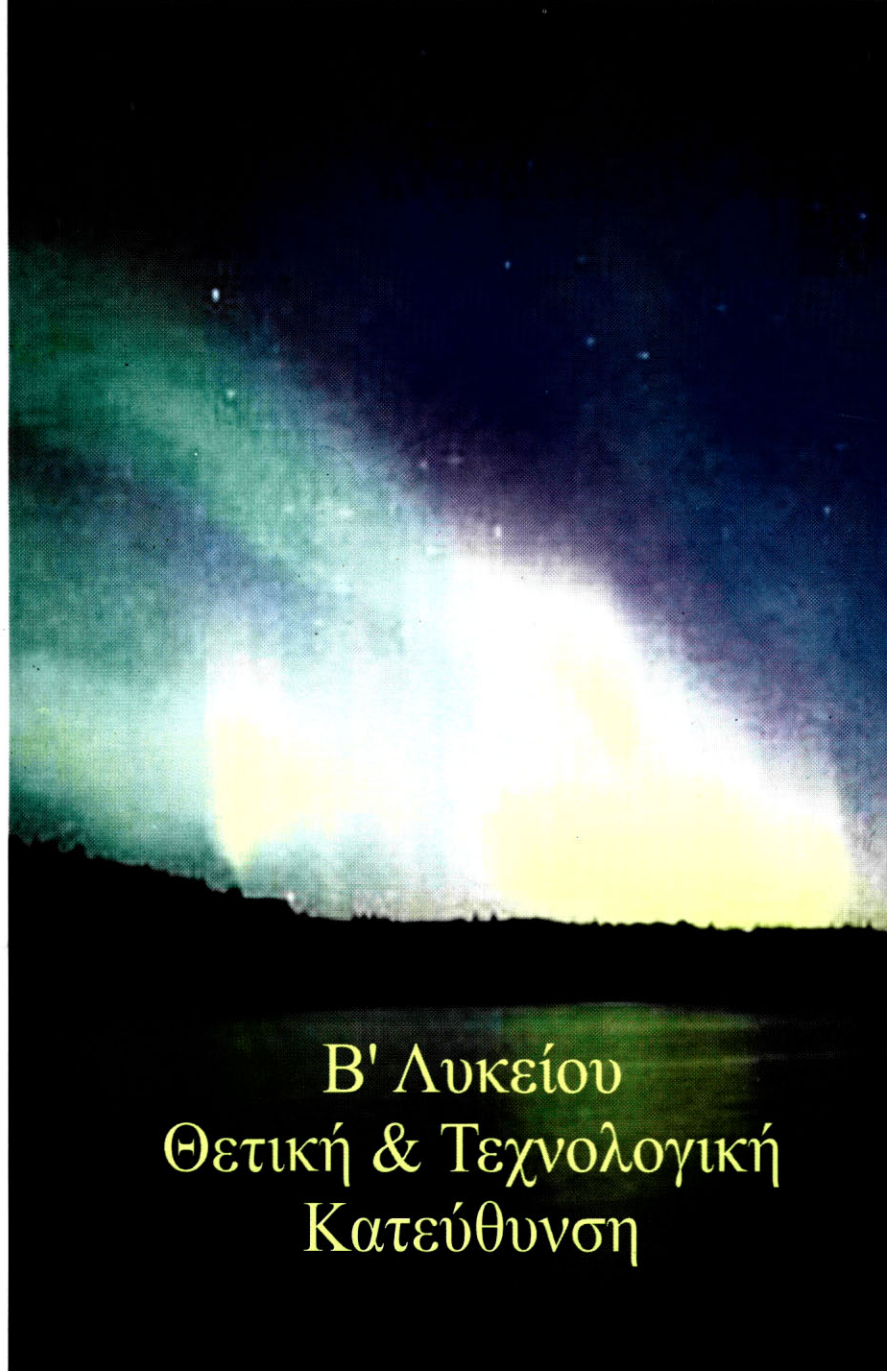


Εργαστηριακός οδηγός Φυσικής

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ



Β' Λυκείου
Θετική & Τεχνολογική
Κατεύθυνση

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ

Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής
Θετικής & Τεχνολογικής
κατεύθυνσης

Β΄ τάξη
Γενικού Λυκείου

**Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και
Θρησκευμάτων
Παιδαγωγικό Ινστιτούτο**

**ΑΛΕΚΟΣ ΙΩΑΝΝΟΥ - ΓΙΑΝΝΗΣ ΝΤΑΝΟΣ
ΑΓΓΕΛΟΣ ΠΗΤΤΑΣ - ΣΤΑΥΡΟΣ ΡΑΠΤΗΣ**

**Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής
Θετικής & Τεχνολογικής
κατεύθυνσης**

**Β΄ τάξη
Γενικού Λυκείου**

**ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ**

Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ.

Υποπρόγραμμα 1: ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Μέτρο 1.1: ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΕΝΙΚΗΣ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Ενέργεια 1.1α: Προγράμματα – βιβλία

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το εργαστήριο της φυσικής θα σας προσφέρει μοναδική εμπειρία σχετικά με φυσικά φαινόμενα που εξετάζονται θεωρητικά στο σχολικό σας βιβλίο.

Θα σας δοθεί η ευκαιρία να παρακολουθήσετε τη διαδικασία με την οποία οι φυσικοί κατέκτησαν τη γνώση που μας κληρονόμησαν και να επαληθεύσετε τους νόμους που διατύπωσαν επιστήμονες πριν από σας. Η πρόοδος της φυσικής οφείλεται στην επινοητικότητα την εργατικότητα και την υπομονή με την οποία οι φυσικοί πραγματοποίησαν τα πειράματά τους. Οι πρώτοι πειραματιστές κατέγραψαν τα αποτελέσματα των μετρήσεών τους, με ειλικρίνεια κι αυτό επιτρέπει και σε μας να επαναλάβουμε τις ίδιες μετρήσεις και να επιβεβαιώσουμε- ή να διαψεύσουμε- τα συμπεράσματά τους.

A. Μετρήσεις - σφάλματα

Αυτό που κάνουμε στο εργαστήριο, όταν εκτελούμε ένα πείραμα, είναι να **μετράμε** διάφορα φυσικά μεγέθη. Δηλαδή να συγκρίνουμε ένα μέγεθος με ένα άλλο, ομοειδές προς αυτό, που το παίρνουμε ως **μονάδα**.

Οι μετρήσεις μας μπορεί να είναι **άμεσες**, όπως στην περίπτωση που μετράμε κάποιο μήκος με βαθμολογημένο κανόνα ή **έμμεσες**, προκύπτουν δηλαδή ως αποτέλεσμα υπολογισμού από άλλες μετρήσεις.

Η ακρίβεια στις μετρήσεις μας εξαρτάται από την πιστότητα των οργάνων αλλά και από την ικανότητα του παρατηρητή. Σε καμιά περίπτωση, όμως, δεν μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μετρήσεις απαλλαγμένες από σφάλματα.

Στην καθημερινή γλώσσα η λέξη σφάλμα είναι συνώνυμη με το λάθος, στη γλώσσα της φυσικής όμως σημαίνει αβεβαιότητα.

Μετράμε μεγέθη όπως η θερμοκρασία, το ηλεκτρικό ρεύμα, απόσταση ταχύτητα κ.λπ χρησιμοποιώντας όργανα όπως θερμομέτρα, αμπερόμετρα, μετροταινίες, χρονόμετρα κ.λπ. Κάθε φορά που μετράμε ένα μέγεθος πρέπει να ελέγξουμε πόσο κοντά στην πραγματική τιμή βρίσκεται το αποτέλεσμα της μέτρησής μας.

Η εκτίμηση του σφάλματος στις μετρήσεις που γίνονται στο εργαστήριο είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Ο παρατηρητής, κυρίως εξαιτίας της απειρίας του, μπορεί να εισαγάγει στις μετρήσεις του λάθη, είτε λόγω εσφαλμένης ανάγνωσης των οργάνων είτε λόγω λανθασμένης μεταφοράς των μετρήσεών του στο φύλλο εργασίας.

Αυτά τα **ακούσια σφάλματα** περιορίζονται, αλλά δε μηδενίζονται με την απόκτηση εμπειρίας από τον παρατηρητή και την αύξηση της προσοχής εκ μέρους του.

Για τις μετρήσεις χρησιμοποιούμε κάποιο όργανο μέτρησης. Παρά τις προσπάθειες του κατασκευαστή, τα όργανα δεν είναι απαλλαγμένα από σφάλματα και εισάγουν στις μετρήσεις μας κάποιο σφάλμα, που δεν μπορούμε να το αποφύγουμε, όσες φορές κι αν επαναλάβουμε την αντίστοιχη μέτρηση. Αυτά τα σφάλματα, που επηρεάζουν όλες τις μετρήσεις μας με παρόμοιο τρόπο, τα λέμε **συστηματικά**.

Ένα αμπερόμετρο που όταν δεν διαρρέεται από ρεύμα δείχνει κάτι λιγότερο από το μηδέν, θα δίνει σε όλες τις μετρήσεις ρεύμα μικρότερο από το πραγματικό.

Σε ορισμένες περιπτώσεις τα συστηματικά σφάλματα οφείλονται στο ότι τα όργανα χρησιμοποιούνται σε συνθήκες διαφορετικές από αυτές στις οποίες βαθμολογήθηκαν. Αν, για παράδειγμα, ο κατασκευαστής βαθμολόγησε ένα κανόνα στους 20°C σε κάθε άλλη θερμοκρασία ο κανόνας θα μας δίνει λανθασμένες τιμές για το μήκος που μετράμε.

Σφάλματα μπορεί να έχουμε επίσης γιατί σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούμε προσεγγίσεις στους υπολογισμούς μας.

Άλλοτε, πάλι, τα σφάλματα οφείλονται στο ότι δεν παίρνουμε υπόψη όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν τις μετρήσεις μας. Αν, για παράδειγμα μετρήσουμε την ταχύτητα του ήχου μετρώντας πόσο χρόνο κάνει ο ήχος να διατρέξει ορισμένη απόσταση, χωρίς να πάρουμε υπόψη την ταχύτητα του αέρα, το αποτέλεσμα της μέτρησής μας θα έχει σφάλμα.

Η εκτίμηση του συστηματικού σφάλματος σε μια μέτρηση δεν είναι πάντοτε εφικτή. Αν μετράμε, π.χ, το χρονικό διάστημα με ένα χρονόμετρο που δεν είναι ακριβές, δεν μπορούμε να εκτιμήσουμε το λάθος στη μέτρηση. Ξέρουμε μόνο πως το σφάλμα αυτό θα είναι ίδιο για όλες τις μετρήσεις που θα πραγματοποιήσουμε με αυτό το χρονόμετρο.

Αν θέλουμε να βεβαιωθούμε για την ακρίβεια των μετρήσεών μας πρέπει να συγκρίνουμε το όργανο που χρησιμοποιούμε στις μετρήσεις μας με ένα άλλο, που το θεωρούμε αξιόπιστο.

Στην ίδια κατηγορία μπορούμε να εντάξουμε και τα σφάλματα που οφείλονται στην αδυναμία μας να αναγνώσουμε με ακρίβεια το αποτέλεσμα μιας μέτρησης. Έτσι, για παράδειγμα, αν ο δείκτης του αμπερομέτρου

βρίσκεται ανάμεσα στην ένδειξη 2,1 A και 2,2 A, δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την ακριβή τιμή της έντασης. Σ' αυτή την περίπτωση το σφάλμα της μέτρησης θα είναι ίσο με το μισό της μικρότερης αναγνώσιμης υποδιαίρεσης του οργάνου (στην περίπτωσή μας 0,05A).

Το αποτέλεσμα μιας μέτρησης εξαρτάται και από τη θέση από την οποία βλέπουμε το όργανο. Για να περιορίσουν αυτό το σφάλμα, οι κατασκευαστές των οργάνων τοποθετούν ένα κάτοπτρο. Η ανάγνωση σε αυτή την περίπτωση είναι σωστή μόνο όταν κοιτάζουμε το όργανο από τη θέση εκείνη στην οποία δεν φαίνεται μέσα στο κάτοπτρο το είδωλο της βελόνας.

Ενώ τα συστηματικά σφάλματα επηρεάζουν πάντα με τον ίδιο τρόπο τις μετρήσεις μας, δεν συμβαίνει το ίδιο με την άλλη κατηγορία σφαλμάτων που υπεισέρχονται στις μετρήσεις μας, τα **τυχαία ή στατιστικά σφάλματα**. Έτσι λέγονται τα σφάλματα που οφείλονται σε συνδυασμό διαφόρων αστάθμητων αιτιών, όπως οι ατέλειες των αισθήσεών μας.

Αν υποθέσουμε ότι μετράμε το χρόνο που χρειάζεται ένα σώμα να πέσει από ύψος μερικών μέτρων. Κάθε φορά που επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση βρίσκουμε διαφορετικό αποτέλεσμα, αφού δεν είναι πάντα ίδιος ο χρόνος που χρειαζόμαστε για να αντιδράσουμε σε ένα ερέθισμα, στην περίπτωσή μας να πατήσουμε το κουμπί του χρονομέτρου. Υπάρχουν και άλλοι αστάθμητοι παράγοντες που επηρεάζουν, έστω και ανεπαίσθητα την εξέλιξη του φαινομένου.

Για να ελαχιστοποιήσουμε την πιθανότητα λάθους στις μετρήσεις μας πραγματοποιούμε το πείραμα κ φορές. Αν στο προηγούμενο πρόβλημα, για το χρόνο μετρήσουμε τις τιμές $t_1, t_2, t_3, \dots, t_\kappa$, ως αποτέλεσμα της μέτρησής μας θα θεωρήσουμε την τιμή

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_\kappa}{\kappa}$$

που είναι η **μέση τιμή** των μετρήσεών μας.

Η διαφορά

$$\Delta t = \bar{t} - t_i$$

(όπου t_i είναι μια από τις μετρήσεις μας) ονομάζεται **απόκλιση από τη μέση τιμή**, μπορεί να πάρει θετικές ή αρνητικές τιμές, και δίνει ένα μέτρο της ποιότητας της μέτρησης t_i .

Τον ίδιο μέσο όρο μπορούν να μας δώσουν διαφορετικές μετρήσεις, με μικρές ή μεγάλες αποκλίσεις από τη μέση τιμή.

B. Απόλυτο και σχετικό σφάλμα

Φανταστείτε ότι μετράμε το χρόνο που απαιτείται για να θερμανθεί ορισμένη ποσότητα νερού, με ένα χρονόμετρο το οποίο δεν είναι ακριβές. Έστω ότι η σύγκριση του δικού μας χρονόμετρου με ένα ακριβές χρονόμετρο μας δίνει την πληροφορία ότι το χρονόμετρό μας μετράει με ακρίβεια 1s.

Εάν μετρήσαμε με το δικό μας χρονόμετρο και βρήκαμε λ.χ. 20 s. Τότε το αποτέλεσμα της μέτρησής μας θα κυμαίνεται ανάμεσα στα 19 s και τα 21 s και η μέτρηση καταγράφεται με τη μορφή $20 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$. Αν όμως μετρούσαμε πάλι ένα χρονικό διάστημα 2 s, με το ίδιο χρονόμετρο, πάλι θα έπρεπε να γράψουμε ότι η τιμή του χρόνου που μετρήσαμε είναι $2 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$.

Και στις δυο περιπτώσεις το **απόλυτο σφάλμα** Δt της μέτρησης είναι 1 s, όμως το **σχετικό σφάλμα** διαφέρει. Συγκεκριμένα, στην πρώτη μέτρηση, το σχετικό σφάλμα είναι $\Delta t/t_1 = 1/20$ ή 5% ενώ στη δεύτερη $\Delta t/t_2 = 1/2$ ή 50%. Δηλαδή η πρώτη μέτρηση είναι ακριβέστερη από τη δεύτερη.

Γ. Τα σημαντικά ψηφία

Είπαμε πριν ότι στις μετρήσεις που πραγματοποιούνται στο εργαστήριο υπεισέρχονται σφάλματα. Αυτό πρέπει να το παίρνουμε υπόψη όταν καταγράφουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεών μας.

Ας υποθέσουμε ότι μετράμε το μήκος ενός μολυβιού χρησιμοποιώντας έναν κανόνα που είναι βαθμολογημένος σε mm. Με ένα τέτοιο κανόνα μπορούμε να βρούμε ότι το μήκος του μολυβιού είναι λ.χ. 97mm. Αυτό σημαίνει ότι το μήκος του μολυβιού βρίσκεται στο διάστημα από 96mm ως 98mm. Δεν έχει νόημα να γράψουμε ότι το μήκος του μολυβιού είναι 97,2 mm ή 97,4 mm. Στην περίπτωσή μας έχουμε μετρήσει δύο ψηφία για το μήκος του μολυβιού. Τα ψηφία αυτά λέγονται **σημαντικά**. Αν καταγράφαμε το αποτέλεσμα της μέτρησης του μήκους του μολυβιού με τη μορφή 97,0mm ή με τη μορφή 97,00mm, θα υποδηλώναμε ότι το μήκος του μολυβιού μετρήθηκε με όργανο που έχει ακρίβεια 0,1 mm ή 0,01 mm αντίστοιχα, κάτι που στην περίπτωσή μας δεν είναι αληθές.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεών μας πρέπει να γράφονται με τόσα σημαντικά ψηφία όσα πράγματι μπορούμε να μετρήσουμε.

Ο αριθμός των σημαντικών ψηφίων είναι ο ίδιος, όποια μονάδα κι αν χρησιμοποιήσουμε για να εκφράσουμε το μέγεθος. Έτσι, ένα μήκος 2,4m μπορεί να γραφεί και με τη μορφή 0,0024km ή $2,4 \times 10^3 \text{ mm}$ αλλά όχι και τη μορφή 2400mm, αφού, στην περίπτωση αυτή θα είχε τέσσερα σημαντικά ψηφία και όχι δύο. (Στην πρώτη περίπτωση, τα μηδενικά, τοποθετημένα στην αρχή του αριθμού, προσδιορίζουν απλά τη θέση της υποδιαστολής και δεν είναι

σημαντικά. Στη δεύτερη περίπτωση, όμως, τα μηδενικά, τοποθετημένα στο τέλος του αριθμού είναι σημαντικά).

Αν κατά τη διάρκεια ενός πειράματος προκύψουν ως αποτέλεσμα πράξεων αριθμοί με πολλά ψηφία, στρογγυλοποιούμε το αποτέλεσμα, ώστε να έχει τόσα σημαντικά ψηφία όσα είναι και τα σημαντικά ψηφία των αριθμών που προκύπτουν από τις μετρήσεις μας.

Αν, για παράδειγμα, η μέτρηση του χρόνου έγινε με ακρίβεια 1s και για κάποιο χρονικό διάστημα βρέθηκε η τιμή $t = 20\text{ s}$, δεν έχει κανένα φυσικό περιεχόμενο η έκφραση: «σε χρόνο $\frac{t}{3} = \frac{20\text{s}}{3} = 6,666\text{s}$ θα έχει συντελεστεί...». Αν γράφαμε κάτι τέτοιο θα δηλώναμε ότι γνωρίζουμε το χρόνο με ακρίβεια τριών δεκαδικών ψηφίων, πράγμα που δεν είναι αλήθεια. Το σωστό θα ήταν να πούμε: «σε χρόνο $\frac{t}{3} = \frac{20\text{s}}{3} = 6,7\text{s}$, θα έχει συντελεστεί.....»

δηλαδή να δώσουμε το αποτέλεσμα με δύο σημαντικά ψηφία, όσα είναι και τα σημαντικά ψηφία που βρήκαμε στον προσδιορισμό του χρόνου.

Έστω, επίσης, ότι υπολογίζουμε το εμβαδόν ενός παραλληλογράμμου, για τις πλευρές του οποίου έχουμε βρει τις τιμές $a = 27 \times 10^{-2}\text{ m}$ και $\beta = 19 \times 10^{-2}\text{ m}$. Το εμβαδόν για το παραλληλόγραμμο αυτό προκύπτει ίσο με $513 \times 10^{-4}\text{ m}^2$. Αφού τα μήκη των πλευρών έχουν δύο σημαντικά ψηφία το εμβαδό θα έχει τη μορφή $A = 51 \times 10^{-3}\text{ m}^2$, δηλαδή θα έχει όσα σημαντικά ψηφία έχουν τα μεγέθη που μετρήσαμε. Αν στη μέτρηση των δύο μηκών είχαμε διαφορετική ακρίβεια (διαφορετικό αριθμό σημαντικών ψηφίων), **το πόσα σημαντικά ψηφία θα έχει το αποτέλεσμα θα καθορίζεται από το μέγεθος που μετρήθηκε με τη μικρότερη ακρίβεια.**

Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που οι μετρήσεις μας έχουν γίνει με διαφορετική ακρίβεια. Ας υποθέσουμε ότι πρέπει να βρούμε το άθροισμα και τη διαφορά των μηκών $l_1 = 27,09\text{ mm}$ και $l_2 = 2,1\text{ mm}$. Αν γράψουμε ότι το άθροισμα των μηκών αυτών είναι $29,19\text{ mm}$ θα δηλώναμε ότι γνωρίζουμε ότι το δεύτερο δεκαδικό ψηφίο στο μήκος l_2 είναι το μηδέν ενώ στην πραγματικότητα μάς είναι άγνωστο. Έτσι, το αποτέλεσμα της πρόσθεσης γράφεται $29,2\text{ mm}$, θα περιέχει δηλαδή όσα σημαντικά ψηφία έχει το μήκος που μετρήθηκε με τη μικρότερη ακρίβεια. Αντίστοιχα, η διαφορά των δύο μηκών είναι 25 mm και όχι $24,99\text{ mm}$. Το τελευταίο αποτέλεσμα δείχνει ότι η διαφορά των δύο μηκών υπολογίστηκε με ακρίβεια μικρότερη από αυτή με την οποία μετρήθηκαν τα μήκη l_1 και l_2 . Την παρατήρηση αυτή πρέπει να την παίρνουμε υπόψη μας ειδικά στις περιπτώσεις που αφαιρούμε μεγέθη παραπλήσιας τιμής.

Δ. Γραφικές παραστάσεις

Σύνηθες ερώτημα που διερευνάται στο εργαστήριο της φυσικής είναι η επίδραση που έχει σε ένα φυσικό μέγεθος η μεταβολή κάποιου άλλου. Η απάντηση στο ερώτημα αυτό είναι ο φυσικός νόμος που διέπει το φαινόμενο.

Βέβαια, στα φυσικά φαινόμενα υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες. Αν θέλουμε να μελετήσουμε το φαινόμενο είμαστε υποχρεωμένοι να κρατάμε όλους τους άλλους παράγοντες σταθερούς, να μεταβάλλουμε τον ένα από αυτούς και να ελέγχουμε την επίδραση που έχει αυτή η μεταβολή στο άλλο μέγεθος.

Παραδείγματος χάρη, οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος όταν το θερμαίνουμε είναι η μάζα του σώματος, το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο και το ποσό της θερμότητας που του προσφέρουμε. Η πλήρης μελέτη του φαινομένου θα περιείχε τη διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στη μεταβολή της θερμοκρασίας του ίδιου σώματος και τη θερμότητα, της σχέσης ανάμεσα στη μεταβολή της θερμοκρασίας και τη μάζα του σώματος, με την προσφορά του ίδιου ποσού θερμότητας σε σώματα από το ίδιο υλικό με διαφορετική μάζα κ.λπ.

Η σχέση που συνδέει τα μεγέθη γίνεται πιο εναργής αν οι τιμές των μεγεθών αυτών μπουν σε μια γραφική παράσταση.

Επιλέγουμε δυο ορθογώνιους άξονες. Στον οριζόντιο άξονα (άξονα των x) θέτουμε τις τιμές του μεγέθους που μεταβάλλεται αυθαίρετα (**ανεξάρτητη μεταβλητή**) και στον κατακόρυφο άξονα (άξονα των y) τις τιμές της **εξαρτημένης μεταβλητής**.

Για τις γραφικές παραστάσεις ισχύει αυτό που λει η κινέζικη παροιμία για τις εικόνες : **Ένα διάγραμμα λει όσα λένε χίλιες λέξεις.**

Μια καλή γραφική παράσταση μπορεί να μας βοηθήσει να καταλήξουμε στη σωστή σχέση ανάμεσα στα μεγέθη. Η χάραξη της γραφικής παράστασης απαιτεί προσοχή.

1. Χρησιμοποιούμε χιλιοστομετρικό (millimétré) χαρτί για να είναι ευκολότερη και ακριβέστερη η τοποθέτηση των σημείων.
2. Σχεδιάζουμε τους άξονες, φροντίζοντας να υπάρχει χώρος στο φύλλο εργασίας για να τους προεκτείνουμε αν χρειαστεί. Αυτό ισχύει κυρίως στις περιπτώσεις που τα μεγέθη που εξετάζουμε παίρνουν και αρνητικές τιμές. Στο millimétré χαρτί τους άξονες τους παίρνουμε πάνω στις έντονες γραμμές, που αντιστοιχούν σε εκατοστά.
3. Επιλέγουμε την κατάλληλη κλίμακα. Η καμπύλη που θα σχεδιάσουμε πρέπει να καλύπτει όλη την έκταση του διαγράμματος και, ταυτόχρονα να χωράει σε αυτό. Σε κάθε άξονα γράφουμε το μέγεθος που παριστάνει και τη μονάδα μέτρησής του - ή και τα πολλαπλάσια ή υποπολλαπλάσιά της. Τοποθετούμε

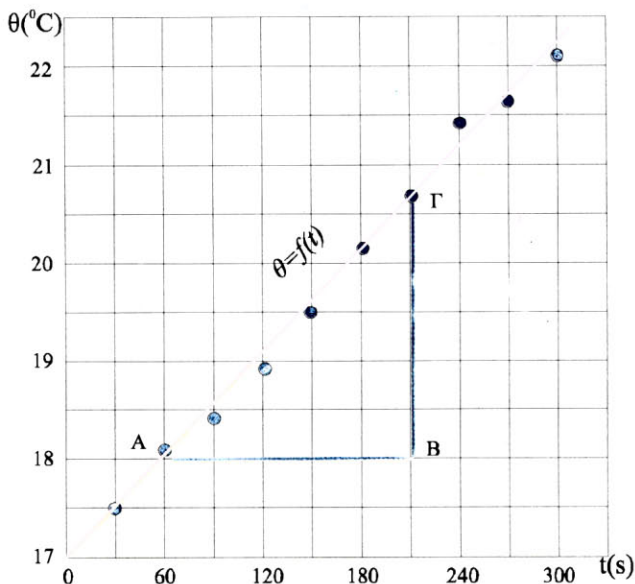
πάνω στους άξονες μερικές χαρακτηριστικές τιμές. Δεν είναι απαραίτητο στην αρχή των αξόνων να αντιστοιχεί το μηδέν της κλίμακας.

4. Τοποθετούμε τα σημεία που αντιστοιχούν στα ζεύγη των τιμών που μετρήσαμε. Συνήθως τα σημεία απεικονίζονται με μια τελεία ή ένα μικρό κύκλο ή ένα σταυρό.
5. Σχεδιάζουμε την πιο κατάλληλη γραμμή που συνδέει τα σημεία αυτά. Η γραμμή αυτή πρέπει να είναι ομαλή και σχεδιάζεται έτσι ώστε να αφήνει και από τις δυο μεριές της σημεία. Το ότι δεν περνάει από όλα τα σημεία δείχνει απλά ότι στις μετρήσεις μας υπεισέρχονται σφάλματα.
6. Μερικές φορές, σε περιπτώσεις που η σχέση ανάμεσα στα μεγέθη είναι εκθετική, εξυπηρετεί, αντί της συνάρτησης $y=f(x)$ να παριστάνουμε γραφικά τη συνάρτηση $\log y = f(x)$ ή την $\ln y = f(x)$. Με τον τρόπο αυτό μια εκθετική καμπύλη μετατρέπεται σε ευθεία γραμμή, που χαράσσεται πιο εύκολα.
7. Όταν χρειαστεί να υπολογίσετε την κλίση της καμπύλης, παίρνετε δυο σημεία που απέχουν αρκετά μεταξύ τους ώστε να είναι εύκολος ο προσδιορισμός των Δx και Δy .

Παράδειγμα

Ένας μαθητής που μελετάει στο εργαστήριο το φαινόμενο του Joule βρίσκει ότι η θερμοκρασία του νερού που περιέχει το θερμιδόμετρο αυξάνει με την πάροδο του χρόνου. Παίρνει τις τιμές της θερμοκρασίας κάθε 30 s και τις καταχωρίζει στον πίνακα που ακολουθεί. Τα δεδομένα αυτά μεταφέρονται στους άξονες και με βάση τα ζεύγη χρόνου-θερμοκρασίας σχεδιάστηκε το διάγραμμα.

t (s)	θ ($^{\circ}\text{C}$)
0	17,0
30	17,5
60	18,1
90	18,4
120	18,9
150	19,5
180	20,2
210	20,7
240	21,4
270	21,6
300	21,1



Παρατηρήσεις

1. Στην αρχή του άξονα των θερμοκρασιών δε βάλουμε την τιμή μηδέν αλλά την τιμή 17 °C. Αυτό μας επιτρέπει να τοποθετήσουμε τα σημεία με μεγαλύτερη ακρίβεια.
2. Το διάγραμμα είναι μια ευθεία που δεν περνάει από όλα τα σημεία. Έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε το πλήθος των σημείων που βρίσκονται πάνω από την ευθεία να είναι περίπου ίσο με το πλήθος των σημείων που βρίσκονται κάτω απ' αυτή.
3. Από την ευθεία που σχεδιάσαμε μπορούμε να βρούμε την κλίση $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ που δείχνει με ποιο ρυθμό μεταβάλλεται η θερμοκρασία στο θερμιδόμετρο. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι
$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{(ΒΓ)}{(ΑΒ)} = \frac{15,2\text{ }^{\circ}\text{C}}{130\text{ s}} \approx 0,1\text{ }^{\circ}\text{C/s}$$
. Το ακριβές αποτέλεσμα της διαίρεσης είναι 0,11692307. Τέτοιου είδους ακρίβεια όμως δεν έχει καμιά πρακτική αξία αφού οι μετρήσεις μας δεν έγιναν με αντίστοιχη ακρίβεια.

Ε. Ασφάλεια στο εργαστήριο

Το εργαστήριο της φυσικής - που στα σχολεία μας συνυπάρχει με το εργαστήριο χημείας - είναι χώρος μάθησης, επομένως χώρος χαράς.

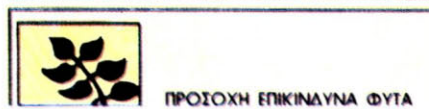
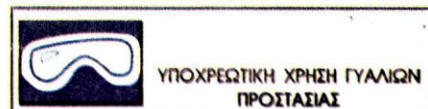
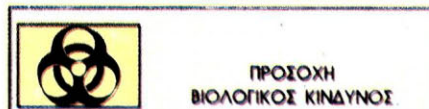
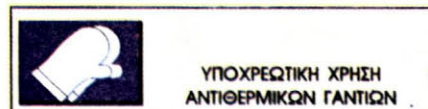
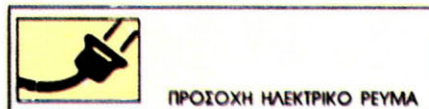
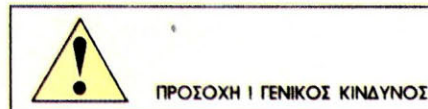
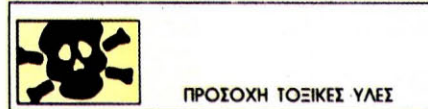
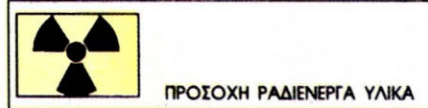
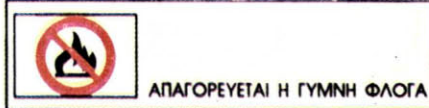
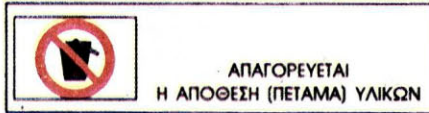
Επειδή στο εργαστήριο υπάρχουν συσκευές και υλικά τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ατυχήματα, επιβάλλεται να τηρούνται με σχολαστικότητα κάποιοι κανόνες που θα ελαχιστοποιήσουν την πιθανότητα πρόκλησης ατυχήματος ή καταστροφής του εξοπλισμού του εργαστηρίου.

1. Δεν πιάνουμε, δε μυρίζουμε, δε βάζουμε στο στόμα μας χημικές ουσίες. Αν κάποια χημική ουσία έρθει σε επαφή με τα μάτια μας ή το δέρμα μας ρίχνουμε άφθονο νερό και στη συνέχεια ζητάμε τη βοήθεια του καθηγητή. Αν μας ζητηθεί, φοράμε την ποδιά εργαστηρίου και προστατευτικά γυαλιά
2. Δε χρησιμοποιούμε καμιά συσκευή, εκτός από αυτές που είναι απαραίτητες για την εκτέλεση του πειράματος. (Αναφέρονται στον οδηγό).

3. Δε συνδέουμε στην πηγή ένα ηλεκτρικό κύκλωμα αν δεν ελεγχθεί προηγούμενα από τον καθηγητή.
4. Αποφεύγουμε να τοποθετούμε τις συσκευές μας στην άκρη του τραπεζιού στο οποίο γίνεται το πείραμα. Είναι εύκολο να παρασυρθούν και να σπάσουν.
5. Χρησιμοποιούμε ειδικά αντιθερμικά γάντια κάθε φορά που πρέπει να πιάσουμε αντικείμενα που βρίσκονται σε ψηλή θερμοκρασία.
6. Χειριζόμαστε με προσοχή τα γυάλινα σκεύη και δεν τα χρησιμοποιούμε όταν έχουν ραγίσματα.
7. Όταν χρησιμοποιούμε φωτιά φροντίζουμε να μην υπάρχουν κοντά σ' αυτήν εύφλεκτα υλικά.
8. Δεν ανάβουμε τις εστίες θέρμανσης χωρίς την άδεια και την επίβλεψη του καθηγητή.
9. Δε βάζουμε πάνω στη φωτιά δοκιμαστικούς σωλήνες στραμμένους προς το πρόσωπό μας ή προς το πρόσωπο κάποιου άλλου.
10. Δε μετακινούμαστε άσκοπα στο χώρο του εργαστηρίου.

Όταν τελειώσουμε την άσκησή μας αποσυναρμολογούμε την πειραματική διάταξη, καθαρίζουμε τα όργανα και τα τοποθετούμε στη θέση που θα μας υποδείξει ο καθηγητής.

ΔΙΝΕΤΕ ΠΡΟΣΟΧΗ ΟΤΑΝ ΒΛΕΠΕΤΕ ΤΑ ΕΠΟΜΕΝΑ ΣΗΜΑΤΑ



1. ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ ΤΩΝ ΙΔΑΝΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ – ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ

A. Στόχοι

- Να παρατηρήσουμε ότι η μεταβολή μιας από τις παραμέτρους p , V , T για ορισμένη μάζα αερίου επηρεάζει τις άλλες δύο.
- Να επιβεβαιώσουμε ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας, στις συνθήκες του πειράματος, συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο.
- Να επαληθεύσουμε τους νόμους των ιδανικών αερίων – την καταστατική εξίσωση.

B. Η πειραματική διάταξη

Η διάταξη που χρησιμοποιούμε αποτελείται από ένα κοίλο κύλινδρο από αλουμίνιο. Ο όγκος της κοιλότητας είναι 17cm^3 και μπορεί να θεωρηθεί σταθερός στην περιοχή των θερμοκρασιών στις οποίες εργαζόμαστε.

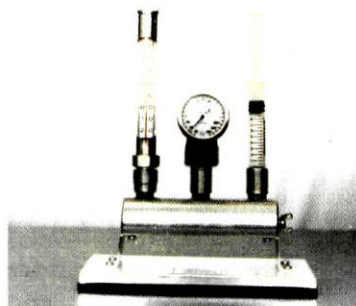
Η συσκευή (εικ. 1.1) περιλαμβάνει

α) θερμοόμετρο $0-50\text{ }^\circ\text{C}$, το οποίο δείχνει κάθε στιγμή τη θερμοκρασία του αερίου,

β) μεταλλικό μανόμετρο (σφυγμομανόμετρο), το οποίο κάθε στιγμή δείχνει την υπερπίεση του αερίου (δηλαδή τη διαφορά της πίεσης του αερίου από την ατμοσφαιρική πίεση).

γ) σύριγγα 10ml , μέσω της οποίας μπορούμε να αυξομειώνουμε τον όγκο του αερίου¹.

Η συσκευή μπορεί να θερμανθεί με τη βοήθεια κεριών.



Εικ. 1.1

Γ. Η μέθοδος

Με τη διάταξη που χρησιμοποιούμε υπάρχει η δυνατότητα να γνωρίζουμε τη θερμοκρασία, τον όγκο και την πίεση του αερίου μέσα στο δοχείο.

¹ Η διάταξη έχει κατασκευαστεί με υπόδειξη των ΕΚΦΕ Β' Αθήνας και Ανατολικής Αττικής.

Ο όγκος του αερίου θα βρίσκεται κάθε στιγμή από το άθροισμα $V_{\text{κοιλότητας}} (=17\text{cm}^3) + V_{\text{σύριγγας}}$ ($V_{\text{σύριγγας}}$ ο όγκος του αέρα που περιέχεται στη σύριγγα).

Η πίεση του αερίου κάθε στιγμή είναι $p_{\text{αερίου}} = p_{\text{ατ}} + \Delta p$, όπου Δp η ένδειξη του μανομέτρου και $p_{\text{ατ}}$ η ατμοσφαιρική πίεση τη στιγμή του πειράματος. Αν δεν υπάρχει δυνατότητα να μετρηθεί η ατμοσφαιρική πίεση τη στιγμή του πειράματος, θα την παίρνουμε ίση με 760mmHg. Η προσέγγιση είναι καλή για τύπους που βρίσκονται σε μικρά υψόμετρα.

Με τη διάταξη υπάρχει η δυνατότητα μεταβάλλοντας κάποια από τις παραμέτρους p , V , T και διατηρώντας σταθερή κάποια άλλη να επαληθεύσουμε τους νόμους των ιδανικών αερίων και κατά συνέπεια το γενικό νόμο (καταστατική εξίσωση)

Δ. Η εκτέλεση του πειράματος.

1) Επαλήθευση του νόμου του Boyle

1. Σημειώνουμε την ένδειξη του θερμομέτρου θ_1
2. Ρυθμίζουμε τη θέση του εμβόλου στη σύριγγα ώστε το μανόμετρο να δείχνει μηδέν. Σημειώνουμε την τιμή του όγκου της σύριγγας.
3. Πιέζοντας το έμβολο της σύριγγας, ελαττώνουμε τον όγκο του αέρα. Η ένδειξη του μανομέτρου έχει τώρα νέα τιμή. Σημειώνουμε τις νέες τιμές του όγκου της σύριγγας και της υπερπίεσης Δp που δείχνει το μανόμετρο.
4. Επαναλαμβάνουμε άλλες τέσσερις φορές τις μετρήσεις, μεταβάλλοντας κάθε φορά τον όγκο του αερίου κατά 1cm^3 περίπου.

2) Επαλήθευση του νόμου του Charles

1. Τοποθετούμε το έμβολο της σύριγγας σε ορισμένη θέση. Σημειώνουμε την τιμή του όγκου της $V_{\text{σύριγγας}}$, την ένδειξη του μανομέτρου Δp και τη θερμοκρασία θ .
2. Μετράμε τη θερμοκρασία και την πίεση του αερίου. Σημειώνουμε τις μετρήσεις μας.

3. Ανάβουμε τα κεριά και θερμαίνουμε το αέριο. Σημειώνουμε τις τιμές της θερμοκρασίας και τις αντίστοιχες τιμές της πίεσης (συνολικά πέντε μετρήσεις). Φροντίζουμε να μη μετακινείται το έμβολο. Αν μετακινηθεί το επαναφέρουμε στην αρχική του θέση. Παίρνουμε τιμές της πίεσης για θερμοκρασίες που διαφέρουν κατά 5°C περίπου.

3) Επαλήθευση του νόμου του Gay – Lussac

1. Τοποθετούμε το έμβολο στη θέση εκείνη στην οποία η ένδειξη του μανομέτρου είναι μηδέν. Μετράμε τη θερμοκρασία του αερίου και τον όγκο της σύριγγας.
2. Θερμαίνουμε το αέριο. Παρατηρούμε ότι η ένδειξη του μανομέτρου μεταβάλλεται. Μετακινούμε το έμβολο ώστε το μανόμετρο να δείχνει πάλι μηδέν και μετράμε τον όγκο του αέρα στη σύριγγα και τη θερμοκρασία που αντιστοιχεί στη νέα θέση του εμβόλου. (παίρνουμε συνολικά πέντε τιμές του όγκου για θερμοκρασίες που διαφέρουν κατά 5°C περίπου).

2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ $\gamma = C_p/C_v$ ΤΟΥ ΑΕΡΑ (μέθοδος Clement- Desormes)

A. Στόχοι

- Να μελετήσουμε την αδιαβατική και την ισόχωρη μεταβολή του αέρα.
- Να μετρήσουμε το λόγο C_p/C_v του αέρα.

B. Απαραίτητα όργανα και υλικά

- Μεγάλη γυάλινη φιάλη, χωρητικότητας 15-20L .
- Πώμα, κατάλληλο για πωματισμό της φιάλης, από το οποίο διέρχονται δύο λεπτοί σωλήνες.
- Μανόμετρο ανοικτού τύπου που περιέχει διάλυμα $KMnO_4$.
- Δύο σωλήνες σιλικόνης.
- Ένα πουάρ (poire) από αυτά που χρησιμοποιούνται για την άντληση επικίνδυνων υγρών (XH 1500).
- Μικρή ποσότητα πυκνού H_2SO_4 .

Γ. Η μέθοδος

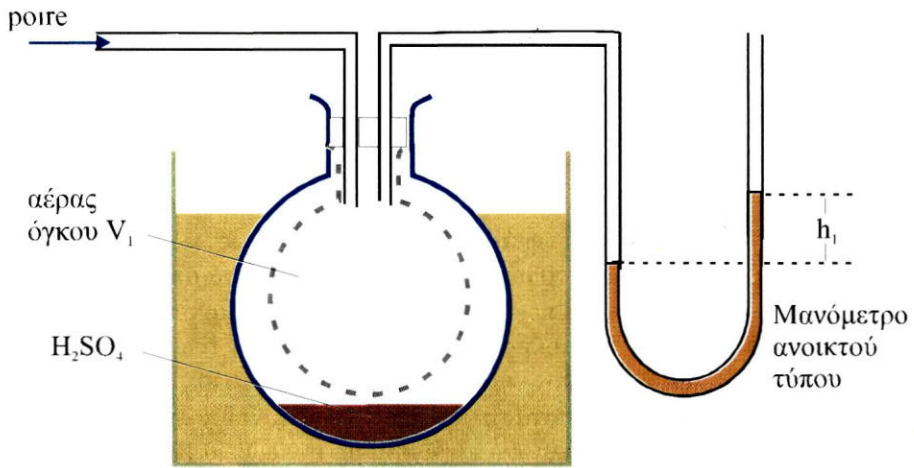
Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται στην εικόνα 2.1 .

Η διάταξη σχηματικά μπορεί να αποδοθεί με το σχήμα 2.1. Η φιάλη κλείνει με πώμα από το οποίο βγαίνουν δύο σωλήνες. Ο ένα σωλήνας συνδέεται με το μανόμετρο ανοικτού τύπου και ο άλλος συνδέεται με το πουάρ. Το μανόμετρο χρησιμεύει για τη μέτρηση της πίεσης του αέρα στη φιάλη και το πουάρ ως αντλία του αέρα.

Επειδή η τιμή του γ εξαρτάται από την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς, για την αφύγρανσή του εισάγεται στη φιάλη μικρή ποσότητα πυκνού H_2SO_4 .



Εικ. 2.1

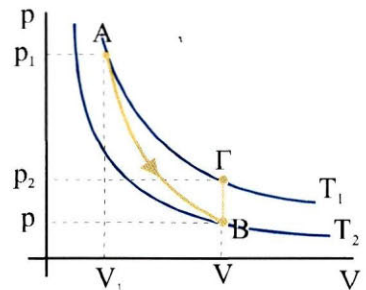


Σχ. 2.1

Με τη βοήθεια του πούαρ εισάγουμε στη φιάλη μικρή ποσότητα αέρα. Σε λίγο ο αέρας μέσα στη φιάλη αποκτά τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T_1). Επειδή η πίεση του αέρα (p_1) είναι λίγο μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής, στα δύο σκέλη του σωλήνα του μανόμετρου θα υπάρχει διαφορά στη στάθμη (h_1).

Ανοίγουμε για λίγο το πώμα της φιάλης και το ξανακλείνουμε. Μια ποσότητα του αέρα που υπήρχε στη φιάλη θα διαφύγει, μέχρι η πίεση στον αέρα της φιάλης να γίνει ίση με την ατμοσφαιρική (p). Επειδή η μεταβολή που πραγματοποιείται, καθώς ανοίγουμε το πώμα της φιάλης, είναι γρήγορη και τα τοιχώματα της φιάλης σχεδόν αδιαβατικά, ο αέρας που παραμένει στη φιάλη θα έχει υποστεί μια αδιαβατική εκτόνωση. Η αδιαβατική εκτόνωση έχει ως αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας του αέρα (T_2).

Έστω ότι ο αέρας που τελικά παραμένει στη φιάλη έχει μάζα m . Πριν αφαιρέσουμε το πώμα, η ποσότητα αυτή του αέρα καταλάμβανε όγκο V_1 , βρισκόταν σε θερμοκρασία T_1 και ασκούσε πίεση p_1 . Η κατάσταση αυτή παριστάνεται στο σχήμα 2.2 με το σημείο Α. Η ίδια ποσότητα, αμέσως μετά την αδιαβατική εκτόνωση, καταλαμβάνει όγκο V (όγκος του δοχείου), βρίσκεται σε θερμοκρασία T_2 και έχει πίεση p (ατμοσφαιρική). Η κατάσταση αυτή παριστάνεται στο σχήμα 2.2 με το σημείο Β και η μεταβολή (αν θεωρηθεί αντιστρεπτή) με τη γραμμή ΑΒ.



Σχ. 2.2

Για την αδιαβατική εκτόνωση ισχύει:

$$p_1 V_1^\gamma = p V^\gamma \quad \text{ή} \quad \frac{p_1}{p} = \left(\frac{V}{V_1} \right)^\gamma \quad (2.1)$$

Επειδή τα τοιχώματα της φιάλης δεν είναι τελείως αδιαβατικά, όταν κλείσουμε τη φιάλη με το πόμα ο αέρας θερμαίνεται και μετά από λίγο αποκτάει και πάλι τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος T_1 . Η θέρμανση αυτή γίνεται ισόχωρα και εκτός από τη θερμοκρασία αυξάνεται η πίεση του αέρα στην τιμή p_2 , μεταβάλλοντας εκ νέου την υψομετρική διαφορά στα δύο σκέλη του μανομέτρου (h_2). Η τελική κατάσταση του αέρα παριστάνεται στο σχήμα 2.2 με το σημείο Γ. Η ισόχωρη μεταβολή παριστάνεται με την ευθεία ΒΓ.

Η κατάσταση Α και η κατάσταση Γ βρίσκονται πάνω στην ίδια ισόθερμη, επομένως για αυτές ισχύει ο νόμος του Boyle:

$$p_1 V_1 = p_2 V \quad \text{ή} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V}{V_1} \quad (2.2)$$

Από τις σχέσεις (2.1) και (2.2) προκύπτει:

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{p_1}{p} \right)^\gamma \quad (2.3)$$

Η πίεση του αέρα μέσα στη φιάλη είναι ίση με το άθροισμα $p + \rho gh$, όπου p η ατμοσφαιρική πίεση, ρ η πυκνότητα του διαλύματος KMnO_4 και h η υψομετρική διαφορά στα δύο σκέλη του μανομέτρου. Επομένως:

$$p_1 = p + \rho gh_1 \quad \text{και} \quad p_2 = p + \rho gh_2 \quad (2.4)$$

Αντικαθιστώντας τις (2.4) στην (2.3) έχουμε:

$$\frac{p + \rho gh_1}{p} = \left(\frac{p + \rho gh_1}{p + \rho gh_2} \right)^\gamma \quad \text{ή} \quad 1 + \frac{\rho gh_1}{p} = \left(\frac{1 + \frac{\rho gh_1}{p}}{1 + \frac{\rho gh_2}{p}} \right)^\gamma$$

$$\text{ή} \quad \left(1 + \frac{\rho gh_1}{p} \right)^{\gamma-1} = \left(1 + \frac{\rho gh_2}{p} \right)^\gamma$$

Η τελευταία σχέση μπορεί να απλοποιηθεί (η μαθηματική επεξεργασία ξεπερνάει το σκοπό αυτού του βιβλίου) και να μας δώσει:

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

Δηλαδή, η μέτρηση του λόγου C_p/C_v ανάγεται στη μέτρηση δύο μηκών.

Δ. Η εκτέλεση του πειράματος.

1. Συναρμολογούμε τη διάταξη.
2. Προσθέτουμε μέσα στη φιάλη μια μικρή ποσότητα πυκνού H_2SO_4 . Η ενέργεια αυτή είναι προτιμότερο να γίνει από τον καθηγητή. Στη χρήση του H_2SO_4 απαιτείται προσοχή. Είναι ιδιαίτερα ισχυρό οξύ. Αν πέσει από λάθος κάπου ρίξτε άφθονο νερό. Μην επιχειρήσετε να αδειάσετε το περιεχόμενο ή να πλύνετε τη φιάλη.
3. Προσθέτουμε στο μανόμετρο μικρή ποσότητα διαλύματος $KMnO_4$ τέτοια ώστε η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού στα δύο σκέλη να αντιστοιχεί στην ένδειξη μηδέν.
4. Κλείνουμε τη φιάλη. Ο αέρας στο εσωτερικό της έχει πίεση ίση με την ατμοσφαιρική και το υγρό βρίσκεται στο ίδιο ύψος στα δύο σκέλη του μανομέτρου.
5. Πιέζουμε μερικές φορές το πουάρ ώστε να προκαλέσουμε διαφορά στάθμης του υγρού στα δύο σκέλη του μανομέτρου περίπου 5cm (χρειάζονται μόνο δυο τρεις προσπάθειες). Μετράμε την υψομετρική διαφορά h_1 και σημειώνουμε την ένδειξη στη στήλη (2) του πίνακα I στο τετράδιο εργαστηριακών ασκήσεων.
6. Βγάζουμε το πώμα και κρατάμε τη φιάλη ανοιχτή για 1-2 δευτερόλεπτα.
7. Ξανακλείνουμε τη φιάλη και, αφού περιμένουμε λίγο, μετράμε τη νέα υψομετρική διαφορά h_2 και τη σημειώνουμε στη θέση (3) του πίνακα I στο τετράδιο εργαστηριακών ασκήσεων.

8. Επαναλαμβάνουμε τις μετρήσεις μας πέντε φορές φροντίζοντας κάθε φορά η τιμή του h_1 να είναι διαφορετική (χωρίς να γίνεται πολύ μεγάλη).

Παρατηρήσεις:

1. Έτσι όπως είναι κατασκευασμένη η διάταξη μεταφέρεται θερμότητα από το περιβάλλον προς το αέριο, επομένως η εκτόνωση του αέρα δεν είναι εντελώς αδιαβατική. Όσο λιγότερο διαρκέσει η εκτόνωση του αέρα τόσο προσεγγίζει την αδιαβατική.
2. Η μέτρηση θα ήταν ακριβέστερη αν η διάταξη ήταν τοποθετημένη μέσα σε μονωτικό υλικό (π.χ. πριονίδια).

3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΥ (e/m)

A. Στόχοι

- Να παρατηρήσουμε την εκτροπή που υφίσταται δέσμη ηλεκτρονίων από το μαγνητικό πεδίο της Γης.
- Να μετρήσουμε το ειδικό φορτίο του ηλεκτρονίου.

B. Απαραίτητα όργανα και υλικά

- Καθοδικός σωλήνας.
- Πηγίο (συνοδεύει τον καθοδικό σωλήνα)
- Τροφοδοτικό (συνοδεύει τον καθοδικό σωλήνα).
- Τροφοδοτικό DC.
- Ροοστάτης.
- Ψηφιακό αμπερόμετρο.
- Ένα διαφανές πλαστικό φύλλο.
- Μαρκαδόρος για λείες επιφάνειες.

Γ. Η μέθοδος

Το ειδικό φορτίο του ηλεκτρονίου μετρήθηκε για πρώτη φορά από την J.J. Thomson. Δεδομένου ότι με άλλα πειράματα που ακολούθησαν, μετρήθηκε το φορτίο του ηλεκτρονίου (πείραμα Millikan), το πείραμα του Thomson επέτρεψε τον προσδιορισμό της μάζας του ηλεκτρονίου. Ο Thomson εκμεταλλεύτηκε το γεγονός ότι τα κινούμενα φορτισμένα σωματίδια δέχονται δύναμη από το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο. Χρησιμοποιώντας συνδυασμό δύο τέτοιων γνωστών πεδίων κατάφερε να μετρήσει το ειδικό φορτίο των ηλεκτρονίων που παράγονται μέσα σε ένα καθοδικό σωλήνα (βλέπε παράγραφο 4-9 του σχολικού βιβλίου).

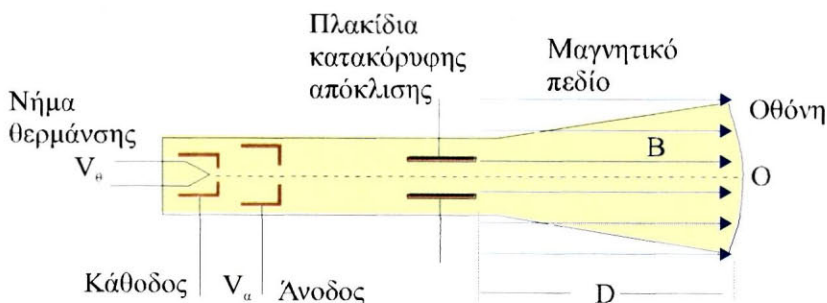
Στο πείραμα που θα κάνουμε τα ηλεκτρόνια παράγονται μέσα σε ένα καθοδικό σωλήνα που περιέχει αέριο σε πολύ μικρή πίεση (σχ. 3.1). Μια δέσμη ηλεκτρονίων που προέρχονται από τη θερμαινόμενη κάθοδο επιταχύνονται με τάση V_a . Έστω v_o η ταχύτητα που αποκτούν. Η κινητική τους ενέργεια είναι ίση με το έργο της δύναμης του ηλεκτρικού πεδίου που τα επιτάχυνε.

$$\frac{1}{2} m v_o^2 = V_a e \quad \text{ή} \quad v_o = \sqrt{\frac{2V_a e}{m}} \quad (3.1)$$

όπου V_a η τιμή της τάσης μεταξύ ανόδου – καθόδου. Αν η κίνηση των ηλεκτρονίων δεν επηρεαστεί από άλλο πεδίο, αυτά θα κινηθούν ευθύγραμμα, με σταθερή ταχύτητα και θα πέσουν στο σημείο O, στο κέντρο της οθόνης του καθοδικού σωλήνα (σχ. 3.1).



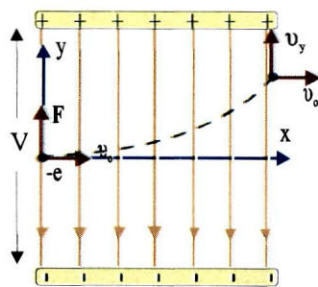
Σχ. 3.1 Η συσκευή που θα χρησιμοποιήσουμε αποτελείται από ένα καθοδικό σωλήνα που περιβάλλεται από πηνίο.



Σχ. 3.1

Στην πορεία της η δέσμη περνάει ανάμεσα από τους οριζόντιους οπλισμούς ενός επίπεδου πυκνωτή (πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης).

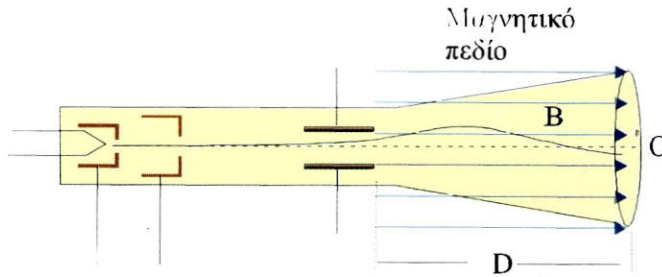
Αν εφαρμόσουμε στους οπλισμούς του πυκνωτή τάση V , τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται κατά τη διεύθυνση y και εκτρέπονται από την ευθύγραμμη πορεία. Κατά την έξοδό τους από το ηλεκτρικό πεδίο έχουν κατακόρυφη ταχύτητα v_y (σχ. 3.2).



Σχ. 3.2

Βγαίνοντας από το ηλεκτρικό πεδίο τα ηλεκτρόνια εισέρχονται σε μαγνητικό πεδίο παράλληλο στον άξονα του καθοδικού σωλήνα (άξονας x)

(σχήμα 3.1). Το πεδίο αυτό το δημιουργεί το πηνίο που περιβάλλει τον καθοδικό σωλήνα. Επειδή η κίνηση των ηλεκτρονίων γίνεται υπό γωνία σε σχέση με τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, αυτά διαγράφουν ελικοειδή τροχιά (σχήμα 3.3). Η ακτίνα της έλικας προσδιορίζεται από την ταχύτητά τους στον άξονα y ενώ το βήμα της προσδιορίζεται από την ταχύτητά τους στον άξονα x , δηλαδή από την ταχύτητα με την οποία εισέρχονται στο ηλεκτρικό πεδίο. Αν το μαγνητικό πεδίο έχει αρκετά μικρή τιμή, τα ηλεκτρόνια δεν θα προλάβουν να ολοκληρώσουν μία περιστροφή μέχρι να πέσουν στη φθορίζουσα οθόνη του καθοδικού σωλήνα.



Σχ. 3.3

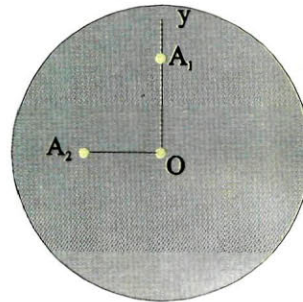
Η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς μέσα στο μαγνητικό πεδίο είναι

$$r = \frac{m v_y}{Be} \quad \text{επομένως} \quad v_y = \frac{rBe}{m} \quad (3.2)$$

Αν αυξήσουμε σιγά –σιγά το μαγνητικό πεδίο, για κάποια τιμή του, το ευθύγραμμο τμήμα OA_2 που ορίζεται από το στίγμα της δέσμης (A_2) και το σημείο O θα είναι κάθετο στη διεύθυνση (y) στην οποία εκτρέπεται η δέσμη όταν εφαρμόζεται μόνο το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από τους οπλισμούς του πυκνωτή (σχ. 3.4). Τότε η απόσταση OA_2 θα είναι ίση με τη διάμετρο της κυκλικής τροχιάς.

Ο χρόνος κίνησης ενός ηλεκτρονίου της δέσμης, μέσα στο μαγνητικό πεδίο, μέχρι να φτάσει στο σημείο A_2 είναι

$$t = \frac{D}{v_o} \quad (3.3)$$



Σχ. 3.4

Στον ίδιο χρόνο το ηλεκτρόνιο διαγράφει ημικύκλιο ακτίνας r με ταχύτητα v_y . Επομένως

$$t = \frac{\pi r}{v_y} \quad (3.4)$$

Από τις σχέσεις (3.3) και (3.4) προκύπτει

$$\frac{D}{v_o} = \frac{\pi r}{v_y} \quad \text{ή} \quad r = \frac{D v_y}{v_o \pi}$$

βάσει της οποίας η (3.2) γίνεται

$$v_y = \frac{D v_y B e}{v_o \pi m} \quad \text{ή} \quad \frac{D B e}{v_o \pi m} = 1$$

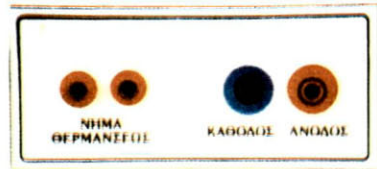
Αν λάβουμε υπόψη την (3.1) η σχέση αυτή γίνεται

$$\frac{D B e}{\pi \sqrt{\frac{2 V_a e}{m}} m} = 1 \quad \text{ή} \quad \frac{e}{m} = \frac{2 \pi^2 V_a}{B^2 D^2} \quad (3.5)$$

Επομένως η μέτρηση του ειδικού φορτίου στηρίζεται στον υπολογισμό της τιμής του πεδίου B για το οποίο το τμήμα OA_2 είναι κάθετο στη διεύθυνση y στην οποία εκτρέπεται η δέσμη με την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου, του πυκνωτή.

Η τιμή της τάσης V_a είναι γνωστή. Ο κατασκευαστής δίνει για το μήκος του πηνίου την τιμή $D=9\text{cm}$. Το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί το πηνίο σχετίζεται με την ένταση που το διαρρέει με τη σχέση

$$B = 0,6 \times 10^{-3} I \quad (\text{SI}) \quad (3.6)$$

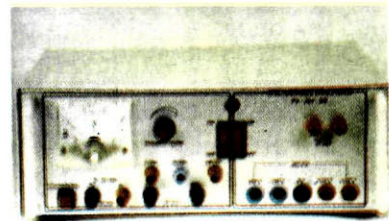


Εικ. 3.2 Η μία πλευρά της βάσης του καθοδικού.

Δ. Η εκτέλεση του πειράματος

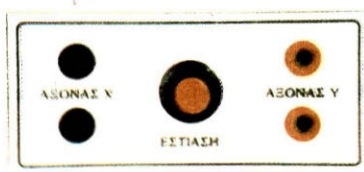
1. Εφαρμόζουμε στο νήμα θέρμανσης τάση $V_{\Theta}=6,3\text{V}$ και μεταξύ ανόδου - καθόδου τάση $V_a=250\text{V}$ (εικ.3.2 και 3.3).

Προσοχή: Όταν συνδέετε τον καθοδικό σωλήνα με το τροφοδοτικό, το τροφοδοτικό πρέπει να είναι εκτός λειτουργίας.



Εικ. 3.3 Τροφοδοτικό που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του καθοδικού σωλήνα.

2. Παρατηρούμε το στίγμα της δέσμης στην οθόνη του καθοδικού σωλήνα και εστιάζουμε με το περιστρεφόμενο κουμπί που υπάρχει σε αυτό. Επειδή η πορεία της δέσμης επηρεάζεται από το μαγνητικό πεδίο της Γης, περιστρέψτε το σωλήνα ώστε το στίγμα να βρίσκεται στο κέντρο της οθόνης.
3. Καλύπτουμε την οθόνη του καθοδικού σωλήνα με το διαφανές πλαστικό φύλλο, το στερεώνουμε με σελοτέιπ και σημειώνουμε πάνω του με το μαρκαδόρο το στίγμα Ο της δέσμης.
4. Εφαρμόζουμε στους οπλισμούς του πυκνωτή κατακόρυφης απόκλισης τάση $V=8V$ και σημειώνουμε το νέο στίγμα της δέσμης A_1 . Αν η μετατόπιση της δέσμης δεν είναι κατακόρυφη περιστρέφουμε τον καθοδικό σωλήνα γύρω από τον άξονα του μέχρι να το επιτύχουμε.



Εικ. 3.4 Η άλλη πλευρά της βάσης του καθοδικού σωλήνα.

5. Συνδέουμε το πηνίο, μέσω ροοστάτη, με το δεύτερο τροφοδοτικό (εικ.3.5) παρεμβάλλοντας το αμπερόμετρο. Αυξάνουμε σταδιακά την ένταση του ρεύματος που το διαρρέει. Για κάποια τιμή της έντασης I , το στίγμα της δέσμης θα σχηματιστεί στη θέση A_2 , όπου η OA_2 είναι κάθετη στην OA_1 . Σημειώνουμε την τιμή της έντασης του ρεύματος για την οποία επιτεύχθηκε αυτό.



Εικ. 3.5

Για την προστασία της συσκευής το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο δεν πρέπει να ξεπεράσει το 5A. Ρεύμα 5A δεν πρέπει να διαρρέει για πολλή ώρα το πηνίο.

6. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία για ανοδική τάση $V_a=375V$ και $500V$.

4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ LAPLACE ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΖΥΓΟ

A. Στόχοι

Να διαπιστώσουμε ότι η δύναμη Laplace που δέχεται ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο είναι ανάλογη της έντασης του ρεύματος και ανάλογη του μαγνητικού πεδίου B.

B. Απαραίτητα όργανα και υλικά.

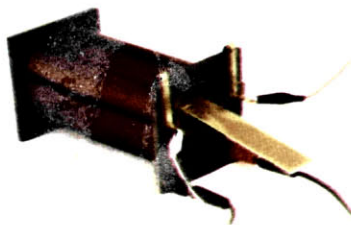
- δύο τροφοδοτικά συνεχούς τάσης
- δύο ποτενσιόμετρα
- δύο ψηφιακά αμπερόμετρα
- δύο μαχαιρωτοί διακόπτες
- πηνίο
- πλακέτα με βρόχο και το πηνίο που τη συνοδεύει (ΗΛ1910)
- ένα κομμάτι σύρμα

Γ. Η μέθοδος

Η δύναμη που δέχεται ένας ευθύγραμμος αγωγός μήκους l διαρρεόμενος από ρεύμα έντασης I , όταν είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου είναι

$$F_L = BIl$$

Η διάταξη που θα χρησιμοποιήσουμε (εικ. 4.1) αποτελείται από ένα ευαίσθητο ζυγό, ο οποίος είναι στην ουσία του μία πλακέτα που μπορεί να στρέφεται κατακόρυφα γύρω από οριζόντιο άξονα που περνάει από το μέσον της. Ο άξονας



Εικ. 4.1

αυτός είναι αγωγίμος και στηρίζεται σε μεταλλικά έδρανα τα οποία συνδέονται με πηγή συνεχούς τάσης. Η πλακέτα στο ένα μέρος της φέρει αγωγίμο βρόχο, οι δύο πλευρές του οποίου είναι παράλληλες με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου και η τρίτη κάθετη σ' αυτές.

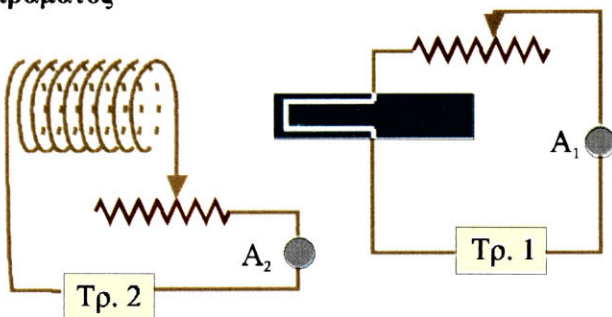
Το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από σωληνοειδές που διαρρέεται από συνεχές ρεύμα και έχει τον άξονά του οριζόντιο. Όταν ο βρόχος τοποθετηθεί στο εσωτερικό του σωληνοειδούς μόνο η κάθετη πλευρά του δέχεται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο (οι άλλες δύο είναι παράλληλες με τις δυναμικές γραμμές).

Από το βάρος που απαιτείται για να ισορροπήσει ο ζυγός, μπορούμε να μετρήσουμε τη δύναμη Laplace που δέχεται. Η δύναμη Laplace που δέχεται ο βρόχος είναι ανάλογη της έντασης (I_1) του ρεύματος που τον διαρρέει. Μπορούμε να το διαπιστώσουμε αν μετρήσουμε τη δύναμη για διάφορες τιμές της έντασης του ρεύματος. Το μαγνητικό πεδίο B που δημιουργεί το σωληνοειδές είναι ανάλογο της έντασης (I_2) του ρεύματος που το διαρρέει. Για να διαπιστώσουμε ότι η δύναμη Laplace είναι ανάλογη του μαγνητικού πεδίου B αρκεί να διαπιστώσουμε ότι είναι ανάλογη της έντασης (I_2) του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές.

Τη δύναμη Laplace που δέχεται ο αγωγός τη μετράμε τοποθετώντας στο άλλο άκρο του βάρη ώστε να εξισορροπήσουμε τη δύναμη. Τα βάρη αυτά μπορούμε να τα επιλέξουμε κόβοντας σε ίσα μέρη ένα σύρμα του οποίου ξέρουμε το ολικό βάρος.

Δ. Η εκτέλεση του πειράματος

1. Κόβουμε το σύρμα σε ίσα μέρη (π.χ 1cm το κάθε κομμάτι)
2. Εισάγουμε το βρόχο μέσα στο πηνίο και τον συνδέουμε με το ένα τροφοδοτικό μέσω του ποτενσιόμετρου. Στο κύκλωμα



Σχ. 4.1

παρεμβάλλουμε αμπερόμετρο (σχ.4.1). Μετακινώντας το δρομέα επιτυγχάνουμε το ρεύμα (I_1) στο κύκλωμα να είναι περίπου 0,5A.

3. Συνδέουμε το σωληνοειδές μέσω του ποτενσιόμετρου με το άλλο τροφοδοτικό (σχ. 4.1) Στο κύκλωμα παρεμβάλλουμε αμπερόμετρο. Ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο ώστε η ένταση (I_2) του ρεύματος να είναι περίπου 0,5A. Βλέπουμε ότι η ισορροπία του ζυγού ανατρέπεται. Αν το τμήμα του ζυγού που περιέχει το βρόχο κινηθεί προς τα πάνω, αλλάζουμε την πολικότητα της μιας από τις δύο τάσεις.
4. Τοποθετούμε σταθμά στο άλλο άκρο του ζυγού μέχρι να ισορροπήσει. Αν δεν επιτυγχάνεται πλήρης εξισορρόπηση του ζυγού, αυξομειώνουμε το ρεύμα (I_1) μέχρι να το επιτύχουμε. Σημειώνουμε την ένταση του ρεύματος και τον αριθμό των σταθμών με τα οποία πετύχαμε να ισορροπήσει ο βρόχος.
5. Διατηρώντας σταθερή την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, μεταβάλλουμε την ένταση του ρεύματος (περίπου κατά 0,5A) στο βρόχο και ισορροπούμε εκ νέου το ζυγό. Αυτό επαναλαμβάνεται έξι φορές. Κάθε φορά σημειώνουμε την ένταση I_1 και τον αριθμό κ των σταθμών με τα οποία πετύχαμε την ισορροπία του βρόχου.
6. Ρυθμίζουμε πάλι την ένταση του ρεύματος I_1 στο βρόχο περίπου στο 0,5A και ισορροπούμε εκ νέου το ζυγό. Σημειώνουμε τον αριθμό των σταθμών με τα οποία πραγματοποιήθηκε η ισορροπία καθώς και την ένταση I_2 του ρεύματος στο πηνίο.
7. Διατηρώντας σταθερή την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το βρόχο, μεταβάλλουμε την ένταση I_2 του ρεύματος στο σωληνοειδές (περίπου κατά 0,5A) και ισορροπούμε κάθε φορά το ζυγό. Η μέτρηση επαναλαμβάνεται έξι φορές. Κάθε φορά σημειώνουμε την ένταση I_2 και τον αριθμό κ των σταθμών με τα οποία πετύχαμε ισορροπία.

5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗΣ ΛΟΓΙΚΗΣ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

α) Το δυαδικό σύστημα αρίθμησης

Στην καθημερινή μας ζωή χρησιμοποιούμε το δεκαδικό σύστημα αρίθμησης. Χαρακτηριστικό του είναι ότι έχει δέκα ψηφία (0,1,2,3,4,5,6,7,8, και 9). 10 μονάδες μιας τάξης κάνουν μια μονάδα της επόμενης τάξης (π.χ. 10 εκατοντάδες κάνουν μια χιλιάδα). Ένας αριθμός του δεκαδικού συστήματος, π.χ ο 1075 μπορεί να γραφεί με τη μορφή $1 \times 10^3 + 0 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 5 \times 10^0$.

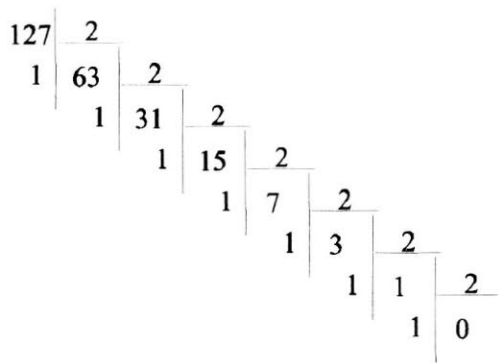
Στα ηλεκτρονικά κυκλώματα υπάρχουν μόνο δύο ενδεχόμενα, να περνάει ή να μη περνάει ρεύμα. Εδώ η χρήση του δυαδικού συστήματος αποδείχτηκε ιδιαίτερα πρακτική.

Στο δυαδικό σύστημα υπάρχουν δύο ψηφία, το 0 και το 1 - που μπορούν να αντιστοιχούν στο « περνάει ρεύμα» το ψηφίο 1 και στο «δεν περνάει ρεύμα» το ψηφίο μηδέν. Η θέση ενός ψηφίου στο δυαδικό αριθμό αντιστοιχεί στη δύναμη του δύο με την οποία πολλαπλασιάζεται το αντίστοιχο ψηφίο.

Έτσι, ο αριθμός 1001101 του δυαδικού συστήματος αντιστοιχεί στον αριθμό $1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 77$.

Για να παραστήσουμε στο δυαδικό σύστημα έναν αριθμό του δεκαδικού συστήματος διαιρούμε τον αριθμό με το δύο, το υπόλοιπο της διαίρεσης το διαιρούμε και πάλι με το δύο κ.ο.κ. μέχρι να φτάσουμε σε πηλίκο 0. Ο αριθμός του δυαδικού συστήματος που αντιστοιχεί στον αριθμό μας (του δεκαδικού συστήματος) αποτελείται από τα υπόλοιπα των διαιρέσεων, αρχίζοντας από το τέλος.

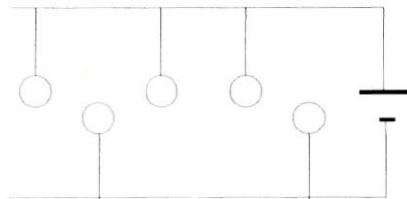
Παράδειγμα: Έστω ότι θέλουμε να μετατρέψουμε στο δυαδικό σύστημα τον αριθμό 127. Κάνουμε διαδοχικά τις διαιρέσεις:



Ο αριθμός 127 του δεκαδικού συστήματος γράφεται $1111111_{(2)}$

Το δυαδικό σύστημα πλεονεκτεί έναντι του δεκαδικού κατά το ότι είναι εύκολο να παραστήσουμε έναν αριθμό του δυαδικού συστήματος με ένα συνδυασμό αναμμένων και σβησμένων λαμπτήρων ή υψηλών και χαμηλών δυναμικών.

Έτσι, η σειρά των λαμπτήρων ● ○ ● ○ ○ ● μπορεί να παριστάνει τον αριθμό $101001_{(2)}$ ($46_{(10)}$) ενώ η διάταξη



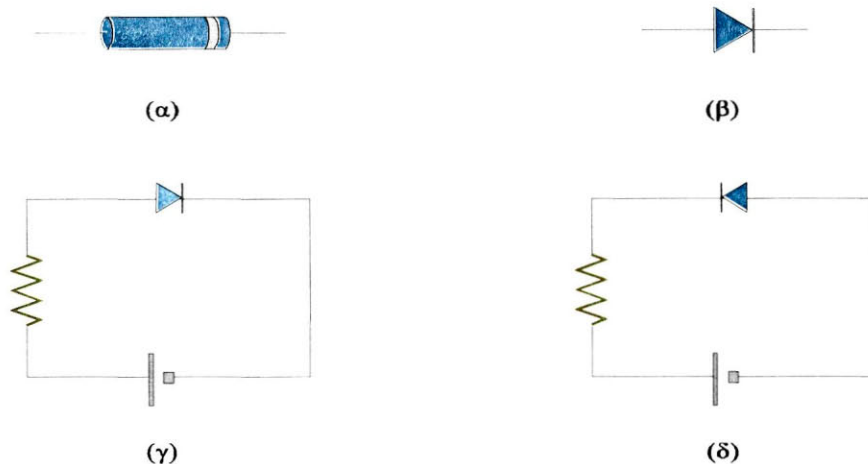
τον αριθμό $101110_{(2)}$ ($21_{(10)}$)

Οποιαδήποτε πληροφορία μπορεί να μεταφρασθεί σε συνδυασμούς του 0 και του 1. Τα κυκλώματα που λειτουργούν με βάση το δυαδικό σύστημα ονομάζονται λογικά κυκλώματα.

β) Η κρυσταλλοδίοδος (δίοδος)

Το στοιχείο κλειδί στο σχεδιασμό ενός λογικού κυκλώματος είναι η δίοδος. Η βασική ιδιότητα της διόδου, που την κάνει εξαιρετικά χρήσιμη, είναι ότι διαρρέεται από ρεύμα όταν η τάση στα άκρα της έχει ορισμένη πολικότητα (**ορθή πόλωση**) ενώ δεν διαρρέεται από ρεύμα όταν η τάση στα άκρα της έχει

αντίθετη πολικότητα (**ανάστροφη πόλωση**). Η πλευρά της διόδου που πρέπει να συνδεθεί με το υψηλό δυναμικό λέγεται άνοδος ενώ αυτή που συνδέεται με το χαμηλό δυναμικό λέγεται κάθοδος. Ο κατασκευστής της διόδου σημαδεύει πάντα με κάποιο τρόπο την κάθοδο. Μία διόδος σε κυλινδρικό περίβλημα συνήθως φέρει μια ταινία στην πλευρά της καθόδου (σχ. 5.1).



Σχ. 5.1 α) Δίοδος σε κυλινδρική θήκη. β) Σύμβολο διόδου σε κύκλωμα γ) Δίοδος σε ορθή πόλωση. δ) Δίοδος σε ανάστροφη πόλωση.

Όταν μια διόδος από πυρίτιο άγει η πτώση τάσης στα άκρα της είναι 0,7 V, ενώ αν είναι κατασκευασμένη από γερμάνιο η πτώση τάσης είναι 0,3 V.

γ) Η LED (δίοδος φωτοεκπομπής)

Οι LED (Light Emitting Diodes) είναι μια ειδική κατηγορία διόδων που έχουν την ιδιότητα να εκπέμπουν φως όταν συνδέονται σε ορθή πόλωση, όχι όμως όταν συνδέονται κατά την ανάστροφη.

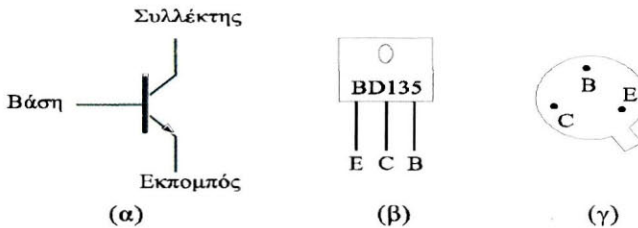
Οι ακροδέκτες της LED δεν έχουν ίδιο μήκος. Το πιο κοντό από τα δύο σύρματα αντιστοιχεί στην κάθοδο.

Στα κυκλώματά μας χρησιμοποιούμε LED για να ελέγξουμε, ανάμεσα σε δυο σημεία ποιο έχει ψηλότερο δυναμικό. Όταν η LED είναι αναμμένη θα αντιστοιχεί στο ψηφίο 1 ενώ όταν είναι σβηστή θα αντιστοιχεί στο ψηφίο 0.

δ) Το τρανζίστορ

Το τρανζίστορ (transistor) ή κρυσταλλοτρίοδος είναι μια διάταξη εισόδου-εξόδου από ημιαγώγιμο υλικό (γερμάνιο). Τα τρανζίστορ έχουν τρεις ακροδέκτες: τη βάση (B), το συλλέκτη (C) και τον εκπομπό (E). Ένα τρανζίστορ παριστάνεται στα κυκλώματα με το σύμβολο του σχήματος 5.2α.

Στα τρανζίστορ του τύπου BD135 ή BD137 ή BD139 οι ακροδέκτες είναι τοποθετημένοι με τη σειρά που φαίνεται στο σχήμα 5.2β. Στο τρανζίστορ NPN-Si AF/RF NTN 123A οι ακροδέκτες είναι τοποθετημένοι όπως δείχνει το σχήμα 5.2γ.



Σχ. 5.2

ΠΡΟΣΟΧΗ: Οι δίοδοι, τα τρανζίστορ και οι LED καταστρέφονται όταν συνδεθούν σε τάση που υπερβαίνει ορισμένη τιμή. Για λόγους προστασίας τους, στα κυκλώματα θα συνδέονται πάντοτε σε σειρά με αντιστάτες.

ε) Η βάση συναρμολόγησης

Η πλακέτα συναρμολόγησης φέρει υποδοχές για τη σύνδεση των αγωγών. Κάθε μια από τις μικρές στήλες έχει πέντε θέσεις που συνδέονται μεταξύ τους και δε συνδέονται με θέσεις των άλλων στηλών. Αν συνδέσετε μια δίοδο ή έναν αντιστάτη σε δυο θέσεις της ίδιας κατακόρυφης στήλης θα τα έχετε βραχυκυκλώσει.

Οι θέσεις στις μακριές σειρές που υπάρχουν στις δυο πλευρές της πλακέτας είναι όλες συνδεδεμένες μεταξύ τους. Στις θέσεις αυτές συνδέουμε τους πόλους της πηγής.

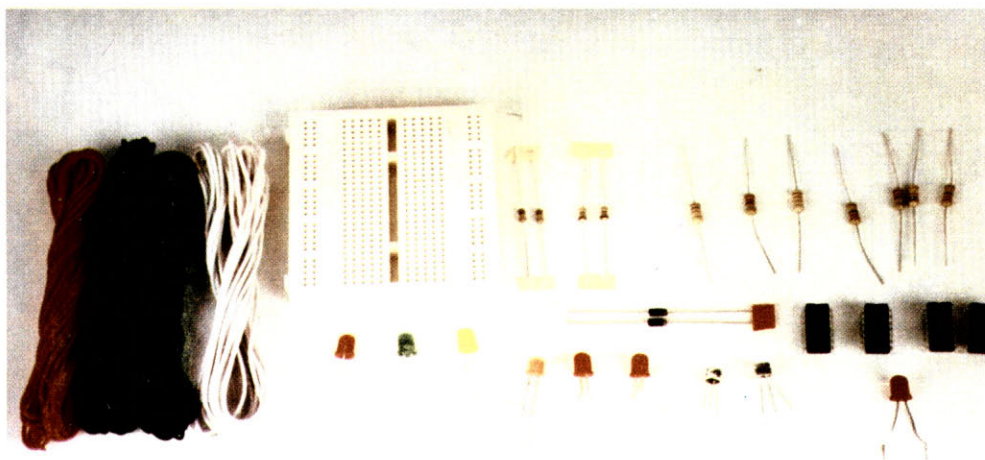


Εικ. 5.1

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

α) Θα χρειαστούμε:

1. βάση συναρμολόγησης (πλακέτα breadboard),
2. δυο διόδους,
3. τρεις LED διαφόρων χρωμάτων,
4. ένα τρανζίστορ BD135 ή NPN- Si NTP 123A,
5. αντιστάτες (ένας του 1 kΩ, ένας των 22 kΩ, τρεις των 220Ω)
6. μπαταρία 4,5 V,
7. καλώδιο (περίπου 1m), λεπτό μονόκλωνο,
8. βολτόμετρο DC,
9. εργαλείο κοπής συρμάτων (κόφτης).

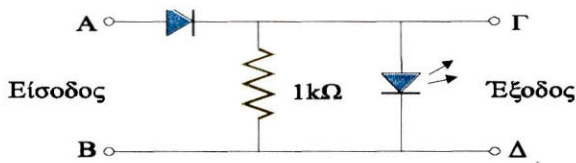


Εικ. 5.2

β) Εκτέλεση του πειράματος

Κόβουμε μερικά κομμάτια από το χάλκινο σύρμα μήκους 5-10 cm και γυμνώνουμε τα άκρα τους. Θα τα χρησιμοποιήσουμε ως αγωγούς σύνδεσης. Ταξινομούμε τους αντιστάτες με κριτήριο την τιμή της αντίστασής τους.

1. Συναρμολογούμε το κύκλωμα του σχήματος 5.3. Συνδέουμε τα Α και Β στους πόλους της πηγής έτσι ώστε η διόδος να είναι ορθά πολωμένη. Καταγράφουμε αν φωτοβολεί η LED.

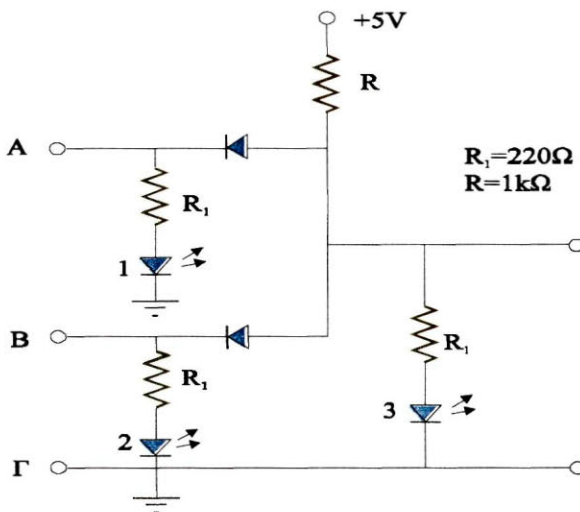


Σχ. 5.3

Αντιστρέφουμε την πολικότητα της πηγής. Καταγράφουμε αν και τώρα φωτοβολεί η LED.

Μετράμε με το βολτόμετρο την τάση στην έξοδο όταν η λυχνία φωτοβολεί. Καταγράφουμε την τιμή της.

2. Συναρμολογούμε το κύκλωμα του σχήματος 5.4 (κύκλωμα AND).



Σχ. 5.4

Συνδέουμε το σημείο A με την υψηλή τάση ενώ το σημείο B με τη γείωση. Σημειώνουμε ποιες LED φωτοβολούν.

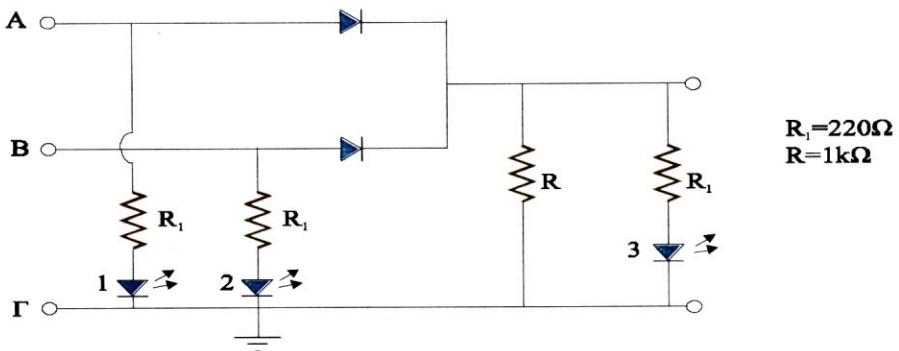
Συνδέουμε το σημείο B με την υψηλή τάση και το A με τη χαμηλή.

Συνδέουμε και τα δύο σημεία με την υψηλή τάση.

Συνδέουμε και τα δύο σημεία με τη χαμηλή τάση.

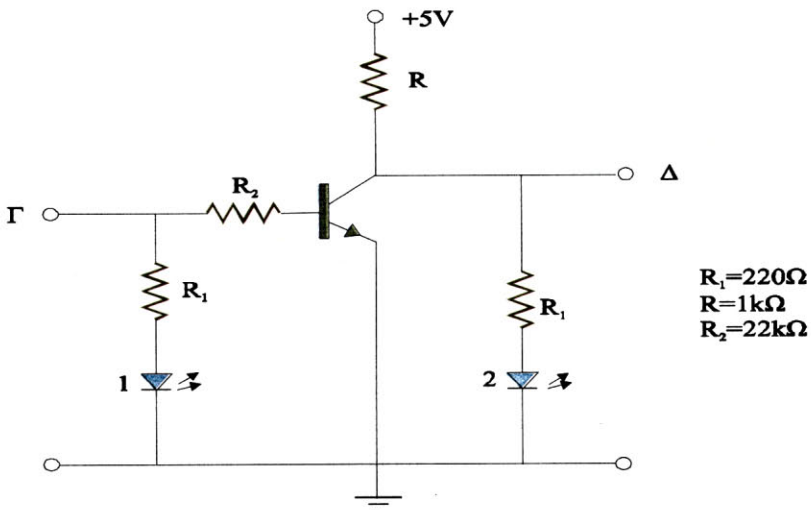
Σημειώνουμε κάθε φορά ποιες LED φωτοβολούν και συμπληρώνουμε τον πίνακα 1 στο τετράδιο ασκήσεων.

3. Συναρμολογούμε το κύκλωμα του σχήματος 5.5 (κύκλωμα OR) και επαναλαμβάνουμε τις εργασίες της ερώτησης 2. Συμπληρώνουμε τον πίνακα 2 στο τετράδιο ασκήσεων.



Σχ. 5.5

4. Συναρμολογούμε το κύκλωμα του σχήματος 5.6 (κύκλωμα NOT). Συνδέουμε το σημείο Γ με την υψηλή τάση και σημειώνουμε ποια LED φωτοβολεί.



Σχ. 5.6

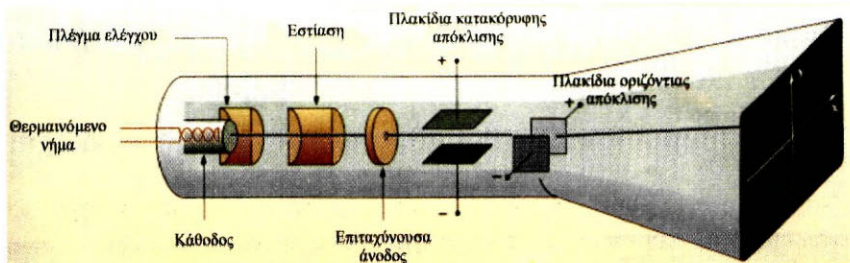
Συνδέουμε στη συνέχεια το σημείο Γ με τη χαμηλή τάση και σημειώνουμε πάλι ποια LED φωτοβολεί .

Συμπληρώνουμε τον πίνακα 3 στο τετράδιο των ασκήσεων.

6. ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΟΝ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ

Ο παλμογράφος είναι όργανο με το οποίο μετράμε τάσεις συνεχείς ή εναλλασσόμενες. Με τον παλμογράφο μπορούμε επίσης να παρατηρήσουμε και να μετρήσουμε μεγέθη που μεταβάλλονται με το χρόνο αφού με κατάλληλη διάταξη μετατρέψουμε αυτές τις μεταβολές σε μεταβολές μιας τάσης.

Βασικό εξάρτημα του παλμογράφου αποτελεί ο καθοδικός σωλήνας (σχ.6.1).



Σχ. 6.1

Ο σωλήνας είναι αερόκενος και φέρει στο ένα άκρο του νήμα, το οποίο όταν διαρρέεται από ρεύμα θερμαίνεται και εκπέμπει ηλεκτρόνια. Αυτά επιταχύνονται προς την άνοδο, που βρίσκεται σε μεγαλύτερο δυναμικό. Η άνοδος φέρει οπή από την οποία περνούν τα ηλεκτρόνια και πέφτουν με μεγάλη ταχύτητα στη φθορίζουσα οθόνη του σωλήνα. Εκεί δημιουργείται φωτεινή κηλίδα.

Η κίνηση των ηλεκτρονίων προς την οθόνη είναι δυνατό να επηρεαστεί από τις τάσεις που εφαρμόζονται α) στο πλέγμα, β) στην άνοδο γ) στα πλακίδια οριζόντιας και κατακόρυφης απόκλισης.

Το πλέγμα έχει τάση λίγο μικρότερη από την κάθοδο και έτσι ασκεί απωστική δύναμη στα ηλεκτρόνια που εκπέμπονται από την κάθοδο και το πλησιάζουν.



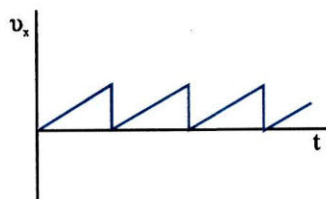
Εικ. 6.1

Μεταβάλλοντας την τάση στο πλέγμα έχουμε τη δυνατότητα να μεταβάλλουμε τον αριθμό των ηλεκτρονίων που περνά από αυτό και επομένως να ρυθμίζουμε την φωτεινότητα της κηλίδας στην οθόνη.

Τα πλακίδια οριζόντιας απόκλισης (x) μπορούν να προκαλέσουν οριζόντια απόκλιση της δέσμης ανάλογη με την τάση που εφαρμόζεται σε αυτά. Τα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης (y) κατακόρυφη απόκλιση της δέσμης. Αν εφαρμοστεί τάση ταυτόχρονα στα πλακίδια οριζόντιας και στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης, τότε η κηλίδα της δέσμης στη οθόνη αποκλίνει πλάγια.

Η τάση σάρωσης.

Εάν μεταξύ των πλακιδίων οριζόντιας εκτροπής εφαρμόσουμε τάση v_x η οποία αυξάνει γραμμικά και στη συνέχεια ελαττώνεται απότομα (πριονωτή τάση σχ 3.26) η κηλίδα στην οθόνη θα κινείται οριζόντια και ισοταχώς από τα αριστερά προς τα δεξιά και θα επιστρέφει απότομα πίσω, για να ξαναρχίσει πάλι την ίδια κίνηση. Αυτή η παλινδρομική οριζόντια κίνηση της κηλίδας ονομάζεται σάρωση της οθόνης. Την τάση σάρωσης την εφαρμόζει ο ίδιος ο παλμογράφος και υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης της συχνότητας της ώστε να επιτυγχάνουμε γρήγορη ή αργή σάρωση. Η τάση σάρωσης σε ένα παλμογράφο μπορεί να είναι ενεργοποιημένη ή να μην είναι.

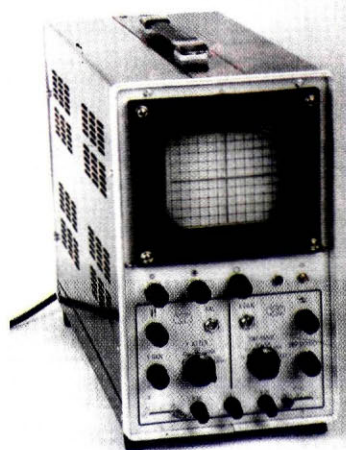


Σχ. 6.2

Εξωτερικά ο παλμογράφος φέρει διάφορα "κουμπιά" - ρυθμιστές και η οθόνη του φέρει υποδιαιρέσεις ώστε να μπορούν να γίνουν μετρήσεις. Στις εικόνες 6.1 και 6.2 φαίνονται δύο τύποι παλμογράφων.

Σε κάθε παλμογράφο μπορούμε να ρυθμίσουμε:

α) Την συχνότητα σάρωσης (SWEEP RANGE). Πρόκειται για μια τάση που εφαρμόζεται από τον ίδιο τον παλμογράφο στους οπλισμούς οριζόντιας απόκλισης. Υπάρχουν τέσσερις θέσεις του κουμπιού ρύθμισης 10 Hz - 100 Hz, 100 Hz - 1000Hz, 1kHz - 10kHz, 10kHz - 100kHz. Στη θέση EXT η εσωτερική σάρωση τίθεται εκτός.



Εικ. 6.2

Όταν θέλουμε να δούμε ακίνητη την κυματομορφή, κάτι που εξασφαλίζεται όταν η συχνότητα του σήματος είναι ίση ή πολλαπλάσια της συχνότητας σάρωσης, χρησιμοποιούμε το κουμπί μικρομετρικής ρύθμισης της συχνότητας σάρωσης (SWEEP VARI/EXT. GAIN). Σε ορισμένους παλμογράφους ο ρυθμιστής SWEEP RANGE έχει αντικατασταθεί με το κουμπί TIME/DIV, που αναγράφει το χρόνο που αντιστοιχεί σε κάθε υποδιαίρεση.

β) Την κατακόρυφη ενίσχυση του σήματος (V. GAIN). Ο διακόπτης χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το διακόπτη υποβιβασμού του σήματος (V. ATT.). Αν η κυματομορφή δεν έχει το κατάλληλο πλάτος γυρίζουμε το διακόπτη V. ATT σε άλλη θέση.

γ) Τη λειτουργία σε συνεχή (DC) ή εναλλασσόμενη (AC) τάση. Με το σχετικό διακόπτη στη θέση DC παρακολουθούμε συνεχείς τάσεις ή εναλλασσόμενες τάσεις συχνότητας μικρότερης από 10 Hz.

δ) Τη θέση της κυματομορφής στην οθόνη, με τους διακόπτες με την ένδειξη POSITION- κατακόρυφης και οριζόντιας μετατόπισης.

ε) Τη φωτεινότητα της εικόνας (INTENSITY) και την εστίαση της εικόνας (FOCUS). Τα αντίστοιχα κουμπιά βρίσκονται στο πίσω μέρος του παλμογράφου.

Μόλις ο παλμογράφος τεθεί σε λειτουργία πρέπει πρώτα να ρυθμιστεί ώστε η θέση της κηλίδας να βρίσκεται στο κέντρο της οθόνης και να είναι ευδιάκριτη.

Χρήσεις του παλμογράφου:

Μέτρηση συνεχούς τάσεως

Με την τάση σάρωσης απενεργοποιημένη μπορούμε να μετρήσουμε κάποια συνεχή τάση. Εφαρμόζουμε τη συνεχή τάση στον ακροδέκτη κατακόρυφης απόκλισης και στη γείωση. Η κηλίδα στην οθόνη αποκλίνει κατακόρυφα. Θέτουμε τον κάθετο υποβιβαστή V. ATT σε κατάλληλη θέση και ρυθμίζουμε το κουμπί κάθετης ενίσχυσης V. GAIN στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης. Οι ρυθμιστές υποβιβασμού και κατακόρυφης ενίσχυσης του σήματος μας δείχνουν πόσα Volt αντιστοιχούν σε υποδιαίρεση της οθόνης. Παρατηρώντας πόσο έχει εκτραπεί κατακόρυφα η κηλίδα και πολλαπλασιάζοντας με την ένδειξη του ρυθμιστή βρίσκουμε την τιμή της τάσης που μετράμε. Αν δεν υπάρχει τέτοια ένδειξη βαθμολογούμε τον παλμογράφο εφαρμόζοντας μια γνωστή τάση.

Μέτρηση του πλάτους εναλλασσόμενης τάσης

Με την τάση σάρωσης απενεργοποιημένη, εφαρμόζοντας στον ακροδέκτη κατακόρυφης απόκλισης και στη γείωση εναλλασσόμενη τάση ($v_y = V \eta \mu \omega t$) η κηλίδα θα ανεβοκατεβαίνει γρήγορα κατακόρυφα και στην οθόνη του παλμογράφου θα σχηματίζεται μια κατακόρυφη γραμμή. Με τους ρυθμιστές V. ATT και V. GAIN ρυθμίζουμε το μήκος της γραμμής που φαίνεται στην οθόνη. Το μήκος της γραμμής είναι ανάλογο του 2V. Παρατηρώντας το μήκος της γραμμής στην οθόνη και από τη ρύθμιση της κατακόρυφης ενίσχυσης μπορούμε να υπολογίσουμε το πλάτος V.

Μελέτη κυματομορφών

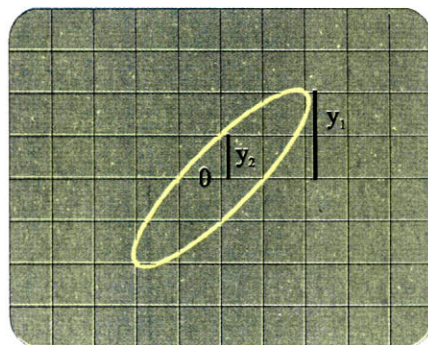
Για να μπορέσουμε να δούμε κάποια κυματομορφή, όπως της εναλλασσόμενης τάσης, εφαρμόζουμε την εναλλασσόμενη τάση στους ακροδέκτες κατακόρυφης απόκλισης και στη γείωση. Θέτουμε τον κάθετο υποβιβαστή V. ATT σε κατάλληλη θέση και ρυθμίζουμε το κουμπί κάθετης ενίσχυσης. Ενεργοποιούμε την τάση σάρωσης. Θέτουμε το διακόπτη SWEEP RANGE στη θέση περιοχής συχνοτήτων που περιλαμβάνει τη συχνότητα της τάσης που πρόκειται να μελετήσουμε και ρυθμίζουμε το κουμπί μικρομετρικής ρύθμισης της συχνότητας σάρωσης μέχρι να εμφανιστεί στην οθόνη κυματομορφή με ικανό αριθμό περιόδων. Αν η κυματομορφή που βλέπουμε στη οθόνη αντιστοιχεί σε μία περίοδο της κυματομορφής η συχνότητα του σήματος που μελετάμε είναι ίση με τη συχνότητα σάρωσης. Αν περιλαμβάνει τέσσερις κύκλους η συχνότητα του σήματος είναι τετραπλάσια της συχνότητας σάρωσης του παλμογράφου.

Εάν εφαρμόσουμε στους οπλισμούς των πυκνωτών τάσεις της μορφής $v_x = V \eta \mu \omega t$ και $v_y = V \eta \mu (\omega t + \theta)$ αντίστοιχα, και η εσωτερική σάρωση δεν λειτουργεί (το αντίστοιχο κουμπί στη θέση EXT), η δέσμη θα διαγράψει γραμμή που θα εξαρτάται από τη γωνία θ . Έτσι,

αν $\theta = 0^\circ$ (ή 360°), η δέσμη διαγράφει ευθεία με κλίση 45° .

αν $\theta = 90^\circ$ (ή 270°), η δέσμη διαγράφει κύκλο

Για τιμές της γωνίας μεταξύ 0° και 90° η δέσμη διαγράφει έλλειψη



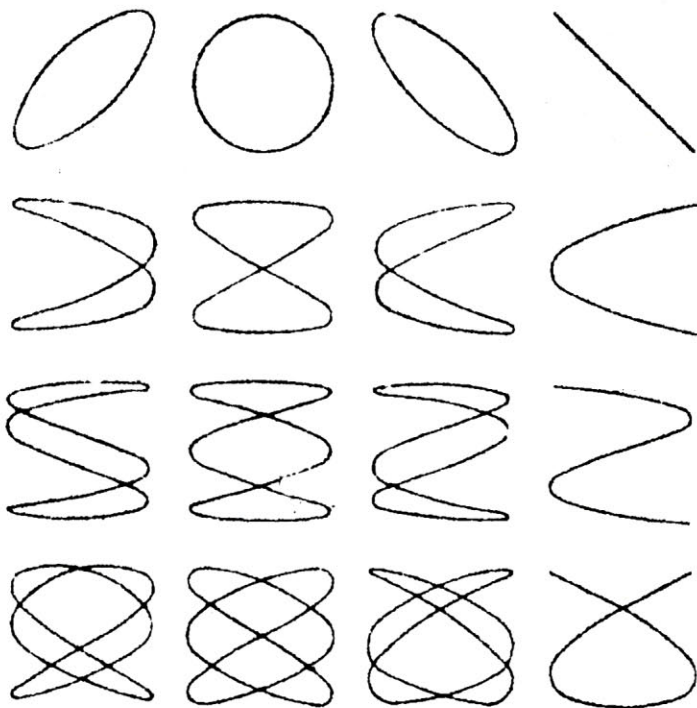
Σχ. 6.3

Για $u_x=0$ $\omega t=0$ και από το σχήμα προκύπτει ότι $y_2 = y_1$ οπότε $y_2 = V \eta\mu\omega t$ και για $\omega t=0$ $y_2=V \eta\mu\theta$ ή $y_2=y_1 \eta\mu\theta$.

Από τη σχέση αυτή είναι δυνατός ο προσδιορισμός της διαφοράς φάσης των δύο τάσεων

$$\eta\mu\theta = \frac{y_2}{y_1}$$

Αν οι τάσεις έχουν τη μορφή $v_x=V\eta\mu\omega_1 t$ και $v_y=V\eta\mu\omega_2 t$, όπου $\omega_2=n.\omega_1$ παίρνουμε στην οθόνη σχήματα (εικόνες Lissajous) (σχ. 6.4) που η μορφή τους επιτρέπει προσδιορισμό της σχέσης ω_1/ω_2



Σχ. 6.4 Μερικές μορφές των εικόνων Lissajous

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟΝ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ

1. Επίδειξη του φαινομένου της επαγωγής

α) Συνδέουμε στους οπλισμούς κατακόρυφης απόκλισης τα άκρα πηνίου 300 σπειρών και θέτουμε το κουμπί έλεγχου SWEEP RANGE στη θέση EXT. Πλησιάζουμε στο πηνίο ένα ευθύγραμμο μαγνήτη. και παρατηρούμε τη μετακίνηση της δέσμης. Παρατηρούμε ότι η μετατόπιση της δέσμης διαρκεί όσο διαρκεί η μετακίνηση του μαγνήτη.

Κινούμε το μαγνήτη με διαφορετικές ταχύτητες και καταγράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

Πλησιάζουμε το μαγνήτη με τον αντίθετο πόλο ή περιστρέφουμε το πηνίο και καταγράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

β) Χρησιμοποιούμε τον κινητήρα του εργαστηρίου (εικ. 6.3). Τοποθετούμε στο πάνω μέρος του κινητήρα, ένα ραβδόμορφο μαγνήτη ώστε να δημιουργηθεί το απαραίτητο μαγνητικό πεδίο. Συνδέουμε τους ακροδέκτες του κινητήρα με τους οπλισμούς κατακόρυφης απόκλισης, με το κουμπί SWEEP RANGE στη θέση I (10 -100Hz). Περιστρέφουμε τον κινητήρα με σταθερή, κατά το δυνατό συχνότητα και παρατηρούμε την κυματομορφή στην οθόνη.



Εικ. 6.3

Επειδή είναι δύσκολο να διατηρηθεί σταθερή η συχνότητα περιστροφής του κινητήρα, η κυματομορφή συνεχώς θα αλλάζει.

Με την περιστροφή του κινητήρα έχουμε δημιουργήσει μια πηγή εναλλασσόμενης τάσης

γ) Χρησιμοποιούμε δυο πηνία. Το ένα συνδέεται με το κουτί ξηρών στοιχείων μέσω διακόπτη. Το δεύτερο με τον παλμογράφο. Τα δύο πηνία τοποθετούνται έτσι ώστε να βρίσκονται κοντά και να έχουν κοινό άξονα. Κλείνουμε το διακόπτη στο πρώτο κύκλωμα Παρατηρούμε ότι η δέσμη στον παλμογράφο αποκλίνει και στη συνέχεια επιστρέφει στο κέντρο της οθόνης.

Δοκιμάζουμε με διαφορετικού αριθμού σπειρών πηνία και καταγράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

Αντικαθιστούμε το κουτί των ξηρών στοιχείων με πηγή εναλλασσόμενης τάσης. Τώρα παρατηρούμε ότι η δέσμη αποκλίνει αλλά δεν

επιστρέφει στην αρχή των αξόνων. Αυτό σημαίνει ότι το φαινόμενο της αμοιβαίας επαγωγής διαρκεί όσο μεταβάλλεται το ρεύμα στο πρώτο πηνίο.

Δοκιμάζουμε με διαφορετικού αριθμού σπειρών πηνία.

Βάζουμε τα πηνία έτσι ώστε να έχουν κοινό πυρήνα και καταγράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

2. Παρατήρηση εικόνων Lissajous

Συνδέουμε στους ακροδέκτες κατακόρυφης απόκλισης μια γεννήτρια συχνοτήτων τη συχνότητα της οποίας έχουμε επιλέξει στα 200Hz. Θέτουμε τον διακόπτη επιλογής συχνότητας σάρωσης (SWEEP RANGE) στη θέση OFF.

Στους ακροδέκτες οριζόντιας απόκλισης συνδέουμε δεύτερη γεννήτρια συχνοτήτων της οποίας τη συχνότητα έχουμε επιλέξει επίσης στα 200Hz. Προσέχουμε ώστε η γείωση της γεννήτριας να συνδεθεί με τη γείωση του παλμογράφου. Φροντίζουμε ώστε οι δύο γεννήτριες να δίνουν σήμα του ίδιου πλάτους. Παρατηρούμε τότε ότι στην οθόνη σχηματίζεται κύκλος

Στη συνέχεια στρέφουμε την άντιγα της δεύτερης πηγής μέχρι η συχνότητα να γίνει 400 Hz. και παρατηρούμε τη νέα εικόνα επί της οθόνης.

Μεταβάλλουμε τις συχνότητες των δυο γεννητριών ώστε οι συχνότητές τους να έχουν λόγους 1:3, 2:3, 2:1, 3:1 και 3:2, και παρατηρούμε την εικόνα Lissajous που εμφανίζεται κάθε φορά.

Οι εικόνες που θα σχηματιστούν δεν είναι σταθερές γιατί οι συχνότητες των πηγών δεν παραμένουν σταθερές

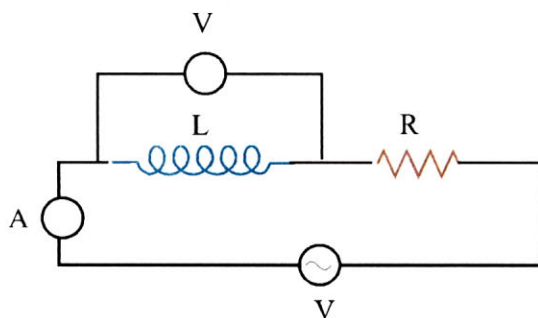
7. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ ΠΗΝΙΟΥ

Στόχοι

- Η κατανόηση του φαινομένου της αυτεπαγωγής.
- Η κατανόηση της διαφορετικής συμπεριφοράς του πηνίου στο συνεχές και στο εναλλασσόμενο ρεύμα.
- Η μέτρηση της διαφοράς φάσης μεταξύ δύο εναλλασσόμενων τάσεων.
- Η μέτρηση του συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου.

Η θεωρία

Το κύκλωμα του σχήματος περιλαμβάνει πηνίο και αντιστάτη συνδεδεμένα σε σειρά και τροφοδοτείται από τάση της μορφής $v = V \eta\mu\omega t$



Σχ. 7.1

Επειδή μεταβάλλεται συνεχώς η τάση στα άκρα του κυκλώματος θα μεταβάλλεται και η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα. Αυτό συνεπάγεται εμφάνιση ηλεκτρεγερτικής δύναμης από αυτεπαγωγή, η οποία, σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, τείνει να αναιρέσει την αιτία που την προκαλεί, δηλαδή τείνει να διατηρήσει σταθερή την ένταση του ρεύματος.

Η εμφάνιση αυτής της ηλεκτρεγερτικής δύναμης από αυτεπαγωγή έχει δύο συνέπειες:

- α) Περιορίζει τη μέγιστη τιμή του ρεύματος (το πλάτος του ρεύματος).

β) Προκαλεί διαφορά φάσης μεταξύ της τάσης και του ρεύματος. Αυτό σημαίνει ότι τα δύο μεγέθη δεν παίρνουν ταυτόχρονα τη μέγιστη τιμή τους ούτε μηδενίζονται ταυτόχρονα

Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα δίνεται από τη σχέση:

$$i = I\eta\mu(\omega t - \theta)$$

όπου το πλάτος του ρεύματος θα δίνεται από τη σχέση

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} \quad (7.1)$$

και η γωνία θ από τη σχέση

$$\varepsilon\phi\theta = \frac{L\omega}{R} \quad (7.2)$$

Ο παρονομαστής στη σχέση (7.1) λέγεται εμπέδηση του κυκλώματος και συμβολίζεται με Z

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} \quad (7.3)$$

Στη σχέση (7.3) το R παριστάνει την ολική (ωμική) αντίσταση του κυκλώματος δηλαδή το άθροισμα των ωμικών αντιστάσεων του αντιστάτη και του πηνίου. Τα πηνία που διαθέτουν τα σχολικά εργαστήρια έχουν πολύ μικρή ωμική αντίσταση, έτσι μπορούν να θεωρηθούν ιδανικά. Το γινόμενο $L\omega$ ονομάζεται επαγωγική αντίσταση του πηνίου, συμβολίζεται με Z_L .

1. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ

A. Απαραίτητα όργανα και υλικά

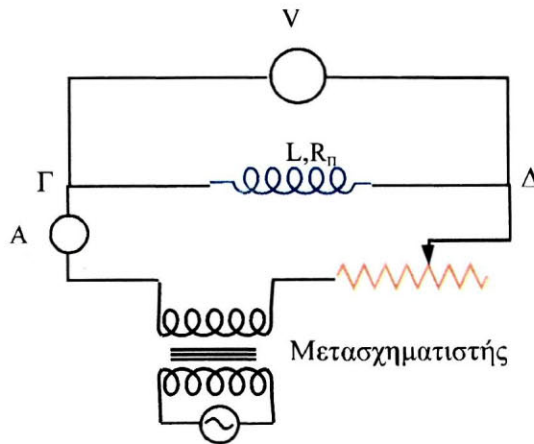
- Μπαταρία.
- Μετασχηματιστής υποβιβασμού της τάσης
- Ποτενσιόμετρο.
- Πηνίο αμελητέας ωμικής αντίστασης (π.χ. το πηνίο 300 σπειρών με πυρήνα λυόμενου μετασχηματιστή).
- Βολτόμετρο AC.
- Αμπερόμετρο AC.

B. Η μέθοδος

Ο μετασχηματιστής είναι μια διάταξη που στηρίζεται στο φαινόμενο της αμοιβαίας επαγωγής και μετασχηματίζει (μεγαλώνει ή μικραίνει) την εναλλασσόμενη τάση. Με το μετασχηματιστή που χρησιμοποιούμε υποβιβάζουμε την εναλλασσόμενη τάση του δικτύου που είναι 220V.

Η εναλλασσόμενη τάση με την οποία τροφοδοτεί ο μετασχηματιστής το κύκλωμα έχει συχνότητα ίση με τη συχνότητα του δικτύου της πόλης. Επομένως θα θεωρήσουμε ότι:

$$\omega = 2\pi f = 314 \text{ rad / s}$$



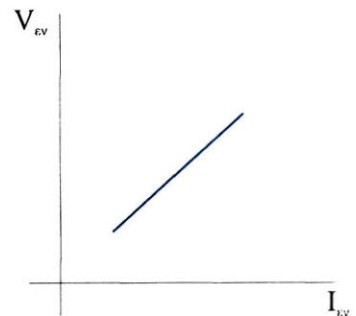
Σχ. 7.2

Στο κύκλωμα του σχήματος 7.2 η τάση που δείχνει το βολτόμετρο είναι η ενεργός τάση ανάμεσα στα σημεία Γ και Δ, δίνεται από τη σχέση

$$V_{\varepsilon V} = I_{\varepsilon V} Z \quad (7.4)$$

όπου Z η εμπέδηση του κυκλώματος ανάμεσα στα σημεία Γ και Δ η οποία δίνεται από τη σχέση

$$Z = \sqrt{R_{\Pi}^2 + (L\omega)^2} \quad (7.5)$$



Σχ. 7.3

Η γραφική παράσταση της σχέσης (7.4) είναι ευθεία γραμμή η κλίση της οποίας είναι ίση με την εμπέδηση Z (σχ. 7.3)

$$\kappa = \frac{\Delta V_{\varepsilon V}}{\Delta I_{\varepsilon V}} = Z$$

Αν υπολογίσουμε την εμπέδηση του πηνίου από την κλίση του διαγράμματος 7.3 μπορούμε από τη σχέση (7.5) να υπολογίσουμε το συντελεστή αυτεπαγωγής L .

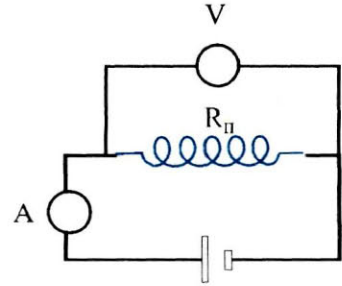
$$Z = \sqrt{R_{\Pi}^2 + (L\omega)^2} \quad \text{άρα} \quad L = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z^2 - R_{\Pi}^2} \quad (7.6)$$

Η ωμική αντίσταση του πηνίου μπορεί να υπολογιστεί αν συνδέσουμε το πηνίο σε πηγή συνεχούς τάσης (μπαταρία). Στο συνεχές ρεύμα το πηνίο συμπεριφέρεται ως ωμική αντίσταση. Επομένως πραγματοποιώντας το κύκλωμα του σχήματος 7.4 και μετρώντας την τάση στα άκρα του πηνίου και την ένταση του ρεύματος που το διαρρέει υπολογίζουμε την αντίσταση από το πηλίκο

$$R_{\Pi} = \frac{V_{\Sigma}}{I_{\Sigma}} \quad (7.7)$$

Οι δείκτες Σ εδώ, συμβολίζουν συνεχή μεγέθη.

Σημείωση: Παρόλο που όπως είπαμε η αντίσταση του πηνίου που χρησιμοποιούμε είναι πολύ μικρή, επειδή και η συχνότητα f της εναλλασσόμενης τάσης είναι μικρή, ο παράγοντας R_{Π}^2 δεν είναι αμελητέος σε σχέση με τον παράγοντα $(L\omega)^2$ και δεν μπορούμε να τον αγνοήσουμε.



Σχ. 7.4

Γ. Η εκτέλεση του πειράματος

1. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 7.4 Σημειώνουμε τις ενδείξεις V_{Σ} και I_{Σ} των οργάνων.
2. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 7.2. (Πριν εφαρμόσετε τάση στο κύκλωμα να προηγηθεί έλεγχος από τον καθηγητή).
3. Μετακινώντας το δρομέα του ποτενσιόμετρου μεταβάλλονται οι ενδείξεις των οργάνων. Παίρνουμε έξι μετρήσεις του ρεύματος και της τάσης.

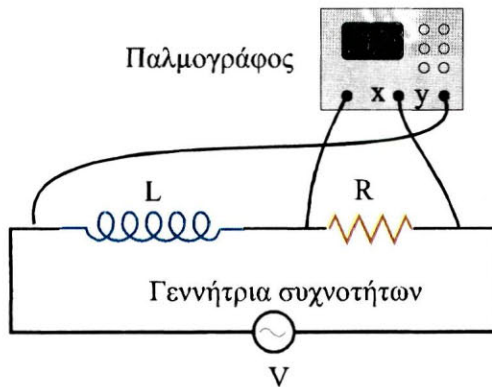
2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ

A. Απαραίτητα όργανα και υλικά.

- Αντιστάτης γνωστής αντίστασης (π.χ. $R=100\Omega$)
- Πηνίο αμελητέας ωμικής αντίστασης (π.χ. το πηνίο 300 σπειρών με πυρήνα λυόμενου μετασχηματιστή).
- Γεννήτρια συχνοτήτων.
- Παλμογράφος.

1ος τρόπος

Η μέθοδος στηρίζεται στη μέτρηση της διαφοράς φάσης ανάμεσα στην τάση στα άκρα του κυκλώματος (v) και στην τάση στα άκρα της αντίστασης (v_R).



Σχ. 7.5

Αν πραγματοποιήσουμε το κύκλωμα του σχήματος 7.5, για ορισμένη τιμή της συχνότητας της τάσης παίρνουμε στην οθόνη του παλμογράφου τις γνωστές εικόνες Lissajous (σχήμα 7.6), από τις οποίες μετράμε τη διαφορά φάσης μεταξύ της τάσης στα άκρα του κυκλώματος και της τάσης στα άκρα του αντιστάτη που είναι ίδια με τη φάση του ρεύματος. Από τη σχέση

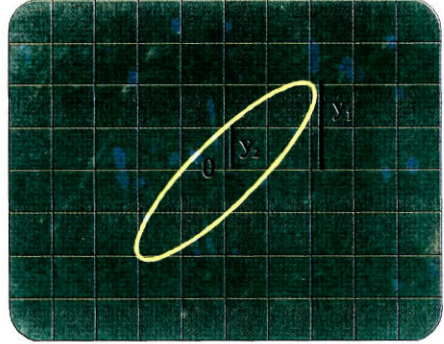
$$\eta\mu\theta = \frac{y_2}{y_1} \quad (7.8)$$

$$\varepsilon\phi\theta = \frac{\eta\mu\theta}{\sigma\upsilon\nu\theta} = \frac{\eta\mu\theta}{\sqrt{1-\eta\mu^2\theta}}$$

και λόγω της (7.2)

$$\frac{L\omega}{R} = \frac{\eta\mu\theta}{\sqrt{1-\eta\mu^2\theta}} \quad \text{ή}$$

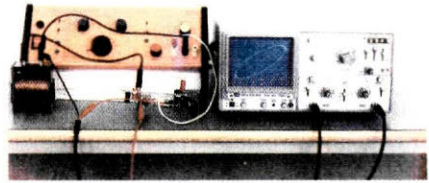
$$L = \frac{R}{\omega} \frac{\eta\mu\theta}{\sqrt{1-\eta\mu^2\theta}} \quad (7.9)$$



Σχ. 7.6

B. Η εκτέλεση του πειράματος

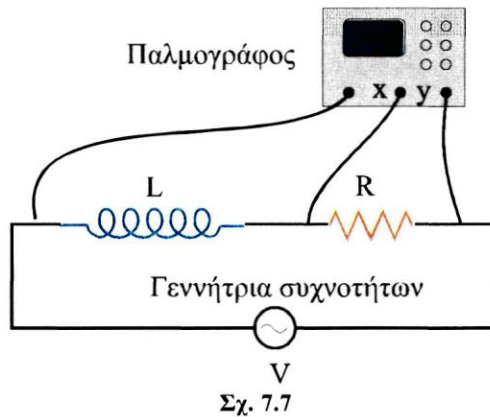
1. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 7.5
2. Θέτουμε τον διακόπτη επιλογής συχνότητας σάρωσης (SWEEP RANGE) στη θέση EXT. Δηλαδή καταργούμε την εσωτερική σάρωση του παλμογράφου.
3. Ρυθμίζουμε την οριζόντια και κατακόρυφη ενίσχυση του παλμογράφου (διακόπτης V GAIN κ' V ATT) ώστε η απόκλιση στους δύο άξονες να είναι ίδια.
4. Μετράμε το y_1 και το y_2 στην οθόνη του παλμογράφου.
5. Σημειώνουμε τη συχνότητα f της γεννήτριας στην οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.



Εικ. 7.1

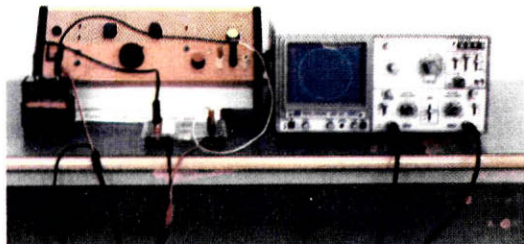
2ος τρόπος

Εφαρμόζουμε στα πλακίδια x και y τις τάσεις στα άκρα του πηνίου και του αντιστάτη, αντίστοιχα. Το κοινό σημείο πηνίου - αντιστάτη συνδέεται στη γείωση (σχ. 7.7). Με κατάλληλη επιλογή της συχνότητας μπορούμε να επιτύχουμε το σχηματισμό κύκλου στην οθόνη του παλμογράφου (εικ. 7.2).



Στην περίπτωση αυτή

$$\begin{aligned}
 V_{\varepsilon\nu,L} &= V_{\varepsilon\nu,R} \quad \text{επομένως} \quad Z_L = R \\
 \text{ή} \quad L\omega &= R \quad \text{άρα} \\
 L &= \frac{R}{2\pi f}
 \end{aligned}
 \tag{7.10}$$



Εικ. 7.2

Γ. Η εκτέλεση του πειράματος

1. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 7.7
2. Θέτουμε τον διακόπτη επιλογής συχνότητας σάρωσης (SWEEP RANGE) στη θέση EXT. Δηλαδή καταργούμε την εσωτερική σάρωση του παλμογράφου.

3. Ρυθμίζουμε την οριζόντια και κατακόρυφη ενίσχυση του παλμογράφου (διακόπτης V GAIN κ' V ATT) ώστε η απόκλιση στους δύο άξονες να είναι ίδια.
4. Μεταβάλλουμε τη συχνότητα της γεννήτριας μέχρι να σχηματιστεί στην οθόνη του παλμογράφου ένας κύκλος. Σημειώνουμε τη συχνότητα f της γεννήτριας για την οποία επιτεύχθηκε αυτό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ιωάννου Λ. Μπουρούτη ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ. Βιβλίο πρώτο: Μηχανική- θερμότητα. Οργανισμός Εκδόσεως σχολικών Βιβλίων. Αθήνα 1994.
2. Ιωάννου Μπουρούτη ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ Βιβλίο δεύτερο: Οπτική - Ηλεκτρισμός. Οργανισμός Εκδόσεων Σχολικών Βιβλίων. Αθήνα 1994.
3. Π.Κόκκοτας, Βασ. Καραπαναγιώτης, Ι.Αρναουτάκης, Ι.Καρανίκας, Ι.Κουρέλης ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ- αξιοποίηση του πειράματος στη διδακτική πράξη. Εκδόσεις Γρηγόρη. Αθήνα 1988.
4. Κ. Αλεξόπουλος ΓΕΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ, τόμος τρίτος Ατομική και πυρηνική Φυσική. Αθήνα 1963.
5. Εργαστηριακός Οδηγός PSSC ΦΥΣΙΚΗ. Ευγενίδειο Ίδρυμα Αθήνα 1993.
6. Εργαστήριο Φυσικής Πανεπιστημίου Αθηνών ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΗΣ- Μετρήσεις ΟΠΤΙΚΗΣ- ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ. Αθήνα.
7. Εργαστηριακές ασκήσεις φυσικής Γιάννης Π. Χατζής. Εκδόσεις Τροχαλία.
8. Σιδέρης Κ. Μητσιάδης Πειράματα φυσικής με ηλεκτρονικό παλμογράφο. Εκδόσεις Σαββάλας.
9. Εργαστηριακή φυσική Μιχαήλ Ι. Βελγάκης. Πανεπιστήμιο Πατρών.
10. F. TYLERQ A Laboratory Manual of Physics (Fifth Edition). Hodder & Stoughton 1994.
11. UNIVERSITY OF NORTHERN BRITISH COLUMBIA. Physics 110. Laboratory Manual. 1996.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	5
1 Πειραματική επιβεβαίωση γενικού νόμου ιδανικών αερίων	15
2 Μέτρηση του λόγου C_p / C_v	18
3 Μέτρηση ειδικού φορτίου ηλεκτρονίων με τη μέθοδο Thomson	23
4 Μέτρηση δύναμης Laplace	28
5 Σχεδιασμός και μελέτη ψηφιακών κυκλωμάτων συνδυαστικής λογικής	31
6 Γνωριμία με τον παλμογράφο	38
7 Μέτρηση του συντελεστή αυτεπαγωγής πηνίου	45
Βιβλιογραφία	53

Με απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν βιβλιόσημο προς απόδειξη της γνησιότητάς τους. Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δε φέρει βιβλιόσημο θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του Νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108, Α').



Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.