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

Corso di Fisica I

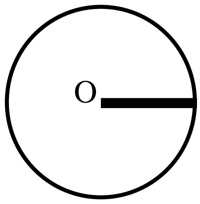
Canale A-L: *Prof. Marco Rossi*
Canale M-Z: *Prof. Livia Lancia*

Prova d' esame del 23 marzo 2015 – *a.a. 2014-15*

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.

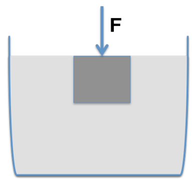
1. Un battello a vapore naviga con rotta costante (moto rettilineo) e velocità v_B = 15 km/h, in presenza di un vento che soffia con una velocità costante v_v= 8 km/h secondo una direzione che forma un angolo α= 120° con quella di navigazione. Determinare:
- il modulo v_v' della velocità del vento rilevata 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. Il sistema mostrato in figura consiste di un disco omogeneo di raggio R = 20 cm e massa M =1.4 kg e una sbarretta omogenea sottile di massa m=300 g e lunga R, incollata lungo un raggio del disco. Il sistema è disposto su un piano verticale ed è in grado di ruotare senza attrito intorno ad un asse orizzontale passante per il suo centro O. Esso viene quindi abbandonato da fermo nella configurazione indicata, con la sbarretta posta orizzontalmente.



a) Calcolare la posizione del centro di massa in tale configurazione.
b) Determinare il valore della velocità angolare ω del sistema disco-sbarretta quando questa si trova a transitare in direzione verticale.

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. Una mole di gas perfetto, inizialmente alla temperatura di t_o=27°C, viene scaldata a pressione costante fino a portare la sua temperatura a t_1=400K. Sapendo che la quantità di calore assorbita dal gas durante tale trasformazione è Q=693 cal, calcolare:
a) il lavoro compiuto L;
b) il tipo di gas perfetto.

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. Spiegare l'equivalenza meccanica della caloria.

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 23 marzo 2015 – *a.a. 2014-15*

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: $\mathbf{v_v}=\mathbf{v_B}+\mathbf{v_v'} \rightarrow \mathbf{v_v'}=\mathbf{v_v}-\mathbf{v_B} \rightarrow$ $v'_V = \sqrt{v_V^2 + v_B^2 - 2v_V v_B \cos\alpha} \approx 20.22\,[\text{km/h}]$.

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

a) In un sistema di assi cartesiani *Oxy* con *O* nel centro del disco, *y* diretto come la verticale, *x* nel piano del disco, si ha per la posizione del *cdm*:

$$x_{cdm} = \frac{x_{cdm}^D M + x_{cdm}^S m}{M+m} = \frac{0\cdot M + \frac{R}{2}m}{M+m} = \frac{R}{2}\frac{m}{m+M} = 1.76cm$$
$$y_{cdm} = 0$$

b) Moto che avviene in presenza di sole forze conservative. Dalla conservazione dell'energia meccanica:

$$\Delta K + \Delta U = 0$$
$$\Delta U = (M+m)g\Delta y_{cdm} = -mg\frac{R}{2} \quad ;$$
$$\Delta K = \frac{1}{2}I_D\omega^2 + \frac{1}{2}I_S\omega^2 = \frac{1}{2}\frac{MR^2}{2}\omega^2 + \frac{1}{2}\frac{mR^2}{3}\omega^2 = \left(\frac{M}{4}+\frac{m}{6}\right)R^2\omega^2 .$$

Quindi, essendo *ΔK=-ΔU*,

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}\frac{m}{\left(M/2 + m/3\right)}} = 4.29[rad/s]$$

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: $F = gl^3(\rho_a - \rho_l) = gl^3(1-\rho_l/\rho_a)\rho_a = 2/5\ \rho_a l^3 g = 3.92$N

Alla rimozione di ***F***: $S' - P = ma \rightarrow \rho_a l^3 g - \rho_l l^3 g = \rho_l l^3 a \rightarrow a = 2/3 g = 6.5$ [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 $V_{imm} = 3/5 V$

Esercizio 4

a) Il lavoro nella trasformazione isobara è dato da: $L = P\ (V_f - V_i)$

Utilizzando l'equazione di stato si ha: $L = nR(T_f - T_i) = 831.4J$

b) Il calore Q_p scambiato in una trasformazione isobara è per definizione: $Q_p = nC_p\ (T_f - T_i)$

La variazione di energia interna ΔU in una qualunque trasformazione è data da: $DU = nC_v\ (T_f - T_i)$

Combinando le due relazioni ed utilizzando il I° principio della termodinamica si ottiene quindi:

$C_p/C_v = Q/DU = Q/(Q-L) = 1.4$ ***-> gas perfetto biatomico***

Esercizio 5. La trasformazione è adiabatica ed irreversibile.

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

$$p_A V_A = n_A RT \quad 2V_A = V \quad \Rightarrow n_A = \frac{p_A V}{2RT}$$

$$p_B V_B = n_B RT \quad 2V_B = V \quad \Rightarrow n_B = \frac{p_B V}{2RT}$$

$$\left.\begin{array}{l} p_f V_A^{'} = n_A RT = \dfrac{p_A V}{2} \\ p_f V_B^{'} = n_B RT = \dfrac{p_B V}{2} \end{array}\right\} \Rightarrow \quad p_f = \frac{p_A + p_B}{2} = 2\ atm$$

$$\Delta S = \Delta S_A + \Delta S_B = \frac{p_A V}{2T} \ln \frac{V_A^{'}}{V_A} + \frac{p_B V}{2T} \ln \frac{V_B^{'}}{V_B} =$$

$$= \frac{V}{2T}\left(p_A \ln \frac{p_A}{p_f} + p_B \ln \frac{p_B}{p_f} \right) = 4.3 \cdot 10^{-2}\ J/K$$