Temperatura e calore

Hai capito?

p. 381: C
p. 382: D
p. 384: A
p. 385: B
p. 387: The one made of copper because its specific heat is smaller.
p. 391: C

Esercizi

1 Lo zero della scala Kelvin si chiama **zero assoluto** e il suo valore è **–273,15** °C.

La temperatura in kelvin è quindi:

$$T = T_C + 273{,}15 = 23 + 273{,}15 = 296\ \text{K}$$

2

$$T_C = T_K - 273{,}15$$

$$T_{C_1} = 4000\ \text{K} - 273{,}15 \cong 3727\ °\text{C}$$

$$T_{C_2} = 8000\ \text{K} - 273{,}15 \cong 7727\ °\text{C}$$

3

$$\Delta T_C = \Delta T_K = 6\ \text{K}$$

4

$$T_{1C} = T_1 - 273{,}15 = 375 - 273{,}15 = 102\ °\text{C}$$

$$T_{2C} = 2_1 - 273{,}15 = 100 - 273{,}15 = -173\ °\text{C}$$

5

- $T_K = T_C + 273{,}15 = 50\ °\text{C} + 273{,}15 = 323{,}15\ \text{K} \cong 323\ \text{K}$
- $\Delta T_K = \Delta T_C = 25\ \text{K}$

6 V, V, F

7 La variazione di temperatura in kelvin è numericamente uguale alla variazione di temperatura in gradi Celsius:

$$\Delta T = 824\ °\text{C} - 27\ °\text{C} = 797\ °\text{C} = 797\ \text{K}$$

L’allungamento, ovvero la differenza tra la lunghezza finale e quella iniziale, è dato da:

$$\Delta L = \lambda L_0 \Delta T = 1{,}2 \cdot 10^{-5}\ \text{K}^{-1} \cdot 45\ \text{cm} \cdot 797\ \text{K} = 0{,}43\ \text{cm}$$

8 $$L_0 = \frac{\Delta L}{\lambda \Delta T} = \frac{0{,}53\ \text{m}}{\left(12\cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}\right)\left(32\ °\text{C} - 2\ °\text{C}\right)} = 1500\ \text{m}$$

9 $$\lambda = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} = \frac{2\cdot 10^{-3}\ \text{m}}{\left(2{,}3\ \text{m}\right)\left(37{,}9\ \text{K}\right)} = 23\cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$$

È compatibile con alluminio.

10 $$\Delta L = \lambda L_0 \Delta T$$

$$\Delta L = \left(8{,}5\cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}\right)\left(0{,}4\ \text{m}\right)\left(45\ \text{K}\right) = 1{,}5\cdot 10^{-4}\ \text{m}$$

11 $$\lambda = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} = 1.7\cdot 10^{-5}\ °\text{C}^{-1}$$

12 $$\frac{\Delta L}{\Delta T} = \frac{8{,}47\cdot 10^{-4}\ \text{m}}{100\ °\text{C} - 25{,}0\ °\text{C}} = 1{,}13\cdot 10^{-5}\ \text{m/°C}$$

$$\Delta L = \left(1{,}13\cdot 10^{-5}\ \text{m/°C}\right)\left(0\ °\text{C} - 25\ °\text{C}\right) = -2{,}8\cdot 10^{-4}\ \text{m}$$

13 $$d = \Delta L_{\text{Ac}} + \Delta L_{\text{Al}} = \lambda_{\text{Ac}} L_{0\text{Ac}} \Delta T + \lambda_{\text{Al}} L_{0\text{Al}} \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{d}{\lambda_{\text{Ac}} L_{0\text{Ac}} + \lambda_{\text{Al}} L_{0\text{Al}}} = \frac{5\cdot 10^{-4}\ \text{m}}{\left(12\cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}\cdot 0{,}45\ \text{m}\right) + \left(23\cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}\cdot 0{,}52\ \text{m}\right)} = 28{,}8\ °\text{C}$$

$$T = T_{\text{i}} + 28{,}8\ °\text{C} = 53{,}8\ °\text{C} \cong 54\ °\text{C}$$

14 In generale, una sostanza riscaldata si **dilata**. L'acqua è un'eccezione: si comporta diversamente a seconda della **temperatura**. Se si scalda l'acqua da 0 °C a 4 °C, infatti, il suo volume **diminuisce** e poi, oltre i 4 °C, il suo volume torna a **aumentare**.

15 Il coefficiente di dilatazione volumica del piombo è $\beta = 87\cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$.

La variazione di volume è data dall'equazione:

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T = 87\cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}\cdot 1{,}4\cdot 10^{-4}\ \text{m}^3\cdot\left(1173\ \text{K} - 291\ \text{K}\right) = 1{,}0\cdot 10^{-5}\ \text{m}^3$$

Il volume finale è dato dalla somma del volume iniziale e della variazione di volume:

$$V = V_0 + \Delta V = 1{,}4\cdot 10^{-4}\ \text{m}^3 + 1{,}07\cdot 10^{-5}\ \text{m}^3 = 1{,}5\cdot 10^{-4}\ \text{m}^3$$

16 $$\Delta V = \beta V_0 \Delta T = \beta\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)\Delta T =$$

$$=\left(57\cdot 10^{-6}\ °C^{-1}\right)\frac{4}{3}\pi\left(2,0\cdot 10^{-2}\ m\right)^3\left(149\ °C-18\ °C\right)=2,5\cdot 10^{-7}\ m^3$$

17 $\Delta T=\frac{\Delta V}{\beta V_0}$

$$\Delta T=\frac{1,6\cdot 10^{-6}\ m^3}{\left(57\cdot 10^{-6}\ K^{-1}\right)\left(1,3\cdot 10^{-4}\ m^3\right)}=216\ K=216\ °C$$

$$T_f=T_i+229\ °C=24\ °C+216\ °C=240\ °C$$

18 $\Delta T_K=\Delta T_{°C}=-20\ °C\ -20\ °C=-40\ °C=-40\ K$

$$\beta=\frac{\Delta V}{V_0\Delta T}=\frac{-0,57\cdot 10^{-4}\ m^3}{\left(1,5\cdot 10^{-3}\ m^3\right)\left(-40\ K\right)}=9,5\cdot 10^{-4}\ K^{-1}$$

È compatibile con la benzina.

19
- Perché il suo volume aumenta all'aumentare della temperatura. Se immaginiamo il mare come un parallelepipedo, l'area di base sarà sempre la stessa (morfologicamente fissata dalla struttura dei continenti), mentre la dimensione che è libera di variare è l'altezza. Perciò un aumento della temperatura porta a un innalzamento del livello del mare.
- $Ah=\beta Ah_0\Delta T \quad\rightarrow\quad h=\left(2,1\cdot 10^{-4}\ K^{-1}\right)\left(700\ m\right)\left(0,4\ K\right)=6\ cm$

21
- $V_f=V_i\left(1+\beta\Delta T\right)$

  $\pi r^2 h_f=\pi r^2 h_i\left(1+\beta\Delta T\right)$

  $h_f=h_i(1+\beta\Delta T)=\left(8,0\ cm\right)\left[1+\left(207\cdot 10^{-6}\ K^{-1}\right)\left(-11\ K\right)\right]=7,9818\ cm$

  $\Delta h=h_f-h_i=\left(7,9818\ cm\right)-\left(8,0\ cm\right)=-0,018\ cm$
- È necessario tenere presente il comportamento anomalo dell'acqua per temperature minori di $4\ °C$.

22 $\Delta V_{Pb}=\Delta V_{SiO_2} \quad\rightarrow\quad \beta_{Pb}V_0\Delta T_{Pb}=\beta_{SiO_2}V_0\Delta T_{SiO_2}$

$$\Delta T_{SiO_2}=\frac{\beta_{Pb}\Delta T_{Pb}}{\beta_{SiO_2}}=\frac{\left(87\cdot 10^{-6}\ °C^{-1}\right)\left(4,0\ °C\right)}{1,5\cdot 10^{-6}\ °C^{-1}}=230\ °C$$

23 La variazione di volume del mercurio è

$$\Delta V = \pi r^2 \Delta L = \beta V_0 \Delta T$$

Risolvendo in funzione di ΔL, otteniamo:

$$\Delta L = \frac{\beta V_0 \Delta T}{\pi r^2} = \frac{\left[1{,}82 \cdot 10^{-4} (°\mathrm{C})^{-1}\right]\left(45\ \mathrm{mm}^3\right)\left(1{,}0\ °\mathrm{C}\right)}{\pi\left(1{,}7 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{mm}\right)^2} = 9{,}0\ \mathrm{mm}$$

24 La massa dell'acqua non varia con la temperatura. Il volume iniziale dell'acqua è

$$V_\mathrm{i} = \frac{m}{d_\mathrm{i}}$$

Il volume finale è

$$V_\mathrm{f} = \frac{m}{d_\mathrm{f}}$$

La variazione di volume è

$$\Delta V = V_\mathrm{f} - V_\mathrm{i} = m\left(\frac{1}{d_\mathrm{f}} - \frac{1}{d_\mathrm{i}}\right) = \left(7{,}0 \cdot 10^6\ \mathrm{kg}\right)\left(\frac{1}{999{,}973\ \mathrm{kg/m^3}} - \frac{1}{999{,}860\ \mathrm{kg/m^3}}\right) = -0{,}79\ \mathrm{m}^3$$

25 C

26 La capacità termica (unità di misura nel SI: **J/K**) è la costante di proporzionalità tra il **calore** ceduto (o assorbito) dall'oggetto e la **variazione** di temperatura:

$$Q = C\Delta T \quad \rightarrow \quad C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{1{,}0 \cdot 10^6\ \mathrm{J}}{20\ \mathrm{K}} = 5{,}0 \cdot 10^4\ \mathrm{J/K}$$

27 Dalla definizione di caloria:

$$\left(1{,}0\ \mathrm{cal}\right):\left(x\ \mathrm{cal}\right) = \left(1{,}0\ \mathrm{g}\right):\left(450\ \mathrm{g}\right) \quad \rightarrow \quad x = \frac{\left(1{,}0\ \mathrm{cal}\right)\left(450\ \mathrm{g}\right)}{\left(1{,}0\ \mathrm{g}\right)} = 450\ \mathrm{cal}$$

28 $E_\mathrm{J} = E_\mathrm{cal} \cdot 4{,}186\ \mathrm{J/cal} = \left(4{,}55 \cdot 10^5\ \mathrm{cal}\right)\left(4{,}186\ \mathrm{J/cal}\right) = 1{,}9 \cdot 10^6\ \mathrm{J}$

29 $E_\mathrm{cal} = \dfrac{E_\mathrm{J}}{4{,}186\ \mathrm{J/cal}} = \dfrac{837\ 200\ \mathrm{J}}{4{,}186\ \mathrm{J/cal}} = 200\ \mathrm{kcal}$

30 $\Delta T = T_\mathrm{f} - T_\mathrm{i} = 93\ \mathrm{K} - 27\ \mathrm{K} = 66\ °\mathrm{C}$

$$\Delta T_\mathrm{K} = \Delta T_{°\mathrm{C}} = 66\ \mathrm{K}$$

$$Q = C\Delta T = \left(8372\ \mathrm{J/K}\right)\left(66\ \mathrm{K}\right) = 5{,}5 \cdot 10^5\ \mathrm{J}$$

31 $C = cm = [387\ \text{J/(kg}\cdot\text{K)}](0{,}186\ \text{kg}) = 72{,}0\ \text{J/K}$

32 $m = \dfrac{C}{c} = \dfrac{650\ \text{J/K}}{128\ \text{J/(kg}\cdot\text{K)}} = 5{,}1\ \text{kg}$

33 $P = \dfrac{Q}{\Delta t} = \dfrac{2700\ \text{J}}{60\ \text{s}} = 45\ \text{W}$

34 Grazie alla loro elevata capacità termica, i mari si riscaldano e si raffreddano molto più lentamente della terraferma. Così, il calore acquistato nel corso dell'estate dall'acqua viene ceduto durante l'inverno alle masse d'aria delle zone costiere, mitigandone le temperatura rispetto a quella delle zone interne.

35 Conversione in joule dell'energia consumata dal ciclista in un'ora:

$$E_\text{J} = E_\text{cal}\cdot 4{,}186\ \text{J/cal} = \left(6{,}0\cdot 10^5\ \text{cal}\right)\left(4{,}186\ \text{J/cal}\right) = 2{,}512\cdot 10^6\ \text{J}$$

Numero di ore

$$t = \frac{E_\text{J}}{3{,}6\cdot 10^3\ \text{J/h}} = \frac{2{,}512\cdot 10^6\ \text{J}}{3{,}6\cdot 10^3\ \text{J/h}} = 698\ \text{h}$$

Giorni

$$t = \frac{698\ \text{h}}{24\ \text{h}} = 29\ \text{giorni}$$

36 $\Delta T_\text{K} = \dfrac{Q}{C} = \dfrac{2{,}5\cdot 10^4\ \text{J}}{4186\ \text{J/K}} = 5{,}972\ \text{K} \approx 6\ \text{K}$

$$\Delta T_{°\text{C}} = \Delta T_\text{K}$$

$$T_\text{f} = T_\text{i} + \Delta T_{°\text{C}} = 15\ °\text{C} + 6\ °\text{C} = 21\ °\text{C}$$

37

- Variazione di temperatura

$$\Delta L = \lambda L_0 \left(T_2 - T_1\right)$$

$$T_2 = \frac{\Delta L}{\lambda L_0} + T_1 = \frac{0{,}10\ \text{cm}}{\left(12\cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}\right)\left(10\ \text{cm}\right)} + 19\ °\text{C} = 833\ °\text{C} + 19\ °\text{C} = 852\ °\text{C} \cong 850\ °\text{C}$$

- Calore assorbito dal cubo di acciaio

$$Q = C\Delta T_\text{K} = \left(3616\ \text{J/K}\right)\left(852\ \text{K} - 19\ \text{K}\right) = 3{,}0\cdot 10^6\ \text{J}$$

39 Poiché i pesi scendono molto lentamente, possiamo trascurare la loro energia cinetica e assumere che tutta l'energia potenziale persa dai pesi viene trasferita all'acqua.

L'energia meccanica iniziale dei due pesi è

$$E_\mathrm{i} = 2mgh_\mathrm{i} = 2(4{,}0\ \mathrm{kg})\left((9{,}8\ \mathrm{m/s^2}\right)(1{,}0\ \mathrm{m}) = 78{,}4\ \mathrm{J}$$

L'aumento di temperatura è

$$\Delta T = \frac{E_\mathrm{i}}{cm_{\mathrm{H_2O}}} = \frac{78{,}4\ \mathrm{J}}{\left[4186\ \mathrm{J/(kg\cdot K)}\right](1{,}1\ \mathrm{kg})} = 0{,}017\ \mathrm{K}$$

40 Energia iniziale

$$E_\mathrm{i} = 2mgh$$

Energia finale

$$E_\mathrm{f} = \frac{1}{2}mv_\mathrm{f} + \frac{1}{2}mv_\mathrm{f} = mv_\mathrm{f}^2$$

Lavoro totale

$$L_\mathrm{tot} = N\left(E_\mathrm{i} - E_\mathrm{f}\right) = cm_{\mathrm{H_2O}}\Delta T$$

Variazione di temperatura

$$\Delta T = \frac{L_\mathrm{tot}}{cm_{\mathrm{H_2O}}} = \frac{N\left(E_\mathrm{i} - E_\mathrm{f}\right)}{cm_{\mathrm{H_2O}}} = \frac{N\left(2mgh - mv_\mathrm{f}^2\right)}{cm_{\mathrm{H_2O}}} =$$

$$= \frac{100\left[2(100\ \mathrm{kg})\left(9{,}81\ \mathrm{m/s^2}\right)(4{,}0\ \mathrm{m}) - (100\ \mathrm{kg})(6\ \mathrm{m/s})^2\right]}{\left[4186\ \mathrm{J/(kg\cdot K)}\right](200\ \mathrm{kg})} = 0{,}51\ \mathrm{K}$$

41 Massa d'acqua

$$m = d\mathrm{V}_i = \left(1000\ \mathrm{kg/m^3}\right)\left(3{,}7\cdot 10^{15}\ \mathrm{m^3}\right) = 3{,}7\cdot 10^{18}\ \mathrm{kg}$$

Variazione di temperatura tra estate e inverno

$$\Delta T_{\mathrm{°C}} = \Delta T_\mathrm{K} = 20\ \mathrm{°C} - 10\ \mathrm{°C} = 10\ \mathrm{K}$$

Calore assorbito

$$Q = cm\Delta T_\mathrm{K} = \left[4186\ \mathrm{J/(kg\cdot K)}\right]\left(3{,}7\cdot 10^{18}\ \mathrm{kg}\right)(10\ \mathrm{K}) = 1{,}548\cdot 10^{23}\ \mathrm{J} \cong 1{,}5\cdot 10^{23}\ \mathrm{J}$$

42 Densità dell'acqua

$$d = 1000\ \mathrm{kg/m^3}$$

Massa d'acqua

$$m = dV = \left(1000\ \mathrm{kg/m^3}\right)\left(500\cdot 10^{-3}\ \mathrm{m^3}\right) = 500\ \mathrm{kg}$$

Variazione di temperatura

$$\Delta T_{\mathrm{K}} = \Delta T_{\mathrm{C}} = 35\ °\mathrm{C} - 15\ °\mathrm{C} = 20\ \mathrm{K}$$

Calore necessario

$$Q = cm\Delta T_{\mathrm{K}}$$

Tempo necessario

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{cm\Delta T_{\mathrm{K}}}{P} =$$

$$= \frac{[4186\ \mathrm{J/(kg\cdot K)}](500\ \mathrm{kg})(20\ \mathrm{K})}{1\cdot 10^{4}\ \mathrm{J/s}} = 4186\ \mathrm{s} = 70\ \mathrm{min}$$

43 La somma del calore assorbito dal primo oggetto e di quello ceduto dal secondo oggetto deve essere nulla:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \quad \rightarrow \quad Q_1 = -Q_2 \quad \rightarrow \quad (mc\Delta T)_1 = -(mc\Delta T)_2$$

Entrambi gli oggetti sono di rame, perciò hanno lo stesso calore specifico che si può semplificare dall'equazione. Abbiamo quindi:

$$m_1\Delta T_1 = -m_2\Delta T_2$$

$$m_1\left(T_{\mathrm{eq}} - T_{1\mathrm{i}}\right) = -m_2\left(T_{\mathrm{eq}} - T_{2\mathrm{i}}\right)$$

Quando i due oggetti raggiungono l'equilibrio termico, significa che hanno la stessa temperatura finale T_{eq}.

Risolvendo l'equazione per T_{eq}, abbiamo:

$$T_{\mathrm{eq}} = \frac{m_1T_{1\mathrm{i}} + m_2T_{2\mathrm{i}}}{m_1 + m_1} = \frac{2,0\ \mathrm{kg}\cdot 20\ °\mathrm{C} + 3,0\ \mathrm{kg}\cdot 70\ °\mathrm{C}}{2,0\ \mathrm{kg} + 3,0\ \mathrm{kg}} = 50\ °\mathrm{C}$$

44 $$c_1m\left(T_{\mathrm{eq}} - T_1\right) + c_2m\left(T_{\mathrm{eq}} - T_2\right) = 0 \Rightarrow T_{\mathrm{eq}} = \frac{c_1T_1 + c_2T_2}{c_1 + c_2} = 36\ °\mathrm{C}$$

45 $$c_1m_1\left(T_{\mathrm{eq}} - T_1\right) + c_2m_2\left(T_{\mathrm{eq}} - T_2\right) = 0 \Rightarrow T_{\mathrm{eq}} = \frac{c_1m_1T_1 + c_2m_2T_2}{c_1m_1 + c_2m_2} = 14,3\ °\mathrm{C}$$

46 $$cm_1\left(T_{\mathrm{eq}} - T_1\right) + cm_2\left(T_{\mathrm{eq}} - T_2\right) = 0 \Rightarrow T_2 = \frac{(m_1 + m_2)T_{\mathrm{eq}} - m_1T_1}{m_2} = -13\ °\mathrm{C}$$

47 $$m = \frac{Q}{c\Delta T} = \frac{1,3\cdot 10^{6}\ \mathrm{J}}{[4186\ \mathrm{J/(kg\cdot K)}](308\ \mathrm{K} - 298\ \mathrm{K})} = 31,05\ \mathrm{kg} \cong 31\ \mathrm{kg}$$

48 Pedice «f» = acqua fredda; pedice «c» = acqua calda.

$$Q_{\text{assorbito}} = Q_{\text{ceduto}} \quad \rightarrow \quad c_{\text{f}} m_{\text{f}} \Delta T_{\text{f}} = c_{\text{c}} m_{\text{c}} \Delta T_{\text{c}}$$

Il calore specifico dell'acqua calda e fredda ha lo stesso valore:

$$m_{\text{f}} \left(36\ °\text{C} - 10\ °\text{C}\right) = m_{\text{c}} \left(49\ °\text{C} - 36\ °\text{C}\right) \quad \rightarrow \quad m_{\text{f}} = 0{,}50 m_{\text{c}}$$

$$m_{\text{f}} + m_{\text{c}} = 180\ \text{kg}$$

$$m_{\text{c}} = \frac{180\ \text{kg}}{1 + 0{,}50} = 120\ \text{kg}$$

$$m_{\text{f}} = \left(180\ \text{kg}\right) - m_{\text{c}} = \left(180\ \text{kg}\right) - \left(120\ \text{kg}\right) = 60\ \text{kg}$$

49 $$\Delta T_{\text{K}} = \Delta T_{\text{C}} = 50\ °\text{C} - 20\ °\text{C} = 30\ °\text{C}$$

$$Q = cm\Delta T_{\text{K}} = \left[4186\ \text{J/(kg}\cdot\text{K)}\right]\left(4{,}0\ \text{kg}\right)\left(30\ \text{K}\right) = 502\,320\ \text{J}$$

$$Q = \frac{502\,320\ \text{J}}{4{,}186\ \text{J/cal}} = 120\,000\ \text{cal} = 1{,}2 \cdot 10^5\ \text{cal}$$

50 Il calore assorbito dall'acqua è uguale al calore ceduto dall'acciaio

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = -Q_{\text{Ac}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} c \left(T_{\text{eq}} - T_{\text{i,H}_2\text{O}}\right) = -m_{\text{Ac}} c \left(T_{\text{eq}} - T_{\text{i,Ac}}\right)$$

da cui la temperatura di equilibrio

$$T_{\text{eq}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}} c T_{\text{i, H}_2\text{O}} + m_{\text{Ac}} c T_{\text{ i,Ac}}}{m_{\text{H}_2\text{O}} c + m_{\text{Ac}} c} =$$

$$= \frac{\left\{\left(5{,}0\ \text{kg}\right)\left[4186\ \text{J/(kg}\cdot\text{K)}\right]\left(293\ \text{K}\right)\right\} + \left\{\left(2{,}5\ \text{kg}\right)\left[452\ \text{J/(kg}\cdot\text{K)}\right]\left(353\ \text{K}\right)\right\}}{\left\{\left(5{,}0\ \text{kg}\right)\left[4186\ \text{J/(kg}\cdot\text{K)}\right]\right\} + \left\{\left(2{,}5\ \text{kg}\right)\left[452\ \text{J/(kg}\cdot\text{K)}\right]\right\}} = 296{,}073\ \text{K}$$

Conversione in °C

$$T_{\text{eq,°C}} = T_{\text{eq,K}} - 273{,}15 = 296{,}073\ \text{K} - 273{,}15 = 22{,}923\ °\text{C} \cong 23\ °\text{C}$$

51 Pedice c = calda, pedice f = fredda

$$Q_{\text{c}} = Q_{\text{f}}$$

$$cm_{\text{c}} \Delta T_{\text{c}} = cm_{\text{f}} \Delta T_{\text{f}}$$

$$\Delta T_{\text{f}} = \frac{cm_{\text{c}} \Delta T_{\text{c}}}{cm_{\text{f}}} = \frac{m_{\text{c}} \Delta T_{\text{c}}}{m_{\text{f}}} = \frac{\left(0{,}5\ \text{kg}\right)\left(20\ °\text{C} - 8\ °\text{C}\right)}{\left(2{,}0\ \text{kg}\right)} = 3\ °\text{C}$$

$$T_{\text{iniziale,f}} = T_{\text{eq}} - \Delta T_{\text{f}} = 8\ °\text{C} - 3\ °\text{C} = 5\ °\text{C}$$

52 Pedice «m» = metallo; pedice «o» = olio.

$$Q_{\mathrm{m}} = Q_{\mathrm{o}} \quad \rightarrow \quad (cm\Delta T)_{\mathrm{m}} = (cm\Delta T)_{\mathrm{o}} \quad \rightarrow \quad c_{\mathrm{m}}m_{\mathrm{m}}(T_{\mathrm{i}} - T_{\mathrm{f}})_{\mathrm{m}} = c_{\mathrm{o}}m_{\mathrm{o}}(T_{\mathrm{i}} - T_{\mathrm{f}})_{\mathrm{o}}$$

$$T_{\mathrm{f\,m}} = T_{\mathrm{f\,o}} = T_{\mathrm{f}}$$

$$T_{\mathrm{i\,m}} = \frac{c_{\mathrm{o}}m_{\mathrm{o}}(T_{\mathrm{f}} - T_{\mathrm{i\,o}})}{c_{\mathrm{m}}m_{\mathrm{m}}} + T_{\mathrm{f}} = \frac{[2700\ \mathrm{J/(kg\cdot °C)}](710\ \mathrm{kg})(47\ °\mathrm{C} - 32\ °\mathrm{C})}{[430\ \mathrm{J/(kg\cdot °C)}](75\ \mathrm{kg})} + 47\ °\mathrm{C} = 940\ °\mathrm{C}$$

53 Pedice " f " = acqua fredda, pedice "c" = acqua calda, pedice "cal" = calorimetro.

- Calore assorbito dall'acqua fredda:

  $$Q_{\mathrm{f}} = cm_{\mathrm{f}}(T_{\mathrm{eq}} - T_{\mathrm{f}}) = [4186\ \mathrm{J/(kg\cdot K)}](0,3\ \mathrm{kg})(20\ \mathrm{K}) = 25\,116\ \mathrm{J}$$

  Calore ceduto dall'acqua calda:

  $$Q_{\mathrm{c}} = cm_{\mathrm{c}}(T_{\mathrm{eq}} - T_{\mathrm{c}}) = [4186\ \mathrm{J/(kg\cdot K)}](0,2\ \mathrm{kg})(-36\ \mathrm{K}) = -30\,139,2\ \mathrm{J} \cong -3,0\cdot 10^4\ \mathrm{J}$$

- Il calore ceduto dall'acqua calda non è assorbito per intero dall'acqua fredda, quindi la capacità termica del calorimetro non è trascurabile. Dall'uguaglianza tra calore assorbito e calore ceduto

  $$Q_{\mathrm{f}} + Q_{\mathrm{cal}} = -Q_{\mathrm{c}}$$

  ricaviamo il calore assorbito dal calorimetro:

  $$Q_{\mathrm{cal}} = -Q_{\mathrm{c}} - Q_{\mathrm{f}} = -(-30\,139,2\ \mathrm{J}) - 25\,116\ \mathrm{J} = 5023,2\ \mathrm{J} \cong 5\cdot 10^3\ \mathrm{J}$$

54 Pedice "vt" = vetro; pedice " H_2O " = acqua; pedice "*x*" = incognito

$$\Delta T_{\mathrm{vt}} = \Delta T_{\mathrm{H_2O}} = 2\ \mathrm{K}$$

$$\Delta T_x = -76\ \mathrm{K}$$

Il calore assorbito è uguale al calore ceduto

$$(cm\Delta T)_{\mathrm{vt}} + (cm\Delta T)_{\mathrm{H_2O}} = -(cm\Delta T)_x$$

da cui il calore specifico del materiale incognito

$$c_x = -\frac{c_{\mathrm{vt}}m_{\mathrm{vt}}\Delta T_{\mathrm{vt}} + c_{\mathrm{H_2O}}m_{\mathrm{H_2O}}\Delta T_{\mathrm{H_2O}}}{m_x\Delta T_x} =$$

$$= -\frac{[840\ \mathrm{J/(kg\cdot K)}](0,2\ \mathrm{kg})(2\ \mathrm{K}) + [4186\ \mathrm{J/(kg\cdot K)}](0,3\ \mathrm{kg})(2\ \mathrm{K})}{(0,0968\ \mathrm{kg})(-76\ \mathrm{K})} \cong 390\ \mathrm{J/(kg\cdot K)}$$

Il valore ottenuto è compatibile con quello noto del rame.

55

Passaggio di stato	**Fenomeno**	**Calore**
Liquido $\rightarrow$ gas	Evaporazione	+
Gas $\rightarrow$ liquido	Condensazione	–
Solido $\rightarrow$ liquido	Fusione	+
Liquido $\rightarrow$ solido	Solidificazione	–
Solido $\rightarrow$ gas	Sublimazione	+
Gas $\rightarrow$ solido	Brinamento	–

56 Il calore assorbito da una sostanza durante un passaggio di stato è dato dal prodotto tra la sua massa e il calore latente:

$Q = mL$

Il calore latente di fusione del ghiaccio vale $33{,}5\cdot 10^4\ \text{J/kg}$, quindi:

$$Q = \left(33{,}5\cdot 10^4\ \text{J/kg}\right)\cdot\left(15\ \text{kg}\right) = 5{,}0\cdot 10^6\ \text{J}$$

57
$$m = \frac{Q}{L_\text{f}} = \frac{\left(6140\ \text{cal}\right)\left(4{,}186\ \text{J/cal}\right)}{2{,}57\cdot 10^4\ \text{J/kg}} = 1{,}0\ \text{kg}$$

58
$$L_\text{v} = \frac{Q}{m} = \frac{\left(408\,504\ \text{cal}\right)\left(4{,}186\ \text{J/cal}\right)}{2{,}0\ \text{kg}} = 8{,}5\cdot 10^5\ \text{J/kg}$$

Alcol etilico.

59 Perché si ha un aumento del processo di evaporazione.

60 Calore necessario per sciogliere un cubetto di benzene

$Q = mL_\text{f}$

Calore totale

$$Q_\text{tot} = NQ = NmL_\text{f} = \left(12\right)\left(0{,}01\ \text{kg}\right)\left(12{,}6\cdot 10^4\ \text{J/kg}\right) = 1{,}5\cdot 10^4\ \text{J}$$

61 Ha ragione Danilo. L’aggiunta del sale modifica, infatti, la natura della sostanza, che da acqua pura diventa acqua salata ed ha una temperatura di ebollizione leggermente superiore a 100°C (vista la quantità esigua di sale che solitamente si aggiunge). Per questa ragione istantaneamente l’acqua smette di bollire o attenua visibilmente la sua ebollizione.

62 Calore necessario per portare il piombo alla temperatura di fusione

$Q_1 = cm\Delta T$

Calore necessario per fondere tutto il piombo

$$Q_2 = mL_f$$

Calore totale

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 = cm\Delta T + mL_f = m\left(c\Delta T + L_f\right) =$$

$$= \left(0{,}44 \text{ kg}\right)\left\{\left[128 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}\right]\left(302{,}3 \text{ K}\right) + \left(2{,}32\cdot 10^4 \text{ J/kg}\right)\right\} = 2{,}7\cdot 10^4 \text{ J}$$

63 $Q_{tot} = Q_1 + Q_2 = m\left(c\Delta T + L\right)$

essendo Q_1 è la quantità di calore necessaria per portare il pezzo di alluminio fino alla temperatura di 660 °C e Q_2 è la quantità di calore necessaria per liquefare l'alluminio. Quindi

$$Q_{tot} = \left(0{,}45 \text{ kg}\right)\left\{\left[9{,}00\cdot 10^2 \text{ J/(kg}\cdot\text{°C)}\right]\left(660\text{ °C} - 130\text{ °C}\right) + \left(4{,}0\cdot 10^5 \text{ J/kg}\right)\right\} = 3{,}9\cdot 10^5 \text{ J}$$

64 $cm_g\left(T_{eq} - T_g\right) + cm_a\left(T_{eq} - T_a\right) + m_g L = 0 \Rightarrow T_{eq} = \dfrac{m_g T_g + m_a T_a - \dfrac{m_g L}{c}}{m_g + m_a} = 64\text{ °C}$

65 Pedice «a» = acqua; pedice «g» = ghiaccio.

Bisogna considerare la quantità di calore necessaria per portare il ghiaccio fino al suo punto di fusione, la quantità di calore necessaria per fondere tutta la massa d'acqua e infine la quantità di calore necessaria per far aumentare la temperatura dell'acqua:

$$Q_{tot} = Q_g + Q_{g+a} + Q_a$$

$$Q_{tot} = \left(cm\Delta T\right)_g + mL + \left(cm\Delta T\right)_a$$

$$4{,}11\cdot 10^6 \text{ J} = \left[2{,}00\cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{°C)}\right]\left(10{,}0 \text{ kg}\right)\left(10{,}0\text{ °C}\right) +$$

$$+\left(10{,}0 \text{ kg}\right)\left(33{,}5\cdot 10^4 \text{ J/kg}\right) + \left[4186 \text{ J/(kg}\cdot\text{°C)}\right]\left(10{,}0 \text{ kg}\right)T_f \quad \rightarrow \quad T_f = 13\text{ °C}$$

66 ▸ Calore necessario per portare il rame alla temperatura di fusione di 1083 °C

$$\Delta T_1 = 1083\text{ °C} - 905\text{ °C} = 178\text{ °C}\,;\ \Delta T_{°C} = \Delta T_K = 178 \text{ K}$$

$$Q_1 = cm\Delta T_1 = \left[387 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}\right]\left(0{,}145 \text{ kg}\right)\left(178 \text{ K}\right) = 1{,}0\cdot 10^4 \text{ J}$$

Calore necessario per fondere completamente il rame

$$Q_2 = mL_f = \left(0{,}145 \text{ kg}\right)\left(20{,}7\cdot 10^4 \text{ J/kg}\right) = 3{,}0\cdot 10^4 \text{ J}$$

Calore necessario per portare il rame fuso alla temperatura di 1500 °C

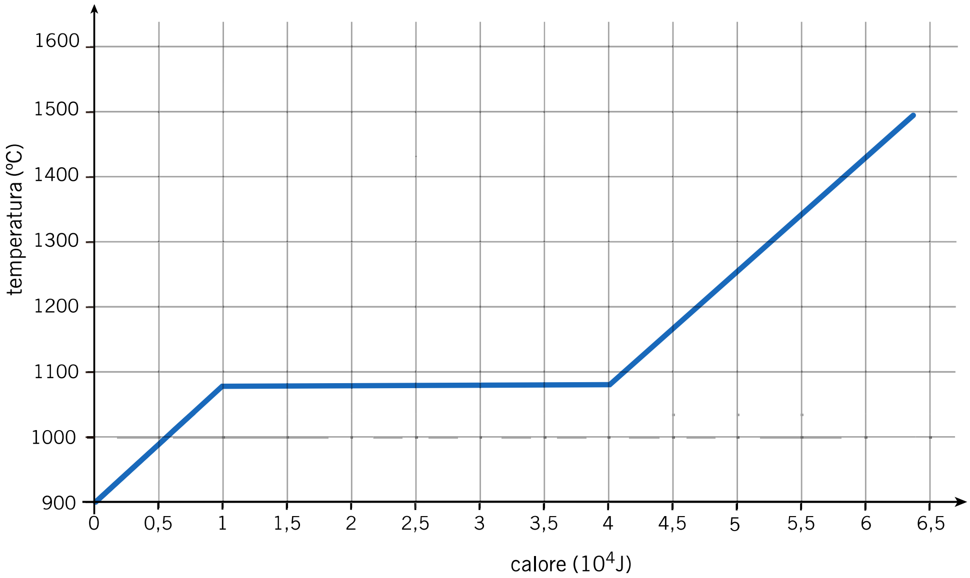
$$\Delta T_2 = 1500\text{ °C} - 1083\text{ °C} = 417\text{ °C}\,;\ \ \Delta T_{°C} = \Delta T_K = 417 \text{ K}$$

$$Q_3 = cm\Delta T_3 = \left[387 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}\right]\left(0{,}145 \text{ kg}\right)\left(417 \text{ K}\right) = 2{,}3\cdot 10^4 \text{ J}$$

Calore totale

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \left(1,0 \cdot 10^4 \text{ J}\right) + \left(3,0 \cdot 10^4 \text{ J}\right) + \left(2,3 \cdot 10^4 \text{ J}\right) = 6,3 \cdot 10^4 \text{ J}$$

▶



67 Calore necessario per fondere completamente il benzene

$$Q_f = mL_f$$

$$t = \frac{Q_f}{P} = \frac{mL_f}{P} = \frac{(0,5 \text{ kg})(12,6 \cdot 10^4 \text{ J/kg})}{630 \text{ J/s}} = 100 \text{ s}$$

68

Situazione	**Processo**
Un termosifone che riscalda una stanza	Convezione
Un forno che cuoce una torta	Conduzione, convezione
Un'auto parcheggiata che si scalda in estate	Irraggiamento
Un gatto che dorme su un cuscino e lo scalda	Conduzione

69 Il calore è trasmesso attraverso la sbarra per **conduzione**, e il suo valore è dato dall'equazione:

$$Q = \frac{kA\Delta T \Delta t}{L}$$

Il coefficiente di conducibilità termica del ferro vale $k = 79 \text{ J/(s} \cdot \text{m} \cdot \text{K)}$.

Sostituendo nell'equazione:

$$Q = \frac{[79 \text{ J/(s} \cdot \text{m} \cdot \text{K)}]\left(5,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2\right)(600 \text{ K} - 300 \text{ K})(120 \text{ s})}{1,0 \text{ m}} = 1,4 \cdot 10^3 \text{ J}$$

70 $$L=\frac{kA\Delta T\Delta t}{Q}=\frac{[240\ \mathrm{J/(s\cdot m\cdot K)}](4\cdot10^{-3}\ \mathrm{m^2})(70\ \mathrm{K}+70\ \mathrm{K})(300\ \mathrm{s})}{(5000\ \mathrm{cal})(4{,}186\ \mathrm{J/cal})}=1{,}9\ \mathrm{m}$$

71 Ha ragione Maria. Il motivo per cui al tatto l'hard disk sembra più freddo della matita non è infatti legato alla loro temperatura, che è la stessa, ma alla maggiore conducibilità termica dell'alluminio rispetto a quella del legno: la nostra mano, che si trova a una temperatura maggiore di quella di entrambi gli oggetti, cede calore all'hard disk molto più velocemente di quanto non faccia alla matita e questo fa sì che percepiamo l'hard disk più freddo.

72 $$\Delta T=\frac{QL}{kA\Delta t}=\frac{(3960\ \mathrm{J})(10\ \mathrm{m})}{[1{,}1\ \mathrm{J/(s\cdot m\cdot K)}](1{,}0\ \mathrm{m^2})(3600\ \mathrm{s})}=10\ \mathrm{K}$$

$$\Delta T_{\mathrm{C}}=\Delta T_{\mathrm{K}}=10\ \mathrm{°C}$$

73 $$k=\frac{QL}{\Delta TA\Delta t}=\frac{(3900\ \mathrm{J})(0{,}01\ \mathrm{m})}{(25\ \mathrm{K})(1{,}0\cdot10^{-5}\ \mathrm{m^2})(400\ \mathrm{s})}=390\ \mathrm{J/(s\cdot m\cdot K)}$$

Il valore ottenuto è uguale alla conducibilità termica del rame.

74 $$L=\frac{kA\Delta T\Delta t}{Q}=\frac{[0{,}08\ \mathrm{J/(s\cdot m\cdot K)}][(5{,}0\ \mathrm{m})(3{,}0\ \mathrm{m})](30\ \mathrm{K})(1\ \mathrm{s})}{100\ \mathrm{J}}=0{,}36\ \mathrm{m}=36\ \mathrm{cm}$$

75 $$A=\frac{\frac{Q}{t}}{e\sigma T^4}=\frac{60\ \mathrm{W}}{(0{,}36)[5{,}67\cdot10^{-8}\ \mathrm{J/(s\cdot m^2\cdot K^4)}](3273\ \mathrm{K})^4}=2{,}6\cdot10^{-5}\ \mathrm{m^2}$$

76 $$P=\frac{E}{\Delta t}=e\sigma T^4A=(1)[5{,}67\cdot10^{-8}\ \mathrm{J/(s\cdot m^2\cdot K^4)}](310{,}15\ \mathrm{K})^4(2{,}0\ \mathrm{m^2})=1049{,}301\ \mathrm{J/s}\cong1{,}0\cdot10^3\ \mathrm{W}$$

77 $$e=\frac{E}{\sigma T^4A\Delta t}=\frac{(100\ \mathrm{cal})(4{,}186\ \mathrm{J/cal})}{[5{,}67\cdot10^{-8}\ \mathrm{J/(s\cdot m^2\cdot K^4)}](1000\ \mathrm{K})^4[6(0{,}1\ \mathrm{m})(0{,}1\ \mathrm{m})](1\ \mathrm{s})}=0{,}12$$

78 Pedice «c» = caldo; pedice «f» = freddo; L è la lunghezza della barra.

$$L=\frac{(kA\Delta T)t}{Q}=\frac{kA(T_{\mathrm{c}}-T_{\mathrm{f}})t}{Q}$$

La quantità di calore Q si può esprimere anche in funzione del calore che fluisce attraverso il tratto di barra, lungo D = 0,13 m, il cui estremo caldo si trova alla temperatura T = 23 °C:

$$Q = \frac{kA(T - T_f)t}{D}$$

Sostituendo si ha

$$L = \frac{kA(T_c - T_f)t}{Q} = \frac{kA(T_c - T_f)t}{\frac{kA(T - T_f)t}{D}} = \frac{T_c - T_f}{T - T_f} D = \frac{(48\,°\text{C} - 11\,°\text{C})(0{,}13\text{ m})}{23\,°\text{C} - 11\,°\text{C}} = 0{,}40\text{ m} = 40\text{ cm}$$

79 $$T = \sqrt[4]{\frac{\frac{Q}{\Delta t}}{e\sigma 4\pi r^2}} = \sqrt[4]{\frac{3{,}9 \cdot 10^{26}\text{ W}}{(1)\left[5{,}67 \cdot 10^{-8}\text{ J/(s·m}^2\text{·K}^4)\right]4\pi\left(6{,}96 \cdot 10^{8}\text{ m}\right)^2}} = 5800\text{ K}$$

Problemi finali

80 $$r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3(4{,}2\text{ cm}^3)}{4(3{,}14)}} = 1{,}001\text{ cm}$$

$$\Delta T_K = \Delta T_{°C} = 300\text{ K}$$

$$\Delta r = \lambda r_0 \Delta T = \left(23 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}\right)(1\text{ cm})(300\text{ K}) = 6{,}9 \cdot 10^{-3}\text{ cm}$$

81 Pedice «p» = pietra; pedice «a» = acqua.

La pietra, cadendo, perde un'energia potenziale $m_p gh$ che si trasforma in energia cinetica della pietra, prima, e in energia termica della pietra e dell'acqua, dopo (al termine della caduta):

$$m_p gh = c_p m_p \Delta T + c_a m_a \Delta T \quad \rightarrow$$

$$\Delta T = \frac{m_p gh}{c_p m_p + c_a m_a} = \frac{(0{,}20\text{ kg})\left(9{,}80\text{ m/s}^2\right)(15\text{ m})}{[1840\text{ J/(kg·°C)}](0{,}20\text{ kg}) + [4186\text{ J/(kg·°C)}](0{,}35\text{ kg})} = 0{,}016\text{ °C}$$

82

- Per fondere il ghiaccio occorre una quantità di calore

$$Q = mL = \rho VL = \left(917\text{ kg/m}^3\right)\left(9{,}66 \cdot 10^{11}\text{ m}^3\right)\left(3{,}35 \cdot 10^5\text{ J/kg}\right) = 3{,}0 \cdot 10^{20}\text{ J}$$

- Perché possa fondere completamente occorre un numero di anni pari a

$$N = \frac{3{,}0 \cdot 10^{20}\text{ J}}{9{,}3 \cdot 10^{19}\text{ J/a}} = 3{,}2\text{ anni}$$

83 Calore assorbito dall'alluminio = calore ceduto dall'acqua + calore ceduto dall'acqua ghiacciando

$$c_{\mathrm{Al}} m_{\mathrm{Al}} \Delta T_{\mathrm{Al}} = c_{\mathrm{H_2O}} m_{\mathrm{H_2O}} \Delta T_{\mathrm{H_2O}} + m_{\mathrm{ghiaccio}} L_{\mathrm{H_2O}}$$

$$m_{\mathrm{ghiaccio}} = \frac{c_{\mathrm{Al}} m_{\mathrm{Al}} \Delta T_{\mathrm{Al}} - c_{\mathrm{H_2O}} m_{\mathrm{H_2O}} \Delta T_{\mathrm{H_2O}}}{L_{\mathrm{H_2O}}} =$$

$$= \frac{\left[9{,}00 \cdot 10^2\ \mathrm{J/(kg \cdot °C)}\right](0{,}200\ \mathrm{kg})\left[0{,}0\ °\mathrm{C} - (-155\ °\mathrm{C})\right]}{33{,}5 \cdot 10^4\ \mathrm{J/kg}} +$$

$$- \frac{\left[4186\ \mathrm{J/(kg \cdot °C)}\right](1{,}5\ \mathrm{kg})(3{,}0\ °\mathrm{C} - 0{,}0\ °\mathrm{C})}{33{,}5 \cdot 10^4\ \mathrm{J/kg}} = 0{,}027\ \mathrm{kg}$$

84 L'energia cinetica deve essere uguale al calore necessario per scaldare il meteorite più il calore necessario per fonderlo

$$K = Q + Q_{\mathrm{fusione}} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{2} m v^2 = c m \Delta T + m L_{\mathrm{f}}$$

$$v = \sqrt{2L + 2c\Delta T} =$$

$$= \sqrt{2(30\,000\ \mathrm{cal/kg}) + 2\left[110\ \mathrm{cal/(kg \cdot °C)}\right](4{,}186\ \mathrm{J/cal})(1510\ °\mathrm{C} + 193{,}15\ °\mathrm{C})} = 1300\ \mathrm{m/s}$$

85 $$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{L} = \frac{\left[0{,}040\ \mathrm{J/(s \cdot m \cdot °C)}\right](1{,}6\ \mathrm{m^2})(25\ °\mathrm{C})}{2{,}0 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}} = 8{,}0 \cdot 10^2\ \mathrm{J/s}$$

86 $$E = e\sigma T^4 A \Delta t$$

$$A = \frac{E/\Delta t}{e\sigma T^4}$$

Superficie della sfera

$$A = 4\pi r^2$$

da cui

$$r = \sqrt{\frac{A}{4\pi}} = \sqrt{\frac{E/\Delta t}{4\pi e\sigma T^4}} = \sqrt{\frac{1{,}2 \cdot 10^{28}\ \mathrm{J/s}}{4\pi(1)\left[5{,}67 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{J/(s \cdot m^2 \cdot K^4)}\right](9940\ \mathrm{K})^4}} = 1{,}3 \cdot 10^6\ \mathrm{km}$$

87 L'energia radiante netta emessa dalla persona è

$$P_{\mathrm{netta}} t = e\sigma A\left(T^4 - T_0^4\right) t$$

La persona deve emettere un'energia uguale a quella assorbita mangiando il dolce, cioè Q

$$P_{\mathrm{netta}} t = Q$$

Il tempo necessario è allora

$$t = \frac{Q}{P_{\text{netta}}} = \frac{Q}{e\sigma A\left(T^4 - T_0^4\right)}$$

$$Q = \left(260\ \text{cal}\right)\frac{4186\ \text{J}}{1\ \text{cal}}$$

e le temperature in kelvin sono

$$T = 36\ °\text{C} + 273 = 309\ \text{K}$$

$$T_0 = 21\ °\text{C} + 273 = 294\ \text{K}$$

$$t = \frac{\left(260\ \text{cal}\right)\frac{4186\ \text{J}}{1\ \text{cal}}}{\left(0{,}75\right)\left[5{,}67 \cdot 10^{-8}\ \text{J/(s·m}^2\text{·K}^4)\right]\left(1{,}3\ \text{m}^2\right)\left[(309\ \text{K})^4 - (294\ \text{K})^4\right]} = 1{,}2 \cdot 10^4\ \text{s}$$

88 Pedice «ac» = acciaio; pedice «Al».

$$L_{\text{f ac}} = L_{\text{f Al}} \quad \rightarrow \quad L_{0\ \text{ac}} + \Delta L_{\text{ac}} = L_{0\ \text{Al}} + \Delta L_{\text{Al}} \quad \rightarrow$$

$$\rightarrow \quad L_{0\ \text{ac}} + \lambda_{\text{ac}} L_{0\ \text{ac}} \Delta T = L_{0\ \text{Al}} + \lambda_{\text{Al}} L_{0\ \text{Al}} \Delta T \quad \rightarrow$$

$$\rightarrow \quad L_{0\ \text{ac}}\left(1 + \lambda_{\text{ac}}\Delta T\right) = L_{0\ \text{Al}}\left(1 + \lambda_{\text{Al}}\Delta T\right)$$

$$L_{0\ \text{ac}} = 1{,}0010\, L_{0\ \text{Al}}$$

$$1{,}0010\, L_{0\ \text{Al}}\left(1 + \lambda_{\text{ac}}\Delta T\right) = L_{0\ \text{Al}}\left(1 + \lambda_{\text{Al}}\Delta T\right) \quad \rightarrow$$

$$\rightarrow \quad \Delta T = \frac{1{,}0010 - 1}{\lambda_{\text{Al}} - (1{,}0010)\lambda_{\text{ac}}} = \frac{0{,}0010}{23 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1} - \left(1{,}0010\right)\left(12 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}\right)} = 91\ °\text{C}$$

89 ▸ Variazione di temperatura

$$\Delta T_{°\text{C}} = \left(1083\ °\text{C} - 10\ °\text{C}\right) = 1073\ °\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{K}} = \Delta T_{°\text{C}} = 1073\ \text{K}$$

Variazione di volume

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T = \beta\left(L_0\right)^3 \Delta T$$

da cui

$$L_0 = \sqrt[3]{\frac{\Delta V}{\beta \Delta T}} = \sqrt[3]{\frac{\left(1{,}2 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^3\right)}{\left(51 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}\right)\left(1073\ \text{K}\right)}} = 0{,}0279\ \text{m} \cong 2{,}8\ \text{cm}$$

▸ Massa del cubo di rame

$$m = dV_0 = d\left(L_0\right)^3$$

Calore assorbito dal rame per raggiungere la temperatura di fusione di 1083 °C e per fondere completamente

$$Q = cm\Delta T + mL_f = m\left(c\Delta T + L_f\right) = d\left(L_0\right)^3 \cdot \left(c\Delta T + L_f\right) =$$

$$= \left(8920\ \text{kg/m}^3\right) \cdot \left(0{,}028\right)^3 \cdot \left\{\left[387\ \text{J/(kg}\cdot\text{K)}\right]\left(1073\ \text{K}\right) + \left(20{,}7 \cdot 10^4\ \text{J/kg}\right)\right\} = 1{,}2 \cdot 10^5\ \text{J}$$

90 Il calore trasmesso nel tempo dai tre materiali è («i» = intonaco; «m» = mattone; «l» = legno)

$$\frac{Q}{t} = \frac{k_i A\Delta T_i}{L} = \frac{k_m A\Delta T_m}{L} = \frac{k_l A\Delta T_l}{L}$$

T_{int} = temperatura interna

T_1 = temperatura all'interfaccia intonaco-mattone

T_2 = temperatura all'interfaccia mattone-legno

T_0 = temperatura esterna

$$k_i T_{int} - k_i T_1 = k_m T_1 - k_m T_2$$

$$k_m T_1 - k_m T_2 = k_l T_2 - k_l T_0$$

$$T_2 = \frac{\left(k_i + k_m\right)}{k_m} T_1 - \frac{k_i}{k_m} T_{int}$$

$$T_1 = \frac{\left(k_i + \frac{k_l k_i}{k_m}\right) T_{int} + k_l T_0}{k_i + k_l + \frac{k_i k_l}{k_m}} = 21\ °\text{C}$$

$$T_2 = 18\ °\text{C}$$

Test

1	C
2	D
3	D
4	E
5	B
6	A
7	C
8	B

Test per l'università

9	C
10	E
11	E
12	B
13	B

Sei pronto per la verifica?

1 La dilatazione termica lineare di una sbarra può essere espressa con la formula $\Delta L = \lambda L_0 \Delta T$. Dipende quindi dalla lunghezza inziale L_0 della sbarra, dal coefficiente di dilatazione lineare λ e dalla variazione della temperatura ΔT.

2 La capacità termica di un corpo è data $C = \dfrac{Q}{\Delta T}$ e rappresenta la quantità di energia necessaria per aumentare di $1\,\text{K}$ la temperatura di un corpo. Nel SI la sua unità di misura è J/K.

3 La trasmissione del calore può avvenire in tre modi:

- convezione: è il processo di trasferimento del calore mediante spostamento di materia fluida. Il fluido in movimento prende nome di corrente convettiva.
- conduzione: è il processo di trasferimento del calore attraverso le sostanze, senza spostamento di materia.
- irraggiamento: è il processo di trasferimento del calore attraverso onde elettromagnetiche.

4 B

5 A

6 B

7 B

8 $$c_1 m_1 \left(T_{\text{eq}} - T_1\right) + c_2 m_2 \left(T_{\text{eq}} - T_2\right) = 0 \Rightarrow T_2 = \frac{\left(c_1 m_1 + c_2 m_2\right) T_{\text{eq}} - c_1 m_1 T_1}{c_2 m_2} = 52\ °\text{C}$$

9 $$V_0 = \frac{\Delta V}{\beta \Delta T} = \frac{1{,}2 \cdot 10^{-5}\ \text{m}^3}{\left(51 \cdot 10^{-6}\ °\text{C}^{-1}\right)\left(100\ °\text{C} - 24\ °\text{C}\right)} = 3{,}1 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3$$