

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
CdL in Fisioterapia – C.I. SCIENZE PROPEDEUTICHE E BASI DELLA
METODOLOGIA DELLA RICERCA – Modulo di FISICA MEDICA [050ME-9]
A.A. 2025/2026 Sessione Invernale – II Prova Scritta – 09.02.2026
Tempo a disposizione: 2 h

Cognome Nome

Istruzioni: I problemi vanno dapprima svolti per esteso nei fogli protocollo a quadretti. Successivamente, per ciascuna domanda, si richiede di riportare negli appositi spazi su questo foglio:
i) (ove possibile) la grandezza incognita richiesta espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date, e
ii) il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e le unità di misura appropriate

- 1) Il sincrotrone *Spring8* in Giappone fa viaggiare dei pacchetti di elettroni su una traiettoria circolare lunga $L = 1436$ m. Gli elettroni viaggiano ad una velocità costante in modulo, che è praticamente uguale alla velocità della luce $c = 3 \times 10^8$ m/s. Calcolare:

- a) Il periodo T impiegato dagli elettroni a percorrere l'orbita. [4 punti]

i) $T = \frac{L}{c}$ ii) $T = 4.8 \cdot 10^{-6} \text{ s}$

- b) L'accelerazione centripeta a_c a cui sono soggetti. [4 punti]

i) $a_c = \frac{c^2}{R} = \frac{2\pi c^2}{L}$ ii) $a_c = 3.9 \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2$

- 2) Un pianoforte di massa $M = 350$ kg scivola verso il basso per una distanza $d = 2.8$ m lungo un piano inclinato di $\theta = 20^\circ$ e viene mantenuto a velocità costante da un uomo che lo frena spingendo indietro parallelamente al piano inclinato, come in figura.



Trascurando l'attrito, calcolare:

- a) L'intensità F della forza esercitata dall'uomo [2 punti]

i) $F = Mg \sin \theta$ ii) $F = 1173 \text{ N}$

- b) Il lavoro L_u compiuto dall'uomo sul pianoforte [2 punti]

i) $L_u = -Mgd \sin \theta$ ii) $L_u = -3285 \text{ J}$

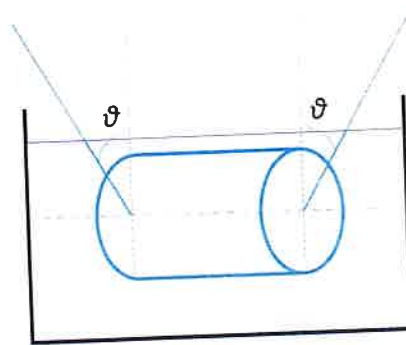
- c) Il lavoro L_g compiuto dalla forza di gravità sul pianoforte [2 punti]

i) $L_g = Mgd \sin \theta$ ii) $L_g = 3285 \text{ J}$

- d) Il lavoro totale L compiuto sul pianoforte [2 punti]

i) $L = L_u + L_g = \Delta K$ ii) $L = 0$

- 3) Un fusto di latta, con pareti molto sottili, ha una massa $m = 2.5 \text{ kg}$ (da vuoto) ed una capacità $V = 15 \text{ litri}$. Esso viene prima riempito d'acqua, poi chiuso ermeticamente ed infine completamente immerso, mediante due funi, disposte come in figura, in una vasca piena di olio ($\rho_o = 780 \text{ kg/m}^3$). Ciascuna fune forma un angolo $\theta = 30^\circ$ rispetto alla verticale. Calcolare:



- a) la spinta di Archimede S subita dal fusto [5 punti]

i) $S = \rho_o g V$

ii) $S = 115 \text{ N}$

- b) la tensione T che devono avere le funi per mantenere il fusto in equilibrio all'interno del liquido [3 punti]

i) $T = \frac{m + V(\rho - \rho_o)}{2 \cos \theta} g$

ii) $T = 33 \text{ N}$

- 4) Come mostrato in Figura A, due cariche di intensità $Q = +1,0 \text{ nC}$ e $2Q = +2,0 \text{ nC}$ sono disposte rispettivamente nell'origine dell'asse x e ad una distanza $l = 10 \text{ cm}$ dall'origine dell'asse x . Una terza carica di prova, con intensità $q = +0,1 \text{ nC}$, è disposta allineata alle prime due ad una distanza $L = 20 \text{ cm}$ dall'origine dell'asse.

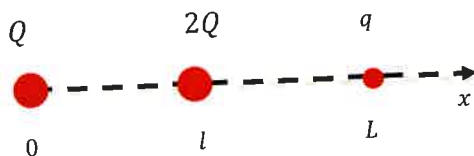


Figura A

$L = 2l$

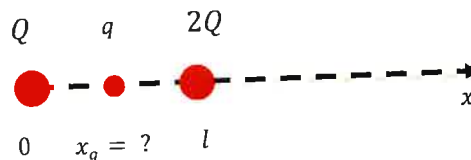


Figura B

Calcolare:

- a) La forza totale F esercitata sulla carica di prova q [3 punti]

i) $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{l^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q2Q}{(l-L)^2}$

ii) $F = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ N}$

- b) Il campo elettrico E nella posizione corrispondente alla carica di prova q [3 punti]

i) $E = \frac{F}{q}$

ii) $E = 2,0 \cdot 10^3 \text{ N/C}$

Successivamente, come mostrato in Figura B, la carica di prova q viene disposta tra le due cariche Q e $2Q$. Determinare:

- c) La posizione x_q tale per cui la risultante della forza agente sulla carica di prova è nulla: [2 punti]

i) $x_q = \text{tale che ...} = l(\sqrt{2}-1)$

ii) $x_q = 4,2 \text{ cm}$

$\frac{qQ}{x_q^2} = \frac{q2Q}{(l-x_q)^2}$

Prova scritta 09.02.2026

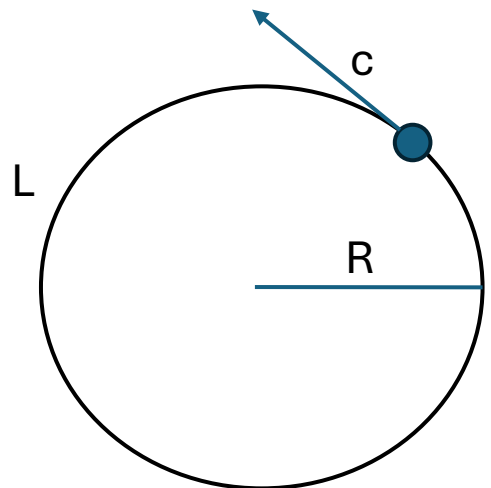
Soluzione

- Problema 1) (Spring8)
moto circolare uniforme

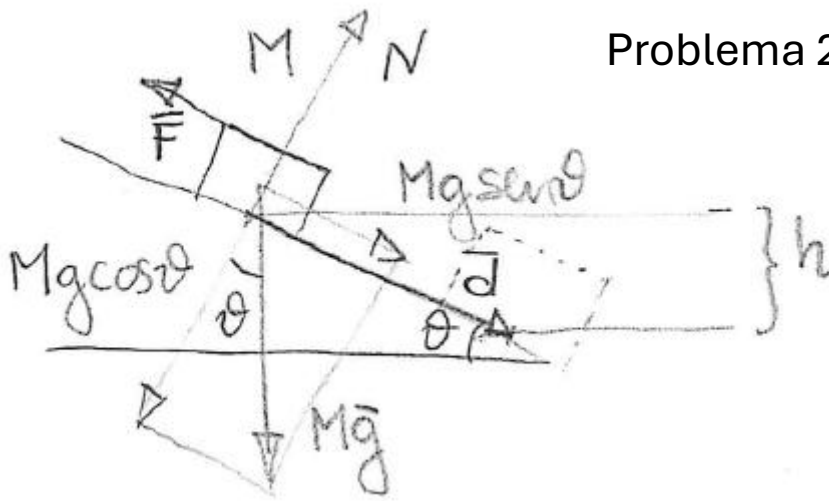
- $L = 2\pi R = 1436 \text{ m}$
- $v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

- $T = \frac{L}{c} = \frac{1436 \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 4.8 \times 10^{-6} \text{ s}$

- $a_c = \frac{c^2}{R} = \frac{2\pi c^2}{L} = \frac{2\pi(3 \times 10^8 \text{ m/s})^2}{1436 \text{ m}} = 3.9 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$



Problema 2) (The Piano Man)



$$M = 350 \text{ kg}$$

$$d = 2.8 \text{ m}$$

$$\theta = 20^\circ$$

Per prima cosa, conviene scomporre $M\vec{g}$ nelle componenti parallela ed ortogonale al piano inclinato, come in figura.

a) Poiché v è costante, deve essere $F = Mg \sin \theta$

$$F = \begin{cases} A & 350 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ ms}^{-2} \sin(20^\circ) = 1173 \text{ N} \\ B & \underline{320 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ ms}^{-2} \sin(25^\circ) = 1325 \text{ N}} \end{cases}$$

b) La forza $\vec{F}$ è antiparallela allo spostamento $\vec{d}$. Pertanto:

$$L_u = \vec{F} \cdot \vec{d} = -Fd = -Mgd \sin \theta$$

$$L_u = \begin{cases} A & -350 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ ms}^{-2} \cdot 2.8 \text{ m} \cdot \sin(20^\circ) = -3285 \text{ J} \\ B & \underline{-320 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ ms}^{-2} \cdot 2.8 \text{ m} \cdot \sin(25^\circ) = -3313 \text{ J}} \end{cases}$$

c) La forza di gravità compie un lavoro positivo, pari alla perdita di energia potenziale gravitazionale

$$L_g = -\Delta U_g = Mgh = Mgd \sin \theta = -L_u$$

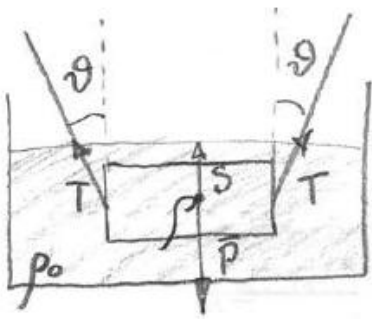
$$L_g = \begin{cases} A & 3285 \text{ J} \\ B & \underline{3313 \text{ J}} \end{cases}$$

d) Non ci sono altre forze che compiono lavoro, quindi

$$L = L_u + L_g = 0$$

Del resto, per il teorema dell'energia cinetica si poteva concludere sin dall'inizio che v cost $\Rightarrow \Delta K = 0$ e quindi $L = \Delta K = 0$

Problema 3)



$$m = 2,5 \text{ kg}$$

$$V = 15 \text{ l} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

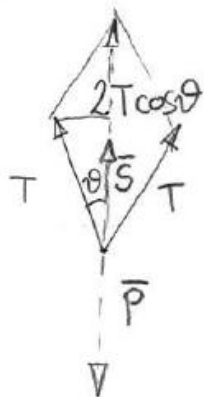
$$\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3 = 1,0 \text{ kg/l}$$

$$\rho_0 = 780 \text{ kg/m}^3 = 0,78 \text{ kg/l}$$

- a) $\vec{S}$ è verticale, diretta dal basso verso l'alto, e di modulo pari al peso del fluido spostato (in questo caso olio). Poiché le pareti sono "molto sottili", il fluido spostato ha volume V e peso:

$$S = \rho_0 g V = 0,78 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 15 \text{ l} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 115 \text{ N}$$

- b) Le due funi agiscono in modo simmetrico, pertanto T è la stessa e le componenti orizzontali si compensano. Le componenti verticali invece si sommano e devono bilanciare il peso $\vec{P}$ e la spinta $\vec{S}$:



$$S + 2T \cos \theta = P$$

$$\rho_0 g V + 2T \cos \theta = mg + \rho g V$$

$$2T \cos \theta = [m + V(\rho - \rho_0)] g$$

$$T = \frac{m + V(\rho - \rho_0)}{2 \cos \theta} g$$

Sostituendo i valori numerici:

$$T = \frac{2,5 \text{ kg} + 15 \text{ l} (1,0 - 0,78) \frac{\text{kg}}{\text{l}}}{2 \sqrt{3/2}} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} =$$

$$= \frac{2,5 \text{ kg} + 3,3 \text{ kg}}{\sqrt{3}} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 33 \text{ N}$$

Problema 4)

- a) La forza totale su q si trova applicando il principio della sovrapposizione delle forze, in cui la forza esercitata su q da ciascuna delle due cariche Q e $2Q$ è data dalla legge di Coulomb. Poiché tutte le cariche sono positive, le forze sono tutte dirette nella direzione del verso positivo dell'asse x

$$\begin{aligned} F = F_1 + F_2 &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{L^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q2Q}{(L-l)^2} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{L^2} + \frac{2}{(L-l)^2} \right] \\ &= \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{4l^2} + \frac{2}{l^2} \right] = 2,0 \times 10^{-7} N \end{aligned}$$

- b) Il campo elettrico è, per definizione:

$$E = \frac{F}{q} = 2,0 \times 10^3 \frac{N}{C}$$

- c) La posizione x_q si trova imponendo la condizione di equilibrio, ovvero che la somma delle forze esercitate dalle cariche Q e $2Q$ sia nulla. Dal disegno, si evince che la forza esercitata da Q sarà rivolta verso destra (positiva) mentre quella generata da $2Q$ sarà rivolta verso sinistra (negativa)

$$F_{tot} = 0 = F_1 - F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{x_q^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q2Q}{(l - x_q)^2}$$

Da cui

$$\begin{aligned} \frac{1}{x_q^2} &= \frac{2}{(l - x_q)^2} \rightarrow 2x_q^2 = l^2 + x_q^2 - 2lx_q \rightarrow x_q^2 + 2lx_q - l^2 = 0 \\ x_q &= -l + \sqrt{l^2 + l^2} = l(\sqrt{2} - 1) = 4,1 \text{ cm} \end{aligned}$$