

# Fisica 1 per chimica industriale, Esame scritto 28/06/2016

Docente: Santanastasio Francesco

Nome e cognome: ..... Matricola: .....

Tempo a disposizione 3 ore, e' permessa la consultazione del solo libro di testo ed appunti (no libri di esercizi), e' obbligatorio spegnere i cellulari. Risolvere gli esercizi riportando le formule risolutive ed i risultati numerici utilizzando le unita' di misura del Sistema Internazionale.

## Esercizio 1

Un corpo (punto materiale) di massa  $m$  parte da fermo dal punto A, posto ad una quota iniziale incognita  $h$  da terra, e scivola lungo un piano liscio inclinato di un angolo  $\theta = 30^\circ$  rispetto all'orizzontale. Raggiunta terra, il corpo percorre una distanza  $d = 0.2 \text{ m}$  lungo un piano orizzontale dove e' presente un coefficiente di attrito dinamico  $\mu_d = 0.5$ . Terminato il tratto orizzontale, il corpo sale su un secondo piano inclinato, identico al precedente, sino a raggiungere la quota massima da terra  $h_f = 0.1 \text{ m}$ .

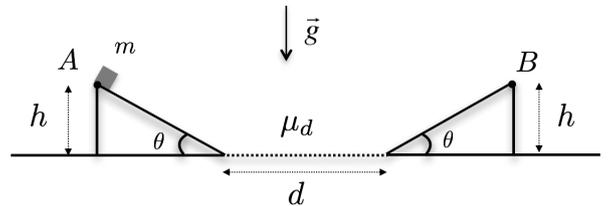
Determinare:

- la quota iniziale da terra  $h$ ;
- la velocita' iniziale minima  $v_{min}^A$  tale che il corpo raggiunga il punto B;

Se la velocita' iniziale nel punto A e' il doppio di  $v_{min}^A$ , determinare:

- la quota massima da terra  $y_{max}$  raggiunta dal corpo dopo aver abbandonato il piano inclinato nel punto B.

Figura 1

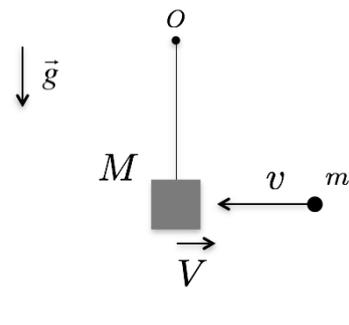


## Esercizio 2

Un pendolo di massa  $M=50\text{Kg}$  (punto materiale) urta con velocita'  $V = 1.4\text{m/s}$  contro un proiettile (punto materiale) di massa  $m=15\text{g}$  e velocita'  $v = 300\text{m/s}$  nel punto piu' basso della sua traiettoria, come indicato in Figura 2. Nell'ipotesi che il proiettile rimanga conficcato nel pendolo (urto completamente anelastico), determinare:

- la velocita' comune  $V_f$  del sistema pendolo+proiettile dopo l'urto ed il verso di rotazione del sistema;
- l'energia dissipata nell'urto e la massima quota raggiunta dal sistema pendolo+proiettile rispetto alla quota a cui avviene l'urto;
- la velocita' minima del proiettile tale che il sistema ruoti in senso orario dopo l'urto.

Figura 2



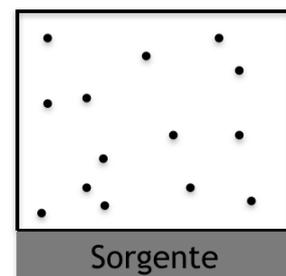
## Esercizio 3

In una stanza di volume  $V = 40\text{m}^3$  con pareti rigide ed adiabatiche e' contenuto un gas perfetto biatomico alla temperatura di  $T_0 = 273\text{K}$  ed alla pressione  $P_0 = 10^5\text{Pa}$ . Il gas viene posto a contatto con una sorgente di calore a temperatura costante  $T_5 = 293\text{K}$ . Dopo un certo tempo il sistema raggiunge lo stato finale di equilibrio termodinamico.

Determinare:

- la temperatura e la pressione del gas nello stato finale;
- la quantita' di calore ceduta dalla sorgente al gas durante la trasformazione;
- la variazione di entropia dell'universo (gas+sorgente).

Figura 3



### Soluzione - Esercizio 1

a)

$$L_{attr} = \Delta E = E_f - E_i$$

$$E_i = mgh$$

$$E_f = mgh_f$$

$$L_{attr} = -|N|\mu_d d = -\mu_d mgd$$

$$-\mu_d mgd = mgh_f - mgh$$

$$h = h_f + \mu_d d = 0.2 \text{ m}$$

b)

$$L_{attr} = \Delta E = E_B - E_A$$

$$E_B = mgh$$

$$E_A = mgh + \frac{1}{2}mv_{min}^2$$

$$-\mu_d mgd = mgh - mgh - \frac{1}{2}mv_{min}^2$$

$$v_{min} = \sqrt{2\mu_d gd} = 1.4 \text{ m/s}$$

c)

$$v_A = 2v_{min} = 2.8 \text{ m/s}$$

$$L_{attr} = \Delta E = E_B - E_A$$

$$E_A = mgh + \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$E_B = mgh + \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$-\mu_d mgd = mgh + \frac{1}{2}mv_B^2 - mgh - \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$v_B = \sqrt{v_A^2 - 2\mu_d gd} = 2.4 \text{ m/s}$$

Il corpo abbandona il piano inclinato nel punto B ed esegue un moto parabolico sotto l'effetto della forza di gravita'.

Il corpo parte da una quota pari ad h con una velocita' di modulo pari a  $v_B = 2.4 \text{ m/s}$  e direzione inclinata di un angolo  $\theta = 30^\circ$  rispetto all'orizzontale.

Il moto lungo l'asse y e' un moto uniformemente decelerato:

$$a_y = -g$$

$$v_y = v_B \sin\theta - gt$$

$$y = h + v_B \sin\theta t - 1/2gt^2$$

La quota massima da terra si raggiunge quando  $v_y = 0$ .

$$v_y = v_B \sin\theta - gt_{ymax} = 0$$

da cui:

$$t_{ymax} = \frac{v_B \sin\theta}{g}$$

$$y_{max} = h + v_B \sin\theta t_{ymax} - 1/2gt_{ymax}^2 = h + \frac{1}{2} \frac{v_B^2 \sin^2\theta}{g} = 0.27 \text{ m}$$

## Soluzione - Esercizio 2

**a)**

Si conserva il momento angolare rispetto ad O nell'urto:

$$J_0^i = J_0^f$$

(si potrebbe risolvere analogamente con la conservazione della quantità di moto)

Assumendo che la lunghezza del pendolo sia L:

$$J_0^i = MLV - mLv$$

$$J_0^f = (M + m)LV_f$$

L si semplifica e si ottiene:

$$V_f = \frac{MV - mv}{M + m} = 1.31 \text{ m/s} > 0$$

Il sistema ruota in senso antiorario (i.e. nella direzione iniziale di M)

**b)**

L'energia dissipata nell'urto è:

$$\Delta E = E_f - E_i$$

$$E_i = \frac{1}{2}M V^2 + \frac{1}{2}mv^2 = 724 \text{ J}$$

$$E_f = \frac{1}{2}(M + m)V_f^2 = 43 \text{ J}$$

$$\Delta E = E_f - E_i = -681 \text{ J}$$

La massima quota si ottiene con la conservazione dell'energia:

$$\frac{1}{2}(M + m)V_f^2 = (M + m)gh$$

$$h = \frac{V_f^2}{2g} = 0.0875 \text{ m} = 8.75 \text{ cm}$$

**c)**

Per avere una rotazione in senso orario dopo l'urto deve verificarsi la condizione:

$$J_0^i = MLV - mLv < 0$$

Da cui si ottiene che

$$v > \frac{M}{m}V = 4667 \text{ m/s}$$

### Soluzione - Esercizio 3

$$\text{Gas biatomico} : c_V = \frac{5}{2}R$$

a)

La temperatura nello stato finale e' quella della sorgente  $T_f = T_S = 293K$ .

La pressione nello stato finale si ottiene dalla legge di stato dei gas perfetti.

$$P_0V = nRT_0$$

$$P_fV = nRT_f$$

$$P_f = \frac{T_f}{T_0} P_0 = 1.07 \cdot 10^5 Pa$$

b) [3 punti]

Il gas esegue una trasformazione isocora irreversibile.

$$\Delta U = Q \text{ (essendo } L = 0)$$

$$Q = nc_V(T_f - T_0)$$

$$n = \frac{P_0V}{RT_0} = 1762 \text{ mol}$$

$$Q_{gas} = nc_V(T_f - T_0) = 732.5 \cdot 10^3 J$$

$$Q_{sorg} = -Q_{gas} = -732.5 \cdot 10^3 J$$

c)

$$\Delta S_{universo} = \Delta S_{gas} + \Delta S_{sorgente}$$

$$\Delta S_{gas} = \int_{T_0}^{T_f} \frac{nc_V dT}{T} = nc_V \ln\left(\frac{T_f}{T_0}\right) = 2589 \text{ J/K} > 0 \text{ (calore assorbito)}$$

$$\Delta S_{sorgente} = \frac{Q_{sorg}}{T_S} = \frac{-Q_{gas}}{T_f} = -2500 \text{ J/K} < 0 \text{ (calore ceduto)}$$

$$\Delta S_{universo} = 89 \frac{J}{K} > 0$$

L'entropia dell'universo aumenta perche' al suo interno avvengono trasformazioni irreversibili.