

- (1) Un calorimetro contiene 1.2 litri di acqua a  $20.7^{\circ}\text{C}$ . Aggiungendo 0.8 litri di acqua alla temperatura di  $64.6^{\circ}\text{C}$  si trova che la temperatura finale raggiunta dal liquido è di  $35.6^{\circ}\text{C}$ . Lo strumento non è perfetto e consente un piccolo passaggio di calore. Calcolate quanto calore passa attraverso le pareti dello strumento e dire se questo passaggio avviene dall'interno verso il calorimetro oppure dal calorimetro verso l'interno.

**Suggerimento:** l'energia si conserva.

- (2) Un sistema di pannelli fotovoltaici da  $12\text{ m}^2$  è esposto alla luce del Sole che trasporta una potenza di  $1.1\text{ kW/m}^2$ . Il sistema trasforma l'energia ricevuta dal Sole in energia elettrica con un'efficienza del 92 %. Che corrente riesce ad erogare se la fem nominale che lo caratterizza è di 12 V?

**Suggerimento:** considerate il pannello fotovoltaico come un generatore di tensione.

- (3) L'angolo limite per il quale si ha il fenomeno della riflessione totale della luce tra acqua e aria è di  $48^{\circ}20'$ . Calcolate la velocità della luce nell'acqua.

**Suggerimento:** ricordate cos'è l'indice di rifrazione.

## Soluzione

- (1) Quando si inserisce acqua calda nel calorimetro questa cede calore a quella fredda fino a quando tutta l'acqua non raggiunge la stessa temperatura. La quantità di calore ceduta o assorbita da una sostanza che passi da una temperatura  $T_1$  a una  $T_2$  si scrive

$$\Delta Q = mc(T_2 - T_1)$$

dove  $m$  è la massa e  $c$  il calore specifico della sostanza. In assenza di fenomeni dissipativi quindi ci si aspetterebbe che il calore ceduto dall'acqua calda sia uguale a quello acquistato dall'acqua fredda. Indicando con  $T_c = 64.6^\circ\text{C}$  la temperatura dell'acqua calda, con  $T_f = 20.7^\circ\text{C}$  quella dell'acqua fredda e con  $T_e$  la temperatura che si dovrebbe raggiungere all'equilibrio, con il pedice  $f$  o  $c$  la massa dell'acqua fredda o calda,

$$m_f c (T_e - T_f) = m_c c (T_c - T_e)$$

da cui si ricava facilmente che

$$T_e = \frac{m_f T_f + m_c T_c}{m_f + m_c}.$$

Lo stesso calore specifico compare sia a numeratore che a denominatore e perciò si cancella, mentre le masse sono proporzionali ai volumi perciò possiamo sostituire a  $m$  il volume in litri della sostanza e scrivere che

$$T_e = \frac{1.2 \times 20.7 + 0.8 \times 64.6}{1.2 + 0.8} = 38.3^\circ\text{C}.$$

Poiché nello stato finale l'acqua si trova alla temperatura di  $35.6^\circ\text{C}$ , evidentemente non tutto il calore ceduto dal liquido caldo è stato impiegato per scaldare l'acqua contenuta inizialmente nello strumento. Una parte del calore ceduto dall'acqua calda dev'essere passata attraverso le pareti del calorimetro. Possiamo riscrivere l'equazione del bilancio energetico così:

$$m_f c (T_e - T_f) + \Delta Q_p = m_c c (T_c - T_e)$$

dove  $\Delta Q_p$  rappresenta il calore perso dallo strumento. Calcolarlo è facilissimo:

$$\Delta Q_p = m_c c (T_c - T_e) - m_f c (T_e - T_f).$$

La massa dell'acqua possiamo scriverla come  $m = \rho V$  dove  $\rho = 1$  kg/litro e  $V$  è il volume espresso in litri. Il calore specifico dell'acqua invece è  $c = 1$  cal/g $^\circ\text{C}$ , cioè  $10^3$  cal/kg $^\circ\text{C}$ . Sostituendo i valori troviamo

$$\begin{aligned} \Delta Q_p &= \rho c (V_c (T_c - T_e) - V_f (T_e - T_f)) \\ &= 1 \times 1000 (0.8 (64.6 - 35.6) - 1.2 (35.6 - 20.7)) = 5320 \text{ cal.} \end{aligned}$$

L'acqua calda ha ceduto complessivamente  $m_c c (T_c - T_e) = 34800$  cal, quindi ne è stato dissipato il 15 % circa.

- (2) Poiché l'energia si conserva, la potenza erogata dal generatore in forma di elettricità dev'essere uguale alla differenza tra quella ricevuta dal Sole e quella persa sotto altre forme (per esempio calore). Secondo i dati il sistema riceve in ingresso una potenza  $P$  pari a

$$P = SP_S$$

dove  $S = 12 \text{ m}^2$  è la sua superficie e  $P_S = 1.1 \times 10^3 \text{ kW/m}^2$  è la potenza ricevuta dal Sole, ma trasforma questa potenza in potenza elettrica soltanto per una frazione  $\epsilon = 0.92$ . La potenza erogata dunque è

$$P' = SP_S\epsilon = 12 \times 1.1 \times 10^3 \times 0.92 \simeq 12 \text{ kW}.$$

La potenza erogata da un generatore è il prodotto della fem ai suoi capi per la corrente, quindi

$$I = \frac{P'}{V} = \frac{12 \times 10^3}{12} = 1 \text{ kA}.$$

- (3) Il fenomeno della riflessione totale si verifica quando il seno dell'angolo di rifrazione diventa maggiore di uno. Per la Legge di Snell sappiamo che

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$$

per cui il seno dell'angolo rifratto  $\sin \theta_r$  vale

$$\sin \theta_r = \frac{n_i}{n_r} \sin \theta_i.$$

Sappiamo che, quando  $\theta_i = \theta_\ell = 48^\circ 20'$  inizia il fenomeno per cui

$$\frac{n_i}{n_r} \sin \theta_\ell = 1$$

e quindi

$$\frac{n_r}{n_i} = \sin \theta_\ell.$$

per trovare l'angolo  $\theta_\ell$  in radianti dobbiamo ricordare che 60 primi sono un grado quindi  $48^\circ 20' = \left(48 + \frac{1}{3}\right)^\circ$ . Possiamo quindi trasformare questo numero in radianti moltiplicando per  $\pi$  e dividendo per 180:

$$\theta_\ell = 48^\circ 20' = \frac{\pi}{180} \left(48 + \frac{1}{3}\right) \simeq 0.844$$

il cui seno vale

$$\sin \theta_\ell = 0.747 = \frac{n_r}{n_i}.$$

Poiché il mezzo nel quale dovrebbe avvenire la rifrazione è l'aria, mentre quello da cui incide la luce è l'acqua (altrimenti il fenomeno non potrebbe avvenire) abbiamo  $n_r = 1$  e perciò

$$n_i = \frac{1}{0.747} = 1.34.$$

Ricordiamo che l'indice di rifrazione di un mezzo è il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto (che è uguale a quella nell'aria e varia  $c = 3 \times 10^8$  m/s) e quella nel mezzo  $v$ :

$$\frac{c}{v} = 1.34$$

da cui segue che  $v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1.34} = 223\,880\,597$  m/s  $\simeq 2.2 \times 10^8$  m/s.