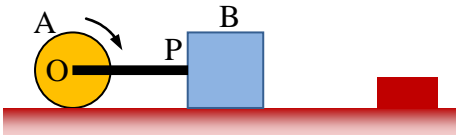


Corsi di Laurea in Ingegneria Biomedica, dell'Informazione, Elettronica e Informatica
Canale 3 (Prof. G. Naletto)
Seconda Prova in Itinere di Fisica Generale 1 - Padova, 20 Giugno 2016

Cognome Nome Matricola

Problema 1



Il sistema mostrato a lato è costituito da due corpi A e B collegati da una sbarretta rigida orizzontale di massa trascurabile OP. Il corpo A è un disco omogeneo sottile di massa $m_A = 15$ kg e raggio $R = 0.3$ m che può ruotare attorno al suo asse passante per O posto orizzontale; il corpo B, che è rigidamente collegato alla sbarretta in P, ha massa $m_B = 3$ kg. Il sistema è fermo su un piano orizzontale scabro, ed il coefficiente di attrito del corpo

B con il piano, uguale per i casi statico e dinamico, è $\mu_B = 0.15$. Ad un certo istante per mezzo di un motore interno ad A, si applica un momento costante $M = 10$ Nm che mette in rotazione il disco attorno al suo asse e tutto il sistema si mette in movimento (verso destra in figura) con A che rotola senza strisciare. Dopo aver percorso un tratto di lunghezza $d = 1.2$ m, B urta in modo completamente anelastico un blocco rigidamente connesso al piano orizzontale ed il sistema istantaneamente smette di avanzare. Determinare:

- il modulo a dell'accelerazione con cui si muove il sistema;
- il minimo valore $\mu_{as,A,min}$ del coefficiente di attrito statico tra piano e disco A per non strisciare;
- quale deve essere il minimo valore T_{min} del carico di rottura (tensione di rottura in compressione) della sbarretta OP per evitare che questa si possa rompere durante il moto del sistema;
- il lavoro W_{att} fatto dalle forze di attrito durante il moto del sistema;
- l'energia E_{diss} dissipata durante l'urto.

Problema 2

Un gas ideale si trova in equilibrio nello stato iniziale A, alla pressione $p_A = 3 \cdot 10^5$ Pa, volume $V_A = 0.05$ m³ in contatto termico con un serbatoio alla temperatura $T_A = 380$ K. Il gas subisce una prima trasformazione irreversibile fino allo stato di equilibrio B mantenendo sempre il contatto termico con il serbatoio. Successivamente il gas viene messo in contatto termico con un diverso serbatoio a temperatura $T_C = 300$ K e raggiunge lo stato di equilibrio C senza variare il suo volume. Infine, tramite una trasformazione reversibile in cui non scambia calore con l'ambiente, viene riportato nello stato iniziale A subendo un lavoro pari a $W_{CA} = -7895$ J. Il rendimento del ciclo è $\eta = 0.08$. Disegnare il ciclo del gas nel diagramma pV e determinare:

- il valore di c_V ;
- la pressione p_B del gas nello stato B;
- il calore Q_{AB} scambiato dal gas nella trasformazione AB;
- la variazione ΔS_U di entropia dell'universo nel ciclo;
- il rendimento η' che si otterrebbe per il ciclo se la trasformazione AB avvenisse in modo molto lento e graduale;
- (facoltativo) che la relazione $\eta' < \eta$ applicata al ciclo in questione è assurda (per via analitica, non numerica).

Problema 1

- a) Si può assumere come polo sia il punto di contatto C sia il centro O del disco. Si ottiene, rispettivamente:

$$\begin{cases} T - \mu_B m_B g = m_B a \\ M - RT = I_C \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = \mu_B m_B g + m_B a \\ M - R\mu_B m_B g - Rm_B a = \left(\frac{1}{2} m_A R^2 + m_A R^2 \right) \cdot \frac{a}{R} \end{cases} \Rightarrow a = \frac{M - R\mu_B m_B g}{R \left(\frac{3}{2} m_A + m_B \right)}$$

$$\begin{cases} f_{as,A} - T = m_A a \\ T - \mu_B m_B g = m_B a \\ M - Rf_{as,A} = I_O \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} f_{as,A} = \mu_B m_B g + (m_A + m_B) a \\ M - Rf_{as,A} = \frac{1}{2} m_A R^2 \cdot \frac{a}{R} \end{cases} \Rightarrow M - R\mu_B m_B g - R(m_A + m_B) a = \frac{1}{2} m_A R a$$

$$\Rightarrow R \left(\frac{3}{2} m_A + m_B \right) a = M - R\mu_B m_B g \Rightarrow a = \frac{2(M - R\mu_B m_B g)}{R(3m_A + 2m_B)} = 1.13 \text{ m/s}^2$$

b) $f_{as,A} = \mu_B m_B g + (m_A + m_B) a \leq f_{as,A,\max} = \mu_{as,A} m_A g \Rightarrow \mu_{as,A} \geq \frac{\mu_B m_B g + (m_A + m_B) a}{m_A g} = 0.17$

c) $T_{\min} = T = m_B (a + \mu_B g) = 7.8 \text{ N}$

d) $W_{att} = -\mu_B m_B g \cdot d = -5.3 \text{ J}$ oppure si applica il teorema dell'energia cinetica:

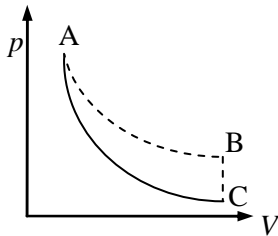
$$W_{TOT} = \Delta E_k \Rightarrow W_M + W_{att} = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \Rightarrow W_{att} = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 + \frac{1}{2} \frac{1}{2} m_A R^2 \frac{v^2}{R^2} - M \Delta \theta$$

$$\Rightarrow W_{att} = \frac{1}{2} \left(\frac{3}{2} m_A + m_B \right) 2ad - M \frac{d}{R} = \frac{1}{2} (3m_A + 2m_B) \frac{2(M - R\mu_B m_B g)}{R(3m_A + 2m_B)} d - M \frac{d}{R} = -\mu_B m_B g d$$

- e) Un istante dopo l'urto, la velocità del CM del sistema è nulla, ma il disco A continua a ruotare (strisciando).

$$E_{diss} = |\Delta E_{k,urto}| = \left| \frac{1}{2} I \omega^2 - \left[\frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \right] \right| = \frac{1}{2} (m_A + m_B) 2ad = (m_A + m_B) ad = 24.5 \text{ J}$$

Problema 2



Il ciclo del gas è costituito dalle trasformazioni AB, espansione isoterma irreversibile, BC, isocora irreversibile e CA, compressione adiabatica reversibile.

a) $n = \frac{p_A V_A}{RT_A} = 4.75$; $W_{CA} = -\Delta U_{CA} = -nc_V (T_A - T_C) \Rightarrow c_V = \frac{W_{CA}}{n(T_C - T_A)} = \frac{5}{2} R$

b) $T_C V_C^{\gamma-1} = T_A V_A^{\gamma-1} \Rightarrow V_B = V_C = V_A \left(\frac{T_A}{T_C} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 0.09 \text{ m}^3 \Rightarrow p_B = \frac{nRT_B}{V_B} = 1.66 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

c) $Q_{AB} = W_{AB}$; $\eta = \frac{W}{Q_{ASS}} = \frac{W_{AB} + W_{CA}}{Q_{AB}} = 1 + \frac{W_{CA}}{Q_{AB}} \Rightarrow Q_{AB} = \frac{W_{CA}}{\eta - 1} = 8581 \text{ J}$

d) $\Delta S_{U,ciclo} = \Delta S_{amb,ciclo} = \Delta S_{AB,amb} + \Delta S_{BC,amb} = \frac{-Q_{AB,gas}}{T_A} + \frac{-Q_{BC,gas}}{T_C} = \frac{-Q_{AB,gas}}{T_A} + \frac{-nc_V (T_C - T_B)}{T_C} = 3.73 \text{ J/K}$

e) $Q_{AB,REV} = W_{AB,REV} = nRT_A \ln \frac{V_B}{V_A} = nRT_A \ln \frac{p_A}{p_B} = 8865 \text{ J}$; $\eta' = \frac{W_R}{Q_{ASS,R}} = \frac{W_{AB,R} + W_{CA}}{Q_{AB,R}} = 1 + \frac{W_{CA}}{Q_{AB,R}} = 0.109$

f) $\eta' < \eta \Rightarrow 1 + \frac{W_{CA}}{Q_{AB,R}} < 1 + \frac{W_{CA}}{Q_{AB}} \Rightarrow \frac{1}{Q_{AB,R}} > \frac{1}{Q_{AB}} \Rightarrow Q_{AB,R} - Q_{AB} < 0 \Rightarrow nRT_A \ln \frac{V_B}{V_A} - Q_{AB} < 0$

$$\Rightarrow nR \ln \frac{V_B}{V_A} - \frac{Q_{AB}}{T_A} < 0 \quad \text{Ma} \quad nR \ln \frac{V_B}{V_A} - \frac{Q_{AB}}{T_A} = \Delta S_{U,AB} \geq 0$$

quindi l'ipotesi di partenza è assurda.