Università degli Studi di Roma "La Sapienza"
Corso di laurea in Ing. Meccanica

Fisica I

Canale A-L: *Prof. Marco Rossi* - Canale M-Z: *Prof.ssa Livia Lancia*

Prova di esame del 12 settembre 2014 – *a.a. 2013-14*

Risolvete, prima analiticamente poi numericamente, gli esercizi seguenti.
L'esercizio 3 non deve essere svolto da parte degli allievi che sostengono la prova da 6 CFU.

1. I conducenti di due treni, che viaggiano alle velocità v_1=100km/h e v_2=70km/h, si accorgono di trovarsi sullo stesso binario l'uno in direzione dell'altro. Nell'istante in cui la distanza è D = 2km essi azionano contemporaneamente i freni dei loro convogli. Ipotizzando che la decelerazione sia uguale per i due treni, si determini il suo valore minimo a_{min} che permette di evitare la collisione.

2. Una sbarra rigida omogenea di lunghezza L=1m e massa M=2kg è vincolata ad un asse orizzontale, disposto perpendicolarmente alla sbarra e passante per il suo baricentro, intorno al quale può ruotare senza attrito. La sbarra è inizialmente in quiete in posizione orizzontale. Un piccolo oggetto, assimilabile ad un punto materiale, di massa m=200g, in caduta libera (in assenza di resistenza viscosa) da un'altezza h, urta anelasticamente un'estremità della sbarra, rimanendovi conficcato. Sapendo che l'oggetto ha inizialmente una velocità nulla, si determini la minima altezza h_{min} da cui deve cadere affinché la sbarra possa compiere una rotazione completa.

3. Una sbarra rigida, di lunghezza l=50 cm e densità ρ_S=0.5g/cm^3, può ruotare su un piano verticale intorno ad un asse fisso orizzontale cui è incernierata ad un estremo. L'asse si trova immerso in acqua ad una profondità h=30 cm. Si determinino le possibili posizioni di equilibrio.

4. Una macchina termica fornisce lavoro utilizzando un gas perfetto biatomico che compie un ciclo costituito dalla successione di tre trasformazioni reversibili:

A --> B isocora;
B --> C isoterma, con un volume iniziale pari al 20% di quello finale;
C --> A isobara.

Si calcoli:
a) il rendimento della macchina descritta;
b) il rendimento di una macchina di Carnot che operi con due sorgenti alle temperature minime e massime del ciclo sopra descritto.

5. Mezza mole di gas ideale monoatomico è contenuta in un recipiente adiabatico di volume V_1, a pressione atmosferica e temperatura T_1= 20°C. Successivamente il volume del recipiente viene *bruscamente* triplicato ed il sistema viene lasciato in quiete fino al raggiungimento del nuovo stato di equilibrio. In seguito, si rimuove l'isolamento termico per quanto necessario per poter fornire *lentamente* al gas una quantità di calore Q = 890J che riporta il gas alla sua temperatura iniziale T_1 tramite una trasformazione isocora. Infine ponendo il recipiente a contatto con una sorgente a temperatura T_1, si compie una compressione isoterma reversibile che riporta il gas allo stato iniziale.
a) Disegnare sul piano di Clapeyron il ciclo compiuto dal gas.
b) Calcolare la variazione di entropia avvenuta nella prima trasformazione.
c) Calcolare il lavoro totale fatto dal gas.

Sezione TEORIA - *Rispondete facoltativamente, con essenzialità e correttezza, alle seguenti domande.*

T1. Spiegare le ragioni per le quali il pendolo di Foucault è una prova della rotazione terrestre. Dimostrare che il periodo di rotazione del piano di oscillazione del pendolo dipende dalla latitudine.

T2. Dimostrare l'equivalenza dei due enunciati del II principio della Termodinamica.

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"
Corso di laurea in Ing. Meccanica

Fisica I
Canale A-L: *Prof. Marco Rossi* - Canale M-Z: *Prof. Livia Lancia*

SOLUZIONI
della prova di esame del 12 settembre 2014 – *a.a. 2013-14*

Esercizio 1

Dette *d1* e *d2* le distanze entro le quali si arrestano i due treni, la condizione limite affinché non vi sia collisione è *D=d1+d2*.
Si ha inoltre:

$v_{1,2} = a_{1,2}t;$

$x_{1,2} = d_{1,2} = \frac{1}{2}a_{1,2}t^2$

$v_{1,2}^2 = a_{1,2}2d_{1,2}$

e quindi, la condizione limite sulla distanza determina il limite sulla decelerazione:

$$v_1^2 + v_2^2 = 2a(d_1 + d_2) \Rightarrow a = \frac{v_1^2 + v_2^2}{2D} = 0.29m/s^2.$$

Esercizio 2

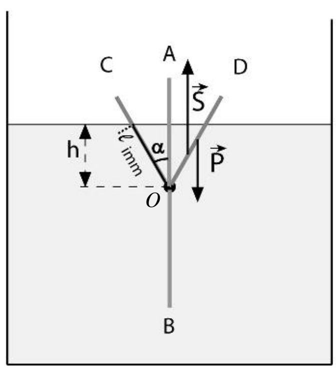
Conservazione momento angolare: $mv\frac{L}{2} = I_{sis}\omega_0$

Per compiere un giro completo si deve avere che $\frac{1}{2}I_{sis}\omega_0^2 > mg\frac{L}{2}$

Essendo $(\omega_0)_{\min} = \frac{mv_{\min}L}{2I_{sis}}$ e $2h_{\min}g = v_{\min}^2$ $\Rightarrow$ $h_{\min} = L\frac{M+3m}{6m} = 2,2\ m$

Esercizio 3

All'equilibrio $\sum(\vec{M}_O) = 0.$ Saranno posizioni di equilibrio instabile quelle verticali A e B. La condizione di equilibrio stabile si ha nelle posizioni C e D.

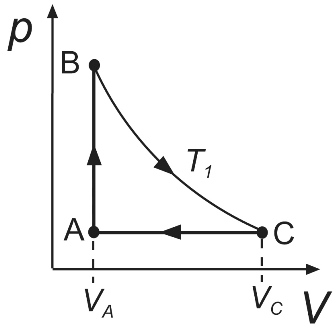


$$(\vec{M}_O)_{peso} = (\vec{M}_O)_{sp.Arch.} \qquad \Rightarrow \qquad \rho_S V_S g\frac{l}{2}\sin\alpha = \rho_A V_A g\frac{l_{imm}}{2}\sin\alpha$$

$$l_{imm} = \frac{h}{\cos\alpha} \qquad \Rightarrow \qquad \rho_S l^2 = \rho_A\frac{h^2}{\cos^2\alpha}$$

$\alpha = 31.9°$

Esercizio 4



$$Q_{AB} = nC_V(T_B - T_A) = nC_V T_1\left(1 - \frac{T_A}{T_1}\right) > 0$$

$$Q_{BC} = L_{BC} = nRT_1 \ln\frac{V_C}{V_B} = nRT_1 \ln 5 > 0$$

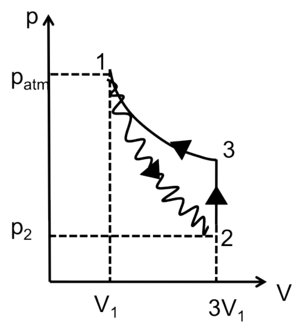
$$Q_{CA} = nC_p(T_A - T_C) = nC_p T_1\left(\frac{T_A}{T_1} - 1\right) < 0$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_{ced}}{Q_{ass}} \quad essendo \quad Q_{ced} = |Q_{CA}| \quad e \quad Q_{ass} = Q_{AB} + Q_{BC}$$

$$\begin{array}{l} p_A V_A = nRT_A \\ p_C V_C = nRT_C \end{array} \Rightarrow \frac{T_A}{T_1} = \frac{V_A}{V_C} = \frac{1}{5} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{nC_p T_1\left(1 - \frac{T_A}{T_1}\right)}{nC_V T_1\left(1 - \frac{T_A}{T_1}\right) + nRT_1 \ln 5} = 0{,}224$$

$$essendo\ T_{MAX} = T_1 \ \ e\ T_{MIN} = T_A \Rightarrow \eta_{CARNOT} = 1 - \frac{T_A}{T_1} = 0{,}80$$

Esercizio 5



a)Disegno sul piano di Clapeyron:

b) Dall'equazione dei gas perfetti:

$$V_1 = \frac{nRT_1}{p_1} = 12 \times 10^{-3} m^3 \quad ;$$

$$V_2 = 36 \times 10^{-3} m^3$$

$Q_{23}=nc_v(T_3-T_2)=nc_v(T_1-T_2)$, quindi:

$$T_2 = T_1 - \frac{Q_{23}}{nc_v} = T_1 - \frac{2Q_{23}}{3Rn} = 150K.$$

Da cui risulta:

$$\Delta S_{12} = ncv \ln\frac{T_2}{T_1} + nR\ln\frac{V_2}{V_1} = nR\left[\frac{3}{2}\ln\frac{150}{293} + \ln 3\right] = 0.405\, J/K.$$

c) $Q_{12}=0$
$Q_{23}=890$ J
$Q_{31}=nRT_1 \ln(V_1/V_2) = -1.34 \times 10^{-3}$ J.

Il Lavoro totale per il ciclo è quindi
$L_{TOT}=Q_{TOT}=Q_{23} + Q_{31} = -450$J