

1. Una macchina termica compie 10 cicli al secondo e a ogni ciclo assorbe una quantità di energia di 150 J e produce un lavoro di 48,2 J. Calcola la quantità di calore ceduta in un'ora alla sorgente fredda.  
 Se la sorgente fredda è una massa di 100 kg di acqua alla temperatura iniziale di 20°C, calcola la temperatura finale della massa di acqua.

$$Q_c = 150 \text{ J} \quad L = 48,2 \text{ J} \quad t = 3600 \text{ s} \quad n = 10/\text{s} \quad |Q_f|? \quad m = 100 \text{ kg} \quad T_1 = 20^\circ\text{C} \quad T_2?$$

Per la macchina termica vale la relazione:

$$Q_c = |Q_f| + L \quad \Rightarrow \quad |Q_f| = Q_c - L$$

In questo modo troveremo la quantità di calore ceduta alla sorgente fredda in un ciclo. Considerato che la macchina compie 10 cicli al secondo e che è richiesta la quantità di calore ceduta in un'ora alla sorgente fredda:

$$|Q_f| = (Q_c - L) \cdot n \cdot t = 3,7 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Per la legge fondamentale della termologia:

$$|Q_f| = mc (T_2 - T_1) \quad \Rightarrow \quad T_2 = \frac{|Q_f|}{mc} + T_1 = 29^\circ\text{C}$$

2. Una macchina termica eroga una potenza pari a  $11,4 \cdot 10^3 \text{ W}$  assorbendo tutto il calore emesso dalla combustione di 5,00 kg di benzina in un'ora. Il potere calorifico della benzina vale  $4,20 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$ . Qual è il rendimento della macchina?

$$P = 11,4 \cdot 10^3 \text{ W} \quad m = 5,00 \text{ kg} \quad P_{cal} = 4,20 \cdot 10^7 \text{ J/kg} \quad t = 3600 \text{ s} \quad \eta?$$

Il calore emesso dalla macchina termica è quello generato dalla benzina:

$$\eta = \frac{L}{Q_c} = \frac{Pt}{P_{cal} m} = 0,195$$

3. Una macchina di Carnot opera tra le temperature di 600 K e 350 K. Per aumentare del 10 % il rendimento, viene utilizzata una diversa sorgente fredda.  
 A. Calcola il rendimento iniziale.  
 B. Quale deve essere la temperatura della nuova sorgente fredda?

$$T_c = 600 \text{ K} \quad T_f = 350 \text{ K} \quad \eta_1? \quad \eta_2 = 1,1 \eta_1 \quad T_{f2}?$$

A.  $\eta_1 = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 0,42$

B.  $\eta_2 = 1,1 \eta_1 = 1 - \frac{T_{f2}}{T_c} \quad \Rightarrow \quad T_{f2} = T_c (1 - \eta_2) = T_c (1 - 1,1 \eta_1) = 325 \text{ K}$

4. Un frigorifero assorbe un lavoro di 425 J e ha un coefficiente di prestazione pari a 4,80. Calcola quanto calore riesce a sottrarre dall'interno del frigorifero.

$$|L| = 425 \text{ J} \quad COP = 4,80 \quad Q_f?$$

Per la definizione di coefficiente di prestazione:

$$COP = \frac{Q_f}{|L|} \quad \Rightarrow \quad Q_f = |L| COP = 2,04 \cdot 10^3 \text{ J}$$

5. Di una macchina termica irreversibile sai che

$$\sum_{i=1}^2 \frac{Q_i}{T_i} = -2,23 \text{ J/K}$$

In un ciclo di funzionamento la macchina preleva 3,20 kJ dalla sorgente calda alla temperatura di 620 K e cede 2,24 kJ alla sorgente fredda. Qual è la temperatura della sorgente fredda?

$$\frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} = -2,23 \text{ J/K} \quad Q_c = 3,20 \text{ kJ} \quad T_c = 620 \text{ K} \quad Q_f = -2,24 \text{ kJ} \quad T_f?$$

$$\frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} = -2,23 \text{ J/K} \quad \Rightarrow \quad \frac{Q_f}{T_f} = -2,23 \text{ J/K} - \frac{Q_c}{T_c}$$

$$\Rightarrow \quad T_f = \frac{Q_f}{-2,23 \text{ J/K} - \frac{Q_c}{T_c}} = \mathbf{303 \text{ K}}$$

6. Un blocco di argento di massa pari a 200 g fonde alla pressione atmosferica normale e alla temperatura di 1234 K. Il calore latente di fusione dell'argento è  $109 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$ . Calcola la variazione di entropia nel passaggio dallo stato solido allo stato liquido.

$$m = 200 \text{ g} \quad T = 1234 \text{ K} \quad L_f = 109 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \quad \Delta S?$$

Per la definizione di entropia e considerato che il calore in gioco è quello che viene dato al blocco di argento per fargli effettuare la fusione, otteniamo:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{mL_f}{T} = \mathbf{17,7 \text{ J/K}}$$

7. Enuncia il secondo principio della termodinamica, in entrambe le sue formulazioni, quella di Clausius e quella di Kelvin.

ENUNCIATO DI KELVIN: È impossibile realizzare una trasformazione il cui unico risultato sia quello di convertire in lavoro tutto il calore assorbito da un'unica sorgente a temperatura uniforme.

ENUNCIATO DI CLAUSIUS: È impossibile realizzare una trasformazione il cui unico risultato sia il trasferimento di calore da un corpo a temperatura minore a un corpo con una temperatura maggiore.

8. Se metti un bicchiere asciutto nel congelatore e lo estrai dopo pochi minuti, vedi immediatamente che il bicchiere si appanna e poco dopo sulle sue pareti si formano minute goccioline. Quale passaggio di stato è avvenuto? Come si spiega il fenomeno appena descritto?

Le pareti del bicchiere, nel congelatore, si sono raffreddate. Quando vengono a contatto con l'aria, la raffreddano e il vapore acqueo che essa contiene si trasforma in minuscole gocce d'acqua che inumidiscono il vetro. Il passaggio di stato è quello della condensazione.

9. Immaginiamo un uovo messo a bollire in una pentola di carta piena d'acqua. Sembra impossibile, eppure la cosa funziona: il fuoco toccherà la pentola, ma non succederà nulla e potrete tranquillamente farvi bollire dentro l'uovo. Perché?

L'acqua ha una grande capacità di assorbire il calore e, nel caso specifico, assorbe gran parte del calore che passa dalla fiamma alla carta, impedendo a quest'ultima di raggiungere la temperatura di ignizione. Inoltre l'acqua della pentola non supera mai la sua temperatura di ebollizione, cioè i  $100^\circ \text{ C}$ , ed usa il calore in eccesso per evaporare, cioè per passare dallo stato liquido a quello di vapore. Poiché la temperatura di combustione della carta è superiore ai  $100^\circ \text{ C}$ , anche l'acqua in ebollizione è sufficientemente «fredda» da impedire alla carta di bruciare.