
INSTRUÇÃO IMPORTANTE

Os primeiros 30 minutos devem ser usados APENAS para leitura do caderno de questões.

Você NÃO DEVE escrever nada durante este período, inclusive no caderno de questões.

Após 30 minutos, você receberá o caderno de respostas e um sinal para iniciar a prova.

Após o sinal, você terá 3 horas para completar a prova.

Questões Teóricas

Duração : 3 horas
Pontos : 30

Regras da Prova

1. Sente-se no lugar designado para você.
2. Antes do início da prova, cheque se todos os materiais fornecidos pela organização (caneta, régua e calculadora) estão na sua mesa.
3. Não é permitido o uso de qualquer outro material, exceto remédios pessoais ou aprovados pela equipe médica.
4. Verifique o caderno de questões e o caderno de respostas fornecidos. Caso você não possua todas as folhas, levante a mão. Comece a fazer a prova após o sinal.
5. Não é permitida a saída da sala durante a prova, exceto em caso de emergência. Neste caso, você será acompanhado por um supervisor/voluntário/monitor.
6. Não perturbe os outros competidores. Caso necessite de ajuda, levante a mão e espere a chegada de um supervisor.
7. Dúvidas sobre as questões da prova não podem ser discutidas. Você deve permanecer no seu lugar até o final da duração da prova, mesmo que você já a tenha terminado.
8. Ao final da duração da prova, um sinal soará. Não escreva nada na folha de respostas após o sinal de fim de prova. Você deve deixar a sala em silêncio quando solicitado. Tanto o caderno de questões quanto a folha de respostas deve ser deixada sobre a sua mesa.



Questões Teóricas

Duração : 3 horas
Pontos : 30

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES A SEGUIR

- A. O tempo disponível é de 3 horas.
- B. Verifique que você possui todo o conjunto de questões e o caderno de respostas. O número total de questões é 5 (19 páginas).
- C. Escreva o seu código em cada folha do caderno de respostas.
- D. Escreva a sua resposta final no espaço fornecido para tal. Escreva claramente o passo-a-passo da sua resolução no espaço maior.

Questões Teóricas

Duração : 3 horas

Pontos : 30

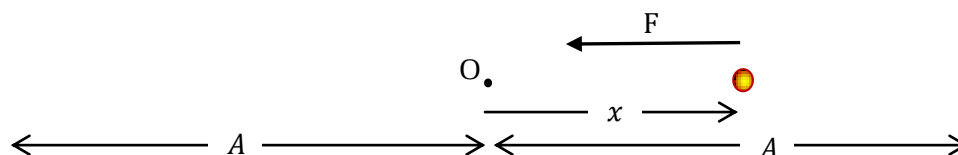
Questão 1

1. Oscilações ou movimentos periódicos permeiam o nosso Universo. Esses fenômenos partem do conceito de *força de restauração linear*, ou seja, a força F sobre um corpo de massa m a uma distância x de sua posição de equilíbrio, que é dada por

$$F = -kx$$

onde k é uma constante *positiva* conhecida como *constante de força*;

O sinal negativo (-) na equação indica que a força aponta no sentido da posição de equilíbrio O , situada em $x = 0$:



Sob ação de tal força, um corpo executará um *movimento harmônico simples* (MHS), ou seja, um movimento de vai-e-vem em relação à posição de equilíbrio (O), com um período de

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

e frequência

$$\nu = \frac{1}{T}$$

O máximo deslocamento A do corpo em relação à sua posição de equilíbrio é denominado *amplitude* de oscilação do movimento, como mostra a figura acima.

Questões Teóricas

- (a) Considere a Lua uma esfera sólida uniforme com

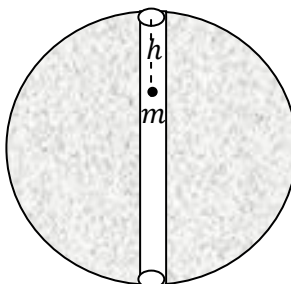
$$\text{Raio } R = 1,7 \times 10^6 \text{ m,}$$

$$\text{Massa } M = 7,3 \times 10^{22} \text{ kg, e}$$

$$\text{Aceleração na superfície devido à gravidade } g = 1,6 \text{ m s}^{-2}.$$

Sabe-se que, para uma distribuição simétrica de massa, a força gravitacional a uma distância r do centro é devida apenas à massa dentro da esfera de raio r , de mesmo centro.

Imagine agora a seguinte situação. Um túnel estreito reto é escavado na Lua, passando pelo seu centro, como indicado na figura; uma pequena massa m é abandonada de uma de suas extremidades.



- (i) A intensidade da força gravitacional sobre a massa m a uma profundidade h da superfície (vide figura) é

[0,5]

(A) $mg \left(1 - \frac{h}{R}\right)$

(B) $mg \left(1 + \frac{h}{R}\right)$

(C) $mg \frac{h}{R}$

(D) $mg \frac{h}{R-h}$

- (ii) No espaço reservado na folha de respostas, construa um gráfico de $F(r)/mg$, onde $F(r)$ é a força sobre a massa m a uma distância r do centro da Lua, em função de r/R , com r variando de 0 a $2R$.

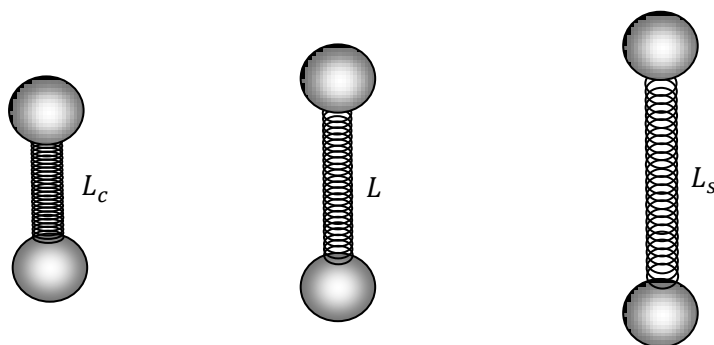
[1,0]

- (iii) Se $m = 0,10 \text{ kg}$, qual é o tempo mínimo (em segundos) desde o momento em que a massa m é abandonada na superfície até atingir o centro da Lua?

[1,0]

Questões Teóricas

- (b) Uma molécula de O_2 , por exemplo, consiste de dois átomos idênticos que se mantêm unidos por meio de uma ligação covalente. Podemos considerar tais moléculas como duas esferas idênticas de massa m , unidas por uma mola que aplica uma força de restauração linear F , com uma constante de força k . Isto provoca um MHS das massas ao longo da linha que as une. Como resultado, a molécula muda periodicamente de um estado comprimido (em que a separação entre elas é mínima L_c) até um estado esticado (em que a separação é máxima L_s). Entre esses estados, a força F é zero quando as massas são separadas pelo comprimento de equilíbrio L .



Obviamente, $L_c < L < L_s$ como mostra a figura.

- (i) A molécula de O_2 tem uma constante de força $k = 1150 \text{ N m}^{-1}$. O comprimento de equilíbrio da ligação é $L = 1,5 \times 10^{-10} \text{ m}$ e a variação do comprimento de ligação quando ela está totalmente esticada é 6,0% de L . Calcule a energia de vibração, que é a soma da energia cinética e da energia potencial, por mol de oxigênio (em kJ mol^{-1}). (Número de Avogadro, $N_A = 6,023 \times 10^{23}$)

[1,5]

- (ii) As massas atômicas dos halogênios listados na tabela periódica são:

F	Cl	Br	I
19,0	35,5	79,9	126,9

Dois halogênios, X e Y, formam moléculas diatômicas X_2 e Y_2 com constantes de força $k_X = 325,0 \text{ N m}^{-1}$ e $k_Y = 446,0 \text{ N m}^{-1}$, respectivamente. As frequências das vibrações medidas são $\nu_X = 16,7 \times 10^{12} \text{ Hz}$ e $\nu_Y = 26,8 \times 10^{12} \text{ Hz}$.

Identifique os halogênios X e Y, escrevendo seus símbolos. Escreva sua resposta na forma X=_____, Y=_____ na folha de respostas.

[1,0]

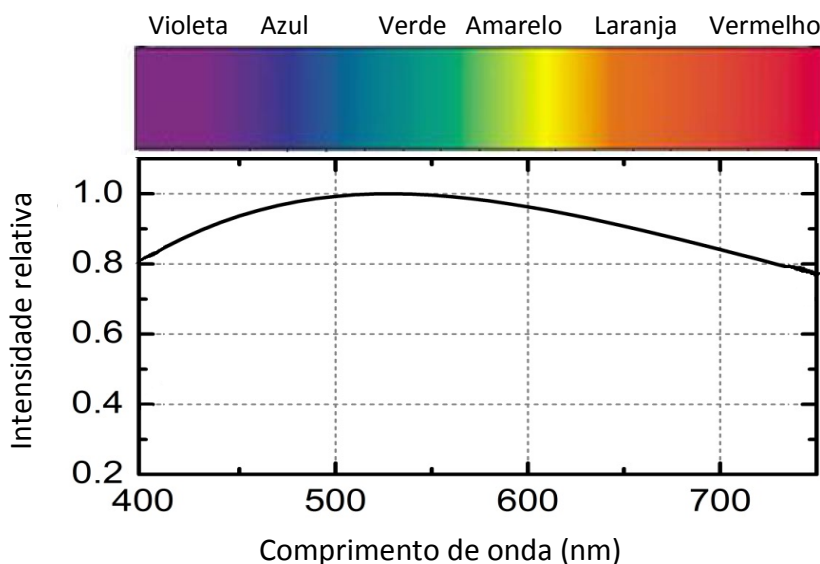
Questões Teóricas

Duração : 3 horas

Pontos : 30

Questão 2

2. A luz solar, a mais importante fonte de luz da Terra, contém todos os comprimentos de onda visíveis, os quais o olho humano percebe como diferentes cores do espectro. No entanto, os comprimentos de onda da luz solar não tem a mesma intensidade, como mostra o gráfico abaixo. A máxima intensidade ocorre para luz azul-esverdeada, de comprimento de onda de cerca de 525 nm. ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).



A percepção das cores dos objetos ao nosso redor é resultado principalmente do espalhamento do comprimento de onda ou da absorção de luz solar por esses objetos. Se um objeto espalha/reflete luz solar com exatamente a mesma distribuição de intensidade de comprimentos de onda mostrada acima, o objeto parecerá aos nossos olhos como branco puro. Qualquer desvio deste padrão de intensidade na luz espalhada/refletida em um objeto é percebido por nós como uma cor no objeto.

- (a) O espalhamento de luz por partículas que são muito menores do que um comprimento de onda de luz – por exemplo, moléculas de ar – foi estudada de forma independente no Reino Unido pelo Lorde Rayleigh e na Índia pelo Sir C.V. Raman. Eles mostraram que, se definirmos uma *eficiência de espalhamento* $\eta_s = I_s/I_i$, onde I_i é a intensidade da luz incidente e I_s é a intensidade da luz espalhada, respectivamente, então $\eta_s(\lambda) \propto \lambda^{-4}$, onde λ é o comprimento de onda da luz incidente. Mais tarde, o físico alemão Gustav Mie mostrou que, se o tamanho das partículas é comparável ao de um comprimento de onda, então η_s assume um valor 40 vezes maior que o definido anteriormente e independe do comprimento de onda λ . Portanto, denominamos o espalhamento

Questões Teóricas

dependente do comprimento de onda como *espalhamento de Rayleigh*, e o espalhamento independente do comprimento de onda como *espalhamento de Mie*.

- (i) Se a luz solar brilha sobre um recipiente transparente (com paredes de espessura desprezível) preenchida com gás nitrogênio, qual é a razão entre as intensidades de luz espalhadas das cores correspondentes aos comprimentos de onda de 400 nm e 650 nm, respectivamente? **[1,0]**

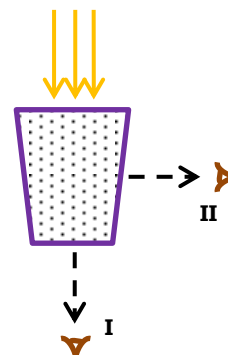
- (ii) A *faixa de visibilidade* R_v^0 para o ar puro é de aproximadamente 300 km para o comprimento de onda correspondente à cor azul-esverdeada. Entretanto, se o ar é poluído por materiais suspensos (como fumaça e poeira), estes dispersam luz de forma mais eficiente que moléculas de ar, e a visibilidade é consideravelmente reduzida. Para o ar poluído, a faixa de visibilidade é dada por

$$R_v = \frac{R_v^0}{\beta_s}$$

onde o *fator de perda por espalhamento* β_s satisfaz a relação $\beta_s \propto \eta_s C$; C é a concentração de material espalhado e η_s a sua eficiência de espalhamento. Para o ar puro, $\beta_s = 1$. Se, após uma tempestade de areia, partículas de poeira de tamanho 520 nm são adicionadas ao ar a uma concentração de 10%, qual será a faixa de visibilidade R_v (em km) para a cor azul-esverdeada? **[1,5]**

- (iii) O leite é uma solução *coloidal* na qual gotículas de gordura líquida de tamanho aproximado 100 nm estão suspensas em água. Tais gotículas dispersam luz de forma mais forte do que as moléculas de água, fazendo com que o leite normal pareça branco ao invés de transparente.

Considere o experimento a seguir. Algumas gotas de leite são adicionadas a um copo de água iluminado de cima para baixo por um raio de luz solar, como mostrado na figura à direita. A água fica turva, porém, alguma luz solar ainda passa, uma vez que a concentração de leite é pequena. O copo agora é visto da sua base (I) e pela sua lateral (II), como mostrado na figura.



Questões Teóricas

Quando comparado à luz emergente da base do copo (I), a luz emergente vista na lateral do copo (II) parecerá **[0,5]**

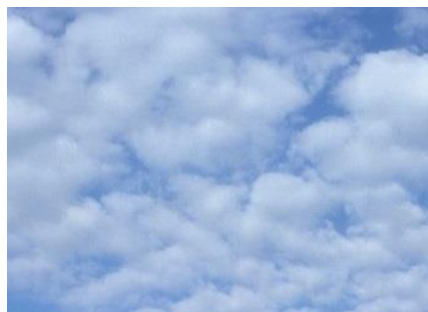
- (A) azulada (B) laranja (C) avermelhada (D) a mesma

(iv) Qual dos seguintes fenômenos atmosféricos é regido principalmente pelo espalhamento Mie da luz?

[0,5]



(A) pôr-do-sol vermelho



(B) nuvens brancas



(C) céu azul



(D) arco-íris

Imagens tiradas de:

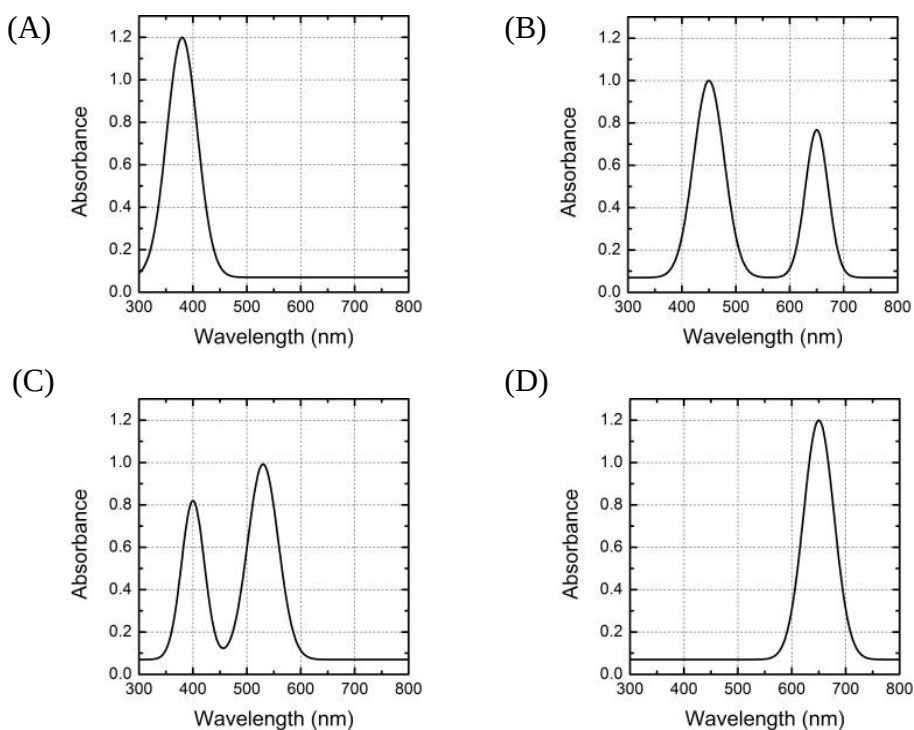
- (A) <http://bostern.wordpress.com> (B) <http://www.kaneva.com>
(C) <http://lisathatcher.wordpress.com> (D) <http://www.freefoto.com>

Questões Teóricas

(b) Plantas absorvem luz solar e a armazenam na forma de energia química, combinando água e CO_2 em moléculas de carboidratos por um processo complexo denominado *fotossíntese*. A descoberta da fotossíntese é uma história longa e fascinante, que começou com o físico holandês Jan van Helmont no século 17. Algumas das pesquisas pioneiras sobre a fisiologia da fotossíntese foram realizadas nos anos 1920 pelo cientista indiano Sir J. C. Bose. Alguns detalhes estão em estudo até hoje.

- (i) A cor verde das folhas e brotos das plantas é devida geralmente à presença de clorofila, o principal composto responsável pela fotossíntese. Qual dos gráficos a seguir representa o espectro de absorção correto da clorofila?

[1,0]



- (ii) Assumindo que a taxa de fotossíntese é proporcional à quantidade de luz absorvida (veja figura acima), qual é o comprimento de onda (em nm) correspondente à máxima taxa de fotossíntese das plantas verdes?

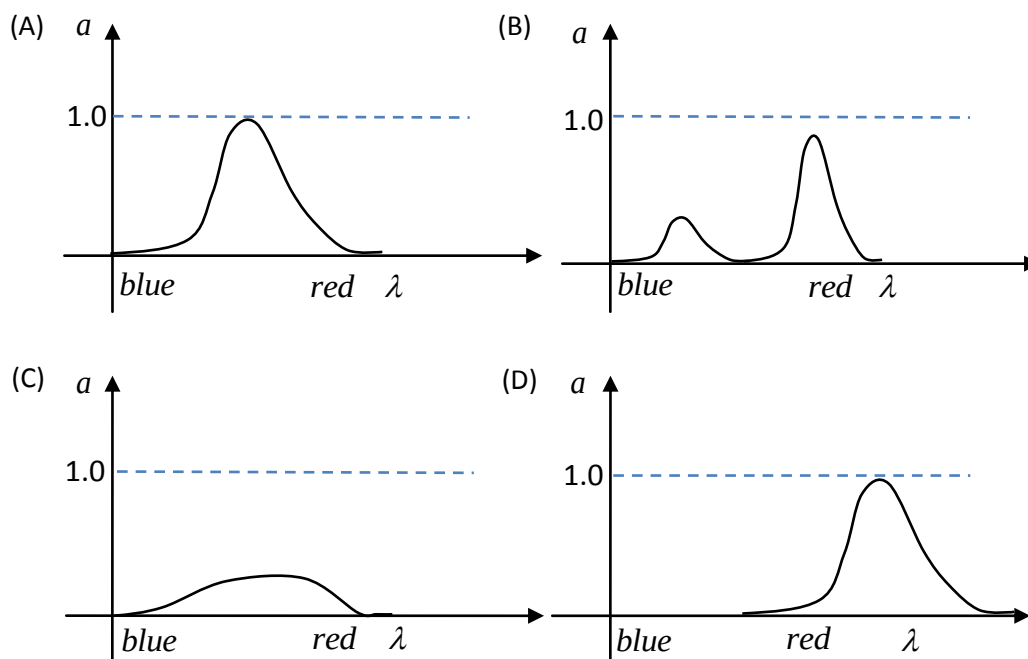
[0,5]

Questões Teóricas

- (iii) Durante muito tempo, acreditava-se que apenas as plantas eram capazes de absorver energia solar e convertê-la em forma utilizável. Entretanto, com a invenção das células solares, temos hoje dispositivos artificiais que, assim como a fotossíntese, são capazes de converter luz em outra forma de energia para uso em dispositivos diversos.

Os quatro gráficos abaixo representam o espectro de absorbância característico (a) de quatro materiais diferentes que poderiam ser potencialmente utilizados em células solares. Se essas células forem designadas para funcionar em luz solar, qual material vai exibir a maior eficiência de conversão de luz solar em eletricidade?

[1,0]



Questões Teóricas

Questão 3

3. A manutenção de um pH adequado no sangue e em fluidos intracelulares é absolutamente crucial para organismos vivos. Isto se deve principalmente porque o funcionamento das enzimas que catalisam esses processos são normalmente dependentes do pH; pequenas alterações no valor do pH podem resultar em sérias doenças. O pH do plasma do sangue humano é 7,4. A presença de CO_3^{2-} , HCO_3^- e CO_2 em fluidos do corpo ajuda na estabilização do pH do sangue, apesar da adição ou remoção de íons H^+ por outras reações bioquímicas no corpo.

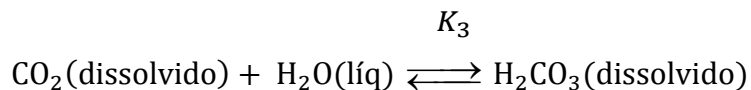
(a) A dissociação do H_2CO_3 no sangue ocorre em duas etapas. Escreva a equação balanceada para essas duas etapas. [0,5]

(b) Seja K_1 and K_2 as constantes de equilíbrio das duas etapas, respectivamente. Os valores dessas constantes a temperatura do corpo de 37°C são: $K_1 = 2,2 \times 10^{-4}$ e $K_2 = 4,8 \times 10^{-11}$.

(i) Calcule a concentração de H^+ em uma solução a 37°C e o valor do pH da solução, no caso em que H_2CO_3 e HCO_3^- tenham concentrações iguais em mol/l nessa solução. [0,5]

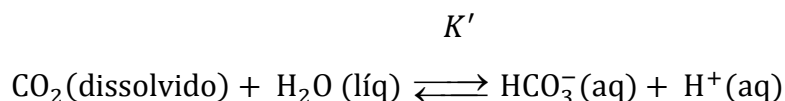
(ii) Calcule a razão entre as concentrações de HCO_3^- e CO_3^{2-} necessárias para manter o pH do sangue em 7,4. [1,0]

(c) Normalmente, no corpo humano, o H_2CO_3 está em equilíbrio com o CO_2 dissolvido no sangue.



Na temperatura 37°C , $K_3 = 5,0 \times 10^{-3}$.

Calcule a constante de equilíbrio total K' da reação



[0,5]

Questões Teóricas

- (d) O plasma sanguíneo contém uma solução tampão total carbonato-bicarbonato, que é uma mistura de HCO_3^- e CO_2 com uma concentração total de $3,4 \times 10^{-2} \text{ M}$ a 38°C . Nesta temperatura, o valor da constante de equilíbrio $K' = 1,3 \times 10^{-6}$. A concentração de H_2CO_3 é desprezível. Calcule a razão entre as concentrações de CO_2 (dissolvido) e HCO_3^- , e as suas concentrações individuais em uma amostra de sangue com pH 7,4.

[1,5]

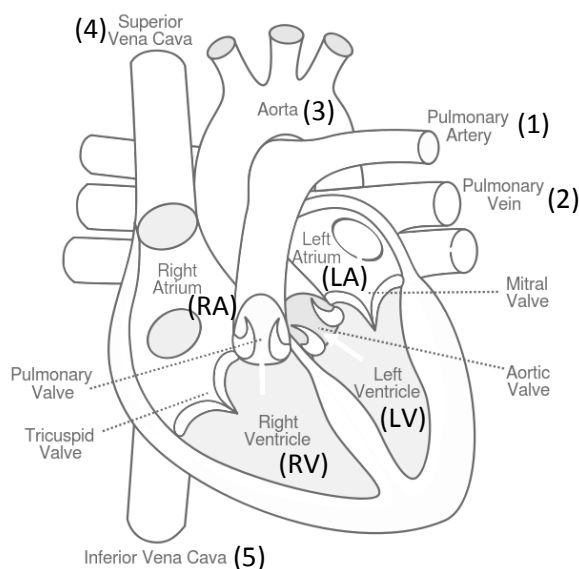
Questões Teóricas

Duração : 3 horas

Pontos : 30

Questão 4

4. O coração humano possui quatro câmaras – o *átrio esquerdo*, o *átrio direito*, o *ventrículo esquerdo* e o *ventrículo direito*. Essas quatro câmaras e os vários vasos sanguíneos conectados ao coração estão indicados no diagrama abaixo.



Principais vasos sanguíneos do coração	Câmaras do coração
1. Artéria Pulmonar	RA) Átrio Direito
2. Veia Pulmonar	RV) Ventrículo Direito
3. Aorta	LA) Átrio Esquerdo
4. Veia Cava Superior	LV) Ventrículo Esquerdo
5. Veia Cava Inferior	

(a) Quais das partes acima carregam sangue desoxigenado?

[1,0]

Questões Teóricas

- (b) A tabela abaixo mostra o volume de sangue V no ventrículo esquerdo de um indivíduo em instantes distintos t durante um ciclo cardíaco.

[0,5]

t (s)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
V (cm ³)	80	89	75	60	48	47	70	80	89

Qual é a frequência cardíaca do indivíduo (em batimentos/minuto) que pode ser calculada a partir da tabela?

- (c) Em momentos distintos do ciclo cardíaco, as várias válvulas são abertas ou fechadas, a fim de direcionar o fluxo de sangue. Considerando a tabela acima em 4(b), quais são as posições corretas da válvula mitral e da válvula aórtica nos instantes 0,2 s e 0,6 s, respectivamente? Complete adequadamente a tabela fornecida na folha de respostas. Utilize O=aberto e C=fechado.

[1,5]

Tempo	Válvula Mitral	Válvula Aórtica
0,2 s		
0,6 s		

- (d) O sangue flui do coração para a aorta durante um ciclo cardíaco. Se o diâmetro da aorta é aproximadamente 2,4 cm, então, utilizando a tabela em 4(b), calcule a velocidade média (em cm s⁻¹) do fluxo sanguíneo da aorta durante um ciclo cardíaco completo.

[1,0]

- (e) O sangue flui da aorta e suas principais artérias para as arteríolas e capilares finos. Considerando que todas as principais artérias do corpo possuem uma seção transversal de área 7,0 cm², calcule a velocidade média (em cm s⁻¹) nas principais artérias, dado que o volume de sangue que passa por elas é o mesmo do que passa pela aorta.

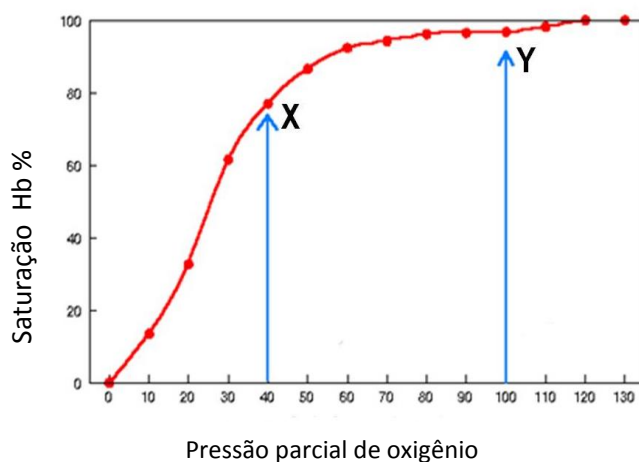
[0,5]

Questões Teóricas

Duração : 3 horas

Pontos : 30

- (f) O grau de saturação da hemoglobina (Hb) com o oxigênio pode ser determinado pela medição da pressão parcial de oxigênio em vários tecidos do corpo. O gráfico abaixo mostra o nível de saturação da hemoglobina correspondente a diferentes pressões parciais de oxigênio. Dois desses pontos foram marcados como X e Y no gráfico.



Considerando o gráfico acima, relacione o percentual de saturação do Hb nos pontos X e Y com a pressão parcial aproximada de oxigênio nas seguintes áreas do corpo. Complete a tabela fornecida na folha de respostas utilizando X e Y apropriadamente.

[1,0]

Aorta	Veia renal	Espaço alveolar nos pulmões	Artéria pulmonar

Questões Teóricas

Duração : 3 horas

Pontos : 30

Questão 5

5. A chita é um felino selvagem, hoje extinto na Índia, porém ainda encontrado em outras partes do mundo. Sua característica mais proeminente é a sua alta velocidade de corrida e rápida aceleração. Ela pode acelerar do repouso até a sua velocidade máxima de cerca de 30 m s^{-1} em apenas 3,0 s. (Para efeito de comparação, um carro esportivo rápido como um Porsche leva cerca de 4,0 s para atingir a mesma velocidade.).



Imagem tirada de: <http://www.vimeo.com>

Embora a chita possa acelerar e correr muito rápido, ela não consegue correr longas distâncias na sua velocidade máxima porque ela se cansa rapidamente. Logo, se ela não consegue alcançar a sua presa dentro desse limite, ela tem que renunciar a caça.

- (a) Considere uma chita com peso 50 kg. Ela parte do repouso e acelera por 3,0 segundos até atingir a sua velocidade máxima de 30 m s^{-1} . Em seguida, ela continua a correr por 20 s nesta velocidade.
- (i) Calcule a aceleração média desta chita necessária para alcançar sua velocidade máxima. [0,5]
 - (ii) Calcule a distância percorrida durante os primeiros 3,0 s, assumindo que a aceleração é uniforme. [0,5]

Duração : 3 horas

Pontos : 30

Questões Teóricas

- (iii) A chita deve realizar trabalho para vencer a resistência, que se deve principalmente ao ar. Suponha que essa força de resistência é sempre 100 N. Calcule o trabalho mecânico total realizado pela chita durante os primeiros 23,0 s do seu movimento. **[1,0]**
- (b) Durante os primeiros 23,0 s, a temperatura do corpo da chita aumenta de 38,5 °C para 40,0 °C. Considere o calor específico do corpo da chita 4,2 kJ kg⁻¹ K⁻¹.
- (i) Se o aumento da temperatura é linear durante este período, calcule o calor total gerado pelo metabolismo da chita. Despreze qualquer perda de calor com o ambiente. **[1,0]**
- (ii) Suponha que parte da energia gerada pelo corpo da chita aumenta a sua temperatura, e o restante corresponde ao trabalho mecânico que ela realiza. Calcule a fração da energia total gerada que é convertida em energia cinética. **[1,0]**
- (c) Quando a chita começa a correr, ela gera a sua energia inicialmente por respiração aeróbica, onde a glicose é oxidada na presença de oxigênio, resultando na produção de ATP. Neste processo, cada mol de glicose gera 36 mols de ATP, e uma energia de 1130 kJ é liberada quando todas estas moléculas de ATP são utilizadas. Correr em alta velocidade aumenta a demanda por oxigênio, resultando em um aumento da taxa de respiração para 150 respirações/minuto.
- (i) Escreva a reação química balanceada para a respiração aeróbica. **[1,0]**
- (ii) Se a chita requer 400 kJ de energia, calcule o volume de oxigênio necessário caso toda a energia seja obtida por meio de respiração aeróbica. Considere o volume molar do gás oxigênio de 24,5 litros.

[1,0]

Questões Teóricas

- (iii) A chita extrai oxigênio do ar enquanto respira. O ar inspirado (cerca de 500 ml por respiração) contém 20,0% de oxigênio (em volume), enquanto considera-se que o ar expirado contém 15,0% de oxigênio (em volume). Calcule o volume de oxigênio que a chita pode utilizar durante os 23,0 s da sua corrida, com uma taxa de respiração de 150 respirações por minuto.

[1,0]

- (d) Deve ser evidente a partir das respostas acima que a necessidade de energia dos músculos da chita não é atendida somente pela respiração aeróbica. ATP deve então ser produzido também por respiração anaeróbica, porém neste caso, somente 2 mols de ATP são gerados por mol de glicose.

- (i) Respiração anaeróbica converte a energia da glicose em ATP. Se a glicose fosse totalmente queimada, um mol liberaria 2872 kJ de energia. Qual é a eficiência da respiração anaeróbica, em comparação com a combustão completa da glicose?

[1,0]

- (ii) Se todos os 400 kJ necessários pela chita para a sua corrida fossem produzidos por respiração anaeróbica, calcule a quantidade total de glicose (em kg) necessária.

[1,5]