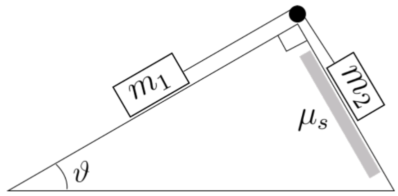
Esame di Fisica - Scienze Biologiche

Marta De Luca, Roberto Maoli, Lorenzo Monacelli, Mauro Raggi, Raffaella Schneider

17 Febbraio 2025

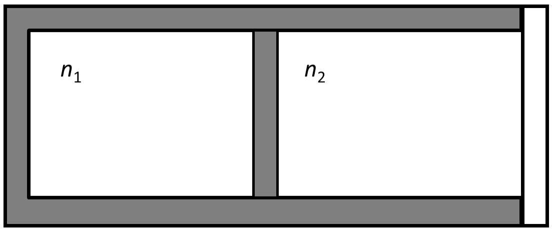
Esercizio 1



Due masse $m_1 = 5.00\,\text{kg}$ e $m_2 = 3.50\,\text{kg}$ sono collegate da una fune che passa su un supporto a forma di triangolo rettangolo (vedi figura, $\vartheta = 30°$). m_1 poggia su una superficie liscia, mentre quella di m_2 è ruvida, con un coefficiente attrito statico e dinamico pari a μ_s e $\mu_d = 0.210$. La massa m_1 dista $2.50\,\text{m}$ dalla fine della discesa.

1. Calcolare il valore minimo di μ_s e la tensione della fune necessaria a mantenere il sistema in equilibrio.
2. Ad un certo punto la corda viene tagliata. Determinare la distanza di m_2 dalla fine della discesa affinchè le masse raggiungano il suolo simultaneamente.
3. Calcolare la variazione di energia meccanica tra stato iniziale e quando le masse completano la discesa.

Esercizio 2



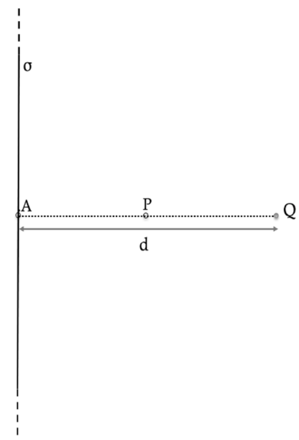
Un contenitore di volume totale $V = 300$ litri è diviso in due parti da una parete sottile, termicamente isolante, libera di muoversi in orizzontale senza attrito. Nella parte sinistra ci sono $n_1 = 12.5$ moli di un gas perfetto monoatomico e nella parte destra ci sono n_2 moli di gas perfetto. Il contenitore è completamente adiabatico a parte la parete di destra, termicamente conduttrice, che assicura che il gas della parte destra sia mantenuto alla temperatura esterna, $T_2 = T_{ext} = 290$ K.

Inizialmente anche il gas di sinistra si trova a $T_1 = T_2$ e la parete interna divide il contenitore in due parti uguali.

1. Calcolare il numero di moli del secondo gas, n_2 e la pressione iniziale dei due gas, p_1 e p_2.
2. A un certo istante un blocchetto caldo di ferro di volume trascurabile viene introdotto nella parte sinistra e il suo calore, una volta raggiunto di nuovo l'equilibrio, aumenta lentamente la temperatura del primo gas a $T_1' = 350$ K.

   Calcolare il nuovo volume occupato dal primo gas all'equilibrio, V_1' e i lavori, col segno appropriato, compiuti dai due gas, W_1 e W_2, in seguito all'introduzione del blocchetto di Fe.
3. Calcolare la quantità di calore ceduta o acquistata dai due gas, Q_1 e Q_2 nel passaggio tra i due stati di equilibrio.

Esercizio 3



Si consideri la distribuzione di carica mostrata in figura: una lamina infinita e uniformemente carica con densità superficiale σ e una carica puntiforme $Q = +54.2$ pC, ferma a distanza $d = 4.80$ cm dalla lamina.

1. Calcolare σ affinché il campo elettrico sia nullo nel punto P intermedio tra la carica e il piano.
2. Calcolare la differenza di potenziale tra il punto P e il punto A.
3. Sapendo che una carica puntiforme q, lasciata libera di muoversi in A e avente massa $m = 4.35 \cdot 10^{-6}$ kg, arriva in P con velocità $v_P = 21.6$ mm/s, si calcoli il valore di q. Si trascuri la forza peso.

Soluzioni esercizio 1

1. Calcoliamo la tensione sulla massa m_1:

$$T - m_1 g \sin\vartheta = 0 \qquad T = m_1 g \sin\vartheta = 24.5\,\mathrm{N}$$

Imponendo l'equilibrio sull'altra massa si ottiene

$$m_2 g \cos\vartheta - T - \mu_s m_2 g \sin\vartheta = 0 \qquad \mu_s = \frac{1}{\tan\vartheta} - \frac{T}{m_2 g \sin\vartheta} = 0.303$$

[4 pt]

2. Calcoliamo il tempo necessario a m_1 per arrivare al suolo:

$$a_1 = g\sin\vartheta \qquad t = \sqrt{\frac{2s}{a_1}} = 1.01\,\mathrm{s}$$

L'accelerazione del secondo corpo vale

$$a_2 = g\cos\vartheta - g\mu_d \sin\vartheta \qquad s_2 = \frac{1}{2}a_2 t^2 = 3.81\,\mathrm{m}$$

[3 pt]

3. La variazione di energia meccanica è pari al lavoro fatto dalle forze non conservative, in questo caso, solo l'attrito dinamico.

$$\Delta E = -m_2 g \mu_d \sin\vartheta \cdot s_2 = -13.7\,\mathrm{J}$$

[3 pt]

Soluzioni esercizio 2

1. Perchè la parete interna non si muova la pressione dev'essere uguale nelle due parti. Utilizzando l'equazione dei gas perfetti e imponendo $p_1 = p_2$ si ha l'equazione:

$$\frac{n_1 R T_1}{V_1} = \frac{n_2 R T_2}{V_2}$$

e quindi

$$n_1 = n_2 = 12.5 mol \qquad p_1 = p_2 = \frac{n_1 R T_1}{V_1} = 200920 \text{ Pa} = 1.98 \text{ atm}$$

2. La stessa condizione $p_1' = p_2'$ (legata alla condizione che anche nel nuovo stato di equilibrio il setto interno stia fermo) porta alla condizione $\frac{T_1'}{V_1'} = \frac{T_2}{V_2'}$. Utilizzando la condizione $V_1' + V_2' = V_{tot}$ si ha:

$$V_{tot} = V_1' + \frac{290}{350}V_1' \qquad V_1' = \frac{35}{64}V_{tot} = 164 \text{ litri} \qquad \mathrm{V}_2' = 136 \text{ litri}$$

Il gas nel contenitore di destra subisce una compressione isoterma reversibile. Di conseguenza il lavoro risulta essere:

$$W_2 = n_2 R T_2 ln \frac{V_2'}{V_2} = -2953\,\mathrm{J}$$

Per il lavoro del gas di sinistra si ha:

$$W_1 = -W_2 = 2953\,\mathrm{J}$$

3. Per il calore Q_2, avendo una trasformazione isoterma, si ha:

$$Q_2 = W_2 = -2953\,\mathrm{J}$$

Per il calore Q_1, utilizzando il primo principio, si ha:

$$Q_1 = \Delta U_1 + W_1 = n_1 \frac{3}{2} R\left(T_1' - T_1\right) + W_1 = 12310\,\mathrm{J}$$

Soluzioni esercizio 3

1. Perché il campo elettrico si annulli nel punto P, la carica della lamina deve essere positiva e con un valore dato da:

   $E = \sigma/2\epsilon_0 – k_0 Q/(d/2)^2 = 0$
   $\sigma = 2Q/\pi d^2 = 1.50\ 10^{-8}\ \mathrm{C/m^2}$

2. La differenza di potenziale tra P e A si calcola con il principio di sovrapposizione, quindi come la somma delle differenze di potenziale dovute alla lamina e alla carica:

   $[V_\sigma(A) – V_\sigma(P)] = (\sigma/2\epsilon_0)(d/2), > 0$ perché tra A e P il campo elettrico totale punta verso destra, e sappiamo che esso punta sempre dai punti a potenziale alto a quelli a potenziale basso;

   $[V_Q(A) – V_Q(P)] = kQ/(d) – kQ/(d/2) = -kQ/d < 0$

   $V(P) – V(A) = -(\sigma/2\epsilon_0)(d/2) + k_0 Q/d = -k_0 Q/d = -10.2V;$

3. Essendoci solo forze conservative, si conserva l'energia meccanica totale da A a P. L'energia cinetica in A è nulla e la forza peso è trascurabile, quindi il moto è orizzontale. Si calcola dalla conservazione dell'energia, con K(A) = 0

   $K(P) = U(A) – U(P) = q[V(A) – V(P)] = q(k_0 Q/d)$

   $q = mv_p^2/2[V(A) – V(P)] = 0.10nC$