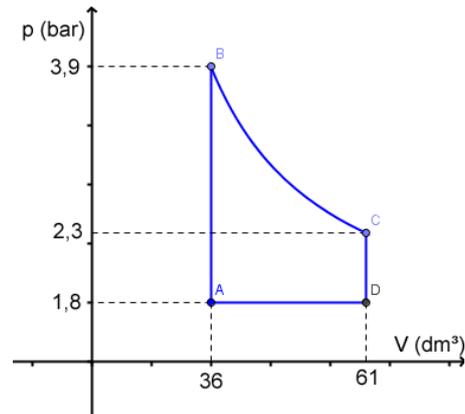


1. In un cilindro, dotato di pistone scorrevole si trova una certa quantità di gas perfetto. il gas occupa inizialmente un volume di 36 dm³, ha una pressione di 1,8 bar e si trova alla temperatura di 300 K (stato A). Bloccando il pistone si scalda il gas fino a una temperatura di 650 K (stato B). In seguito si lascia espandere il gas mantenendo la temperatura costante fino a che raggiunge un determinato volume (stato C). Si blocca nuovamente il pistone e si raffredda il gas raggiungendo la pressione iniziale (stato D). Si lascia infine libero il pistone e mantenendo costante la pressione lo si riporta allo stato iniziale. Poiché lo stato finale coincide con lo stato iniziale, questa trasformazione si chiama ciclo.

Completa la tabella e disegna il grafico p-V del ciclo:

	Stato A	Stato B	Stato C	Stato D
p (bar)	1,8	3,9	2,3	1,8
T (K)	300	650	650	500
V (dm ³)	36	36	61	61



Stato B: bloccando il pistone, si mantiene lo stesso volume e, essendo una trasformazione isocora, si ha:

$$\frac{p}{p_0} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow p = p_0 \frac{T}{T_0} = \mathbf{3,9 \text{ bar}}$$

Nello Stato C la temperatura è costante rispetto allo stato B, perciò $T=650$ K. Nello stato D si raggiunge la pressione iniziale e, trattandosi di un'isocora, posso ricavare la pressione dello stato C:

$$\frac{p_C}{p_D} = \frac{T_C}{T_D} \Rightarrow p_C = p_D \frac{T_C}{T_D} = \mathbf{2,3 \text{ bar}}$$

A questo punto, posso ricavare il volume dello stato C, applicando la legge di Boyle e tale volume sarà uguale a quello in D:

$$p_C V_C = p_B V_B \Rightarrow V_D = V_C = \frac{p_B V_B}{p_C} = \mathbf{61 \text{ dm}^3}$$

2. Determina la variazione di entropia quando 3,1 kg di acqua congelano a 0° C.

$$L_f = 33,5 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad m = 3,1 \text{ kg} \quad T = 0^\circ \text{C} = 273 \text{ K} \quad \Delta S = ?$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{-mL_f}{T} = \mathbf{-3,8 \text{ kJ/K}}$$

3. Il calore che entra in una data macchina di Carnot è 4 volte più grande del lavoro che essa produce. Qual è il rendimento di questa macchina?

$$Q = 4W \quad e = ?$$

$$e = \frac{W}{Q} = \frac{W}{4W} = \mathbf{25 \%}$$

4. Un frigorifero consuma 160 kJ per raffreddare 12 L di acqua da 16° C a 4° C. Determina il suo coefficiente di prestazione.

$$W = 160 \text{ kJ} \quad m = 12 \text{ L} \quad T_o = 16^\circ\text{C} \quad T_f = 4^\circ\text{C} \quad c_f = ?$$

Il coefficiente di prestazione del frigorifero è dato da:

$$c_f = \frac{Q}{W} = \frac{|mc(T_f - T_o)|}{W} = \mathbf{3,8}$$

5. In un ciclo di Carnot dal rendimento del 45 %, la sorgente calda ha una temperatura di 420 K. Calcola la temperatura della sorgente fredda.

$$e = 0,45 \quad T_c = 420 \text{ K} \quad T_f = ?$$

Il rendimento di un ciclo di Carnot è dato dalla formula: $e = 1 - \frac{T_c}{T_f}$. Possiamo ricavare la temperatura della sorgente fredda:

$$e = 1 - \frac{T_f}{T_c} \Rightarrow \frac{T_f}{T_c} = 1 - e \Rightarrow T_f = T_c(1 - e) = \mathbf{230 \text{ K}}$$

6. Un corridore compie $3,2 \cdot 10^5$ J di lavoro, emettendo $2,1 \cdot 10^5$ J. Determina la variazione di energia interna.

$$W = 3,2 \cdot 10^5 \text{ J} \quad Q = -2,1 \cdot 10^5 \text{ J} \quad \Delta U_{int} = ?$$

Per il primo principio della termodinamica:

$$\Delta U_{int} = Q - W = \mathbf{-5,3 \cdot 10^5 \text{ J}}$$

7. Calcola il numero di moli di un gas che, a temperatura costante di 340 K, è compresso sino a raggiungere il 40 % del volume iniziale attraverso un lavoro esterno pari a 8 kJ.

$$T = 340 \text{ K} \quad V = 0,40 V_o \quad W = -8 \text{ kJ} \quad n = ?$$

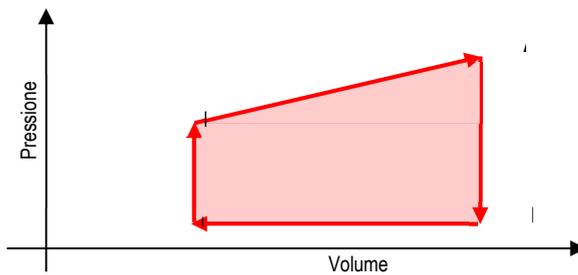
Il lavoro di una trasformazione termodinamica si calcola con la formula:

$$W = nRT \ln \frac{V}{V_o}$$

Per ricavare il numero di moli n applichiamo la formula inversa:

$$n = \frac{W}{RT \ln \frac{V}{V_o}} = \frac{W}{RT \ln 0,40} = \mathbf{3,09 \text{ mol}}$$

8. Un gas ideale è sottoposto alle tre trasformazioni mostrate nella figura 2. Completa la tabella calcolando le grandezze incognite in ogni trasformazione:



	Q	W	ΔU
A \rightarrow B	- 53 J	0 J	- 53 J
B \rightarrow C	- 280 J	- 130 J	- 150 J
C \rightarrow D	83 J	0 J	83 J
D \rightarrow A	300 J	180 J	120 J

9. Illustra sul piano di Clapeyron gli andamenti delle trasformazioni dei gas studiate (isoterma, isobara, isocora), mettendo in risalto le loro differenze.

Nel caso di una **trasformazione isobara**, si mantiene costante la pressione, perciò in un grafico Vp si ottiene un segmento di retta parallelo all'asse delle ascisse (V).

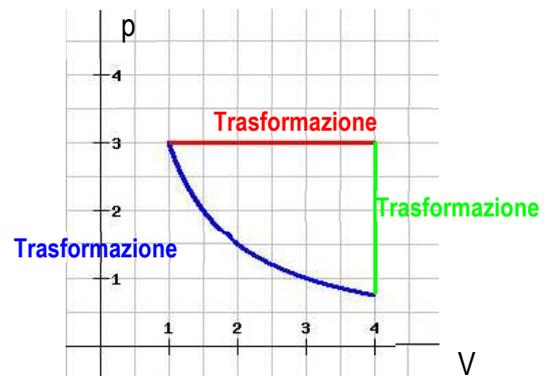
$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0}$$

Nel caso di una **trasformazione isocora**, si mantiene costante il volume, perciò in un grafico Vp si ottiene un segmento di retta parallelo all'asse delle ordinate (p).

$$\frac{p}{p_0} = \frac{T}{T_0}$$

Nel caso di una **trasformazione isoterma**, pressione (p) e volume (V) sono inversamente proporzionali, ovvero otteniamo un ramo di iperbole, tanto più vicino all'origine minore è la temperatura.

$$pV = \text{cost.}$$



10. Perché si dice che l'energia interna è una funzione di stato?

L'energia interna è una funzione di stato, perché la sua variazione dipende solo dalla temperatura iniziale e finale, quindi solo dallo stato iniziale e finale del gas, non dalla particolare trasformazione che esso compie.