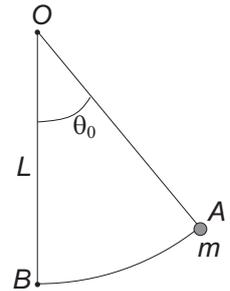


FACOLTÀ DI INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE
Corso di laurea in Ingegneria Clinica

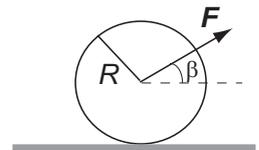
Anno Accademico 2021-2022
Prova scritta dell'esame di Fisica I - 9 giugno 2022

Risolvete, prima analiticamente poi numericamente, gli esercizi seguenti.

1. Un pendolo semplice è costituito da una massa puntiforme m sospesa a un punto fisso O mediante un filo inestensibile di massa trascurabile e lunghezza L . La massa viene rilasciata con velocità nulla e con il filo teso formante un angolo θ_0 rispetto alla verticale. Si dimostri che l'intensità della tensione del filo nel punto B ($\theta = 0^\circ$) è maggiore di quella nel punto A ($\theta = \theta_0$) di $3K_M/L$ essendo K_M l'energia cinetica massima posseduta dalla massa m nel suo moto.



2. Un disco omogeneo e isotropo di massa $m = 1$ kg viene trascinato con una forza di 10 N applicata come mostrato nella figura a lato. Assumendo che il disco rotoli su di un tavolo scabro senza strisciare, calcolare il coefficiente minimo di attrito statico perché si abbia rotolamento senza strisciamento. (Angolo $\beta = 30^\circ$.)



3. Un compressore della potenza $P = 10^3$ W opera reversibilmente comprimendo l'aria da una pressione iniziale $p_I = 10^5$ Pa a una pressione finale $p_F = 10^6$ Pa. Qual è il volume d'aria che viene compresso in un'ora di funzionamento? (Si supponga l'aria un gas perfetto e la compressione isoterma.)
4. Una macchina termica lavora scambiando con tre sorgenti alle temperature $T_1 = 1000$ K, $T_2 = 400$ K e $T_3 = 300$ K le quantità di calore $Q_1 = 550$ cal, $Q_2 = 60$ cal e $Q_3 = -300$ cal. Calcolare la variazione di entropia della macchina e delle sorgenti ad ogni ciclo e il rendimento della macchina. Supponendo, inoltre, che Q_1 e Q_3 vengano scambiate reversibilmente trovare il massimo rendimento della macchina.

SOLUZIONI DELLA PROVA SCRITTA DELL'ESAME DI FISICA I DEL 09/06/2022
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CLINICA

Esercizio N. 1

Per la conservazione dell'energia meccanica tra i punti A e B si scrive:

$$mgL(1 - \cos \theta_0) = \frac{1}{2}mv_B^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{v_B^2}{L} = 2g(1 - \cos \theta_0).$$

Nel punto B è

$$T_B - mg = m\frac{v_B^2}{L} \quad \Rightarrow \quad T_B = mg + 2mg(1 - \cos \theta_0) \quad \Rightarrow \quad T_B = mg(3 - 2 \cos \theta_0);$$

mentre, poiché la massa parte con velocità iniziale nulla, è

$$T_A = mg \cos \theta_0.$$

Si ha quindi

$$T_B - T_A = 3mg(1 - \cos \theta_0).$$

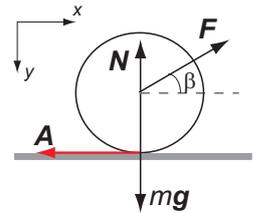
La massa m possiede energia cinetica massima nel punto B ; di conseguenza

$$\frac{3K_M}{L} = \frac{3}{L} \left(\frac{1}{2}mv_B^2 \right) = \frac{3}{2}m \left(\frac{v_B^2}{L} \right) = 3mg(1 - \cos \theta_0) = T_B - T_A.$$

Esercizio N. 2

La prima equazione cardinale della dinamica dei sistemi proiettata lungo l'asse x e y , e la seconda equazione cardinale della dinamica dei sistemi proiettata lungo l'asse z , si scrivono:

$$\begin{cases} x) & F \cos \beta - A = ma_c \\ y) & mg - F \sin \beta - N = 0 \quad \Rightarrow \quad N = mg - F \sin \beta \quad \Rightarrow \quad A \leq \mu_s(mg - F \sin \beta) \\ z) & AR = \frac{1}{2}mR^2\dot{\omega} \quad \Rightarrow \quad a_c = \frac{2A}{m} \quad (a_c = \dot{\omega}R \text{ per il moto di puro rotolamento}) \end{cases}$$



Conseguentemente, dalla componente lungo x della prima equazione cardinale si ricava:

$$F \cos \beta = 3A \quad \Rightarrow \quad A = \frac{F \cos \beta}{3} \leq \mu_s(mg - F \sin \beta) \quad \Rightarrow \quad \mu_s \geq \frac{F \cos \beta}{3(mg - F \sin \beta)} = 0,6.$$

Esercizio N. 3

Per il primo principio della termodinamica applicato al gas si ha:

$$Q = L = \int_I^F pdV = nRT \int_{V_I}^{V_F} \frac{dV}{V} = nRT \ln \frac{V_F}{V_I} < 0$$

essendo T la temperatura alla quale viene effettuata la compressione. L'isoterma della compressione richiede che

$$p_I V_I = p_F V_F \quad \Rightarrow \quad \frac{V_F}{V_I} = \frac{p_I}{p_F};$$

inoltre è

$$p_I V_I = nRT;$$

e quindi:

$$P\Delta t = \left| p_I V_I \ln \frac{p_I}{p_F} \right| \quad \Rightarrow \quad V_I = \frac{P\Delta t}{\left| p_I \ln \frac{p_I}{p_F} \right|} = 15,6 \text{ m}^3.$$

Esercizio N. 4

$$\Delta S_{\text{macchina}} = 0;$$

$$\Delta S_{\text{sorgenti}} = \sum_{i=1}^3 \frac{Q_i}{T_i} = -\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} + \frac{Q_3}{T_3} = 0,5 \text{ cal/K.}$$

Il rendimento della macchina è:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{\text{ced}}|}{|Q_{\text{ass}}|} = 1 - \frac{|Q_3|}{|Q_1 + Q_2|} = 0,51.$$

Il rendimento massimo della macchina si ha se essa opera reversibilmente; in tal caso verrà assorbita dalla sorgente alla temperatura T_2 una quantità di calore $Q'_2 > Q_2$; infatti

$$\Delta S_{\text{universo}} = 0 \quad \Rightarrow \quad -\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q'_2}{T_2} + \frac{Q_3}{T_3} = 0 \quad \Rightarrow \quad Q'_2 = T_2 \left(\frac{Q_3}{T_3} - \frac{Q_1}{T_1} \right) = 180 \text{ cal,}$$

con un rendimento massimo pari a

$$\eta' = 1 - \frac{|Q_3|}{|Q_1 + Q'_2|} = 0,59.$$