Nome e Cognome ____ Matricola _____________ MED ___

Università degli Studi di Padova
Corso di laurea a ciclo unico in Medicina e Chirurgia
Esame di Fisica e Biofisica
Prova di accertamento di Fisica – 12 settembre 2022

- *Integrazione: domande da 7 a 12 e problemi n. 3 e n. 4*
- *Scrivere le formule utilizzate esplicitando i calcoli e giustificando sinteticamente il procedimento. La mancanza di uno o più di questi elementi comporta una penalizzazione nel punteggio attribuito.*
- *Svolgere i problemi nello spazio bianco sotto il testo.*

1. Un corpo percorre una circonferenza di raggio 1.5 m compiendo 30 giri in 1 minuto. L'accelerazione centripeta del corpo è

a. 0.375 m/s^2
b. 0.25 m/s^2
c. 4.7 m/s^2
d. 14.8 m/s^2

L'accelerazione centripeta è data da $a_N = \omega^2 R$ dove ω rappresenta la velocità angolare e R il raggio della circonferenza su cui avvien il moto. Il problema ci fornisce i dati per ricavare la frequenza f del moto e quindi la sua velocità angolare

$$f = \frac{30 \text{ giri}}{1 \text{ min}} = \frac{30 \text{ giri}}{60 \text{ s}} = 0.5 \frac{\text{giri}}{\text{s}} \rightarrow \omega = 2\pi f = \pi \ 1/\text{s}$$

si quindi

$$a_N = \omega^2 R = \pi^2 R = (3.14 \ 1/\text{s})^2 (1.5 \text{ m}) = 14.8 \ \text{m/s}^2$$

2. Un atleta, sviluppando una potenza di 75 W, produce in 1 minuto il lavoro

a. 45 kW
b. 4.5 kW
c. 450 J
d. 4.5 kJ

Ricordiamo che la potenza è definita come $P = \frac{W}{\Delta t} \rightarrow W = P \cdot \Delta t = (75 \text{ W})(60 \text{ s}) = 4500 \text{ J} = 4.5 \text{ kJ}$

3. Un tendine si allunga di 6 mm quando la forza applicata è di 1.5×10^{-3}N. Supponendo che sia valida la legge di Hooke, la forza di 1×10^{-3}N produrrà un allungamento di

a. 4 mm
b. 2 mm
c. 9 mm
d. 3.6 mm

La legge di Hooke definisce la forza elastica come $|F|_{el} = kx$ dove k è la costante elastica del tendine, nel nostro caso specifico, e x è la sua deformazione (allungamento nel nostro caso). Dato che la forza e la deformazione sono direttamente proporzionali e indicando con il pedice 1 allungamento e forza iniziali e con il pedice 2 i corrispondenti valori finali, si ha

$$\frac{x_1}{F_{el_1}} = \frac{x_2}{F_{el_2}} \rightarrow x_2 = \frac{x_1 F_{el_2}}{F_{el_1}} = \frac{(6 \text{ mm})(1 \cdot 10^{-3} \text{ N})}{1.5 \cdot 10^{-3} \text{ N}} = 4 \text{ mm}$$

4. Per individuare la presenza di un ostacolo sottomarino si usa un sonar che emette impulsi sonori e ne riceve l'eco. Se tra l'istante d'emissione dell'impulso e l'istante di ricezione dell'eco sono trascorsi 120 ms, la profondità alla quale si trova l'ostacolo è (velocità del suono in acqua: 1500 m/s)

a. 540 m
b. 12.5 m
c. 6.25 m
d. 90 m

L'onda sonora emessa dal sonar percorre due volte lo spazio tra il sonar e l'ostacolo, quindi indicando con h la profondità, si ha

$$2h = vt \rightarrow h = \frac{vt}{2} = \frac{(1500\ \text{m/s})(120 \cdot 10^{-3}\ s)}{2} = 90\ \text{m}$$

5. Un gas perfetto, alla temperatura iniziale di 0° C, viene riscaldato a volume costante raggiungendo una pressione doppia di quella iniziale. La temperatura finale è

a. 136.5° C
b. 273° C
c. 373° C
d. 0° C

Nella trasformazione a volume costante di un gas ideale vale la relazione $\frac{T}{p} =$ costante, indicando quindi con il pedice 1 lo stato iniziale del gas e con 2 quello finale, si ottiene

$$\frac{T_1}{p_1} = \frac{T_2}{p_2} \rightarrow T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{2p_1}{p_1} T_1 = 2T_1 = 2 \cdot 273\ \text{K} = 546\ \text{K} = 273\ °\text{C}$$

6. Due resistenze uguali di 1000 Ω sono poste in parallelo ed il loro complesso in serie con una resistenza da 500 Ω. La resistenza totale è

a. 500 Ω
b. 1000 Ω
c. 1500 Ω
d. 2000 Ω

Le resistenze in parallelo danno come resistenza complessiva $R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R^2}{2R} = \frac{R}{2} = 500\ \Omega$, la successiva combinazione in serie produce una resistenza totale

$$R_{tot} = R_3 + R_{eq} = 500\ \Omega + 500\ \Omega = 1000\ \Omega$$

7. Una persona miope ha il punto remoto a 15 cm. Quante diottrie dovranno avere le lenti dei suoi occhiali per permettergli di mettere a fuoco gli oggetti lontani?

a. 10 diottrie
b. 6.7 diottrie
c. -6.7 diottrie

d. -10 diottrie

L'immagine creata dalle lenti è un'immagine virtuale a 15 cm dall'occhio di un oggetto posto all'infinito. Dalla legge dei punti coniugati e dalla definizione di diottria si ha

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-15 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}} = -6.7\ \text{diottrie}$$

8. Alla profondità di 40 m al di sotto della superficie di un lago, la pressione diventa

a. 100 kPa
b. 200 kPa
c. 400 kPa
d. 500 kPa

La legge di Stevino ci dice come varia la pressione in un fluido in funzione della profondità, assumendo come pressione di riferimento la pressione atmosferica $p_0 = 100\ \mathrm{kPa}$ e ricordando che la densità dell'acqua vale $\rho = 10^3\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$, si ottiene

$$p_{40} = p_0 + \rho g h = 100\ \mathrm{kPa} + \left(10^3\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right)\left(10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)(40\ \mathrm{m}) = (100 + 400)\ \mathrm{kPa} = 500\ \mathrm{kPa}$$

9. Un fluido ideale scorre in un condotto con sezione circolare. A metà del condotto il raggio raddoppia. In quel punto la portata

a. diminuisce del 50%
b. non cambia
c. raddoppia
d. quadruplica

Dato che il fluido è ideale la sua portata è costante, quindi al variare della sezione del condotto la portata non cambia, ciò che cambia è la velocità che diminuirà per consentire la costanza della portata.

10. Se la dose ricevuta in un volo aereo è pari a 1 μSv/h, quante ore si deve volare per raddoppiare la dose annua (usualmente pari a 0.5 mSv)?

a. 500 ore
b. 100 ore
c. 1000 ore
d. non basta un intero anno per raddoppiare la dose annua

Per arrivare ad una dose doppia di quella annua, ovvero a $1\ \mathrm{mSv}$, è necessario volare per

$$t = \frac{dose\ totale}{dose\ oraria} = \frac{1\ \mathrm{mSv}}{1\ \mu\mathrm{Sv/h}} = 10^3\ h = 1000\ \text{ore}$$

11. Se un'arteria si trova 30 cm al di sotto del cuore, per effetto della gravità la pressione in quell'arteria risulta, rispetto alla pressione cardiaca

a. aumentata di circa 20 mmHg
b. diminuita di circa 120 mmHg
c. aumentata di circa 80 mmHg

d. diminuita di circa 20 mmHg

In base alla legge di Stevino ci aspettiamo che scendendo al di sotto del cuore la pressione sanguigna aumenti, utilizzando per il sangue la densità dell'acqua si ha

$$\Delta p = p(30cm) - p_0 = \rho g h = (10^3\ \mathrm{kg/m^3})\left(10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)(3 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}) = 3 \cdot 10^3\ \mathrm{Pa} \approx 20\ \mathrm{mmHg}$$

12. Un certo elemento ha un tempo di emivita di 500 anni. Dopo 2500 anni, la quantità ancora presente di quell'elemento, rispetto alla quantità iniziale, è pari a

a. 1/4
b. 1/5
c. 1/16
d. 1/32

Sappiamo che ad ogni emivita la quantità dell'elemento si dimezza, quindi dopo 5 emivite si avrà

$$\frac{N(5T_{1/2})}{N_0} = \frac{1}{2^5} = \frac{1}{32}$$

Problema 1

Una tazza dal volume $V = 250\ ml$ è riempita d'acqua a temperatura ambiente ($T_a = 20°\mathrm{C}$). Vogliamo fare un tè, la cui temperatura di infusione ideale è $T_i = 80°\mathrm{C}$. Scaldiamo l'acqua con un forno a microonde, di potenza $P = 750\ W$; assumiamo, per semplicità, che il 90% della potenza venga trasformato in calore e ceduto all'acqua.

1) Calcolare quanto tempo ci vuole per poter scaldare l'acqua alla temperatura ottimale per mettere il tè in infusione (calore specifico acqua $c = 4187\,J/Kg\,K$). (punti 2)
2) Per bere prima il tè, mettiamolo a contatto con una certa quantità di ghiaccio a $T_g = 0°\mathrm{C}$; non volendo annacquare il tè, poniamo il ghiaccio in un sacchetto chiuso, che lascia passare liberamente il calore. Trascurando lo scambio di calore con l'ambiente, quanto ghiaccio (calore latente $C_f = 3.335 \cdot 10^5\ \mathrm{J/Kg}$) dobbiamo sciogliere per portare il volume V di liquido dalla temperatura di infusione fino alla temperatura di consumazione $T_f = 55°\mathrm{C}$? (punti 3)

Soluzione

1) Sappiamo che $P = W/\Delta t$ inoltre sappiamo che il calore assorbito dall'acqua è $Q = 0.9W$. La massa d'acqua è $250\ \mathrm{ml} = 250\ \mathrm{g} = 0.25\ \mathrm{kg}$ e sappiamo inoltre che $Q = mc\Delta T$. Quindi $0.9P\Delta t = mc\Delta T$ da cui si ha

$$\Delta t = \frac{mc\Delta T}{0.9P} = \frac{(0.25\ \mathrm{kg})(4187\ \mathrm{J/kg\,K})60\ °\mathrm{C}}{0.9750\ \ \mathrm{J/s}} = 93\ \mathrm{s} = 1.5\ \mathrm{minuti}$$

2) Il calore necessario per arrivare a T_f è di nuovo $Q = mc\Delta T$ mentre la quantità di calore che serve per sciogliere il ghiaccio è data da $Q_f = C_f m_g$ quindi

$$m_g = \frac{mc\Delta T}{C_f} = \frac{(0.25\ \mathrm{kg})(4187\ \ \mathrm{J/kg\,K})25\ °\mathrm{C}}{3.335 \cdot 10^5\ \ \mathrm{J/kg}} = 0.08\ \mathrm{kg} = 8\ \mathrm{g}$$

Problema 2

Quando una persona cammina, muove le braccia approssimativamente di $\Delta\theta = 45°$ in $\Delta t = 0.5$ s. Con buona approssimazione, si può assumere che la velocità con cui si muovono le braccia sia costante. Un braccio ha, in media, una lunghezza pari a $l = 70$ cm, misurata a partire dalla spalla. Considerando una goccia di sangue con $m_g = 1$ g collocata nella punta delle dita, determinare:

1) l'accelerazione della goccia di sangue quando il braccio passa per la verticale; (2 punti)
2) la forza esercitata dal vaso sanguigno sulla goccia di sangue; (2 punti)
3) la forza che il vaso sanguigno eserciterebbe sulla goccia di sangue se il braccio fosse fermo. (1 punto)

Soluzione

1) Dato che il braccio si muove con velocità costante, sarà costante anche la velocità angolare cui è soggetta la goccia di sangue che si muove su di una circonferenza di raggio $l = 70$ cm, con centro nell'attaccatura del braccio con la spalla. L'accelerazione complessiva è data dalla combinazione dell'accelerazione tangenziale e di quella centripeta

$$a_g = \sqrt{a_T^2 + a_N^2}$$

Essendo al velocità lineare costante, l'accelerazione tangenziale risulta nulla, e quindi $a_g = a_N$. L'accelerazione centripeta è data da

$$a_g = a_N = \omega^2 l = \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right)^2 l = \left(\frac{\pi}{4 \cdot 0.5\ \mathrm{s}}\right)^2 0.7\ \mathrm{m} = 1.73\ \mathrm{m/s^2}$$

2) Il vaso sanguigno dovrà esercitare sulla goccia di sangue una forza che equilibri la forza peso e le fornisca la forza centripeta necessaria per compiere il moto circolare, quindi per il secondo principio di Newton avremo

$$\sum \vec{F}_{ext} = m_g \vec{a}_N \rightarrow \vec{F}_{vaso} + m_g \vec{g} = m_g \vec{a}_N$$

Assumendo come positiva l'asse delle y orientata verso l'alto e passando alle relazioni scalari, si ha

$$F_{vaso} = m_g a_N + m_g g = m_g(a_N + g) = (10^{-3}\ \mathrm{kg})(1.73 + 9.81)\ \mathrm{m/s^2} = 11.54 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{N}$$

3) Se il braccio è fermo non c'è forza centripeta, quindi

$$F_{vaso} = m_g g = (10^{-3}\ \mathrm{kg})(9.81)\ \mathrm{m/s^2} = 9.81 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{N}$$

Problema 3

Una sorgente luminosa di piccole dimensioni irradia luce uniformemente in tutte le direzioni. La potenza ottica emessa dalla sorgente è 2.48 W e la lunghezza d'onda è $550\ \mathrm{nm}$. Se la sorgente si trova a $300\ \mathrm{m}$ da un osservatore la cui pupilla ha un diametro è $d = 6\ \mathrm{mm}$, quanti fotoni al secondo penetrano nella pupilla dell'osservatore?

Soluzione

Sappiamo che l'intensità luminosa decresce come $1/r^2$, dove r è la distanza tra la sorgente e l'osservatore, quindi alla posizione dell'osservatore l'intensità luminosa sarà

$$I(r) = \frac{P_{sorgente}}{4\pi r^2} = \frac{2.48\ \mathrm{W}}{4\pi(300\ \mathrm{m})^2} = 2.2 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{W/m^2}$$

L'area della pupilla è data da $A = \pi r^2 = \pi \frac{d^2}{4}$, di conseguenza l'intensità complessiva che entra nella pupilla dell'osservatore, ovvero la potenza ottica, vale

$$P_{pupilla} = I(r)A = \frac{P_{sorgente}}{4\pi r^2} \pi \frac{d^2}{4} = \frac{P_{sorgente}}{16} \left(\frac{d}{r}\right)^2 = 3.3 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{J/s}$$

Dato che l'energia del singolo fotone è $E_{fotone} = \frac{hc}{\lambda}$, il numero di fotoni che entrano nella pupilla dell'osservatore sarà

$$N = \frac{P_{pupilla}}{E_{fotone}} = \frac{P_{sorgente}}{16}\left(\frac{d}{r}\right)^2 \frac{\lambda}{hc} = \frac{2.48\ \mathrm{W}}{16}\left(\frac{6\cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}}{300\ \mathrm{m}}\right)^2 \frac{550\cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}}{(6.626\cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js})(3\cdot 10^{8}\ \mathrm{m/s})}$$
$$= 1.71\cdot 10^{8}\ \mathrm{fotoni}$$

Problema 4

Una siringa ipodermica contiene un farmaco con la densità dell'acqua. La canna della siringa ha una sezione di area $S_1 = 2.50\cdot 10^{-5}\ \mathrm{m}^2$ e l'ago ha una sezione di area $S_2 = 1.00\cdot 10^{-8}\ \mathrm{m}^2$. In assenza di una forza sul pistone, la pressione ovunque è di $1\ \mathrm{atm}$. Una forza F di intensità $2.00\ \mathrm{N}$ agisce sul pistone, facendo sì che la medicina schizzi orizzontalmente dall'ago. Determinare la velocità del farmaco quando esce dalla punta dell'ago.

Soluzione

Dalla costanza della portata all'interno della siringa si ricava che la velocità con cui si sposta il farmaco a contatto con il pistone è trascurabile rispetto alla velocità con cui il farmaco stesso fuoriesce dall'ago, infatti $v_1 = \frac{S_2}{S_1} v_2 = 4\cdot 10^{-4} v_2$. Poniamo quindi $v_1 = 0$ e applichiamo Bernoulli

$$(p_a + F/S_1) + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = (p_a + F/S_1) + 0 = p_a + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

infine

$$v_2^2 = 2\frac{F}{\rho S_1} \rightarrow v_2 = 12.6\ \mathrm{m/s}$$