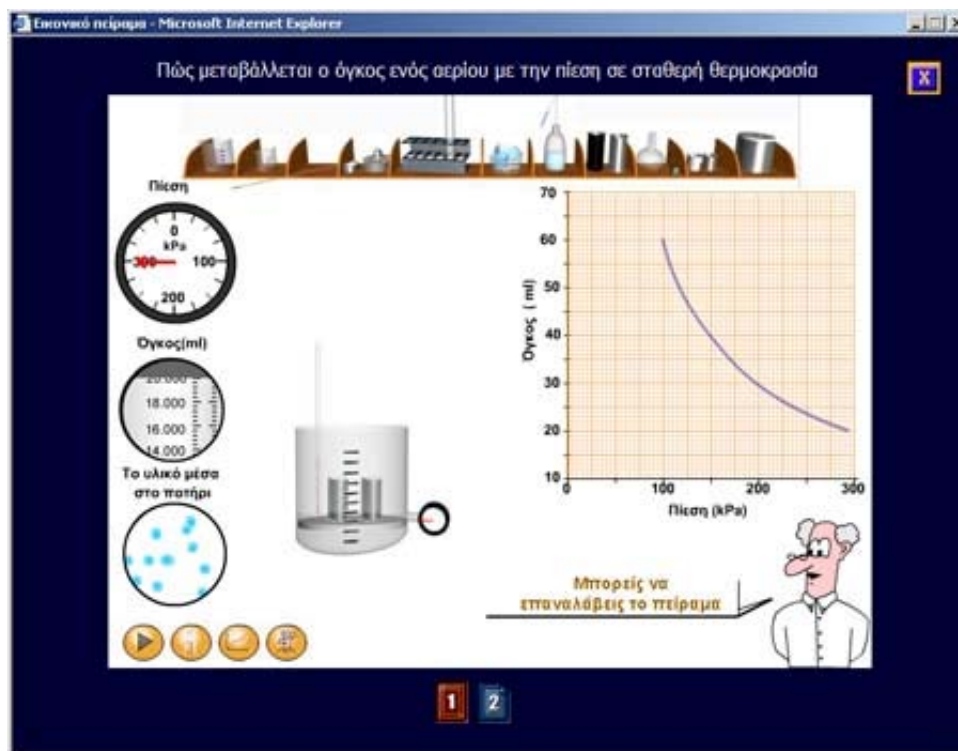


Εικόνα 48: Πείραμα μελέτης του νόμου των αερίων (παραλλαγή 1)

Πείραμα μελέτης του νόμου του Boyle για τη σχέση πίεσης και όγκου στα ιδανικά αέρια όταν η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή. Η εικονική διάταξη περιλαμβάνει ογκομετρικό δοχείο μέσα στο οποίο κινείται έμβολο. Μανόμετρο μετρά την πίεση του αέρα στο δοχείο. Η θερμοκρασία του συστήματος παραμένει σταθερή. Σε κυκλικό παράθυρο αναπαρίσταται η κίνηση των μορίων του αερίου. Ο χρήστης τοποθετεί πάνω στο έμβολο βανάκια, το έμβολο, κάτω από το βάρος τους, υποχωρεί και αυξάνει η πίεση του περιεχόμενου αέρα. Τα εικονικά όργανα πίεσης και όγκου καθώς και η γραφική παράσταση εμφανίζουν την εξέλιξη των μεταβολών των φυσικών μεγεθών της πίεσης και του όγκου. Στο παράθυρο της μικροσκοπικής αναπαράστασης η πυκνότητα των μορίων φαίνεται να αυξάνει προκαλώντας, έτσι, την αύξηση στη πίεση.

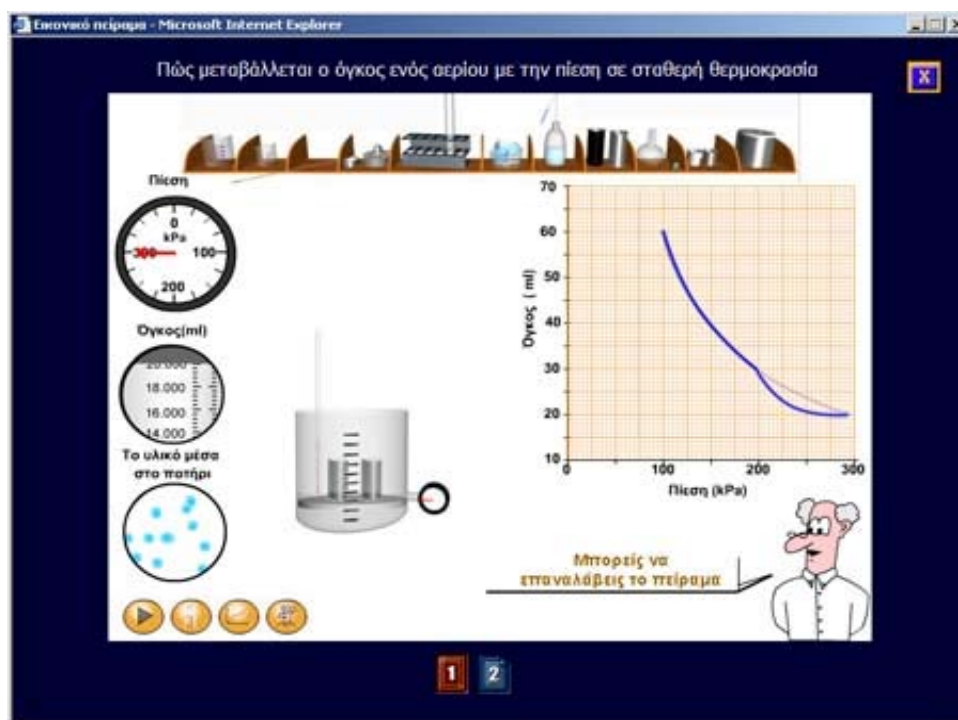
Το πείραμα προτείνεται σε δύο παραλλαγές:

Παραλλαγή 1 (Εικόνα 48): Το έμβολο περιορίζει αέρα όγκου 60 ml σε πίεση 100 kPa σε θερμοκρασία 20 °C. Ο χρήστης τοποθετεί πάνω στο έμβολο με τη σειρά δύο ίδια βανάκια. Πρώτα τοποθετεί το ένα και το έμβολο κατεβαίνει στα 30 ml και η πίεση γίνεται 200 kPa. Στο εικονικό όργανο της μικροσκοπικής αναπαράστασης η πυκνότητα των μορίων έχει βαθμιαία διπλασιαστεί. Όταν το έμβολο σταματήσει να κατεβαίνει (όπως φαίνεται στην εικόνα) τότε ο χρήστης πρέπει να τοποθετήσει και το δεύτερο βανάκι και να πιέσει το πλήκτρο για να συνεχίσει. Στο τέλος, ο όγκος γίνεται 20 ml, η πίεση 300 kPa και η πυκνότητα των μορίων, στο εικονικό όργανο της μικροσκοπικής αναπαράστασης, έχει βαθμιαία τριπλασιαστεί, σε σχέση με την αρχική (Εικόνα 49).



Εικόνα 49: Πείραμα μελέτης του νόμου των αερίων (παραλλαγή 2)

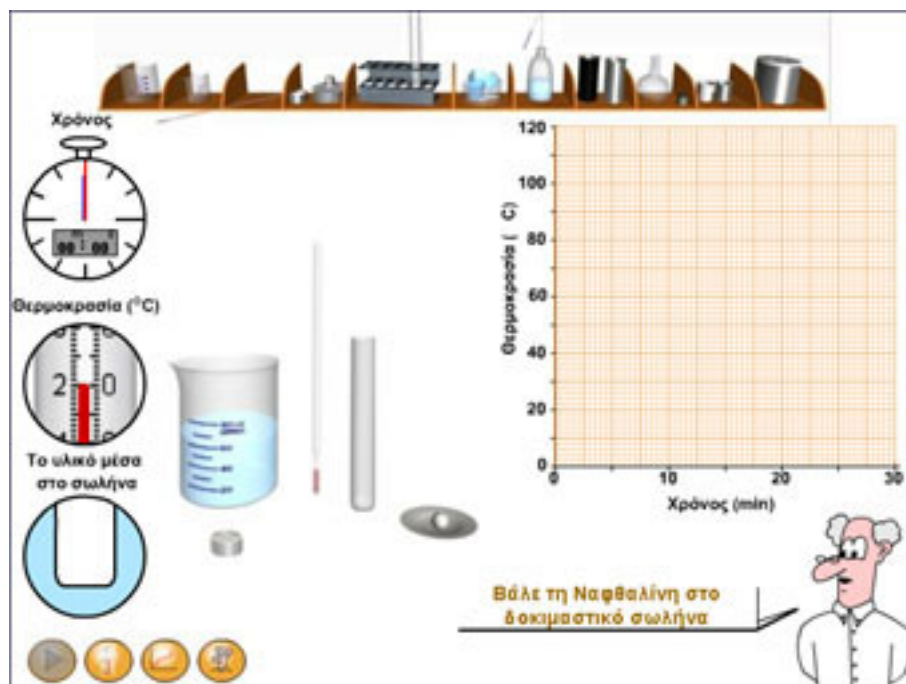
Παραλλαγή 2 (Εικόνα 49): Ο χρήστης τοποθετεί τα δύο ίδια βάρακια μαζί πάνω στο έμβολο. Η εξέλιξη του φαινομένου και των γραφικών είναι ίδια ακριβώς και στις δύο παραλλαγές. Σε συνδυασμό, οι δύο παραλλαγές μπορούν να αξιοποιηθούν για τη διδακτική διαχείριση παρανοήσεων ως προς τη σταθερότητα του γινομένου πίεσης και όγκου της ίδιας μάζας αερίου σε σταθερή θερμοκρασία (νόμος Boyle), όπως για παράδειγμα αυτήν που δείχνει η Εικόνα 50.



Εικόνα 50: Παρανόηση για διαδοχικές μεταβολές ίδιας μάζας αερίου σε σταθερή θερμοκρασία

2. ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Εικονικό πείραμα «Τήξη»



Εικόνα 50: Οθόνη του εικονικού πειράματος τήξης (παραλλαγή 1)

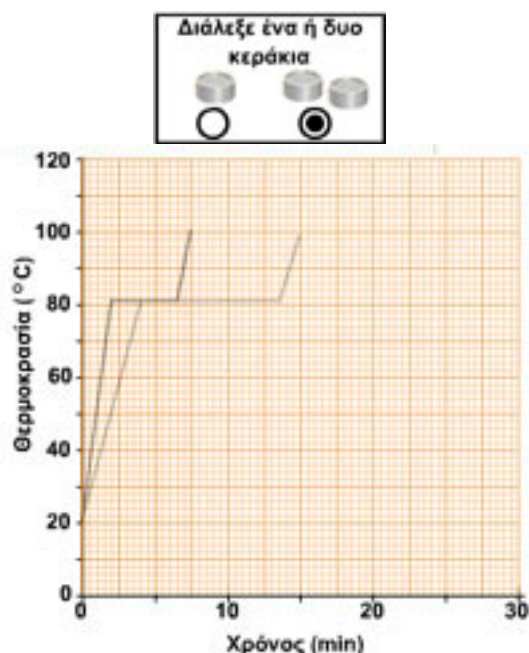
Παραλλαγή 1 (Εικόνα 50): Είναι το βασικό μη παραμετρικό πείραμα τήξης. Από αυτό λαμβάνεται η τυπική γραφική παράσταση τήξης μάζας ναφθαλίνης. Ο χρήστης τοποθετεί με τη σειρά τη ναφθαλίνη και το θερμόμετρο μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα και στη συνέχεια αυτόν μέσα στο δοχείο με το νερό. Κατόπιν πιέζει το πλήκτρο «Εναρξη» και παρακολουθεί τη μεταβολή θερμοκρασίας στο θερμόμετρο και το σχηματισμό της γραφικής παράστασης. Ταυτόχρονα παρατηρεί τη μεταβολή της φυσικής κατάστασης (στερεό - υγρό) στο αντίστοιχο παράθυρο.

Σε όλες τις παραλλαγές του εικονικού πειράματος οι παρακάτω τιμές είναι σταθερές: παροχή θερμότητας ενός κεριού $0,54 \text{ J/sec}$, μπαλάκι ναφθαλίνης με μάζα $2,5 \text{ gr}$, ειδ. θερμότητα στερεάς ναφθαλίνης $0,89 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$, σημείο τήξης-πήξης ναφθαλίνης $80,2 \text{ }^\circ\text{C}$, λανθάνουσα θερμότητα τήξης-πήξης ναφθαλίνης 123 J/g , ειδ. θερμότητα υγρής ναφθαλίνης $0,96 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$.

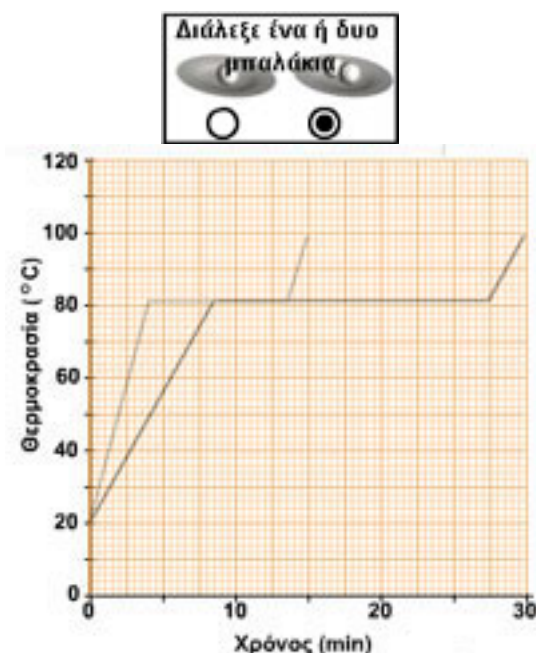
Παραλλαγή 2 (Εικόνα 51): Είναι το πείραμα τήξης στο οποίο διερευνάται η επίδραση της παροχής θερμότητας στη θερμοκρασία τήξης ενός υλικού. Στη οθόνη υπάρχει δυνατότητα να επιλεγεί η χρήση μιας ή δύο θερμικών πηγών (κεράκια) και να συγκριθούν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις τήξης μιας ποσότητας ναφθαλίνης. Διαπιστώνεται ότι η διαφορετική παροχή θερμότητας δεν έχει επίδραση στη θερμοκρασία τήξης παρά μόνο τη χρονική στιγμή που θα ξεκινήσει η τήξη και τη διάρκειά της. Στο σχήμα παρουσιάζεται το παράθυρο επιλογής και οι επάλληλες γραφικές παραστάσεις.

Παραλλαγή 3 (Εικόνα 52): Είναι το πείραμα τήξης στο οποίο διερευνάται η επίδραση της μάζας του υλικού στη θερμοκρασία τήξης. Στη οθόνη υπάρχει δυνατότητα να επιλεγεί η χρήση ενός ή δύο σφαιρών ναφθαλίνης και να συγκριθούν οι αντίστοιχες γραφικές

παραστάσεις τήξης από μια θερμική πηγή. Διαπιστώνεται ότι το ποσό της μάζας δεν επηρεάζει τη θερμοκρασία τήξης παρά μόνο την έναρξη και τη διάρκεια τήξης. Στο σχήμα παρουσιάζεται το παράθυρο επιλογής και οι επάλληλες γραφικές παραστάσεις.



Εικόνα 51: Γραφική παράσταση παραλλαγής 2

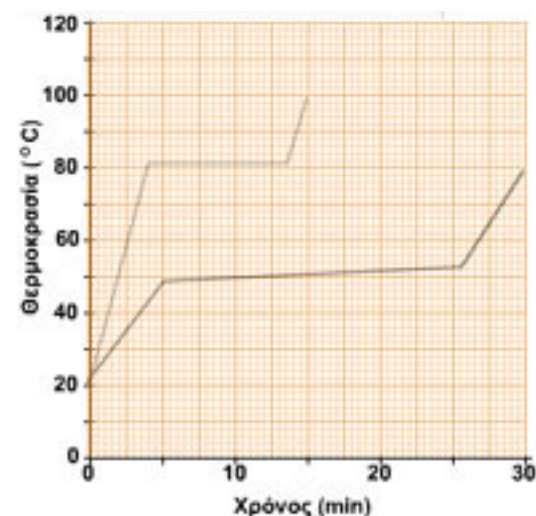


Εικόνα 52: Γραφική παράσταση παραλλαγής 3



Οι τιμές των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων του κεριού σ' αυτή την παραλλαγή είναι:

- ένα μπαλάκι κεριού έχει μάζα 2,5 gr
- ειδ. θερμότητα στερεού κεριού 2,30 J/g·°C
- σημείο τήξης κεριού από 49 °C έως 51,7 °C
- λανθάνουσα θερμότητα τήξης-πήξης 258,19 J/g
- ειδ. θερμότητα υγρού κεριού 2,09 J/g·°C



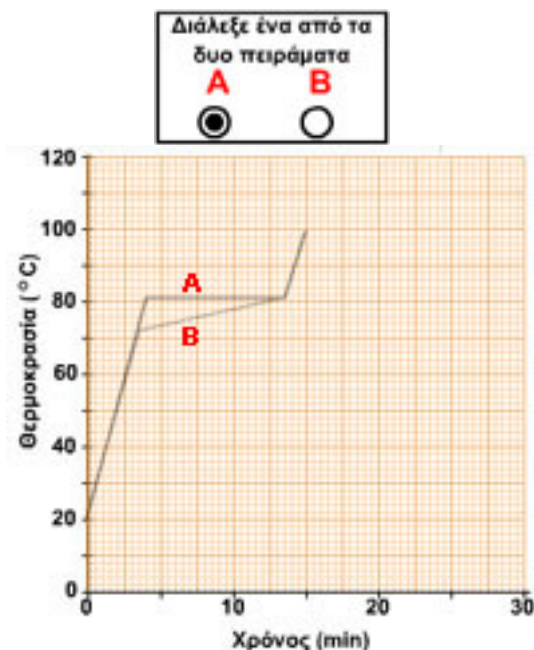
Εικόνα 53: Χαρακτηριστικές τιμές και γραφική παράσταση παραλλαγής 4

Παραλλαγή 4 (Εικόνα 53): Είναι το πείραμα στο οποίο διερευνάται η επίδραση του είδους του υλικού στη θερμοκρασία τήξης του. Στη οθόνη υπάρχει δυνατότητα να επιλεγεί η χρήση σφαιρών από ναφθαλίνη ή κεριό και να συγκριθούν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις τήξης. Διαπιστώνεται ότι διαφορετικά υλικά έχουν διαφορετικό σημείο τήξης. Ειδικότερα το κεριό δεν έχει σταθερή θερμοκρασία τήξης επειδή δεν είναι καθαρή ουσία αλλά μίγμα συστατικών. Στο σχήμα παρουσιάζεται το παράθυρο επιλογής και οι επάλληλες γραφικές παραστάσεις.

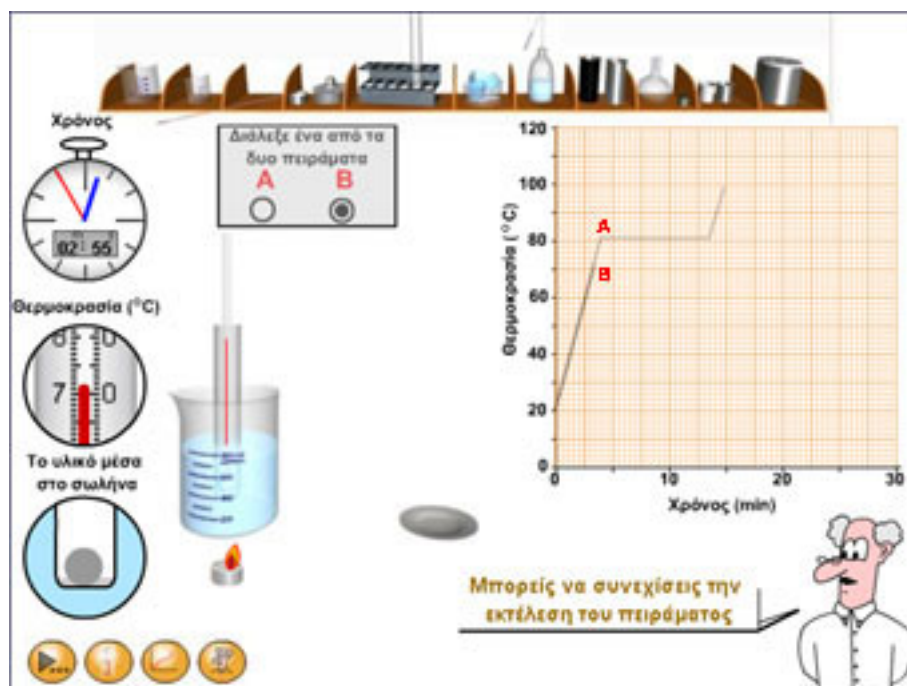
Παραλλαγή 5 (Εικόνα 54):

Ποιο πείραμα από τα δύο είναι το σωστό;

Στη οθόνη υπάρχει δυνατότητα να επιλεγεί η εκτέλεση του ίδιου πειράματος τήξης ναφθαλίνης δύο φορές (A και B) με τις ίδιες ακριβώς συνθήκες και τιμές παραμέτρων. Στο A η θερμοκρασία εξελίσσεται σωστά ενώ στο B η θερμοκρασία τήξης δεν παραμένει σταθερή αν και η ναφθαλίνη είναι καθαρή ουσία.



Εικόνα 54: Γραφική παράσταση παραλλαγής 5



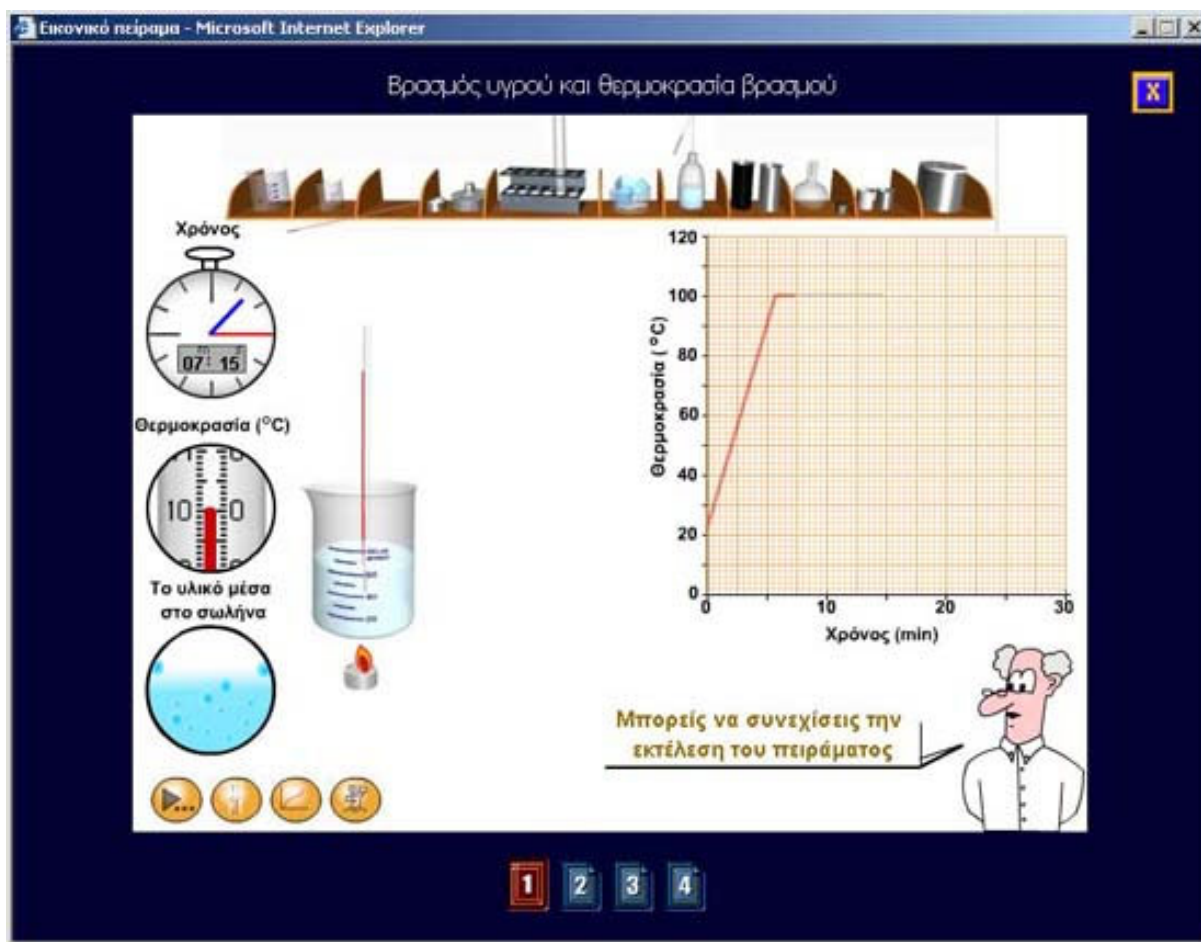
Εικόνα 55: Οθόνη από την εξέλιξη της παραλλαγής 6

Παραλλαγή 6 (Εικόνα 55):

Ποιο πείραμα από τα δύο είναι το σωστό;

Στη οθόνη υπάρχει δυνατότητα να επιλεγεί η εκτέλεση του ίδιου πειράματος τήξης ναφθαλίνης δύο φορές (A και B) με τις ίδιες ακριβώς συνθήκες-παραμέτρους. Στο A το φαινόμενο εξελίσσεται σωστά ενώ στο B η ναφθαλίνη αρχίζει να λιώνει πριν η θερμοκρασία φθάσει στη θερμοκρασία τήξης.

Εικονικό πείραμα «Βρασμός»



Εικόνα 56: Οθόνη από την παραλλαγή 1 του εικονικού πειράματος βρασμού

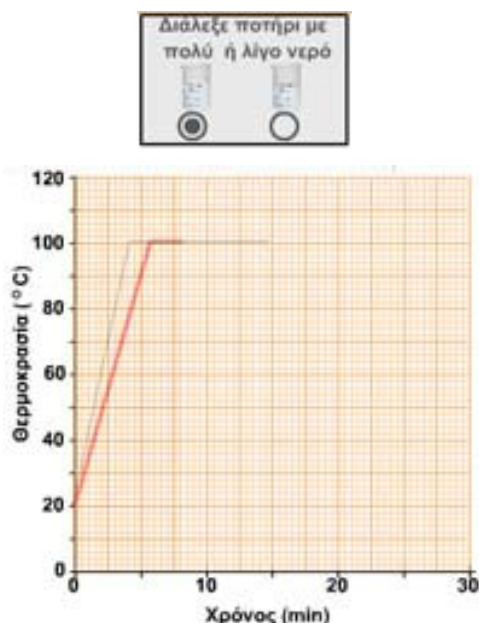
Παραλλαγή 1 (Εικόνα 56): Είναι το βασικό πείραμα βρασμού νερού στο οποίο δεν ρυθμίζονται παράμετροι και από το οποίο λαμβάνεται η τυπική γραφική παράσταση βρασμού. Στο σχήμα παρουσιάζεται η οθόνη του εικονικού πειράματος. Ο χρήστης, ακολουθώντας τις προτροπές του «καθηγητή» τοποθετεί το θερμόμετρο μέσα στο δοχείο με το νερό και εκκινεί το πείραμα. Το θερμόμετρο και η γραφική παράσταση εμφανίζουν τις μεταβολές θερμοκρασίας, ενώ στο παράθυρο μεγέθυνσης φαίνεται τότε αρχίζει ο σχηματισμός των φουσαλίδων.

Οι τιμές των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων του νερού σε όλες τις παραλλαγές του εικονικού πειράματος είναι:

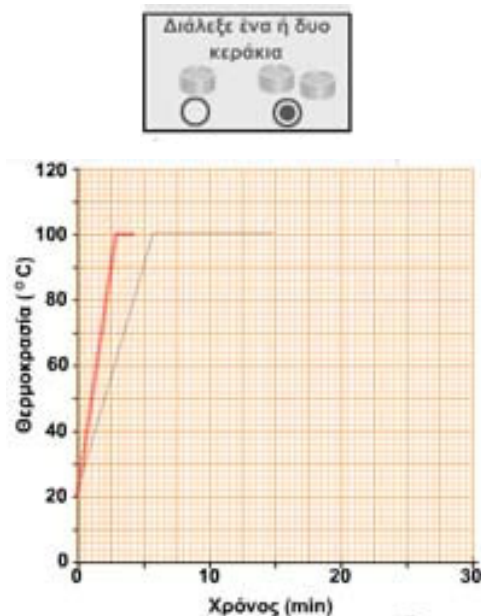
- πολύ νερό 60 ml, λίγο νερό 40 ml
- ειδ. θερμότητα νερού (υγρό) $4,19 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$
- σημείο βρασμού 100°C
- λανθάνουσα θερμότητα βρασμού $2256,25 \text{ J/g}$
- παροχή θερμότητας ενός κεριού 54 J/sec

Παραλλαγή 2 (Εικόνα 57): Είναι το πείραμα βρασμού στο οποίο διερευνάται η επίδραση της μάζας του υλικού στη θερμοκρασία βρασμού. Στη οθόνη υπάρχει δυνατότητα να επιλεγεί η χρήση δοχείου με πολύ ή λίγο νερό και να συγκριθούν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις βρασμού από μια θερμική πηγή. Διαπιστώνεται ότι το ποσό της μάζας δεν επηρεάζει τη

θερμοκρασία βρασμού παρά μόνο τη χρονική στιγμή κατά την οποία θα ξεκινήσει ο βρασμός.



Εικόνα 57: Γραφική παράσταση της παραλλαγής 2 του εικονικού πειράματος βρασμού



Εικόνα 58: Γραφική παράσταση της παραλλαγής 3 του εικονικού πειράματος βρασμού

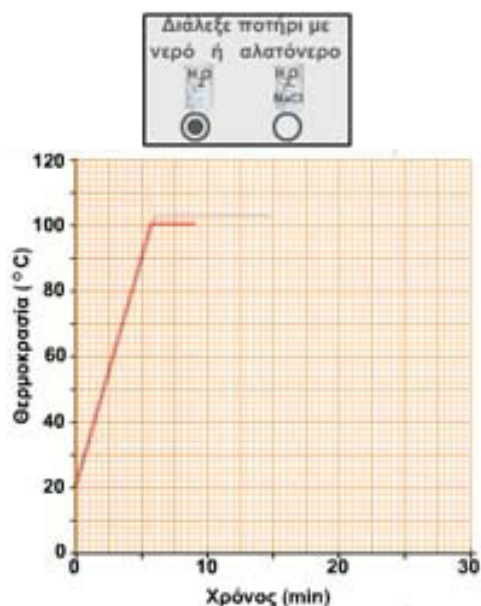
Παραλλαγή 3 (Εικόνα 58): Είναι το πείραμα στο οποίο διερευνάται η επίδραση της παροχής θερμότητας στη θερμοκρασία **βρασμού** ενός υλικού. Στη οθόνη υπάρχει δυνατότητα να επιλεγεί η χρήση μιας ή δύο θερμικών πηγών (κεράκια) και να συγκριθούν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις βρασμού μιας ποσότητας νερού. Διαπιστώνεται ότι η διαφορετική παροχή θερμότητας δεν έχει επίδραση στη θερμοκρασία βρασμού παρά μόνο στη χρονική στιγμή κατά την οποία θα ξεκινήσει ο βρασμός.

Παραλλαγή 4 (Εικόνα 59): Είναι το πείραμα στο οποίο διερευνάται η επίδραση του είδους του υλικού στη θερμοκρασία βρασμού του. Στη οθόνη υπάρχει δυνατότητα να επιλεγεί η θέρμανση νερού ή αλατόνευρου και να συγκριθούν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις βρασμού τους.

Διαπιστώνεται ότι διαφορετικά υλικά έχουν διαφορετικό σημείο βρασμού.

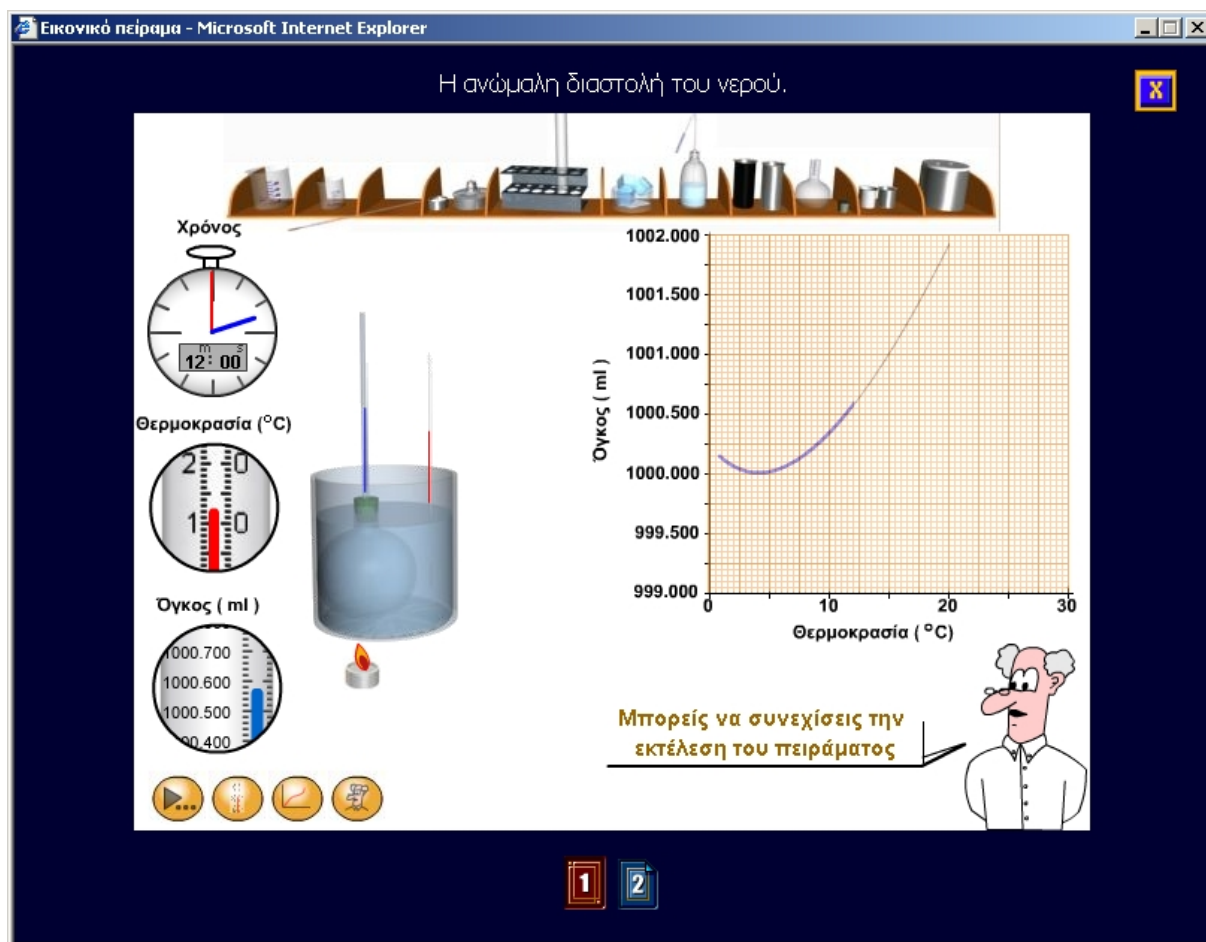
Σ' αυτή την παραλλαγή του εικονικού πειράματος η παροχή θερμότητας ενός κεριού είναι 54 J/sec, ο όγκος του νερού 60 ml και οι τιμές των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων του αλατόνευρου είναι:

- ειδ. θερμότητα αλατόνευρου (υγρό) 4,06 J/g·°C
- σημείο βρασμού 103 °C
- λανθάνουσα θερμότητα βρασμού 2256,25 J/g



Εικόνα 59: Γραφική παράσταση της παραλλαγής 4 του εικονικού πειράματος βρασμού

Εικονικό πείραμα «Διαστολή του νερού»



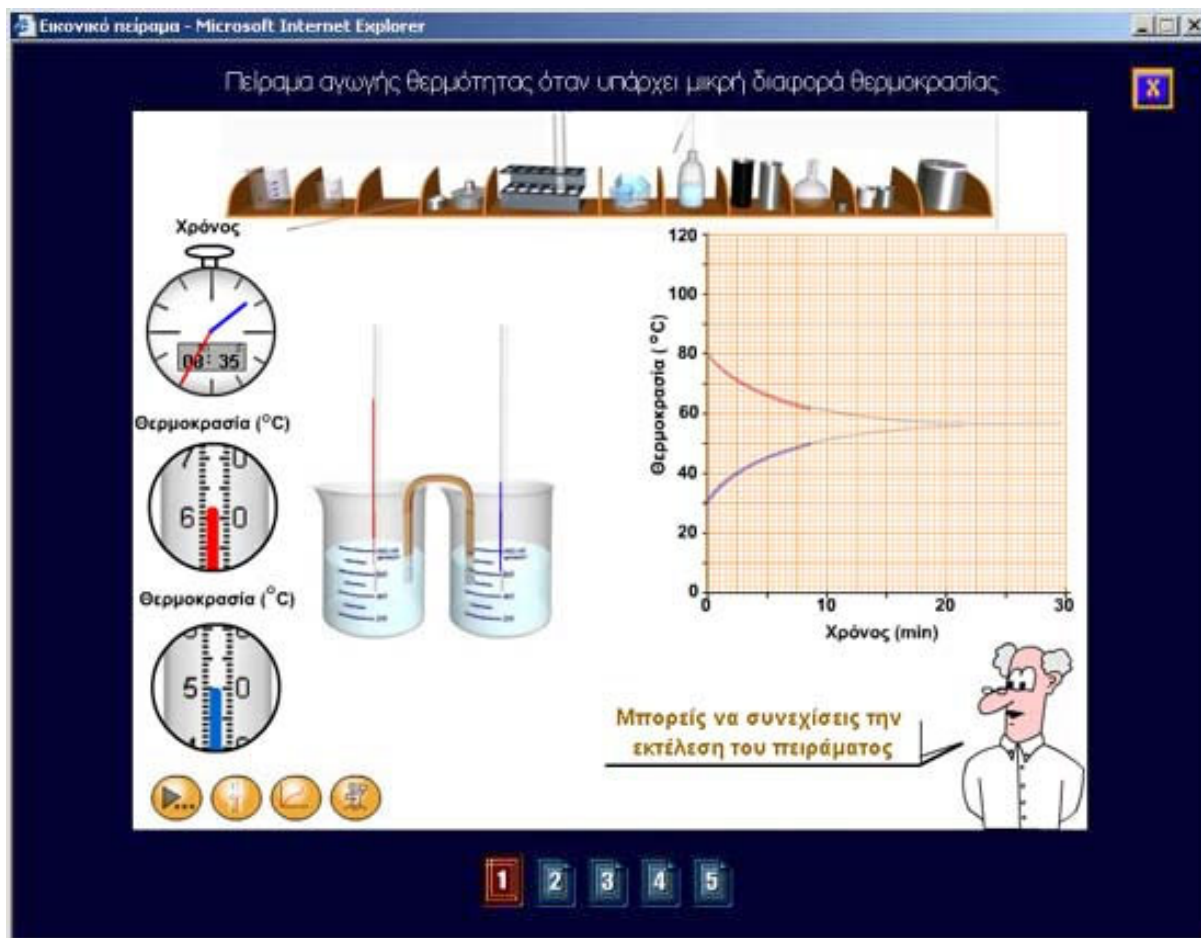
Εικόνα 61: Οθόνη από την παραλλαγή 1 του εικονικού πειράματος διαστολής του νερού

Παραλλαγή 1 (Εικόνα 61): Στο βασικό πείραμα διαστολής νερού 1000 ml δεν ρυθμίζονται παράμετροι και λαμβάνεται η γραφική παράσταση διαστολής του νερού. Το δοχείο με το νερό και το γυάλινο σωλήνα στον οποίο θα παρατηρηθεί η ανύψωση της στάθμης, είναι βυθισμένο σε θερμαινόμενο νερό. Τα όργανα μετρούν χρόνο, θερμοκρασία και όγκο. Στο σχήμα παρουσιάζεται οθόνη του εικονικού πειράματος.

Στην **Παραλλαγή 2** επαναλαμβάνεται το βασικό πείραμα διαστολής του νερού αλλά με μισή ποσότητα νερού (500 ml).

Και στις δύο παραλλαγές ο συντελεστής κυβικής διαστολής του νερού β δεν θεωρείται σταθερός σε όλο το εύρος διακύμανσης της θερμοκρασίας ($1^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$). Στους 1°C $\beta = -50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, στους 4°C $\beta = 0 \text{ K}^{-1}$, στους 10°C $\beta = 88 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ και στους 20°C $\beta = 207 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Για τις ενδιάμεσες τιμές θερμοκρασίας η μεταβολή του β θεωρείται γραμμική.

Εικονικό πείραμα «Διάδοση θερμότητας με αγωγή»



Εικόνα 61: Οθόνη από την παραλλαγή 1 του εικονικού πειράματος διάδοσης θερμότητας με αγωγή

Παραλλαγή 1 (Εικόνα 61): Το βασικό πείραμα διάδοσης θερμότητας μεταξύ δύο δοχείων με νερό διαφορετικής θερμοκρασίας. Ο χρήστης τοποθετεί τα θερμόμετρα στα δύο δοχεία (αρχικές θερμοκρασίες 30 °C και 80 °C), βάζει τη θερμική γέφυρα στα δύο δοχεία και μετά ξεκινάει το πείραμα. Τα δύο θερμόμετρα αποκτούν σταδιακά την ίδια θερμοκρασία και λαμβάνονται οι συγκλίνουσες γραφικές παραστάσεις εξέλιξης των θερμοκρασιών των δύο δοχείων μέχρι την αποκατάσταση της θερμικής ισορροπίας. Στην εικόνα φαίνεται η γραφική παράσταση κατά την επανάληψη του πειράματος. Οι έγχρωμες γραμμές αντιστοιχούν στην εξέλιξη της επανάληψης του πειράματος ενώ οι σκιασμένες στην προηγούμενη εκτέλεσή του.

Οι σχέσεις σύμφωνα με τις οποίες εξελίσσεται η προσομοίωση στην παραλλαγή αυτή και στην επόμενη είναι:

Για $t = 0$

Θερμικό περιεχόμενο δοχείου Α, στ' αριστερά: $Q_A = mc \cdot \theta_A$

Θερμικό περιεχόμενο δοχείου Β, στα δεξιά: $Q_B = mc \cdot \theta_B$

Διαφορά θερμοκρασίας: $\Delta\theta = \theta_A - \theta_B$

Μεταφερόμενη θερμότητα: $\Delta Q = K \cdot \Delta\theta$

Για $t > 0$

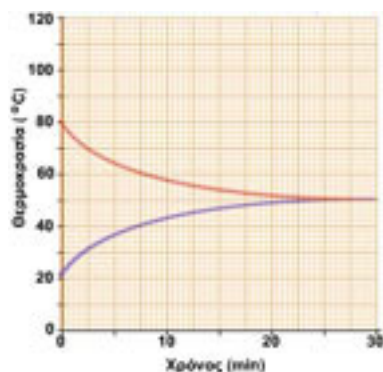
Θερμικό περιεχόμενο δοχείου Α: $Q_A = mc \cdot \theta_A - \Delta Q$

Νέα θερμοκρασία δοχείου Α: $\Theta_A = Q_A / mc$
 Θερμικό περιεχόμενο δοχείου Β: $Q_B = mc \cdot \Theta_B + \Delta Q$
 Νέα θερμοκρασία δοχείου Β: $\Theta_B = Q_B / mc$
 Διαφορά θερμοκρασίας: $\Delta \Theta = \Theta_A - \Theta_B$
 Μεταφερόμενη θερμότητα: $\Delta Q = K \cdot \Delta \Theta$

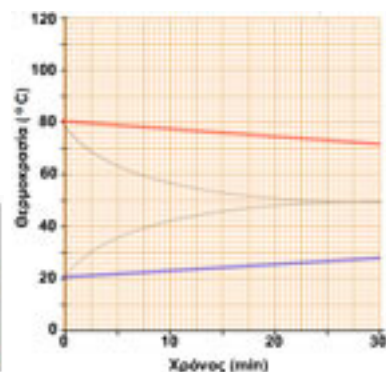
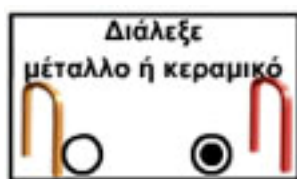
όπου K είναι η θερμική αγωγιμότητα της θερμικής γέφυρας και mc η θερμοχωρητικότητα του κάθε δοχείου, τα οποία είναι ίδια.

Παραλλαγή 2 (Εικόνα 62): Διερευνάται πώς εξελίσσεται το φαινόμενο όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο σωμάτων είναι μεγαλύτερη. Επαναλαμβάνεται το πείραμα της παραλλαγής 1 αλλά με αρχικές θερμοκρασίες 20 °C και 80 °C. Στην εικόνα φαίνεται η γραφική παράσταση μετά την ολοκλήρωση του πειράματος και την αποκατάσταση της θερμικής ισορροπίας.

Παραλλαγή 3 (Εικόνα 63): Διερευνάται η επίδραση του υλικού της θερμικής γέφυρας στην εξέλιξη του φαινομένου μέχρι την αποκατάσταση της θερμικής ισορροπίας. Οι αρχικές θερμοκρασίες στο πείραμα είναι 20 °C και 80 °C. Οι έγχρωμες γραμμές στην γραφική παράσταση της εικόνας αντιστοιχούν σε κεραμικό υλικό ενώ οι σκιασμένες σε μέταλλο.

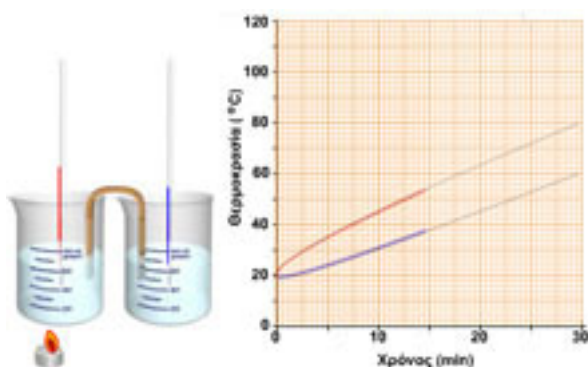


Εικόνα 62: Γραφική παράσταση της παραλλαγής 2 μετά την ολοκλήρωση του πειράματος

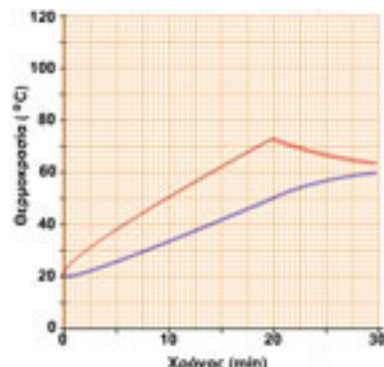


Εικόνα 63: Γραφική παράσταση της παραλλαγής 3 μετά την ολοκλήρωση του πειράματος

Παραλλαγή 4 (Εικόνα 64): Μελετάται η εξέλιξη του φαινομένου όταν θερμαίνεται συνέχεια το αριστερό δοχείο. Οι αρχικές θερμοκρασίες του νερού στα δυο δοχεία είναι ίδιες (20 °C).



Εικόνα 64: Από την παραλλαγή 4 του εικονικού πειράματος διάδοσης θερμότητας με αγωγή



Εικόνα 65: Γραφική παράσταση της παραλλαγής 5 μετά την ολοκλήρωση του πειράματος

Παραλλαγή 5 (Εικόνα 65): Μελετάται η εξέλιξη του φαινομένου όταν θερμαίνεται το αριστερό δοχείο αλλά στο 20 λεπτό διακόπτεται η θέρμανσή του. Οι αρχικές θερμοκρασίες του νερού στα δυο δοχεία είναι ίδιες (20 °C).

Οι σχέσεις σύμφωνα με τις οποίες εξελίσσεται η προσομοίωση στις δύο τελευταίες παραλλαγές (4 και 5) είναι ίδιες με αυτές των τριών προηγούμενων παραλλαγών (1, 2 και 3) εκτός από την σχέση που δίνει το θερμικό περιεχόμενο δοχείου Α, στ' αριστερά, για $t > 0$:

Θερμικό περιεχόμενο δοχείου Α: $Q_A = mc \cdot \Theta_A - \Delta Q + Q_{EXT}$
όπου Q_{EXT} είναι η παρεχόμενη, από την εξωτερική πηγή, ανά μονάδα χρόνου θερμότητα.

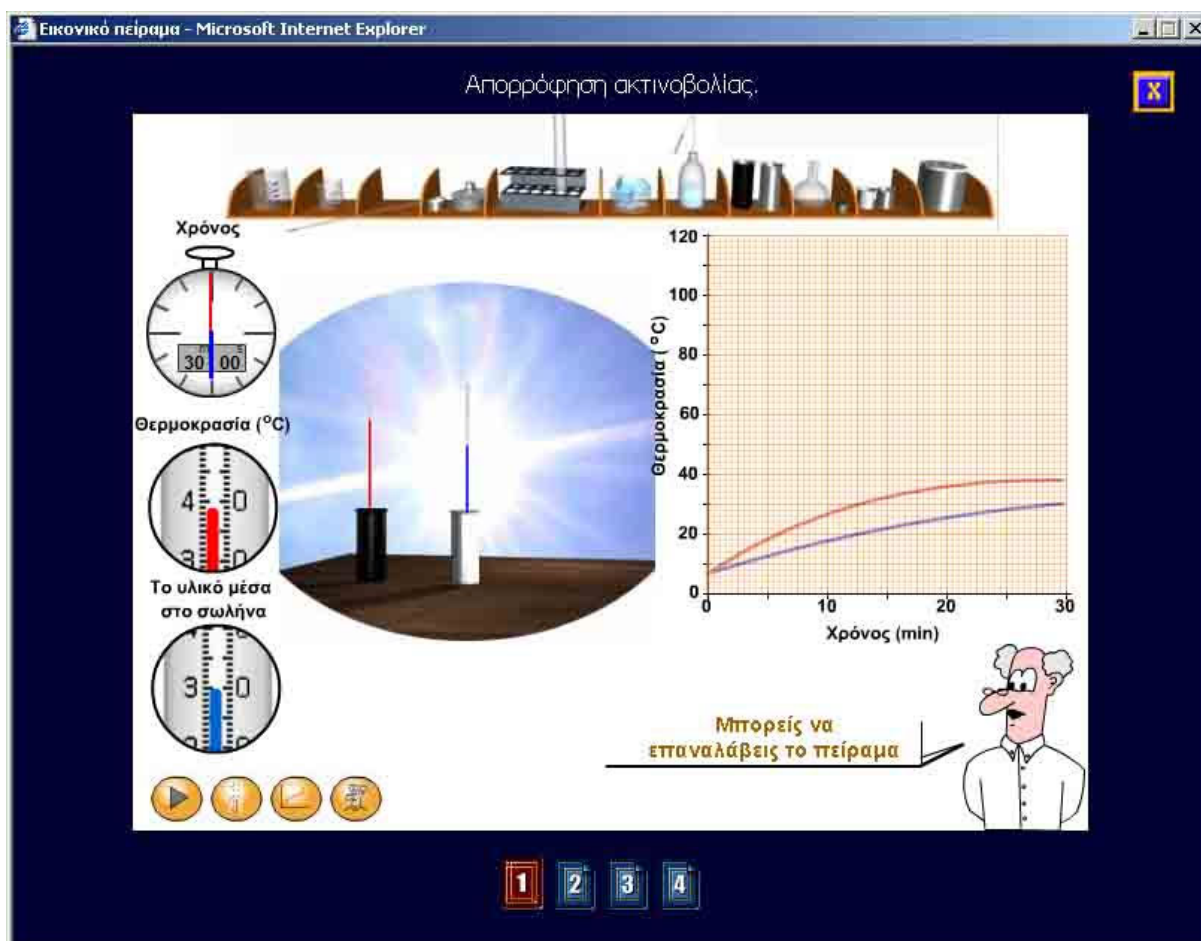
Σημειώνουμε ότι στις δύο τελευταίες παραλλαγές (4 και 5) η εξέλιξη της θερμοκρασίας στα δύο δοχεία αρχικά (για μικρά t) δεν είναι γραμμική ενώ στη συνέχεια (για μικρά t) είναι περίπου γραμμική. Όπως φαίνεται κι από τον πίνακα τιμών που ακολουθεί (Πίνακας 3), η διαφορά αυτή οφείλεται στο ότι αρχικά (για μικρά t) η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο δοχείων είναι μικρή και επομένως είναι μικρή και η μεταφερόμενη μέσω της θερμικής γέφυρας θερμότητα. Για μεγάλα t η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο δοχείων μένει περίπου σταθερή κι έτσι η εξέλιξη της θερμοκρασίας στα δύο δοχεία αρχικά γίνεται περίπου γραμμική.

Πίνακας 3: Πίνακας τιμών από την προσομοίωση της παραλλαγής 5 (βλ. Εικόνα 65)

t (min)	Q_{EXT} (cal)	Θ_A (°C)	Θ_B (°C)	$\Delta\Theta$ (°C)	ΔQ (cal)
0	250	20	20	0	0
1	250	24,17	20	4,17	20,83
2	250	27,99	20,35	7,64	38,19
3	250	31,52	20,98	10,53	52,66
4	250	34,81	21,86	12,94	64,72
5	250	37,89	22,94	14,95	74,77
6	250	40,81	24,19	16,63	83,14
7	250	43,59	25,57	18,02	90,11
8	250	46,26	27,07	19,19	95,93
9	250	48,83	28,67	20,15	100,77
10	250	51,31	30,35	20,96	104,81
11	250	53,73	32,10	21,64	108,18
12	250	56,10	33,90	22,20	110,98
13	250	58,42	35,75	22,66	113,32
14	250	60,69	37,64	23,05	115,26
15	250	62,94	39,56	23,38	116,89
16	250	65,16	41,51	23,65	118,24
17	250	67,35	43,48	23,87	119,37
18	250	69,53	45,47	24,06	120,30
19	250	71,69	47,47	24,22	121,09
20	250	73,84	49,49	24,35	121,74
21	0	71,81	51,52	20,29	101,45
22	0	70,12	53,21	16,91	84,54
23	0	68,71	54,62	14,09	70,45
24	0	67,54	55,80	11,74	58,71
25	0	66,56	56,77	9,78	48,92
26	0	65,74	57,59	8,15	40,77

Εικονικό πείραμα «Διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία»

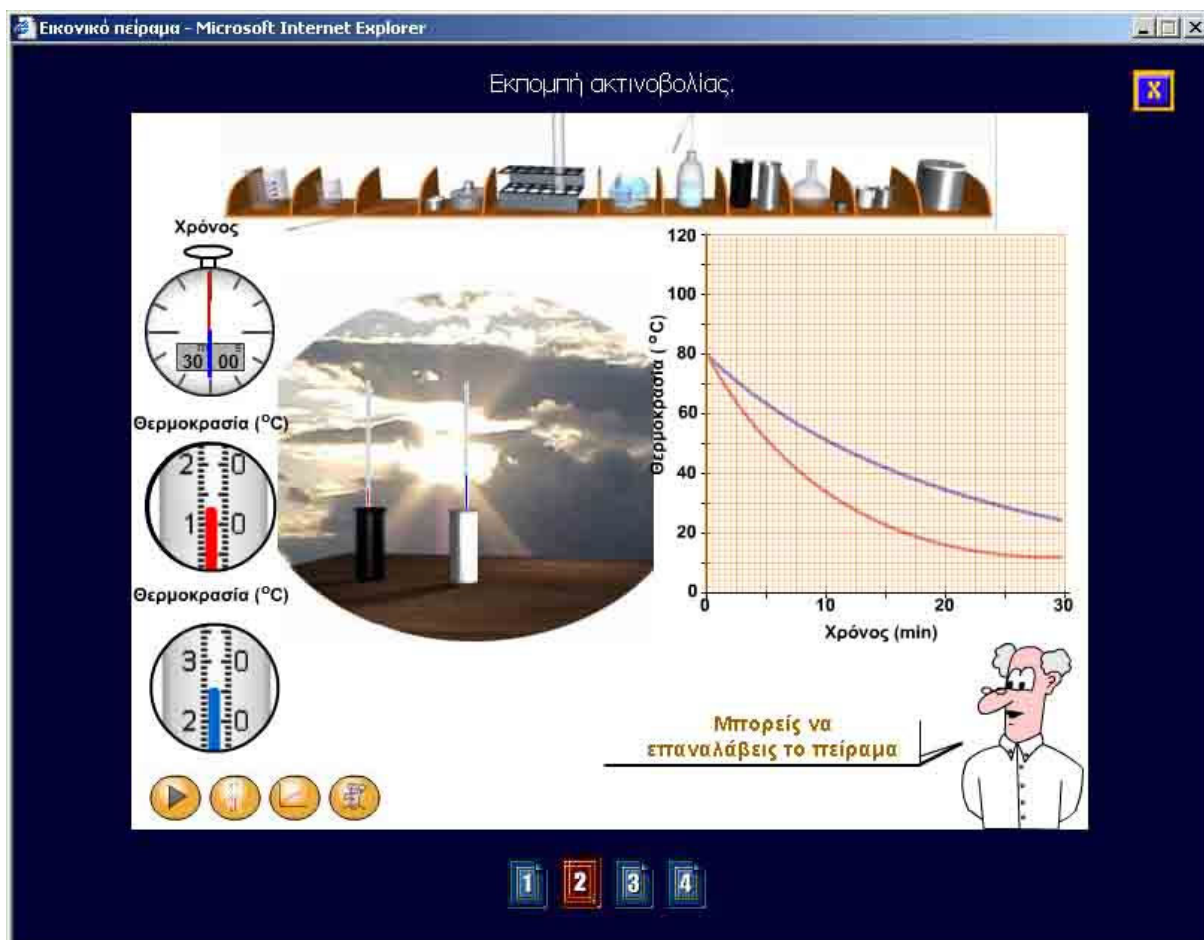
Παραλλαγή 1 (Εικόνα 66): Απορρόφηση ακτινοβολίας θερμότητας από δύο δοχεία με νερό, το ένα με μαύρο τοίχωμα και το άλλο με λευκό. Ο χρήστης πρώτα τοποθετεί θερμόμετρα, τα οποία αρχικά δείχνουν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, στα δύο δοχεία και μετά ξεκινάει το πείραμα. Τα θερμόμετρα εμφανίζουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό των δοχείων και στη γραφική παράσταση σχεδιάζεται η εξέλιξη των δύο θερμοκρασιών στο χρόνο: το μαύρο δοχείο απορροφά εντονότερα τη θερμική ακτινοβολία (μπλε θερμόμετρο) από το λευκό (κόκκινο θερμόμετρο). Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η οθόνη μετά την ολοκλήρωση του εικονικού πειράματος. Στην παραλλαγή αυτή η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 38°C και η αρχική θερμοκρασία του νερού στο εσωτερικό των δοχείων 4°C .



Εικόνα 66: Οθόνη από την παραλλαγή 1 του εικονικού πειράματος διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία

Παραλλαγή 2 (Εικόνα 67): Εκπομπή ακτινοβολίας θερμότητας από δύο δοχεία με νερό, το ένα με μαύρο τοίχωμα και το άλλο με λευκό. Ο χρήστης πρώτα τοποθετεί θερμόμετρα, τα οποία αρχικά δείχνουν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, στα δύο δοχεία και μετά ξεκινάει το πείραμα. Τα θερμόμετρα εμφανίζουν τη θερμοκρασία στο εσωτερικό των δοχείων και στη γραφική παράσταση σχεδιάζεται η εξέλιξη των δύο θερμοκρασιών στο χρόνο: το μαύρο δοχείο (μπλε θερμόμετρο) έχει μεγαλύτερη απώλεια θερμικής ενέργειας από το λευκό (κόκκινο θερμόμετρο) άρα εκπέμπει εντονότερα θερμική ακτινοβολία. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η οθόνη μετά την ολοκλήρωση του εικονικού πειράματος. Στην

παραλλαγή αυτή η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 2 °C και η αρχική θερμοκρασία του νερού στο εσωτερικό των δοχείων 80 °C.



Εικόνα 67: Οθόνη από την παραλλαγή 2 του εικονικού πειράματος διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία

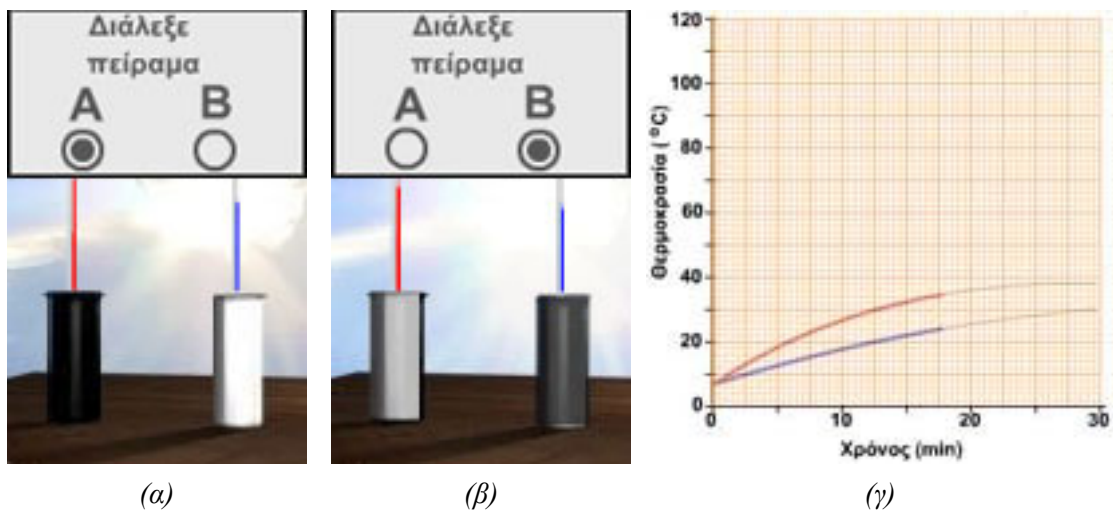
Σημειώνουμε ότι η καμπύλη «θέρμανσης» (παραλλαγή 1, Εικόνα 66) δεν είναι ακριβώς συμμετρική με την καμπύλη «ψύξης» (παραλλαγή 2, Εικόνα 67). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στη σχέση για τη μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία η θερμότητα είναι ανάλογη προς τη διαφορά της 4ης δύναμης των απόλυτων θερμοκρασιών σώματος και περιβάλλοντος ($Q \sim T\sigma^4 - T\pi^4$) και η απόλυτη θερμοκρασία μετριέται στην κλίμακα Kelvin και όχι στην κλίμακα Celsius.

Παραλλαγή 4 (Εικόνα 68, σελ. 94): Ποιο πείραμα από τα δύο είναι το σωστό;

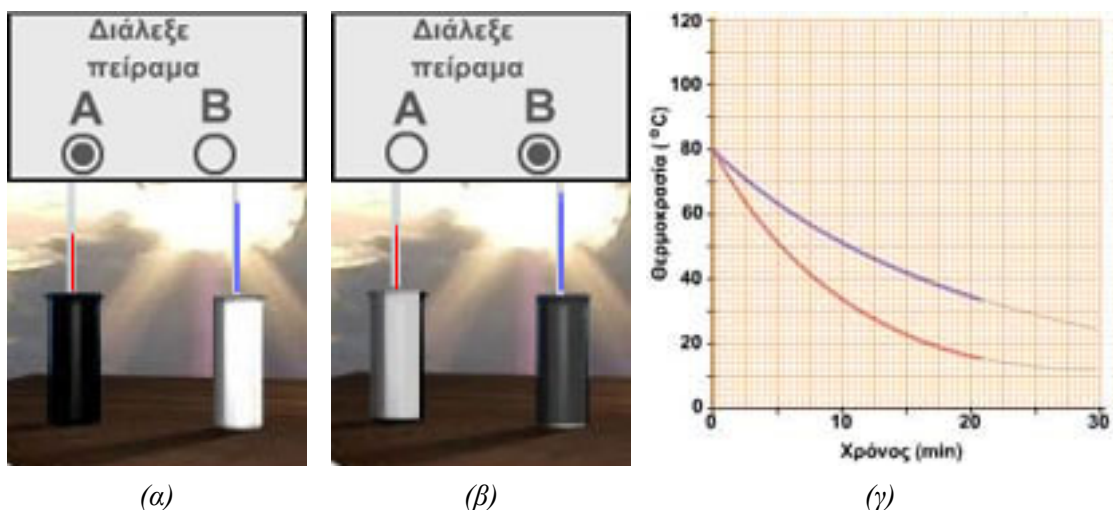
Ο χρήστης καλείται να επιλέξει ανάμεσα σε δύο εκδοχές εκτέλεσης του ίδιου πειράματος θέρμανσης με ακτινοβολία (Α και Β) με τις ίδιες ακριβώς συνθήκες και τιμές παραμέτρων. Από τις δύο εκδοχές η μία είναι σωστή και η άλλη λάθος. Στην εικόνα παρουσιάζονται οι δύο εκδοχές (α) και (β) και η γραφική παράσταση (γ) στην οποία οδηγεί η σωστή επιλογή.

Παραλλαγή 5 (Εικόνα 69, σελ. 94): Ποιο πείραμα από τα δύο είναι το σωστό;

Ο χρήστης καλείται να επιλέξει ανάμεσα σε δύο εκδοχές εκτέλεσης του ίδιου πειράματος ψύξης με ακτινοβολία (Α και Β) με τις ίδιες ακριβώς συνθήκες και τιμές παραμέτρων. Από τις δύο εκδοχές η μία είναι σωστή και η άλλη λάθος. Στην εικόνα παρουσιάζονται οι δύο εκδοχές (α) και (β) και η γραφική παράσταση (γ) στην οποία οδηγεί η σωστή επιλογή.



Εικόνα 68: Οι επιλογές α και β που προτείνει η παραλλαγή 3 και η γραφική παράσταση στην οποία οδηγεί η σωστή επιλογή

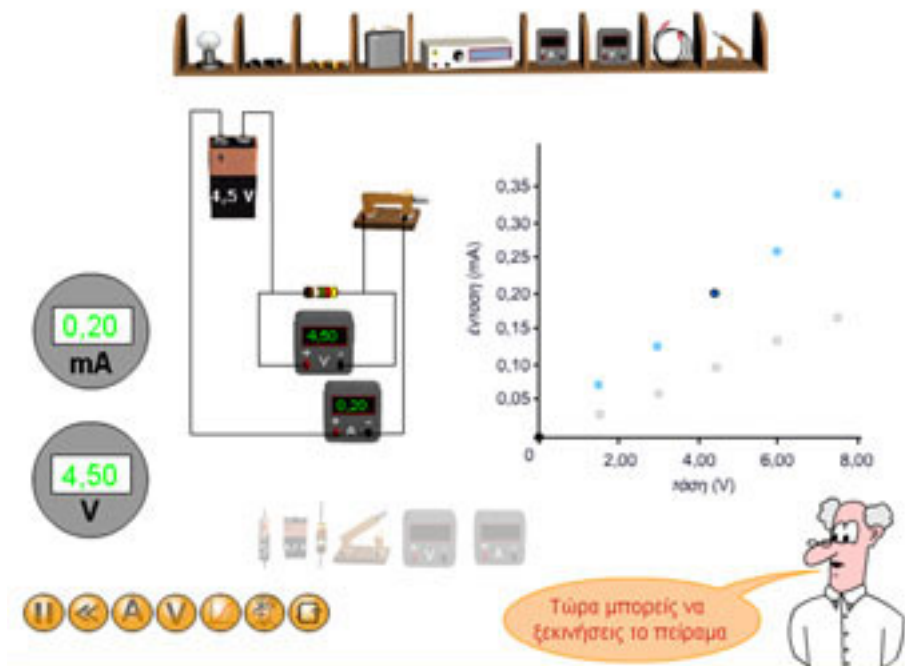


Εικόνα 69: Οι επιλογές α και β που προτείνει η παραλλαγή 4 και η γραφική παράσταση στην οποία οδηγεί η σωστή επιλογή

3. ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Εικονικό πείραμα «Συναρμολόγηση απλού κυκλώματος και μέτρηση έντασης - τάσης»

Είναι το πείραμα μελέτης του νόμου του Ωμ σε απλό κύκλωμα. Ο χρήστης συναρμολογεί κύκλωμα με 3 μπαταρίες (δύο των 1,5 V και μία των 4,5 V), 2 αντιστάτες ίδιους, ένα βολτόμετρο και ένα αμπερόμετρο. Μετά την συναρμολόγηση κλείνει ο διακόπτης και στη γραφική παράσταση φωτίζεται το σημείο που αντιστοιχεί στις τιμές τάσης και έντασης.



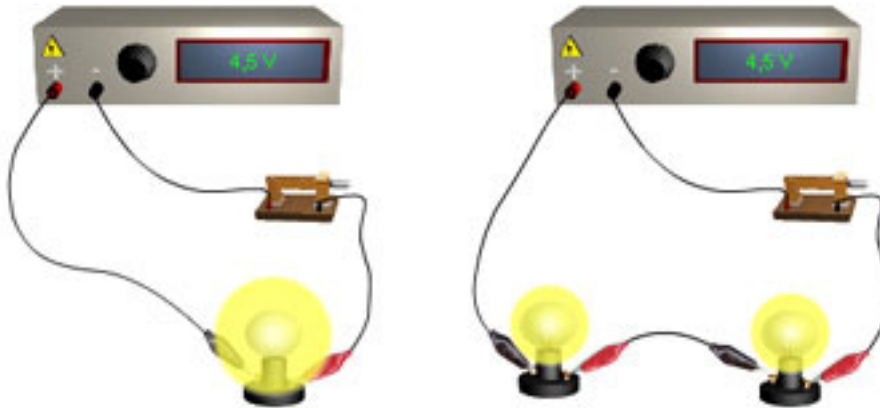
Εικόνα 70: Οθόνη εικονικού πειράματος συναρμολόγησης κυκλώματος και μέτρησης έντασης - τάσης»

Εικονικό πείραμα «Λάμψη και κατανάλωση ενέργειας»

Το εικονικό πείραμα έχει 5 παραλλαγές. Σε καθεμιά, ο χρήστης συναρμολογεί δύο κυκλώματα σε δύο φάσεις: στην 1η φάση συναρμολογεί κυκλώματα με τροφοδοτικό - λαμπάκια για να προβλέψει - παρατηρήσει - εξηγήσει ποιοτικά τις διαφορές στις λάμπες με βάση την ένταση· στη 2η φάση συναρμολογεί κυκλώματα με μπαταρία 4,5V - λαμπάκια για να συσχετίσει τη λάμψη με την κατανάλωση ενέργειας. Περνά από τη μία φάση στην άλλη πατώντας την πηγή τροφοδοσίας (μπαταρία ή τροφοδοτικό) στο κάτω μέρος της οθόνης.

Παραλλαγή 1: Το 1ο κύκλωμα με 1 λάμπα - το 2ο με 2 λάμπες σε σειρά

Στην 1η φάση ο χρήστης συναρμολογεί τα δύο κυκλώματα και κλείνει τους διακόπτες:



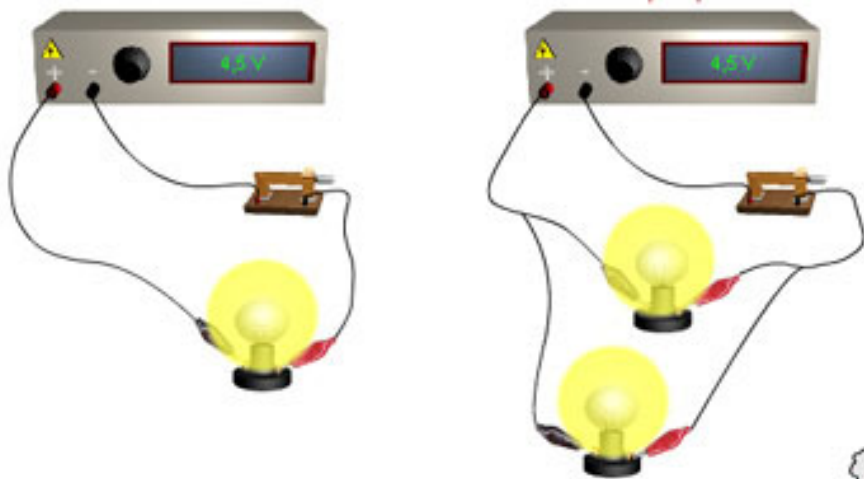
Εικόνα 71: Το ένα λαμπάκι αριστερά λάμπει περισσότερο από τα δύο δεξιά (φάση 1η)

Στη 2η φάση, οι μετρητές διάρκειας και εναπομένουσας ενέργειας των δύο μπαταριών δείχνουν ότι στο κύκλωμα με την μία λάμπα η μπαταρία έχει μικρότερη διάρκεια άρα σε αυτό η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη. Αυτό συγκρούεται με τη διαισθητική άποψη των μαθητών που πιστεύουν ότι όσο περισσότεροι καταναλωτές υπάρχουν τόσο λιγότερο θα κρατήσει μια μπαταρία.

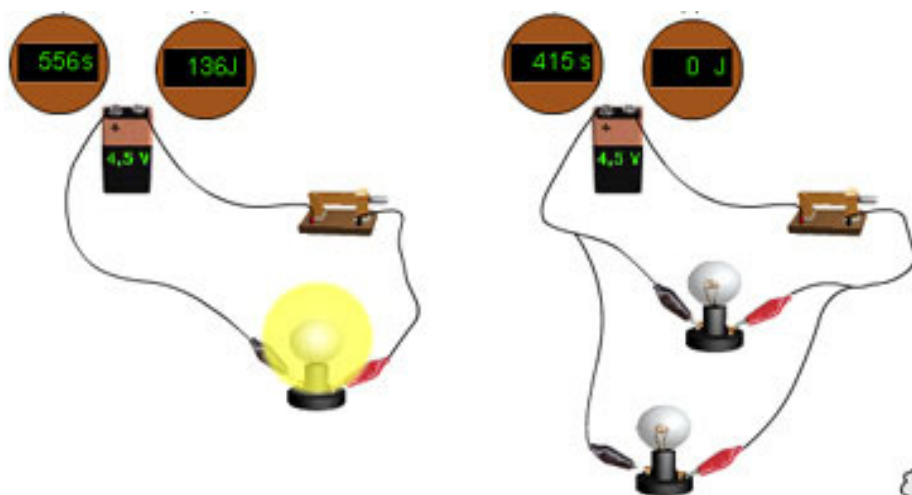


Εικόνα 72: Η μπαταρία αριστερά έχει αδειάσει ενώ τα λαμπάκια δεξιά συνεχίζουν να φωτίζουν (φάση 2η)

Παραλλαγή 2: Το 1ο κύκλωμα με 1 λάμπα - το 2ο με 2 λάμπες παράλληλα

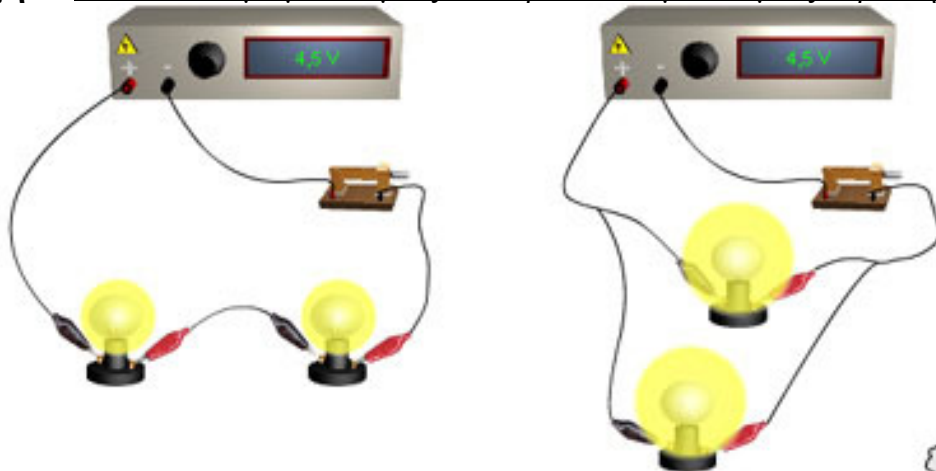


Εικόνα 73: Τα λαμπάκια και στα δύο κυκλώματα λάμπουν το ίδιο (φάση 1η)

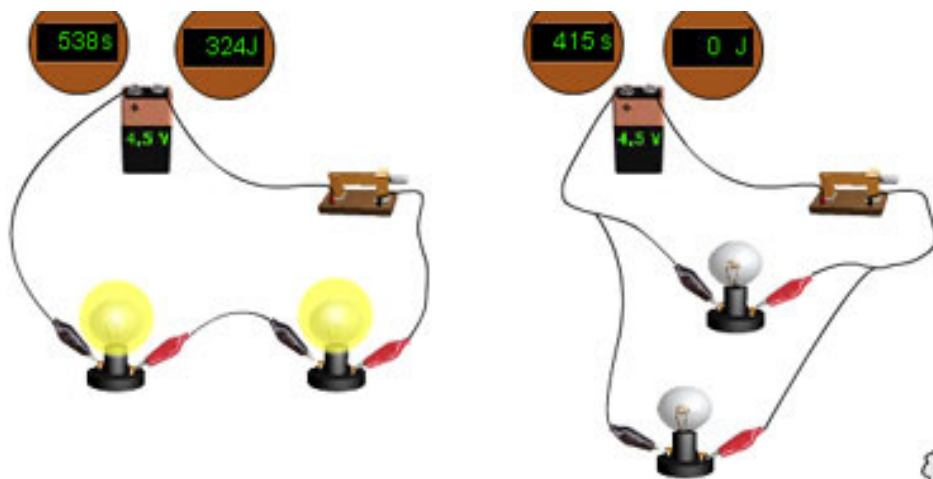


Εικόνα 74: Η μπαταρία δεξιά έχει αδειάσει ενώ το λαμπάκι αριστερά συνεχίζει να φωτίζει (φάση 2η)

Παραλλαγή 3: Το 1ο κύκλωμα με 2 λάμπες σε σειρά - το 2ο με 2 λάμπες παράλληλα

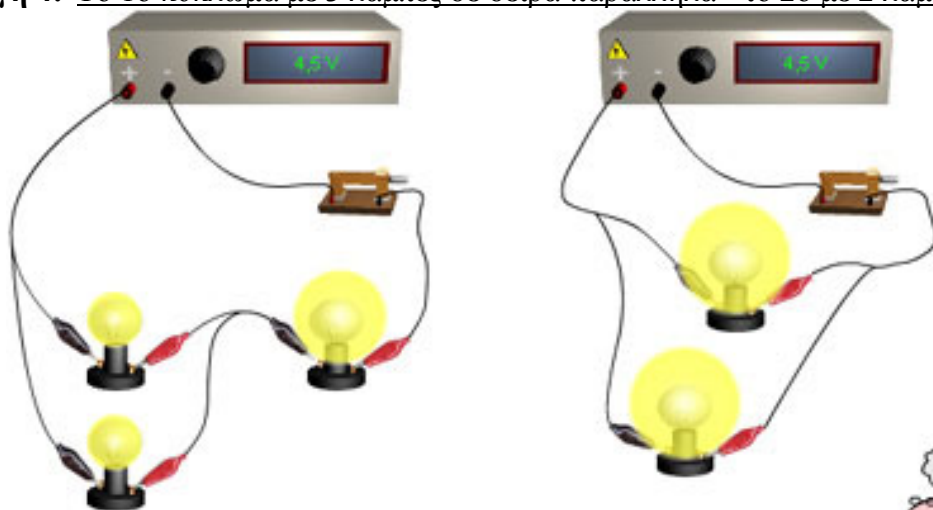


Εικόνα 75: Τα λαμπάκια σε σειρά λάμπουν λιγότερο από τα παράλληλα συνδεδεμένα (φάση 1η)

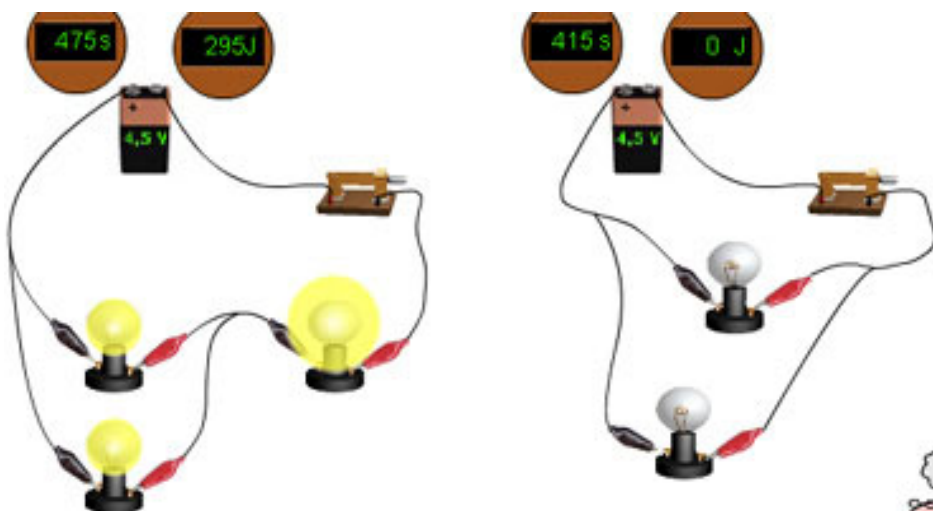


Εικόνα 76: Η μπαταρία δεξιά έχει αδειάσει ενώ τα λαμπάκια αριστερά συνεχίζουν να φωτίζουν (φάση 2η)

Παραλλαγή 4: Το 1ο κύκλωμα με 3 λάμπες σε σειρά-παράλληλα - το 2ο με 2 λάμπες παράλληλα

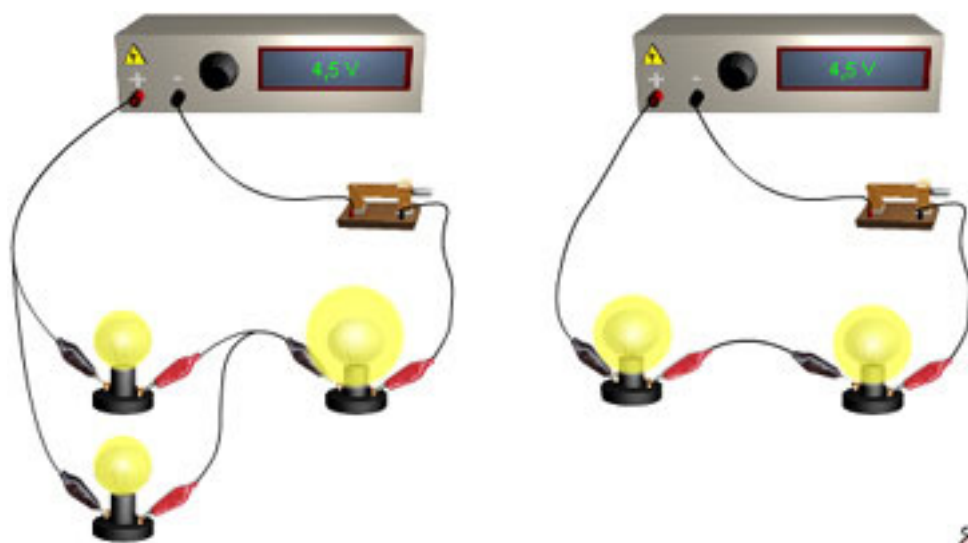


Εικόνα 77: Τα λαμπάκια αριστερά δεν λάμπουν το ίδιο μεταξύ τους (φάση 1η)

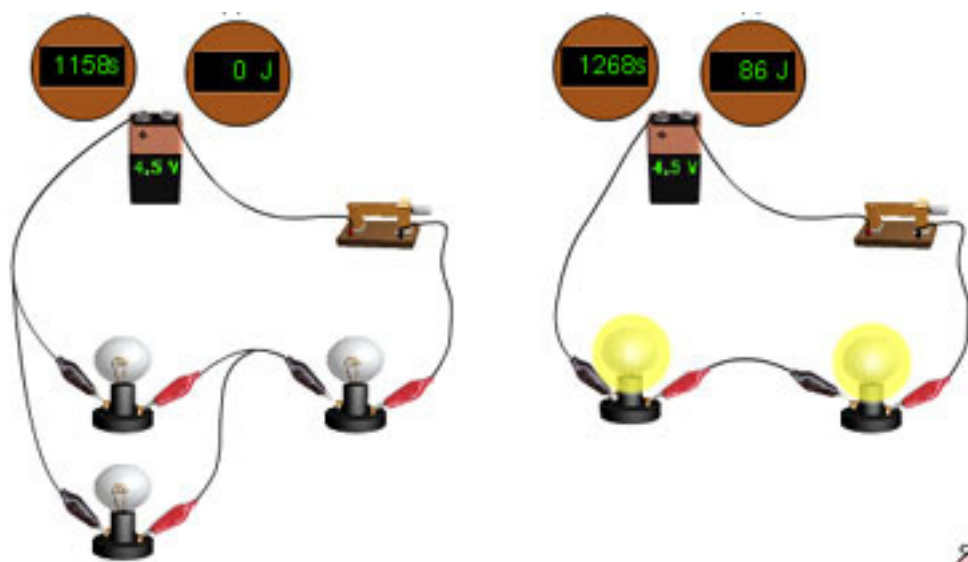


Εικόνα 78: Η μπαταρία δεξιά έχει αδειάσει ενώ τα λαμπάκια αριστερά συνεχίζουν να φωτίζουν (φάση 2η)

Παραλλαγή 5: Το 1ο κύκλωμα με 3 λάμπες σε σειρά-παράλληλα - το 2ο με 2 λάμπες σε σειρά



Εικόνα 79: Τα λαμπάκια αριστερά δεν λάμπουν το ίδιο μεταξύ τους (φάση 1η)



Εικόνα 80: Η μπαταρία αριστερά έχει αδειάσει ενώ τα λαμπάκια δεξιά συνεχίζουν να φωτίζουν (φάση 2η)