

## **ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ** **ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΒΟΛΦΡΑΜΙΟΥ**

**Η άσκηση βασίζεται στην πρωτότυπη πειραματική δραστηριότητα του συναδέλφου Φυσικού Γιάννη Χατζή , συγγραφέα του βιβλίου « Εργαστηριακές ασκήσεις φυσικής» –εκδ. Τροχαλία**

### **Σκοπός και κεντρική ιδέα της άσκησης**

Σκοπός της άσκησης είναι ο πειραματικός προσδιορισμός του θερμικού συντελεστή αντίστασης του βολφραμίου – υλικό από το οποίο κατασκευάζεται το θερμαινόμενο μεταλλικό νήμα στους λαμπτήρες πυρακτώσεως- .

Ο σχεδιασμός του πειράματος στηρίζεται στην **θερμική ισορροπία συστήματος αντιστάτη  $W_0$  και νερού ενός δοχείου**, και την κατά προσέγγιση γραμμική μεταβολή (μείωση) της αντίστασης νήματος  $W_0$  σε συνάρτηση με την αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας.

### **Θεωρητικό υπόβαθρο της άσκησης - πειραματική διαδικασία**

#### **Βασικές έννοιες και σχέσεις**

Θερμοκρασία - Αντιστάτης - Αντίσταση – μεταφορά θερμότητας – Θερμική ισορροπία – ψύξη συστήματος νερού-αντιστάτη  $W_0$  .

- Διαθέτουμε ποσότητα νερού σε αρχική θερμοκρασία  $\theta = 60$  °C .

Το δοχείο με το νερό και τον αντιστάτη αφήνεται να ψυχθεί με σταδιακή μεταφορά θερμότητας από το δοχείο προς το περιβάλλον, έως ότου η θερμοκρασία νερού του δοχείου πάρει την τιμή  $\theta_1 = 44$  °C (ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας).

Η τιμή αυτή,  $\theta_1 = 44$  °C είναι η τελική θερμοκρασία του νερού, στο πείραμα που θα εκτελέσετε .

Η θερμοκρασία του αντιστάτη βολφραμίου που είναι βυθισμένος στο νερό είναι ίδια με την θερμοκρασία του νερού, αφού βρίσκονται σε θερμική ισορροπία . Έτσι για να μετρήσουμε την θερμοκρασία του αντιστάτη, αρκεί να μετρήσουμε με ένα θερμόμετρο την θερμοκρασία του νερού του δοχείου.

#### **- Πώς μεταβάλλεται η αντίσταση $R$ όταν μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία του αγωγού;**

Αποτελεί πειραματικό δεδομένο ότι η ειδική αντίσταση ενός μετάλλου αυξάνει συναρτησί της θερμοκρασίας, με γραμμικό (κατά προσέγγιση) τρόπο. Συνεπώς, η εξίσωση που περιγράφει τη σχέση αυτή είναι

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (\theta - \theta_0)$$

Ο συντελεστής  $\alpha$  ονομάζεται *θερμικός συντελεστής αντίστασης* του μετάλλου. Η προηγούμενη σχέση ισχύει υπό την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασιακή διαφορά  $\theta - \theta_0$  δεν είναι πολύ μεγάλη, ενώ τα  $\rho_0$  και  $\theta_0$  μπορούν να είναι ένα οποιοδήποτε ζεύγος

αρχικών τιμών. Συνήθως όμως παίρνουμε  $\theta_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ , οπότε  $\rho_0$  είναι η ειδική αντίσταση του μετάλλου σε θερμοκρασία  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Συνεπώς, η προηγούμενη σχέση γράφεται

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\theta)$$

Η αντίσταση ενός μεταλλικού κυλινδρικού σύρματος δίνεται από τον τύπο

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

- όπου  $l$  το μήκος του σύρματος και  $S$  το εμβαδόν της διατομής του. Επειδή όμως ο συντελεστής γραμμικής διαστολής των συνηθισμένων μετάλλων είναι τρεις τάξεις μεγέθους μικρότερος από το θερμικό συντελεστή αντίστασης  $\alpha$  του μετάλλου αυτού, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η μεταβολή της αντίστασης ενός σύρματος, κατά τη θέρμανσή του, οφείλεται πρακτικά στη μεταβολή μόνο του συντελεστή  $\rho$  και όχι στη μεταβολή των  $l$  και  $S$ .

Μπορούμε με πολύ καλή προσέγγιση να θεωρήσουμε ότι η αντίσταση ενός αγωγού μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία σύμφωνα με τη σχέση:

$$R = R_0 (1 + \alpha\theta)$$

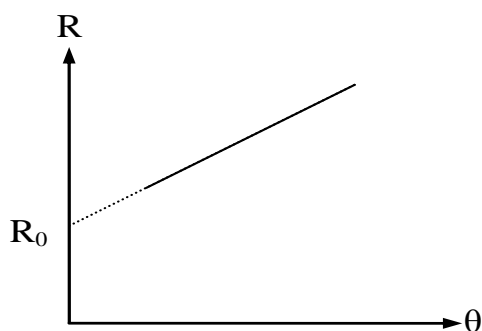
$$R = R_0 + (\alpha \cdot R_0) \cdot \theta \quad (1)$$

$\theta$  η θερμοκρασία σε  $^\circ\text{C}$ ,  $R$  η αντίσταση του αγωγού  $W_0$  στους  $0^\circ\text{C}$  και  $\alpha$  μια σταθερά που εξαρτάται από το υλικό του αντιστάτη και ονομάζεται **θερμικός συντελεστής αντίστασης του υλικού**

Από τη σχέση 5 βλέπουμε ότι η τιμή της αντίστασης του αντιστάτη  $W_0$  είναι ανάλογη της θερμοκρασίας  $\theta$  του νερού :

η **γραφική παράσταση του  $R$  σε συνάρτηση με το  $\theta$**  είναι μια ευθεία γραμμή .

Έτσι αν για ορισμένες **τιμές της θερμοκρασίας ( $\theta$ )** του αντιστάτη  $W_0$  και της τιμής της **αντίστασης  $R$** ,  $(\theta, R)$  τα **πειραματικά σημεία  $(\theta_1, R_1), (\theta_2, R_2), \dots$**  πρέπει να βρίσκονται πάνω σε ευθεία γραμμή.



Η κλίση  $k$  της ευθείας αυτής είναι:

$$k = \alpha \cdot R_0$$

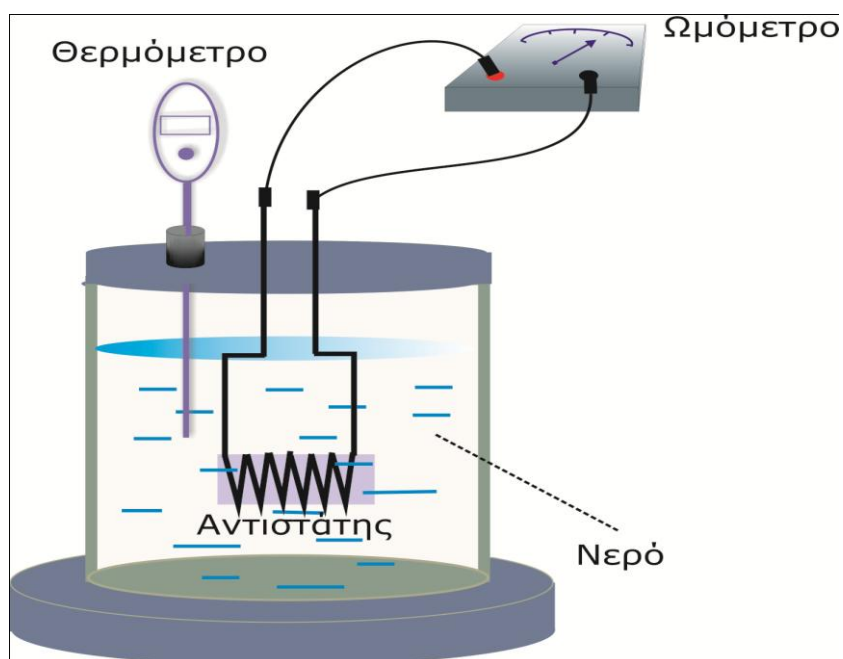
από την οποία προκύπτει ότι μέσα από την πειραματική διαδικασία μπορούμε να υπολογίσουμε πειραματικά την **τιμή του θερμικού συντελεστή αντίστασης του βολφραμίου  $\alpha$** .

Μετρώντας από τη γραφική παράσταση την **κλίση  $k$**  της ευθείας, καθώς και την **τιμή  $R_0$**  (με προεκβολή), υπολογίζουμε την τιμή του **συντελεστή θερμικής αντίστασης του βολφραμίου  $\alpha$** .

## Πειραματική διαδικασία

### Όργανα και υλικά

1. Πολύμετρο.
2. Ηλεκτρονικό θερμόμετρο με ακρίβεια μέτρησης  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
3. Αντιστάτης  $W_0$  από λαμπτήρα πυρακτώσεως.
4. Καλώδια με ακροδέκτες
5. Γυάλινο δοχείο ζέσεως 400mL.
6. Ορθοστάτης - ράβδοι στήριξης - λαβίδες - σύνδεσμοι
7. Χαρτί μιλιμετρέ.
8. Αριθμομηχανή.
9. Χάρακας 20cm.



Σχέδιο 1

- 1) Συναρμολογήστε την πειραματική διάταξη που απεικονίζεται στο σχήμα 1.
- 2) Ο επιβλέπων καθηγητής προσθέτει ποσότητα νερού όγκου περίπου 100mL

### Προσέχετε ιδιαίτερα τα εξής:

- α) Το νήμα του λαμπτήρα να είναι εντελώς βυθισμένο στο νερό – χωρίς να μετακινήσετε την λαβίδα στήριξης ή τη βάση υποδοχής του αντιστάτη
- β) Το άκρο του θερμομέτρου να είναι βυθισμένο στο νερό, και να βρίσκεται στο ίδιο βάθος και σε σταθερή απόσταση 5 cm περίπου από τον αντιστάτη  $W_0$ .

- 3) **Προσοχή ! Μην αναδεύετε το νερό** του δοχείου – υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του νήματος βολφραμίου

- Περιμένετε μέχρις ότου **η αρχική ένδειξη** του θερμομέτρου γίνει  **$60\text{ }^{\circ}\text{C}$** .
- Τότε, θέστε σε λειτουργία το πολύμετρο και ταυτόχρονα καταγράψτε τη θερμοκρασία του νερού τη στιγμή αυτή ( **$\theta_9$** ).
- Μετρήστε την τιμή της **αντίστασης  $R_9$**  του αντιστάτη  $W_0$  και επαναλάβετε τις μετρήσεις ανά  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Καταγράψτε τις μετρήσεις στις στήλες 1 και 3 του πίνακα Α. Η διαδικασία τελειώνει μόλις καταγράψετε την τελευταία μέτρηση για τιμή θερμοκρασίας  **$\theta_1=44\text{ }^{\circ}\text{C}$** .

**Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων**

1. Συμπληρώστε όλες τις στήλες του πίνακα Α.
2. Στο τετραγωνισμένο χαρτί σχεδιάστε σύστημα αξόνων **θερμοκρασίας  $\theta$**  (οριζόντιος), - **αντίστασης  $R$**  (κάθετος) με τις κατάλληλες κλίμακες. Τοποθετήστε τα **πειραματικά σημεία ( $\theta, R$ )**.
3. **Χαράξτε την ευθεία** που περνάει από την αρχή των αξόνων και διέρχεται πλησιέστερα στο σύνολο των πειραματικών σημείων.
4. Υπολογίστε **την κλίση  $k$**  της πειραματικής ευθείας.

$k =$  \_\_\_\_\_

$\theta$ °C	$R$ ( $\Omega$ )
$\theta_9=60$	$R_9=.....$
$\theta_8=$	
$\theta_7=$	
$\theta_6=$	
$\theta_5=$	
$\theta_4=$	
$\theta_3=$	
$\theta_2=$	
$\theta_1=44$	$R_1 = .....$

**Ερωτήσεις - Συμπεράσματα**

1. Να γράψετε την γενική μορφή της σχέσης (4) ,  **$R=f(\theta)$**

**$R_\theta =$**  .....

2. Να υπολογίσετε την **τιμή της αντίστασης** που αντιστοιχεί σε **θερμοκρασία  $0$  °C ( $R_0$ )**, **κάνοντας χρήση της εξίσωσης (3)**

$R_1 = R_0 + \alpha R_0 \theta_1$  (3) όπου  $\theta_1$  η ελάχιστη τιμή των πειραματικών μετρήσεων και  $R_1$  η αντίσταση του νήματος  $W_0$  στην θερμοκρασία  $\theta_1$  και  $\alpha R_0$  η κλίση  $k$  της πειραματικής ευθείας  $R=f(\theta)$

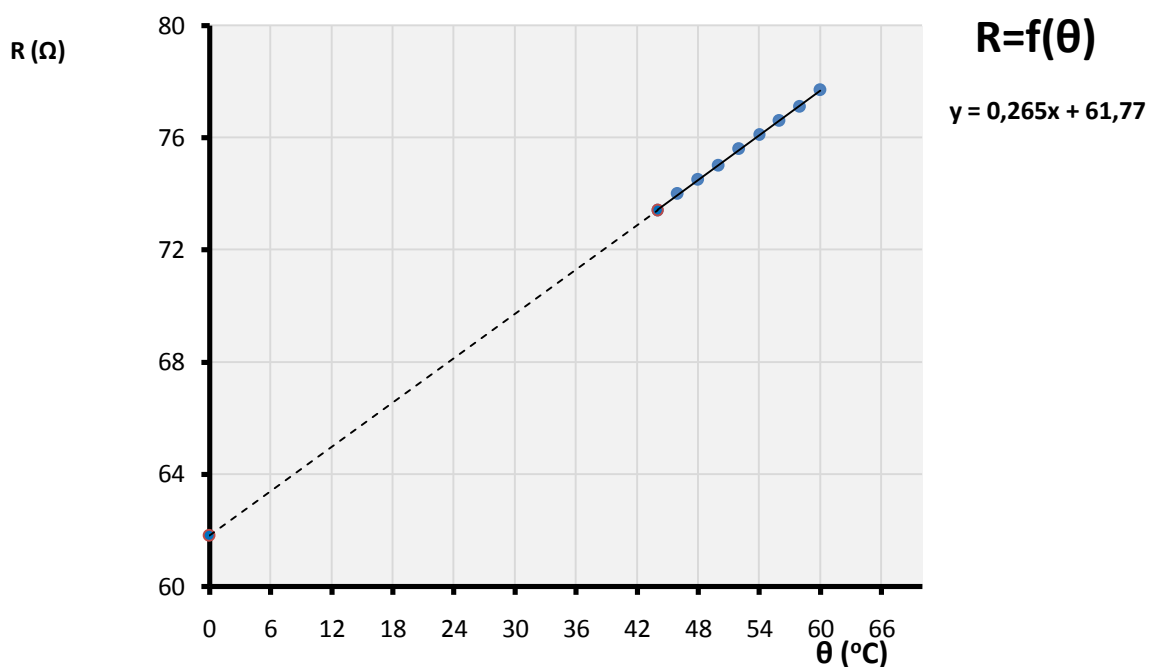
**$R_0 =$**  .....

3. Να υπολογίσετε τέλος την **τιμή του θερμικού συντελεστή αντίστασης  $\alpha$**  του βολφραμίου, υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αντιστάτης του λαμπτήρα.

**$\alpha =$**  .....

## ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

$\theta$ (°C)	R (Ω)
60	77,7
58	77,1
56	76,6
54	76,1
52	75,6
50	75
48	74,4
46	73,9
44	73,4



$$R_0 = R_1 - k\theta_1 = 73,4 - 0,265 \cdot 44(\Omega) = 61,7(\Omega)$$

$$\alpha = \frac{k}{R_0} = 4,3 \cdot 10^{-3} (\text{°C})^{-1}$$

\* Πηγές : « Εργαστηριακές ασκήσεις φυσικής» –Γιάννης Π. Χατζής , εκδ. Τροχαλία  
 «Τοπικός διαγωνισμός EUSO 2015 στη Φυσική» Παπαμιχάλης Κ.  
 «Τοπικός διαγωνισμός EUSO 2016 στη Φυσική» Τριανταφύλλου Δ. - Παπαμιχάλης Κ.