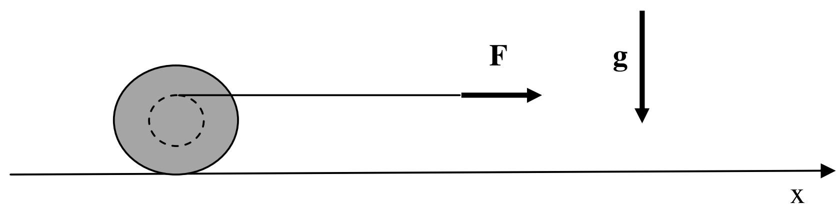
Compito di Fisica Generale di Ingegneria CIVILE-AMBIENTALE- EDILE, CIVILE-AMBIENTALE , e EDILE Settembre 2014.

Civile-Ambientale-Edile: Fisica Generale I 011BB[testi 1,2,3,4]
Edili : Fisica Generale (BB053 e 053 BB) [testi 1,2,3,4]
Civili : Fisica Generale I 011BB [testi 1,2,3,5]
Civili : Fisica Generale BB054 [testi 1,2,4,6]

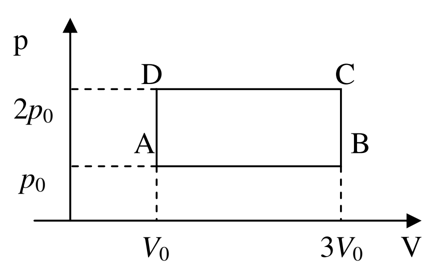
Esercizio 1 - Due ruote di massa M = 1 **k**g e raggio R = 10 cm sono vincolate rigidamente ad un asse comune di massa M e raggio R/2 e sono appoggiate su un piano orizzontale. Una fune inestensibile e di massa trascurabile è avvolta attorno all'asse. La fune viene tirata con una forza orizzontale F = 10 N lungo l'asse x nel verso positivo. In queste condizioni il moto delle ruote è un rotolamento puro.



1.1 – Si calcoli l'accelerazione delle ruote.
1.2 – Sapendo che il coefficiente di attrito fra ruote e pavimento è $\mu = 0.5$, si trovi il valore massimo che può avere la forza F se si vuole che le ruote non scivolino.

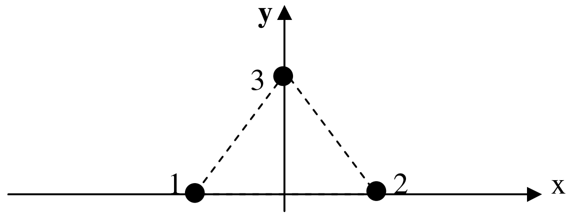
Esercizio 2- Due automobili di masse uguali viaggiano lungo due strade perpendicolari e si trovano inizialmente ferme alla stessa distanza d = 1 km dall'incrocio. Al tempo t = 0 s le auto iniziano ad accelerare verso l'incrocio con accelerazioni $a_1(t) = 0.2$ m/s^2 e $a_2(t) = \alpha\, t$ dove α è una costante (unità S.I.). Sapendo che le auto si urtano quando arrivano nel punto di incrocio,
2.1 – si trovino le dimensioni del coefficiente α e il suo valore e l'istante dell'urto
2.2 – Supponendo l'urto totalmente anelastico si trovi <u>il modulo</u> della velocità delle due auto dopo l'urto.

Esercizio 3 – Una mole di gas perfetto biatomico ha n = 1 moli e compie il ciclo $ABCDA$ mostrato in figura con $p_0 = 10^5$ pa e $V_0 = 10^{-3}$ m^3.



3.1– Si dica, giustificando la risposta, se il ciclo corrisponde ad un motore o ad una pompa di calore e si trovi il calore totale assorbito dal gas durante l'intero ciclo (con il segno corretto).
3.2– Si dica, motivando la risposta, se il ciclo è reversibile e si trovi in quale punto l'energia termica è minima calcolandone il valore. Si trovino le coordinate p e V del punto del ciclo dove la temperatura ha lo stesso valore che nel punto D.

Esercizio 4 - 3 cariche puntiformi identiche hanno carica q = 1 μC e massa m = 1 g. Le cariche si trovano sui vertici di un triangolo equilatero di lato L = 0.1 m e sono inizialmente ferme. Ad un istante, le cariche vengono lasciate libere di muoversi.

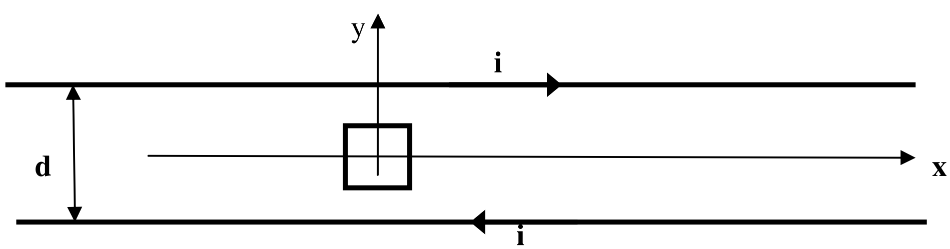


4.1– Si trovi il vettore accelerazione della carica 3 al tempo t = 0 subito dopo che le cariche sono state lasciate libere di muoversi e il potenziale elettrico generato dalle 3 cariche al centro del triangolo (può essere utile la distanza dei vertici dal centro del triangolo che è $r = L/\sqrt{3}$)
4.2 – Si trovi la velocità massima raggiunta dalle cariche nel moto successivo .

Esercizio 5 – Un recipiente cilindrico di raggio r = 10 cm contiene acqua fino ad una altezza h = 10 cm dal fondo del recipiente ed è immerso nell'atmosfera a pressione $p_0 = 10^5$ pa. Ad un'altezza $h_1 = h/2$ dal fondo al recipiente c'è un forellino di sezione S = 1 mm^2.

5.1 – Si trovi la massa di acqua che esce dal forellino in un tempo T=10 s.
5.2 – Si trovi la variazione Δh del livello dell'acqua nel tempo T.

Esercizio 6 - Due fili conduttori infiniti e paralleli giacciono nel piano xy di figura (l'asse z è perpendicolare alla figura e uscente) e sono a distanza d = 10 cm e sono percorsi da correnti i = 1 A in verso opposto.



6.1 – Si calcolino le componenti x, y e z del campo di induzione magnetica nei punti P = (0,0,0) e Q = (0,d,0) (fare attenzione ai segni).
6.2- Si calcoli il flusso del campo magnetico in una spira quadrata di lato $d/2$ con centro nell'origine degli assi.

ATTENZIONE: LE RISPOSTE DEVONO ESSERE GIUSTIFICATE INDICANDO I PASSAGGI LOGICI ESSENZIALI UTILIZZATI PER ARRIVARE AL RISULTATO FINALE. RISPOSTE SENZA ALCUNA GIUSTIFICAZIONE, ANCHE SE CORRETTE, NON SARANNO PRESE IN CONSIDERAZIONE.

Soluzione Esercizio 1-

1.1- La tensione della fune è $T = F$. Il momento di inerzia del sistema ruote + asse rispetto all'asse di rotazione è $I = 2\ MR^2/2 + MR^2/8 = 9R^2/8 = 1.13\ 10^{-2}$ kg m^2 (1)

Le equazioni cardinali per il moto rotatorio e traslatorio del sistema sono:

$$RF_s + \frac{R}{2}F = \frac{9}{8}MR^2\alpha = \frac{9}{8}MRa \qquad \Rightarrow \qquad F_s + \frac{1}{2}F = \frac{9}{8}Ma \qquad (2)$$

$$F - F_s = 3Ma \qquad (3)$$

dove F_s indica la forza totale di attrito statico sulle due ruote nel verso opposto all'asse x. Risolvendo il sistema (2) e (3) si trova $a = \dfrac{4F}{11M} = 3.64$ m/s^2 e $F_s = -\dfrac{F}{11} \approx -0.91$ N (4)

1.2 - Perché le ruote non scivolino, il modulo della forza di attrito statico $|F_s| = F/11$ in eq. (4) non deve superare il massimo valore consentito che è $F_{max} = \mu\ 3Mg$. Dunque, dopo un semplice passaggio, si trova $F \le 33\mu Mg = 162$ N (5)

Soluzione Esercizio 2. **2.1**- La costante α ha dimensioni $[\alpha] = m/s^3$. L'auto 1 compie un moto uniformemente accelerato e lo spazio percorso è: $x_1(t) = a_1t^2/2 = 0.1\ t^2$ (1)

Per l'auto 2 si ottiene:

$$v_2(t) = \int_0^t a_2(t)dt = \int_0^t \alpha t dt = \alpha\frac{t^2}{2} \qquad \Rightarrow \qquad x_2(t) = \int_0^t v_2(t)dt = \int_0^t \alpha\frac{t^2}{2}dt = \alpha\frac{t^3}{6} \qquad (2)$$

Le auto si urtano allo stesso istante t quando $x_1(t) = d$ e $x_2(t) = d$. Imponendo queste due condizioni si ottiene un sistema di due equazioni nelle incognite t ed α la cui soluzione è

$$t = \sqrt{10d} = 100 \text{ s} \qquad e \qquad \alpha = \frac{6}{10\sqrt{10d}} = 6\ 10^{-3} \qquad (3)$$

2.2 – Le velocità delle auto subito prima dell'urto che avviene al tempo t di eq.(3) sono:

$v_1(t)$)= 0.2 t = 20 m/s e $v_2(t) = \alpha t^2/2 = 30$ m/s (4)

Nell'urto si conserva la quantità di moto e le velocità finali delle auto sono uguali. Ne consegue che, essendo le masse delle auto uguali, vale l'uguaglianza <u>vettoriale</u>: $\boldsymbol{V} = (\boldsymbol{v}_1 + \boldsymbol{v}_2)/2$. Poiché $\boldsymbol{v}_1$ e $\boldsymbol{v}_2$ sono vettori perpendicolari, il modulo di $\boldsymbol{V}$ è $V = \dfrac{1}{2}\sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 18.0$ m/s (5)

Soluzione Esercizio 3 - 3.1 – Il lavoro fatto dal gas è negativo e, quindi, il ciclo funziona come pompa di calore. Il calore totale assorbito dal gas nel ciclo è uguale al lavoro ed è pari a

$Q = L = -\ p_0\ 2V_0 = -\ 200$ J (1)

3.2 – La trasformazione è rappresentata da una linea continua. Dunque il gas passa attraverso stati di equilibrio ben definiti e, quindi, la trasformazione è reversibile. L'energia termica è pari a:

$$E = \frac{5}{2}nRT = \frac{5}{2}pV \qquad (2)$$

Dunque, l'energia è minima nel punto in cui è minimo il prodotto $p\ V$, cioè nel punto A. dunque

$$E_{min} = \frac{5}{2}p_0V_0 = 250 \text{ J} \qquad (3)$$

Il luogo dei punti in cui la temperatura ha lo stesso valore che in D è la curva isoterma passante per D dove il prodotto pV resta costante ed uguale a $2p_0V_0$. Dalla figura si capisce immediatamente che l'isoterma intercetta il ciclo in un punto X sul segmento AB dove $p = p_0$. Il corrispondente volume V associato con tale punto si ottiene imponendo l'uguaglianza $p_0V = 2p_0V_0$ da cui si ricava $V = 2V_0$. Dunque, le coordinate del punto cercato sono $X = (p_0, 2V_0)$= (10^5 pa, 2 10^{-3} m^3).

Soluzione Esercizio 4 - 4.1 : Il campo elettrico generato dalle cariche 1 e 2 sulla carica 3 è diretto lungo l'asse y nel verso positivo ed ha componente y pari a

$$E_y = 2\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 L^2}\cos 30° = 1.56\ 10^6 \text{ V/m} \qquad (1)$$

Conseguentemente l’accelerazione della carica 3 è lungo l’asse y nel verso positivo ed è pari a

$$a = \frac{qE_y}{m} = \frac{q^2}{2\pi\varepsilon_0 L^2 m}\cos 30° = 1.56\ 10^3\ \text{m/s}^2 \qquad (2)$$

Il potenziale al centro del triangolo è la somma dei tre potenziali identici generati da ciascuna carica e, quindi: $V = 3\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} = 3\frac{\sqrt{3}q}{4\pi\varepsilon_0 L} = 4{,}67\ 10^5$ V (3)

4.2 – Si conserva l’energia meccanica. La massima velocità viene raggiunta quando le cariche si trovano a distanza infinita dove l’energia di configurazione è nulla. Applicando la conservazione dell’energia e tenendo conto che, per simmetria, le cariche hanno la stessa velocità v si trova:

$$3\frac{1}{2}mv^2 = U_{conf} \qquad (4)$$

dove U_{conf} è l’energia di configurazione iniziale che è data da

$$U_{conf} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{3} q_i V_i = 3\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L} = 2.69\ 10^{-1}\ \text{J} \qquad (5)$$

Sostituendo nella (4) si trova: $v = \frac{q}{\sqrt{2\pi\varepsilon_0 Lm}} = 13.4$ m/s (6)

Soluzione Esercizio 5 – 5.1 – Applichiamo il Teorema di Bernulli fra la superficie libera e il punto all’uscita del foro tenendo conto che la velocità sul pelo libero è trascurabile essendo la sezione del cilindro molto maggiore dell’area del foro: $p_0 + \rho v^2/2 + \rho g\frac{h}{2} = p_0 + \rho gh$ (1)

Dalla (1) si deduce: $v = \sqrt{gh} = 0.99$ m/s (2)

La massa di acqua che esce nel tempo T è $M = A\ v\ \rho\ T = 0.99\ 10^{-2}$ kg = 9.9 g. (3)

5.2- Poiché è uscito un volume di acqua pari a $\Delta V = A\ v\ \ T = 0.99\ 10^{-5}\ \text{m}^3$, il livello di acqua si deve essere abbassato di $\Delta h = \frac{\Delta V}{\pi r^2} = 3.15\ 10^{-4}$ m = 0.315 mm (4)

Soluzione Esercizio 6 - 6.1 I campi prodotti dai due fili nei punti considerati sono diretti lungo l’asse z e, quindi, le componenti x ed y sono nulle. In P e Q le componenti z dei campi sono

$$B(P) = -\frac{\mu_0 i}{\pi d} - \frac{\mu_0 i}{\pi d} = -\frac{2\mu_0 i}{\pi d} = -8\ 10^{-6}\ \text{T} \quad \text{e} \quad B(Q) = +\frac{\mu_0 i}{\pi d} - \frac{\mu_0 i}{3\pi d} = \frac{2\mu_0 i}{3\pi d} = 2.67\ 10^{-6}\ \text{T} \qquad (1)$$

6.2- Il campo magnetico nella regione compresa fra i fili è diretto lungo z e la componente z dipende dalla coordinata y secondo la legge: $B(y) = -\frac{\mu_0 i}{2\pi\left(\frac{d}{2}+y\right)} - \frac{\mu_0 i}{2\pi\left(\frac{d}{2}-y\right)}$ (2)

Il flusso del campo attraverso la spira, scegliendo la normale alla spira entrante nel piano di figura, è:

$$\Phi = \frac{d}{2}\int_{-d/4}^{d/4} B\,dy = \frac{d}{2}\int_{-d/4}^{d/4}\left[\frac{\mu_0 i}{2\pi\left(\frac{d}{2}+y\right)} + \frac{\mu_0 i}{2\pi\left(\frac{d}{2}-y\right)}\right]dy = \frac{\mu_0 i d}{2\pi}\ln 3 \approx 2.2\ 10^{-8}\ \text{T m}^2 \qquad (3)$$