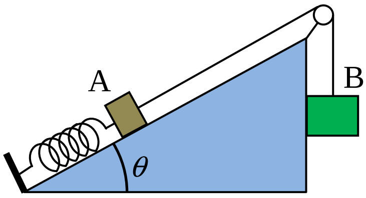
Corsi di Laurea in Ingegneria Biomedica, dell'Informazione, Elettronica e Informatica
Canale 3 (Prof. G. Naletto)
Prova scritta di Fisica Generale 1 - Padova, 25 Giugno 2014

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

Problema 1



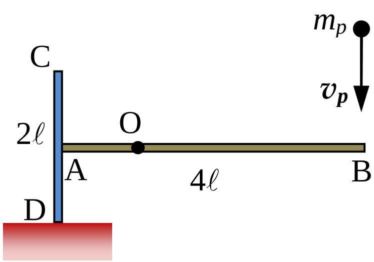
Un corpo A di massa $m_A = m$ e dimensioni trascurabili è fermo su un piano inclinato liscio che forma un angolo $\theta = 30°$ rispetto all'orizzontale. Il corpo è collegato sul lato in cui il piano scende all'estremità di una molla ideale di costante elastica $k = 150$ N/m posta parallela al piano e il cui altro estremo è vincolato al piano stesso. Sul lato opposto, dove il piano sale, il corpo è collegato ad un filo inestensibile, parallelo al piano e di massa trascurabile. All'altra estremità del filo, dopo una carrucola ideale, è collegato un corpo B di massa $m_B = m$; B può muoversi lungo la direzione verticale in contatto strisciante con la parete verticale del piano inclinato, e tra corpo e parete il coefficiente di attrito statico è uguale a quello dinamico ($\mu_s = \mu_d$). Sapendo che l'estensione della molla nella posizione iniziale di equilibrio statico del sistema è pari a $\Delta x_e = 0.08$ m, determinare:

a) il valore della forza d'attrito statico agente sul corpo B;
b) il valore della massa m dei due corpi.

Mantenendo il sistema bloccato, si cambia la massa di B, ponendola uguale a m'_B. Si liberano poi i due corpi e si osserva un moto oscillatorio in cui il modulo della massima compressione della molla è pari a $\Delta x_{c,\max} = 0.05$ m. Determinare:

c) il valore m'_B della massa di B.

Problema 2



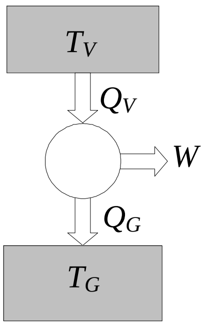
Un corpo rigido è costituito da due sbarrette sottili omogenee vincolate tra di loro di lunghezza $AB = 4\ell$ e $CD = 2\ell$ ($\ell = 0.15$ m) e massa rispettivamente m_{AB} e $m_{CD} = 5m_{AB}$. La sbarretta AB è orizzontale, mentre CD è verticale con il suo punto medio coincidente con A. Il corpo può ruotare attorno ad un asse orizzontale privo di attrito passante per il punto O della sbarretta AB che si trova a distanza ℓ da A; il momento d'inerzia del corpo rigido rispetto all'asse passante per O è $I_O = 0.405$ kgm^2. Il sistema è inizialmente fermo con il punto D appoggiato al suolo. Ad un certo istante, un proiettile di dimensioni trascurabili e massa $m_p = m_{AB}/3$ urta il punto B in modo completamente anelastico con velocità istantanea verticale orientata verso il basso di modulo v_p e vi rimane attaccato. Determinare:

a) la massa m_{AB} della sbarretta AB;
b) il modulo v_p della velocità del proiettile un istante prima dell'urto sapendo che la velocità angolare del corpo rigido un istante dopo l'urto è pari a $\omega' = 3$ rad/s;
c) la distanza x_{CM} del centro di massa del sistema corpo rigido + proiettile rispetto ad O.

(Facoltativo) A seguito dell'impatto con il proiettile, il punto D dapprima si alza dal suolo e poi vi va a sbattere nuovamente a causa della forza peso. Durante quest'urto, il suolo esercita su D una forza resistente costante di modulo $F = 200$ N finché il corpo si ferma. Considerando per semplicità il moto di D come puramente verticale, determinare:

d) la profondità h di cui il punto D penetra nel suolo.

Problema 3



Una macchina termica reversibile lavora tra un serbatoio di vapor acqueo saturo alla temperatura $T_V = 373.15$ K ($\lambda_V = 2.26 \cdot 10^6$ J/kg) ed una massa $M = 40$ kg di ghiaccio alla temperatura di fusione $T_G = 273.15$ K ($\lambda_G = 3.3 \cdot 10^5$ J/kg). Ad ogni ciclo fonde una massa $m_G = 0.05$ kg di ghiaccio e condensa una massa m_V di vapore. Determinare:

a) la massa m_V di vapore che condensa ad ogni ciclo;
b) il lavoro totale W_{TOT} compiuto dalla macchina quando tutto il ghiaccio è fuso;
c) la temperatura T_a raggiunta dall'acqua ($c = 4.187 \cdot 10^3$ J/kgK) dopo che una massa pari a $M_V = 1$ kg di vapor acqueo è condensata a partire dall'istante in cui tutto il ghiaccio è fuso;
d) l'altezza h di cui si può sollevare un corpo di massa $m = 5000$ kg utilizzando senza perdite il lavoro prodotto dalla macchina termica a partire dall'istante in cui tutto il ghiaccio è fuso e fino a quando la temperatura dell'acqua è pari a T_a.

Soluzioni

Problema 1

a) Siccome la reazione normale tra corpo B e piano è nulla, la forza d'attrito statico ($F_{as} \le \mu_s N$) è nulla. Anche la forza di attrito dinamico $F_{ad} = \mu_d N$, presente quando il corpo si muove e striscia, è nulla.

b) $$m_B g - T = 0; \quad T - k\Delta x_e - m_A g \sin\theta = 0 \quad \Rightarrow \quad m = \frac{k\Delta x_e}{g(1-\sin\theta)} = 2.45\ \text{kg}$$

c) I corpi percorrono una distanza complessiva $h = \Delta x_e + \Delta x_{c,\max}$ da quando vengono liberati al momento di massima compressione della molla.

$$E_{m,A+B,in} = E_{m,A+B,fin} \quad \Rightarrow \quad mgh\sin\theta + \frac{1}{2}k\Delta x_e^2 = \frac{1}{2}k\Delta x_{c,\max}^2 + m'_B\, gh$$

$$\Rightarrow \quad m'_B = m\sin\theta + \frac{k}{2gh}\left(\Delta x_e^2 - \Delta x_{c,\max}^2\right) = m\sin\theta + \frac{k}{2g}\left(\Delta x_e - \Delta x_{c,\max}\right) = 1.45\ \text{kg}$$

Problema 2

a) $$I_O = \left[\frac{1}{12}m_{AB}(4\ell)^2 + m_{AB}\ell^2\right] + \left[\frac{1}{12}m_{CD}(2\ell)^2 + m_{CD}\ell^2\right] = 9m_{AB}\ell^2 \quad \Rightarrow \quad m_{AB} = \frac{I_O}{9\ell^2} = 2\ \text{kg}$$

b) $$I'_O = I_O + m_p(3\ell)^2 = 12m_{AB}\ell^2; \quad \vec{L}_{in,O} = \vec{L}_{fin,O} \quad \Rightarrow \quad 3\ell m_p v_p = I'_O\omega' \quad \Rightarrow \quad v_p = \frac{I'_O\omega'}{3\ell m_p} = 12\omega'\ell = 5.4\ \text{m/s}$$

c) Assumiamo il punto O come origine del sistema di riferimento Oxy, con x asse orizzontale orientato verso B.

$$x_{CM} = \left|\frac{m_{AB}\ell - m_{CD}\ell + m_p 3\ell}{m_{AB} + m_{CD} + m_p}\right| = \left|\frac{m_{AB}\ell - 5m_{AB}\ell + m_{AB}\ell}{m_{AB} + 5m_{AB} + m_{AB}/3}\right| = \left|-\frac{9}{19}\ell\right| = 0.071\ \text{m}$$

d) $$W = \Delta E_k \quad \Rightarrow \quad -Fh + m_{TOT}\, g\left(\frac{9}{19}h\right) = -\frac{1}{2}I'_O\,\omega'^2 \quad \Rightarrow \quad Fh - \frac{19}{3}m_{AB}\, g\left(\frac{9}{19}h\right) = \frac{1}{2}12m_{AB}\ell^2\omega'^2 \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad h = \frac{6m_{AB}\ell^2\omega'^2}{F - 3m_{AB}g} = 0.007\ \text{m}$$

Problema 3

a) $$\frac{Q_V}{T_V} + \frac{Q_G}{T_G} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{m_V\lambda_V}{T_V} - \frac{m_G\lambda_G}{T_G} = 0 \quad \Rightarrow \quad m_V = m_G\frac{\lambda_G}{\lambda_V}\frac{T_V}{T_G} = 0.01\ \text{kg}$$

oppure

$$\eta = 1 - \frac{|Q_G|}{Q_V} = 1 - \frac{m_G\lambda_G}{m_V\lambda_V}; \quad \eta = 1 - \frac{T_G}{T_V} \quad \Rightarrow \quad m_V = m_G\frac{\lambda_G}{\lambda_V}\frac{T_V}{T_G}$$

b) $$\eta = \frac{W_{ciclo}}{Q_V} \quad \Rightarrow \quad W_{ciclo} = \eta Q_V = \eta m_V\lambda_V; \quad N_{cicli} = \frac{M}{m_G}; \quad W_{TOT} = W_{ciclo}N_{cicli} = \left(1 - \frac{T_G}{T_V}\right)m_V\lambda_V\frac{M}{m_G} = 4.83\cdot 10^6\ \text{J}$$

oppure

$$\frac{Q_V}{T_V} + \frac{Q_G}{T_G} = 0 \quad \Rightarrow \quad Q_{V,TOT} = -Q_{G,TOT}\frac{T_V}{T_G}; \quad W_{TOT} = Q_{G,TOT} + Q_{V,TOT} = Q_{G,TOT}\left(1 - \frac{T_V}{T_G}\right) = -M\lambda_G\left(1 - \frac{T_V}{T_G}\right)$$

c) $$\Delta S_{UN} = \Delta S_V + \Delta S_{acqua} = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta S_U = \frac{-M_V\lambda_V}{T_V} + Mc\ln\frac{T_a}{T_G} = 0 \quad \Rightarrow \quad T_a = T_G\exp\left(\frac{M_V\lambda_V}{McT_V}\right) = 283.2\ \text{K}$$

d) $$W' = Q'_V + Q'_G = M_V\lambda_V - Mc(T_a - T_G) = mgh \quad \Rightarrow \quad h = \frac{M_V\lambda_V - Mc(T_a - T_G)}{mg} = 11.7\ \text{m}$$