

**Συμπληρωματικά προβλήματα**

- 19.9** Ποια πρέπει να είναι η θερμοκρασιακή διαβάθμιση σε μια ράβδο αλουμινίου ώστε να μεταδίδονται 8.0 cal ανά δευτερόλεπτο ανά  $\text{cm}^2$  διατομής κατά μήκος της ράβδου; Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $k_T$  του αλουμινίου είναι  $210 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ . *Απάντηση:*  $16 \text{ }^\circ\text{C}/\text{cm}$
- 19.10** Ένα μονό τζάμι παραθύρου ενός σπιτιού στην πραγματικότητα έχει στρώματα στάσιμου αέρα στις δύο του επιφάνειες. Αν δεν συνέβαινε κάτι τέτοιο, πόση θερμότητα ανά ώρα θα έρεε από ένα παράθυρο διαστάσεων  $80 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 3 \text{ mm}$  μια ημέρα που η εξωτερική θερμοκρασία θα ήταν ακριβώς  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  και η εσωτερική  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ ; Για το γυαλί,  $k_T = 0.84 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ . *Απάντηση:*  $1.4 \times 10^3 \text{ kcal/h}$
- 19.11** Πόσα γραμμάρια νερού θερμοκρασίας  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  μπορούν να εξατμιστούν ανά ώρα ανά  $\text{cm}^2$  λόγω της θερμότητας που μεταφέρει ένα χαλύβδινο έλασμα πάχους  $0.20 \text{ cm}$ , αν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο επιφανειών του είναι  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ; Για το ασάλι,  $k_T = 42 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ . *Απάντηση:*  $0.33 \text{ kg/h}\cdot\text{cm}^2$
- 19.12** Ένα παράθυρο αποτελείται από δύο γυάλινα τζάμια, διαστάσεων  $80 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} \times 0.30 \text{ cm}$  το κάθε ένα, τα οποία χωρίζονται από ένα στρώμα στάσιμου αέρα πάχους  $0.30 \text{ cm}$ . Η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας είναι  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , ενώ η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας είναι ακριβώς  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Πόση θερμότητα διέρχεται μέσω του παραθύρου κάθε δευτερόλεπτο; Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του γυαλιού είναι  $k_T = 0.84 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ , ενώ του αέρα περίπου  $0.080 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ . *Απάντηση:*  $69 \text{ cal/s}$
- 19.13** Μια μικρή τρύπα σε έναν κλίβανο συμπεριφέρεται ως μέλαν σώμα. Το εμβαδόν της τρύπας είναι  $1.00 \text{ cm}^2$ , ενώ η θερμοκρασία της είναι ίδια με αυτή που επικρατεί στο εσωτερικό του κλιβάνου, δηλαδή,  $1727 \text{ }^\circ\text{C}$ . Πόσες θερμίδες ακτινοβολεί η τρύπα κάθε δευτερόλεπτο; *Απάντηση:*  $21.7 \text{ cal/s}$
- 19.14** Το νήμα πυρακτώσεως μιας λυχνίας έχει εμβαδόν  $50 \text{ mm}^2$  και λειτουργεί σε θερμοκρασία  $2127 \text{ }^\circ\text{C}$ . Υποθέστε ότι η λυχνία ακτινοβολεί όλη την ενέργεια που δέχεται. Αν ο συντελεστής εκπομπής του νήματος πυρακτώσεως είναι  $0.83$ , πόση ισχύς πρέπει να παρέχεται στη λυχνία όταν λειτουργεί; *Απάντηση:*  $78 \text{ W}$
- 19.15** Μια σφαίρα ακτίνας  $3.0 \text{ cm}$  συμπεριφέρεται ως μέλαν σώμα. Η σφαίρα βρίσκεται σε ισορροπία με το περιβάλλον της και απορροφά  $30 \text{ kW}$  ισχύος τα οποία δέχεται με τη μορφή ακτινοβολίας από το περιβάλλον της. Ποια είναι η θερμοκρασία της σφαίρας; *Απάντηση:*  $2.6 \times 10^3 \text{ K}$
- 19.16** Ένα ορειχάλκινο έλασμα πάχους  $2.0 \text{ cm}$  ( $k_T = 105 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ ) προσκολλάται σε ένα φύλλο γυαλιού ( $k_T = 0.80 \text{ W/K}\cdot\text{m}$ ). Το ορειχάλκινο έλασμα και το φύλλο γυαλιού έχουν το ίδιο εμβαδόν. Η εκτεθειμένη επιφάνεια του ορειχάλκινου ελάσματος έχει θερμοκρασία  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , ενώ η εκτεθειμένη επιφάνεια του γυάλινου φύλλου έχει θερμοκρασία  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ποιο είναι το πάχος του γυάλινου φύλλου αν η διεπιφάνεια γυαλιού-μπρούντζου έχει θερμοκρασία  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ ; *Απάντηση:*  $0.46 \text{ mm}$

### 19. Μετάδοση Θερμικής Ενέργειας

19.9 Ποια πρέπει να είναι η βαθμίδα θερμοκρασίας μεταξύ των ακρών μιας ράβδου από κράμα αλουμινίου ώστε να μεταδίδονται 8 θερμίδες ανά δευτερόλεπτο ανά  $cm^2$  διατομής της ράβδου; Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του συγκεκριμένου κράματος είναι ίσος με  $210 W/m \cdot C^0$ .

Λύση:

Ο ρυθμός θερμότητας που μεταφέρεται κατά μήκος της ράβδου λόγω θερμικής αγωγής ισούται με:

$$\frac{Q}{\Delta t} = \kappa A \frac{\Delta \theta}{\Delta x}$$

Η άγνωστη ποσότητα εδώ είναι η βαθμίδα θερμοκρασίας  $\Delta \theta / \Delta x$ . Για επιφάνεια θα θεωρήσουμε το δεδομένο  $A = 1 cm^2 = 10^{-4} m^2$ . Από τα δεδομένα, η μεταφορά θερμότητας είναι ίση με

$$\frac{Q}{\Delta t} = 8 \frac{cal}{s} = 8 \frac{4.18 J}{s} = 33.44 W$$

Αντικαθιστώντας έχουμε:

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta x} = \frac{1}{\kappa A} \frac{Q}{\Delta t} = \frac{1}{210 \times 10^{-4}} 33.44 \approx 1590 \frac{C^0}{m} = 15.9 \frac{C^0}{cm}$$

19.11 Πόσα γραμμάρια νερού θερμοκρασίας  $100 C^0$  μπορούν να εξατμισθούν ανά ώρα ανά  $cm^2$  λόγω της θερμότητας που μεταφέρει ένα χαλύβδινο έλασμα πάχους  $0.2 cm$ , εάν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών του είναι  $100 C^0$ ; Για το ατσάλι  $\kappa = 42 W/m \cdot C^0$

Λύση:

Ο ρυθμός θερμότητας που μεταφέρεται από την μια επιφάνεια του ελάσματος στην άλλη λόγω θερμικής αγωγής ισούται με:

$$\frac{Q}{\Delta t} = \kappa A \frac{\Delta \theta}{\Delta x}$$

Για επιφάνεια θα θεωρήσουμε  $A = 1 cm^2 = 10^{-4} m^2$  επειδή το ζητούμενο είναι ανά  $cm^2$ . Αντικαθιστώντας έχουμε:

$$\frac{Q}{\Delta t} = 42 \times 10^{-4} \frac{100}{0.2 \times 10^{-2}} = 210 J/s$$

Μια ώρα ισοδυναμεί με  $3600 s$  και επομένως το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται ισούται με

$$Q = 210 \times 3600 = 756 kJ$$

Από πίνακες λανθάνουσας θερμότητας παίρνουμε για την εξαέρωση του νερού

$$L = 543 cal/g = 543 \times 4.18 = 2270 J/g$$

Επομένως εξατμίζονται συνολικά  $756000/2270 = 333 g$  νερού.

19.14 Το νήμα πυρακτώσεως μιας λυχνίας έχει εμβαδό  $50 \text{ mm}^2$  και λειτουργεί σε θερμοκρασία  $2127 \text{ C}^0$ . Υποθέστε ότι η λυχνία ακτινοβολεί όλη την (ηλεκτρική) ενέργεια που δέχεται. Αν ο συντελεστής θερμικής εκπομπής του νήματος πυρακτώσεως είναι 0.83, πόση ισχύς πρέπει να παρέχεται στην λυχνία όταν λειτουργεί;

Λύση:

Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας της ακτινοβολίας δίνεται από την έκφραση:

$$\frac{Q}{\Delta t} = \varepsilon \sigma A (T^4 - T_{\infty}^4)$$

όπου  $T = 2127 + 273 = 2400 \text{ K}$ . Δυστυχώς δεν δίνεται η θερμοκρασία περιβάλλοντος οπότε πρέπει να πάρουμε  $T_{\infty} = 0$  ως ένα άνω όριο. Το εμβαδό ισούται με  $A = 50 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ . Αντικαθιστώντας

$$\frac{Q}{\Delta t} = \varepsilon \sigma A T^4 = 0.83 \times 5.67 \times 10^{-8} \times 50 \times 10^{-6} \times 2400^4 = 78 \text{ W}$$