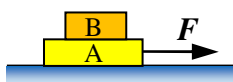


Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica (Canale 1)
Numerosità Canale 3 (Prof. G. Naletto)
Prova scritta di Fisica Generale 1 - Padova, 12 luglio 2019

Cognome Nome Matricola

Problema 1

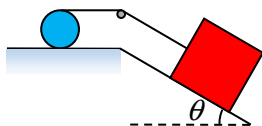


Su un piano orizzontale scabro giace un corpo A di massa $m_A = 8.4$ kg. Sulla sua superficie superiore, orizzontale e scabra, è appoggiato un corpo B di massa $m_B = 2.6$ kg. Al corpo A viene applicata una forza orizzontale di modulo $F(t) = kt$, dove $k = 6.5$ N/s e t è il tempo misurato in secondi. All'istante $t = 0$ i due corpi sono fermi. Sapendo che i coefficienti di

attrito statico e dinamico sono uguali e valgono $\mu_A = 0.25$ per il corpo A che striscia sul piano e $\mu_B = 0.3$ per il corpo B che striscia su A, determinare:

- l'istante t_A in cui il corpo A inizia a muoversi;
- il modulo a_B^* dell'accelerazione di B all'istante $t^* = 2t_A$ (si assuma $t^* = 2t_A < t_B$, dove t_B è l'istante in cui B inizia a muoversi relativamente ad A);
- il modulo $a_{BA}(t_B^+)$ dell'accelerazione relativa di B rispetto ad A all'istante t_B^+ , cioè subito dopo che B ha iniziato a muoversi relativamente ad A.

Problema 2



Un disco di massa $m_D = 10$ kg e raggio R con asse orizzontale poggia su un piano orizzontale scabro. Un filo ideale inestensibile e di massa trascurabile è avvolto attorno alla sua circonferenza. L'estremità libera di questo filo è attaccata, tramite una carrucola ideale fissa (vedi figura), ad un corpo di massa $m_C = m_D/2$ appoggiato ad un piano liscio inclinato di $\theta = 30^\circ$ rispetto all'orizzontale; la fune che collega i due corpi

è spezzata dalla carrucola in due tratti paralleli ai piani su cui poggiano i corpi. Inizialmente il sistema è fermo; ad un certo istante lo si sblocca e si trova che il disco si muove con un moto di puro rotolamento. Determinare:

- il modulo a_D dell'accelerazione del centro di massa del disco;
- il modulo T della tensione del filo
- il minimo valore $\mu_{s,min}$ del coefficiente di attrito statico tra disco e piano per avere moto di puro rotolamento;
- l'energia cinetica E_k del sistema disco+corpo dopo che il corpo è sceso di una distanza $d = 1.3$ m lungo il piano inclinato.

Problema 3

Un gas perfetto biatomico è in equilibrio in contatto termico con un serbatoio di calore alla temperatura $T_A = 310$ K. Il suo volume viene espanso rapidamente, mantenendo il contatto termico, fino allo stato di equilibrio B. A questo punto, si raffredda il gas in modo isocoro, mettendolo in contatto termico con un serbatoio alla temperatura $T_C = 240$ K. Dallo stato C, il gas viene riportato allo stato iniziale tramite una trasformazione adiabatica reversibile. Sapendo che il ciclo ha un rendimento $\eta = 0.09$, e che complessivamente il gas compie un lavoro $W_{ciclo} = 1500$ J, determinare:

- il calore Q_{AB} scambiato dal gas durante la trasformazione AB;
- il numero n di moli del gas;
- la variazione ΔS_U di entropia dell'universo nel ciclo;
- il rapporto V_B/V_A tra i volumi del gas negli stati B e A.

Soluzioni

Problema 1

- a) $F(t_A) = kt_A = F_{att,A,max} = \mu_A N_A = \mu_A (m_A + m_B)g \Rightarrow t_A = \frac{\mu_A g}{k} (m_A + m_B) = 4.15 \text{ s}$
- b) Finché B non inizia a muoversi relativamente ad A, i due corpi viaggiano uniti, quindi $a_B = a_A = a$.
- $$\begin{cases} F - F_{as,AB} - F_{ad} = m_A a_A \\ F_{as,AB} = m_B a_B \end{cases} \Rightarrow F - F_{ad} = (m_A + m_B)a \Rightarrow kt - \mu_A (m_A + m_B)g = (m_A + m_B)a \Rightarrow$$
- $$\Rightarrow a(t \leq t_B) = \frac{kt}{m_A + m_B} - \mu_A g \Rightarrow a_B^* = a(2t_A) = \frac{2kt_A}{m_A + m_B} - \mu_A g = \mu_A g = 2.45 \text{ m/s}^2$$
- c) La massima forza di attrito statico e quella di attrito dinamico sono uguali. Siccome $F(t)$ è una forza crescente nel tempo, quando si raggiunge la massima forza di attrito statico si passa con continuità a quella di attrito dinamico e l'accelerazione relativa cresce con continuità a partire da zero all'istante t_B . Quindi $a_{BA}(t_B^+) = 0$.
- Oppure: $F_{as,B,max} = m_B a_B(t_B) \Rightarrow \mu_B m_B g = m_B \left(\frac{kt_B}{m_A + m_B} - \mu_A g \right) \Rightarrow t_B = \frac{m_A + m_B}{k} g (\mu_A + \mu_B) = 9.13 \text{ s}$
- $$\begin{cases} F - \mu_B m_B g - \mu_A (m_A + m_B)g = m_A a'_A \\ \mu_B m_B g = m_B a'_B \end{cases} \Rightarrow a_{BA}(t > t_B) = a'_B - a'_A = \mu_B g - \left[\frac{kt}{m_A} - \mu_A g - (\mu_A + \mu_B) \frac{m_B}{m_A} g \right] \Rightarrow$$
- $$\Rightarrow a_{BA}(t_B^+) = \mu_B g - \left[\frac{k}{m_A} \left(\frac{m_A + m_B}{k} g (\mu_A + \mu_B) \right) - \mu_A g - (\mu_A + \mu_B) \frac{m_B}{m_A} g \right] = 0$$

Problema 2

- a,b) Prendendo il punto di contatto del disco con il piano come polo dei momenti delle forze, si ha:
- $$\begin{cases} 2RT = I_z \alpha = \left(\frac{1}{2} m_D R^2 + m_D R^2 \right) \frac{a_D}{R} \\ m_C g \sin \theta - T = m_C a_C = m_C \cdot 2a_D \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = \frac{3}{4} m_D a_D \\ m_C g \sin \theta - \frac{3}{4} m_D a_D = 2m_C a_D \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = \frac{3}{14} m_D g \sin \theta = 10.5 \text{ N} \\ a_D = \frac{2}{7} g \sin \theta = 1.4 \text{ m/s}^2 \end{cases}$$
- c) $T + f_{as} = m_D a_D \Rightarrow f_{as} = m_D a_D - T = \frac{1}{14} m_D g \sin \theta \leq \mu_s m_D g \Rightarrow \mu_s \geq \mu_{s,min} = \frac{1}{14} \sin \theta = 0.036$
- d) $E_m = E_k + E_p = \text{cost} \Rightarrow 0 = E_k - m_C gh \Rightarrow E_k = m_C gh = \frac{1}{2} m_D g d \sin \theta = 31.9 \text{ J}$ oppure
- $$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2 + \frac{1}{2} m_D v_D^2 + \frac{1}{2} m_C v_C^2 = \frac{1}{2} \frac{1}{2} m_D R^2 \left(\frac{v_D}{R} \right)^2 + \frac{1}{2} m_D v_D^2 + \frac{1}{2} \frac{m_D}{2} (2v_D)^2 = \frac{7}{4} m_D v_D^2 = \frac{7}{4} m_D 2a_D \left(\frac{d}{2} \right)$$

Problema 3

- a) Il gas assorbe calore nella sola trasformazione AB (isoterma). Quindi
- $$\eta = \frac{W_{ciclo}}{Q_{ASS}} = \frac{W_{ciclo}}{Q_{AB}} \Rightarrow Q_{AB} = \frac{W_{ciclo}}{\eta} = 16667 \text{ J}$$
- b) $W_{ciclo} = Q_{ciclo} = Q_{AB} + Q_{BC} \Rightarrow Q_{BC} = W_{ciclo} - Q_{AB} = -15167 \text{ J}$
- $$Q_{BC} = n c_V (T_C - T_B) \Rightarrow n = \frac{Q_{BC}}{c_V (T_C - T_B)} = \frac{Q_{BC}}{c_V (T_C - T_A)} = 10.42 \text{ moli}$$
- c) $\Delta S_{U,ciclo} = \Delta S_{amb,ciclo} = \Delta S_{amb,AB+BC} = \frac{-Q_{AB}}{T_A} + \frac{-Q_{BC}}{T_C} = 9.43 \text{ J/K}$
- d) $\Delta S_{gas,ciclo} = \Delta S_{gas,AB+BC} = nR \ln \frac{V_B}{V_A} + n c_V \ln \frac{T_C}{T_B} = 0 \Rightarrow \frac{V_B}{V_A} = \left(\frac{T_C}{T_B} \right)^{-c_V / R} = \left(\frac{T_A}{T_C} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 1.9$

