

Un blocco di ghiaccio di massa $m=10$ kg si trova inizialmente alla temperatura $T=-50^{\circ}\text{C}$ in un contenitore aperto alla pressione atmosferica. Se il blocco viene scaldato con una sorgente di calore che eroga una potenza di $P=1000$ watt, quanto tempo sarà necessario per:

- Raggiungere la temperatura di 50°C
- Far evaporare tutto il liquido.
- Raggiungere la temperatura di 150°C .
- Quale sarà lo stato del sistema se il calore complessivamente cedutogli è pari $Q_{\text{tot}} = 2 \times 10^6 \text{ J}$

Dati:

calore specifico del ghiaccio $c_{ghi} = 2090 \text{ J / (kg } ^{\circ}\text{K)}$

calore specifico dell'acqua $c_{H2O} = 4186 \text{ J / (kg } ^{\circ}\text{K)}$

calore specifico del vapore acqueo $c_{vap} = 2010 \text{ J / (kg } ^{\circ}\text{K)}$

calore latente di fusione del ghiaccio $c_{fus} = 3.33 \times 10^5 \text{ J / kg}$

calore latente di vaporizzazione dell'acqua $c_{evap} = 2.26 \times 10^6 \text{ J / kg}$

Prima di procedere con la risoluzione dei quattro quesiti calcolo il calore necessario per le varie trasformazioni:

$$Q1 (-50 \text{ a } 0^{\circ}\text{C}) = c_{ghi} m \Delta T = 1.045 \times 10^6 \text{ J}$$

$$Q2 (\text{fusione}) = c_{fus} m = 3.330 \times 10^6 \text{ J}$$

$$Q3 (\text{da } 0 \text{ a } 50^{\circ}\text{C}) = c_{H2O} m \Delta T = 2.093 \times 10^6 \text{ J}$$

$$Q4 (50 \text{ a } 100^{\circ}\text{C}) = c_{H2O} m \Delta T = 2.093 \times 10^6 \text{ J}$$

$$Q5 (\text{evaporazione da } 100^{\circ}\text{C a } 100^{\circ}\text{C}) = c_{evap} m = 2.260 \times 10^7 \text{ J}$$

$$Q6 (\text{da } 100 \text{ a } 150^{\circ}\text{C}) = c_{vap} m \Delta T = 1.005 \times 10^6 \text{ J}$$

- Per raggiungere i 50°C sarà necessario fornire il calore Q_a :

$$Q_a = Q1 + Q2 + Q3 = 1.045 \times 10^6 \text{ J} + 3.330 \times 10^6 \text{ J} + 2.093 \times 10^6 \text{ J} = 6.468 \times 10^6 \text{ J}.$$

Il tempo necessario sarà quindi:

$$t_a = \frac{Q_a}{P} = \frac{6.468 \times 10^6}{1000 \frac{\text{J}}{\text{W}}} = 6468 \text{ s} = 1.80 \text{ h}$$

- Affinché evapori il liquido occorre fornire il calore Q_b :

$$\begin{aligned} Q_b &= Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 = \\ &= 1.045 \times 10^6 \text{ J} + 3.330 \times 10^6 \text{ J} + 2.093 \times 10^6 \text{ J} + 2.093 \times 10^6 \text{ J} + 2.26 \times 10^7 \text{ J} \\ &= 3.116 \times 10^7 \text{ J} \end{aligned}$$

Il tempo necessario sarà quindi

$$t_b = \frac{Q_b}{P} = \frac{3,116 \times 10^7 J}{1000 \frac{J}{W}} = 31161s = 8,66 \text{ h}$$

c) Per raggiungere i 150°C occorre fornire il calore Q_c :

$$\begin{aligned} Q_c &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = \\ &= 1,045 \times 10^6 J + 3,330 \times 10^6 J + 2,093 \times 10^6 J + 2,093 \times 10^6 J + 2,26 \times 10^7 J \\ &\quad + 1,005 \times 10^6 J = 3,217 \times 10^7 J \end{aligned}$$

Il tempo necessario sarà dunque:

$$t_c = \frac{Q_c}{P} = \frac{3,217 \times 10^7 J}{1000 \frac{J}{W}} = 32165s = 8,93 \text{ h}$$

d) Il calore $Q_{tot} = 2 \times 10^6$ viene in parte utilizzato per scaldare il ghiaccio da -50 a 0°C e in parte per scioglierlo. Quindi il calore disponibile per la fusione è:

$$Q_{fus} = Q_{tot} - Q_1 = 2 \times 10^6 J - 1,045 \times 10^6 J = 9,55 \times 10^5 J$$

Questo calore scioglierà solo una parte del blocco, la cui massa vale:

$$m = \frac{Q_{fus}}{c_{fus}} = \frac{9,55 \times 10^5 J}{3,33 \times 10^5 J} = 2,87 \text{ kg}$$

Il resto del blocco (ovvero $10 - 2,87 \text{ kg} = 7,13 \text{ kg}$) rimarrà in forma di ghiaccio