**Θερμική αγωγιμότητα στερεών υλικών**

**Σκοπός**

Ο σκοπός αυτής της άσκησης είναι να προσδιοριστεί η θερμική αγωγιμότητα στερεών υλικών τα οποία βρίσκονται σε σταθερή διαφορά θερμοκρασίας.

**Περιγραφή**

Η πειραματική Διάταξη Θερμικής Αγωγιμότητας αποτελείται από μία συσκευή παραγωγής ατμού και μία βάση όπου τοποθετείται το προς εξέταση δείγμα όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Στην επάνω πλευρά του δείγματος τοποθετείται πάγος. Ο ατμός μεταφέρεται μέσω εύκαμπτων σωλήνων στην κάτω πλευρά του δείγματος. Κατά αυτόν τον τρόπο, το δείγμα βρίσκεται μεταξύ μιας σταθερής διαφοράς θερμοκρασίας 100 οC και 0 οC. Η θερμότητα που μεταφέρεται από την θερμή πλευρά στην ψυχρή, ισούται με την λανθάνουσα θερμότητα που χρειάζεται για να αλλάξει φάση ο πάγος και από στερεός να γίνει υγρό. Είναι γνωστό ότι για να λιώσει 1 γραμμάριο πάγου και να μετατραπεί σε νερό 0 οC, χρειάζονται 334.72 J. Άρα η θερμότητα που περνάει διαμέσου του δείγματος μπορεί να υπολογιστεί από την ποσότητα του πάγου που λιώνει.



Σχήμα 1. Η Διάταξη Θερμικής Αγωγιμότητας μαζί με 5 δείγματα.

Στην συγκεκριμένη πειραματική άσκηση θα εξεταστούν πλάκες από τα εξής στερεά υλικά: γυαλί, πλεξιγκλάς, ξύλο, χαρτόνι και γύψος.

**Θεωρητικό υπόβαθρο**

Η θερμότητα που μεταφέρεται με αγωγή δίνεται από την Εξίσωση 1:

|  |  |
| --- | --- |
| $ΔQ=(k∙A∙ΔΤ∙Δt)/h$  | (1) |

όπου *ΔQ* είναι η θερμότητα που μεταφέρθηκε, *Α* είναι η επιφάνεια του σώματος κάθετα στην οποία ρέει το ρεύμα θερμότητας, *ΔΤ* είναι η διαφορά θερμοκρασίας η οποία προκαλεί την ροή θερμότητας, *Δt* είναι το χρονικό διάστημα στο οποίο συμβαίνει η ροή θερμότητας και *h* είναι το πάχος του σώματος. Ο όρος *k* είναι η θερμική αγωγιμότητα του στερεούσώματος.

Οι μονάδες της θερμικής αγωγιμότητας στο S.I. είναι W/(m·K). Ένα υλικό που είναι καλός αγωγός της θερμότητας (π.χ. ένα μέταλλο) έχει μεγάλη *k*. Αντίθετα ένα μονωτικό υλικό (π.χ. ένα πλαστικό, ένα ξύλο ή ένα φελιζόλ) έχει μικρή *k*.

Η θερμότητα που χρειάζεται για να αλλάξει φάση ο πάγος και να γίνει νερό δίνεται από την Εξίσωση 2:

|  |  |
| --- | --- |
| $$ΔΗ= m\_{w}∙L$$ | (2) |

όπου *ΔΗ* είναι η θερμότητα που χρειάζονται *mw* γραμμάρια πάγου για να γίνουν νερό θερμοκρασίας 0 οC, *mw* είναι η ποσότητα πάγου που έλιωσε και *L* είναι η ειδική λανθάνουσα θερμότητα του πάγου που ισούται με 334.72 J/g.

Θεωρώντας ότι η θερμοκρασία του δωματίου δεν συνδράμει στο λιώσιμο του πάγου, τότε θα ισχύει η
Εξίσωση 3:

|  |  |
| --- | --- |
| $$ΔQ=ΔΗ$$ | (3) |

Τελικά, μπορούμε να υπολογίσουμε την θερμική αγωγιμότητα από την Εξίσωση 4:

|  |  |
| --- | --- |
| $$k=\frac{m\_{w}}{Δt}∙\frac{L∙h}{A∙ΔΤ} $$ | (4) |

Στην πραγματικότητα υπάρχει και ένα μέρος του πάγου που λιώνει εξαιτίας της θερμοκρασίας δωματίου, *mwa*.

**Εκτέλεση της άσκησης**

Να καταγράφετε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα 1.

1. Γεμίστε το πλαστικό δοχείο με νερό και βάλτε το στον καταψύκτη για να παγώσει. Το δοχείο αυτό έχει σταθερή διάμετρο ώστε να μπορούμε να μετρήσουμε ανά πάσα στιγμή την διάμετρο του πάγου. Επίσης, το δοχείο είναι από πλαστικό που βοηθάει στην θερμομόνωση του πάγου κατά την διάρκεια του πειράματος.
2. Τοποθετήστε το δείγμα από γυαλί στην ειδική βάση και σφίξτε ελαφρά τους σφιγκτήρες ώστε να μην μπορεί να διαφύγει ατμός από την κάτω πλευρά του δείγματος (βλέπε Σχήμα 2). Το μαύρο τρίγωνο από το αφρώδες νεοπρέν που είναι κολλημένο πάνω σε κάθε δείγμα, θα πρέπει να δείχνει προς το αλουμινένιο κανάλι που οδηγεί το νερό από το λιώσιμο του πάγου στο γυάλινο δοχείο συλλογής (δοχείο Α).
3. Ζυγίστε το γυάλινο δοχείο συλλογής λιωμένου πάγου (δοχείο Α) και μετρήστε το πάχος (**h**) όλων των δειγμάτων.



Σχήμα 2. Τοποθέτηση του δείγματος στην ειδική βάση.

1. Πάρτε από τον καταψύκτη το παγωμένο δοχείο και ρίξτε ζεστό νερό γύρω του ώστε να ξεκολλήσει ο πάγος.
2. Μετρήστε την διάμετρο του πάγου (**d1**). Πάρετε την μέτρηση γρήγορα γιατί αλλιώς το παχύμετρο θα λιώσει τον πάγο τοπικά και θα δείξει μικρότερη διάμετρο από την πραγματική. Καλύτερα να χρησιμοποιήσετε πλαστικό παχύμετρο.
3. Τοποθετήστε τον πάγο στην επάνω πλευρά του δείγματος μαζί με το πλαστικό δοχείο του. Συλλέγετε το νερό που θα τρέξει σε ένα δοχείο (δοχείο Β).
4. Περιμένετε μερικά λεπτά ώστε ο πάγος να αρχίσει να λιώνει και να έρθει σε πλήρη επαφή με το δείγμα.
5. Βάλτε το δοχείο Α κάτω από το αλουμινένιο κανάλι και ξεκινήστε μία μέτρηση διάρκειας 10 λεπτών (**ta**).
6. Μόλις τελειώσει η μέτρηση, αλλάξτε το δοχείο Α με το δοχείο Β και ζυγίστε το δοχείο Α ώστε να βρείτε πόσο νερό συνέλλεξε. Αυτήν την ποσότητα θα την ονομάσουμε **mwa**.
7. Γεμίστε με περίπου 500 mL νερό την συσκευή παραγωγής ατμού και θέστε την σε λειτουργία στην μέγιστη ένταση. Συνδέστε ένα εύκαμπτο σωληνάκι από την συσκευή στην επάνω υποδοχή της ειδικής βάσης. Συνδέστε ένα δεύτερο σωληνάκι στην κάτω υποδοχή της βάσης. Αυτό το δεύτερο σωληνάκι βάλτε το μέσα σε ένα δοχείο (δοχείο Γ) ώστε να μαζεύει το νερό που συμπυκνώνεται μέσα στην βάση.
8. Επαναλάβετε το βήμα 8, αλλά για 5 λεπτά (**t**) αυτήν την φορά. Την μάζα νερού που θα συλλεχθεί θα την ονομάσουμε **mw**.
9. Αφού τελειώσει η μέτρηση, ξαναμετρήστε την διάμετρο του πάγου (**d2**).
10. Επαναλάβετε τα βήματα 11-12 για όλα τα δείγματα.

Πίνακας 1. Μετρήσεις.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **h** (mm) | **d1** (mm) | **d2** (mm) | **ta** (s) | **mwa** (g) | **t** (s) | **mw** (g) |
|  |  |  |  |  | – | – |
|  |  |  | – | – |  |  |
|  |  |  | – | – |  |  |
|  |  |  | – | – |  |  |
|  |  |  | – | – |  |  |
|  |  |  | – | – |  |  |

**Επεξεργασία μετρήσεων**

Συμπληρώστε τους υπολογισμούς σας στον Πίνακα 2. Προσέξτε να είναι οι μονάδες τώρα σε S.I.

1. Βρείτε την μέση διάμετρο του πάγου κατά την διάρκεια κάθε πειράματος (**davg**).
2. Χρησιμοποιώντας την **davg** βρείτε την επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας **A**.
3. Βρείτε τους ρυθμούς λιωσίματος του πάγου για θερμοκρασία δωματίου $(\dot{m}\_{wa}$) και για λειτουργία με ατμό ($\dot{m}\_{w0}$).
4. Βρείτε τον ρυθμό λιωσίματος αν δεν υπήρχαν οι απώλειες από το δωμάτιο, δηλ. $\dot{m}\_{w}=\dot{m}\_{w0}-\dot{m}\_{wa}$.
5. Υπολογίστε την αγωγιμότητα.

Πίνακας 2. Υπολογισμοί.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **davg** (m) | **A**(m2) | $\dot{m}\_{wa}$ (kg/s) | $\dot{m}\_{w0}$ (kg/s) | $\dot{m}\_{w}$ (kg/s) | **k** (W/(m·K)) |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις**

1. Συγκρίνετε τις τιμές που βρήκατε για την αγωγιμότητα με πραγματικές τιμές. Πού μπορεί να οφείλεται πιθανή απόκλιση;

|  |
| --- |
|  |

1. Ποιο από τα υλικά είναι καλύτερος μονωτής;

|  |
| --- |
|  |

1. Για να πετύχουμε καλύτερη μόνωση στους τοίχους ενός σπιτιού, βάζουμε δύο φύλλα φελιζόλ αντί για ένα. Με αυτόν τον τρόπο μειώνουμε την αγωγιμότητα στο μισό;

|  |
| --- |
|  |