

**ΑΣΚΗΣΗ**

**13**

**ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ  
ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΥΓΡΟΥ**

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

### ΒΑΣΙΚΕΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

#### 1.1. Εσωτερική ενέργεια

Γνωρίζουμε ότι τα μόρια των αερίων κινούνται άτακτα και προς όλες τις διευθύνσεις με ταχύτητες, οι οποίες εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του αερίου. Λόγω αυτής της κίνησης τα μόρια έχουν κάποια κινητική ενέργεια. Εάν πρόκειται για πολυατομικό αέριο τότε τα μόριά του εκτός της μεταφορικής κίνησης εκτελούν και περιστροφική κίνηση καθώς επίσης και ταλαντώσεις με συνέπεια να έχουν και δυναμική ενέργεια. Επιπλέον μεταξύ των μορίων του αερίου ασκούνται δυνάμεις Van der Waals. Τέλος λόγω της κίνησης των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα και λόγω των ελκτικών δυνάμεων μεταξύ των πρωτονίων και νετρονίων του ίδιου του πυρήνα, τα μόρια θα έχουν κινητική και δυναμική ενέργεια. Το σύνολο όλων αυτών των ενεργειών συνιστούν αυτό που καλούμε εσωτερική ενέργεια του αερίου.

Στα στερεά γνωρίζουμε ότι τα άτομα εκτελούν ταλαντώσεις με πλάτος που εξαρτάται από τη θερμοκρασία τους άρα θα έχουν κινητική και δυναμική ενέργεια. Επίσης λόγω των δυνάμεων Van der Waals θα έχουν δυναμική ενέργεια. Τέλος ενέργεια θα έχουμε λόγω της κίνησης των ηλεκτρονίων και των ελκτικών δυνάμεων των συστατικών του πυρήνα. Το σύνολο όλων αυτών των ενεργειών το καλούμε εσωτερική ενέργεια του στερεού.

Με ανάλογο τρόπο ορίζουμε επίσης την εσωτερική ενέργεια των υγρών.

**“Εσωτερική ενέργεια λοιπόν ενός σώματος θα καλούμε το σύνολο των οποιονδήποτε ενεργειών των ατόμων και μορίων αυτού”.**

Μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας θα έχουμε, όταν κάποιος από τους παράγοντες των παραπάνω ενεργειών μεταβάλλεται. Έτσι όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία ενός σώματος, θα μεταβάλλεται και η ενέργεια λόγω θερμικής κίνησης, άρα θα μεταβάλλεται και η εσωτερική του ενέργεια.

## 1.2. Θερμότητα

Έστω ότι έχουμε δύο σώματα με θερμοκρασίες  $\theta_1 > \theta_2$ . Εάν φέρουμε σε επαφή αυτά τα δύο σώματα, θα παρατηρήσουμε ότι η θερμοκρασία  $\theta_1$  του ενός σώματος ελαττώνεται ενώ η θερμοκρασία  $\theta_2$  του άλλου σώματος αυξάνεται.

Το γεγονός ότι η θερμοκρασία του ενός σώματος ελαττώνεται, σημαίνει ότι η εσωτερική του ενέργεια ελαττώνεται, ενώ αντίστοιχα η εσωτερική ενέργεια του άλλου σώματος αυξάνεται. Για να συμβεί όμως κάτι τέτοιο, θα πρέπει να έχουμε ροή ενέργειας από το θερμότερο σώμα, προς το ψυχρότερο. Αυτήν ακριβώς την ενέργεια που ρέει από το ένα σώμα προς το άλλο την καλούμε θερμότητα.

Το ίδιο φαινόμενο θα μπορούσε να παρατηρηθεί και στην περίπτωση που τα δύο σώματα δεν βρίσκονται σε επαφή. Σ' αυτή την περίπτωση η ενέργεια μεταφέρεται από το ένα σώμα στο άλλο δια ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

## 1.3. Θεμελιώδης νόμος της θερμοδυναμικής

Γενικά όταν σ' ένα σώμα προσφέρουμε ένα ποσό θερμότητας, η θερμοκρασία του αυξάνεται. Το ποσό αυτό της θερμότητας  $dQ$  είναι ανάλογο της αύξησης  $d\theta$  της θερμοκρασίας, ανάλογο της μάζας  $m$  του σώματος και τέλος εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένο το σώμα.

Τη σχέση μεταξύ των μεγεθών αυτών περιγράφει ο θεμελιώδης νόμος της θερμιδομετρίας.

$$dQ = cm d\theta \quad (13.1)$$

Η σταθερά  $c$  ονομάζεται ειδική θερμότητα και εξαρτάται από το υλικό του σώματος.

Για να ορίσουμε τη μονάδα θερμότητας από την παραπάνω εξίσωση, θα πρέπει να θεωρήσουμε ένα υλικό για το οποίο θα δεχτούμε ότι η ειδική του θερμότητα είναι ίση με τη μονάδα. Ως τέτοιο υλικό θεωρούμε το νερό και ορίζουμε ως μονάδα θερμότητας το 1 cal (θερμίδα) που είναι η θερμότητα που χρειάζεται 1g νερού για να αυξήσει τη θερμοκρασία του κατά  $1^\circ\text{C}$  (από  $14,5^\circ\text{C}$  σε  $15,5^\circ\text{C}$ ).

Από τη σχέση (13.1) μπορούμε να ορίσουμε και τη μονάδα της ειδικής θερμότητας. Λύνοντας την εξίσωση αυτή ως προς  $c$  έχουμε:

$$c = \frac{dQ}{m \cdot d\theta}$$

Οπότε προκύπτει ως μονάδα ειδικής θερμότητας η:

$$1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{grad}}$$

Το γινόμενο  $mc$  της μάζας ενός σώματος επί την ειδική θερμότητα του το ονομάζουμε θερμοχωρητικότητα. Από την εξίσωση (13.1.1) προκύπτει ότι η θερμοχωρητικότητα ενός σώματος θα είναι:

$$m * c = \frac{dQ}{d\theta}$$

Δηλαδή θα ισούται με το ποσό της θερμότητας, το οποίο χρειάζεται για να αυξηθεί η θερμοκρασία του σώματος κατά  $1^\circ\text{C}$ . Η μονάδα θερμοχωρητικότητας, όπως προκύπτει από την παραπάνω σχέση θα είναι:

$$1 \frac{\text{cal}}{\text{grad}}$$

#### 1.4 Θερμιδομετρία

Η θερμιδομετρία είναι το κεφάλαιο της φυσικής, που ασχολείται με τη μέτρηση ποσών θερμότητας. Τα όργανα, που χρησιμοποιούνται γι' αυτή τη δουλειά, είναι τα θερμιδόμετρα. Αυτά είναι δοχεία τα οποία παρουσιάζουν θερμική μόνωση, ώστε να μην έχουμε απώλειες θερμότητας. Μέσα στο θερμιδόμετρο τοποθετούμε μια ποσότητα νερού, ένα θερμόμετρο και έναν αναδευτήρα με τον οποίο αναδεύουμε το νερό, ώστε η θερμοκρασία του να είναι παντού η ίδια.

#### 1.5 Μοριακή και ατομική θερμότητα

Γνωρίζουμε ήδη ότι η ειδική θερμότητα ορίζεται από τη σχέση:

$$c = \frac{dQ}{m \cdot d\theta}$$

Εάν τη μάζα  $m$  την εκφράσουμε σε γραμμομόρια, θα έχουμε ένα καινούργιο μέγεθος το οποίο το ονομάζουμε μοριακή θερμότητα  $C$  και το οποίο ορίζεται από τη σχέση:

$$C = \frac{dQ}{n \cdot d\theta}$$

Όπου  $n$  είναι ο αριθμός των γραμμομορίων της ουσίας. Μονάδα μοριακής θερμότητας είναι η:  $1 \text{ cal/mol} \cdot \text{grad}$ .

Επειδή όμως ο αριθμός  $n$  των γραμμομορίων ισούται με  $n = \frac{m}{\text{mmol}}$  όπου  $m$  η μάζα ενός γραμμομορίου, η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$C = \frac{dQ}{m/\text{mmol} \cdot d\theta}, \text{ ή } C = \frac{dQ}{m \cdot d\theta} \cdot \text{mmol} \text{ ή } C = c \cdot \text{mmol}$$

Όταν πρόκειται για στοιχεία τα οποία αποτελούνται από άτομα, τότε χρησιμοποιείται η ατομική θερμότητα αντί της μοριακής θερμότητας, η οποία ορίζεται από τη σχέση:

$$C = \frac{dQ}{n \cdot d\theta}$$

Όπου  $n$  είναι ο αριθμός των γραμμοατόμων του στοιχείου. Μονάδα ατομικής θερμότητας είναι η  $1 \frac{\text{cal}}{\text{γραμ}/\mu\text{o}} \cdot \text{grad}^{-1}$ . Χρησιμοποιώντας τους παραπάνω συλλογισμούς, η ατομική θερμότητα μπορεί να γραφεί σαν  $C = c \cdot \text{mgραμ}/\mu\text{o}$ .

Αν προσφέρουμε στο θερμιδόμετρο ένα ποσό θερμότητας  $Q$ , τότε ένα μέρος της θερμότητας αυτής απορροφάται από το νερό και ένα άλλο από το θερμιδόμετρο. Με την προϋπόθεση ότι δεν έχουμε απώλεια θερμότητας στο περιβάλλον θα έχουμε τη σχέση:

$$Q = Q_{\nu} + Q_{\theta} \text{ ή } Q = m_{\nu} \cdot c_{\nu} \cdot \Delta\theta + m_{\theta} \cdot c_{\theta} \cdot \Delta\theta$$

Όπου  $m_{\nu}$ ,  $c_{\nu}$  η μάζα και η ειδική θερμότητα του νερού,  $m_{\theta}$ ,  $c_{\theta}$  η μάζα και η ειδική θερμότητα του θερμιδόμετρου και  $\Delta\theta$  η μεταβολή της θερμοκρασίας. Με γνωστά λοιπόν τα παραπάνω μεγέθη, μπορούμε να μετρήσουμε το ποσό θερμότητας  $Q$ .

## 1.6 Ενέργεια και ισχύς ηλεκτρικού ρεύματος

α) Ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος.

Κατά τη διόδο ηλεκτρικού ρεύματος μέσα σ' έναν αγωγό, στα άκρα του οποίου έχουμε εφαρμόσει τάση  $V$ , παράγεται έργο το οποίο μετατρέπεται σε ενέργεια  $E$  που μεταφέρεται από το ηλεκτρικό ρεύμα. Η ενέργεια αυτή είναι:

$$E = q \cdot V$$

επειδή

έχουμε

$$Q = I * t$$
$$E = I * V * t \quad (13.2)$$

β) Νόμος του Joule

Όταν ο αγωγός έχει μόνο ωμική αντίσταση R, η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος μετατρέπεται σε θερμότητα Q. Με βάση τη σχέση 13.2 και το νόμο του Ohm  $V = I * R$  προκύπτει ο νόμος του Joule:

$$Q = I^2 * R * t \quad (13.3)$$

Τη θερμότητα τη μετράμε συνήθως σε cal και επειδή ισχύει η ισοδυναμία:  $1 \text{ cal} = 4,19 \text{ Joule}$  ή  $1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$ , ο νόμος του Joule που εκφράζεται από τη σχέση (13.3) γράφεται:

$$Q = \alpha * I * R * t \quad (13.4)$$

όπου  $\alpha = 0,24 \text{ cal/Joule}$ .

Η σταθερά  $\alpha$  ονομάζεται ηλεκτρικό ισοδύναμο της θερμότητας.

γ) Ισχύς ηλεκτρικού ρεύματος.

Η ισχύς που παράγεται από ηλεκτρικό ρεύμα θα είναι:

$$P = \frac{E}{t} \quad \text{ή} \quad P = I^2 * R$$

δ) Ισχύς ηλεκτρικής πηγής.

Η ισχύς που παράγεται από μία ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ  $\bar{E}$ , όταν αυτή παρέχει ρεύμα με έντασή I είναι :  $P = E * I$ . Η ισχύς αυτή δαπανάται εν μέρει στο εξωτερικό κύκλωμα, το οποίο τροφοδοτεί η πηγή και εν μέρει στην εσωτερική αντίσταση της πηγής r.

## **ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ**

### **ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ**

#### **2.1. Θερμιδόμετρο**

#### **2.2 Τροφοδοτικό**

#### **2.3. Αμπερόμετρο**

#### **2.4 Βολτόμετρο**

#### **2.5 Χρονόμετρο**

#### **2.6 Ογκομετρικός σωλήνας**

#### **2.7. Λειτουργία Οργάνων**

Για τη μέτρηση του ρεύματος και της τάσης χρησιμοποιούμε πολύμετρο δηλαδή όργανο που αποτελεί συνδυασμό αμπερομέτρου και βολτομέτρου. Αυτό μπορεί να μετρήσει και την αντίσταση με τη βοήθεια του ξηρού στοιχείου.

Σ' αυτό το όργανο διακρίνονται οι κλίμακες, ο πίνακας ελέγχου και η βίδα μετάθεσης του μηδενός.

### 2.7.1 Κλίμακες

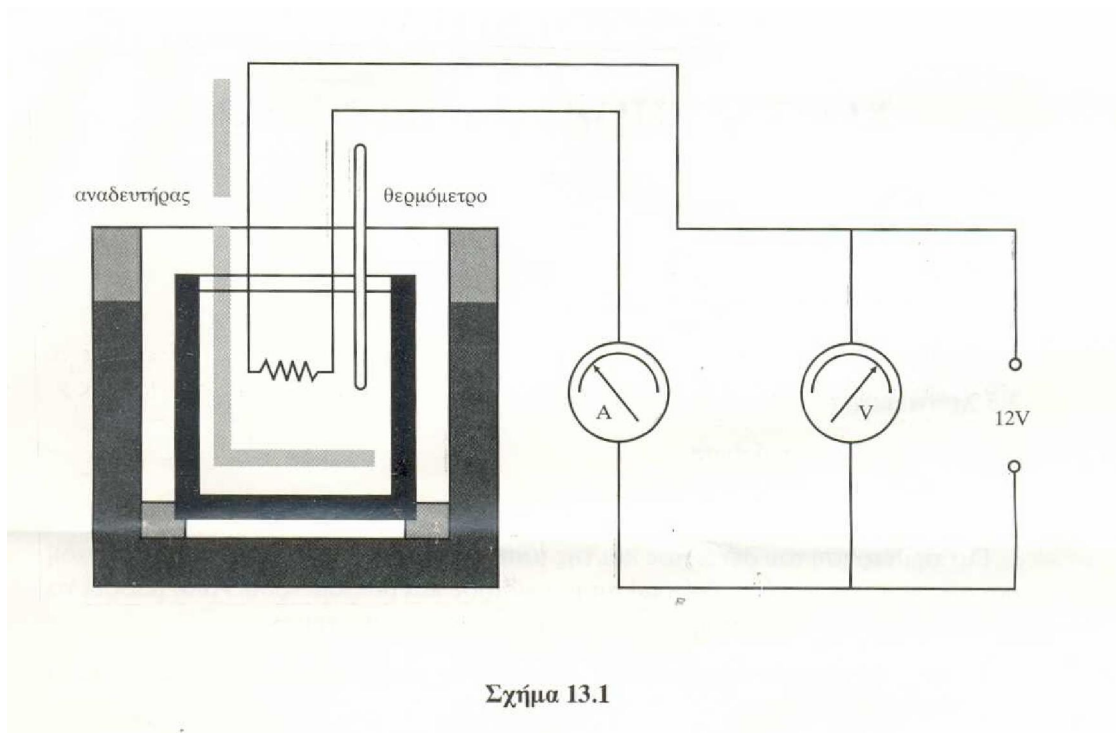
- Η κλίμακα OHMS. Χρησιμοποιείται για τη μέτρηση αντιστάσεων.
- Η κλίμακα DC . Χρησιμοποιείται για τη μέτρηση συνεχούς τάσης ή ρεύματος. Έχει συνήθως τρεις κλίμακες με αντίστοιχα μέγιστα 250, 50 και 10.
- Η κλίμακα AC . Χρησιμεύει για τη μέτρηση εναλλασσόμενης τάσης και έχει τις ίδιες υποδιαιρέσεις με τις αντίστοιχες της κλίμακας DC.

### 2.7.2 Πίνακας ελέγχου

- Ο μεταγωγός, που μ' αυτόν εκλέγεται το είδος της μέτρησης (Volts, Ampere, Ohms) και η περιοχή της μέτρησης (0-10n 0-250 κ.λ.π.) χρησιμεύει επίσης και στην επιλογή του είδους των τάσεων ή ρευμάτων.
- Η βίδα μετάθεσης του μηδενός. Χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση του δείκτη στο 0 των κλιμάκων με τη βοήθεια ενός κατσαβιδιού. Η ρύθμιση του μηδενός πρέπει να γίνει τη στιγμή που το όργανο είναι εκτός κυκλώματος.

## 2.8 Πειραματική διαταξη





## ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

### ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

#### 3.1 Μεταβολή της θερμοκρασίας με την πάροδο του χρόνου

3.1.1 Βάζουμε στο θερμιδόμετρο  $300 \text{ cm}^3$  νερό με τη βοήθεια ογκομετρικού σωλήνα και τοποθετούμε το κάλυμμα και το θερμόμετρο.

3.1.2 Αναδεύουμε συνέχεια το νερό με τον αναδευτήρα, χωρίς να διοχετεύουμε ηλεκτρικό ρεύμα και καταγράφουμε κάθε λεπτό τις ενδείξεις του θερμόμετρο για 5min, στον πίνακα (13.1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.1

t	$\theta$
min	$^{\circ}\text{C}$

0	
1	
2	
3	
4	
5	

**3.1.3** Συνεχίζουμε με τους ίδιους χειρισμούς, αλλά με το κύκλωμα συνδεδεμένο με την πηγή (8V ή 6V ή 4V).

Παίρνουμε 10 μετρήσεις θερμοκρασίας και χρόνου ανά 1 min και τις καταχωρίζουμε στον πίνακα (13.2).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13.2**

t min	θ °C
1	
2	
3	
.	
.	
.	
10	

### **3.2 Καταγραφή των τιμών του αμπερόμετρου και του βολτόμετρου**

Σημειώνουμε τις τιμές του αμπερομέτρου I και του βολτομέτρου V και αντίστοιχα.

$$I = \quad V =$$

### **3.3 Υπολογισμός της ειδικής θερμότητας C<sub>v</sub>**

Η θερμότητα, που προσφέρεται από την αντίσταση, όπως φαίνεται στη διάταξη, απορροφάται πλήρως από το νερό και το θερμοδόμετρο, οπότε μπορούμε να γράψουμε τη σχέση:

$$Q = m_v * c_v * \Delta\theta + m_d * c_d * \Delta\theta$$

Όπου m<sub>v</sub>, c<sub>v</sub> είναι η μάζα και η ειδική θερμότητα του νερού, m<sub>d</sub>, c<sub>d</sub> είναι η μάζα και η ειδική θερμότητα του δοχείου.

Η θερμότητα Q, που προσφέρεται από την ηλεκτρική αντίσταση, προέρχεται από την ηλεκτρική ενέργεια, που έδωσε η ηλεκτρική πηγή και η οποία θα είναι ίση με:

$$E = I * V * \Delta t \text{ J}$$

Όπου I είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση και μετριέται από το αμπερόμετρο, V η φάση της πηγής που εφαρμόζεται στα άκρα της αντίστασης και μετριέται από το βολτόμετρο και  $\Delta t$  ο χρόνος παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω τα E Joule θα αντιστοιχούν σε Q cal, άρα αν  $\alpha$  είναι το ηλεκτρικό ισοδύναμο της θερμότητας, θα είναι:

$$Q = \alpha * E \text{ ή } (m_v c_v + m_\delta c_\delta) * \Delta\theta = \alpha * I * V * \Delta t \quad \text{ή}$$

$$m_v c_v + m_\delta c_\delta = \alpha * I * V * \frac{\Delta t}{\Delta\theta} \text{ και τέλος}$$

$$Cv = \frac{\alpha * I * V * \Delta t / \Delta\theta - m_\delta * c_\delta}{m_v} \quad (13.5)$$

**3.3.1** Κάνουμε μια μόνο γραφική παράσταση  $\theta = f(t)$  σύμφωνα με τις μετρήσεις των πινάκων (13.1), (13.2).

**3.3.2** Υπολογίζουμε την κλίση της καμπύλης:  $K = (\Delta\theta/\Delta t)$

**3.3.3** Υπολογίζουμε την ειδική θερμότητα  $c_v$  του νερού από τη σχέση (13.5).

Δίνεται ότι:  $m_\delta * c_\delta = 10 \text{ cal/grad}$