

## Capitolo 1

## RICHIAMI DI TERMODINAMICA

## SOLUZIONE ESERCIZI PROPOSTI (Vedi testo pag. 24 ÷ 26)

## ESERCIZIO 1

Il lavoro compiuto dal gas equivale all'area racchiusa tra la linea di trasformazione e l'asse delle ascisse, quindi (vedi figura 11):

Percorso A, da 1 a 2:

$$L_A = (40 - 1) 40 = 120 \text{ J}$$

Percorso B, da 1 a 2:

$$L_B = (4 - 1) (40 - 10) \frac{1}{2} + (4 - 1) 10 = 75 \text{ J}$$

Percorso C, da 1 a 2:

$$L_C = (4 - 1) 10 = 30 \text{ J}$$

## ESERCIZIO 2

Sempre in riferimento alla figura 11, questa volta si tratta di un ciclo quindi:

Percorso B da 1 a 2 + percorso A da 2 a 1 ottengo:

$$L_{BA} = L_B - L_A = 75 - 120 = -45 \text{ J}$$

Percorso B da 1 a 2 + percorso C da 2 a 1 ottengo:

$$L_{BC} = L_B - L_C = 75 - 30 = 45 \text{ J}$$

## ESERCIZIO 3

In riferimento alla figura 12, essendo la trasformazione ciclica, la variazione dell'energia interna è nulla e quindi il calore scambiato è pari al lavoro totale.

Trasformazione AB (Isocora):  $Q_{AB} = 20 \text{ J}$  e  $L_{AB} = 0$

Trasformazione BC:  $Q_{BC} = 0$

Trasformazione CA (Isobara):  $Q_{CA}$  da determinare

Se il lavoro totale  $L_{ABC} = 15 \text{ J}$ , allora il calore totale  $Q_{BC} = 15 \text{ J}$

$$\text{Quindi } Q_{CA} = Q_{BC} - Q_{AB} = 15 - 20 = -5 \text{ J}$$

## ESERCIZIO 4

In riferimento alla figura 13, il lavoro totale è pari all'area del triangolo ABC, cioè  $L_{ABC} = (30 - 10) (4 - 1) \frac{1}{2} = 30 \text{ J}$ . Dato che la trasformazione è ciclica, come visto precedentemente, non variando l'energia interna, anche il calore totale scambiato sarà pari a  $Q_{ABC} = 30 \text{ J}$ .

Trasformazione AB: espansione con aumento di pressione e assorbimento di calore;

Trasformazione BC: compressione a pressione costante:  $L_{BC} = (4 - 1) 30 = 90 \text{ J}$ , cessione di calore

Trasformazione CA: diminuzione di pressione a volume costante: lavoro nullo, cessione di calore

Il lavoro nel tratto AB è  $L_{AB} = - (20 \cdot 3 \cdot 1/2) - (3 \cdot 10) = - 60 \text{ J}$ .

Nelle trasformazioni cicliche  $Q = L$ , per cui il **calore fornito al sistema**  $Q = Q_{AB} + Q_{BC} = - 60 + 30 = - 30 \text{ J}$ .

#### ESERCIZIO 5

Applico l'equazione di stato dei gas perfetti nel punto 1 e nel punto 2

$$P_1 = \frac{n R T_1}{V_1} \quad P_2 = \frac{n R T_2}{V_2}$$

Con i dati del problema (trasformazione isobara)  $P_1 = P_2$ ;  $T_1 = 0 \text{ °C} = 273 \text{ °K}$  e  $V_2 = 3V_1$

$$\frac{n R T_1}{V_1} = \frac{n R T_2}{3V_1}$$

Da cui posso ricavare la **temperatura  $T_2$**

$$T_2 = 3 T_1 = 3 \cdot 273 = \mathbf{819 \text{ °K}}$$

#### ESERCIZIO 6

Applico l'equazione di stato dei gas perfetti nel punto 1 e nel punto 2

$$P_1 = \frac{n R T_1}{V_1} \quad P_2 = \frac{n R T_2}{V_2}$$

Con i dati del problema (trasformazione isobara)  $P_1 = P_2$ ;  $T_1 = 300 \text{ °K}$ ;  $V_1 = 3 \text{ l}$ ;  $T_2 = 400 \text{ °K}$

1.

$$\frac{n R T_1}{V_1} = \frac{n R T_2}{V_2}$$

Da cui posso ricavare il **volume  $V_2$**

$$V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} = 3 \frac{400}{300} = \mathbf{4 \text{ l}}$$

#### ESERCIZIO 7

Con i dati del problema: Trasformazione a temperatura costante (isoterma):

$$P_0 V_0 = P_1 V_1$$

Diminuendo la pressione il volume aumenta, quindi posso calcolare

$$V_1 = \frac{P_0 V_0}{P_1} = \frac{10^7 \cdot 102}{1,8 \cdot 10^5} = 5666 \text{ cm}^3$$

Dato che ogni palloncino ha un volume  $V = 15 \text{ cm}^3$  calcolo il **numero di palloncini** che posso riempire:

$$n = \frac{V_1}{V} = \frac{5666}{15} = \mathbf{378}$$

## ESERCIZIO 8

Con i dati del problema calcolo il numero di moli di elio  $n = 50/4 = 12,5$ , temperatura  $T = -73\text{ °C} = 200\text{ °K}$ , pressione  $P = 5 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$ , applico l'equazione di stato dei gas perfetti:

$$P V = n R T$$

Da cui ricavo il **volume occupato da 50 g** di elio:

$$V = \frac{n R T}{P} = \frac{12,5 \cdot 8,31 \cdot 200}{5 \cdot 10^5} = 0,0415\text{ m}^3 = \mathbf{41,5\text{ l}}$$

## ESERCIZIO 9

Con i dati del problema, temperatura  $T = 27\text{ °C} = 300\text{ °K}$ , pressione  $P = 5\text{ Atm} = 5 \cdot 101325 = 506625\text{ N/m}^2$ , volume  $V = 20\text{ l} = 0,02\text{ m}^3$  applico l'equazione di stato dei gas perfetti:

$$P V = n R T$$

Da cui ricavo il numero di moli di ossigeno:

$$n = \frac{P V}{R T} = \frac{506625 \cdot 0,02}{8,31 \cdot 300} = 0,4\text{ moli} = 4$$

Quindi la **massa di ossigeno** è:

$$m = 32 \cdot 4 = \mathbf{130\text{ g}}$$

## ESERCIZIO 10

Con i dati del problema, calcolo la massa di gas contenuto nella bombola:

$$m = 16,76 - 15 = 1,76\text{ Kg} = 1760\text{ g}$$

Il numero di moli è  $n = 1760 / 44 = 40$

Ora applico l'equazione di stato dei gas perfetti:

$$P V = n R T$$

Da cui ricavo la **pressione del gas entro la bombola**:

$$P = \frac{n R T}{V} = \frac{40 \cdot 8,31 \cdot 300}{0,02493} = \mathbf{4 \cdot 10^6\text{ N/m}^2}$$

## ESERCIZIO 11

Con i dati del problema, trasformazione a volume costante (isocora), posso calcolare direttamente la **pressione  $P_2$**

$$P_2 = P_1 \frac{T_2}{T_1} = 1,5 \frac{73}{300} = \mathbf{0,36\text{ Atm}}$$

## ESERCIZIO 12

Con i dati del problema, applicando l'equazione di stato dei gas perfetti calcolo la temperatura  $T_1$

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{n R} = \frac{5 \cdot 101325 \cdot 0,01642}{10 \cdot 8,31} = 100\text{ °K}$$

Trasformazione a pressione costante (isobara), posso calcolare direttamente la **temperatura  $T_2$**

$$T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1} = 100 \cdot 3 = \mathbf{300\text{ °K}}$$

---

 ESERCIZIO 13

Qui abbiamo due trasformazioni: una espansione a temperatura costante e un raffreddamento a pressione costante. Il lavoro dell'aria per l'espansione è:

$$L_{isoterma} = n R T \ln \frac{V_f}{V_i}$$

Ma dalla legge dei gas perfetti  $n R T = P_i V_i$ , per cui il lavoro diventa

$$L_{isoterma} = P_i V_i \ln \frac{P_f}{P_i}$$

Poiché la pressione stimata è quella assegnata, allora la  $P_i$  viene ottenuta sommandola alla pressione atmosferica, cioè

$$P_i = 1,013 \cdot 10^5 + 1,03 \cdot 10^5 = 2,04 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

Quindi

$$L_{isoterma} = 2,04 \cdot 10^5 \cdot 0,14 \ln \frac{1,013 \cdot 10^5}{2,04 \cdot 10^5} = 19993 \text{ J}$$

Nella trasformazione isobara la pressione è quella atmosferica ed il volume ritorna al valore iniziale e il lavoro è dato da:

$$L_{isobara} = V_i (P_f - P_i) = 0,14 (1,013 \cdot 10^5 - 2,04 \cdot 10^5) = -14378 \text{ J}$$

Il **lavoro totale svolto dall'aria** sarà pertanto

$$L_{tot} = L_{isoterma} + L_{isobara} = 19993 + (-14378) = \mathbf{5615 \text{ J}}$$

---

 ESERCIZIO 14

Con i dati del problema, utilizziamo la legge dei gas perfetti  $P V = n R T$ , il numero di moli e  $R$  sono costanti, pertanto per lo stesso gas in due condizioni diverse si avrà:

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

Da cui ricavo il **volume finale del gas**

$$V_f = V_i \frac{P_i T_f}{P_f T_i} = 2,2 \frac{760}{380} \frac{225}{293} = \mathbf{3,38 \text{ m}^3}$$

