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

Corso di Fisica I

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

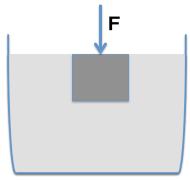
Prova di esame del 14 giugno 2013 – *a.a. 2012-13*

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

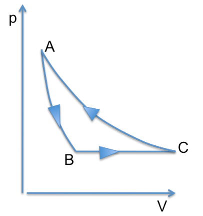
1. Un battello a vapore naviga con rotta costante (moto rettilineo) e velocità v_B = 15 km/h, in presenza di un vento che soffia con una velocità costante v_v= 8 km/h secondo una direzione che forma un angolo α= 120° con quella di navigazione. Determinare:
- il modulo v_v' della velocità del vento rilevata a bordo del battello;
- l'angolo β che assume la direzione della scia di vapore emessa dal battello rispetto alla direzione di navigazione (assumendo che, in assenza di vento, la scia avrebbe la stessa direzione della rotta).

2. Un'asta omogenea di massa m=1.5 kg lunghezza L=40 cm è fissata ad una parete tramite un perno in un suo estremo O. Il filo che la sorregge orizzontalmente al tempo t=0 viene tagliato. Calcolare:
a) l'accelerazione angolare che la sbarra ha immediatamente dopo il taglio;
b) l'energia cinetica e la velocità angolare dell'asta nel momento dell' impatto con la parete.
Si trascuri ogni forma d'attrito.

3. La densità di un blocco cubico di legno di lato l=10 cm è ρ_l=3/5ρ_a (con ρ_a densità dell'acqua). Determinare il modulo della forza verticale ***F*** (applicata come in figura) necessaria per tenerlo in equilibrio, immerso a pelo d'acqua, come in figura.
Se la forza F viene rimossa istantaneamente calcolare:
a) l'accelerazione acquisita dal blocco all'istante di rimozione della forza;
b) la frazione di volume immersa al momento in cui l'accelerazione



4. Determinare il lavoro scambiato con l'esterno da una macchina che esegue il ciclo illustrato in figura, utilizzando come fluido una mole di gas biatomico e sapendo che: AB è una trasformazione adiabatica, BC è un'isobara e CA un'isoterma.
(p_A=5 atm, T_A=20°C, p_B=1 atm)



5. Un recipiente adiabatico contiene al suo interno un pistone diatermico. Inizialmente il pistone è bloccato in maniera tale da dividere il recipiente in due parti A e B di ugual volume (V_A=V_B=1dm^3), contenenti lo stesso tipo di gas perfetto alla temperatura T=300K. Inizialmente la pressione del gas nelle due parti è differente e pari a p_A=1.5 atm e p_B=2.5 atm, rispettivamente. Se si sblocca il pistone (da considerare idealmente privo di massa), lasciandolo libero di muoversi, il sistema si porta in un diverso stato di equilibrio. Determinare i valori finali di temperatura e pressione e la variazione di entropia del sistema

Sezione TEORIA

Rispondete facoltativamente, con essenzialità e correttezza, alle seguenti domande.

T1. Ricavare il periodo di oscillazione di un pendolo semplice.

T2. Ricavare la disuguaglianza di Clausius.

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

Corso di Fisica I

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

SOLUZIONI
Della prova di esame del 14 giugno 2013 – *a.a. 2012-13*

Esercizio 1

Moti relativi di traslazione:
v_V: modulo della velocità del vento nel sistema di riferimento assoluto (superficie dell'acqua)
v_V': modulo della velocità de vento nel sistema di riferimento relativo (battello).
La velocità di trascinamento è rappresentata dalla velocità del battello v_B.
Vettorialmente: $\mathbf{v_V}=\mathbf{v_B}+\mathbf{v_V'} \rightarrow \mathbf{v_V'}=\mathbf{v_V}-\mathbf{v_B} \rightarrow$ $v'_V = \sqrt{v_V^2 + v_B^2 - 2v_V v_B \cos\alpha} \approx 20.22$ [km/h].

La direzione della scia coincide con la direzione del vettore $\mathbf{v_V'}$: $arctg\left(\frac{v'_{Vy}}{v'_{Vx}}\right) + \pi \approx 160°$ con

$$v'_{Vy} = v_{Vy} - v_{By} = v_V \sin(\pi - \alpha) = 6.92 \quad [km/h]$$

$$v'_{Vx} = v_{Vx} - v_{Bx} = v_V \cos(\pi - \alpha) - v_B = -19 \quad [km/h]$$

Esercizio 2

II eq cardinale. $M = I\alpha$ con I rispetto all'estremo O: $I_o = 1/3\ mL^2$.
Al momento del taglio:

$$M = \frac{mgL}{2} = I_o\alpha$$

$$\alpha = \frac{3g}{2L} = 36.75[rad/s]$$

Durante la caduta si conserva E: $K_O+U_O=K_F+U_F$. Con U energia potenziale del peso applicata al centro di massa e K energia cinetica pari a ½ $I_o\omega^2$
$K_o=0$ e, per esempio, si sceglie $U_o=0$.

$$0 = -mg\frac{L}{2} + K_F \Rightarrow K_F = 2.9[J]$$

ma è anche: $K_F = \frac{1}{2} I_o \omega_F^2 \Rightarrow \omega_F = \sqrt{\frac{3g}{L}} = 8.6[rad/s]$

Esercizio 3

Inizialmente: **F**+**P**+**S**=0
($P = mg = \rho_l l^3 g$; $S = \rho_a V_{im} g = \rho_a l^3 g$; $\rho_a=10^3 kg/m^3$);
proiettando:
$F=gl^3(\rho_a-\rho_l)=gl^3(1-\rho_l/\rho_a)\rho_a= 2/5\ \rho_a l^3 g= 3.92N$

Alla rimozione di **F:** $S'-P=ma \rightarrow \rho_a l^3 g - \rho_l l^3 g = \rho_l l^3 a \rightarrow a=2/3g = 6.5\ [m/s^2]$
Quando a = 0 è $S''=P \rightarrow \rho_a l^2 x_{imm} g = \rho_l l^3 g \rightarrow x_{imm}= l\ (\rho_l/\rho_a) =3/5\ l$
Quindi $V_{imm}=3/5V$

Esercizio 4

$L_{AB}=-\Delta U=c_v(T_A-T_B)>0$;
$L_{BC}=p\Delta V=p_B(V_C-V_B)=R(T_C-T_B)=R(T_A-T_B)>0$;
$L_{CA}=RT_A \ln(V_A/V_C)= RT_A \ln(p_C/p_A)= RT_A \ln(p_B/p_A)<0$.

Si ricava T_B dalla $p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}T=$ cost:

$$p_A^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}T_A = p_B^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}T_B \Rightarrow \frac{T_B}{T_A}=\left(\frac{p_A}{p_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$; con g=7/5.

Risulta quindi:

$$L=(c_v+R)T_A\left(1-\frac{T_B}{T_A}\right)+RT_A\ln\frac{p_B}{p_A}=$$

$$=c_pT_A\left[1-\left(\frac{p_A}{p_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}\right]+RT_A\ln\frac{p_B}{p_A}=-778.2J$$

(con c_p=7/2 R)

(macchina refrigerante)

Esercizio 5. *La trasformazione è adiabatica ed irreversibile.*

$$Q=0 \quad L=0 \quad \Rightarrow \quad \Delta U=0 \quad T_f=T_i=T$$

$$p_AV_A=n_ART \qquad 2V_A=V \quad \Rightarrow n_A=\frac{p_AV}{2RT}$$

$$p_BV_B=n_BRT \qquad 2V_B=V \quad \Rightarrow n_B=\frac{p_BV}{2RT}$$

$$\left.\begin{aligned} p_fV_A' &= n_ART=\frac{p_AV}{2} \\ p_fV_B' &= n_BRT=\frac{p_BV}{2}\end{aligned}\right\}\Rightarrow \quad p_f=\frac{p_A+p_B}{2}=2 \ atm$$

$$\Delta S=\Delta S_A+\Delta S_B=\frac{p_AV}{2T}\ln\frac{V_A'}{V_A}+\frac{p_BV}{2T}\ln\frac{V_B'}{V_B}=$$

$$=\frac{V}{2T}\left(p_A\ln\frac{p_A}{p_f}+p_B\ln\frac{p_B}{p_f}\right)=4.3\cdot10^{-2}\ J/K$$