FACOLTA' DI INGEGNERIA
Corso di laurea in ingegneria elettrica e ingegneria meccanica

Anno Accademico 2009-2010
Prova scritta dell'esame di Fisica I (6/9 CFU) - 17 giugno 2010

Risolvete i seguenti esercizi formulando la soluzione dapprima in termini analitici, quindi in termini numerici.

1. Un punto materiale viene lanciato verso l'alto dal suolo lunare con una velocità $v = 30\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Determinare a quale altezza arriverà. (Massa della Luna $M_L = 7.36 \times 10^{22}\,\mathrm{kg}$, diametro della Luna $d_L = 3476\,\mathrm{km}$.)

2. Un pendolo semplice costituito da una massa puntiforme $m = 102\,\mathrm{g}$ sospesa a un filo inestensibile e privo di massa lungo $L = 1\,\mathrm{m}$, oscilla in un piano verticale. Nell'ipotesi di porsi in un sistema di riferimento inerziale, determinare la differenza di tensione esistente nel filo tra il punto più basso e quello più alto della traiettoria sapendo che l'energia cinetica massima della massa vale $T_M = 0.134\,\mathrm{J}$.

3. **NOTA: Questo esercizio è solo per coloro che devono sostenere l'esame di Fisica I da 9 crediti**
Una nave da carico, navigando, passa dall'acqua di mare (densità $\rho_M = 1.03\,\mathrm{g/cm^3}$) a quella di un lago e, pertanto, aumenta leggermente la parte immersa. Quando viene scaricato il carico di massa $M_C = 10^5\,\mathrm{kg}$, essa ritorna al livello che aveva sul mare. Determinare la massa della nave.

4. Due moli di gas perfetto monoatomico vengono compresse secondo la politropica reversibile $PV^k =$ cost. facendo sul gas un lavoro di 1000 J. Determinare il coefficiente della politropica k sapendo, che a causa della compressione, la temperatura del gas passa da $T_0 = 400\,\mathrm{K}$ a $2T_0$.

5. Una massa d'acqua $m_A = 20\,\mathrm{kg}$ (da non considerarsi come sorgente termica) alla temperatura $t_0 = 20\,^\circ\mathrm{C}$ viene messa a contatto termico con una sorgente termica avente temperatura $t_S = 100\,^\circ\mathrm{C}$ per un tempo sufficiente a far assorbire all'acqua una quantità di calore $Q = 10\,\mathrm{kcal}$. Determinare la variazione di entropia e l'integrale di Clausius per l'acqua, per la sorgente termica e per il sistema acqua+sorgente termica.

Rispondete concisamente e con precisione alle seguenti domande.

1. Ricavare la seconda equazione della dinamica dei sistemi di punti materiali nell'ipotesi che il polo O, rispetto al quale vengono calcolati i momenti delle forze, sia in movimento.

2. Dimostrare l'equivalenza dei due enunciati del secondo principio della termodinamica secondo Clausius e secondo Kelvin

SOLUZIONI DELLA PROVA SCRITTA DELL'ESAME DI FISICA I DEL 17/06/10
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA E INGEGNERIA MECCANICA

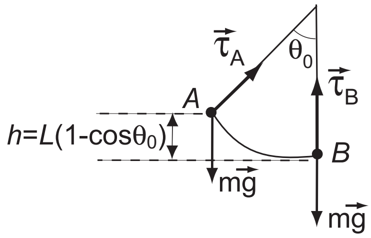
Esercizio N. 1

Il moto del punto è uniformemente decelerato, con accelerazione pari all'accelerazione di gravità lunare g_L che, per la legge di attrazione gravitazionale, sarà data da:

$$mg_L = G\frac{M_L m}{(d_L/2)^2} \quad \Rightarrow \quad g_L = G\frac{M_L}{(d_L/2)^2} \simeq 1.6\,\mathrm{m{\cdot}s^{-2}}$$

$$h = \frac{v^2}{2g_L} = 281\,\mathrm{m}.$$

Esercizio N. 2



La seconda equazione della dinamica applicata alla massa m applicata nelle posizioni A (punto di inversione del moto) e B (punto inferiore della traiettoria), proiettata lungo il filo si scrive:

$$\tau_A - mg\cos\theta_0 = 0 \quad \Rightarrow \quad \tau_A = mg\cos\theta_0$$

$$\tau_B - mg = \frac{mv_B^2}{L} \quad \Rightarrow \quad \tau_B = mg + \frac{mv_B^2}{L}$$

Poichè $T_M = T_B$ si ha:

$$mgh = mgL(1-\cos\theta_0) = \frac{1}{2}mv_B^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{mv_B^2}{L} = 2mg(1-\cos\theta_0) \quad \Rightarrow \quad \cos\theta_0 = 1-\frac{T_M}{mgl} = \pi/6.$$

Si può quindi scrivere:

$$\tau_B = mg[1 + 2(1-\cos\theta_0)] \quad \Rightarrow \quad \tau_B - \tau_A = 3mg(1-\cos\theta_0) = 0.4\,\mathrm{N}.$$

Esercizio N. 3

Indicando con M_N la massa della nave, con V_I il volume immerso e con ρ_L la densità dell'acqua del lago ($1\,\mathrm{g{\cdot}cm^{-3}}$)

$$\text{Nell'acqua del mare:} \quad \rho_M V_I g = (M_N + M_C)g \qquad 1)$$

$$\text{Nell'acqua del lago:} \quad \rho_L V_I g = M_N g \quad \Longrightarrow \quad V_I = \frac{M_N}{\rho_L}$$

Sostituendo il valore di V_I nella 1) si ha:

$$M_N = M_L\left(\frac{\rho_M}{\rho_L} - 1\right)^{-1} = 3.33 \times 10^6\,\mathrm{kg}.$$

Esercizio N. 4

$$Q - L = \Delta U \quad \Longrightarrow \quad nc_k(2T_0 - T_0) = L + nc_V(2T_0 - T_0) \quad \Longrightarrow \quad c_k = \frac{L + nc_V T_0}{nT_0} = 11.215\,\mathrm{J/molK}$$

Poichè

$$c_k = c_V + \frac{R}{1-k} \quad \Longrightarrow \quad k = 1 - \frac{R}{c_k - c_V} = 7.65$$

Esercizio N. 5

La temperatura finale del gas sarà:

$$T_F = T_0 + \frac{Q}{cm} = 293.5\,\mathrm{K}.$$

$$\Delta S_S = \frac{-Q}{T_S} = -112.22\,\mathrm{J/K}$$

$$\Delta S_A = \int_{T_0}^{T_F} \frac{dQ_A}{T} = \int_{T_0}^{T_F} \frac{cmdT}{T} = cm \ln \frac{T_F}{T_0} = 142.74\,\mathrm{J/K}.$$

$$\Delta S_A + \Delta S_S = 30.5\,\mathrm{J/K}.$$

L'integrale di Clausius vale $\int dQ/T$ essendo T la temperatura *corpo* con il quale il sistema scambia la quantità di calore dQ; pertanto:

$$I_A = \frac{Q}{T_S} = 112.22\,\mathrm{J/K}$$

$$I_S = \int \frac{dQ_S}{T} = \int \frac{-dQ_A}{T} = \int_{T_0}^{T_F} \frac{-cmdT}{T} = -142.74\,\mathrm{J/K}.$$

$$I_A + I_S = -30.5\,\mathrm{J/K}.$$

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

FACOLTA' DI INGEGNERIA
Corso di laurea in ingegneria elettrica

Anno Accademico 2009-2010
Prova scritta dell'esame di Fisica (10 CFU) - 17 giugno 2010

Risolvete i seguenti esercizi formulando la soluzione dapprima in termini analitici, quindi in termini numerici.

1. Un punto materiale viene lanciato verso l'alto dal suolo lunare con una velocità $v = 30\,\mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$. Determinare a quale altezza arriverà. (Massa della Luna $M_L = 7.36 \times 10^{22}\,\mathrm{kg}$, diametro della Luna $d_L = 3476\,\mathrm{km}$.)

2. Due fili rettilinei indefiniti sono paralleli tra loro e distano $L = 10\,\mathrm{cm}$. I fili sono percorsi da due correnti discordi e di uguale intensità i. Il valore del campo di induzione magnetica generato dalle correnti in un generico punto P distante $2L$ dai fili è pari a $B = 7 \times 10^{-6}\,\mathrm{T}$ in modulo. Si determini il valore di i.

3. Su un tubo metallico di spessore trascurabile, di raggio $R = 5\,\mathrm{cm}$ e lunghezza $L \gg R$, è distribuita una carica elettrica con densita areica uniforme $\sigma = 4 \times 10^{-5}\,\mathrm{C/m^2}$. Dopo avere posto in rotazione il tubo attorno al suo asse con accelerazione angolare costante, si constata che lungo una spira circolare coassiale di raggio $r = R/2$ si genera una debole forza elettromotrice indotta pari a $10^{-13}\,\mathrm{V}$. Si determini il valore dell'accelerazione angolare.

Rispondete concisamente e con precisione alle seguenti domande.

1. Definite un sistema di riferimento inerziale.
2. Dimostrate il teorema del lavoro e dell'energia cinetica.
3. Ricavate l'espressione del campo di induzione magnetica B all'interno di un solenoide indefinito, applicando la legge della circuitazione di Ampère.

SOLUZIONI DELLA PROVA SCRITTA DELL'ESAME DI FISICA (10 CFU) DEL 17/06/2010
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA

Esercizio N. 1

Il moto del punto è uniformemente decelerato, con accelerazione pari all'accelerazione di gravità lunare g_L che, per la legge di attrazione gravitazionale, sarà data da:

$$mg_L = G\frac{M_L m}{(d_L/2)^2} \quad \Rightarrow \quad g_L = G\frac{M_L}{(d_L/2)^2} \simeq 1.6\,\mathrm{m{\cdot}s^{-2}}$$

$$h = \frac{v^2}{2g_L} = 281\,\mathrm{m}.$$

Esercizio N. 2

Data la geometria del problema, il campo **B** generato dai due fili nel punto P giace nel piano ortogonale ai fili e passante per P. La componente di B parallela al piano individuato dai fili è nulla, mentre la componente ortogonale è pari a

$$B = 2\frac{\mu_0 i}{2\pi(2L)}\sin\alpha \qquad \text{con} \quad \frac{L}{2} = 2l\sin\alpha \quad \Rightarrow \quad i = \frac{8\pi LB}{\mu_0} = 14\,\mathrm{A}.$$

Esercizio N. 3

L'espressione della forza elettromotrice indotta è:

$$f = \oint Edl = -\frac{d}{dt}\int BA = -\pi\left(\frac{R}{2}\right)^2\frac{d}{dt}(\mu_0 j) = -\pi\left(\frac{R}{2}\right)^2\mu_0 R\sigma\frac{d\omega}{dt}$$

dove j è la densità per unità di lunghezza della corrente superficiale che corrisponde alla distribuzione di carica che si muove ruotando con il tubo: $j = v\sigma$, con $v = \omega R$. Pertanto, in valore assoluto:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{R\sigma}\frac{f}{\pi\mu_0\left(\frac{R}{2}\right)^2} = \frac{4f}{\pi\mu_0\sigma R^3} = 253\,\mathrm{s^{-2}}$$