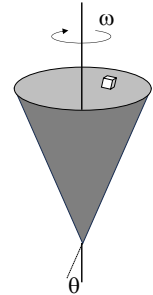
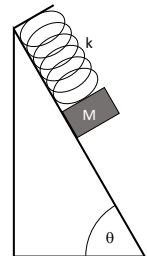


Ingegneria Civile e Ingegneria dell'Ambiente e del Territorio
APPELLO STRAORDINARIO 18 ottobre 2024 – prova scritta di Fisica 1

1) Un cubetto di ferro è appoggiato sulla superficie interna scabra di un cono che ruota attorno all'asse verticale con velocità angolare costante ω . Dato R la distanza tra il cubetto dall'asse di rotazione e θ la semiampiezza dell'angolo al vertice, si calcolino i valori del coefficiente di attrito statico per cui il cubetto non si muove rispetto alla superficie del cono.



2) Su un piano inclinato scabro ($\mu_d=0,366$), formante un angolo $\theta=60^\circ$ con l'orizzontale, è poggiato un corpo di massa $M=100\text{g}$. Tale corpo è agganciato ad una molla di costante elastica $k=20\text{ N/m}$, fissata ad un opportuno supporto all'estremità superiore del piano. Ad un certo istante il corpo inizia a scendere partendo da fermo e dalla posizione di riposo della molla. Calcolare il massimo allungamento della molla.



3) Una matita di lunghezza 15 cm , è appoggiata in posizione verticale su un piano orizzontale con attrito. Essa è inizialmente ferma, quando all'improvviso cade ruotando intorno al punto di contatto con il suolo. Calcolare velocità e accelerazione angolari nell'istante dell'impatto della matita con il piano.

4) Un gas perfetto monoatomico compie il seguente ciclo:

- una trasformazione adiabatica AB che raddoppia il volume;
- una trasformazione isobara BC che dimezza il volume;
- una trasformazione isocora CA che riporta il gas nello stato iniziale.

calcolare il rendimento del ciclo.

5) Un cubetto di ghiaccio di massa $m_g=15\text{ gr}$ e temperatura $T_g=0^\circ\text{C}$, viene posto in un bicchiere d'acqua, con pareti non adiabatiche, in equilibrio con l'ambiente esterno alla temperatura di $T_a=27^\circ\text{C}$. Il sistema viene fatto evolvere fino a quando non torna in equilibrio con l'esterno. Calcolare la variazione di entropia del cubetto di ghiaccio, dell'acqua, del bicchiere e dell'ambiente esterno. ($\lambda_g=80\text{ cal/g}$; $C_{H_2O}=1\text{ cal/(g C)}$).

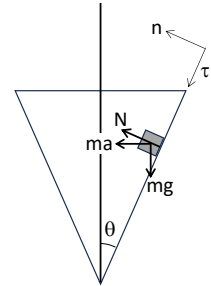


Ingegneria Civile e Ingegneria dell'Ambiente e del Territorio
appello straordinario del 18 ottobre 2024 – Soluzioni dello scritto di Fisica 1

1) Sul cubetto agiscono la forza peso, la reazione vincolare e l'attrito. Queste forze hanno come risultato il trascinarsi del cubetto:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{A}_s = m\vec{a}.$$

Scegliamo come assi quello tangenziale verticale \hat{t} (verso il basso) e quello ortogonale \hat{n} alla superficie del cono, come mostrato in figura. Poiché la rotazione angolare è costante, l'attrito avrà solo direzione lungo τ .



Scomponendo le forze si ottengono le seguenti equazioni:

$$\hat{n}: -mg \sin \theta + N = m\omega^2 R \cos \theta$$

$$\hat{t}: +mg \cos \theta + \mu N = m\omega^2 R \sin \theta$$

Dalla prima:

$$N = m(\omega^2 R \cos \theta + g \sin \theta)$$

che inserita nella seconda da:

$$\mu = \frac{\omega^2 R \sin \theta - g \cos \theta}{\omega^2 R \cos \theta + g \sin \theta}$$

Ovviamente questo è il valore minimo di μ , poiché $|A_s| \leq |\mu N|$, quindi:

$$\mu_d \geq \frac{|\omega^2 R \sin \theta - g \cos \theta|}{\omega^2 R \cos \theta + g \sin \theta}$$

2) Possiamo applicare il lavoro totale delle forze che deve essere uguale alla variazione dell'energia cinetica:

$$L_{totale} = \Delta T = 0$$

$$-\frac{1}{2}kl^2 + mgl \sin \theta - \mu_d mgl = 0 \quad \rightarrow \quad l[-kl + 2mg(\sin \theta - \mu_d)] = 0$$

escludendo la soluzione $l = 0$ si ottiene:

$$l = \frac{2mg(\sin \theta - \mu_d)}{k} \cong 5 \cdot 10^{-2} m$$

3a) Per calcolare la velocità di caduta possiamo applicare la conservazione dell'energia meccanica totale:

$$\Delta E = 0 \quad \rightarrow \quad mg \frac{l}{2} - \frac{1}{2}I\omega^2 = 0$$

dove

$$I = \frac{1}{3}ml^2$$

da cui

$$\omega = \sqrt{\frac{3g}{l}} \cong 14 \frac{rad}{s}$$

3b) Per calcolare l'accelerazione di caduta possiamo applicare la seconda equazione cardinale (rispetto al polo di rotazione). Nell'istante in cui la matita toccherà terra, la forza peso e il suo braccio saranno ortogonali, per cui:

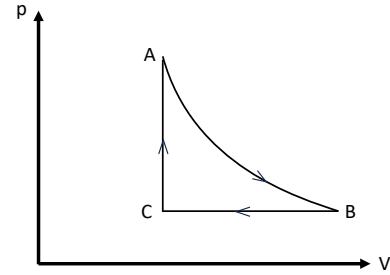
$$I\alpha = -mg \frac{l}{2} \quad \rightarrow \quad \alpha = -\frac{3g}{2l} = 98,1 \frac{rad}{s^2}$$

4)

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{ceduto}|}{Q_{assorbito}}$$

Calcoliamo i calori lungo le 3 trasformazioni:

$$\begin{aligned} Q_{AB} &= 0 \\ Q_{BC} &= nc_p(T_C - T_B) < 0 \rightarrow Q_{BC} = Q_{ceduto} \\ Q_{CA} &= nc_V(T_A - T_C) > 0 \rightarrow Q_{CA} = Q_{assorbito} \end{aligned}$$



$$\eta = 1 - \frac{nc_p(T_B - T_C)}{nc_V(T_A - T_C)} = 1 - \gamma \frac{\frac{T_B}{T_C} - 1}{\frac{T_A}{T_C} - 1}$$

$$T_C = \frac{p_C V_C}{nR} = \frac{p_B \frac{V_B}{2}}{nR} = \frac{1}{2} T_B \rightarrow \frac{T_B}{T_C} = 2$$

Per calcolare i rapporti delle temperature usiamo la politropica tra i punti A e C:

$$\begin{aligned} T_A V_A^{\gamma-1} &= T_B V_B^{\gamma-1} = T_B 2^{\gamma-1} V_A^{\gamma-1} \rightarrow \frac{T_A}{T_B} = \left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma-1} = 2^{\gamma-1} \\ \frac{T_A}{T_C} &= \frac{T_A}{T_B} \cdot \frac{T_B}{T_C} = 2^{\gamma-1} \cdot 2 = 2^\gamma \end{aligned}$$

Quindi il rendimento vale:

$$\eta = 1 - \gamma \frac{\frac{T_B}{T_C} - 1}{\frac{T_A}{T_C} - 1} = 1 - \gamma \frac{2 - 1}{2^\gamma - 1} = 0,233$$

5) Il bicchiere e l'acqua si raffreddano dalla temperatura ambiente T_a a causa del ghiaccio e poi si riscaldano tornando esattamente alla temperatura T_a . La loro variazione di entropia è nulla:

$$\Delta S_{bicchiere} = \Delta S_{acqua} = 0$$

La variazione di entropia del ghiaccio si compone di due termini, uno legato allo scioglimento (alla temperatura costante di 0°C) ed uno al riscaldamento fino alla temperatura T_a :

$$\Delta S_{ghiaccio} = \frac{m\lambda_g}{T_g} + mc_{H_2O} \int_{T_g}^{T_a} \frac{dT}{T} = \frac{m\lambda_g}{T_g} + mc_{H_2O} \ln\left(\frac{T_a}{T_g}\right) = 5,8 \frac{\text{cal}}{\text{K}}$$

La variazione di entropia dell'ambiente risente del calore acquistato dal ghiaccio per arrivare alla temperatura finale:

$$\Delta S_a = - \frac{m\lambda_g + mc_{H_2O}(T_a - T_g)}{T_a} = -5,3 \frac{\text{cal}}{\text{K}}$$