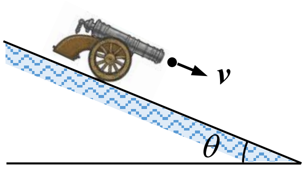
Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica - Canale 1 (Prof. G. Naletto)
Prova scritta di Fisica Generale 1 - Padova, 7 luglio 2025

Cognome .... Nome .... Matricola ....

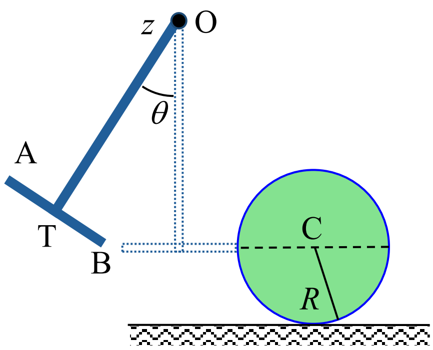
Problema 1



Un cannone di massa $M = 160$ kg è fermo su un piano inclinato scabro; l'angolo di inclinazione del piano è $\theta = 25°$ e il coefficiente di attrito dinamico tra cannone e piano è $\mu_d = 0.42$. Ad un certo istante il cannone, il cui asse della canna è parallelo al piano stesso, spara verso il basso un proiettile di massa $m = 14$ kg con velocità iniziale di modulo $v = 90$ m/s (vedi figura). Determinare:

a) il modulo V della velocità del cannone subito dopo lo sparo;
b) la distanza d percorsa dal cannone lungo il piano inclinato;
c) l'energia E_p fornita dalla polvere da sparo (si trascurino le forme di energia dissipata nell'ambiente).

Problema 2



Una corpo rigido a forma di "T" è costituito da due sbarrette rigide sottili omogenee della stessa densità: la "gamba" OT è lunga lunga $L = 1.2$ m e ha massa m_L, mentre l'altra sbarretta AB è lunga $L/2$, è perpendicolare a OT e T coincide con il suo punto medio. Il corpo può ruotare senza attrito attorno ad un asse fisso orizzontale z passante per O, perpendicolare al piano della "T"; il momento di inerzia del corpo rispetto all'asse z è $I_z = 7.3$ kgm^2. Il corpo è inizialmente fermo, con OT inclinato di un angolo θ rispetto alla verticale (vedi figura); poi viene lasciato libero di cadere. Quando OT è verticale il corpo ha una velocità angolare di modulo $\omega = 1.7$ rad/s; in quell'istante, B urta un guscio sferico omogeneo di massa $m_G = 9$ kg e raggio $R = 0.4$ m fermo su un piano orizzontale scabro; B urta un punto "equatoriale" del guscio (cioè che si trova ad altezza R dal piano, vedi figura). Subito dopo l'urto, il centro di massa del guscio ha velocità istantanea $v_{CM} = 1.5$ m/s e la sbarretta rimbalza indietro con velocità angolare di modulo ω'. Determinare:

a) la massa m_L della sbarretta OT;
b) l'angolo θ di inclinazione iniziale della sbarretta rispetto alla verticale;
c) il modulo ω' della velocità angolare della sbarretta un istante dopo l'urto;
d) il modulo α dell'accelerazione angolare del guscio subito dopo l'urto, sapendo che il coefficiente di attrito dinamico tra guscio e piano è $\mu_d = 0.11$.

Problema 3

Dodici moli di un gas ideale biatomico si trovano inizialmente nello stato di equilibrio A alla temperatura $T_A = 290$ K. Il gas viene rapidamente compresso praticamente senza scambiare calore con l'ambiente fino al volume V_B; all'equilibrio, la temperatura del gas è $T_B = 315$ K. Successivamente, si espande molto lentamente il gas mantenendone costante la pressione fino allo stato C, in cui $V_C = V_A$, alla temperatura $T_C = 385$ K. Infine si riporta molto lentamente il gas nello stato iniziale A per mezzo di una trasformazione isocora. Dopo aver disegnato il ciclo del gas nel piano di Clapeyron, determinare:

a) il rendimento η del ciclo;
b) la variazione di entropia ΔS_U dell'universo nel ciclo.

Il lavoro prodotto nel ciclo del gas viene utilizzato da una macchina frigorifera sincrona di efficienza $\xi = 0.9$ che opera tra due serbatoi, di cui quello freddo è acqua alla temperatura di solidificazione. Determinare:

c) la massa m di ghiaccio che si forma in $N = 250$ cicli sincroni del gas e della macchina frigorifera (calore latente di fusione del ghiaccio $\lambda_g = 3.3 \cdot 10^5$ J/kg).

Soluzioni

Problema 1

a) $P = \text{cost} = 0 \;\Rightarrow\; MV + mv = 0 \;\Rightarrow\; V = -\dfrac{mv}{M} \;\Rightarrow\; |V| = \dfrac{mv}{M} = 7.88\ \text{m/s}$

b) $W_{nc} = \Delta E_m \;\Rightarrow\; -\mu_d Mg\cos\theta\, d = Mgd\,\text{sen}\,\theta - \dfrac{1}{2}MV^2 \;\Rightarrow\; d = \dfrac{V^2}{2g(\text{sen}\,\theta + \mu_d\cos\theta)} = 3.93\ \text{m}$

oppure $\;-Mg\sin\theta - \mu_d Mg\cos\theta = Ma; \quad 0 = V^2 + 2ad \;\Rightarrow\; d = -\dfrac{V^2}{2a} = \dfrac{V^2}{2g(\text{sen}\,\theta + \mu_d\cos\theta)}$

c) $E_p = \Delta E_m = \Delta E_k = E_{k,c} + E_{k,p} = \dfrac{1}{2}MV^2 + \dfrac{1}{2}mv^2 = 6.17 \cdot 10^4\ \text{J}$

Problema 2

a) $I_z = \dfrac{1}{3}m_L L^2 + \left[\dfrac{1}{12}\dfrac{m_L}{2}\left(\dfrac{L}{2}\right)^2 + \dfrac{m_L}{2}L^2\right] = \dfrac{32+1+48}{96}m_L L^2 = \dfrac{27}{32}m_L L^2 \;\Rightarrow\; m_L = \dfrac{32 I_z}{27 L^2} = 6.0\ \text{kg}$

b) La posizione del centro di massa del corpo rispetto a O è:

$$y_{CM} = \frac{m_L\dfrac{L}{2} + \dfrac{m_L}{2}L}{m_L + \dfrac{m_L}{2}} = \frac{2}{3}L; \quad \frac{1}{2}I_z\omega^2 = \frac{3}{2}m_L g y_{CM}(1-\cos\theta) \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\; \theta = \cos^{-1}\left(1 - \frac{I_z\omega^2}{2m_L gL}\right) = 0.553\ \text{rad} = 31.7°$$

oppure $\;\dfrac{1}{2}I_z\omega^2 = m_L g\dfrac{L}{2}(1-\cos\theta) + \dfrac{m_L}{2}gL(1-\cos\theta) \;\Rightarrow\; I_z\omega^2 = 2m_L gL(1-\cos\theta)$

oppure, osservando che, posto l'asse di rotazione uscente dal foglio per avere $\alpha > 0$, allora $\theta < 0$:

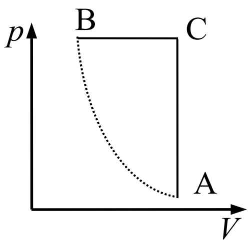
$$\vec{r}_{CM} \times m_{TOT}\vec{g} = I_z\vec{\alpha} \;\Rightarrow\; \alpha = \frac{\frac{2}{3}L\frac{3}{2}m_L g(-\,\text{sen}\,\theta)}{I_z} = -\frac{m_L gL\,\text{sen}\,\theta}{I_z};$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\int_\theta^0 \alpha d\theta = -\frac{2m_L gL}{I_z}\int_\theta^0 \text{sen}\,\theta\, d\theta = \frac{2m_L gL}{I_z}(1-\cos\theta)$$

c) $L_O = \text{cost} \;\Rightarrow\; I_z\vec{\omega} = I_z\vec{\omega}' + \overrightarrow{OC} \times m_G\vec{v}_{CM} \;\Rightarrow\; \omega' = \left|\omega - \dfrac{L m_G v_{CM}}{I_z}\right| = 0.52\ \text{rad/s}$

d) $\vec{R} \times \vec{f}_{ad} = I_{C,guscio}\vec{\alpha} \;\Rightarrow\; \alpha = \dfrac{R f_{ad}}{I_{C,guscio}} = \dfrac{R\mu_d m_G g}{\frac{2}{3}m_G R^2} = \dfrac{3\mu_d g}{2R} = 4.05\ \text{rad/s}^2$

Problema 3



a) $Q_{AB} = 0; \quad W_{AB} = -\Delta U_{AB} = -nc_V(T_B - T_A) = -6235\ \text{J};$

$Q_{BC} = nc_p(T_C - T_B) = 2.44 \cdot 10^4\ \text{J}; \quad W_{BC} = nR(T_C - T_B) = 6984\ \text{J}$

$Q_{CA} = nc_V(T_A - T_C) = -2.37 \cdot 10^4\ \text{J}; \quad W_{CA} = 0$

$\eta = \dfrac{W_{TOT}}{Q_{ASS}} = \dfrac{Q_{TOT}}{Q_{ASS}} = 1 + \dfrac{Q_{CED}}{Q_{ASS}} = 1 + \dfrac{Q_{CA}}{Q_{BC}} = 0.031$

b) $\Delta S_{U,ciclo} = \Delta S_{amb,ciclo} = \Delta S_{amb,BC+CA} = -\Delta S_{gas,BC+CA} = -nc_p\ln\dfrac{T_C}{T_B} - nc_V\ln\dfrac{T_A}{T_C} = 0.6\ \text{J/K}$

oppure $\;\Delta S_{U,ciclo} = \Delta S_{U,AB} = \Delta S_{gas,AB} = nR\ln\dfrac{V_B}{V_A} + nc_V\ln\dfrac{T_B}{T_A}$ con $\dfrac{V_B}{V_A} = \dfrac{V_B}{V_C} = \dfrac{nRT_B}{p_B}\dfrac{p_C}{nRT_C} = \dfrac{T_B}{T_C}$

c) $\xi = \dfrac{Q_{ASS,H2O}}{|W_F|} \;\Rightarrow\; Q_{ASS,H2O} = \xi|W_F| = \xi W_{TOT}; \quad m = \dfrac{NQ_{ASS,H2O}}{\lambda_g} = \dfrac{N\xi W_{TOT}}{\lambda_g} = 0.51\ \text{kg}$