

ΠΑΤΡΑ, 2023-2024

# ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ

ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ, Ε.ΔΙ.Π, MSc, PhD  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΙΑΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

# ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΕΝΘΕΤΟ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ

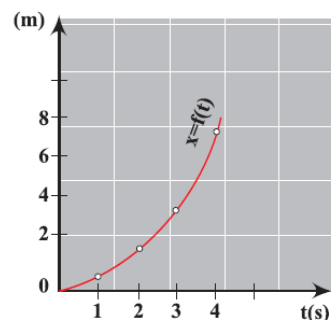
## A. Κατασκευή Γραφικής Παράστασης σε χιλιοστομετρικό χαρτί

Για να κατασκευάσουμε μια γραφική παράσταση χρειαζόμαστε οπωσδήποτε μια σειρά από πληροφορίες, τις οποίες θα τις πάρουμε από το πείραμά μας. Αυτή τη σειρά από πληροφορίες την καταγράφουμε στις στήλες ενός πίνακα. Όταν συμπληρώσουμε τον πίνακα μας, θα πρέπει να εργαστούμε στο χιλιοστομετρικό (μιλιομετρέ) χαρτί. Χαράσσουμε στο χιλιοστομετρικό χαρτί δυο ημιευθείες κάθετες μεταξύ τους που θα αποτελέσουν τους άξονες της γραφικής μας παράστασης. Στη συνέχεια θα πρέπει να βαθμονομήσουμε σωστά τους δύο άξονες, ώστε η γραφική μας παράσταση να καταλάβει κατά το δυνατόν όλο το εύρος του χιλιοστομετρικού χαρτιού που διαθέτουμε (εάν κάτι από αυτά σας φαίνεται παράξενο ή δύσκολο, μην σας αγχώνει..... Όλα θα τα συζητήσουμε αναλυτικά, όταν θα κάνουμε το εργαστήριο). Τα ζευγάρια τιμών από τον πίνακα τα σημειώνουμε πάνω στο χιλιοστομετρικό χαρτί και ενώνουμε με συνεχή γραμμή τα σημεία. Ένα παράδειγμα όλων των παραπάνω φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ

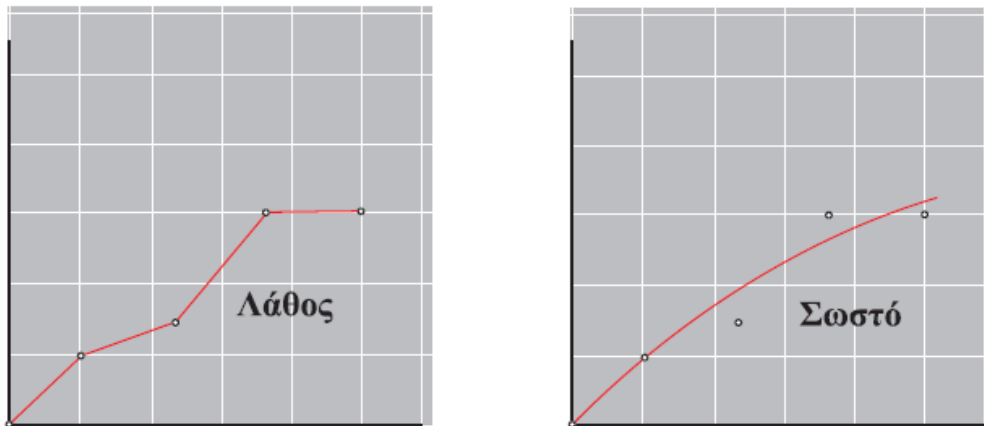
χρόνος $t$ (s)	Απόσταση $x$ (m)
0	0
1	0,5
2	2,0
3	4,5
4	8,0

*Η γραφική παράσταση της απόστασης  $x$  συναρτήσει του χρόνου  $t$  σε μία ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση*



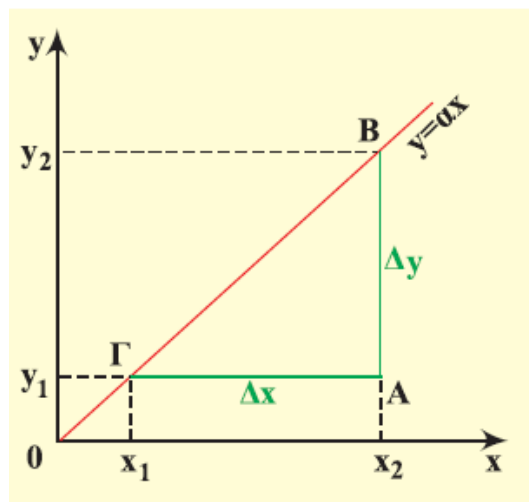
*Εικ. 1: Κατασκευή γραφικής παράστασης από πίνακα τιμών.*

Όπως βλέπετε στην εικόνα 1 ο άξονας των χρόνων έχει υποδιαιρέσεις ανά 1 s, ενώ ο άξονας των αποστάσεων υποδιαιρέσεις ανά 2 m. Τι θέλω να πω; Ότι στη γραφική παράσταση δε βάζω απαραίτητως τις τιμές που έχω στο πίνακα (π.χ. δε φαίνεται η τιμή  $x=0,5$  m). Επίσης πρέπει να συνδέσουμε τις τιμές με συνεχόμενη γραμμή και όχι με τεθλασμένη, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.



**Εικ. 2:** Λανθασμένη και ορθή κατασκευή γραφικής παράστασης.

Όμως γιατί εμείς οι φυσικοί έχουμε τέτοια εμμονή με τις γραφικές παραστάσεις; Η απάντηση είναι ότι μπορούμε να αντλήσουμε, από αυτές, πολλές πληροφορίες. Η κλίση μιας γραφικής παράστασης είναι η πολυτιμότερη πληροφορία, καθώς συνδέετε με φυσικά μεγέθη. Ας δούμε πως υπολογίζουμε την κλίση μιας γραφικής παράστασης.



**Εικ. 3:** Κλίση γραφικής παράστασης.

Έστω η γραφική παράσταση της εικόνας 3. Η εικόνα αυτή είναι η γραφική αναπαράσταση της εξίσωσης  $y=ax$  και είναι ευθεία. Για να βρούμε την κλίση της ευθείας, σχεδιάζουμε ένα μεγάλο ορθογώνιο τρίγωνο  $AB\Gamma$ , όπως φαίνεται στην εικόνα. Βρίσκουμε τις τιμές των δύο καθέτων πλευρών του στις αντίστοιχες μονάδες των αξόνων.

$$AB = \Delta y = y_2 - y_1$$

$$\Gamma A = \Delta x = x_2 - x_1$$

Υπολογίζουμε έπειτα την κλίση της γραφικής παράστασης από το λόγο των δύο αυτών πλευρών του τριγώνου.

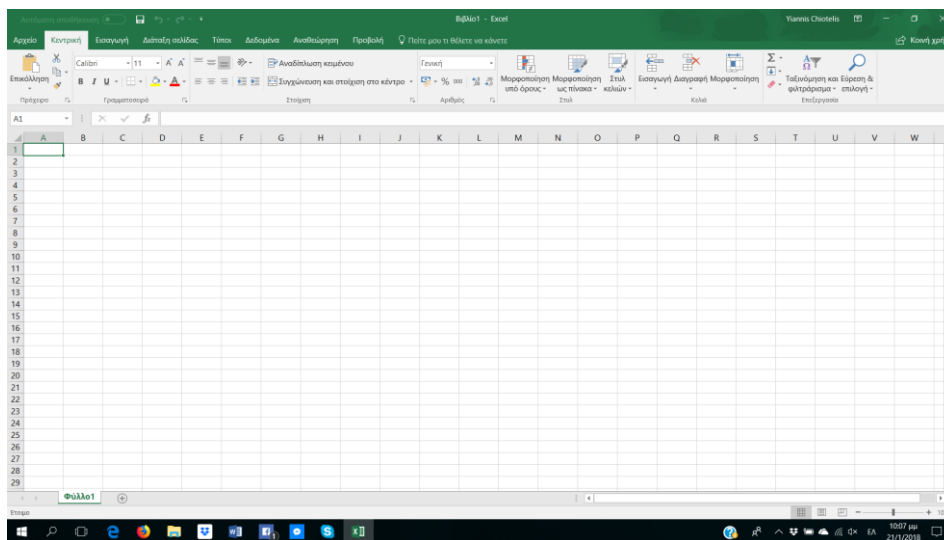
$$\text{Κλίση} = \frac{AB}{\Gamma A} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Μπορούμε να αναφέρουμε πλήθος διαφορετικών φυσικών μεγεθών που προκύπτουν από την κλίση. Στη παρούσα όμως, εργαστηριακή άσκηση, θα αρκεστούμε απλά στον υπολογισμό της κλίσης. Επίσης δε θα αναφερθούμε στη φυσική σημασία του εμβαδού μιας γραφικής παράστασης.

## ***B. Κατασκευή Γραφικής Παράστασης με τη βοήθεια του Microsoft Excel.***

Το Microsoft Excel είναι ένα λογισμικό-εφαρμογή που βρίσκεται σε όλους τους υπολογιστές ως μέρος του Microsoft Office. Για το λόγο αυτό το Microsoft Excel είναι ένα εύκολα προσβάσιμο εργαλείο για το σχεδιασμό γραφικών παραστάσεων. Ας δούμε λοιπόν βήμα – βήμα τη δημιουργία ενός γραφήματος και την επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων με τη βοήθεια του Microsoft Excel.

- Αρχικά, «ανοίγουμε» ένα φύλλο εργασίας Microsoft Excel (Εικ. 4).



***Εικόνα 4***

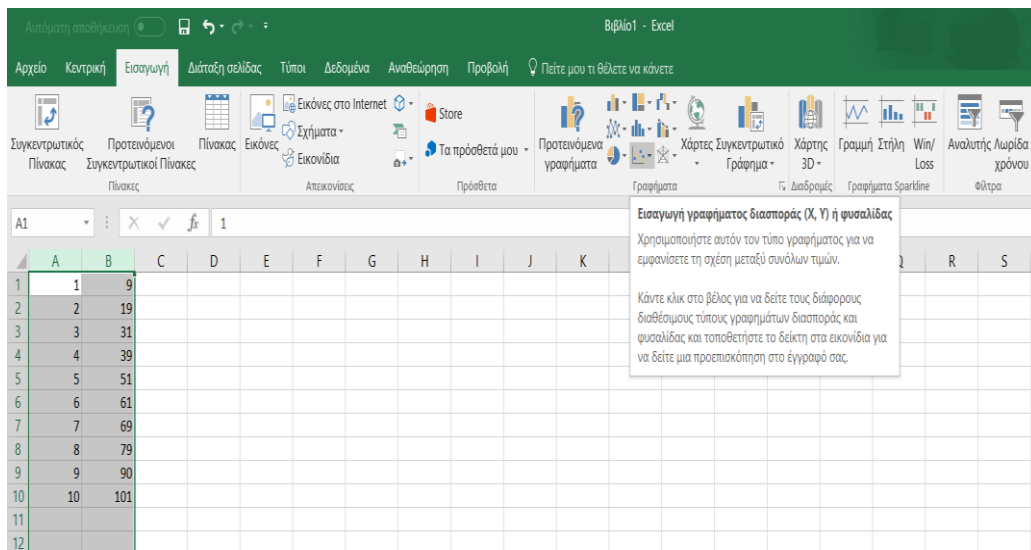
- Εισάγουμε τις πειραματικές μας μετρήσεις. Ενδεικτικές πειραματικές μετρήσεις φαίνονται στην παρακάτω εικόνα 5.

A screenshot of the Microsoft Excel spreadsheet showing experimental data. The data is entered into cells A1 through D10. The values in column A are 1 through 10, in column B are 9 through 101, and in column C are 19 through 90. Cell D8 is currently selected.

	A	B	C	D
1	1	9		
2	2	19		
3	3	31		
4	4	39		
5	5	51		
6	6	61		
7	7	69		
8	8	79		
9	9	90		
10	10	101		

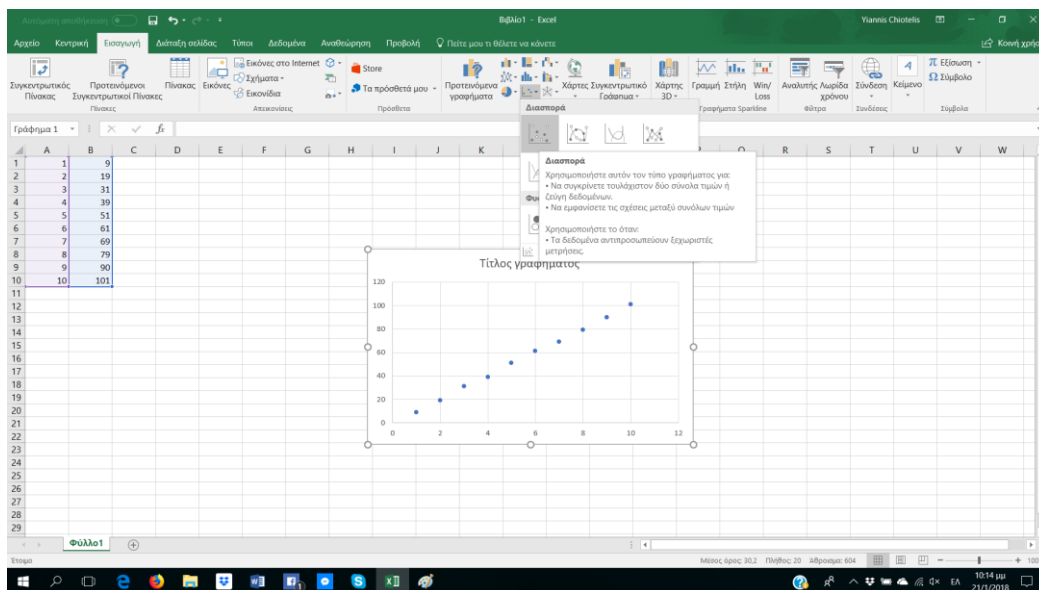
***Εικόνα 5***

- Επιλέγουμε («μανρίζουμε») τις πειραματικές μας μετρήσεις (Εικ.6) και επιλέγουμε ΓΡΑΦΗΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (ΠΡΟΣΟΧΗ!), όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



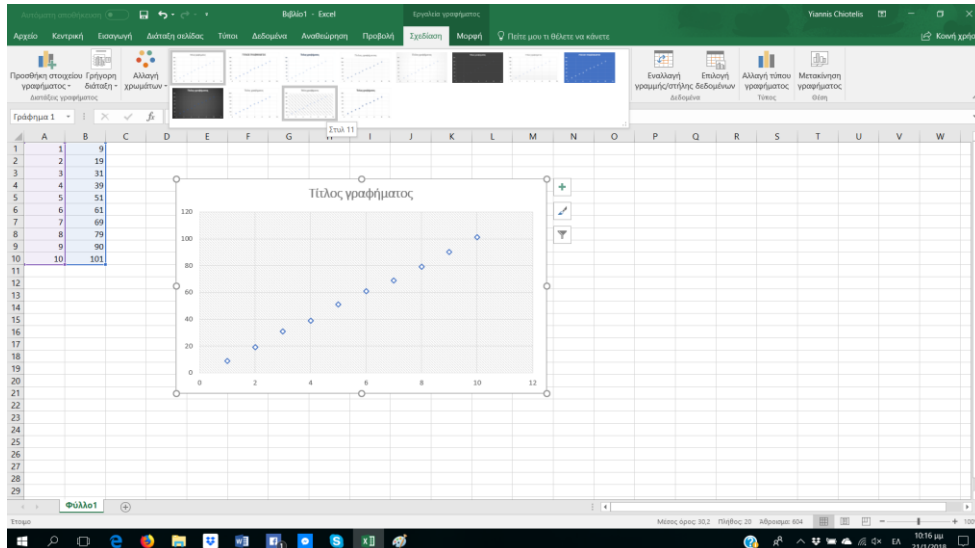
Εικόνα 6

Με την επιλογή ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ, αμέσως θα σας εμφανιστεί η γραφική παράσταση των πειραματικών σας μετρήσεων (Εικ.7).



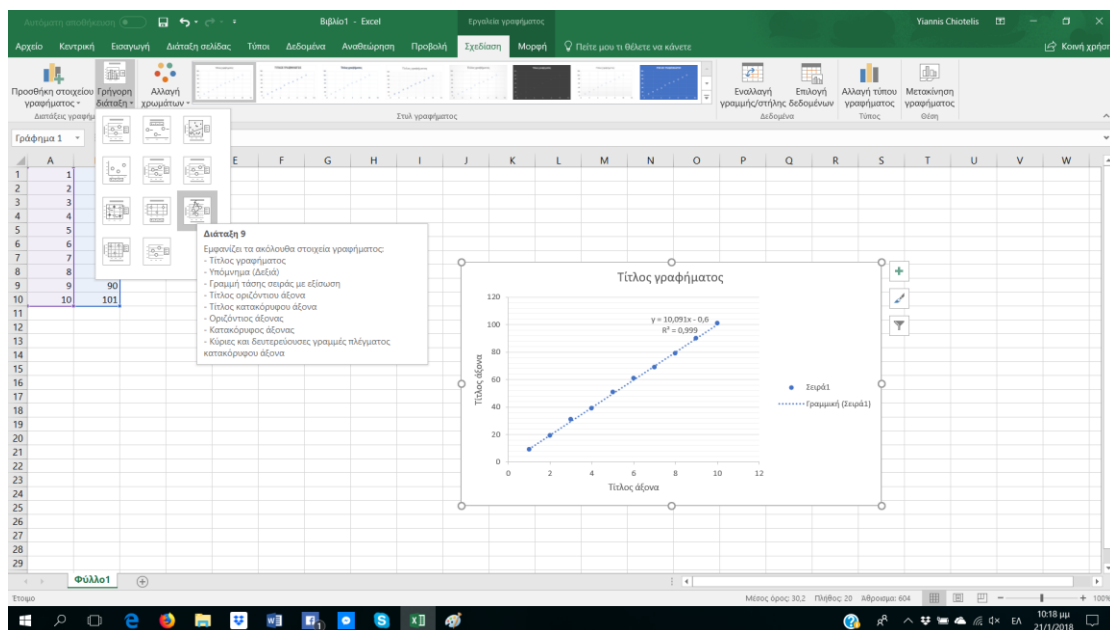
Εικόνα 7

Αμέσως μετά μπορείτε να επιλέξετε να μορφοποιήσετε το γράφημά σας, σύμφωνα με τις επιθυμίες σας (Εικ. 8).



Εικόνα 8

Το πιο ενδιαφέρον σημείο είναι όταν επιλέξετε ΓΡΗΓΟΡΗ ΔΙΑΤΑΞΗ και μετά ΔΙΑΤΑΞΗ 9, οπότε το πρόγραμμα «προχωράει» σε γραμμική προσέγγιση (linear fit) και εμφανίζει ένθετη στη γραφική παράσταση την εξίσωση της ευθείας (Εικ.9):



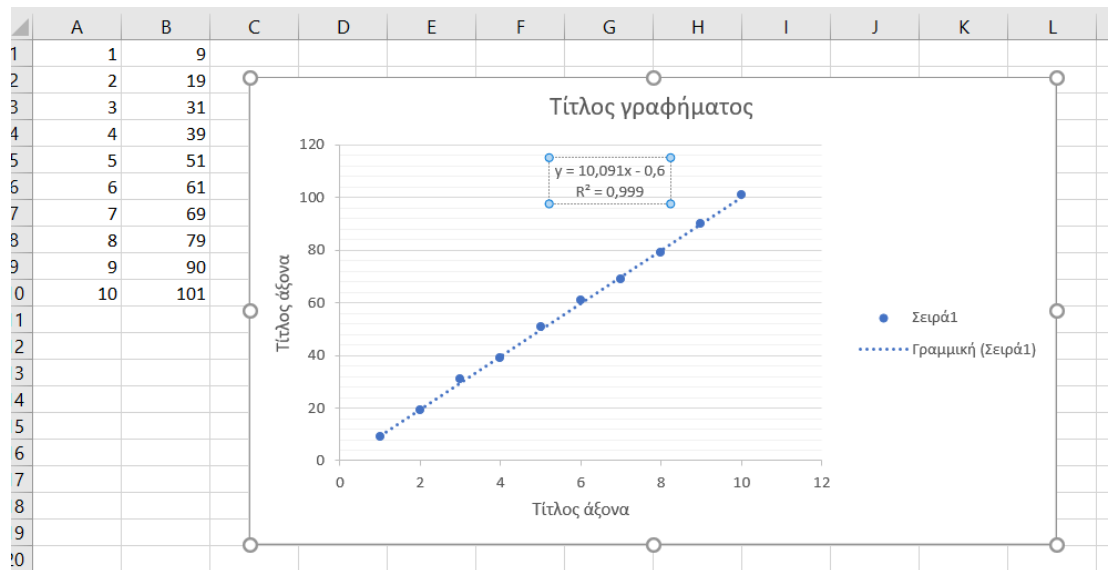
Εικόνα 9

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρείτε την αντίστοιχη γραμμική προσέγγιση των ενδεικτικών μετρήσεών μας. Η εξίσωση γραμμής που προσεγγίζει τις μετρήσεις μας είναι η:

$$y=10,091x-0,6$$

που είναι της μορφής  $y=Ax+B$  με  $A=10,091$  και  $B=-0,6$ .

**Το  $A=10,091$  είναι η κλίση της γραφικής παράστασης των πειραματικών μας δεδομένων που είναι το ζητούμενο στο 99% των εργαστηριακών ασκήσεων.**



**Εικόνα 10**

**Γ. Υπολογισμός Απόκλισης πειραματικής από θεωρητική τιμή.**

$$\alpha = \frac{|\tau_{\text{θεωρ.}} - \tau_{\text{πειρ.}}|}{\tau_{\text{θεωρ.}}} 100\%$$

Όπου  $\tau_{\text{θεωρ.}}$  η θεωρητική τιμή και  $\tau_{\text{πειρ.}}$  η πειραματική τιμή.

# 1<sup>η</sup> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

## ΜΕΛΕΤΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗΣ ΟΜΑΛΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

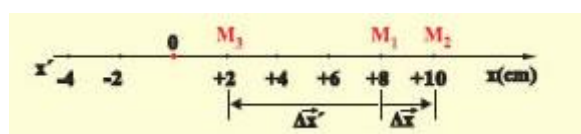
### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Πώς θα μπορούσε να περιγραφεί η κίνηση ενός αγωνιστικού αυτοκινήτου; Πόσο γρήγορα κινείται η μπάλα που κλώτσησε ένας ποδοσφαιριστής; Απαντήσεις σε τέτοια ερωτήματα δίνει η **Κινηματική** η οποία περιγράφει τις κινήσεις των σωμάτων.

**Η τροχιά ενός σώματος που κινείται είναι το σύνολο των διαδοχικών θέσεων από τις οποίες διέρχεται το σώμα.**

Αν η τροχιά είναι ευθεία, τότε η κίνηση χαρακτηρίζεται ως **ευθύγραμμη**, ενώ αν είναι καμπύλη ως **καμπυλόγραμμη**.

Μετατόπιση σώματος πάνω σε άξονα : Ορίζουμε ως μετατόπιση  $\Delta x$  του σωματίου πάνω στην ευθεία κίνησής του τη διαφορά  $x_2 - x_1$ .



*Εικ. 1: Η μετατόπιση είναι διάνυσμα.*

Χρονική διάρκεια : Η μεταβολή  $\Delta t$  των χρονικών στιγμών διέλευσης ενός σώματος από δύο θέσεις, ονομάζεται **χρονική διάρκεια** της κίνησής του μεταξύ των θέσεων αυτών. Δηλαδή:

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (1)$$

Η έννοια της ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

Ορίζεται ως το πηλίκο της μετατόπισης προς την αντίστοιχη χρονική διάρκεια.

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \quad (2)$$

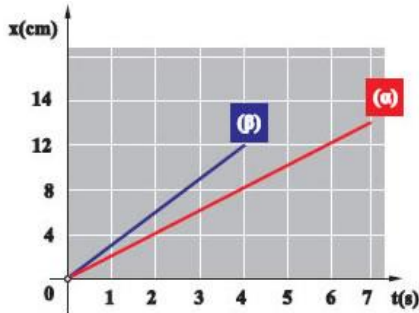
Από την εξίσωση ορισμού της ταχύτητας προκύπτει ότι η μετατόπιση  $\Delta x$  είναι:



$$\Delta x = v \Delta t \quad \text{ή} \quad x = v t \quad (3)$$

Η σχέση αυτή ονομάζεται **εξίσωση κίνησης**.

Εκτός από την αλγεβρική μελέτη με την εξίσωση κίνησης, η ευθύγραμμη ομαλή κίνηση μπορεί να μελετηθεί και γραφικά με τη βοήθεια του διαγράμματος της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο  $t$ .



Η κλίση της ευθείας στο διάγραμμα της μετατόπισης σε συνάρτηση με το χρόνο δίνει την ταχύτητα στην ευθύγραμμη κίνηση.

*Εικ.2: Γραφική παράσταση  $x=f(t)$ .*

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

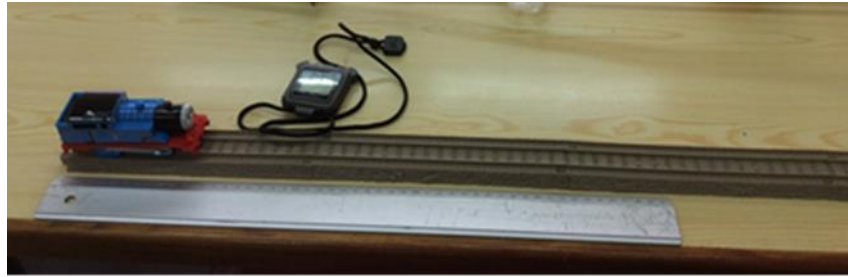
### Όργανα, συσκευές και υλικά:

- Χρονόμετρο,
- Μετροταινία
- Ράγες τρένου
- Thomas the train!!

### Πειραματική διαδικασία:

#### **Μελέτη ευθύγραμμης ομαλής κίνησης**

1. Φτιάξτε τις ράγες πάνω στις οποίες θα κινηθεί το τρενάκι μας (είναι ήδη έτοιμο).
2. Οι ράγες έχουν ορισμένα μπλε σημάδια σε συγκεκριμένες θέσεις. Οι θέσεις αυτές είναι 0 cm, 25 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm και 100 cm και έχουν τοποθετηθεί στον Πίνακα 1.



**Εικ.3:** Διάταξη μελέτης ευθύγραμμης ομαλής κίνησης.

3. Με τη βοήθεια ενός χρονομέτρου προσδιορίστε τις χρονικές στιγμές  $t$  που το τρενάκι μας διέρχεται από συγκεκριμένες θέσεις  $x$ .
4. Καταγράψτε τις τιμές θέσεων και χρονικών στιγμών στον Πίνακα 1.
5. Πάρτε για κάθε θέση  $x$  πέντε (5) μετρήσεις χρόνου  $t$ . Υπολογίστε τη μέση τιμή του χρόνου  $t$ . Συμπληρώστε τον Πίνακα 1.
6. Υπολογίστε τη μετατόπιση  $\Delta x$  και το χρονικό διάστημα  $\Delta t$  θεωρώντας κάθε φορά ως αρχική θέση  $x_0=0$  και αρχική χρονική στιγμή  $t_0=0$ . Συμπληρώστε με τις τιμές που βρήκατε τον Πίνακα 1.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Θέση $x$ (cm)	Χρονική στιγμή $t$ (s)	Μετατόπιση $\Delta x$ (cm)	Μέση τιμή $\bar{t}$ (s)	Χρονικό Διάστημα $\Delta t$ (s)	Μέση ταχύτητα $v$ (cm/s)
$x_0=0$	$t_0=0$				
$x_1=25$	$t_1=.....,.....,.....,.....,.....$	$\Delta x_1=x_1-x_0=$		$\Delta t_1=t_1-t_0=$	$v_1=$
$x_2=40$	$t_2=.....,.....,.....,.....,.....$	$\Delta x_2=x_2-x_0=$		$\Delta t_2=t_2-t_0=$	$v_2=$
$x_3=60$	$t_3=.....,.....,.....,.....,.....$	$\Delta x_3=x_3-x_0=$		$\Delta t_3=t_3-t_0=$	$v_3=$
$x_4=80$	$t_4=.....,.....,.....,.....,.....$	$\Delta x_4=x_4-x_0=$		$\Delta t_4=t_4-t_0=$	$v_4=$
$x_5=100$	$t_5=.....,.....,.....,.....,.....$	$\Delta x_5=x_5-x_0=$		$\Delta t_5=t_5-t_0=$	$v_5=$

7. Τι παρατηρείτε σχετικά με τις τιμές των ταχυτήτων  $v_1$  έως και  $v_5$ ; Η ταχύτητα είναι σταθερή ή μεταβάλλεται;

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

8. Να μετατρέψετε όλες τις τιμές της μέσης ταχύτητας σε  $m/s$ .

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

9. Ποια φυσικά μεγέθη χρειάζονται για να υπολογίσουμε την ταχύτητα ενός κινούμενου σώματος;

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

10. Εάν ένα αυτοκίνητο χρειάζεται 2 ώρες για να πάει στην Αθήνα από την Πάτρα, ποια είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου; (η απόσταση Πάτρας – Αθήνας είναι περίπου 200 Km).

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

11. Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση  $\Delta x$  (άξονας  $y$ ) –  $\Delta t$  (Άξονας  $x$ ). Ποιο μέγεθος μπορείτε να υπολογίσετε από την κλίση της ευθείας;

.....  
(Εισάγετε τη γραφική παράσταση με copy-paste από το excel)

12. Υπολογίστε το παραπάνω μέγεθος.

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

## 2<sup>η</sup> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

### ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ

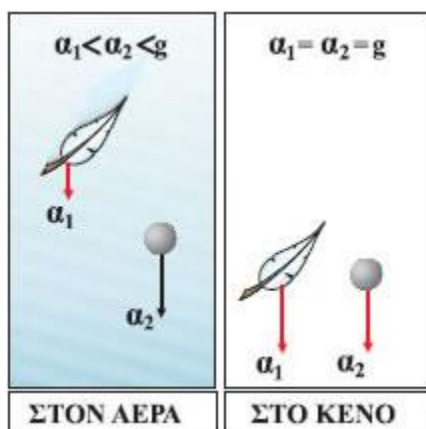
#### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Αν από το ίδιο ύψος αφήσουμε να πέσουν ταυτόχρονα δυο σφαίρες με διαφορετικό βάρος ποια νομίζεις ότι θα φθάσει πρώτη στο έδαφος; Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

**Λέμε ότι ένα σώμα κάνει ελεύθερη πτώση όταν το αφήσουμε να πέσει από κάποιο ύψος και η μόνη δύναμη που ενεργεί σ' αυτό είναι το βάρος του, το οποίο θεωρείται σταθερό.** Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα. Η ελεύθερη πτώση, επακριβώς, πραγματοποιείται μόνο στο κενό.

Έχει αποδειχθεί ότι όταν αφήσουμε ένα μικρό σώμα να πέσει ελεύθερα, από μικρό ύψος από την επιφάνεια της Γης, πέφτει με κίνηση ομαλά επιταχυνόμενη. Η επιτάχυνση έχει μέση τιμή  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  σε γεωγραφικό πλάτος  $45^\circ$ . Η επιτάχυνση αυτή οφείλεται στην έλξη της Γης και ονομάζεται επιτάχυνση της βαρύτητας.

Στη Φυσική είναι εύκολο να καταλήξει κανείς σε λανθασμένο συμπέρασμα από μια τυχαία παρατήρηση. Έτσι, αν από το ίδιο ύψος αφήσουμε να πέσουν την ίδια χρονική στιγμή ένα φτερό και μια μικρή σφαίρα από μόλυβδο, το φτερό θα πέσει πολύ βραδύτερα από τη σφαίρα.



Εικ. 1: Πτώση Σωμάτων.

Αυτό συμβαίνει γιατί η αντίσταση που προβάλλει ο αέρας στην κίνηση του φτερού (Εικ. 1) είναι πολύ πιο μεγάλη από ότι στη σφαίρα, με αποτέλεσμα το φτερό να πέσει πιο αργά. Αν η αντίσταση του αέρα ελαττωθεί πολύ, τότε και το φτερό πέφτει με τη ίδια επιτάχυνση που πέφτει και η σφαίρα.

#### ➤ Εξισώσεις ελεύθερης πτώσης

Αν στις σχέσεις που περιγράφουν την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση θέσουμε  $v_0 = 0$  και  $a = g$  παίρνουμε τις εξισώσεις:

$$S = \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{και} \quad v = g \cdot t \quad (1)$$

όπου  $S$  είναι το διάστημα που διανύει το σώμα κατά την πτώση,  $v$  η ταχύτητα του σώματος τη χρονική στιγμή  $t$  και  $t$  ο χρόνος πτώσης.

Οι σχέσεις αυτές περιγράφουν την ελεύθερη πτώση ενός σώματος, που αφήνεται από την ηρεμία. Από την εξίσωση του διαστήματος φαίνεται ότι, το διάστημα που διανύει ένα σώμα κατά την ελεύθερη πτώση, είναι ανάλογο του τετραγώνου του χρόνου, ενώ από την εξίσωση  $v = g t$  φαίνεται ότι η τιμή της ταχύτητας είναι ανάλογη του χρόνου πτώσης.

Από τη σχέση  $S = \frac{1}{2} g t^2$  λύνοντας ως προς  $g$  προκύπτει ότι:  $g = \frac{2S}{t^2}$  (2)

Όμως η κλίση της ευθείας στο διάγραμμα  $h - t^2$  ισούται με :  $\text{κλίση} = \frac{\Delta S}{\Delta t^2}$ . (3)

Εξισώνοντας τις σχέσεις (2) και (3) προκύπτει ότι:

$$g = 2 \cdot \text{κλίση} \quad (4)$$

Μπορούμε λοιπόν να υπολογίσουμε την επιτάχυνση της βαρύτητας από την κλίση της ευθείας  $h - t^2$ .

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Όργανα, συσκευές και υλικά:

- Διάταξη ελεύθερης πτώσης
- Φωτοθύλες
- Μεταλλική σφαίρα
- Ηλεκτρονικός χρονομετρητής



*Εικ. 3: Ηλεκτρονικός Χρονομετρητής*



*Εικ.2: Διάταξη ελεύθερης πτώσης.*

### Πειραματική διαδικασία:

Στο επάνω μέρος της πειραματικής διάταξης υπάρχει ένας ηλεκτρομαγνήτης στον οποίο κολλάει η μεταλλική σφαίρα, όταν είναι γυρισμένος στη θέση ON ο διακόπτης «Elektromagnet» που βρίσκεται στον ηλεκτρονικό χρονομετρητή. Επίσης, η διάταξη φέρει ενσωματωμένο ένα νήμα της στάθμης έτσι ώστε να ελέγχεται η κατακόρυφη τροχιά της σφαίρας και μία μετροταινία για να καθορίζεται το ύψος της ελεύθερης πτώσης.

Η πρώτη φωτοπύλη είναι τοποθετημένη στην αρχική θέση της σφαίρας, ακριβώς κάτω από τον ηλεκτρομαγνήτη και συμπίπτει με το μηδέν στην μετροταινία. Η δεύτερη φωτοπύλη τοποθετείται σε εκείνη τη θέση για την οποία θέλουμε να μετρήσουμε το χρόνο πτώσης. Έτσι λοιπόν εάν η 1<sup>η</sup> φωτοπύλη είναι στο μηδέν και η 2<sup>η</sup> στο 60 cm, το διανυόμενο διάστημα είναι 60 cm.

Οι φωτοπύλες είναι διατάξεις που μετρούν χρόνο. Επομένως η 1<sup>η</sup> φωτοπύλη, η οποία είναι συνδεδεμένη με το START στον χρονομετρητή μόλις αφηθεί η σφαίρα από τον ηλεκτρομαγνήτη, ξεκινάει να μετράει το χρόνο. Όταν η σφαίρα περάσει από τη 2<sup>η</sup> φωτοπύλη, η οποία είναι συνδεδεμένη με το STOP στον χρονομετρητή, ο χρονομετρητής σταματάει. Η ένδειξη του χρονομετρητή αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα της κίνησης. Με το κουμπί «RESET» μηδενίζετε το χρόνο.

Παρακολουθήστε το παρακάτω βίντεο:  
<https://www.youtube.com/watch?v=BN0tWukj7Vs&t=3s>

και συμπληρώστε τον πίνακα:

#### ΠΙΝΑΚΑΣ

$h$ (m)	$t$ (s)	$\bar{t}$ (s)	$\bar{t}^2$ (s <sup>2</sup> )
0,9	.....		
0,8	.....		
0,7	.....		
0,6	.....		
0,5	.....		
0,4	.....		

1. Υπολογίστε τη μέση τιμή του χρόνου  $t$  και τον όρο  $t^2$ , συμπληρώνοντας τον Πίνακα.

2. Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση  $h$  (άξονας  $y$ ) –  $t^2$ (άξονας  $x$ ). Τι συμπέρασμα προκύπτει για τα δύο αυτά μεγέθη;

(εισαγωγή γραφικής παράστασης)

Συμπέρασμα:.....  
.....  
.....

3. Υπολογίστε, για κάθε ύψος  $h$ , την ταχύτητα  $v$  με την οποία η σφαίρα πέφτει μέχρι το συγκεκριμένο ύψος. Χρησιμοποιήστε την τιμή του  $g=10m/s^2$ .

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

4. Εάν το πείραμα γινόταν στην επιφάνεια της Σελήνης, όπου η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι 6 φορές μικρότερη, για το ίδιο ύψος  $h$  με τη Γη τι θα άλλαζε ως προς το χρόνο πτώσης  $t$  της σφαίρας;

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

5. Εάν ρίχνατε από την επιφάνεια της Σελήνης από το ίδιο ύψος ένα φτερό και μια μεταλλική σφαίρα θα έπεφτε κάποιο πιο γρήγορα στην επιφάνεια του εδάφους; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

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

### 3<sup>η</sup> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

## ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ HOOKE

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

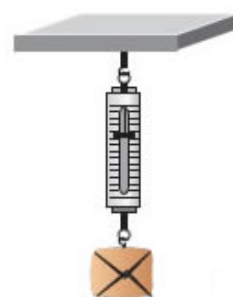
Η συμπεριφορά των διαφόρων υλικών μπορεί να χαρακτηριστεί ως ελαστική ή πλαστική ανάλογο με το βαθμό παραμόρφωσης που υφίσταται. Όταν σε ένα σώμα επενεργεί ορισμένη δύναμη, το σώμα παραμορφώνεται. Αν μετά την κατάργηση της δύναμης το σώμα επανέλθει στην αρχική του μορφή τότε η συμπεριφορά του σώματος χαρακτηρίζεται ελαστική. Λόγου χάρη ένα χαλύβδινο ελατήριο είναι ελαστικό σώμα. Αντίθετα ένα κομμάτι πλαστελίνης χαρακτηρίζεται ως πλαστικό σώμα, γιατί παραμορφώνεται μόνιμα ακόμα και με την επίδραση μικρής δύναμης. Ένα ελαστικό σώμα θα υποστεί μόνιμη παραμόρφωση, όταν η δύναμη που το παραμορφώνει ξεπερνάει το όριο ελαστικότητας του σώματος. Σπάει δε, όταν ξεπερνάει το όριο θραύσης του.

Ο Νόμος του Hooke ή νόμος των ελαστικών παραμορφώσεων λέει ότι η επιμήκυνση  $x$  ενός ελατηρίου μέσα στην περιοχή ελαστικότητάς του είναι ανάλογη με τη δύναμη  $F$  που την προκαλεί. Δηλ.

$$F = k \cdot x \quad (1)$$

Όπου  $k$  η σταθερά της αναλογίας. Ονομάζουμε τη σταθερά  $k$  σταθερά του ελατηρίου, ενώ η τιμή της χαρακτηρίζει τη σκληρότητα του υλικού του ελατηρίου και εξαρτάται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ελατηρίου (μήκος, πάχος κ.λπ). Έχει μονάδα μέτρησης το  $1 \text{ N/m}$ .

Στον Νόμο της ελαστικής παραμόρφωσης βασίζεται η μέτρηση μιας δύναμης με τη βοήθεια του δυναμομέτρου. Όταν από ένα χαλύβδινο ελατήριο κρεμάσουμε ένα σώμα, η επιμήκυνση εξαρτάται από το βάρος του σώματος αυτού. Διπλάσιο βάρος προκαλεί διπλάσια επιμήκυνση. Έτσι κρεμώντας διαφορετικά σώματα γνωστών βαρών και σημειώνοντας τις αντίστοιχες επιμηκύνσεις είναι δυνατό να βαθμονομήσουμε το ελατήριο και να κατασκευάσουμε ένα δυναμόμετρο.



*Εικ. 1: Δυναμόμετρο*



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Όργανα, συσκευές και υλικά:

- Συσκευή μελέτης του Νόμου του Hooke
- 5 μάζες των 10gr
- Σώμα άγνωστης μάζας



*Εικ. 2: Πειραματική Διάταξη.*

### Πειραματική διαδικασία:

Η πειραματική διάταξη της Εικόνας 2 αποτελείται από ένα ελατήριο το ένα άκρο του οποίου είναι κρεμασμένο από ένα άγκιστρο. Στο άλλο άκρο του ελατηρίου είναι προσαρμοσμένη μία βάση πάνω στην οποία μπορούμε να τοποθετήσουμε διάφορα σώματα. Επίσης το ελατήριο φέρει και έναν κόκκινο δείκτη, ο οποίος πρέπει να δείχνει το μηδέν στην κλίμακα που υπάρχει προσαρμοσμένη πάνω στη σιδερένια ράβδο. Η κλίμακα αυτή μετράει την επιμήκυνση του ελατηρίου σε cm.

1. Στην πειραματική διάταξη της Εικ. 2 ελέγξτε εάν ο κόκκινος δείκτης είναι στο μηδέν της κλίμακας μέτρησης της επιμήκυνσης του ελατηρίου.
2. Στην άκρη του ελατηρίου κρεμάστε ένα βαράκι μάζας 10 g. Σημειώστε την τιμή της επιμήκυνσης  $x$  του ελατηρίου.
3. Επαναλάβετε τη διαδικασία άλλες 4 φορές προσθέτοντας ένα-ένα τα βαράκια, καταγράφοντας κάθε φορά την επιμήκυνση  $x$  του ελατηρίου και την ασκούμενη δύναμη  $F$  (βάρος των σφαιριδίων). Θυμηθείτε ότι το βάρος ενός σώματος υπολογίζεται από τη σχέση:  $B=mg$  όπου  $g$ =επιτάχυνση της βαρύτητας. Για τους υπολογισμούς σας χρησιμοποιείτε  $g=10 \text{ m/s}^2$ . Συμπληρώστε τον Πίνακα.
4. Τι παρατηρείτε καθώς κρεμάτε σταδιακά περισσότερα βαράκια στο ελατήριο;  
.....  
.....  
.....
5. **Συμπέρασμα:** Όσο .....η δύναμη που ασκείται στο ελατήριο τόσο.....και η .....του

ελατηρίου. Μπορούμε να μετρήσουμε μια δύναμη από το.....που προκαλεί.

### ΠΙΝΑΚΑΣ

$m(g)$	$F(N)$	$x(cm)$
<b>10</b>		
<b>20</b>		
<b>30</b>		
<b>40</b>		
<b>50</b>		

6. Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση  $F$  (άξονας  $y$ ) –  $x$  (άξονας  $x$ ).
7. Τι μορφή έχουν οι γραφικές παραστάσεις; Επιβεβαιώνεται ο νόμος του Hooke; Διατύπωσέ τον.  
.....  
.....  
.....  
.....
8. Από το ελατήριο κρεμάστε το σώμα αγνώστου βάρους και καταγράψτε την επιμήκυνση  $x$  του ελατηρίου.

$x(cm)$

9. Από τις γραφικές παραστάσεις που έχετε κάνει μπορείτε να υπολογίσετε το βάρος του αγνώστου σώματος; Εάν ναι περιγράψτε τον τρόπο και υπολογίστε την τιμή του.  
.....  
.....  
.....  
.....

Τις δυνάμεις τις μετρούμε με ειδικά όργανα, τα δυναμόμετρα που η αρχή λειτουργίας είναι όμοια με αυτή του ελατηρίου.

10. Κρεμάστε από το άγκιστρο του δυναμόμετρου μια κασετίνα αρχικά και στη συνέχεια ένα ψαλίδι. Ποιο από τα δύο έχει μεγαλύτερο βάρος; Μπορείς να εξηγήσεις την απάντησή σου;

.....  
.....

11. Ποιο από τα αποτελέσματα που μπορεί να προκαλέσει μια δύναμη αξιοποιούμε  
όταν μετρούμε με το δυναμόμετρο;

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

## 4<sup>η</sup> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

### ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ-ΕΡΓΟ-ΕΝΕΡΓΕΙΑ

#### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

##### *Νόμοι του Νεύτωνα*

- Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα:

Αν σε ένα σώμα δεν ασκούνται δυνάμεις ή εάν ασκούνται έχουν συνισταμένη ίση με μηδέν, τότε το σώμα ηρεμεί ή κινείται ευθύγραμμα και ομαλά.

Δηλ.  $\text{Αν } \Sigma F = 0 \text{ τότε } v = \text{σταθερή}$

Η ιδιότητα της ύλης να αντιστέκεται σε κάθε αίτιο που προσπαθεί να αλλάξει την κινητική κατάσταση λέγεται **αδράνεια** και μέτρο της αποτελεί η μάζα του σώματος.

- Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα:

Η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα του προσδίδει επιτάχυνση κατά τη διεύθυνση και τη φορά της. Η επιτάχυνση αυτή είναι ανάλογη της δύναμης και αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του σώματος.

Δηλ. 
$$\Sigma F = m \cdot a \quad (1)$$

- Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα:

Αν ένα σώμα Α ασκεί δύναμη (δράση) σε ένα σώμα Β, τότε και το σώμα Β ασκεί στο Α μια δύναμη (αντίδραση) ίσου μέτρου αλλά αντίθετης φοράς.

##### *Ενέργεια*

Υπάρχουν πολλές μορφές ενέργειας όπως η Μηχανική Ενέργεια (Κινητική και δυναμική), η θερμική ενέργεια, η Χημική κ.τ.λ. Η συνολική ενέργεια δε χάνεται, αλλά μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ή μετατρέπεται από τη μια μορφή στην άλλη (Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας).

- Κινητική Ενέργεια

Η κινητική ενέργεια  $K$  ενός σώματος μάζας  $m$  που κινείται με ταχύτητα  $v$  δίνεται από τη σχέση:

$$K = 1/2 m v^2 \quad (2)$$

- Δυναμική Ενέργεια

Η δυναμική ενέργεια  $U$  ενός σώματος μάζας  $m$  που βρίσκεται σε απόσταση  $h$  από κάποιο επίπεδο αναφοράς, δίνεται από τη σχέση:

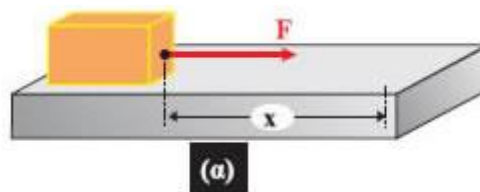
$$U = m \cdot g \cdot h \quad (3)$$

### Έργο

- Έργο σταθερής δύναμης στη διεύθυνση της μετατόπισης:

Σαν έργο  $W$  δύναμης  $F$  σταθερού μέτρου ορίζεται το γινόμενο της δύναμης επί τη μετατόπιση  $x$  του σημείου εφαρμογής της δύναμης.

$$W = F \cdot x \quad (4)$$

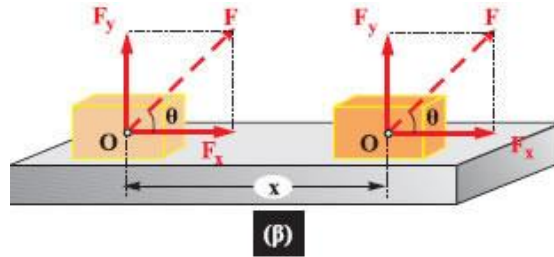


*Εικ. 1: Δύναμη στη διεύθυνση της μετατόπισης.*

- Έργο σταθερής δύναμης που σχηματίζει γωνία  $\theta$  με τη διεύθυνση της μετατόπισης:

Στην περίπτωση που η δύναμη σχηματίζει γωνία  $\theta$  με τη μετατόπιση, έργο παράγει η συνιστώσα  $F_x$ .

Δηλ. 
$$W = F \cdot x \cdot \sigma\upsilon\nu\theta \quad (5)$$



**Εικ. 2:** Δύναμη που σχηματίζει γωνία  $\theta$  με τη μετατόπιση.

Όπως προκύπτει από τη σχέση (5), το έργο μιας δύναμης, ανάλογα με το μέτρο της γωνίας  $\theta$  μπορεί να είναι: **θετικό** ( $0 \leq \theta < 90^\circ$ ), ή **αρνητικό** ( $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ ) ή και **μηδέν** ( $\theta = 90^\circ$ , δηλαδή η δύναμη να είναι κάθετη στη μετατόπιση).

### **Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση**

Η κίνηση κατά την οποία η τροχιά ενός σώματος που κινείται είναι ευθεία, η επιτάχυνση  $a$  του σώματος παραμένει σταθερή και η ταχύτητά του  $v$  αυξάνεται, ονομάζεται ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη. Η ταχύτητα  $v$  του σώματος καθώς και η μετατόπισή του  $\Delta x$  κάθε χρονική στιγμή  $t$ , δίνονται αντίστοιχα από τις σχέσεις:

$$v = v_0 + a \cdot t \quad \Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (6)$$

Εάν η αρχική ταχύτητα  $v_0 = 0$ , τότε οι παραπάνω σχέσεις γίνονται ως εξής:

$$v = a \cdot t \quad \Delta x = \frac{1}{2} a t^2 \quad (7)$$

## **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

### **Όργανα, συσκευές και υλικά:**

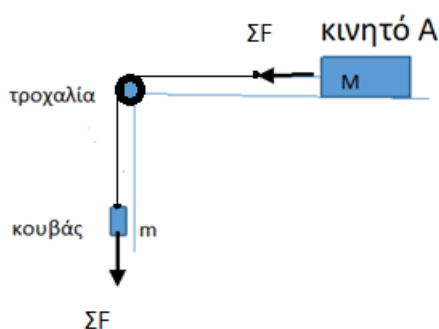
- Φύλλο χοντρό χαρτί
- Ξύλινο σώμα
- Μάζες των 10 g και 50 g
- Χρονόμετρο
- Μεταλλικοί ράβδοι στήριξης
- Δυναμόμετρα
- Απλοί σύνδεσμοι



**Εικ.3:** Αεροτροχιά

## Πειραματική διαδικασία:

Για να μελετήσουμε τον 2<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα θα χρησιμοποιήσουμε την Αεροτροχιά της Εικ. 3, η οποία αποτελείται από έναν διάδρομο πάνω στον οποίο μπορεί να κινείται ένα σώμα, το οποίο θα το ονομάσουμε κινητό Α. Όταν θέσουμε σε λειτουργία την αεραντλία διοχετεύεται αέρας μέσα στην αεροτροχιά με αποτέλεσμα το κινητό σώμα να κινείται χωρίς τριβές. Το κινητό Α είναι δεμένο με ένα αβαρές νήμα. Το άλλο άκρο του νήματος διέρχεται από μία αβαρή τροχαλία και στη συνέχεια είναι δεμένο σε ένα μικρό «κουβαδάκι». Μέσα στο κουβαδάκι μπορείτε να τοποθετήσετε διάφορες μάζες με διαφορετικό βάρος. Τέλος η αεροτροχιά φέρει μια μετροταινία, για να γνωρίζετε κάθε φορά το διανυόμενο διάστημα. Στην Εικ. 4 φαίνονται οι δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα: κινητό Α-νήμα-τροχαλία-κουβαδάκι. Με την επίδραση της τάσης του νήματος  $T$ , το κινητό Α εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα.



**Εικ. 4:** Σχηματική αναπαράσταση της πειραματικής διάταξης όπου φαίνονται οι δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα.

### 1. Εξάρτηση της επιτάχυνσης $a$ του κινητού από τη δύναμη.

Για συγκεκριμένη και σταθερή μάζα του κινητού Α,  $M=0,16\text{ kg}$ , αναρτήστε από τον κουβά 2 διαφορετικά βάρη. Ο κουβάς έχει μάζα  $m=5\text{ g}$  ή  $0,005\text{ kg}$  και κάθε «βαράκι»  $10\text{ g}=0,01\text{ kg}$ . Μετρήστε το χρόνο που χρειάζεται το κινητό Α για να διανύσει διάστημα  $S=1\text{ m}$  και συμπληρώστε τον πίνακα 1. (Για κάθε βάρος πάρτε 5 μετρήσεις του χρόνου και βρείτε τη μέση τιμή).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1**

$m\text{ (g)}$	$t\text{ (s)}$	$\overline{t}\text{ (s)}$	$\overline{t^2}\text{ (s)}$	$\Sigma F\text{ (N)}$	$a\text{ (m/s}^2\text{)}$
5	.....,..... .....,..... .....				

15	.....,..... .....,..... .....				
25	.....,..... .....,..... .....				

- Υπολογίστε την επιτάχυνση  $a$  που αποκτά το κινητό Α. Το κινητό Α κάνει ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα.

(Υπολογισμοί επιτάχυνσης  $a$ )

- Υπολογίστε τη συνισταμένη δύναμη  $\Sigma F$  που ασκείται στο κινητό Α (Εικ.4) και συμπληρώστε τον Πίνακα 1.

(Υπολογισμοί συνισταμένης δύναμης  $\Sigma F$ )

- Από τις μετρήσεις που πήρατε τι συμπέρασμα προκύπτει για την επιτάχυνση  $a$  σε σχέση με τη δύναμη  $\Sigma F$ ;

.....  
.....

## 2. Εξάρτηση της επιτάχυνσης $a$ του κινητού από τη μάζα του.

Κρεμάστε στο κουβά μάζα 10 g και διατηρήστε τη σταθερή. Παραμένει δηλ. **σταθερό το βάρος B του κουβά και επομένως η δύναμη που ασκείται πάνω στο κινητό Α**. Μετρήστε το χρόνο που χρειάζεται το κινητό Α για να διανύσει το διάστημα  $S = 1\text{ m}$  για 3 διαφορετικές μάζες του κινητού Α. Κάθε μάζα που προστίθεται είναι 50 g. (Για κάθε μάζα του κινητού Α πάρτε 5 μετρήσεις του χρόνου και βρείτε τη μέση τιμή). Συμπληρώστε τον Πίνακα 2.

**Η μάζα του κινητού Α είναι  $M = 160\text{ g}$ .**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2**

$m(g)$	$M(g)$	$t(s)$	$\overline{t}(s)$	$\overline{t^2}(s)$	$a(m/s^2)$
15	160	.....,..... .....,..... .....			
15	210	.....,..... .....,..... .....			



15	260	.....,.....			
		.....,.....			
		.....			

- Υπολογίστε την επιτάχυνση  $a$  που αποκτά το κινητό Α. Το κινητό Α κάνει **ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα.**

(Υπολογισμοί επιτάχυνσης  $a$ )

- Από τις μετρήσεις που πήρατε τι **συμπέρασμα** προκύπτει για την επιτάχυνση  $a$  που αποκτά το κινητό Α σε σχέση με τη μάζα του  $M$ ;

.....  
 .....

### 3. Υπολογισμός ενεργειών και έργων των δυνάμεων

- Για μάζα του κουβά  $m=15 \text{ g}=0,015 \text{ kg}$  υπολογίστε τη δυναμική ενέργεια των σωμάτων που πέφτουν.

.....  
 .....

- Υπολογίστε την κινητική ενέργεια που αποκτά το κινητό Α στο τέλος του διαστήματος  $S=1 \text{ m}$ . Η μάζα του κινητού Α είναι  $M=160 \text{ g}=0,160 \text{ kg}$ .

.....  
 .....

- Υπολογίστε το έργο της δύναμης που ασκείται στο κινητό Α για διανυόμενο διάστημα  $S=1 \text{ m}$ .

.....  
 .....

Για τις πράξεις θεωρείστε το  $g=10 \text{ m/s}^2$ .

## 5<sup>η</sup> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

#### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Οι φυσικοί συνέδεσαν το ηλεκτρικό ρεύμα με τις θεμελιώδεις έννοιες του ηλεκτρισμού: το φορτίο και το ηλεκτρικό πεδίο. Το ηλεκτρικό ρεύμα και τα αποτελέσματά του περιγράφονται και ερμηνεύονται από την κίνηση φορτισμένων σωματιδίων μέσα σε ηλεκτρικά πεδία.

**Ονομάζουμε ηλεκτρικό ρεύμα την προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων ή γενικότερα των φορτισμένων σωματιδίων.**

#### Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος

Πώς θα μπορούσαμε να προσδιορίσουμε αν ένας αγωγός διαρρέεται από ισχυρότερο ή ασθενέστερο ηλεκτρικό ρεύμα σε σχέση με κάποιον άλλο;

Όσο περισσότερα ηλεκτρόνια διέρχονται από μια κάθετη διατομή (ή απλά διατομή) του αγωγού σε ορισμένο χρόνο, τόσο περισσότερο φορτίο θα περνάει από αυτήν και τόσο ισχυρότερο θα είναι το ηλεκτρικό ρεύμα.

Ορίζουμε την ένταση ( $I$ ) του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό ως το φορτίο ( $q$ ) που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού σε χρονικό διάστημα ( $t$ ) προς το χρονικό διάστημα.

$$I=q/t \quad (1)$$

Τα όργανα που χρησιμοποιούμε για να μετράμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος ονομάζονται **αμπερόμετρα**. Για να μετρήσουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από έναν αγωγό, παρεμβάλλουμε το αμπερόμετρο, έτσι ώστε το προς μέτρηση ρεύμα να διέλθει μέσα από αυτό. Αυτός ο τρόπος σύνδεσης του οργάνου λέγεται **σύνδεση σε σειρά**. Τα σύγχρονα αμπερόμετρα είναι ενσωματωμένα σε όργανα πολλαπλής χρήσης που ονομάζονται **πολύμετρα**. Με το πολύμετρο μπορούμε να μετράμε και άλλα μεγέθη, όπως ηλεκτρική τάση και αντίσταση.

#### Ηλεκτρικό κύκλωμα

Εάν συνδέσουμε με σύρμα τα άκρα μιας μπαταρίας με τα άκρα ενός λαμπτήρα, παρατηρούμε ότι ο λαμπτήρας φωτοβολεί. Μέσα στο σύρμα και στο λαμπτήρα κινούνται ηλεκτρόνια με κατεύθυνση από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο της μπαταρίας. Επίσης κινούνται μέσα στην μπαταρία με κατεύθυνση από το θετικό προς τον αρνητικό πόλο της. Δηλαδή τα ηλεκτρόνια ακολουθούν μια κλειστή διαδρομή. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι διαθέτουμε ένα **κλειστό κύκλωμα** ηλεκτρικού ρεύματος.

### Διαφορά δυναμικού στους πόλους πηγής

Το βασικό χαρακτηριστικό μιας μπαταρίας, αλλά και κάθε ηλεκτρικής πηγής είναι η **τάση**. Ονομάζουμε ηλεκτρική τάση ή διαφορά δυναμικού ( $V_{πηγής}$ ) μεταξύ των δύο πόλων μιας ηλεκτρικής πηγής το πηλίκο της ενέργειας που προσφέρεται από την πηγή σε ηλεκτρόνια (Εηλεκτρική) συνολικού φορτίου ( $q$ ) όταν διέρχονται από αυτήν, προς το φορτίο  $q$ .

$$V_{πηγής} = E_{ηλεκτρική} / q \quad (2)$$

Η μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής τάσης (διαφοράς δυναμικού) στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται Volt (1 V).

### Διαφορά δυναμικού στα άκρα καταναλωτή

Καθώς τα ηλεκτρόνια περνούν μέσα από ένα λαμπτήρα, ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και φωτεινή. Ο λαμπτήρας, όπως και κάθε συσκευή που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε ενέργεια άλλης μορφής, ονομάζεται μετατροπέας ή καταναλωτής.

Πώς θα μπορούσαμε να μετρήσουμε την ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρεται από το ηλεκτρικό ρεύμα σε έναν καταναλωτή;

Γι' αυτό το λόγο ορίζουμε ένα φυσικό μέγεθος που το ονομάζουμε ηλεκτρική τάση ή **διαφορά δυναμικού**. Ονομάζουμε ηλεκτρική τάση ή διαφορά δυναμικού ( $V$ ) μεταξύ των δύο άκρων του καταναλωτή το πηλίκο της ενέργειας που μεταφέρουν στον καταναλωτή ηλεκτρόνια συνολικού φορτίου όταν διέρχονται από αυτόν προς το φορτίο  $q$ .

$$V = E_{ηλεκτρική} / q \quad (3)$$

Τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων ενός στοιχείου του κυκλώματος, π.χ. μπαταρίας, λαμπτήρα, κινητήρα κ.λπ., τη μετράμε με τη βοήθεια ενός **βολτόμετρου**. Τα άκρα του βολτόμετρου συνδέονται με τα άκρα του στοιχείου στα οποία θέλουμε να μετρήσουμε τη διαφορά δυναμικού. Λέμε ότι το βολτόμετρο συνδέεται **παράλληλα** με το στοιχείο. Τα σύγχρονα βολτόμετρα είναι ενσωματωμένα στα πολύμετρα.

### Κυκλώματα σύνδεσης

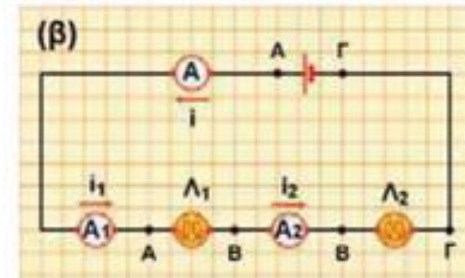
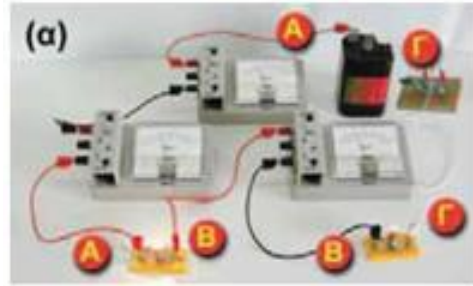
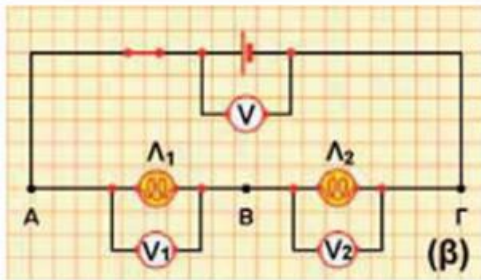
#### **Κύκλωμα σύνδεσης σε σειρά**

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ίδια σε όλα τα σημεία του ή συμβολικά:

$$I = I_1 = I_2 \quad (4)$$

Η τάση  $V_{ΑΓ}$  στα άκρα του κυκλώματος ισούται με το άθροισμα των τάσεων  $V_{ΑΒ}$  και  $V_{ΒΓ}$  στα άκρα κάθε λάμπας :

$$V_{ΑΓ} = V_{ΑΒ} + V_{ΒΓ} \quad (5)$$



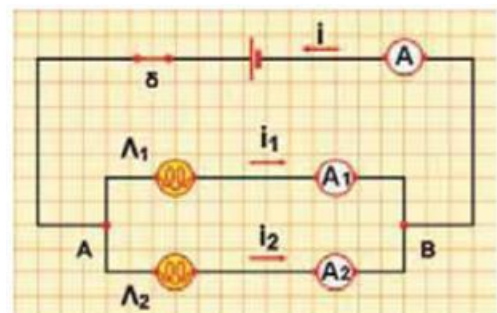
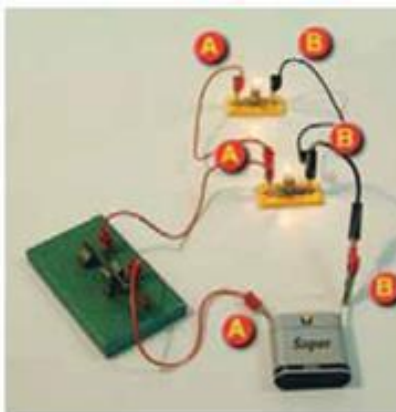
Κύκλωμα σε παράλληλη σύνδεση

Στα άκρα των λαμπτήρων εφαρμόζεται η ίδια διαφορά δυναμικού που είναι ίση με τη διαφορά δυναμικού της πηγής ( $V_{AB}$ ).

$$V_{AΓ} = V_{AB} = V_{BΓ} \quad (6)$$

Η ένταση ( $I$ ) του ολικού ηλεκτρικού ρεύματος που μετράει το αμπερόμετρο  $A$  είναι ίση με το άθροισμα των εντάσεων ( $I_1$  και  $I_2$ ) των ρευμάτων που διαρρέουν τους δύο λαμπτήρες και μετρώνται από τα αμπερόμετρα  $A_1$  και  $A_2$  αντίστοιχα. Ωστε ισχύει:

$$I = I_1 + I_2 \quad (7)$$



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Α. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΕΝΑ ΚΛΕΙΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

#### Πειραματικά Όργανα

Μπαταρία 6V Καλώδια

Πολύμετρο Λαμπάκι

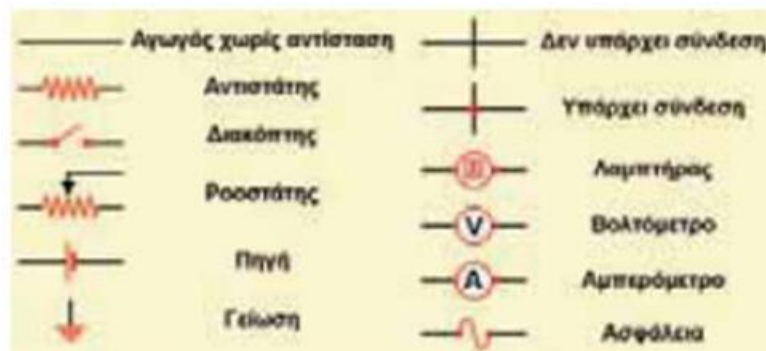


#### Πειραματική Διαδικασία

1. Διαθέτετε τα παραπάνω όργανα. Πως θα πρέπει να συνδέσετε το πολύμετρο για να μετρήσει την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα;

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

2. Σχεδιάστε το αντίστοιχο κύκλωμα, χρησιμοποιώντας τα παρακάτω σύμβολα για τα αντίστοιχα όργανα.



3. Χρησιμοποιείτε τα όργανα για να φτιάξετε το κύκλωμα που σχεδιάσατε. **(Πριν συνδέσετε και τους δύο πόλους της μπαταρίας φωνάξτε τον υπεύθυνο να ελέγξει το κύκλωμα).**

4. Γυρίστε το διακόπτη του πολυμέτρου κατάλληλα έτσι ώστε να μετρά την ένταση του ρεύματος.

5. Καταγράψτε την ένταση του ρεύματος.

.....

**Συμπέρασμα:** Για να μετρήσουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα κύκλωμα χρησιμοποιούμε τα....., τα οποία πρέπει να τα συνδέσουμε .....στο κύκλωμα.

## **B. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ (ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ) ΣΤΑ ΑΚΡΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ (ΛΑΜΠΑΚΙ)**

### **Πειραματικά Όργανα**

Μπαταρία 6V Διακόπτης 2 Πολύμετρα

Λαμπάκι Καλώδια

### **Πειραματική Διαδικασία**

1. Στο προηγούμενο κύκλωμα που έχετε ήδη φτιάξει, πώς πρέπει να συνδέσετε το δεύτερο πολύμετρο για να μετρήσετε την τάση στα άκρα του λαμπτήρα;

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

2. Σχεδιάστε το αντίστοιχο κύκλωμα, χρησιμοποιώντας τα σύμβολα για τα αντίστοιχα όργανα.

3. Χρησιμοποιείτε τα όργανα για να φτιάξετε το κύκλωμα που σχεδιάσατε. **(Πριν συνδέσετε και τους δύο πόλους της μπαταρίας φωνάξτε τον υπεύθυνο να ελέγξει το κύκλωμα).**

4. Γυρίστε το διακόπτη των πολυμέτρων κατάλληλα έτσι ώστε να μετρούν την ένταση του ρεύματος και την τάση στα άκρα του λαμπτήρα αντίστοιχα.

5. Κλείστε το διακόπτη. Ανάβει το λαμπάκι;.....

6. Καταγράψτε την τιμή της τάσης στα άκρα του λαμπτήρα όταν ο διακόπτης είναι κλειστός.

.....

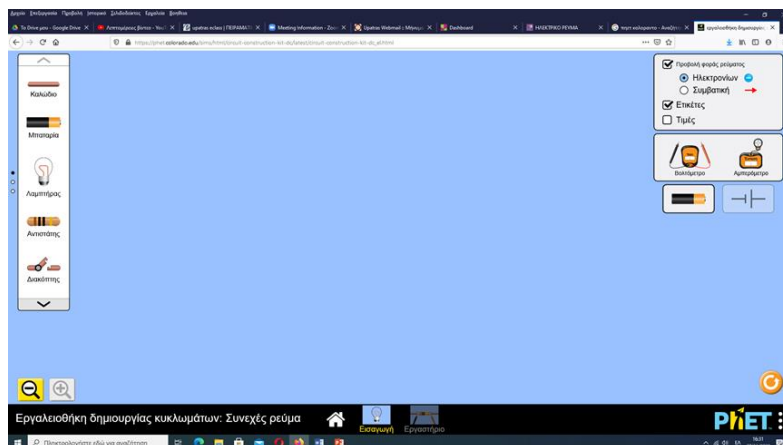
Συμπέρασμα: Για να μετρήσουμε την τάση στα άκρα ενός καταναλωτή χρησιμοποιούμε τα όργανα τα οποία λέγονται.....

Τα.....συνδέονται .....σε ένα κύκλωμα.

## Γ. ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Για την μελέτη κυκλωμάτων σύνδεσης σε σειρά και παράλληλα θα χρησιμοποιήσετε την προσομοίωση Java του πανεπιστημίου του Colorado:

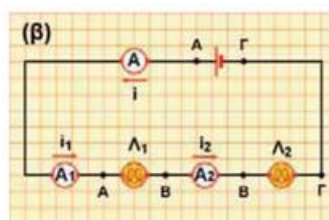
<https://phet.colorado.edu/el/simulation/circuit-construction-kit-dc>



### Σύνδεση σε σειρά

#### Πειραματική Διαδικασία

1. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα χρησιμοποιώντας καλώδια, 2 αντιστάτες, μία μπαταρία και ένα διακόπτη από την εργαλειοθήκη αριστερά.



2. Όταν είστε έτοιμοι κλείστε το διακόπτη. Το κύκλωμα αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα.
3. Χρησιμοποιήστε το αμπερόμετρο από τα εργαλεία δεξιά και μετρήστε τα ρεύματα που περνούν από τις δύο αντιστάσεις. Αρκεί να το τοποθετήσετε πάνω στο καλώδιο στο σημείο που θέλετε να μετρήσετε την ένταση.
4. Καταγράψτε τις τιμές των εντάσεων των ρευμάτων στον παρακάτω πίνακα:

I (A)	$I_1$ (A)	$I_2$ (A)

Τι παρατηρείτε;.....

**Συμπέρασμα:** Σε ένα κύκλωμα όπου τα στοιχεία είναι συνδεδεμένα σε σειρά Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι .....σε όλα τα σημεία του ή συμβολικά:.....

5. Από τα εργαλεία, χρησιμοποιήστε το βολτόμετρο, έτσι ώστε να μετρήσετε την τάση στα άκρα των δύο αντιστατών και την τάση στα άκρα της πηγής.
6. Καταγράψτε τις τιμές των τάσεων στον παρακάτω πίνακα:

V (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)

Τι παρατηρείτε;.....

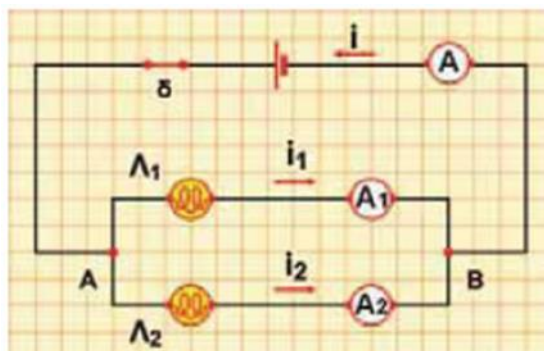
**Συμπέρασμα:** Σε ένα κύκλωμα όπου τα στοιχεία είναι συνδεδεμένα σε σειρά Η τάση V στα άκρα του κυκλώματος ισούται με το .....των τάσεων  $V_1$  και  $V_2$  στα άκρα κάθε αντιστάτη ή συμβολικά.....

### **Σύνδεση Παράλληλη**

#### **Πειραματική Διαδικασία**

1. Κατασκεύασε το παρακάτω κύκλωμα χρησιμοποιώντας καλώδια, 2 αντιστάτες, ένα διακόπτη και μία μπαταρία.





2. Όταν είστε έτοιμοι κλείστε το διακόπτη. Το κύκλωμα αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα.
3. Χρησιμοποιήστε το βολτόμετρο από τα εργαλεία και μετρήστε την τάση στα άκρα της πηγής και στα άκρα των δύο αντιστάτων.
4. Καταγράψτε τις τιμές των τάσεων στον παρακάτω πίνακα:

V (V)	V <sub>1</sub> (V)	V <sub>2</sub> (V)

Τι παρατηρείτε;.....

**Συμπέρασμα:** Σε ένα κύκλωμα όπου τα στοιχεία είναι συνδεδεμένα παράλληλα η τάση V στα άκρα του κυκλώματος είναι.....με τις τάσεις V<sub>1</sub> και V<sub>2</sub> στα άκρα κάθε αντιστάτη ή συμβολικά.....

5. Από τα εργαλεία χρησιμοποιήστε το αμπερόμετρο για να μετρήσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την κάθε αντίσταση.
6. Καταγράψτε τις τιμές των εντάσεων των ρευμάτων στον παρακάτω πίνακα:

I (A)	I <sub>1</sub> (A)	I <sub>2</sub> (A)

Τι παρατηρείτε;.....

**Συμπέρασμα:** Η ένταση (I) του ολικού ηλεκτρικού ρεύματος που μετράει το αμπερόμετρο A είναι ίση με το .....των εντάσεων (I<sub>1</sub> και I<sub>2</sub>) των ρευμάτων που διαρρέουν τους δύο αντιστάτες ή συμβολικά.....

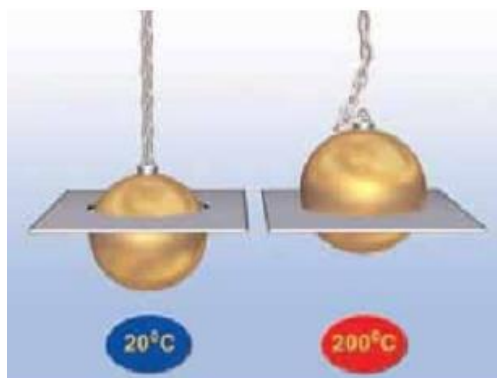
## 6<sup>η</sup> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

### ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ-ΒΡΑΣΜΟΣ

#### *A. Θερμική Διαστολή*

##### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Όλα σχεδόν τα σώματα στερεά, υγρά και αέρια, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία τους (θερμαίνονται), διαστέλλονται, αυξάνεται δηλαδή ο όγκος τους, ενώ όταν μειώνεται η θερμοκρασία τους (ψύχονται), συστέλλονται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **θερμική διαστολή** και το αντίθετο της φαινόμενο, **συστολή**. Όμως, όλα τα σώματα δε διαστέλλονται ή συστέλλονται με τον ίδιο τρόπο. Το καπάκι, που είναι συνήθως φτιαγμένο από σίδηρο ή αλουμίνιο, συστέλλεται περισσότερο από το γυάλινο βάζο γι' αυτό και σφηνώνεται στο στόμιο του βάζου, όταν μπει στο ψυγείο όπου και ψύχεται.



*Εικ.1 Κυβική θερμική διαστολή*

Από όλα τα σώματα τα στερεά διαστέλλονται λιγότερο, τα υγρά περισσότερο και τα αέρια τέλος διαστέλλονται περισσότερο από όλα τα φυσικά σώματα.

Στα στερεά σώματα διακρίνουμε τρεις διαφορετικές διαστολές, τη **γραμμική**, την **επιφανειακή** και την **κυβική διαστολή**, ανάλογα εάν εξετάζουμε το φαινόμενο κατά μία, δύο ή τρεις διαστάσεις. Στην περίπτωση της διαστολής που περιγράφεται στην Εικ.1, μεταβάλλεται ο όγκος της σφαίρας. Υπάρχουν όμως σώματα, όπως οι ράβδοι ή τα σύρματα, που η μια τους διάσταση είναι πολύ μεγαλύτερη από τις άλλες. Όταν θερμάνουμε μια μεταλλική ράβδο ή ένα σύρμα, το μήκος τους αυξάνεται πολύ περισσότερο συγκριτικά με τις άλλες διαστάσεις τους. Η διαστολή αυτή ονομάζεται **γραμμική**. Η μεταβολή του μήκους εξαρτάται από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη η ράβδος. Όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί εξίσου σε μια σιδερένια ράβδο και σε μια ράβδο αλουμινίου ίδιου αρχικού μήκους, η μεταβολή του μήκους της ράβδου αλουμινίου είναι μεγαλύτερη από τη μεταβολή του μήκους της σιδερένιας ράβδου.

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Όργανα, συσκευές και υλικά:

- Συσκευή θερμικής διαστολής κατ' όγκο
- Γκαζάκι-τρίποδας-πλέγμα
- Κλειστή Ογκομετρική φιάλη με γυάλινο καλαμάκι
- Κωνική φιάλη
- Μπαλόني



*Εικ. 2: Συσκευή κυβικής διαστολής.*

### Πειραματική διαδικασία:

1. Στη συσκευή διαστολής κατ' όγκο προσπαθήστε να περάσετε τη σφαίρα μέσα από το δακτύλιο. Αφού ζεστάνετε τη σφαίρα με το γκαζάκι (**να μην ακουμπά η φλόγα στο μέταλλο**), προσπαθήστε να την περάσετε μέσα από το δακτύλιο. Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας.  
.....  
.....
2. Στους δρόμους και στα δάπεδα, όταν τοποθετούν μεταλλικές πλάκες, αφήνουν διάκενα. Γιατί; Τι είδους διαστολή συμβαίνει σε αυτή την περίπτωση;  
.....  
.....  
.....
3. Τοποθετήστε την κλειστή ογκομετρική φιάλη με το καλαμάκι πάνω στο πλέγμα και ανάψτε το γκαζάκι. Παρατηρείστε τη στάθμη του νερού στο καλαμάκι.  
.....  
.....
4. Που βασίζεται η αρχή λειτουργίας του θερμομέτρου; Λάβετε υπόψη σας ότι τα θερμομέτρα αποτελούνται από κάποιο υγρό (οινόπνευμα ή υδράργυρο) που περιβάλλονται από γυαλί.  
.....  
.....
5. Τοποθετήστε στη κωνική φιάλη ένα μπαλόني και ακουμπήστε την πάνω στο πλέγμα. Η φλόγα στο γκαζάκι να είναι χαμηλή. Τι παθαίνει το μπαλόني μετά από λίγο; Εξηγήστε.  
.....  
.....

## ***B. Βρασμός***

### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

Βρασμός είναι η γρήγορη εξαέρωση με την παραγωγή φυσαλίδων ατμού σε όλη τη μάζα του υγρού. Αρχίζει σε μια ορισμένη θερμοκρασία, τη θερμοκρασία ή σημείο βρασμού, που είναι χαρακτηριστική για το κάθε υγρό. Έτσι, για το νερό η θερμοκρασία βρασμού είναι 100°C σε ατμοσφαιρική πίεση 1 atm.

Οι μικρές φυσαλίδες που παρουσιάζονται στα τοιχώματα του δοχείου, όταν θερμαίνεται το νερό σε θερμοκρασίες 40 °C έως 50 °C, είναι φυσαλίδες αέρα και οφείλονται στον ατμοσφαιρικό αέρα που είναι διαλυμένος στο νερό. Φυσαλίδες ατμού εμφανίζονται στους 90 °C και σχηματίζονται στο πιο θερμό μέρος του δοχείου (πυθμένας), ενώ μεγάλες φυσαλίδες ατμού παράγονται από όλη τη μάζα του νερού στους 100 °C.

Αν τοποθετήσουμε ένα θερμόμετρο μέσα στη μάζα του νερού, θα παρατηρήσουμε ότι πριν σημειωθεί βρασμός, όσο θερμαίνεται το νερό τόσο αυξάνεται η θερμοκρασία του. Όταν όμως αρχίσει ο βρασμός, η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή στους 100 °C. Αυτή η σταθερή θερμοκρασία λέγεται και σημείο ζέσεως του νερού. Αν εξακολουθήσουμε να θερμαίνουμε το νερό, η θερμοκρασία του δε θα αυξηθεί, μέχρι που θα εξαερωθεί όλη η μάζα του.

Η θερμοκρασία βρασμού είναι χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε σώματος. Εξαρτάται όμως από την ατμοσφαιρική πίεση που ασκείται στο υγρό. Γενικά, αύξηση της πίεσης επιφέρει αύξηση του σημείου ζέσεως, ενώ το αντίθετο συμβαίνει όταν ελαττώνεται η πίεση.

### **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

#### **Όργανα, συσκευές και υλικά**

- Σφαιρική φιάλη 250 ml
- Γκαζάκι- τρίποδας-πλέγμα
- Θερμόμετρο
- Ξύλινο μανταλάκι
- Νερό

#### **Πειραματική διαδικασία:**

1. Στη σφαιρική φιάλη βάλτε νερό (όχι μεγάλη ποσότητα για να βράσει γρήγορα).
2. Στερεώστε με το μανταλάκι το θερμόμετρο στη φιάλη κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η άκρη του υδραργύρου να βρίσκεται μέσα στο νερό. Τοποθετήστε τη φιάλη πάνω στο πλέγμα.
3. Σημειώστε την αρχική θερμοκρασία του νερού πάνω στον Πίνακα. Ανάψτε το γκαζάκι ρυθμίζοντας τη φλόγα σε μέτρια θέρμανση. Κάθε 30s σημειώστε την ένδειξη του θερμομέτρου στον Πίνακα 1.
4. Όταν το νερό βράζει τι παρατηρείτε;.....

5. Αφήστε το νερό να βράσει δύο ακόμα λεπτά και σημειώστε τη θερμοκρασία του στον Πίνακα. Κατόπιν σβήστε το γκαζάκι.

6. Φτιάξτε τη γραφική παράσταση  $\theta$  (άξονας  $y$ ) –  $t$  (άξονας  $x$ ) για το νερό χρησιμοποιώντας τις τιμές του Πίνακα.

7. Από τη γραφική παράσταση και τα αποτελέσματα της διαδικασίας 4 γράψτε με δικά σας λόγια τι είναι το σημείο βρασμού και τι είναι ο βρασμός.

.....

8. Αν κατά το βρασμό του νερού η φλόγα στο γκαζάκι ήταν πιο δυνατή, τι νομίζετε ότι θα μεταβαλλόταν;

.....

9. Που βράζει πιο γρήγορα το νερό στην παραλία ή στην κορυφή του Ολύμπου;

.....

Χρόνος $t$ (min)	Θερμοκρασία $\theta^{\circ}\text{C}$
0	
0,5	
1	
1,5	
2	
2,5	
3	
3,5	
4	
4,5	
5	
5,5	
6	
6,5	
7	
7,5	
8	
8,5	
9	
9,5	
10	
10,5	
11	
11,5	
12	