1. Un sistema subisce tre trasformazioni diverse.
   A. Nella trasformazione A, sul sistema vengono compiuti 42 J di lavoro e vengono somministrati 77 J di calore. Trova di quanto è cambiata l'energia interna del sistema.
   B. Nella trasformazione B, il sistema compie 42 J di lavoro e vengono somministrati al sistema 77 J di calore. Calcola la variazione dell'energia interna del sistema.
   C. Nella trasformazione C, l'energia interna del sistema diminuisce di 120 J mentre il sistema compie 120 J di lavoro sull'ambiente circostante. Calcola quanto calore è stato somministrato al sistema.

$$A: L=-42\,J \qquad Q=77\,J \qquad \Delta U?$$
$$B: L=42\,J \qquad Q=77\,J \qquad \Delta U?$$
$$C: \Delta U=-120\,J \qquad L=120\,J \qquad Q?$$

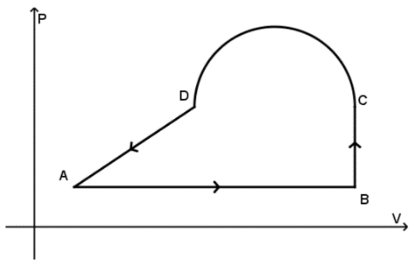
A. Per il primo principio della termodinamica:
$$\Delta U = Q - L = \mathbf{0{,}12\ kJ}$$

B. Per il primo principio della termodinamica:
$$\Delta U = Q - L = \mathbf{35\ J}$$

C. Per il primo principio della termodinamica:
$$\Delta U = Q - L \qquad \Rightarrow \qquad Q = \Delta U + L = \mathbf{0\ J}$$

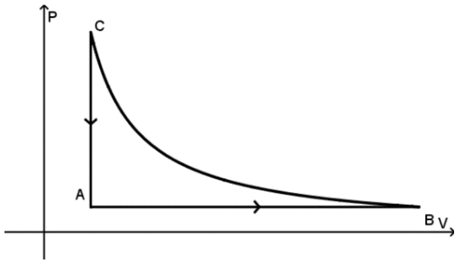
2. Un gas ideale è sottoposto alle quattro trasformazioni mostrate nella figura 1. La variazione di energia interna per tre di queste trasformazioni è la seguente: $\Delta U_{AB} = +82\,J$; $\Delta U_{BC} = +15\,J$; $\Delta U_{DA} = -56\,J$. Calcola la variazione subita dall'energia interna per la trasformazione da C a D.

Trattandosi di una trasformazione ciclica, la variazione di energia interna è nulla, perciò:
$$\Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CD} + \Delta U_{DA} = 0 \qquad \Rightarrow$$
$$\Delta U_{CD} = -\Delta U_{AB} - \Delta U_{BC} - \Delta U_{DA} = -82\,J - 15\,J + 56\,J = \mathbf{-41\ J}$$



3. Un gas ideale è sottoposto alle tre trasformazioni mostrate nella figura 2. Sapendo che $T_B = T_C$, completa la seguente tabella:

Trattandosi di una trasformazione isoterma, la variazione di energia interna da B a C è nulla, perciò, per il primo principio della termodinamica, il lavoro è uguale al calore. Trattandosi di una trasformazione ciclica, la variazione totale di energia interna è nulla, perciò da A a B la variazione di energia interna è di – 40 J e, per il primo principio della termodinamica, otteniamo il calore. Nella trasformazione da C ad A, che è un'isocora, il lavoro è nullo e, con il primo principio della termodinamica, ricaviamo il calore che è uguale alla variazione di energia interna.



	Q	L	ΔU
$A \rightarrow B$	$\mathbf{-25\ J}$	$15\,J$	$\mathbf{-40\ J}$
$B \rightarrow C$	$-20\,J$	$\mathbf{-20\ J}$	$\mathbf{0\ J}$
$C \rightarrow A$	$\mathbf{40\ J}$	$\mathbf{0\ J}$	$40\,J$

4. Un cilindro contiene 4 moli di gas monoatomico a temperatura iniziale di 27°C. Il gas viene compresso effettuando su di esso un lavoro pari a 560 J. La sua temperatura aumenta di 130°C. Calcola la quantità di calore acquistata o perduta dal gas.

$$n = 4\,mol \qquad T_o = 27°C \qquad L = -560\,J \qquad \Delta T = 130°C \qquad Q?$$

Per il primo principio della termodinamica: $\Delta U = Q - L$ e, trattandosi di un gas monoatomico: $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$, perciò:

$$Q = \Delta U + L = \frac{3}{2}nR\Delta T + L = \mathbf{5,9\ kJ}$$

5. Durante la sua permanenza in campo, un giocatore di pallacanestro compie $2{,}3 \cdot 10^5\ J$ di lavoro e 0,110 kg di acqua evaporano dal suo corpo. Assumendo un calore latente di $2{,}26 \cdot 10^6\ J/kg$ per il sudore, determina la variazione di energia interna del giocatore.

$$L = 2{,}3 \cdot 10^5\,J \qquad m = 0{,}110\,kg \qquad L_v = 2{,}26 \cdot 10^6\,J/kg \qquad \Delta U?$$

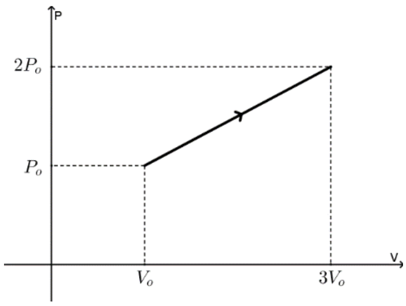
Per il primo principio della termodinamica: $\Delta U = Q - L$.
Il calore è dato dal calore rilasciato durante il processo di evaporazione:

$$\Delta U = -mL_v - L = \mathbf{-0,46\ MJ}$$

6. Una certa quantità di gas ideale monoatomico è sottoposta alla trasformazione mostrata nella figura 3, nella quale la pressione raddoppia e il volume triplica. Determina, in funzione del numero di moli n, della pressione iniziale P_o e del volume iniziale V_o:
A. il lavoro compiuto dal gas;
B. la variazione dell'energia interna U del gas;
C. la quantità di calore Q somministrato al gas.

A. Il lavoro compiuto dal gas è dato dall'area sottesa dal grafico:

$$L = \frac{(P_o + 2P_o)\cdot(3V_o - V_o)}{2} = \mathbf{3P_oV_o}$$



B. La variazione di energia interna è data dalla differenza tra le due energie interne, espresse in funzione della temperatura. Usando, quindi, l'equazione di stato del gas perfetto:

$$\Delta U = U_F - U_o = \frac{3}{2}nRT_F - \frac{3}{2}nRT_o = \frac{3}{2}(P_FV_F - P_oV_o) =$$
$$= \frac{3}{2}(6P_oV_o - P_oV_o) = \mathbf{\frac{15}{2}P_oV_o}$$

C. La quantità di calore si ottiene dal primo principio della termodinamica:

$$\Delta U = Q - L \qquad \Rightarrow \qquad Q = \Delta U + L = \frac{15}{2}P_oV_o + 3P_oV_o = \mathbf{\frac{21}{2}P_oV_o}$$

7. Un gas ideale si espande a pressione costante da un volume di $0{,}64\ m^3$ a un volume di $1{,}3\ m^3$, compiendo un lavoro di $83\ J$. Calcola qual è la pressione del gas durante questo processo.

$$V_o = 0{,}64\,m^3 \qquad V_F = 1{,}3\,m^3 \qquad L = 83\,J \qquad P?$$

Nel caso di una trasformazione a pressione costante, il lavoro è dato dal prodotto tra la pressione e la variazione di volume, perciò:

$$L = P\,(V_F - V_o) \qquad \Rightarrow \qquad P = \frac{L}{V_F - V_o} = \mathbf{0,13\ kPa}$$

8. In una giornata fredda d'inverno, noti che si è formato sul parabrezza di un'automobile uno strato di ghiaccio che ha uno spessore di $0{,}50\ cm$ e un'area di $1{,}6\ m^2$. Calcola il calore necessario per sciogliere tutto il ghiaccio assumendo che la sua temperatura sia di $-2{,}0°C$ e la sua densità di $917\ kg/m^3$.

$$s = 0{,}50\ cm \qquad A = 1{,}6\ m^2 \qquad T_1 = -2{,}0°C \qquad T_o = 0{,}0°C \qquad \rho = 917\ kg/m^3 \qquad Q?$$

Il calore necessario per sciogliere tutto il ghiaccio è la somma del calore per innalzare la temperatura del ghiaccio da – 2,0°C a 0,0°C e del calore latente di fusione:

$$Q = mc\,(T_o - T_1) + mL_f = V\rho\left[c\,(T_o - T_1) + L_f\right] = sA\rho\left[c\,(T_o - T_1) + L_f\right] = \mathbf{2,5\ MJ}$$

9. Una grande coppa da punch contiene 3,95 kg di limonata (che è per la maggior parte acqua) a 20,0°C. Metti un cubetto di ghiaccio di 0,0450 kg a $-10{,}2°C$ nella limonata. Quali sono la temperatura finale del sistema e la quantità di ghiaccio rimasto (assumendo che ne sia rimasto?) Ignora ogni tipo di scambio di calore tra la coppa e l'ambiente circostante.

$$m_1 = 3{,}95\ kg \qquad T_1 = 20{,}0°C \qquad m_2 = 0{,}0450\ kg \qquad T_2 = -10{,}2°C \qquad T_o = 0{,}0°C \qquad T_e?$$

Supponiamo che il ghiaccio si sciolga solo in parte. In tal caso, la limonata raggiungerebbe la temperatura di 0,0°C. Confrontiamo i due calori: se il calore che la limonata cede per scendere alla temperatura di 0,0°C è superiore a quello acquisito dal ghiaccio per raggiungere la temperatura di 0,0°C e poi fondere completamente, allora resta una parte di ghiaccio. Al contrario, significa che tutto il ghiaccio si scioglie e possiamo quindi determinare la temperatura di equilibrio raggiunta dalla miscela di acqua (ghiaccio sciolto) e limonata:

$$Q_{lim} = -m_1 c\,(T_o - T_1) = 331\ kJ$$
$$Q_g = m_2 c_g (T_o - T_2) + m_2 L_f = 16{,}0\ kJ$$
$$Q_{lim} > Q_g$$

Perciò il ghiaccio si scioglie interamente:

$$Q_{lim} = -Q_g \qquad \Rightarrow \qquad m_1 c\,(T_e - T_1) = -m_2 c_g (T_o - T_2) - m_2 L_f - m_2 c\,(T_e - T_o)$$

$$T_e = \frac{m_2 c_g (T_o - T_2) + m_2 L_f - m_2 c T_o - m_1 c T_1}{-m_1 c - m_2 c} = \mathbf{18,8°C}$$