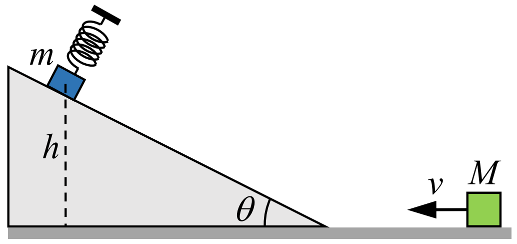
Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica - Canale 1 (Prof. G. Naletto)
Prova Scritta di Fisica Generale 1 - Padova, 7 luglio 2022

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

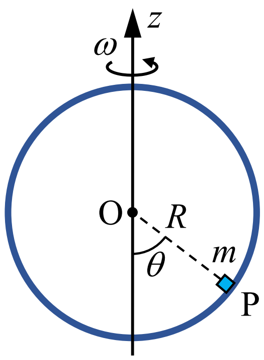
Problema 1



Un corpo di dimensioni trascurabili e massa $m = 0.4$ kg è posto ad altezza h rispetto al suolo su un piano scabro inclinato di un angolo $\theta = 28°$ rispetto all'orizzontale. Il corpo rimane fermo in quanto su di esso agisce lungo la direzione perpendicolare al piano la forza elastica di una molla ideale compressa di costante elastica $k = 65$ N/m e vincolata all'altro estremo. Ad un certo punto si toglie la molla, il corpo scende lungo in piano inclinato e raggiunge il suolo orizzontale liscio con velocità di modulo $v = 1.3$ m/s. Qui il corpo urta in modo completamente anelastico un altro corpo di dimensioni trascurabili e massa M (incognita) che si sta muovendo nel verso opposto con velocità uguale in modulo; si trova che dopo l'urto, il sistema dei due corpi rimane fermo sul piano orizzontale. Sapendo che i coefficienti di attrito statico e dinamico tra corpo e piano inclinato sono rispettivamente $\mu_s = 0.35$ e $\mu_d = 0.3$, determinare:

a) la minima compressione Δx_{min} che deve avere la molla per tenere fermo il corpo;
b) l'altezza h cui si trova inizialmente il corpo sul piano inclinato;
c) l'energia E_{diss} dissipata durante l'urto tra i due corpi.

Problema 2



Una guida circolare assimilabile ad un anello sottile omogeneo di massa $M = 2.5$ kg e raggio $R = 0.33$ m può ruotare attorno ad un asse verticale z liscio coincidente con un suo diametro. Un corpo di dimensioni trascurabili e massa $m = 0.06$ kg è vincolato a scorrere senza attrito sulla guida. Inizialmente il sistema è fermo e il corpo di massa m sta nel punto più basso della guida. Ad un certo istante, tramite un motore, si mette in rotazione la guida. Quando la guida ruota con velocità angolare ω si spegne il motore; si osserva che il corpo è fermo nel punto P, con il raggio OP che forma un angolo $\theta = 40°$ rispetto all'asse di rotazione (vedi figura). Determinare:

a) il momento di inerzia I_z del sistema guida+corpo quando la velocità angolare della guida è pari a ω;
b) il modulo ω della velocità angolare del sistema;
c) il lavoro W_{mot} fatto dal motore per portare tutto il sistema in rotazione con velocità angolare ω.

Problema 3

Un cilindro adiabatico dotato di pistone mobile con attrito trascurabile contiene $n = 3$ moli di un gas ideale biatomico in equilibrio nello stato di equilibrio A, alla temperatura $T_A = 255$ K e pressione $p_A = 8 \cdot 10^4$ Pa. Agendo molto lentamente sul pistone dall'esterno si comprime il gas fino a portarlo alla temperatura $T_B = \frac{3}{2} T_A$. Tolto l'isolamento adiabatico e messo il gas in contatto termico con un serbatoio alla temperatura T_B, si espande molto lentamente il gas finché raggiunge la pressione $p_C = p_A$. Infine, si mette il gas in contatto termico con un serbatoio alla temperatura T_A e il gas si riporta nello stato iniziale. Si disegni il ciclo compiuto dal gas, e si determinino:

a) il volume V_B occupato dal gas nello stato B;
b) il rendimento η del ciclo;
c) la variazione di entropia ΔS_{amb} dell'ambiente nel ciclo;
d) l'energia E_{IN} resa inutilizzabile durante il ciclo.

Soluzioni

Problema 1

a) $\vec{f}_{as} + k\Delta\vec{x} + m\vec{g} + \vec{N} = 0 \;\Rightarrow\; \begin{cases} f_{as} - mg\sin\theta = 0 \\ k|\Delta x| + mg\cos\theta - N = 0 \end{cases} \;\Rightarrow$

$\Rightarrow\; f_{as} = mg\sin\theta \le \mu_s N = \mu_s(k|\Delta x| + mg\cos\theta) \Rightarrow\; |\Delta x| \ge \frac{mg}{k}\left(\frac{\sin\theta}{\mu_s} - \cos\theta\right) = \Delta x_{min} = 0.028\ \text{m}$

b) $W_{nc} = \Delta E_m \;\Rightarrow\; -\mu_d mg\cos\theta \cdot \frac{h}{\sin\theta} = \frac{1}{2}mv^2 - mgh \;\Rightarrow\; h = \frac{v^2}{2g(1-\mu_d \operatorname{ctg}\theta)} = 0.198\ \text{m}$

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

$v^2 = 2a\frac{h}{\sin\theta} = 2gh(1-\mu_d \operatorname{ctg}\theta) \;\Rightarrow\; h = \frac{v^2}{2g(1-\mu_d \operatorname{ctg}\theta)}$

c) $mv - Mv = 0 \;\Rightarrow\; m = M;\quad E_{diss} = |\Delta E_k| = \left|0 - \left(\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Mv^2\right)\right| = mv^2 = 0.68\ \text{J}$

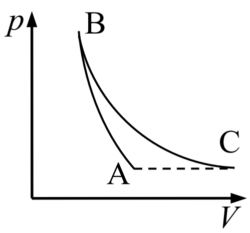
Problema 2

a) $I_z = \frac{1}{2}MR^2 + m(R\sin\theta)^2 = 0.139\ \text{kgm}^2$

b) $\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}_N \;\Rightarrow\; \begin{cases} N\cos\theta - mg = 0 \\ N\sin\theta = m\omega^2 R\sin\theta \end{cases} \;\Rightarrow\; \omega = \sqrt{\frac{N}{mR}} = \sqrt{\frac{g}{R\cos\theta}} = 6.23\ \text{rad/s}$

c) $W_{TOT} = W_{mot} + W_{peso} = \Delta E_k \;\Rightarrow\; W_{mot} = \Delta E_k - W_{peso} = \frac{1}{2}I_z\omega^2 + mgR(1-\cos\theta) = 2.74\ \text{J}$

Problema 3



a) $V_A = \frac{nRT_A}{p_A} = 0.080\ \text{m}^3;\quad T_A V_A^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1} \;\Rightarrow\; V_B = V_A\left(\frac{T_A}{T_B}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 0.029\ \text{m}^3$

b) $Q_{AB} = 0;\quad V_C = \frac{nRT_C}{p_C} = \frac{nRT_B}{p_A} = 0.119\ \text{m}^3;\quad Q_{BC} = nRT_B\ln\frac{V_C}{V_B} = 13539\ \text{J};$

$Q_{CA} = nc_P(T_A - T_C) = -11130\ \text{J} \;\Rightarrow\; \eta = 1 + \frac{Q_{CED}}{Q_{ASS}} = 1 + \frac{Q_{CA}}{Q_{BC}} = 0.178$

c) $\Delta S_{amb} = \Delta S_{amb,BC+CA} = -\frac{Q_{BC}}{T_B} - \frac{Q_{CA}}{T_A} = 8.25\ \text{J/K}$

d) $E_{IN} = T_A\Delta S_U = T_A\Delta S_{amb} = 2104\ \text{J}$

Oppure, visto che si tratta di una macchina termica che opera tra due serbatoi e quindi conosciamo il rendimento della macchina reversibile che opera tra quei due serbatoi:

$E_{IN} = W_R - W = (\eta_R - \eta)Q_{ASS} = \left(1 - \frac{T_A}{T_B} - \eta\right)Q_{BC}$