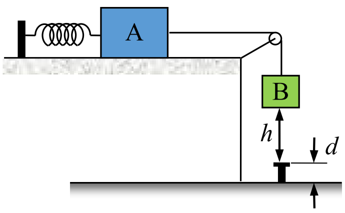
Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica - Canale 2 (Prof. G. Naletto)
Prova scritta di Fisica Generale 1 - Padova, 4 febbraio 2022

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

Aula .... Posto # ....

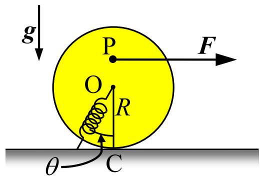
Problema 1



Un corpo A di massa m_A = 10 kg è posto su un piano orizzontale scabro avente coefficiente di attrito dinamico μ_d = 0.12. Esso è collegato tramite una fune inestensibile di massa trascurabile ed una carrucola ideale ad un corpo B di massa m_B = 4 kg che può scendere in verticale come indicato in figura; sul lato opposto alla fune, A è collegato ad una molla ideale di costante elastica k = 300 N/m orizzontale vincolata all'altro estremo ed estesa di una quantità $\Delta x = 0.15$ m. La base inferiore di B si trova ad una distanza $h = 0.2$ m lungo la verticale dalla testa di un chiodo parzialmente conficcato nel terreno da cui sporge di $d = 0.004$ m. Inizialmente il sistema è fermo, poi si stacca la molla da A e i corpi si mettono in movimento. Determinare:

a) modulo F_{as} e verso della forza di attrito statico inizialmente presente tra A ed il piano;
b) il modulo T della tensione della fune mentre i corpi A e B stanno cadendo;
c) se alla fine il chiodo sarà completamente conficcato nel terreno, sapendo che, mentre scende, il terreno esercita su di esso una forza di strisciamento costante $F_{str} = 500$ N (si consideri trascurabile l'effetto della forza peso del chiodo stesso).

Problema 2



Un disco di raggio R e massa m = 5 kg è appoggiato su un piano scabro orizzontale con il suo asse orizzontale. Nella posizione P del disco, alla distanza OP = R/2 dal centro O del disco, con OP verticale e P sopra O, è applicata una forza orizzontale di modulo costante $F = 3.2$ N complanare al disco. Nel centro O del disco è attaccata una molla di costante elastica $k = 100$ N/m vincolata al piano all'altro estremo; la molla è complanare al piano del disco, inclinata di un angolo $\theta = 30°$ rispetto alla verticale, estesa di Δx e si oppone al moto del disco indotto dalla forza $\vec{F}$. Determinare:

a) l'allungamento Δx della molla;
b) il modulo N della reazione normale esercitata dal piano di appoggio sul disco.

Ad un certo istante, si stacca la molla ed il disco si mette in moto di puro rotolamento; durante il moto del disco, la forza $\vec{F}$ rimane sempre applicata nel punto posto a distanza R/2 sopra O. Determinare:

c) il modulo f_{as} della forza di attrito statico tra disco e piano durante il moto;
d) l'energia cinetica E_k del disco dopo che il suo centro di massa ha percorso una distanza $l = 1.5$ m.

Problema 3

Una macchina termica di rendimento $\eta = 0.22$ lavora tra una massa M_V di vapor acqueo saturo ($\lambda_V = 2.26\cdot10^6$ J/kg, T_V = 373.15 K) ed un serbatoio contenente ghiaccio ($\lambda_G = 3.3\cdot10^5$ J/kg, T_G = 273.15 K). Ad ogni ciclo condensa una massa $m_V = 0.005$ kg di vapore e fonde una massa m_G di ghiaccio. Determinare:

a) la massa m_G di ghiaccio che fonde ad ogni ciclo della macchina;
b) la massa M_V di vapore iniziale sapendo che con il lavoro complessivamente prodotto dalla macchina, cioè fino a quando tutto il vapore è condensato, è possibile dimezzare il volume di $n = 12$ moli di gas alla temperatura $T = 360$ K con una trasformazione isoterma reversibile.

Quando tutto il vapore è condensato, si sostituisce la macchina con una reversibile (che lavora quindi tra una massa M_V d'acqua inizialmente alla temperatura T_V e il serbatoio di ghiaccio alla temperatura T_G). Determinare:

c) la temperatura T_{H2O} dell'acqua ($c_{H2O} = 4186.6$ J/(kg K)) dopo che è fusa un'ulteriore massa $M_G = 0.025$ kg di ghiaccio.

Soluzioni

Problema 1

a) Si orienta l'asse per A positivo verso destra e quello per B positivo verso il basso:

$T' = m_B g;\ \ T' + F_{as} - k\Delta x = 0 \ \Rightarrow\ F_{as} = k\Delta x - m_B g = 5.76$ N concorde al verso dell'asse (verso destra).

b) $\begin{cases} m_B g - T = m_B a \\ T - \mu_d m_A g = m_A a \end{cases} \ \Rightarrow\ \begin{cases} a = \dfrac{m_B - \mu_d m_A}{m_A + m_B} g \\ T = m_A(\mu_d g + a) \end{cases} \ \Rightarrow\ T = (\mu_d + 1)\dfrac{m_A m_B}{m_A + m_B} g = 31.4 \text{ N}$

c) La massima energia che il corpo B può trasmettere al chiodo è pari alla sua energia cinetica all'urto più la sua energia potenziale gravitazionale dall'altezza del chiodo al suolo (nel caso di urto elastico con più rimbalzi).

$$E_{max} = E_{k,B} + m_B g d = \frac{1}{2} m_B v_B^2 + m_B g d = \frac{1}{2} m_B (2ah) + m_B g d = m_B(ah + gd) = 1.73 \text{ J}$$

La velocità di B all'urto si può determinare anche con la variazione dell'energia meccanica:

$$W_{nc} = \Delta E_m \ \Rightarrow\ -\mu_d m_A g h = \frac{1}{2}(m_A + m_B) v_B^2 - m_B g h \ \Rightarrow\ v_B^2 = 2\left(\frac{m_B - \mu_d m_A}{m_A + m_B} g\right) h$$

Siccome il lavoro necessario per conficcare completamente il chiodo nel terreno è $W = F_{str} d = 2 \text{ N} > E_{max}$, il sistema non dispone di energia sufficiente a conficcare completamente il chiodo.

Problema 2

a) Si può scegliere come polo dei momenti sia il punto di contatto C sia il centro del disco O:

Polo C: $\dfrac{3}{2} RF - Rk\Delta x \sin(\pi - \theta) = 0 \ \Rightarrow\ \Delta x = \dfrac{3F}{2k \sin\theta} = 0.096 \text{ m}$

Polo O: $\begin{cases} \dfrac{R}{2} F - R f'_{as} = 0 \\ F + f_{as} - k\Delta x \sin\theta = 0 \end{cases} \ \Rightarrow\ F + \dfrac{F}{2} - k\Delta x \sin\theta = 0 \ \Rightarrow\ \Delta x = \dfrac{3F}{2k\sin\theta}$

b) $N - mg - k\Delta x \cos\theta = 0 \ \Rightarrow\ N = mg + k\Delta x \cos\theta = 57.4 \text{ N}$

c) Polo C: $\dfrac{3}{2} RF = I_C \alpha \ \Rightarrow\ \dfrac{3}{2} RF = \left(\dfrac{1}{2} mR^2 + mR^2\right)\dfrac{a_{CM}}{R} \ \Rightarrow\ a_{CM} = \dfrac{F}{m} = 0.6 \text{ m/s}^2$

Polo O: $\begin{cases} \dfrac{R}{2} F - R f_{as} = I_O \alpha \\ F + f_{as} = m a_{CM} \end{cases} \ \Rightarrow\ \begin{cases} R\left(\dfrac{F}{2} - f_{as}\right) = \dfrac{1}{2} mR^2 \dfrac{a_{CM}}{R} \\ F + f_{as} = m a_{CM} \end{cases} \ \Rightarrow\ \begin{cases} a_{CM} = \dfrac{F}{m} \\ f_{as} = 0 \end{cases}$

d) $E_k = \dfrac{1}{2} m v_{CM}^2 + \dfrac{1}{2} I_O \omega^2 = \dfrac{1}{2} m v_{CM}^2 + \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{1}{2} mR^2\right)\dfrac{v_{CM}^2}{R^2} = \dfrac{3}{4} m v_{CM}^2 = \dfrac{3}{4} m \left(2 \dfrac{F}{m} l\right) = \dfrac{3}{2} Fl = 7.2 \text{ J}$

Oppure: $E_k = W_{F,trasl+rot} = Fl + M_O \Delta\theta = Fl + \dfrac{R}{2} F \dfrac{l}{R} = \dfrac{3}{2} Fl$

Problema 3

a) $\eta = 1 + \dfrac{Q_G}{Q_V} = 1 - \dfrac{m_G \lambda_G}{m_V \lambda_V} \ \Rightarrow\ m_G = m_V \dfrac{\lambda_V}{\lambda_G}(1 - \eta) = 0.0267 \text{ kg}$

b) $W_{TOT} = \eta Q_{V,TOT} = \eta M_V \lambda_V;\ \ W_{gas} = nRT \ln\dfrac{V_{fin}}{V_{in}} = nRT \ln\dfrac{1}{2};\ \ W_{TOT} = -W_{gas} \ \Rightarrow$

$$\Rightarrow\ M_V = -\frac{nRT \ln\frac{1}{2}}{\eta \lambda_V} = 0.050 \text{ kg}$$

c) $\Delta S_{UN} = 0 = \Delta S_{acqua} + \Delta S_{ghiaccio} = M_V c_{H2O} \ln\dfrac{T_{H2O}}{T_V} + \dfrac{M_G \lambda_G}{T_G} \ \Rightarrow\ T_{H2O} = T_V e^{-\frac{M_G \lambda_G}{M_V c_{H2O} T_G}} = 323.1 \text{ K}$