

VERIFICA DI FISICA

Docente: Pappalardo Vincenzo

Data: 29/10/2025 Classe: 4B

1. ESERCIZIO

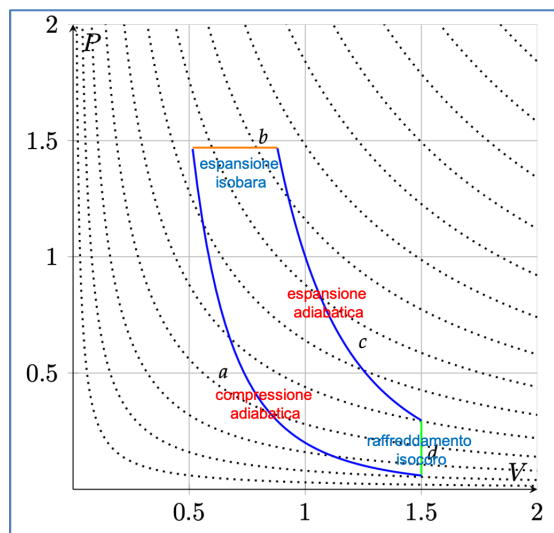
Disegnare un ciclo termodinamico da percorrere in senso orario, formato, nell'ordine, da una compressione adiabatica, una espansione isobara, una espansione adiabatica e una isocora. Indicare per ogni trasformazione il segno degli scambi di calore, del lavoro e della variazione di energia interna.

Soluzione

Per rispondere alle domande poste dall'esercizio, dobbiamo applicare il primo principio della termodinamica alle varie trasformazioni:

$$Q = L + \Delta U$$

e ricordare la seguente convenzione: Il lavoro è positivo ($L > 0$) quando è compiuto dal sistema termodinamico; Il lavoro è negativo ($L < 0$) quando è compiuto sul sistema termodinamico; Il calore è positivo ($Q > 0$) quando è assorbito dal sistema termodinamico; Il calore è negativo ($Q < 0$) quando è ceduto dal sistema termodinamico.



Supponiamo che il ciclo termodinamico venga percorso in senso orario.

- Compressione adiabatica

Il volume diminuisce, quindi sul gas è compiuto lavoro dall'ambiente esterno: $L < 0$

Il calore scambiato è nullo: $Q = 0$

Primo principio della termodinamica:

$$L + \Delta U = 0 \rightarrow \Delta U = -L > 0$$

l'energia interna e la temperatura del gas aumentano.

- Espansione isobara

Il volume aumenta, quindi il gas compie lavoro sull'ambiente esterno: $L > 0$

La temperatura del gas aumenta, quindi aumenta l'energia interna: $\Delta U > 0$

Primo principio della termodinamica:

$$Q = L + \Delta U > 0$$

il calore è assorbito dal gas e viene trasformato parte in lavoro e in parte va ad aumentare l'energia interna.

- Espansione adiabatica

Il volume aumenta, quindi il gas compie lavoro sull'ambiente esterno: $L > 0$

Il calore scambiato è nullo: $Q = 0$

Primo principio della termodinamica:

$$L + \Delta U = 0 \rightarrow \Delta U = -L < 0$$

l'energia interna e la temperatura del gas diminuiscono.

- Raffreddamento isocoro

Il volume non cambia, quindi il lavoro scambiato è nullo: $L = 0$

La temperatura diminuisce, il gas si raffredda, quindi l'energia interna diminuisce:
 $\Delta U < 0$

Primo principio della termodinamica:

$$Q = \Delta U < 0$$

il calore è ceduto dal gas verso l'esterno facendo diminuire l'energia interna.

2. ESERCIZIO

Un gas è chiuso dentro un contenitore dalle pareti fisse e termicamente isolanti. All'interno del recipiente insieme al gas si trova anche una resistenza elettrica di potenza pari a 150 W. Se la resistenza viene alimentata in modo da riscaldare il gas per 3 minuti, di quanto varia l'energia interna del gas?

Soluzione

Poiché il gas è chiuso all'interno del contenitore, il suo volume non può variare e pertanto il lavoro termodinamico L è nullo. Per il 1° principio della termodinamica risulta dunque:

$$Q = \Delta U$$

cioè tutto il calore che la resistenza elettrica fornisce al gas viene utilizzato per aumentare l'energia interna di quest'ultimo.

Indicando con P la potenza elettrica della resistenza, per definizione si ha che:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = P \cdot t$$

quindi:

$$\Delta U = Q = P \cdot t = 150 \cdot 180 = 27000 \text{ J} = 27 \text{ kJ}$$

3. ESERCIZIO

Disegnare e descrivere il ciclo di Carnot. In un ciclo di Carnot l'espansione isoterma del gas avviene a $T_1=273^\circ\text{C}$ e la compressione isoterma a $T_2=127^\circ\text{C}$. Sapendo che durante l'espansione il gas assorbe 2093 J, quanto vale il lavoro e il calore ceduto?

Soluzione

Per il primo principio della termodinamica:

$$\Delta U = Q - W$$

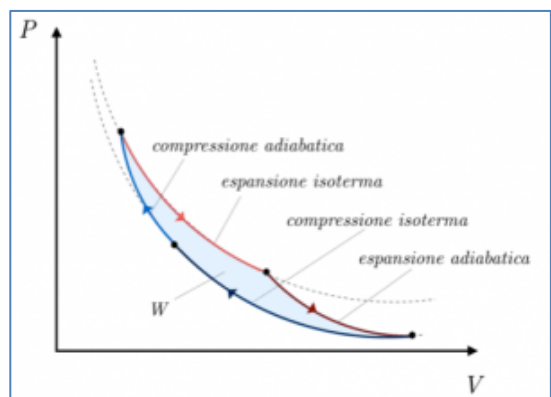
Però, nelle trasformazioni isoterme, poiché la temperatura è costante, la variazione di energia è nulla. Inoltre, durante l'espansione isoterma il gas assorbe calore, quindi:

$$W = Q_{\text{ass}} = 2093 \text{ J}$$

Adesso mettiamo a confronto la definizione di rendimento di una macchina termica con quella di Carnot:

$$\eta = 1 - \frac{Q_{\text{ced}}}{Q_{\text{ass}}} \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{Q_{\text{ced}}}{Q_{\text{ass}}} = \frac{T_2}{T_1}$$

Abbiamo così ottenuto un'equazione nell'incognita Q_{ced} (calore ceduto):



$$\frac{Q_{ced}}{Q_{ass}} = \frac{T_2}{T_1} \cdot Q_{ass} = \frac{400}{546} \cdot 2093 = 1533 \text{ J}$$

4. ESERCIZIO

Una macchina termica lavora tra una sorgente di calore a $T_2=550 \text{ }^\circ\text{C}$ ed una a temperatura T_1 ed ha il rendimento massimo possibile di $\eta_0=0,3$. Come deve cambiare la temperatura della sorgente a temperatura maggiore per avere un rendimento $\eta_1=0,39$, sempre in condizioni di ciclo ideale?

Soluzione

Una macchina ideale (macchina di Carnot) è una macchina reversibile il cui rendimento è dato da:

$$\eta_0 = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad \text{con } T_1 < T_2$$

Se vogliamo che la nostra macchina con rendimento $\eta_1=0,39$ funzioni in condizioni di macchina ideale, allora il suo rendimento deve essere:

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_1}{T_x} \quad \text{con } T_1 < T_x$$

dove T_x è la temperatura maggiore, ossia la temperatura assunta dalla sorgente calda affinché la macchina termica funzioni in condizioni di macchina ideale. Quindi:

$$\begin{cases} \eta_0 = 1 - \frac{T_1}{T_2} \\ \eta_1 = 1 - \frac{T_1}{T_x} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_1 = (1 - \eta_0)T_2 \\ \eta_1 = 1 - \frac{(1 - \eta_0)T_2}{T_x} \end{cases} \Rightarrow T_x = \frac{\eta_0 - 1}{\eta_1 - 1} T_2 = \frac{0,3 - 1}{0,39 - 1} \cdot 550 = 631 \text{ K}$$

5. ESERCIZIO

Discutere il concetto di entropia nelle sue varie interpretazioni, e, dopo aver enunciato il principio dell'aumento dell'entropia, verificarlo per un gas ideale che si espande lentamente e isotermicamente.

Soluzione

L'entropia del gas aumenta perchè bisogna somministrare calore per ottenere l'espansione isoterma del gas. Per definizione la variazione di entropia è il rapporto tra la quantità di calore scambiata (assorbita o ceduta) e la temperatura alla quale questo scambio avviene:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Poiché si tratta di calore assorbito $Q > 0$, allora si ha un aumento di entropia:

$$\Delta S > 0$$

6. ESERCIZIO

Una massa $m = 10$ g di acqua alla temperatura di 20°C viene trasformata in ghiaccio (calore specifico $c = 0,466$ cal/g $^\circ\text{C}$; calore di fusione $L_f = 79,7$ cal/g) e portata a -10°C mantenendo sempre la pressione atmosferica costante. Calcolare la variazione di entropia del sistema.

Soluzione

La quantità di calore ceduta dall'acqua per portarsi da 20°C a 0°C è pari a:

$$Q_1 = mc\Delta t = 10 \cdot 1 \cdot (0 - 20) = -200 \text{ cal}$$

e durante questa trasformazione subisce la seguente variazione di entropia:

$$\Delta S_1 = -\frac{Q_1}{T_1} = -\frac{200}{293} = -0,68 \text{ cal / K}$$

La quantità di calore ceduta dall'acqua per trasformarsi in ghiaccio a 0°C è pari a:

$$Q_2 = mL_f = 10 \cdot 79,7 = -797 \text{ cal}$$

e durante questa trasformazione subisce la seguente variazione di entropia:

$$\Delta S_2 = -\frac{Q_2}{T_2} = -\frac{797}{273} = -2,92 \text{ cal / K}$$

La quantità di calore ceduta dal ghiaccio per portarsi da 0 °C a -10 °C è pari a:

$$Q_3 = mc_g \Delta t = 10 \cdot 0,466 \cdot (-10 - 0) = -46,6 \text{ cal}$$

e durante questa trasformazione subisce la seguente variazione di entropia:

$$\Delta S_3 = -\frac{Q_3}{T_1} = -\frac{46,6}{263} = -0,18 \text{ cal / K}$$

La variazione di entropia del sistema è pari alla somma delle variazioni di entropia delle singole trasformazioni:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = -0,68 - 2,92 - 0,18 = -3,78 \text{ cal / K}$$

La variazione di entropia del sistema è negativa e non è affatto in contraddizione con il principio dell'aumento dell'entropia, in quanto il sistema in oggetto non è isolato; infatti esso interagisce con l'ambiente esterno con il quale scambia calore.