**ESERCIZIO** Un blocco di piombo ha massa 20 kg e densità $11.3 \cdot 10^3\ kg/m^3$ a 0°C.

a) Quale è la densità del piombo a 80°C? (coefficiente di espansione lineare $29 \cdot 10^{-6}/°C$)

b) Quale è la massa del blocco a 80°C?

**SOLUZIONE** a) Il volume del blocco varia come

$$V_{80} = V_0 \cdot (1 + \beta \Delta T)$$

dove $\beta = 3\alpha$ è il coefficiente di espansione cubica. Quindi si ha:

$$\rho_{80} = \frac{m}{V_{80}} = \frac{m}{V_0(1+\beta\Delta T)} = \frac{\rho_0}{1+\beta\Delta T}$$

$$= \frac{11.3 \cdot 10^3\ kg/m^3}{1 + 3 \cdot 29 \cdot 10^{-6}/°C \cdot 80°C} = 11.22 \cdot 10^3\ kg/m^3.$$

b) la massa non varia con la temperatura.

**ESERCIZIO** Un recipiente contiene 1.5 mol di un gas ideale. Determinare il numero di moli di gas che devono essere rimosse per abbassare la pressione da 25 atm a 5 atm (a volume costante).

**SOLUZIONE** Usando l'equazione di stato abbiamo che

$$P_1 \cdot V = n_1 \cdot R \cdot T$$

$$P_2 \cdot V = n_2 \cdot R \cdot T$$

dove $P_1 = 25$ atm, $P_2 = 5$ atm e $n_1 = 1.5$ mol, $n_2$ è il numero di moli finale. Dividendo le due espressioni:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = n_1 \cdot \frac{P_2}{P_1} = 1.5\ mol \cdot \frac{5\ atm}{25\ atm} = 0.3\ mol$$

Quindi devono essere rimosse

$$n_1 - n_2 = 1.5\ mol - 0.3\ mol = 1.2\ mol.$$

**ESERCIZIO** Un pezzo di metallo di massa 0.05 kg alla temperatura di 200°C è immerso in un recipiente contenente 0.4 kg di acqua alla temperatura di 20°C. Quando il sistema raggiunge l'equilibrio la temperatura è di 22.4°C. Calcolare il calore specifico del metallo.

**SOLUZIONE** La quantità di calore ceduta dal metallo è

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot (T_I - T_F)$$

Il calore assorbito dall'acqua è

$$Q = m_A \cdot c_A \cdot \Delta T_A = m_A \cdot c_A \cdot (T_F - T_A)$$

Quindi abbiamo

$$m \cdot c \cdot (T_I - T_F) = m_A \cdot c_A (T_F - T_A).$$

$$\Rightarrow c = \frac{m_A c_A}{m} \cdot \frac{T_F - T_A}{T_I - T_F} = \frac{0.4\ kg \cdot 4180\ J/kg°C}{0.05\ kg} \cdot \frac{22.4°C - 20°C}{200°C - 22.4°C} = 451.8\ J/kg°C$$

II. App. 5

ESERCIZIO Un proiettile d'argento è sparato alla velocità di 200 m/s e si conficca in un pezzo di legno. Assumendo che tutta l'energia cinetica rimanga nel proiettile sotto forma di energia interna calcolare di quanto aumenta la temperatura del proiettile. (Il calore specifico dell'argento è 234 J/kg°C.)

SOLUZIONE L'energia cinetica del proiettile è

$$E = \frac{1}{2} m v^2 .$$

Tutta l'energia si trasforma in energia interna. La variazione di temperatura è determinata dal calore specifico:

$$E = m \cdot c \cdot \Delta T .$$

Quindi

$$m c \Delta T = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow \Delta T = \frac{1}{2} \frac{v^2}{c}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{(200 \, m/s)^2}{234 \, J/kg°C} = 85.5 °C .$$

ESERCIZIO Un gas ideale (0.2 mol) è contenuto in un cilindro con pistone mobile. Il pistone ha una massa di 8000g ed un'area di 5.0 cm² ed è libero di scorrere mantenendo la pressione del gas costante. Quanto lavoro è fatto dal gas se la sua temperatura sale da 20°C a 300°C? Quale è il volume del gas all'inizio e alla fine dell'espansione?

SOLUZIONE La pressione data dal pistone è

$$P = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{8 kg \cdot 9.8 \, m/s^2}{5 \cdot 10^{-4} m^2} = 1.57 \cdot 10^5 \, Pa .$$

dove $m = 8000g$ è la massa del pistone e $A = 5.0 \, cm^2$ è l'area del pistone.

Il volume del gas può essere determinato da

$$P \cdot V = n R T ,$$

quindi il volume iniziale è

$$V_I = \frac{n R T_I}{P} = \frac{0.2 \, mol \cdot (8.314 \, J/mol\,K)(20 + 273.15) K}{1.57 \cdot 10^5 \, Pa} = 3.11 \cdot 10^{-3} m^3$$

e quello finale è

$$V_F = \frac{n R T_F}{P} = \frac{0.2 \, mol \, (8.314 \, J/mol\,K)(300 + 273.15) K}{1.57 \cdot 10^5 \, Pa} = 6.08 \cdot 10^{-3} m^3$$

Il lavoro fatto dal gas è

$$L = P \cdot \Delta V = P \cdot (V_F - V_I) = 1.57 \cdot 10^5 \, Pa \, (6.08 \cdot 10^{-3} m^3 - 3.11 \cdot 10^{-3} m^3) = 465.6 \, J .$$

Notate che se siamo interessati solo al lavoro fatto dal gas, allora non ci serve calcolare la pressione. Infatti possiamo usare la relazione

$$L = P \cdot \Delta V = P (V_F - V_I) = n R (T_F - T_I) =$$
$$= 0.2 \, mol \, (8.314 \, J/mol\,K)(280 K) = 465.6 \, J ,$$

questa procedura richiede di conoscere solo il numero di moli e la differenza di temperatura.

ESERCIZIO Un motore di Carnot produce una potenza di 150 kW. Il motore opera tra le temperature di 20°C e 500°C. Quanto calore è assorbito dalla sorgente calda in un'ora? Quanto calore è ceduto alla sorgente fredda in un'ora?

SOLUZIONE. L'efficienza di una macchina di Carnot è

$$e_C = 1 - \frac{T_C}{T_H} = 1 - \frac{(20+273.15)\,K}{(500+273.15)\,K} = 0.621 \text{ cioè } 62.1\%$$

Ma l'efficienza è definita come il rapporto tra il lavoro prodotto L e il calore assorbito dalla sorgente calda $Q_H$, quindi

$$e_C = \frac{L}{Q_H}.$$

Quindi

$$\frac{L}{Q_H} = 1 - \frac{T_C}{T_H} \Rightarrow Q_H = \frac{L}{1 - T_C/T_H}.$$

Sappiamo che la potenza prodotta è ($\Delta t$ è l'intervallo di tempo)

$$P = \frac{L}{\Delta t} \Rightarrow L = P \cdot \Delta t$$

Quindi

$$Q_H = \frac{P \cdot \Delta t}{1 - T_C/T_H} = \frac{150\,kW \cdot (3600\,s)}{1 - \frac{(20+273.15)\,K}{(500+273.15)\,K}} = 8.7 \cdot 10^8\,J.$$

Il calore ceduto alla sorgente fredda è

$$Q_C = Q_H - L = \frac{P \cdot \Delta t}{1 - T_C/T_H} - P \cdot \Delta t$$

$$= P \cdot \Delta t \left( \frac{T_H}{T_H - T_C} - 1 \right) = P \cdot \Delta t \, \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

$$= 150\,kW \cdot (3600\,s) \cdot \frac{(20+273.15)\,K}{(500-20)\,K} = 3.3 \cdot 10^8\,J.$$

Alternativamente, avendo già calcolato l'efficienza, si può usare

$$e_C = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} \Rightarrow Q_C = Q_H(1 - e_C) = 8.7 \cdot 10^8\,J \cdot (1 - 0.621) = 3.3 \cdot 10^8\,J$$