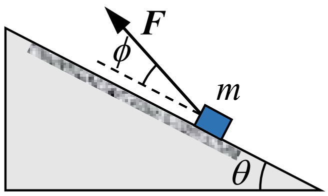
Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica - Canale 1 (Prof. G. Naletto)
Prova Scritta di Fisica Generale 1 - Padova, 2 settembre 2022

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

Problema 1



Un corpo di dimensioni trascurabili e massa m = 0.6 kg è fermo su un piano scabro inclinato di un angolo θ = 35° rispetto all'orizzontale. Sul corpo agisce una forza $\vec{F}$ di modulo F = 4.5 N che forma un angolo ϕ = 15° con il piano inclinato, orientata come in figura. Determinare:

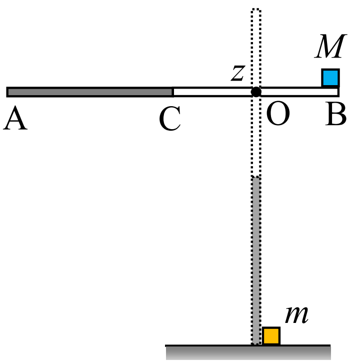
a) modulo e verso della forza di attrito statico $\vec{f}_{as}$ agente sul corpo;

b) il minimo valore $\mu_{s,min}$ del coefficiente di attrito statico per mantenere il corpo fermo.

Nell'ipotesi in cui $\mu_s = \mu_d = 0.12$ ($< \mu_{s,min}$), determinare:

c) l'energia cinetica E_k del corpo quando ha percorso un tratto di lunghezza d = 0.8 m lungo il piano inclinato partendo da fermo.

Problema 2



Una sbarretta sottile AB è costituita da due sbarrette sottili omogenee, AC e CB, unite all'estremo C (vedi figura): la sbarretta BC ha lunghezza ℓ = 0.4 m e massa $m_{CB} = m$ = 2 kg; la sbarretta AC ha la stessa lunghezza ℓ e massa doppia, $m_{AC} = 2m$. AB può ruotare senza attrito attorno ad un asse z orizzontale perpendicolare ad AB e passante per O, punto medio di BC. Inizialmente AB è orizzontale, con un corpo di dimensioni trascurabili e massa M appoggiato sul suo estremo B. Ad un certo istante si toglie il corpo e AB inizia a ruotare attorno a z; quando AB è in posizione verticale, il suo estremo A urta in modo completamente anelastico un corpo di massa m e dimensioni trascurabili fermo su un piano. Determinare:

a) la massa M del corpo che mantiene AB in equilibrio orizzontale;

b) il momento di inerzia I_z della sbarretta AB rispetto all'asse di rotazione z;

c) il modulo ω della velocità angolare di AB un istante prima dell'urto;

d) il modulo ω' della velocità angolare di AB un istante dopo l'urto.

Problema 3

Una macchina termica lavora tra una massa di acqua e vapor acqueo alla temperatura di ebollizione dell'acqua (a pressione ambiente) T_v = 373.15 K e una massa $M_g = 1$ kg di ghiaccio alla temperatura di fusione T_g = 273.15 K. Ad ogni ciclo la macchina condensa una massa $m_v = 2.5 \cdot 10^{-3}$ kg di vapore e produce un lavoro W; questo lavoro viene utilizzato da una macchina frigorifera reversibile che lavora tra due serbatoi alle temperature T_1 = 274 K e T_2 = 300 K e che ad ogni ciclo cede un calore $Q_2 = -1.5 \cdot 10^4$ J al serbatoio caldo. Sapendo che i calori latenti delvapor acqueo al punto di condensazione e del ghiaccio al punto di fusione sono, rispettivamente, $\lambda_v = 2.26 \cdot 10^6$ J/kg e $\lambda_g = 3.3 \cdot 10^5$ J/kg, determinare:

a) il rendimento η del ciclo della macchina termica;

b) il numero N di cicli necessari a far fondere tutto il ghiaccio presente nel serbatoio freddo (si assuma che la massa di vapore sia più che sufficiente a far fondere tutto il ghiaccio del serbatoio freddo);

c) la variazione di entropia ΔS_U dell'universo relativo alla sola macchina termica (quindi non anche di quella frigorifera) quando tutto il ghiaccio del serbatoio freddo si è fuso.

Soluzioni

Problema 1

a) Orientiamo verso l'alto l'asse parallelo al piano inclinato e poniamo la forza di attrito orientata verso il basso:

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{f}_{as} = 0 \;\Rightarrow\; \begin{cases} F\cos\phi - mg\sin\theta - f_{as} = 0 \\ F\sin\phi - mg\cos\theta + N = 0 \end{cases} \;\Rightarrow\; \begin{cases} f_{as} = F\cos\phi - mg\sin\theta = 0.97\text{ N} \\ N = mg\cos\theta - F\sin\phi = 3.66\text{ N} \end{cases}$$

Essendo $f_{as} > 0$, la forza di attrito statico è parallela al piano inclinato orientata verso il basso.

b) $f_{as} \le f_{as,max} = \mu_s N \;\Rightarrow\; \mu_s \ge \dfrac{f_{as}}{N} = \mu_{s,min} = 0.27$

c) $W_{TOT} = \Delta E_k \;\Rightarrow\; E_k = W_{TOT} = W_F + W_{peso} + W_{att} = F\cos\phi\, d - mg\sin\theta\, d - \mu_d N d = 0.425\text{ J}$

Oppure $\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{f}_{ad} = m\vec{a} \;\Rightarrow\; F\cos\phi - mg\sin\theta - \mu_d N = ma$;

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\cdot 2ad = mad = \left(F\cos\phi - mg\sin\theta - \mu_d N\right)d$$

Problema 2

a) $\dfrac{\ell}{2}Mg - \ell\cdot 2mg = 0 \;\Rightarrow\; M = 4m = 8\text{ kg}$

b) $I_z = I_{z,AC} + I_{z,CB} = \left(\dfrac{1}{12}2m\ell^2 + 2m\ell^2\right) + \dfrac{1}{12}m\ell^2 = \dfrac{9}{4}m\ell^2 = 0.72\text{ kgm}^2$

c) La distanza del centro di massa di AB rispetto ad O è: $d = \frac{2m\ell}{3m} = \frac{2}{3}\ell$. Per la conservazione dell'energia meccanica:

$$E_{m,i} = E_{m,f} \;\Rightarrow\; E_{p,i} = E_{k,f} \;\Rightarrow\; 3mgd = \frac{1}{2}I_z\omega^2 \;\Rightarrow\; \omega = \sqrt{\frac{6mgd}{I_z}} = \frac{4}{3}\sqrt{\frac{g}{\ell}} = 6.6\text{ rad/s}$$

Oppure si osserva che è solo la sbarretta AC che contribuisce alla variazione di energia potenziale:

$$2mg\ell = \frac{1}{2}I_z\omega^2 \;\Rightarrow\; \omega = \sqrt{\frac{2mg\ell}{I_z}} = \frac{4}{3}\sqrt{\frac{g}{\ell}}$$

d) $\vec{L}_o = \text{cost} \;\Rightarrow\; I_z\omega = I'_z\omega' \;\Rightarrow\; \omega' = \dfrac{I_z}{I'_z}\omega = \dfrac{\frac{9}{4}m\ell^2}{\frac{9}{4}m\ell^2 + m\left(\frac{3}{2}\ell\right)^2}\omega = \dfrac{\omega}{2} = 3.3\text{ rad/s}$

Problema 3

a) $\dfrac{Q_1}{T_1} + \dfrac{Q_2}{T_2} = 0 \;\Rightarrow\; Q_1 = -\dfrac{T_1}{T_2}Q_2$; $\;W_F = Q_1 + Q_2 = \left(1 - \dfrac{T_1}{T_2}\right)Q_2 = -1300\text{ J}$;

Oppure $\xi = \dfrac{Q_1}{|W_F|} = \dfrac{W_F - Q_2}{-W_F} = \dfrac{T_1}{T_2 - T_1} \;\Rightarrow\; W_F = Q_2\dfrac{T_2 - T_1}{T_2}$

$\eta = \dfrac{W}{Q_v}$; $\;W = -W_F$; $\;Q_v = m_v\lambda_v = 5650\text{ J}$; $\;\Rightarrow\; \eta = \dfrac{W}{Q_v} = \dfrac{-W_F}{m_v\lambda_v} = 0.23$

b) $Q_g = W - Q_v = -m_g\lambda_g \;\Rightarrow\; m_g = \dfrac{Q_v - W}{\lambda_g} = 0.0132\text{ kg}$; $\;N = \dfrac{M_g}{m_g} = 76$

c) $\Delta S_U = \Delta S_{amb} = \Delta S_v + \Delta S_g = \dfrac{-N m_v\lambda_v}{T_v} + \dfrac{N m_g\lambda_g}{T_g} = 59.5\text{ J/K}$