POLITECNICO DI TORINO
DIPLOMI UNIVERSITARI TELEDIDATTICI

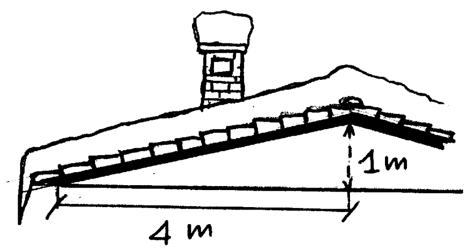
Esame di Fisica I

Gennaio 1999 - 2ª sessione

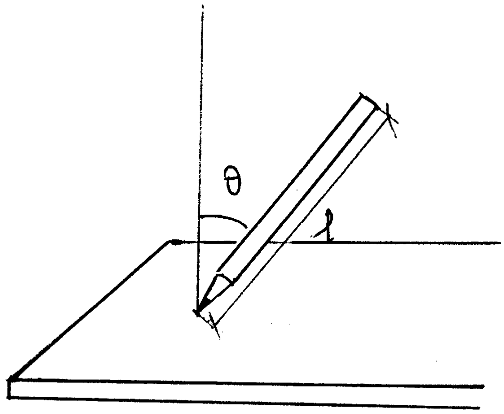
1. Una terapia estrema per l'alta pressione sanguigna sarebbe vivere sott'acqua. Calcolare quale spessore di acqua potrebbe compensare una pressione di 40 mm Hg più alta della norma.

2. Calcolare quale potenza deve avere uno scaldabagno perché il tempo di attesa per l'acqua calda (stimare la quantità e l'aumento di temperatura) sia di 10 minuti.

3. Durante la notte la neve scivola dal tetto, forse per la formazione di ghiaccio sulla superficie di contatto. Usando un modello di piano inclinato, valutare il coefficiente di attrito tetto-ghiaccio-neve.



4. Una matita di lunghezza l viene appoggiata sulla punta e lasciata cadere. Valutare l'accelerazione lineare media (valore medio di $\sin\theta \approx 0.5$) dell'altra estremità. Il momento d'inerzia della matita per questo tipo di rotazione è $(1/3)ml^2$.



5. Un'auto giocattolo telecomandata parte da ferma, e dopo 3 secondi la sua velocità è pari a 1.5 m/s. Valutare la potenza media dissipata per attrito, supponendo che la potenza fornita dal motore sia costante e uguale a 1 W, e stimando la massa dell'auto.

Soluzioni

Problema n. 1

Si usi il fatto che in un qualunque fluido pesante la pressione varia con la profondità, secondo la legge:

$$p(h) = p(0) + \mu \cdot g \cdot h$$

dove:

μ è la massa volumica del fluido

h è la profondità

p(0) è la pressione alla superficie del liquido

Nel caso in esame p(0) è la pressione atmosferica, cioè $p(0)= p_{atm}$.

Il problema richiede di calcolare a quale profondità la pressione dell'acqua compensa un eccesso di pressione sanguigna Δp_s = 40 mmHg. In altre parole, si deve determinare il valore di h tale che

$$\mu \cdot g \cdot h = \Delta p_s$$

Per effettuare il calcolo è opportuno convertire i mmHg in Pascal. Per tale conversione è sufficiente ricordare che la pressione atmosferica è:

$$p_{atm} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$$

Quindi la semplice proporzione:

$$760 \text{ mmHg} : 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 40 \text{ mmHg} : x$$

permette di ricavare che

$$\Delta p_s \approx 5.3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Pertanto

$$h = \frac{\Delta p_s}{\mu g} = \frac{5.3 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-2}}{10^3 \text{ kg m}^{-3} \cdot 9.8 \text{ m s}^{-2}} \approx 0.54 \text{ m}$$

Problema n. 2

Le grandezze da stimare sono il volume di acqua contenuto nello scaldabagno e l'aumento di temperatura dell'acqua. Si può ragionevolmente porre:

$$V = 100 \text{ litri} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\Delta T = 40°\text{C} = 40 \text{ K}$$

La potenza necessaria per far sì che tale aumento di temperatura avvenga in 10 minuti è data da:

$$P = Q / \Delta t$$

dove Q è l'energia che occorre fornire alla massa di acqua per scaldarla di 40 K, e Δt è l'intervallo di tempo necessario per il processo. Chiamando c il calore specifico dell'acqua:

$$c = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g K}} = 4.186 \frac{\text{J}}{\text{g K}}$$

si ottiene che

$$Q = m\,c\,\Delta T = \mu\,V\,c\,\Delta T$$

dove μ è la massa volumica dell'acqua. Pertanto

$$Q = 10^3\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 100 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3 \cdot 4186\ \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 40\ \text{K} = 1.67 \cdot 10^7\ \text{J}$$

Se questo calore è fornito in un intervallo di tempo Δt = 10 min = 600 s, la potenza è

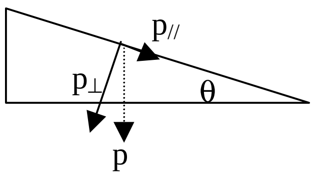
$$P = Q/\Delta t = 1.67 \cdot 10^7\ \text{J} / 600\ \text{s} \approx 27.9 \cdot \text{kW}$$

Problema n. 3

Il coefficiente di attrito che si vuole qui determinare è μ_s, ossia il coefficiente di attrito statico che lega il modulo della massima forza di attrito statico alla forza normale alla superficie.

Infatti, immediatamente prima che la neve cominci a scivolare sulla superficie del tetto, la componente della forza peso $p_{//}$ parallela allo spiovente (che trattiamo come un piano inclinato) è bilanciata dalla forza di attrito f_a :

$$p_{//} = f_a = \mu_s\, p_\perp$$



Detto θ l'angolo formato dallo spiovente con l'orizzontale, si ha che

$$p_{//} = p \cdot \sin\theta$$

$$p_\perp = p \cdot \cos\theta$$

e pertanto, ricavando μ_s dall'equazione precedente,

$$\mu_s = \text{tg}\ \theta = 0.25$$

avendo fatto uso delle misure delle lunghezze dei due cateti del triangolo rettangolo raffigurato.

Problema n. 4

Quando la matita è appoggiata sulla punta, il momento della forza peso, applicata al centro di massa (c.m.), rispetto alla punta (che è il polo) è dato da

$$M = |\mathbf{r}_{\mathbf{c.m.}} \wedge m\mathbf{g}| = m \cdot g \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin\theta$$

Dalla legge della dinamica scritta in forma angolare:

$$M = I \cdot \alpha$$

dove I è il momento d'inerzia ed α è l'accelerazione angolare. Usando l'espressione data dal problema per il momento d'inerzia, e uguagliando le due espressioni di M, si ottiene:

$$\frac{1}{3}\ m\boldsymbol{l}^2 \cdot \alpha = \frac{1}{2}\, m \cdot g \cdot \boldsymbol{l} \cdot \sin\theta$$

L'accelerazione lineare di un punto a distanza $\boldsymbol{l}$ dall'asse di rotazione è legata all'accelerazione angolare della matita tramite la relazione:

$$a = \alpha \cdot l$$

e pertanto si ottiene che

$$a = \frac{3}{2} g \cdot \sin\theta$$

Poiché a dipende dall'angolo tra la matita e la verticale, il suo valore cambia man mano che la matita cade. Si può valutarla in media calcolando il valore medio di $\sin\theta$. Esso è dato dal problema e vale 0.5, perciò

$$\langle a \rangle = \frac{3}{4} g$$

Problema n. 5

Poniamo:

P_m = potenza fornita dal motore = 1 W

t = 3 s

m = massa dell'auto ~ 0.5 kg

v = velocità dell'auto al tempo t = 1.5 m/s

Le forze orizzontali che agiscono sull'auto giocattolo sono: la forza $\mathbf{F}_m$ dovuta al motore, e la forza $\mathbf{f}_k$ dovuta all'attrito. Se non ci fosse attrito, tutto il lavoro fatto dal motore nei primi tre secondi diverrebbe energia cinetica dell'auto, cioè si potrebbe scrivere:

$$\Delta K = L_m \qquad \text{cioè} \qquad K_{finale} - K_{iniziale} = P_m \cdot t$$

avendo chiamato P_m la potenza fornita dal motore. Tuttavia, a causa della presenza della forza di attrito $\mathbf{f}_k$, la conservazione dell'energia meccanica non vale e occorre scrivere che

$$\Delta K + \Delta E_{interna} = L_m$$

perché una parte del lavoro compiuto dal motore si trasforma in energia interna delle ruote e del motore stesso (ed eventualmente del terreno).

Conviene riscrivere l'equazione precedente ponendo:

$$\Delta K = K_{finale} - K_{iniziale} = \frac{1}{2} m v^2$$

$$L_m = P_m \cdot t$$

$$\Delta E_{interna} = \overline{P}_{diss} \cdot t$$

Si noti che si è usata la potenza *media* dissipata dalle forze d'attrito, perché non è detto che durante il tempo t tale potenza sia costante. In conclusione si ottiene

$$\frac{1}{2} m v^2 + \overline{P}_{diss} \cdot t = P_m \cdot t$$

da cui

$$\overline{P}_{diss} = P_m - \frac{1}{2 \cdot t} m v^2 = 1\ \text{W} - \frac{1}{6\ \text{s}} \cdot 0.5\ \text{kg} \cdot (1.5)^2\ \text{m}^2\ \text{s}^{-2} = \quad 0.82\ \text{W}$$