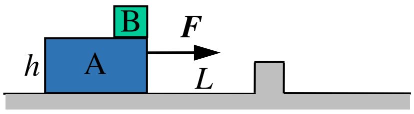
Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica Canale 1
(Numerosità canale 3) - Prof. G. Naletto
Prova scritta di Fisica Generale 1 - Padova, 7 febbraio 2020

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

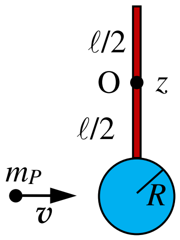
Problema 1



Un corpo A di massa m_A = 10 kg e altezza h = 0.3 m giace fermo su un piano orizzontale liscio; appoggiato su A, ad un suo estremo, si trova il corpo B, di dimensioni trascurabili e massa m_B = 4 kg. Tra i due corpi c'è attrito. Ad un certo istante si applica ad A, sullo stesso lato su cui appoggia B, una forza orizzontale costante di modulo F = 23 N; si osserva che, a seguito dell'applicazione della forza, A e B si muovono assieme (cioè non c'è moto relativo tra i due corpi). Dopo che i due corpi hanno percorso una distanza L = 1.3 m, il corpo A urta in modo completamente anelastico un blocco sporgente fissato sul piano orizzontale (di altezza inferiore ad h) e si ferma istantaneamente. Determinare:

a) il valore $\mu_{s,min}$ del minimo coefficiente di attrito statico tra A e B necessario affinché i due corpi si muovano assieme;
b) l'energia E_{diss} dissipata nell'urto;
c) la distanza orizzontale d percorsa dal corpo B dal punto di distacco da A a quando tocca il suolo.

Problema 2



Un pendolo fisico è costituito da una sfera omogenea di massa m_s e raggio R = 0.2 m e da una sbarra sottile omogenea di lunghezza $\ell = 4R$ e massa $m_\ell = 9m_s/20$ rigidamente fissata alla superficie della sfera in direzione radiale (vedi figura). Il pendolo è vincolato a ruotare senza attrito attorno ad un asse orizzontale z passante per il punto medio O della sbarretta, ed è inizialmente fermo. Ad un certo istante, un proiettile di massa $m_P = m_s/9$ e dimensioni trascurabili urta in modo completamente anelastico la sfera con velocità orizzontale perpendicolare all'asse z e di modulo v = 20 m/s, e si ferma al centro della sfera stessa. Sapendo che il momento di inerzia del pendolo rispetto all'asse z è I_z = 1.92 kgm^2, determinare:

a) la massa m_s della sfera;
b) il modulo ω della velocità angolare del sistema pendolo+proiettile un istante dopo l'urto;
c) il modulo α dell'accelerazione angolare del sistema pendolo+proiettile nello stesso istante;
d) la massima altezza h raggiunta dal centro di massa del sistema pendolo+proiettile a seguito dell'urto, ponendo uguale a zero l'altezza del centro di massa del sistema subito dopo l'urto.

Problema 3

Due moli di gas perfetto biatomico sono contenute in un cilindro adiabatico a pistone mobile senza attriti in equilibrio allo stato A di volume V_A = 0.05 m^3 e temperatura T_A = 300 K. Per mezzo di una espansione molto lenta, si porta il gas nello stato B alla pressione $p_B = 5\cdot10^4$ Pa. Successivamente si fa compiere al gas una compressione molto rapida sottoponendolo ad una pressione $p_C = p_A$. Dopo che il gas ha raggiunto lo stato di equilibrio, C, si toglie l'isolamento al cilindro e lo si pone in contatto termico con una sorgente a temperatura T_A, riportandolo allo stato A per mezzo di una trasformazione isobara. Disegnare il ciclo compiuto dal gas e determinare:

a) la temperatura T_B del gas nello stato B;
b) il volume V_C del gas nello stato C;
c) la variazione di entropia $\Delta S_{U,ciclo}$ dell'universo nel ciclo.

Soluzioni

Problema 1

a) $\begin{cases} F - F_{as} = m_A a \\ F_{as} = m_B a \end{cases} \Rightarrow F = (m_A + m_B)a \Rightarrow a = \dfrac{F}{m_A + m_B} = 1.64 \text{ m/s}^2$

$F_{as} = m_B a \le F_{as,\max} = \mu_s m_B g \Rightarrow \mu_s \ge \dfrac{a}{g} = \dfrac{F}{(m_A + m_B)g} = \mu_{s,\min} = 0.17$

b) $E_{diss} = E_{k,A} = \dfrac{1}{2} m_A v_A^2 = \dfrac{1}{2} m_A \cdot 2aL = m_A aL = 21.4 \text{ J}$

c) $h = \dfrac{1}{2} g t_c^2 \Rightarrow t_c = \sqrt{\dfrac{2h}{g}}; \quad d = v_B t_c = \sqrt{2aL}\sqrt{\dfrac{2h}{g}} = 2\sqrt{\dfrac{a}{g} hL} = 0.51 \text{ m}$

Problema 2

a) $I_z = \dfrac{1}{12} m_\ell \ell^2 + \left[\dfrac{2}{5} m_S R^2 + m_S\left(\dfrac{\ell}{2} + R\right)^2\right] = 10 m_S R^2 \Rightarrow m_S = \dfrac{I_z}{10R^2} = 4.8 \text{ kg}$

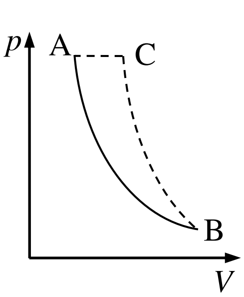
b) Posto il polo nel punto di incrocio tra l'asse z e la sbarretta, dalla conservazione del momento angolare si ottiene:

$\left(\dfrac{\ell}{2} + R\right) m_P v = I'_z\, \omega = \left[I_z + m_P\left(\dfrac{\ell}{2} + R\right)^2\right]\omega \Rightarrow 3R\dfrac{m_S}{9} v = 11 m_S R^2 \omega \Rightarrow \omega = \dfrac{v}{33R} = 3.03 \text{ rad/s}$

c) Dopo l'urto, il pendolo è soggetto alla forza peso e alla reazione vincolare applicata in O. Dall'equazione dei momenti con polo in O, $\sum_i \vec{M}_{i,\mathrm{O}} = I'_z\, \vec{\alpha}$, è evidente che l'accelerazione angolare nell'istante successivo all'urto è nulla ($\alpha = 0$) essendo i momenti nulli: infatti il momento della reazione vincolare ha braccio nullo, e nel momento della forza peso i vettori braccio e forza sono paralleli.

d) $\dfrac{1}{2} I'_z\, \omega^2 = (m_S + m_\ell + m_P) g h \Rightarrow \dfrac{1}{2} \cdot 11 m_S R^2 \cdot \dfrac{v^2}{(33R)^2} = \dfrac{281}{180} m_S g h \Rightarrow h = \dfrac{10}{11} \cdot \dfrac{v^2}{281 g} = 0.132 \text{ m}$

Problema 3



a) $p_A = \dfrac{nRT_A}{V_A} = 9.98 \cdot 10^4 \text{ Pa}; \; T_A p_A^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_B p_B^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \Rightarrow T_B = T_A \left(\dfrac{p_A}{p_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 246 \text{ K}$

b) $Q_{BC} = 0 \Rightarrow W_{BC} = -\Delta U_{BC}; \; \begin{cases} p_C(V_C - V_B) = -nc_V(T_C - T_B) \\ p_C V_C = nRT_C \end{cases} \Rightarrow$

$p_C(V_C - V_B) = -nc_V\left(\dfrac{p_C V_C}{nR} - T_B\right) \Rightarrow V_C = \dfrac{nT_B\left(\dfrac{p_C}{p_B} R + c_V\right)}{p_C\left(1 + \dfrac{c_V}{R}\right)} = 0.053 \text{ m}^3$

c) $T_C = \dfrac{p_C V_C}{nR} = 316 \text{ K}; \quad \Delta S_{U,ciclo} = \Delta S_{amb,ciclo} = \Delta S_{amb,CA} = \dfrac{-Q_{CA,gas}}{T_A} = \dfrac{-nc_P(T_A - T_C)}{T_A} = 3.16 \text{ J/K}$