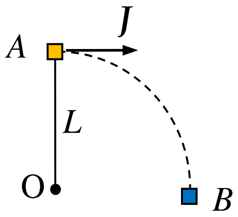
Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica - Canale 1 (Prof. G. Naletto)
Prova scritta di Fisica Generale 1 - Padova, 7 febbraio 2025

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

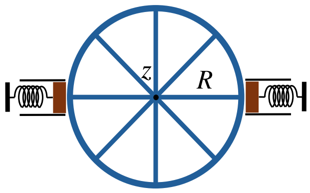
Problema 1



Un corpo A di dimensioni trascurabili e massa $m_A = 1.5$ kg è fermo su un piano liscio orizzontale; il corpo è collegato al punto fisso O tramite un filo ideale teso di lunghezza $L = 1.6$ m. Ad un certo istante, al corpo A viene applicato un impulso orizzontale di modulo $J = 2$ Ns perpendicolare al filo teso e A inizia un moto circolare attorno ad O. Nel suo moto, ad un certo istante, A urta in modo anelastico un corpo B di dimensioni trascurabili e massa $m_B = 2.5$ kg fermo sul piano; dopo l'urto A rimbalza con una velocità di modulo $v'_A = 0.2$ m/s. Determinare:

a) il modulo T della tensione sul filo durante il moto di A;
b) l'energia E_{diss} dissipata nell'urto anelastico;
c) il modulo $a_{att,A}$ dell'accelerazione che avrebbe avuto il corpo A nell'istante iniziale del moto se il piano orizzontale fosse stato scabro, con coefficiente di attrito (statico = dinamico) pari a $\mu = 0.33$.

Problema 2



Una ruota è schematizzata tramite un anello sottile omogeneo di raggio $R = 0.28$ m e otto raggi (sbarrette sottili omogenee) angolarmente equispaziati di lunghezza R e massa $m_R = 1.5$ kg (vedi figura); la massa dell'anello è $m_A = \frac{40}{3} m_R$. La ruota può ruotare senza attrito attorno al suo asse fisso orizzontale z e inizialmente è ferma. Tramite un motore assiale che esercita un momento costante, la ruota si mette in rotazione. Si trova che dopo che la ruota ha compiuto $N = 20$ giri, il modulo della sua velocità angolare è pari a $\omega = 15$ rad/s. Determinare:

a) il momento di inerzia I_z della ruota rispetto al suo asse;
b) il modulo M_{mot} del momento esercitato dal motore assiale durante la rotazione della ruota.

Nell'istante in cui la ruota ha completato gli N giri, si stacca il motore e si applicano due freni identici diametralmente opposti sull'anello: ogni freno agisce per mezzo dell'azione di una molla ideale di costante elastica $k = 5000$ N/m che spinge un blocco che striscia sulla superficie esterna dell'anello; durante la frenata, la molla di ogni freno è compressa della quantità $\Delta\ell = 0.01$ m in direzione radiale (verso il centro della ruota). Sapendo che il coefficiente di attrito tra il blocco frenante e l'anello è pari a $\mu_d = 0.5$, determinare:

c) il modulo M_{att} del momento di attrito complessivamente esercitato dai due freni sulla ruota;
d) il lavoro W_{att} compiuto complessivamente dal momento di attrito per fermare la ruota.

Problema 3

Cinque moli di gas ideale biatomico sono in uno stato di equilibrio termodinamico all'interno di un recipiente in contatto termico con una miscela di acqua e vapor acqueo alla temperatura di evaporazione dell'acqua e occupano il volume $V_A = 0.1$ m^3. Il gas viene espanso in modo molto lento mantenendo il contatto termico fino a che la sua pressione diventa $p_B = 0.9 \cdot 10^5$ Pa. A questo punto si mette il gas in contatto termico con un serbatoio di calore alla temperatura T_C, mantenendo il suo volume costante. Quando il gas raggiunge lo stato di equilibrio C, si isola il recipiente che contiene il gas e lo si comprime molto lentamente finché il gas ritorna nello stato iniziale. Dopo aver disegnato il ciclo di trasformazioni del gas nel piano di Clapeyron, determinare:

a) la temperatura T_C del gas nello stato di equilibrio C;
b) il rendimento η del ciclo;
c) la variazione $\Delta S_{U,ciclo}$ di entropia dell'universo nel ciclo.

Soluzioni

Problema 1

a) $v_A = \frac{J}{m_A} = 1.33\text{ m/s};\quad a_A = a_{N,A} = \frac{v_A^2}{L};\quad T = F_N = m_A a_{N,A} = m_A \frac{v_A^2}{L} = 1.67\text{ N}$

b) $P = \text{cost} \;\Rightarrow\; m_A\vec{v}_A = m_A\vec{v}'_A + m_B\vec{v}'_B \;\Rightarrow\; v'_B = \frac{m_A(v_A + |v'_A|)}{m_B} = 0.92\text{ m/s}$

$$E_{diss} = \left|E_{k,in} - E_{k,fin}\right| = \frac{1}{2}m_A v_A^2 - \left(\frac{1}{2}m_A v'^2_A + \frac{1}{2}m_B v'^2_B\right) = 0.25\text{ J}$$

c) $\vec{F}_{att} + \vec{T} = m_A\vec{a}_A = m_A(\vec{a}_{T,A} + \vec{a}_{N,A}) \quad\Rightarrow\quad \begin{cases} F_{att} = -\mu m_A g = m_A a_{T,A} \\ T = m_A a_{N,A} = m_A \frac{v_A^2}{L} \end{cases} \quad\Rightarrow$

$$\Rightarrow\; a_A = \sqrt{a_{T,A}^2 + a_{N,A}^2} = \sqrt{\mu^2 g^2 + \left(\frac{v_A^2}{L}\right)^2} = 3.42\text{ m/s}^2$$

Problema 2

a) $I_z = m_A R^2 + 8\frac{1}{3}m_R R^2 = \frac{40}{3}m_R R^2 + \frac{8}{3}m_R R^2 = 16 m_R R^2 = 1.88\text{ kgm}^2$

b) $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\Delta\theta = 2\alpha\cdot 2\pi N \;\Rightarrow\; \alpha = \frac{\omega^2}{4\pi N} = 0.9\text{ rad/s}^2;\quad M_{mot} = I_z\alpha = \frac{I_z\omega^2}{4\pi N} = 1.68\text{ Nm}$

oppure $W_{mot} = \Delta E_k = \frac{1}{2}I_z\omega^2;\quad W_{mot} = M_{mot}\Delta\theta = M_{mot}2\pi N \;\Rightarrow\; M_{mot} = \frac{I_z\omega^2}{4\pi N}$

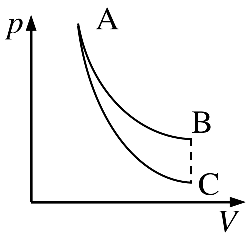
c) $F_{att} = \mu_d N = \mu_d k\Delta\ell;\quad M_{att} = \left|\vec{M}_{att}\right| = 2\left|\vec{R}\times\vec{F}_{att}\right| = 2R\mu_d k\Delta\ell = 14\text{ Nm}$

d) $W_{att} = \Delta E_k = E_{k,fin} - E_{k,in} = 0 - \frac{1}{2}I_z\omega^2 = -211.7\text{ J}$

oppure $0 = \omega^2 + 2\alpha_{att}\Delta\theta' = \omega^2 - 2\frac{|M_{att}|}{I_z}\Delta\theta' \;\Rightarrow\; \Delta\theta' = \frac{\omega^2 I_z}{2|M_{att}|} = 15.1\text{ rad}$

$$\Rightarrow\; W_{att} = \int M_{att}\,d\theta' = -|M_{att}|\Delta\theta'$$

Problema 3



a) $T_A = 373.15\text{ K};\; V_C = V_B = \frac{nRT_B}{p_B} = \frac{nRT_A}{p_B} = 0.172\text{ m}^3;$

$T_C V_C^{\gamma-1} = T_A V_A^{\gamma-1} \;\Rightarrow\; T_C = T_A\left(\frac{V_A}{V_C}\right)^{\gamma-1} = 300\text{ K}$

b) $Q_{AB} = nRT_A\ln\frac{V_B}{V_A} = 8444\text{ J};\quad Q_{BC} = nc_V(T_C - T_B) = -7588\text{ J};\quad Q_{CA} = 0$

$$\Rightarrow\; \eta = 1 + \frac{Q_{CED}}{Q_{ASS}} = 1 + \frac{Q_{BC}}{Q_{AB}} = 0.101$$

c) $\Delta S_{U,ciclo} = \Delta S_{amb,AB+BC+CA} = -\Delta S_{gas,AB} + \Delta S_{amb,BC} = -nR\ln\frac{V_B}{V_A} + \frac{-nc_V(T_C - T_B)}{T_C} = 2.65\text{ J/K}$

oppure $\Delta S_{U,ciclo} = \Delta S_{U,BC} = \Delta S_{gas,BC} + \Delta S_{amb,BC} = nc_V\ln\frac{T_C}{T_B} + \frac{-nc_V(T_C - T_B)}{T_C}$