

As questões apresentadas nesta prova referem-se à física do corpo humano. Sempre que necessário, utilize, em seus cálculos, os seguintes dados:

**GERAIS**

aceleração da gravidade	10 m/s <sup>2</sup>
calor de vaporização da água	580 kcal/kg
densidade da água	1,0 kg/L
densidade do mercúrio	13,60 kg/L
velocidade da luz no vácuo	300.000 km/s
velocidade do som no ar	340 m/s
1 cal	4,2 J
760 mmHg	1,013 × 10 <sup>5</sup> Pa

**RELATIVOS AO CORPO HUMANO**

distância da íris à retina	2,0 cm
índice de refração do humor vítreo	1,34
posição do coração	1,3 m acima do pé
pressão sistólica do coração	120 mmHg
pressão diastólica do coração	80 mmHg
ciclo cardíaco em repouso	60 batidas/min
vazão do coração	4,8 L/min
densidade do sangue	1,04 kg/L

resistência do pulmão à passagem de ar	330 Pa (L/s) <sup>-1</sup>
massa do corpo humano	80 kg
massa da cabeça	3 kg
espessura do osso da caixa craniana	1 cm
velocidade do som nos ossos	3.360 m/s
velocidade do som no tecido encefálico	1.540 m/s
densidade linear de capacitância do axônio	3 × 10 <sup>-7</sup> F/m

**Questão 01**

A pressão no ouvido interno de uma pessoa, no início de uma viagem subindo uma montanha, é igual a  $1,010 \times 10^5$  Pa. Admita que essa pressão não varie durante a viagem e que a pressão atmosférica no topo da montanha seja igual a  $0,998 \times 10^5$  Pa.

Considere o tímpano como uma membrana circular com raio 0,4 cm e o canal auditivo como um tubo cilíndrico de 2,8 cm de comprimento, aberto em uma extremidade e fechado, na outra, pelo tímpano.

Em relação ao instante de chegada dessa pessoa ao topo da montanha, quando ainda não foi alcançado novo equilíbrio entre a pressão interna do ouvido e a pressão externa, calcule:

- a força resultante em cada tímpano;
- a frequência fundamental do som no interior do canal auditivo.

### Questão 02

Um alpinista, num determinado ponto de sua escalada, ingere um pedaço de bolo de 500 kcal.

Calcule:

- A) a quantidade de calor perdida pelo alpinista decorrente da evaporação de 0,5 litro de água de seu suor;
- B) a altura que ele precisaria escalar, sem transpirar, para consumir as 500 kcal adquiridas com a ingestão do pedaço de bolo.

---

### Questão 03

O coração humano é um músculo que funciona como uma espécie de bomba hidráulica. Em repouso,

a ação de bombeamento sanguíneo dura apenas  $\frac{1}{3}$  do intervalo de tempo do ciclo cardíaco.

Nos restantes  $\frac{2}{3}$  do ciclo, o músculo fica relaxado.

Considerando a pressão no coração como a média entre a pressão diastólica e a pressão sistólica, calcule:

- A) a potência média de bombeamento do coração;
- B) a pressão sanguínea no pé, em mmHg, com a pessoa na posição vertical.

---

### Questão 04

Os axônios, prolongamentos dos neurônios que conduzem impulsos elétricos, podem, de forma simplificada, ser considerados capacitores.

Para um axônio de 0,5 m, submetido a uma diferença de potencial de 100 mV, calcule:

- A) a carga elétrica armazenada;
- B) a energia elétrica armazenada quando ele está totalmente carregado.

---

### Questão 05

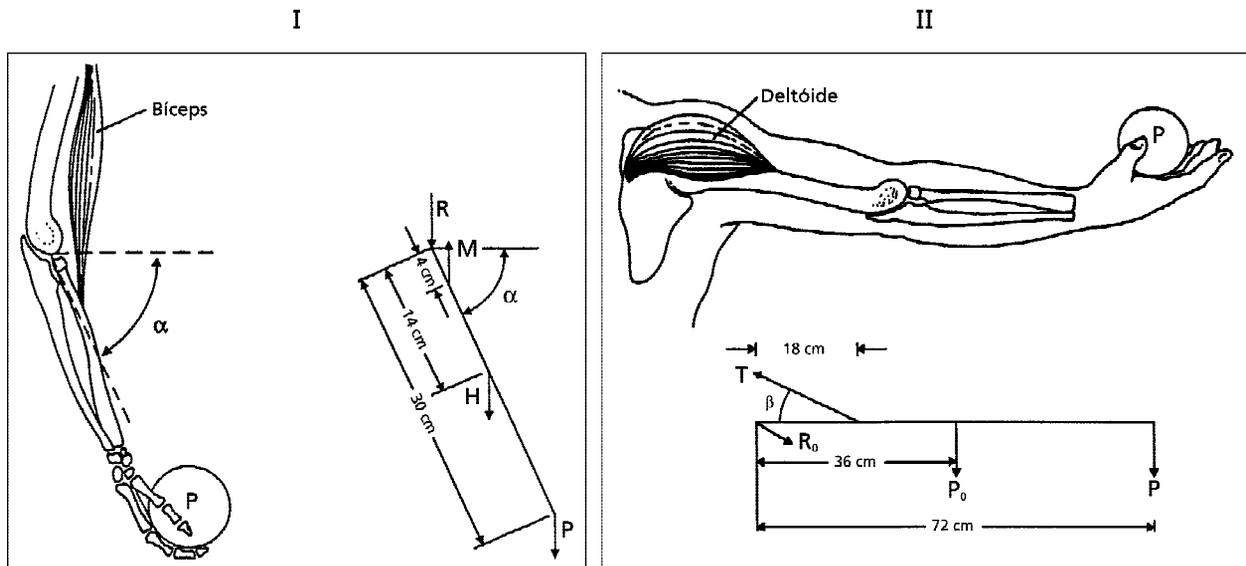
Considere uma pessoa míope que só consiga focalizar objetos situados a, no máximo, 1,0 m de distância de seus olhos.

Determine:

- A) o tipo e a dioptria da lente necessária para corrigir esta miopia;
- B) a velocidade de propagação da luz no interior do olho, na região que contém a substância denominada humor vítreo.

### Questão 06

Nas figuras I e II, abaixo, são representados os diagramas de forças correspondentes aos músculos bíceps e deltóide, quando submetidos a um esforço físico.



P - peso da bola  
H - peso do braço

R - força de reação do antebraço  
M - força do bíceps

$P_0$  - peso do braço e antebraço  
T - força do deltóide

$R_0$  - força de reação do ombro

(Adaptado de CAMERON, J. R. et alii. Physics of the Body. Madison: Medical Physics Publishing, 1999.)

Demonstre que:

- a força do bíceps não depende do ângulo  $\alpha$ ;
- a força do deltóide é dada pela expressão  $T \sin \beta = 2 P_0 + 4 P$ .

### Questão 07

Considere que o fluxo de ar nos pulmões possa ser descrito por uma lei semelhante à lei de Ohm, na qual a voltagem é substituída pela diferença de pressão  $\Delta P$  e a corrente, pela variação temporal do volume,  $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ . Pode-se definir, assim, a resistência do pulmão à passagem de ar de forma análoga à resistência elétrica de um circuito.

- Sabendo que o aparelho respiratório é um sistema aberto, indique a pressão média do ar no interior do pulmão.
- Considerando que a pressão expiratória seja  $200\text{ Pa}$  maior do que a pressão atmosférica, determine a taxa de fluxo de ar nos pulmões, em  $\text{L/s}$ .

Utilize as informações abaixo para responder às questões de números 08 e 09.

Uma pessoa, movendo-se a uma velocidade de 1 m/s, bateu com a cabeça em um obstáculo fixo e foi submetida a uma eco-encefalografia. Nesse exame, um emissor/receptor de ultra-som é posicionado sobre a região a ser investigada. A existência de uma lesão pode ser verificada por meio da detecção do sinal de ultra-som que ela reflete.

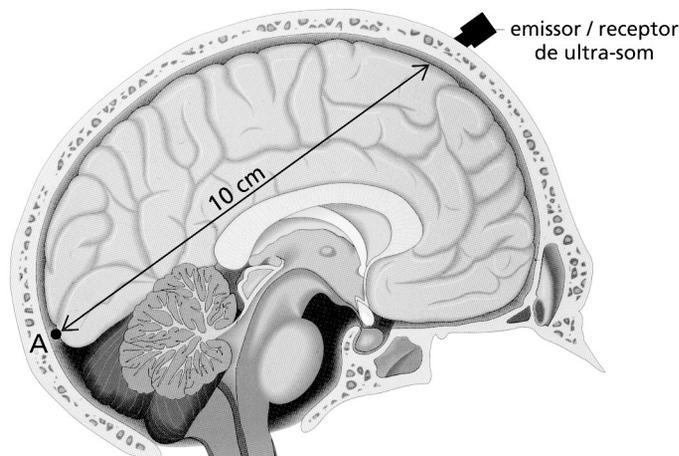
### Questão 08

Considere que o intervalo de tempo durante o qual a cabeça ainda se move durante a colisão é igual a 0,01 s. Determine:

- A) a força média sobre a cabeça, em newtons, causada por sua desaceleração;
- B) a energia cinética, em joules, da pessoa andando.

### Questão 09

Observe, na figura abaixo, que a região de tecido encefálico a ser investigada no exame é limitada por ossos do crânio. Sobre um ponto do crânio se apóia o emissor/receptor de ultra-som.



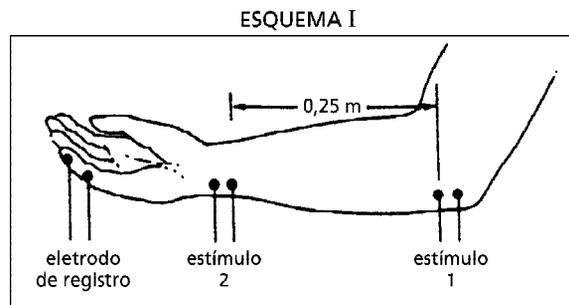
(Adaptado de The Macmillan visual dictionary. New York: Macmillan Publishing Company, 1992.)

- A) Suponha a não-existência de qualquer tipo de lesão no interior da massa encefálica. Determine o tempo gasto para registrar o eco proveniente do ponto A da figura.
- B) Suponha, agora, a existência de uma lesão. Sabendo que o tempo gasto para o registro do eco foi de  $0,5 \times 10^{-4}$  s, calcule a distância do ponto lesionado até o ponto A.

### Questão 10

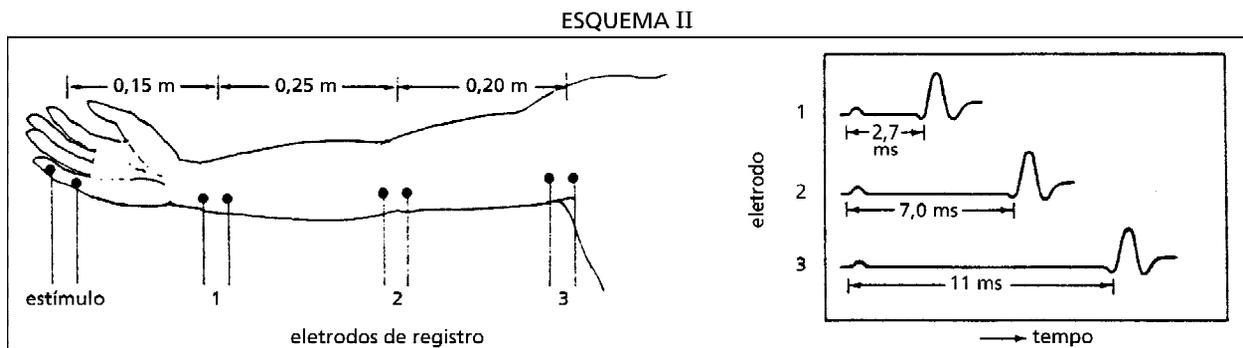
A velocidade com que os nervos do braço transmitem impulsos elétricos pode ser medida, empregando-se eletrodos adequados, através da estimulação de diferentes pontos do braço e do registro das respostas a estes estímulos.

O esquema I, abaixo, ilustra uma forma de medir a velocidade de um impulso elétrico em um nervo motor, na qual o intervalo de tempo entre as respostas aos estímulos 1 e 2, aplicados simultaneamente, é igual a 4 ms.



(Adaptado de CAMERON, J. R. et alii. Physics of the Body. Madison: Medical Physics Publishing, 1999.)

O esquema II, a seguir, ilustra uma forma de medir a velocidade de um impulso elétrico em um nervo sensorial.



(Adaptado de CAMERON, J. R. et alii. Physics of the Body. Madison: Medical Physics Publishing, 1999.)

Determine a velocidade de propagação do impulso elétrico:

- A) no nervo motor, em km/h;
- B) no nervo sensorial, em m/s, entre os eletrodos 2 e 3.