

1. 2,0 moli di un gas perfetto subiscono due trasformazioni: durante la prima il gas, inizialmente alla temperatura di 300 K e con un volume di 30 dm<sup>3</sup>, viene scaldato a volume costante in modo che la sua pressione aumenti fino a 1,8 atm; successivamente è dilatato fino a un volume di 45 dm<sup>3</sup> e a una pressione uguale a quella iniziale. Calcola la pressione e la temperatura finale del gas, dopo aver rappresentato le trasformazioni in un piano p-V. Calcola anche il lavoro compiuto durante le trasformazioni.

$$p_1 = p_3 = ? \quad V_1 = V_2 = 30 \text{ dm}^3 \quad V_3 = 45 \text{ dm}^3 \quad n = 2,0 \text{ mol}$$

$$T_1 = 300 \text{ K} \quad p_2 = 1,8 \text{ atm} \quad T_3 = ? \quad W = ?$$

Applichiamo l'equazione di stato per determinare la pressione:

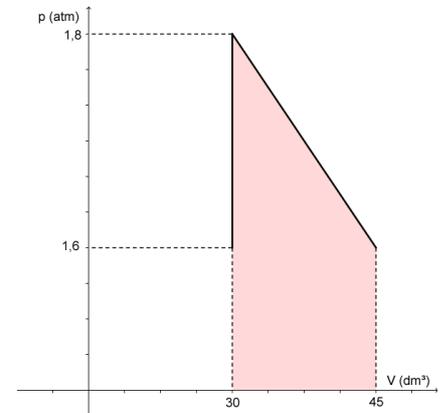
$$p_1 V_1 = nRT_1 \Rightarrow p_3 = p_1 = \frac{nRT_1}{V_1} = 1,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Sempre applicando l'equazione di stato, possiamo determinare la temperatura:

$$p_3 V_3 = nRT_3 \Rightarrow T_3 = \frac{p_3 V_3}{nR} = 450 \text{ K}$$

Per calcolare il lavoro, calcoliamo l'area sottesa dal grafico, indicata con la zona colorata, che è in realtà un trapezio rettangolo:

$$W = \frac{(p_1 + p_2)(V_3 - V_1)}{2} = 2,6 \text{ kJ}$$



2. Data la trasformazione in figura, determina il numero di moli e la temperatura finale del gas, sapendo che la temperatura iniziale è di 280 K.

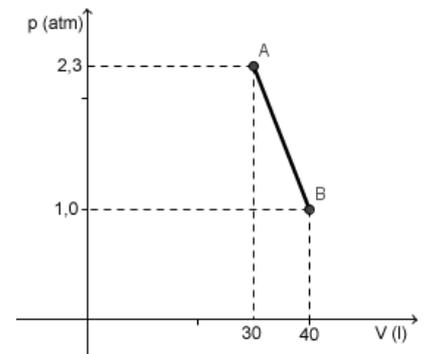
$$p_B = 1,0 \text{ atm} \quad p_A = 2,3 \text{ atm} \quad V_A = 30 \text{ l} \quad V_B = 40 \text{ l} \quad T_A = 280 \text{ K}$$

$$n = ? \quad T_B = ?$$

Applicando l'equazione di stato dei gas perfetti, posso determinare le due incognite:

$$p_A V_A = nRT_A \Rightarrow n = \frac{p_A V_A}{RT_A} = 3,0 \text{ mol}$$

$$T_B = \frac{p_B V_B}{nR} = 1,6 \cdot 10^2 \text{ K}$$



3. Una macchina reversibile di Carnot assorbe calore da una sorgente a 500° C e lo scarica nell'ambiente a 20° C. Calcola il suo rendimento.

$$T_c = 500^\circ\text{C} = 773 \text{ K} \quad T_f = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K} \quad e = ?$$

Trattandosi di una macchina di Carnot, il rendimento è dato da:

$$e = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 62 \%$$

4. Vengono espansi 4,0 moli di argon a una temperatura costante di 315 K da un volume  $V$  a un volume finale triplo di quello iniziale. Quanto lavoro ha compiuto il gas?

$$n = 4,0 \text{ mol} \quad T = 315 \text{ K} \quad V_o = V \quad V_f = 3V \quad W = ?$$

Trattandosi di una trasformazione isoterma, il lavoro è dato da:

$$W = nRT \ln \frac{V_f}{V_o} = nRT \ln 3 = \mathbf{12 \text{ kJ}}$$

5. Un ragazzo nuota in un lago la cui temperatura è 23° C. Per conduzione termica e per il movimento delle sue braccia e gambe, il lago assorbe circa 195 W di potenza termica. Di quanto aumenta l'entropia del lago in un'ora di moto?

$$T = 23^\circ\text{C} = 296 \text{ K} \quad P_Q = 195 \text{ W} \quad \Delta t = 1 \text{ h} \quad \Delta S = ?$$

Per la definizione di potenza:

$$P_Q = \frac{Q}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad Q = P_Q \Delta t$$

Per la definizione di entropia:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{P_Q \Delta t}{T} = \mathbf{2,4 \text{ kJ/K}}$$

6. In un cilindro di diametro 10 cm e altezza 30 cm è contenuto un gas alla pressione di 2,0 atm. Aggiungendo una massa di 20 kg sullo stantuffo, libero di muoversi senza attrito, si raggiunge una nuova condizione di equilibrio. Durante la trasformazione la temperatura rimane costante. Qual è il volume finale del gas?

$$d = 10 \text{ cm} \quad h = 30 \text{ cm} \quad p_o = 2,0 \text{ atm} \quad m = 20 \text{ kg} \quad V_f = ?$$

La pressione finale è data dalla pressione iniziale cui viene aggiunta la pressione dovuta alla massa di 20 kg. Utilizzando la legge di Boyle, possiamo quindi ottenere il volume finale:

$$p_o V_o = p_f V_f \quad \Rightarrow \quad V_f = \frac{p_o V_o}{p_f} = \frac{p_o \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h}{p_o + \frac{mg}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}} = \mathbf{2,1 \text{ dm}^3}$$

7. Un sistema termodinamico è costituito da un serbatoio contenente 5,0 L d'acqua a 50° C e posto in contatto termico con una sorgente fredda. Tramite un mulinello si compie sul sistema un lavoro di 30 kJ. Ipotizza che alla fine l'energia interna sia diminuita di 45 kJ. Quanto calore è stato sottratto al sistema?

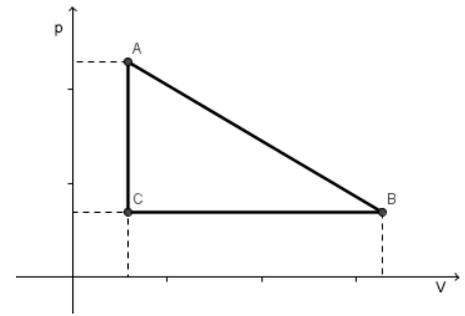
$$W = -30 \text{ kJ} \quad \Delta E_{int} = -45 \text{ kJ} \quad Q = ?$$

Si tratta di un'applicazione del primo principio della termodinamica:

$$\Delta E_{int} = Q - W \quad \Rightarrow \quad Q = W + \Delta E_{int} = \mathbf{-75 \text{ kJ}}$$

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	$\Delta E_{\text{int}}$
A $\rightarrow$ B	353 J	150 J	203 J
B $\rightarrow$ C	- 280 J	- 130 J	- 150 J
C $\rightarrow$ A	- 53 J	0 J	- 53 J



9. Un'autoclave è un'apparecchiatura utilizzata per sterilizzare gli strumenti medici. Fondamentalmente è una pentola a pressione, che riscalda gli strumenti in acqua ad alta pressione. Ciò assicura che il processo di sterilizzazione avvenga a temperature maggiori del normale punto di ebollizione dell'acqua. Spiega perché l'autoclave produce temperature così elevate.

La temperatura di ebollizione dell'acqua dipende dalla pressione: maggiore è la pressione, maggiore è la temperatura di ebollizione, visto che – secondo la legge di Gay-Lussac – le due grandezze sono direttamente proporzionali. Quindi nell'autoclave, dove la pressione è maggiore di quella atmosferica, la temperatura di ebollizione è maggiore di 100 °C.

10. Non hai ancora avuto tempo di installare il nuovo condizionatore d'aria sulla finestra, perciò, come misura temporanea, decidi di metterlo sul tavolo della stanza e di accenderlo per rinfrescare un po' l'ambiente. È efficace? Motiva la tua risposta.

L'aria della stanza diventa più calda, perché il condizionatore estrae calore dalla stanza, come al solito, ma poi cede di nuovo alla stanza il calore degradato, che normalmente dovrebbe essere ceduto all'esterno.

11. Supponi di avere una macchina termica che può operare in due diverse modalità. Nella modalità 1 le temperature delle due sorgenti sono 200 K e 400 K; nella modalità 2 le temperature sono 400 K e 600 K. Qual è il rendimento maggiore? Motiva la tua risposta.

Il rendimento della modalità 1 è maggiore della modalità 2, perché:  $e = 1 - \frac{T_f}{T_c}$  perciò, maggiore è il rapporto tra le due temperature, minore è il rendimento e:  $\frac{200}{400} < \frac{400}{600}$  quindi il rendimento della modalità 1 è maggiore, nello specifico:  $e_1 = \frac{1}{2}$   $e_2 = \frac{1}{3}$ .