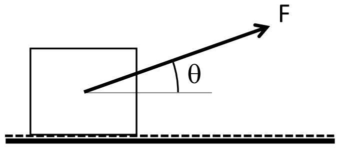
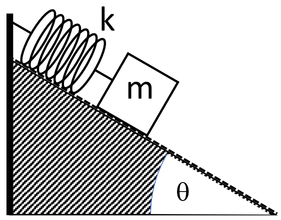
Ingegneria Civile e Ingegneria dell'Ambiente e del Territorio
16 giugno 2023 – prova scritta di Fisica 1

1) Un baule di massa m dev'essere trascinato su un piano scabro (μ_d=0,36). Il baule è tirato da una forza esterna F che è applicata nella direzione θ rispetto all'orizzontale. Nel caso di partenza da fermo, calcolare per quale valore dell'angolo θ la massa viene trascinata più velocemente.



2) Su un piano inclinato scabro (μ_d=0,34), formante un angolo θ=60° con l'orizzontale, è appoggiato un corpo di massa m=500 g. Tale corpo è agganciato all'estremità di una molla di costante elastica k=10 N/m; l'altra estremità è bloccata in alto al piano inclinato. Lasciando andare il corpo da fermo quando la molla è ancora a riposo, calcolare il massimo allungamento subito dalla molla. (si trascuri l'attrito statico).



3) Un pilastro lungo 10 metri e appoggiato al suolo in posizione verticale su un piano con attrito. Poiché in equilibrio instabile, il pilastro cade di lato, ruotando sul punto di contatto con il pavimento che rimane fermo. determinare con quale velocità e accelerazione angolari impatta con il suolo.

4) In un recipiente adiabatico di capacità termica trascurabile sono contenuti 80 g di acqua $\left(c_a = 4187\frac{J}{kg\ K}\right)$ alla temperatura di 20°C. Ad un certo istante vengono introdotti nel recipiente 200g di piombo $\left(c_{Pb} = 129\frac{J}{kg\ K}\right)$ alla temperatura di 150°C. Si calcoli la variazione di entropia del sistema acqua-piombo una volta raggiunto l'equilibrio.

5) Un gas perfetto monoatomico compie il seguente ciclo termodinamico reversibile:

- AB isoterma che raddoppia il volume
- BC isobara che dimezza il volume
- CA isocora che riporta il gas nello stato iniziale.

Disegnare il ciclo nel piano pV e calcolarne il rendimento.

Ingegneria Civile e Ingegneria dell'Ambiente e del Territorio
16 giugno 2023– Soluzioni dello scritto di Fisica 1

1) La massa viene trascinata più velocemente se la componente x dell'accelerazione è massima. Ricaviamo l'accelerazione dal bilancio delle forze:

$$m\vec{a} = \vec{P} + \vec{R} + \vec{F} + \vec{A}$$

scomponiamo in x e y:

$$ma_x = ma = F\cos\theta - \mu R$$
$$ma_y = 0 = F\sin\theta + R - mg$$

da cui

$$a = a_x = F\cos\theta - \mu(mg - F\sin\theta)$$

condizione di accelerazione massima:

$$\frac{da}{d\theta} = 0 = -F\sin\theta + \mu F\cos\theta$$

da cui

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta = \mu \quad \rightarrow \quad \theta = \operatorname{atan}\mu \cong 20°$$

2) Possiamo utilizzare il teorema del lavoro e dell'energia cinetica:

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

(la variazione dell'energia cinetica è uguale a zero perché la massa parte da ferma e arriva ferma).

$$L_{peso} = \Delta U = mgh = mgx\sin\theta$$

dove x è l'elongazione della molla.

$$L_{attrito} = -\mu_d mg\cos\theta\, x$$
$$L_{f\ elastica} = \Delta U = -\frac{1}{2}kx^2$$

da cui:

$$x\left[mg(\sin\theta - \mu_d\cos\theta) - \frac{1}{2}kx\right] = 0$$

Si scarta la soluzione x=0 pertanto:

$$x = \frac{2mg(\sin\theta - \mu_d\cos\theta)}{k} = 0{,}68\ m = 68\ cm$$

3a) Utilizzando il bilancio dell'energia:

$$U_{in} = mg\frac{l}{2} = T_{fin} = \frac{1}{2}I\omega^2$$

dove

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

da cui

$$\omega = \sqrt{\frac{3g}{l}} \cong 1{,}7\frac{rad}{s}$$

3b) Applichiamo la seconda equazione cardinale (rispetto al polo di rotazione) nell'istante di impatto con il suolo:

$$I\Omega = mg\frac{l}{2}$$

da cui

$$\Omega = \frac{3g}{2l} \cong 1{,}5\frac{rad}{s^2}$$

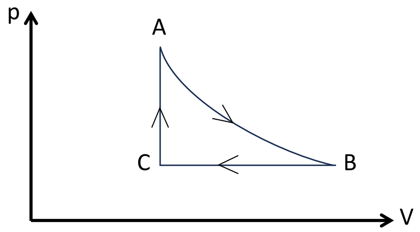
4) La temperatura di equilibrio si calcola sapendo che, essendo il recipiente adiabatico, il calore è scambiato soltanto tra i due corpi e non con l'esterno:

$$m_a c_a(T_e - T_a) + m_{Pb}c_{Pb}(T_e - T_{Pb}) = 0$$

$$T_e = \frac{m_a c_a T_a + m_{Pb}c_{Pb}T_{Pb}}{m_a c_a + m_{Pb}c_{Pb}} = 28{,}5°C$$

$$\Delta S = \int_{T_a}^{T_e} m_a c_a \frac{dT}{T} + \int_{T_{Pb}}^{T_e} m_{Pb}c_{Pb}\frac{dT}{T} = m_a c_a \ln\frac{T_e}{T_a} + m_{Pb}c_{Pb}\ln\frac{T_e}{T_{Pb}} \cong 0{,}85\frac{J}{K}$$

5)



Calcoliamo i calori scambiati nelle diverse trasformazioni:

$$Q_{AB} = L_{AB} = \int_{V_A}^{2V_A} nRT_A\frac{dV}{V} = nRT_A\ln 2 > 0$$

$$Q_{BC} = n\,c_p(T_C - T_B) = n\,c_p(T_C - T_A) < 0$$

$$Q_{CA} = n\,c_V(T_A - T_C) > 0$$

Calcoliamo la temperatura del punto C dall'equazione di stato dei gas perfetti:

$$p_C V_C = p_B V_A = nRT_C$$

Però non conosciamo la pressione p_B che può essere calcolata dallo stato B:

$$p_B V_B = p_B 2V_A = nRT_B = nRT_A$$

da cui:

$$p_B = \frac{nRT_A}{2V_A}$$

Sostituendo si ricava la temperatura di C:

$$p_B V_A = \frac{nRT_A}{2V_A}V_A = nRT_C \quad \rightarrow \quad T_C = \frac{T_A}{2}$$

Il rendimento del ciclo vale:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{ceduto}|}{Q_{assorbito}} = 1 - \frac{|Q_{BC}|}{Q_{AB} + Q_{CA}} =$$

$$= 1 - \frac{n\,c_p\left(T_A - \frac{1}{2}T_A\right)}{nRT_A\ln 2 + n\,c_V\left(T_A - \frac{1}{2}T_A\right)} = 1 - \frac{5}{4\cdot\ln 2 + 3} = 0{,}134$$