Fisica 1 per chimica industriale, Esame scritto 25/06/2018

Docente: Santanastasio Francesco

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

Tempo a disposizione 3 ore, e' permessa la consultazione di un solo libro di testo (no libri di esercizi svolti, no quaderni/appunti), 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 $m_A = 1.2\ kg$ e' sospeso ad una quota h=2m da terra mediante una fune inestensibile e di massa trascurabile. All'altro capo della fune, che puo' scorrere senza attrito su di una carrucola ideale, e' attaccato un secondo corpo di massa $m_B = 2\ kg$, posto alla base di un piano liscio, inclinato di un angolo $\theta = 30°$ rispetto all'orizzontale. Nell'istante iniziale i corpi sono fermi. Determinare:

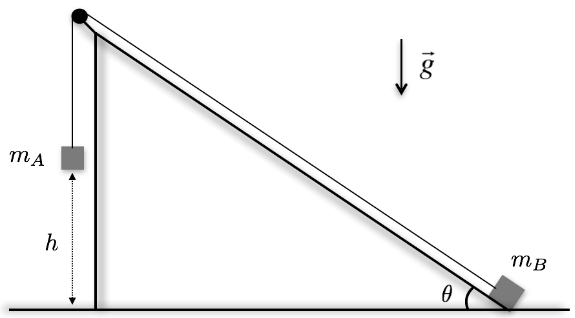
a) l'accelerazione dei due corpi e la tensione della fune nella fase di caduta del corpo A;

b) la velocita' di B quando il corpo A tocca terra.

Dopo l'impatto di A con la terra, la fune non e' piu' in tensione ed il corpo B continua la sua corsa per un certo tratto lungo il piano inclinato.

c) Determinare la quota da terra piu' alta raggiunta dal corpo B.

Figura 1



Esercizio 2

Un proiettile di massa $m = 0.01\ Kg$ (punto materiale) e velocita' $v_0 = 1\ m/s$ urta, restandovi attaccato, il bordo di un disco omogeneo di massa $M = 0.05\ kg$ e raggio $R = 0.2\ m$ (urto completamente anelastico). Il disco, inizialmente a riposo, puo' ruotare senza attrito attorno ad un asse verticale passante per il suo centro di massa O. La traiettoria del proiettile e' perpendicolare all'asse di rotazione e dista $d = 0.15\ m$ dal centro, come indicato in Figura 2.

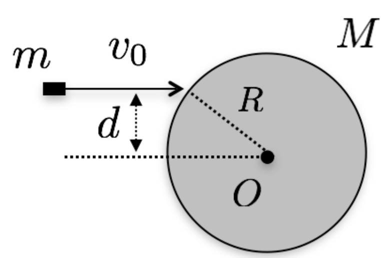
Determinare:

a) la velocita' angolare del sistema proiettile+disco dopo l'urto;

b) la velocita' lineare del centro di massa del sistema proiettile+disco dopo l'urto;

c) la distanza d per cui l'energia dissipata nell'urto e' massima.

Figura 2



Esercizio 3

Una mole (n=1) di gas perfetto monoatomico compie il ciclo indicato in Figura 3, costituito da due isobare reversibili AB e CD e due isocore irreversibili BC e DA. Determinare:

a) i seguenti rapporti di temperature tra stati di equilibrio: $\frac{T_B}{T_A}, \frac{T_C}{T_B}, \frac{T_D}{T_C}, \frac{T_A}{T_D}$;

b) le variazioni di entropia del gas nelle 4 trasformazioni $\Delta S_{AB,gas}$, $\Delta S_{BC,gas}$, $\Delta S_{CD,gas}$, $\Delta S_{DA,gas}$ e la variazione di entropia del gas nel ciclo $\Delta S_{ciclo,gas}$.

La trasformazione BC e' ottenuta a volume costante mettendo il gas a contatto termico con una sola sorgente a temperatura T_C.

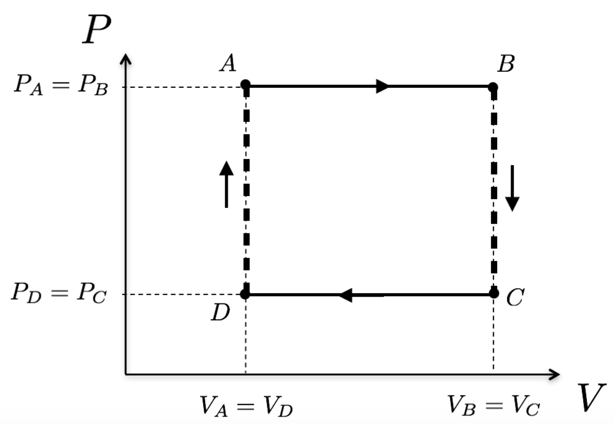
La trasformazione DA e' ottenuta a volume costante mettendo il gas a contatto termico con una sola sorgente a temperatura T_A.

Determinare:

c) la variazione di entropia dell'ambiente nel ciclo termodinamico, $\Delta S_{ciclo,amb}$.

[Dati: $V_A = 5\ 10^{-3} m^3$, $P_A = 6\ 10^5\ Pa$, $V_B = 3V_A$, $P_D = \frac{1}{3}P_A$]

Figura 3



Soluzione - Esercizio 1

a)

$m_A g - T = m_A a$

$T - m_B g \sin\theta = m_B a$

$a = \dfrac{m_A - m_B \sin\theta}{m_A + m_B} g = 0.61\, m/s^2$

$T = m_A g - m_A a = 11N$

b)

Sistema A+B:

$E_i = m_A g h$

$E_f = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + m_B g h \sin\theta + \frac{1}{2} m_B v_B^2$ (con $v_A = v_B$ essendo Ae B collegati da una fune inestensibile)

$E_i = E_f$ $(conservazione\ dell'energia)$

$v_B = v_A = \sqrt{\dfrac{2(m_A - m_B \sin\theta) g h}{m_A + m_B}} = 1.56\, m/s$

c)

Corpo B:

$E_i = \dfrac{1}{2} m_B v_B^2 + m_B g h \sin\theta$

$E_f = m_B g h_{max}$

$E_i = E_f$

$h_{max} = \dfrac{1}{2g} v_B^2 + h \sin\theta = \dfrac{m_A h (1 + \sin\theta)}{m_A + m_B} = 1.12\, m$

Soluzione - Esercizio 2

a)

$I = I(disco) + I(proiettile) = \frac{MR^2}{2} + mR^2 = 0.0014\ kgm^2$

$J_{O,i} = mv_o d$

$J_{O,f} = I\omega$

$J_{O,i} = J_{O,f}$ (conservazione del momento angolare)

$\omega = \frac{mv_o d}{I} = 1.07\ rad/s$

b)

$x_{CM} = \frac{M \cdot 0 + m \cdot R}{M + m} = 0.033\ m$

$v_{CM} = \omega x_{CM} = 0.036\ m/s$

c)

$E_{diss} = E_i - E_f = \frac{1}{2}m\ \ v_0^2 - \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}mv_0^2(1 - \frac{md^2}{I})$

L'energia dissipata e' minima per d=0.

In questo caso il sistema e' fermo dopo l'urto ($\omega = 0$)

Per d=0 l'energia dissipata e' uguale a $E_{diss} = \frac{1}{2}mv_0^2 = 5 \cdot 10^{-3} J$

Soluzione - Esercizio 3

I dati di pressione e volume iniziali nello stato A non erano necessari per risolvere il problema.

Gas perfetto monoatomico: $c_P = 5/2\,R$, $c_V = 3/2\,R$

a)

$PV = nRT$

$\frac{T_B}{T_A} = \frac{P_B V_B}{nR} \cdot \frac{nR}{P_A V_A} = \frac{V_B}{V_A} = 3$

$\frac{T_C}{T_B} = \frac{P_C V_C}{nR} \cdot \frac{nR}{P_B V_B} = \frac{P_C}{P_B} = \frac{P_D}{P_A} = \frac{1}{3}$

$\frac{T_D}{T_C} = \frac{P_D V_D}{nR} \cdot \frac{nR}{P_C V_C} = \frac{V_D}{V_C} = \frac{1}{3}$

$\frac{T_A}{T_D} = \frac{P_A V_A}{nR} \cdot \frac{nR}{P_D V_D} = \frac{P_A}{P_D} = 3$

b)

$\Delta S_{AB,gas} = \int_{A,rev}^{B} \frac{\delta Q}{T} = \int_{A,rev}^{B} \frac{nc_P dT}{T} = nc_P ln(\frac{T_B}{T_A}) = 22.8\,J/K$

$\Delta S_{BC,gas} = \int_{B,rev}^{C} \frac{\delta Q}{T} = \int_{B,rev}^{C} \frac{nc_V dT}{T} = nc_V ln(\frac{T_C}{T_B}) = -13.7\,J/K$

$\Delta S_{CD,gas} = \int_{C,rev}^{D} \frac{\delta Q}{T} = \int_{C,rev}^{D} \frac{nc_P dT}{T} = nc_P ln(\frac{T_D}{T_C}) = -22.8\,J/K$

$\Delta S_{DA,gas} = \int_{D,rev}^{A} \frac{\delta Q}{T} = \int_{D,rev}^{A} \frac{nc_V dT}{T} = nc_V ln(\frac{T_A}{T_D}) = +13.7\,J/K$

$\Delta S_{ciclo,gas} = \Delta S_{AB,gas} + \Delta S_{BC,gas} + \Delta S_{CD,gas} + \Delta S_{DA,gas} = 0$

c)

AB:

$\Delta S_{AB,amb} = -\Delta S_{AB,gas} = -22.8\,J/K$

BC:

Essendo $L_{BC,gas} = 0$, $Q_{BC,gas} = \Delta U_{BC,gas} = nc_V(T_C - T_B) = nc_V(T_C - 3T_C) = -2\,nc_V\,T_C$

$\Delta S_{BC,amb} = \int_{B,rev}^{C} \frac{\delta Q_{amb}}{T} = \frac{1}{T_C}\int_{B,rev}^{C} \delta Q_{amb} = \frac{Q_{BC,amb}}{T_C} = -\frac{Q_{BC,gas}}{T_C} = \frac{2\,nc_V\,T_C}{T_C} = 2\,nc_V = 24.9\,J/K$

CD:

$\Delta S_{CD,amb} = -\Delta S_{CD,gas} = +22.8\,J/K$

DA:

Essendo $L_{DA,gas} = 0$, $Q_{DAgas} = \Delta U_{DA,gas} = nc_V(T_A - T_D) = nc_V(3T_D - T_D) = 2\,nc_V\,T_D$

$\Delta S_{DA,amb} = \int_{D,rev}^{A} \frac{\delta Q_{amb}}{T} = \frac{1}{T_A}\int_{D,rev}^{A} \delta Q_{amb} = \frac{Q_{Da,amb}}{T_A} = -\frac{Q_{DA,gas}}{T_A} = \frac{2\,nc_V\,T_D}{T_A} = -\frac{2}{3}nc_V = -8.31\,J/K$

$\Delta S_{ciclo,amb} = \Delta S_{AB,amb} + \Delta S_{BC,amb} + \Delta S_{CD,amb} + \Delta S_{DA,amb} = 16.6\,J/K$