

# Οδηγίες Χρήσης

## Συσκευή Θερμικής Αγωγιμότητας και Θερμοδυναμικής Ισορροπίας

### 1. ΧΡΗΣΗ

Με τη συσκευή μελετάται η θερμική αγωγιμότητα μεταλλικών ράβδων (σε σχήμα Π γέφυρας), που κατασκευάζονται από διαφορετικά υλικά κι έχουν διαφορετικά εμβαδά διατομής. Επίσης, διερευνάται το φαινόμενο αποκατάστασης θερμικής ισορροπίας μεταξύ δύο υγρών διαφορετικής θερμοκρασίας, που περιέχονται σε μονωμένα δοχεία και "συνδέονται" θερμικά μεταξύ τους μέσω των μεταλλικών ράβδων (γεφυρών).

### 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η συσκευή αποτελείται από:

- Δυο όμοια δοχεία αλουμινίου, διαμέτρου 60mm, ύψους 110mm και χωρητικότητας 255ml, με ισχυρή θερμική μόνωση από πορώδες ελαστικό με μικροκυψέλες εγκλωβισμένου αέρα.
- 6 μεταλλικές ράβδους (σε σχήμα Π γέφυρας), που "συνδέουν" θερμικά τα δοχεία και είναι οι εξής:

- Γέφυρα χαλκού, διατομής 5mm x 30mm = 1.5cm<sup>2</sup>
- Γέφυρα χαλκού, διατομής 3mm x 30mm = 0.9cm<sup>2</sup>
- Γέφυρα αλουμινίου, διατομής 8mm x 30mm = 2.4cm<sup>2</sup>
- Γέφυρα αλουμινίου, διατομής 5mm x 30mm = 1.5cm<sup>2</sup>
- Γέφυρα αλουμινίου, διατομής 3mm x 30mm = 0.9cm<sup>2</sup>
- Γέφυρα σιδήρου επινικελωμένη, διατομής 3mm x 30mm = 0.9cm<sup>2</sup>

Κάθε δοχείο αλουμινίου φέρει πώμα πλαστικό, που είναι, επίσης, θερμικά μονωμένο. Τα πώματα έχουν δυο σχισμές το καθένα, μια για την είσοδο θερμικής γέφυρας (31mm x 9mm) και μια για την είσοδο του θερμόμετρου (Φ8.5mm). Το θερμόμετρο μετρά τη θερμοκρασία του περιεχόμενου στο δοχείο υγρού (που είναι, συνήθως, νερό). Η γέφυρα είναι θερμικά μονωμένη, με αφρώδες ελαστικό, στο κεντρικό τμήμα της (μήκους περίπου 50mm) που βρίσκεται έξω από τα δοχεία. Τα σκέλη της γέφυρας, που βυθίζονται ένα σε κάθε δοχείο, φτάνουν σε βάθος 10mm από τον πυθμένα του δοχείου, ώστε να έχουν καλή θερμική επαφή με το περιεχόμενο υγρό.

Όλα τα μεταλλικά μέρη κι εξαρτήματα της συσκευής είναι ανοξείδωτα.

Η συσκευή συνοδεύεται από δύο υδραγωγικά θερμόμετρα, κλίμακας -10°C έως +110°C, που φυλάσσονται σε ανθεκτική θήκη.

Η συσκευή με τα παρελκόμενά της φυλάσσεται μέσα σε καλαίσθητη θήκη από ισχυρό πλαστικό.

### 3. ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Σύμφωνα με τη θερμοδυναμική, όταν δύο σώματα με μάζες  $m_1$  και  $m_2$  και θερμοκρασίες  $\theta_1$  και  $\theta_2$  έρχονται σε επαφή μεταξύ τους, τότε θερμότητα από το θερμότερο σώμα μεταφέρεται στο ψυχρότερο, μέχρι να αποκτήσουν και τα δυο την ίδια θερμοκρασία  $\theta$ . Αυτή είναι η κατάσταση θερμικής ισορροπίας. Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας και υποθέτοντας πως δεν υπάρχουν απώλειες στο περιβάλλον, η ποσότητα θερμότητας που έδωσε το ένα σώμα ισούται με την ποσότητα θερμότητας που απορρόφησε το άλλο.

Η θερμότητα που απορροφά ή αποβάλλει ένα σώμα δίνεται από το νόμο της θερμιδομετρίας:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = m \cdot c \cdot (\theta_{\text{τελ.}} - \theta_{\text{αρχ.}}) \quad (1)$$

όπου  $c$  είναι η ειδική θερμότητα του σώματος (το γινόμενο ονομάζεται θερμοχωρητικότητα). Για το νερό είναι  $c=1 \text{ cal/grC}$  (ή  $4,186 \text{ Joule/kgC}$ ).

Στην περίπτωση μας, εάν:

$$Q_1 = m_1 \cdot c_v \cdot (\theta - \theta_1) \quad (2)$$

είναι η θερμότητα που αποβάλλει η θερμότερη ποσότητα νερού, μάζας  $m_1$  κι αρχικής θερμοκρασίας  $\theta_1$ ,

$$Q_2 = m_2 \cdot c_v \cdot (\theta - \theta_2) \quad (3)$$

είναι η θερμότητα που απορροφά η ψυχρότερη ποσότητα νερού, μάζας  $m_2$  κι αρχικής θερμοκρασίας  $\theta_2$ , και

$$Q_3 = m_p \cdot c_p \cdot (\theta - \theta_3) \quad (4)$$

είναι η θερμότητα που απορροφά η μεταλλική ράβδος σχήματος  $\Pi$  γέφυρας, μάζας  $m_p$ , ειδικής θερμότητας  $c_p$  κι αρχικής θερμοκρασίας  $\theta_3$  (συνήθως, η θερμοκρασία περιβάλλοντος), τότε, πρέπει να ισχύει:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (5)$$

$\theta$  είναι η κοινή θερμοκρασία όλων, στην κατάσταση θερμικής ισορροπίας.

Στην αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας σημαντικό ρόλο παίζει η θερμική αγωγιμότητα της μεταλλικής ράβδου, σχήματος  $\Pi$  γέφυρας, η οποία "συνδέει" θερμικά τις δυο ποσότητες νερού. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμική αγωγιμότητα της γέφυρας, τόσο γρηγορότερα επιτυγχάνεται θερμική ισορροπία. Η θερμική αγωγιμότητα ράβδου εξαρτάται από το υλικό κατασκευής της, από το εμβαδόν διατομής της, από το μήκος του τμήματός της που "συνδέει" τις δυο ποσότητες νερού κι από τη διαφορά θερμοκρασίας των δυο ποσοτήτων νερού.

Το ποσό της θερμότητας  $Q$ , που μεταδίδεται με αγωγιμότητα, μέσω ράβδου, με εμβαδόν διατομής  $A$ , μεταξύ δυο σημείων με θερμοκρασίες  $\theta_2$  και  $\theta_1$  ( $\theta_2 > \theta_1$ ), σε χρόνο  $t$ , δίνεται από την σχέση:

$$Q = K \cdot A \cdot (\theta_2 - \theta_1) \cdot t / L \quad (6)$$

Όπου  $K$  είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της ράβδου (χαρακτηριστικός του υλικού) και  $L$  είναι η απόσταση μεταξύ των δυο σημείων.

Η ροή θερμότητας είναι αντίθετη προς την κατεύθυνση αύξησης της θερμοκρασίας, οπότε η σχέση (6) για να είναι περισσότερο ακριβής πρέπει να έχει το πρόσημο (-) στο β' μέλος της.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές της ειδικής θερμότητας  $c$  και του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $K$  για διάφορα υλικά:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1**

Υλικό	$c$ (cal / grgrad)	$K$ (cal / cmgradh)
Αλουμίνιο	0,21	121,8
Χαλκός	0,091	233
Σίδηρος	0,21	8,22

#### 4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Με τη συσκευή θερμικής αγωγιμότητας και θερμοδυναμικής ισορροπίας μπορούμε να μελετήσουμε:

**α. Την αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας μεταξύ δυο ποσοτήτων υγρού (υγρών) (π.χ. νερού), που βρίσκονται σε διαφορετικές μεταξύ τους αρχικές θερμοκρασίες και "συνδέονται" θερμικά μεταξύ τους με μεταλλική γέφυρα.**

Όπως φαίνεται κι από την παραπάνω παράγραφο, η αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας εξαρτάται από τη μάζα (ποσότητα) του υγρού/ών, το είδος τους, τη διαφορά των αρχικών τους θερμοκρασιών και την αρχική θερμοκρασία της συγκεκριμένης μεταλλικής γέφυρας. Με τη συσκευή αυτή μπορεί να διερευνηθεί η επίδραση καθενιάς παραμέτρου, εάν οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές. Έτσι, είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί, αρχικά, το βασικό πείραμα, που περιγράφεται παρακάτω, για την επίτευξη θερμικής ισορροπίας, και στη συνέχεια, αυτό να επαναληφθεί με:

- Διαφορετικές, από τις αρχικές, ποσότητες από το ίδιο υγρό και στα δυο δοχεία. Για παράδειγμα, εάν αρχικά χρησιμοποιήθηκαν 200 ml νερού, να χρησιμοποιηθούν, τώρα, 150 ml νερού και στα δυο δοχεία.
- Διαφορετικές, μεταξύ τους, ποσότητες του ίδιου υγρού στα δυο δοχεία. Για παράδειγμα, 150 ml νερού στο ένα δοχείο και 200 ml νερού στο άλλο.
- Διαφορετικά υγρά από τα αρχικά, ή/ και μεταξύ τους, π.χ. νερό και οινόπνευμα, ή οινόπνευμα και οινόπνευμα.
- Διαφορετικές αρχικές θερμοκρασίες των δύο ίδιων υγρών.
- Διαφορετική αρχική θερμοκρασία της μεταλλικής ράβδου.

### 7. Τη θερμική αγωγιμότητα μεταλλικών ράβδων, σε σχήμα Π γέφυρας.

Για τη μελέτη της θερμικής αγωγιμότητας των μεταλλικών ράβδων, σχήματος Π γέφυρας, εκτελείτε κάποιο από τα παραπάνω πειράματα, με τις κατάλληλες γέφυρες (επαναλαμβάνετε το πείραμα για κάθε ράβδο), ώστε να φανεί η επίδραση στην αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας:

- Του υλικού της ράβδου (επανάληψη του πειράματος με ράβδους χαλκού, αλουμινίου ή/ και σιδήρου με το ίδιο εμβαδόν διατομής, με σταθερή την στάθμη των υγρών στα δυο δοχεία και με τις ίδιες αρχικές θερμοκρασίες των υγρών στα δοχεία)
- Του εμβαδού διατομής της ράβδου (επανάληψη του πειράματος με ράβδους από το ίδιο υλικό, π.χ. αλουμίνιο, με διαφορετικό εμβαδόν διατομής, με σταθερό το ύψος των υγρών στα δυο δοχεία και με τις ίδιες αρχικές θερμοκρασίες των υγρών στα δοχεία)
- Του μήκους του τμήματος της ράβδου, που βρίσκεται έξω από το υγρό των δοχείων (επανάληψη του πειράματος με την χρήση της ίδιας ράβδου, αλλά με διαφορετική στάθμη υγρών στα δυο δοχεία, ξεκινώντας κάθε πείραμα με τις ίδιες αρχικές θερμοκρασίες υγρών στα δυο δοχεία)
- Της διαφοράς θερμοκρασίας των δυο άκρων της ράβδου (επανάληψη του πειράματος με την ίδια ράβδο, με την ίδια στάθμη υγρών στα δυο δοχεία, αλλά με διαφορετικές αρχικές θερμοκρασίες των δυο υγρών)

Το μέγεθος που μετράται στα πειράματα αυτά είναι ο χρόνος για την αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας, ή ο χρόνος που απαιτείται για συγκεκριμένη μείωση της θερμοκρασίας του θερμού υγρού, π.χ. κατά  $10^{\circ}\text{C}$ .

### ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Το παρακάτω πείραμα είναι το βασικό, από το οποίο μπορεί να ξεκινήσει κάποιος, για να διερευνήσει, στη συνέχεια, την επίδραση των προαναφερθέντων παραγόντων στην αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας, καθώς και στη θερμική αγωγιμότητα μεταλλικών ράβδων.

#### Απαιτούμενος συμπληρωματικός εξοπλισμός:

1. Ογκομετρικός κύλινδρος 250ml
2. Εργαστηριακός λύχνος
3. Θερμομονωτικά γάντια
4. Ζυγός
5. Ποτήρι ζέσεως 250 ml.
6. Πλέγμα κεραμικού
7. Χρονόμετρο

#### Πείραμα:

Με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού σωλήνα, γεμίζουμε το ένα δοχείο με νερό από τη βρύση (χρησιμοποιούμε π.χ. 200 ml νερού). Σκεπάζουμε το δοχείο με το πλαστικό θερμομονωτικό του πάμα και προσαρμόζουμε το ένα θερμόμετρο στην ειδική σχισμή του πάματος. Περιμένουμε λίγο να αποκατασταθεί θερμική ισορροπία μεταξύ του νερού και του σώματος του δοχείου κι όταν σταθεροποιηθεί η ένδειξη του θερμόμετρου, την καταγράφουμε ( $\theta_2$ ).

Γεμίζουμε το δεύτερο δοχείο με την ίδια ποσότητα νερού, π.χ. 200 ml, που έχουμε προηγουμένως θερμάνει, με τη βοήθεια εργαστηριακού λύχνου, ποτηριού ζέσεως, πλέγματος κεραμικού (ή με όποια άλλα μέσα διαθέτουμε).

- Αφού σκεπάσουμε το δοχείο με το πώμα του και τοποθετήσουμε το δεύτερο θερμόμετρο στην ειδική σχισμή του πώματος, περιμένουμε, πάλι, λιγάκι ν' αποκατασταθεί θερμική ισορροπία μεταξύ του νερού και του σώματος του δοχείου. Καταγράφουμε την ένδειξη του θερμόμετρου  $\theta_1$ .

- Συνδέουμε θερμικά τα δυο δοχεία μέσω μιας από τις γέφυρες σχήματος Π, η οποία βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος  $\theta_3$  κι έχει μάζα  $m_3$ . Η γέφυρα τοποθετείται στις ειδικές σχισμές που φέρουν τα πώματα των δοχείων. Ταυτόχρονα, με τη βοήθεια χρονομέτρου, αρχίζουμε την χρονική καταγραφή της θερμικής εξέλιξης του φαινομένου. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα, καταγράφουμε τις ενδείξεις των δυο θερμομέτρων, μέχρι που αυτές να εξισωθούν. Τότε, βρισκόμαστε σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας, με θερμοκρασία  $\theta$ . Από τις τιμές που έχουμε καταγράψει, μπορούμε να κατασκευάσουμε τα διαγράμματα θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου για το κρύο και για το ζεστό νερό.

- Επαληθεύουμε την σχέση  $Q_1 = Q_2 + Q_3$

## 6. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

Μετά την εκτέλεση των πειραμάτων:

- Αδειάζουμε από τα δοχεία το περιεχόμενο υγρό.
- Ξεπλένουμε με νερό τα δοχεία και τις γέφυρες που χρησιμοποιήθηκαν.
- Τα σκουπίζουμε προσεκτικά
- Τα τοποθετούμε στη θήκη τους.

Κάνουμε τα ίδια και για τα θερμόμετρα.

## 7. ΕΓΓΥΗΣΗ ΚΑΛΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η εταιρία μας καλύπτει τα είδη της με εγγύηση καλής λειτουργίας **δύο (2) ετών** από την ημερομηνία παραλαβής τους.

**Η εγγύηση καλύπτει τυχόν ελαττώματα κατασκευής. Στο χρονικό διάστημα αυτό η εταιρία μας έχει το δικαίωμα επιλογής της δωρεάν επισκευής ή της δωρεάν αντικατάστασης των ειδών.**

Η εγγύηση δεν καλύπτει:

- Βλάβες των ειδών που οφείλονται σε κακή και βίαιη χρήση, εκτός των ορίων προδιαγραφών τους.
- Βλάβες των ειδών που οφείλονται σε σύνδεση με μη συμβατό εξοπλισμό.
- Βλάβες των ειδών μετά από μετατροπές που έγιναν στο σύστημα από τον χρήστη χωρίς την έγκριση της "ΑΜΑΞΟΤΕΧΝΙΚΗ Α.Ε.Β.Ε."

Η εταιρία μας αναλαμβάνει τη συντήρηση του εξοπλισμού και την ευθύνη να παρέχει όλα τα απαραίτητα ανταλλακτικά για τα προσφερόμενα είδη για τα προσεχή πέντε (5) έτη, συμπεριλαμβανομένου του χρονικού διαστήματος 2 ετών που εμπίπτει στην εγγύηση καλής λειτουργίας του εξοπλισμού. Για τα δύο πρώτα έτη η συντήρηση παρέχεται δωρεάν, ενώ για τα υπόλοιπα τρία χρεώνεται το κόστος των απαιτούμενων ανταλλακτικών και των αναγκαίων εργατικών για την αποκατάσταση της βλάβης με την έκδοση του αντίστοιχου τιμολογίου.

Για οποιοδήποτε πρόβλημα που καλύπτεται από εγγύηση επικοινωνήστε **ΑΡΧΙΚΑ** με το τμήμα Εξυπηρέτησης Πελατών στο τηλ.: **031 681566** και στο e-mail: **amaxotec@otenet.gr**



**αμαξοτεχνική α.ε.β.ε.**

7ο χλμ. Οδού Λαγκαδά, Τ.Θ. 10415 Τ.Κ. 541 10 Θεσ/νίκη  
Τηλ.: 031 68 17 60 & 031 68 15 66 Fax: 031 68 17 61

Email : [amaxotec@otenet.gr](mailto:amaxotec@otenet.gr)