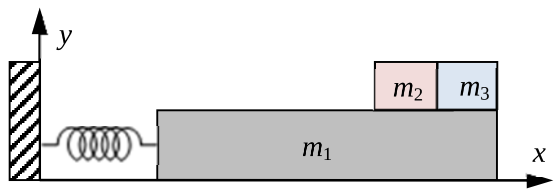
Corsi di Laurea in Ingegneria Biomedica, dell'Informazione, Elettronica e Informatica
Prova scritta di Fisica Generale 1 - Padova, 11 Settembre 2014

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

Canale/Docente: ....

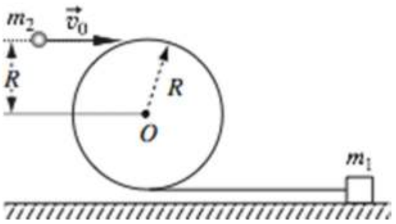
Problema 1



Una tavola di massa $m_1 = 10$ kg è mantenuta in quiete in una situazione in cui comprime di $\Delta x = 0.31$ m contro una parete una molla ideale di massa trascurabile con costante elastica $k = 150$ N/m. Due blocchetti di massa uguale $m_2 = m_3 = 0.8$ kg sono sovrapposti alla tavola e si trovano inizialmente fermi all'estremo lontano dalla molla, con m_2 più vicino alla molla rispetto a m_3 (vedi figura). I due blocchetti sono di materiale diverso e tra essi e la tavola c'è attrito con coefficiente di attrito dinamico $\mu_2 = 0.2$ e $\mu_3 = 0.3$ rispettivamente, mentre l'attrito fra il pavimento e la tavola è trascurabile. Si lascia libero il sistema di muoversi e si osserva che l'attrito statico non è sufficiente a tenere fermi i blocchetti rispetto alla tavola. Calcolare:

a) il modulo a_G dell'accelerazione iniziale del centro di massa del sistema;
b) il modulo a_1 dell'accelerazione iniziale della tavola;
c) i moduli a_2 e a_3 delle accelerazioni iniziali dei blocchetti di massa m_2 e m_3 rispettivamente;
d) il modulo a_b dell'accelerazione comune dei due blocchetti nel caso in cui si scambino m_2 ed m_3;
e) il modulo R della forza di contatto che si esercita fra i blocchetti m_2 e m_3 in questo secondo caso.

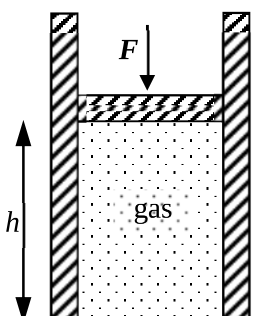
Problema 2



Un disco omogeneo di massa $M = 1$ kg e raggio $R = 0.4$ m è vincolato a ruotare senza attrito attorno al suo asse fisso orizzontale. Attorno al disco è avvolto un filo inestensibile di massa trascurabile collegato ad un'estremità ad un punto materiale di massa $m_1 = 0.2$ kg appoggiato su un piano orizzontale scabro. Il filo è completamente svolto, ma con tensione nulla, parallelo al piano. All'istante t il disco è fermo e viene colpito nel suo estremo superiore da un punto materiale di massa $m_2 = m_1$ che si muove con velocità orizzontale di modulo $v_o = 7.2$ m/s nel piano del disco (vedi figura). Sapendo che il punto materiale si conficca nel disco e che il disco compie $N = 1$ giro prima di fermarsi, determinare:

a) il modulo ω della velocità angolare del disco immediatamente dopo l'urto;
b) il coefficiente di attrito dinamico μ fra il piano e m_1;
c) il modulo α dell'accelerazione angolare del disco subito dopo l'urto.

Problema 3



Un recipiente cilindrico verticale adiabatico di sezione $S = 0.02$ m^2, chiuso da un pistone adiabatico scorrevole libero di muoversi senza attriti, contiene $n = 2$ moli di gas perfetto biatomico. Sul pistone agisce una forza verticale $F = 2990$ N costante, comprensiva della forza peso del pistone e della pressione atmosferica; nello stato di equilibrio iniziale A, il pistone si trova ad altezza $h = 0.6$ m dal fondo. Successivamente, l'isolamento del fondo del cilindro viene rimosso e il gas viene messo a contatto con acqua alla temperatura $T_o = 290$ K. Quando il sistema raggiunge il nuovo stato di equilibrio B, si misura la temperatura $T_B = 280$ K. Ricordando che il calore specifico dell'acqua è $c = 4186$ J/(kgK), determinare:

a) la temperatura iniziale T_A del gas;
b) la massa m dell'acqua;
c) la variazione di entropia dell'universo ΔS_{AB}^{U} nella trasformazione.

Soluzioni

Problema 1

a) $F^{(E)} = k\Delta x = (m_1 + m_2 + m_3)a_G \quad \Rightarrow \quad a_G = \dfrac{k\Delta x}{m_1 + m_2 + m_3} = 4 \text{ m/s}^2$

b) Sulla tavola agiscono la forza elastica e le forze di attrito con i due blocchetti:

$$k\Delta x - \mu_2 m_2 g - \mu_3 m_3 g = m_1 a_1 \quad \Rightarrow \quad a_1 = \frac{k\Delta x - \mu_2 m_2 g - \mu_3 m_3 g}{m_1} = 4.25 \text{ m/s}^2$$

c) $F_{2x} = \mu_2 m_2 g = m_2 a_2 \quad \Rightarrow \quad a_2 = \mu_2 g = 1.96 \text{ m/s}^2; \quad F_{3x} = \mu_3 m_3 g = m_3 a_3 \quad \Rightarrow \quad a_3 = \mu_3 g = 2.94 \text{ m/s}^2$

d) Siccome $a_2 < a_3$, scambiando i due blocchetti si ha che m_3 spinge m_2, esercitando su di esso una forza di contatto, e i blocchetti si muovono pertanto solidali con la stessa accelerazione a_b. Considerando i due blocchetti come un unico sistema soggetto alle sole forze di attrito esterne, si ottiene che:

$$F_{23}^{E} = \mu_2 m_2 g + \mu_3 m_3 g = (m_2 + m_3) a_b \quad \Rightarrow \quad a_b = \frac{\mu_2 m_2 + \mu_3 m_3}{m_2 + m_3} g = \frac{1}{2}(\mu_2 + \mu_3) g = 2.45 \text{ m/s}^2$$

oppure

$$a_G = \frac{m_1 a_1 + m_2 a_2 + m_3 a_3}{m_1 + m_2 + m_3} \quad \Rightarrow \quad a_2 = a_3 = a_b = \frac{(m_1 + m_2 + m_3) a_g - m_1 a_1}{m_2 + m_3} = 2.45 \text{ m/s}^2$$

e) $R = m_2 a_2 - \mu_2 m_2 g = 0.39 \text{ N}$ oppure

$$\begin{cases} R + \mu_2 m_2 g = m_2 a_2 \\ -R + \mu_3 m_3 g = m_3 a_3 \end{cases} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{1}{2}(\mu_3 m_3 - \mu_2 m_2) g = 0.39 \text{ N}$$

Problema 2

a) $m_2 v_o R = I\omega + m_1 v' R = I\omega + m_1 \omega R^2 \quad \Rightarrow \quad \omega = \dfrac{m_2 v_o R}{I + m_1 R^2} = \dfrac{m_2 v_o R}{\left(\frac{1}{2} M R^2 + m_2 R^2\right) + m_1 R^2} = \dfrac{2 m_2 v_o}{(M + 4 m_2) R} = 4 \text{ rad/s}$

b) $W_{nc} = \Delta E_m = \Delta E_k \quad \Rightarrow \quad -\mu m_1 g \cdot 2\pi R = -\left(\dfrac{1}{2} I \omega^2 + \dfrac{1}{2} m_1 v'^2\right) \quad \Rightarrow \quad \mu = \dfrac{I + m_1 R^2}{4\pi m_1 g R}\omega^2 = \dfrac{(M + 4m_1)R}{8\pi m_1 g}\omega^2 = 0.234$

c) Posto come positivo il verso dell'asse orizzontale verso destra in figura, si ottiene che:

$$\begin{cases} RT = I\alpha \\ -T + \mu m_1 g = m_1 a = m_1 \alpha R \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \mu m_1 g R - m_1 \alpha R^2 = I\alpha \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{\mu m_1 g R}{I + m_1 R^2} = \frac{2\mu m_1 g}{(M + 4m_1)R} = 1.27 \text{ rad/s}^2$$

oppure:

$$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha\Delta\theta \quad \Rightarrow \quad \alpha = \left|\frac{\omega_f^2 - \omega_i^2}{2\Delta\theta}\right| = \frac{\omega^2}{4\pi} = 1.27 \text{ rad/s}^2$$

E' da notare come, a partire da quest'ultima relazione, si potesse rispondere alla domanda b) utilizzando il sistema precedente:

$$\begin{cases} RT = I\alpha \\ -T + \mu m_1 g = m_1 a = m_1 \alpha R \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \mu m_1 g R - m_1 \alpha R^2 = I\alpha \quad \Rightarrow \quad \mu = \frac{(I + m_1 R^2)\alpha}{m_1 g R} = \frac{(M + 4m_1) R\alpha}{2 m_1 g} = 0.234$$

Problema 3

a) $T_A = \dfrac{p_A V_A}{nR} = \dfrac{(F/S)Sh}{nR} = \dfrac{Fh}{nR} = 107.9 \text{ K}$

b) Nella trasformazione (isobara) c'è scambio di calore solo tra gas e acqua:

$$Q_{TOT} = Q_{gas} + Q_{acqua} = 0 \quad \Rightarrow \quad n c_p (T_B - T_A) + mc(T_B - T_o) = 0 \quad \Rightarrow \quad m = \frac{n c_p (T_B - T_A)}{c(T_o - T_B)} = 0.239 \text{ kg}$$

c) $\Delta S_{AB}^{U} = \Delta S_{AB}^{gas} + \Delta S_{AB}^{acqua} = n c_p \ln\dfrac{T_B}{T_A} + mc \ln\dfrac{T_B}{T_o} = 20.3 \text{ J/K}$