

Άσκηση Η29

Θερμότητα Joule

Θερμική ενέργεια

Η θερμότητα μπορεί να είναι επιθυμητή π.χ. σε σώματα θέρμανσης. Αλλά μπορεί να είναι και αντιεπιθυμητή, π.χ. στους κινητήρες ή στους μετασχηματιστές.

Θερμότητα και θερμοχωρητικότητα

Η θερμότητα είναι η κατά την θέρμανση παραγόμενη θερμική ενέργεια ή η κατά την ψύξη απολαμβανόμενη θερμική ενέργεια. Η μονάδα μέτρησης της θερμότητας, είναι το Joule: $1J = 1W_s$. Για μεγάλες ενέργειες χρησιμοποιείται και η κιλοβατώρα (kWh). Μια παλιά μονάδα μέτρησης είναι η θερμίδα (cal) ή η χιλιοθερμίδα (kcal), η οποία, παρότι δεν προβλέπεται στο σύστημα SI, χρησιμοποιείται ευρέως. Η σχέση μετατροπής από την παλιά στην καινούρια μονάδα, είναι: $1J = 0.239cal$ ή $1cal = 4.19J$.

Η σχέση αυτή είναι το λεγόμενο θερμοηλεκτρικό ισοδύναμο, το οποίο είναι πλέον άνευ περιεχομένου λόγω κατάργησης της θερμίδας (cal). Κατά την θέρμανση ενός σώματος, στο σώμα προσδίδεται ενέργεια την οποία αποθηκεύει κάθε σώμα, π.χ. μια μεταλλική πλάκα, έχει λοιπόν μια αποθηκευτική ικανότητα για θερμότητα. Η αποθηκεύσιμη θερμότητα ανά μονάδα θερμοκρασίας ονομάζεται θερμοχωρητικότητα, της οποίας μονάδα μέτρησης είναι το $1 \frac{J}{K}$ (Joule ανά Κέλβιν). Δηλαδή ισχύει:

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta}$$

Όπου Q η θερμότητα, C η θερμοχωρητικότητα και Δθ η διαφορά θερμοκρασίας.

Με την θερμοχωρητικότητα άμεσα σχετίζεται ένα άλλο μέγεθος, η ειδική θερμοχωρητικότητα. Αυτή αναφέρεται σε εκείνη την θερμότητα, η οποία είναι απαραίτητη ώστε η μονάδα μάζας (1kg) ενός υλικού να θερμανθεί κατά μια μονάδα της θερμοκρασίας (1K). Επομένως ισχύει:

$$c = \frac{C}{m} \quad \text{και} \quad Q = mc\Delta\theta$$

Η σχέση αυτή σημαίνει ότι η θερμική ενέργεια που είναι απαραίτητη για την θέρμανση του υλικού, ή η θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την ψύξη του υλικού εξαρτάται από την ολική θερμοχωρητικότητα και από την μάζα του υλικού. Η μονάδα

μέτρησης της ειδικής θερμοχωρητικότητας είναι $[c] = \frac{kJ}{kg \cdot K}$

Το νερό είναι πολύ κατάλληλο για την ψύξη αλλά και για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας, επειδή η ειδική θερμοχωρητικότητα που είναι ιδιαίτερα μεγάλη και ίση με $4.19 \frac{kJ}{kg \cdot K}$ ή $4.19 \frac{J}{g \cdot K}$, παλαιά $c = 1 \frac{kcal}{kg \cdot g}$ ή $c = 1 \frac{cal}{g \cdot g}$.

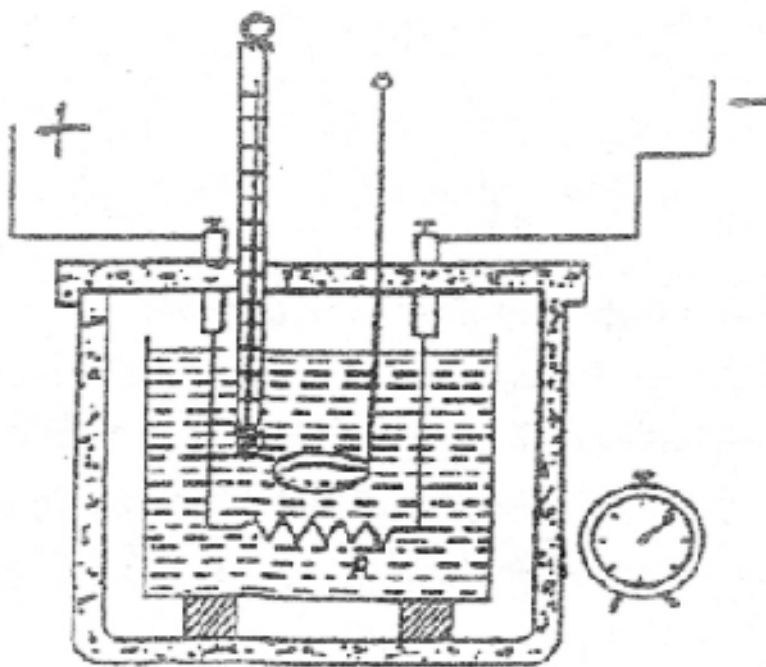
Για την ισχύ, από την σχέση $Q = mc\Delta\theta$, προκύπτει:

$$P = \frac{dQ}{dt} = mc \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Θερμιδομετρία

Η σχέση $C = \frac{Q}{\Delta\theta}$, ονομάζεται *εξίσωση της Θερμιδομετρίας*, εφόσον με γνωστή θερμοχωρητικότητα και μετά από μέτρηση της διαφοράς της θερμοκρασίας, επιτρέπει την μέτρηση της θερμοκρασίας, δηλαδή της θερμικής ενέργειας. Η ονομασία θυμίζει αμέσως την παλιά μονάδα μέτρησης της θερμίδας.

Οι συσκευές μέτρησης των ποσοτήτων θερμότητας φέρουν την συνοπτική ονομασία *Θερμιδόμετρα*.



Σχήμα 1 – Θερμιδόμετρο ανάμιξης

Στο σχήμα 1 απεικονίζεται η πιο απλή μορφή ενός θερμιδόμετρου, του θερμιδόμετρου ανάμιξης. Αυτό το δοχείο θερμιδομέτρησης είναι στο εσωτερικό δοχείο, το οποίο περιέχει το νερό θέρμανσης, το θερμόμετρο και τον αναδευτήρα. Το δοχείο αυτό βρίσκεται εντός ενός μεγαλύτερου δοχείου και χωρίζεται από το δεύτερο με κομμάτια φελλού και με

μανδύα αέρα. Το εξωτερικό δοχείο έχει διπλό τοίχωμα. Δι' αυτού, η θερμιδομετρική διάταξη προστατεύεται από τοιχόν διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

Αναπάντητο έχει μείναι ακόμη το πρόβλημα της θερμικής πηγής ή της ενεργειακής πηγής, της οποίας όλη η ενέργεια μεταδίδεται στο νερό και εκφράζεται άμεσα από την σχέση $Q = mc\Delta\theta$. Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας θα πρέπει να ισχύει:

Ενέργεια που παράγει η πηγή = Ενέργεια που απορροφά το νερό

$$W_{\pi\eta\gamma\eta\varsigma} = C\Delta\theta$$

Ή και αλλιώς: Η ισχύς της πηγής, θα πρέπει να ισούται με την ισχύ του αποδέκτη, δηλαδή του νερού. Άρα ισχύει:

$$P_{\pi\eta\gamma\eta\varsigma} = mc \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \equiv P_{\alpha\pi\omicron\delta\epsilon\kappa\tau\eta}$$

Ηλεκτρική ενέργεια

Ως γνωστόν, η ηλεκτρική ισχύς είναι:

$$P = UI$$

Η σχέση αυτή ισχύει όπωσδήποτε για συνεχές ρεύμα. Σε εναλλασσόμενο ρεύμα, η σχέση $P = UI$ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμαντικές συσκευές στις οποίες υπάρχουν μόνο ωμικές αντιστάσεις. Στην περίπτωση αυτήν με U, I , εννοούνται οι αντίστοιχες ενεργές τιμές του εναλλασσομένου ρεύματος. Άρα ισχύει:

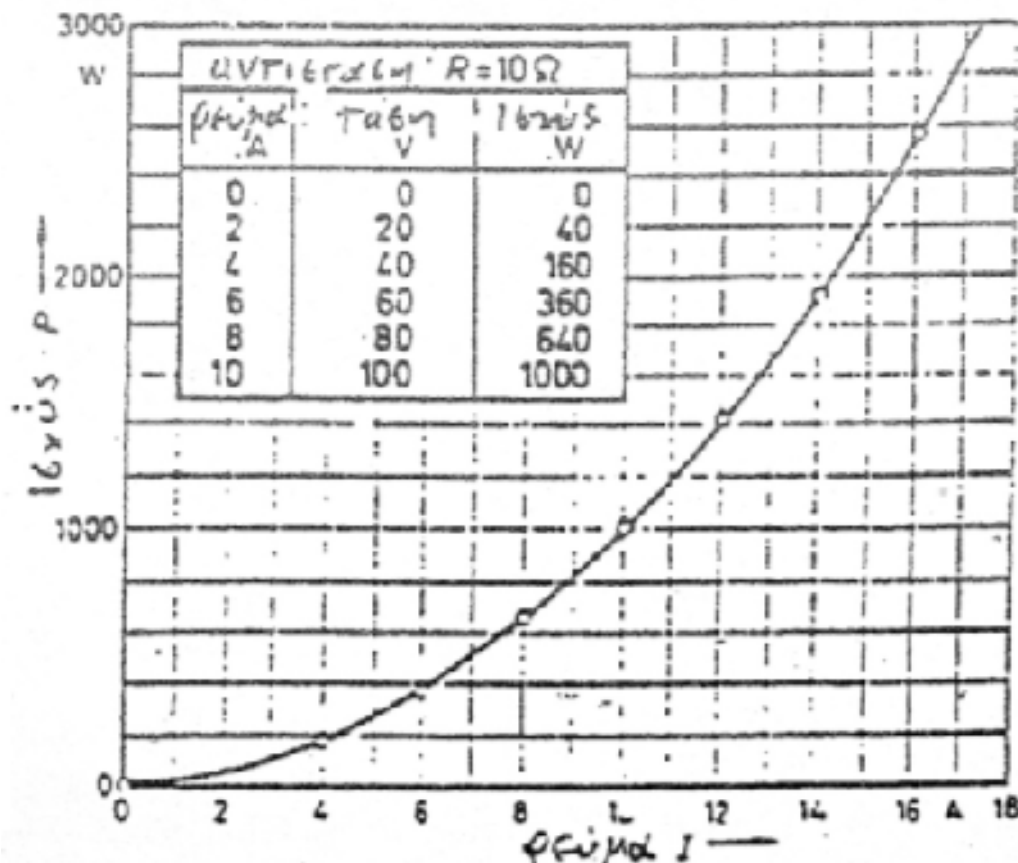
$$P = RI^2$$

Αυτό σημαίνει ότι σε έναν αποδέκτη σταθερής αντίστασης, η ισχύς αυξάνει με το τετράγωνο της έντασης του ρεύματος, δηλαδή σε π.χ. τριπλή ένταση του ρεύματος, η ισχύς γίνεται εννιά φορές μεγαλύτερη.

Αν στην σχέση $P = UI$, αντί I , τεθεί $\frac{U}{R}$, τότε θα έχουμε:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Άρα σε τριπλή τάση, η ισχύς γίνεται εννιά φορές μεγαλύτερη, όπως και στην περίπτωση του ρεύματος. Συνεπώς, ο υπολογισμός της ισχύος είναι δυνατός, εφόσον γνωστά είναι τα μεγέθη αντίσταση και ένταση του ρεύματος ή τα μεγέθη αντίσταση και τάση. Το σχήμα 2, αναφέρεται στην πρώτη περίπτωση, προκύπτει δε ότι η συνάρτηση $P = f(I)$ ή $P = f(U)$ είναι μια παραβολή.



Σχήμα 2 – Η ισχύς συναρτήσει της έντασης

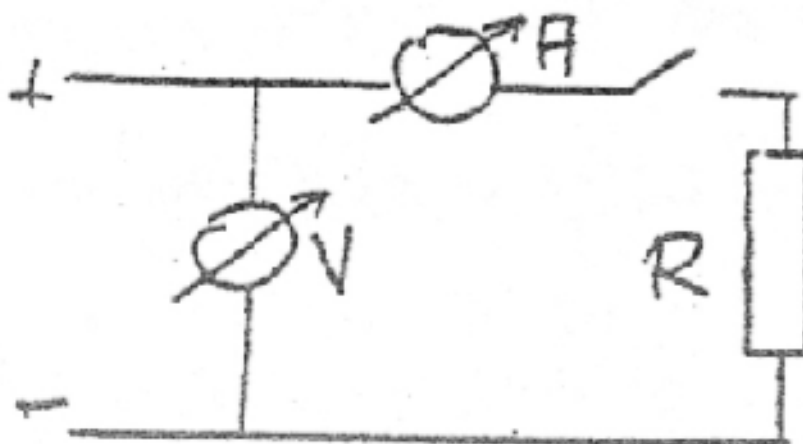
Το ηλεκτρικό έργο εξαρτάται από την ισχύ και από τον χρόνο. Για τούτο ισχύει:

$$W = Pt \text{ ή } dW = Pdt, \text{ όπου } [W] = [P][t] = Ws \leq kWh \text{ (που πληρώνουμε στην ΔΕΗ)}$$

Η ηλεκτρική ενέργεια υπολογίζεται έμμεσα μετά από μέτρηση της ισχύος και του χρόνου. Σε καθαρό ωμικό αποδέκτη η ηλεκτρική ενέργεια υπολογίζεται από τα αποτελέσματα των μετρήσεων της τάσης, της έντασης του ρεύματος και του χρόνου.

Ηλεκτρική ενέργεια ή ισχύς και θερμιδομετρία

Στο θερμιδόμετρο βυθίζεται μια ωμική αντίσταση, η οποία μέσω ενός αμπερομέτρου, συνδέεται με πηγή συνεχούς ή εναλλασσομένου ρεύματος.



Σχήμα 3 – Συνδεσμολογία του θερμιδομέτρου

Με την έναυση της λειτουργίας του κυκλώματος, στην αντίσταση παράγεται έργο, η θερμότητα Joule, η οποία μεταδίδεται πλήρως στο νερό. Επομένως, από τις σχέσεις

$$Q = mc\Delta\theta \text{ και } dW = Pdt, \text{ ισχύει:}$$

$$PI^2\Delta t = mc\Delta\theta$$

Διαιρώντας με τον χρόνο λαμβάνεται η εξίσωση ισχύος:

$$UI = RI^2 = mc \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Ο υπολογισμός της σχετικής θερμοχωρητικότητας του νερού, είναι δυνατός, εφόσον η τάση και η ένταση, η μάζα του νερού και η συνάρτηση $T = f(t)$ μπορούν να μετρηθούν

Πρακτικό μέρος

1. Προετοιμασία

1.1. Γέμισμα του θερμιδομέτρου με νερό των περίπου $V = 200\text{cm}^3$

Υπολογισμός της μάζας m του νερού ($m = \rho V$, με $\rho = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, $m = \frac{B}{g}$) δια

ογκομέτρησης ή ζύγισης

1.2. Πραγματοποίηση της συνδεσμολογίας του σχήματος 3

2. Μετρήσεις

2.1. Διαβίβαση ρεύματος έντασης $\leq 4\text{A}$

2.2. Ανάγνωση και καταγραφή των ενδείξεων U και I

2.3. Ανάγνωση και καταγραφή της αρχικής θερμοκρασίας T_0

2.4. Παρακολούθηση της θερμοκρασίας T συναρτήσει του χρόνου, καταγραφή των ενδείξεων κάθε δύο πρώτα λεπτά, κατασκευή αντίστοιχου πίνακα

3. Αξιολόγηση των μετρήσεων

3.1. Κατασκευή γραφικής παράστασης $\Delta\theta = T_2 - T_1 = f(\Delta t)$

3.2. Υπολογισμός του μεγέθους $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

3.3. Υπολογισμός της θερμότητας Joule ανά μονάδα χρόνου σε γνωστή ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού ($c = 4.19 J(gk)$) σύμφωνα με την σχέση

$$P_{\pi\eta\gamma\eta\varsigma} = mc \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \equiv P_{\alpha\pi\omicron\delta\epsilon\kappa\tau\eta}$$

3.4. Υπολογισμός της ηλεκτρικής ισχύος στην αντίσταση

3.5. Σύγκριση και ερμηνεία, σφάλμα