

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Διδάσκων: Δ. Βαλουγεώργης, Εαρινό εξάμηνο 2019-2020

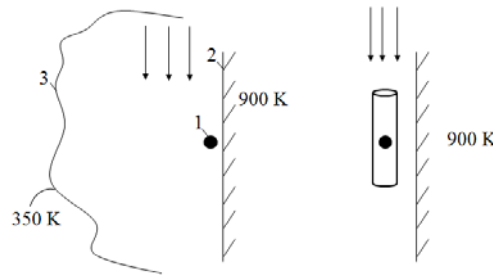
ΕΡΓΑΣΙΑ #2: Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία

Ημερομηνία ανάρτησης: 29-2-2020, Ημερομηνίας παράδοσης: **12-3-2020**

Προτείνονται προς επίλυση δέκα ασκήσεις εκ των οποίων επιλύονται υποχρεωτικά πέντε (όποιες επιθυμείτε) και οι υπόλοιπες προαιρετικά.

1. Έστω κοιλότητα σε μορφή κολουρου κώνου με ακτίνες βάσεων $R_1 = 8 \text{ cm}$, $R_2 = 5 \text{ cm}$ και ύψος $H = 10 \text{ cm}$. Η κυλινδρική επιφάνεια είναι μονωμένη ($Q_3 = 0$), η μικρή βάση σε σταθερή θερμοκρασία $T_2 = 500 \text{ K}$ και στη μεγάλη βάση προσδίδεται θερμότητα $Q_1 / A_1 = 5000 \text{ W/m}^2$. Όλες οι επιφάνειες είναι διαχυτικές και γκρίζες. Να υπολογισθεί η θερμοκρασία της μεγάλης βάσης λόγω ανταλλαγής θερμότητας με ακτινοβολία. Οι ικανότητες εκπομπής είναι $\varepsilon_1 = 0.6$, $\varepsilon_2 = 0.4$, $\varepsilon_3 = 0.8$.
2. Να αποδειχθεί η εξίσωσης μεταφοράς θερμότητας με ακτινοβολία ανάμεσα σε ομόκεντρες σφαίρες ακτίνας R_1 , R_2 που βρίσκονται σε θερμοκρασίες T_1 , T_2 και ικανότητα εκπομπής ε_1 , ε_2 . Στη συνέχεια να προσδιοριστεί η επίδραση λεπτής σφαιρικής ασπίδας ακτινοβολίας ακτίνας R_a με ικανότητα εκπομπής ε_a , που τοποθετείται ανάμεσα σε δύο ομόκεντρες σφαίρες. Θεωρούμε ότι οι επιφάνειες των σφαιρών και της ασπίδας προστασίας είναι διαχυτικές και γκρίζες με ικανότητες εκπομπής ανεξάρτητες από την θερμοκρασία.
3. Βαμμένα μεταλλικά εξαρτήματα που βρίσκονται σε κινούμενο ιμάντα ξηραίνονται σε ορθογώνιο φούρνο ακτινοβολίας μήκους 3 m , πλάτους 1 m και ύψους 0.3 m . Τα πλευρικά τοιχώματα του φούρνου είναι μονωμένα. Ο ιμάντας και τα μεταλλικά εξαρτήματα αποτελούν την βάση του φούρνου με ικανότητα εκπομπής 0.8 και βρίσκονται σε θερμοκρασία 120°C . Ο θερμαντήρας ακτινοβολίας είναι στην οροφή του φούρνου με ικανότητα εκπομπής 0.7 και έχει θερμοκρασία 425°C . Ο ορθογώνιος φούρνος είναι ανοικτός στις δύο άκρες του και ο περιβάλλον χώρος θεωρείται μέλαν σώμα σε θερμοκρασία 25°C . Να υπολογιστεί η θερμότητα που προσδίδεται στον θερμαντήρα.
4. Να γραφεί κώδικας υπολογισμού της μεταφοράς θερμότητας ανάμεσα σε επιφάνειες κλειστής κοιλότητας εφαρμόζοντας την μέθοδο των θερμικών αντιστάσεων και να συγκριθεί με τον αντίστοιχο κώδικα θερμικών ισοζυγίων (βλέπε ιστοσελίδα μαθήματος).
5. Οι ασπίδες ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό υπέρ-μονωτών σε κρυογενικές και διαστημικές εφαρμογές. Να γραφεί ένα σύντομο κείμενο που να μην ξεπερνά τις 20 γραμμές και να καλύπτει με το καλύτερο δυνατό τρόπο το σχετικό αντικείμενο.
6. Σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση μεταφοράς θερμότητας με ακτινοβολία μέσα από αέρια που συμμετέχουν, δηλαδή εκπέμπουν, απορροφούν και σκεδάζουν ακτινοβολία.
7. Σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση του αισθητήρα πίεσης Pirani δίνοντας έμφαση στη βασική αρχή λειτουργίας.

8. Έστω θερμοστοιχείο (αισθητήρας μέτρησης θερμοκρασίας) με ικανότητα εκπομπής $\varepsilon_1 = 0.15$ εντός του πεδίου ροής ενός αερίου θερμοκρασίας $T_a = 350\text{K}$ πλησίον μέλανος σώματος θερμοκρασίας $T_w = 900\text{K}$ (βλέπε σχήμα). Ο συντελεστής συναγωγής αερίου – θερμοστοιχείου είναι $h = 25\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Να υπολογισθεί η θερμοκρασία T_1 του θερμοστοιχείου.



Σχήμα 3.2.4: Θερμοστοιχείο πλησίον τοιχώματος χωρίς κάλυμμα (αριστερά) και με κάλυμμα (δεξιά)

Η θερμοκρασία που μετράει το θερμοστοιχείο είναι σημαντικά διαφορετική από την θερμοκρασία του αερίου.

Για το λόγο αυτό τοποθετούμε το θερμοστοιχείο εντός ιδιαίτερα λειασμένου κυλινδρικού καλύμματος (βλέπε σχήμα) με ανοικτές τις δύο βάσεις. Το μήκος του κυλίνδρου είναι 5cm και η διάμετρος 2.5cm. Ο συντελεστής συναγωγής αερίου – καλύμματος και από τις δύο πλευρές είναι $15\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Να υπολογισθεί και πάλι η θερμοκρασία T_1 του θερμοστοιχείου (διάμετρος θερμοστοιχείου 0.075cm).

9. Έστω κατακόρυφο παράθυρο εμβαδού 1m^2 που αποτελείται από δύο υαλοπίνακες που απέχουν 25mm και ο χώρος μεταξύ τους είναι γεμάτος με αέρα σε ατμοσφαιρική πίεση. Το παράθυρο βρίσκεται ανάμεσα σε δωμάτιο που είναι σε θερμοκρασία $T_{\text{δωμ}} = 20^\circ\text{C}$ και τον εξωτερικό χώρο που είναι σε θερμοκρασία $T_\infty = -5^\circ\text{C}$. Θεωρείστε ότι η θερμική αγωγή διαμέσου των υαλοπινάκων είναι ασήμαντη και η θερμοκρασία είναι ομοιόμορφη σε κάθε υαλοπίνακα.
- Αγνοώντας αρχικά τη μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία υπολογίστε τη θερμοκρασία κάθε υαλοπίνακα και τη θερμορροή διαμέσου του παραθύρου.
 - Στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη τη μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία και για ικανότητα εκπομπής υαλοπίνακα $\varepsilon_g = 0.9$ υπολογίστε τη θερμοκρασία κάθε υαλοπίνακα και τη θερμορροή διαμέσου του παραθύρου.
 - Επαναλάβετε τους υπολογισμούς για $\varepsilon_g = 0.1$ και στη συνέχεια θεωρώντας ότι ο χώρος μεταξύ των υαλοπινάκων έχει εκκενωθεί και διατηρείται σε μηδενική πίεση. Σχολιάστε το ενεργειακό κέρδος.

10. Η επίπεδη οροφή του ψυγείου ενός φορτηγού που μεταφέρει τρόφιμα μήκους $L = 5\text{m}$ και πλάτους $W = 2\text{m}$ είναι από λεπτό φύλλο χάλυβα όπου τοποθετείται εσωτερικά μονωτικό υλικό με συντελεστή θερμικής αγωγής $k = 0.05\text{W}/(\text{m K})$ πάχους $h = 25\text{mm}$. Θεωρείστε ότι το φορτηγό κινείται με ταχύτητα $u = 30\text{m/s}$, η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι $T_a = 25^\circ\text{C}$, η εσωτερική θερμοκρασία του ψυγείου διατηρείται στους $T_i = -13^\circ\text{C}$ και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία $G_s = 800\text{W}/\text{m}^2$.

Για τη βαφή της οροφής επιλέξτε ανάμεσα σε λευκή και μαύρη μπογιά και αφού δικαιολογήσετε την επιλογή σας υπολογίστε τη θερμοκρασία T_0 του φύλλου χάλυβα της οροφής του ψυγείου. Επίσης βρείτε το θερμικό φορτίο που μεταφέρεται στο ψυγείο διαμέσου της οροφής.

Θεωρείστε τυρβώδη ροή κατά μήκος της οροφής με τις εξής ιδιότητες αέρα:

$$\nu = 15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, k_a = 0.026 \text{ W}/(\text{m K}), \text{Pr} = 0.71.$$