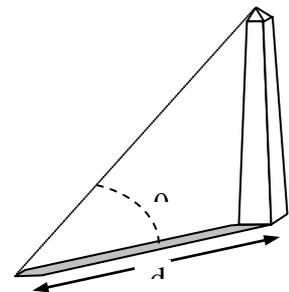


FÍSICA para BIÓLOGOS

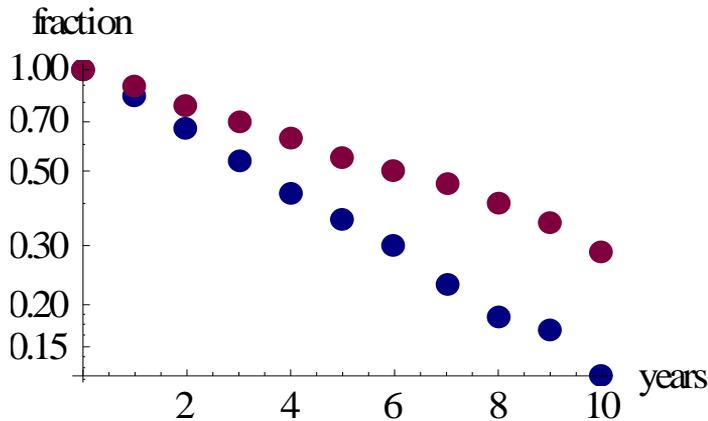
Série 1

Dimensões físicas, unidades, Algarismos significativos, estimativas e scaling

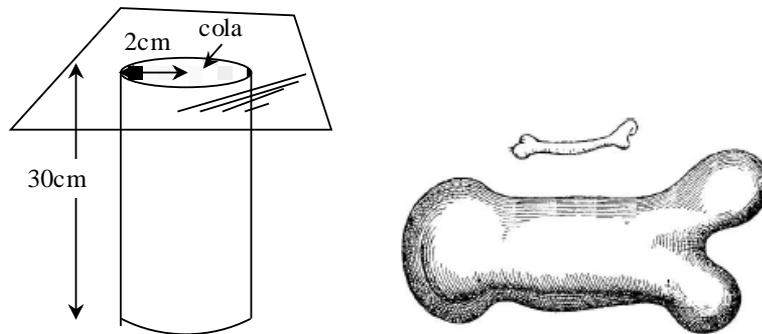
- Escreva as dimensões físicas das grandezas: pH, fluxo mássico, concentração de uma solução, força e energia.
- Um formulário indica que o volume V de um cone, a sua altura h e o raio r da base estão relacionados de acordo com a equação $h = \frac{\pi r^2}{3V}$. Está correcto?
- Considere uma gota esférica de raio r , que cai através de um fluido com uma velocidade de módulo v . A força de atrito que actua a esfera é dada pela equação $F = 6 \pi \eta r v$, em que η representa o coeficiente de viscosidade. Quais são as unidades de η no sistema MKSA?
- Os bioquímicos designam por dalton (D) a unidade de massa atómica: $1D=1u.m.a.=1/12 M(^{12}C)$. Determine o seu valor nos sistemas CGS e SI.
- Deduz o factor de conversão da unidade de força do sistema cgs para o sistema S.I. Lembre-se que $1 \text{ dyn} = 1 \text{ g cm s}^{-2}$.
- Ache a altura de um triângulo com 6.45 m^2 de área e 4.0138 m de base.
- Diga quantos algarismos significativos existem nos números seguintes:
 - 3.0×10^8 – velocidade da luz no vácuo em m/s
 - 1.50×10^{11} – distância Terra-Sol em metros
 - 2.998×10^8 – velocidade da luz no vácuo em m/s
 - 6.022×10^{23} – número de Avogadro
- Um obelisco, disposto na vertical, projecta uma sombra de comprimento $d=1.20 \text{ m}$ e sabe-se que o ângulo θ representado na figura mede 75° . Qual é a altura do obelisco?
- Um pátio é limitado por duas paredes de tijolo, de 29.4 cm de espessura. O comprimento do pátio é 23.4 m, medido do interior de uma das paredes até ao interior da outra. Qual é a distância do exterior de uma parede ao exterior da outra?
- Usando os valores do problema 7 calcule o tempo que a luz do Sol leva a atingir a Terra. Dê o resultado com o máximo de algarismos significativos possível.



11. A figura mostra numa representação lin-log a variação com o tempo da fracção de sobreviventes de um conjunto de doentes. O tempo característico de sobrevivência (intervalo de tempo em que a população se reduz a metade) é de cerca de 3.5 anos para os homens e 6 anos para as mulheres. Indique como poderá obter estes valores a partir do gráfico, e escreva explicitamente a lei de variação com o tempo do número de sobreviventes de uma amostra de 1000 mulheres doentes.



12. Considere uma célula com 103 kD e 400 moléculas. Considerando que o volume médio de uma molécula é $2.0 \times 10^{-27} \text{ m}^3$ estime o volume da célula em Å^3 , a massa média por molécula e a densidade média da célula.



13. Um cilindro de latão de 30 cm de altura, 2 cm de raio e que pesa 2 kgf, é colado numa placa horizontal do modo indicado na Figura 3. A cola tem uma sustentação máxima de 2 kgf/cm^2 . Discuta se pode utilizar o mesmo processo para um cilindro semelhante de 300 cm de altura.

14. Nas *Viagens de Gulliver* os habitantes de Liliput davam a Gulliver, doze vezes mais alto que eles, 1728 das suas rações em cada refeição. Será que Jonathan Swift conhecia a lei de escala da massa? Justifique.

15. A figura mostra ossos dos membros de gato e de elefante, desenhados com aproximadamente o mesmo tamanho. Note que nesta representação a secção transversal dos ossos do elefante é muito maior que a dos do gato. Explique a razão de ser deste facto e preveja uma relação de scaling para a massa do esqueleto dos mamíferos terrestres.

16. Estime a ordem de grandeza do caudal de sangue bombeado pelo coração (volume de fluido por unidade de tempo) de um ser humano sabendo que a frequência de batimento é da ordem de 1 Hz e que a variação de volume do coração no batimento é cerca de 10%. Diga qual é a dependência desta grandeza no factor de escala no caso de animais semelhantes. Deduza que a velocidade do sangue quando passa através da aorta não deve em princípio variar para animais semelhantes de tamanhos diferentes. Assim sendo, como deve variar com o tamanho a frequência de batimento do coração?
17. A densidade de um sólido é d , e m a média das massas atómicas dos átomos que o constituem. Qual das seguintes expressões dá a distância média entre esses átomos?
- a) d/m b) m/d c) $(d/m)^{1/3}$ d) $(m/d)^{1/3}$
18. Uma proteína é formada por uma cadeia de cerca de 10000 átomos enrolada de maneira muito compacta. O comprimento linear dessa cadeia desenrolada é da ordem de
- a) 10^4 m b) 1 m c) 10^{-2} m d) 10^{-6} m
19. Faça uma estimativa do número de pessoas-hora necessário para construir a grande muralha da China.
20. O processo de replicação do cromossoma da *E. coli* ocorre em 30 minutos. As cerca de 400.000 voltas da hélice de DNA (com 10 pares de bases e cerca de 3.5 nm de comprimento linear por volta) desenrolam-se neste intervalo de tempo. Qual a velocidade linear média ao longo da cadeia do ponto em que ocorre o desenrolamento? Qual a taxa de desenrolamento em voltas por minuto?
21. Usando a imagem de microscópio da figura, em que cada estrutura tubular é uma bactéria *E. coli*, faça uma estimativa da massa destas bactérias. Sabendo que estas bactérias, vivas e mortas, são uma das principais componentes das fezes, faça uma estimativa do número destas bactérias nos intestinos humanos, e compare com o número de células do corpo humano, cerca de 10^{13} . O que pode concluir sobre o tamanho relativo destas bactérias e das células humanas?

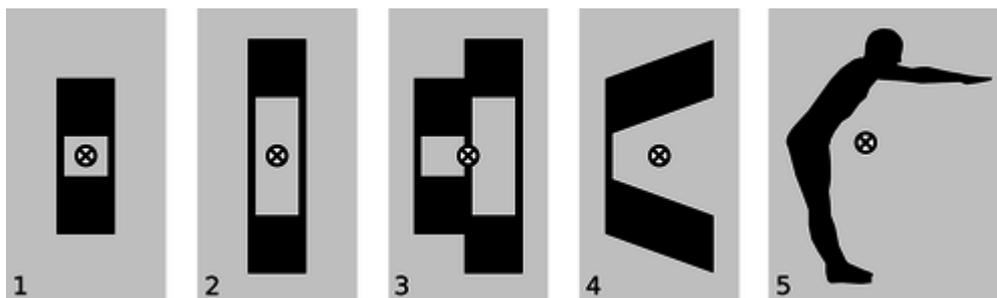


FÍSICA para BIÓLOGOS

Série 2

Sólidos e fluidos. Movimentos.

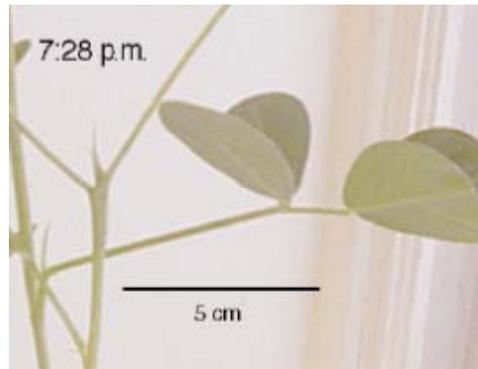
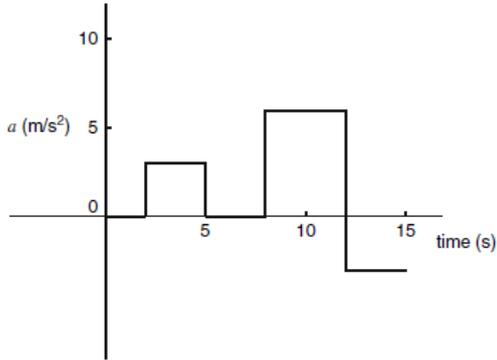
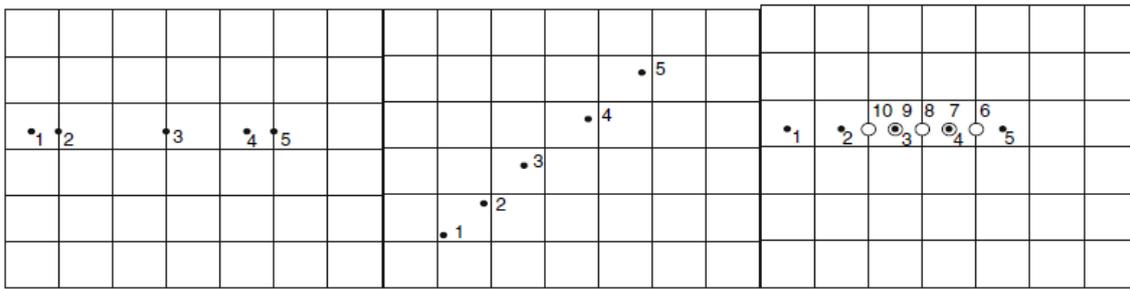
1. Explique como saber que o centro de massa de cada objecto está localizado como se indica na figura.



2. Ache o centro de massa do sistema Terra-Lua. O raio médio da Terra é $6.37 \cdot 10^6$ m, o da Lua é $1.74 \cdot 10^6$ m, e a distância média Terra-Lua é $3.82 \cdot 10^8$ m. A massa da Terra é cerca de 81.5 vezes maior que a da Lua.
3. A posição de uma partícula é medida de meio em meio segundo e os resultados são os registados na tabela. Qual das seguintes afirmações é necessariamente verdadeira?

<i>Time (s)</i>	<i>x-Position (m)</i>
0.0	+3.0
0.5	+2.2
1.0	+3.0
1.5	+1.0
2.0	-0.5

- a) A velocidade no intervalo de tempo entre 0 s e 1 s é nula.
- b) A velocidade média no intervalo de tempo entre 0 s e 1 s é nula.
- c) A velocidade no instante $t = 1$ s é 1 m/s.
- d) A velocidade no intervalo de tempo entre 1 s e 2 s é negativa.
4. Um biólogo observa um micro-organismo através de um dispositivo que regista a posição deste de cinco em cinco segundos. Sabendo que o espaçamento da rede é de $25 \mu\text{m}$, calcule as velocidades e as acelerações médias em cada um dos vários intervalos de tempo.



5. Considere o registo da aceleração de um objecto em função do tempo indicado na figura. Admitindo que o objecto parte em $t=0$ s com velocidade nula, durante quanto tempo após $t=12$ s deve a aceleração manter-se igual a -3 ms^{-2} para que o objecto fique em repouso?
6. Um avião desloca-se com uma velocidade igual a 800 km/h relativamente ao ar. Sabendo que o vento sopra em direcção contrária com $v=20.0 \text{ m/s}$, calcule a velocidade do avião relativamente ao solo.
7. Uma paraquedista salta de um avião. Durante o tempo que decorre até à abertura do paraquedas, a altura a que se encontra é dada em metros por $y(t) = 1000 - 50(t + 5.0 e^{-t/5.0})$, onde t é o tempo medido em segundos. Ache a altura da paraquedista em $t=7.0$ s. Identifique a velocidade limite. Com que velocidade chegaria ao chão a paraquedista, se o paraquedas não se abrisse?
8. A planta do amendoim fecha as suas folhas à noite, num movimento que dura cerca de duas horas e que a figura mostra na configuração intermédia. Faça uma estimativa da velocidade a que se movem as extremidades das folhas neste movimento.
9. Para medir a profundidade de um poço, deixou-se cair uma pedra da borda do poço, ouvindo-a bater no fundo 1.0s depois. Diga qual é a profundidade do poço.
10. Considere um automóvel deslocando-se com uma velocidade de 100 km/h que é obrigado a travar bruscamente. Considerando que a aceleração nessa travagem é de $5,0 \text{ m/s}^2$, que distância percorre o automóvel e quanto tempo demora até parar?

11. Num percurso normal entre duas estações, um metropolitano leva 10s a acelerar de 0 a 60km/h. Considere que atingida essa velocidade viaja com velocidade constante até iniciar a travagem, que faz com aceleração de módulo igual ao da aceleração do início do percurso.
- Calcule a aceleração média do metropolitano durante os primeiros 10s.
 - Calcule a distância entre as duas estações sabendo que a viagem entre elas dura 2.0 minutos.
12. Para um objecto em movimento vertical sujeito apenas à gravidade terrestres, diga se são falsas ou verdadeiras as seguintes afirmações.
- A velocidade no ponto de altura máxima é nula.
 - A velocidade e a aceleração têm sentidos opostos quando o movimento é de subida.
 - A aceleração é nula no ponto de altura máxima.
 - Em pontos à mesma altura em relação à altura máxima a velocidade é a mesma.
13. As seguintes expressões para a altura máxima H e o alcance R de um projectil foram apresentadas na aula teórica. Deduza essas expressões.

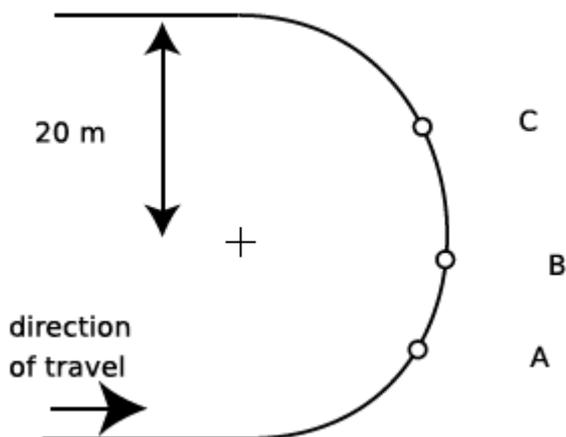
$$H = \frac{|v_0|^2 \sin^2 \theta}{2g} \quad R = \frac{|v_0|^2 \sin 2\theta}{g}$$

14. As pulgas chegam a atingir nos seus saltos cerca de 30 cm de altura. Faça uma estimativa, em unidades de g , da aceleração com que iniciam o salto.



15. Uma espingarda está apontada a um alvo, alinhada com este como a figura indica. Mostre que uma bala disparada assim falha o centro do alvo, e ache a inclinação que a espingarda tem que ter em relação à horizontal para que o tiro seja certo.
16. Um avião larga um pacote de mantimentos de uma altura de 200m. Sabendo que a velocidade do avião é de 300km/h no momento da largada
- Calcule a distância a que o pacote cai, medida sobre o solo e relativamente ao ponto na vertical do ponto de largada.
 - Indique a velocidade com que o pacote atinge o solo.
17. O navio escola Sagres afasta-se de Lisboa a velocidade constante na altura em que um marinheiro no cesto da gávea deixa cair o telemóvel. Em que ponto do barco é que este cai? Descreva o movimento do telemóvel do ponto de vista do marinheiro e do ponto de vista da namorada que lhe emprestou o telemóvel e observa a cena na doca.

18. Um CD com 2.2 cm de raio interior e 5.7 cm de raio exterior roda a 5500 r.p.m. A velocidade máxima a que a informação é lida é
- 1970 m/s
 - 33 m/s
 - 3300 m/s
 - 256 m/s
19. À medida que uma partícula que se desloca sobre um círculo aumenta a sua velocidade a taxa temporal constante, a sua aceleração
- Aumenta em módulo e aproxima-se da tangente ao círculo.
 - Aumenta em módulo e aproxima-se da radial interna.
 - Aumenta em módulo e aproxima-se da radial externa.
 - Diminui em módulo e aproxima-se da radial interna.
 - Nenhuma das anteriores.
20. Devido à rotação da Terra, uma pessoa no Equador desloca-se com uma certa velocidade em relação a uma pessoa perto dos pólos. Calcule esta velocidade, considerando a Terra esférica.
21. Três ciclistas deslocam-se com velocidade de módulo 10 m/s num arco semi-circular de uma pista. A, a entrar na curva, está a travar; B não pedala e C, a sair da curva, está a acelerar. Desenhe sobre a figura os vectores aceleração dos três ciclistas.
22. Um professor diz que no movimento circular uniforme temos $|\mathbf{a}| = |\mathbf{v}|^2/R$, e portanto a aceleração é maior quando o raio é menor. Outro professor diz que no movimento circular uniforme temos $|\mathbf{a}| = 4 \pi^2 R/ T^2$, e portanto a aceleração é maior quando o raio é maior. Quem tem razão: o primeiro, o segundo, ambos ou nenhum?

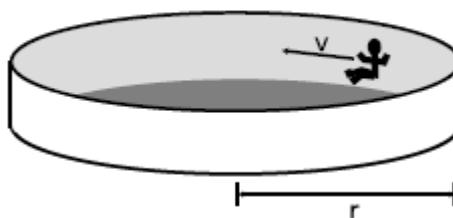
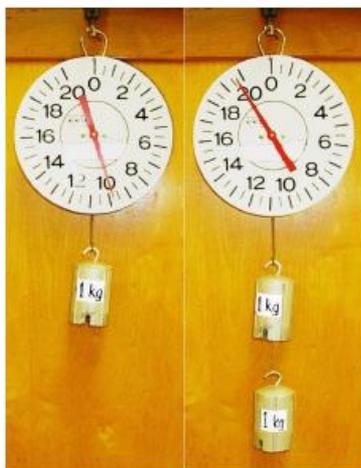


FÍSICA para BIÓLOGOS

Série 3

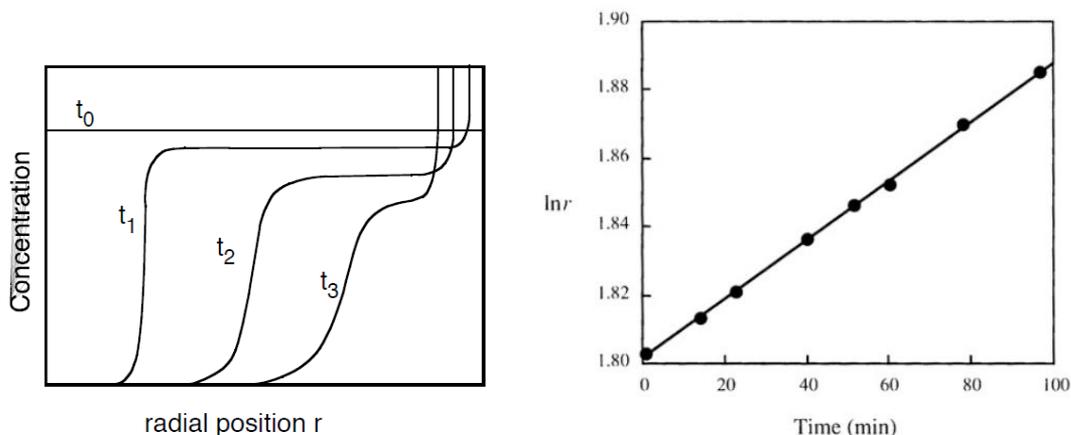
Sólidos e fluidos. Forças e movimentos. Trabalho e energia.

1. A ISS (estação espacial internacional) orbita a Terra a cerca de 400 Km de altitude. Calcule a força gravítica exercida pela Terra a esta altitude, e compare com o valor à superfície da Terra. Explique como pode a ISS ser usada para experiências de microgravidade



2. A figura mostra a pesagem de uma e de duas massas de 1 kg numa balança dinamómetro graduada em newton. Explique estas medidas em termos das forças aplicadas às massas, aos fios e à mola.
3. A figura mostra um dispositivo que, mediante a rotação do cilindro, permite que uma pessoa fique 'colada' à parede quando levanta os pés do chão. Discuta a relação que, para que isto aconteça, tem que existir entre as variáveis relevantes.
4. Uma bactéria tubular de cerca de $2 \mu\text{m}$ de desloca-se na água a uma velocidade de $100 \mu\text{m/s}$ usando a propulsão produzida pelos seus flagelos a rodar cerca de 100 voltas por segundo. Estime a ordem de grandeza da velocidade correspondente à nossa escala. Calcule essa força de propulsão, considerando que para efeitos de cálculo do atrito podemos aproximar a bactéria por uma esfera de raio $0.5 \mu\text{m}$, e que a água tem coeficiente de viscosidade de 10^{-3} poise.
5. Um elevador desenhado para subir ou descer com aceleração máxima a tem um cabo que suporta uma tensão máxima T . Qual é o valor máximo da carga que pode transportar, incluindo a caixa?
6. Um patinador deixa-se deslizar em linha recta, após ter adquirido uma certa velocidade v_0 . Ache a distância que percorre até parar, em função do coeficiente de atrito μ .

7. Uma massa assenta sobre um plano inclinado, e não desliza devido ao atrito. Qual é a inclinação máxima compatível com este equilíbrio?
8. A velocidade de sedimentação, sob a acção da gravidade, de certas macromoléculas em suspensão numa solução é de cerca de 1 mm por hora. Calcule o valor dessa velocidade se a solução for centrifugada a 10000 r.p.m. a uma distância de 10 cm do centro do rotor.
9. Uma lula pode expelir de uma vez 100 g de tinta a uma velocidade de 5 ms^{-1} para afugentar os seus predadores e fugir deles. Se a massa com que a lula fica é 400 g que velocidade adquire ao expulsar a tinta?
10. Num modelo de vôo dos insectos pode supôr-se que o mecanismo de sustentação é puramente mecânico, e é dado pela força de reacção que o ar exerce sobre as asas. Supondo que o animal tem uma massa de 1mg, a área das suas asas é 0.6 mm^2 , e a densidade do ar é 1.3 mg/cm^3 , faça uma estimativa da frequência com que o insecto deve bater as asas para se sustentar no ar.



11. O coeficiente de sedimentação s define-se como a razão entre a velocidade de sedimentação e a aceleração em ultra-centrifugação, e mede-se habitualmente em svedberg ($1 \text{ S} = 10^{-13} \text{ s}$, valores típicos para s variam entre cerca de 10 S para proteínas e 10^6 S para células inteiras. A sua determinação experimental faz-se a partir de gráficos lin-log da posição em função do tempo da fronteira entre o solvente puro e a solução, à medida que a centrifugação progride (ver figuras). Mostre que esse gráfico é o de uma recta de declive $s \omega^2$, onde ω é a velocidade de rotação.
12. Num líquido à temperatura ambiente, as moléculas não estão imóveis mas têm velocidades consideráveis. Consequências deste facto foram detectadas experimentalmente por Brown em 1828 quando observou o movimento irregular de grãos de pólen em suspensão na água. Considerando a massa de um grão de pólen cerca de $4 \times 10^{-9} \text{ g}$, calcule a variação de momento de um grão de pólen quando colide frontalmente com uma molécula de água que se desloca à velocidade de 100 m/s (suponha a colisão elástica). Quantas colisões têm que ocorrer segundo a mesma direcção e sentido para que o pólen adquira uma velocidade de 1 mm/s?
13. Dois astronautas divertem-se flutuando em condições de ausência de peso. O primeiro astronauta, que tem 75 kg e estava imóvel, empurra a parede durante 0.10 s para conseguir movimentar-se da

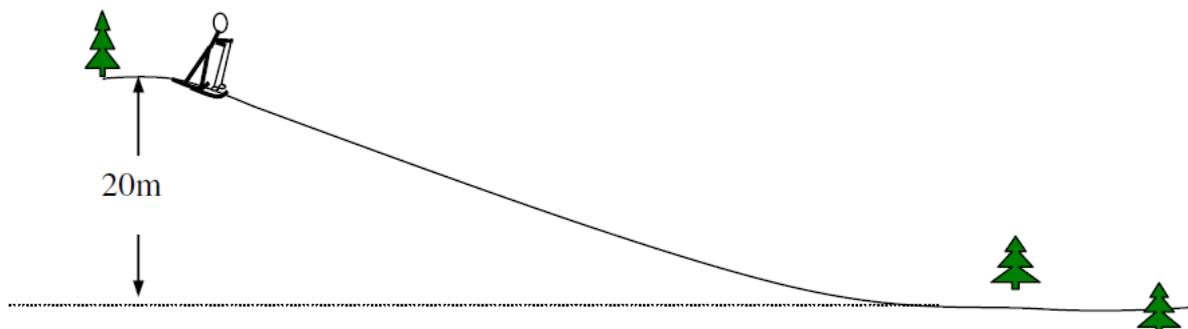
esquerda para a direita com uma velocidade de 0.50 m/s. Durante o percurso agarra-se ao seu colega que se encontrava imóvel e cuja massa é igual a 80 kg.

- Diga o que acontece aos dois astronautas depois da colisão e calcule a sua velocidade. Caracterize a direcção e sentido da velocidade. A colisão é elástica ou inelástica?
- Calcule a força média exercida pelo primeiro astronauta na parede.

14. Uma proteína pode ser considerada formada por uma zona central de raio R com densidade ρ e uma camada externa com espessura igual a $R/3$ e densidade $\rho/2$. Suponha $R=1$ nm e $\rho=3$ g/cm³.

- Calcule a densidade média da proteína.
- Calcule o momento desta proteína se se deslocar com uma velocidade de 10cm/min.
- Calcule a força média que esta proteína exercerá numa membrana quando colidir com ela, admitindo que a colisão dura 0.5 s e que a proteína depois da colisão se desloca em sentido oposto com velocidade 5cm/min.

15. Suponha um esquiador principiante que parte do repouso do topo de uma colina tal como se indica na figura. Sabendo que na descida a neve se encontra suficientemente lisa para que as forças de fricção possam ser consideradas desprezáveis, calcule a distância horizontal percorrida pelo esquiador até parar, se (por sorte!) na parte horizontal do trajecto o coeficiente de atrito cinético de fricção entre os esquis e a neve for de 0.21.



16. Uma mulher de 55 kg escala uma montanha com 3000 m de altura.

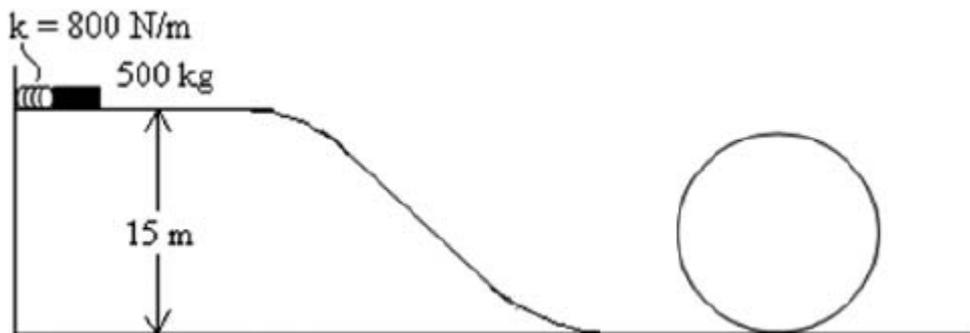
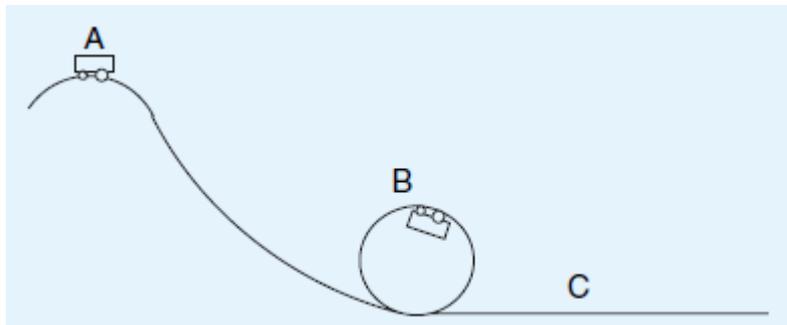
- Calcule o trabalho realizado pelo peso durante a escalada
- Supondo que um quilograma de gordura fornece a $3.8 \times 10^7 J$ de energia, calcule a gordura consumida durante a escalada, admitindo que apenas 20% da energia consumida é convertida em energia mecânica.

17. Um empregado de uma loja empurra um caixote com 50kg de massa numa rampa que faz com a horizontal um ângulo de 10°, no sentido da descida. A força do empregado é paralela à superfície da rampa e o coeficiente de atrito cinético entre a superfície da rampa e o caixote é 0,5. Sabendo que o caixote se desloca com velocidade constante:

- Desenhe esquematicamente o caixote sobre a rampa inclinada e represente todas as forças que nele actuam.
- Calcule a força que realiza o empregado para manter o movimento do pacote.
- Calcule o trabalho realizado pela força de atrito num deslocamento de 3m.

d) Calcule a variação de energia mecânica do pacote no mesmo deslocamento.

18. A bactéria descrita no problema 4 desloca-se na água com velocidade constante de $100 \mu\text{m/s}$ contra uma força de atrito de cerca de $0.1 \mu\text{N}$. Calcule o trabalho realizado pelo mecanismo de propulsão da bactéria durante 1 segundo deste movimento.
19. O processo elementar pelo qual a proteína miosina gera tensão nas fibras musculares corresponde a um deslocamento de cerca de 5 nm e a uma força de cerca de 2 pN sobre um filamento de actina. Cada um destes passos é acompanhado pela quebra de uma molécula de ATP com a libertação de cerca de $4.9 \cdot 10^{-20} \text{ J}$. Ache a eficiência energética deste processo.
20. No brinquedo representado na figura o carrinho parte do repouso a uma altura de 1.2 m e o loop tem 0.25 m de altura. Desprezando o efeito do atrito, qual é a velocidade do carrinho quando passa no ponto B? Qual é essa velocidade quando entra no loop? E quando sai? Qual é a altura mínima a que tem que estar o ponto A para que o carrinho dê a volta completa?
21. Numa montanha russa um carro com 500 kg de massa, incluindo os ocupantes, é posto em marcha por uma mola de constante 800 N/m , inicialmente comprimida 3 m . O atrito é desprezável ao longo do movimento do carro. Qual é a velocidade do carro à entrada no loop? Se a velocidade do carro no ponto mais alto do loop for 8.55 m/s , qual é o diâmetro do loop? Calcule o trabalho realizado pelo peso do carro durante a subida do loop. Supondo agora que há atrito entre o carro as calhas (com coeficiente 0.20), qual é a velocidade do carro quando acaba a extensão da mola?



FÍSICA para BIÓLOGOS

Série 4

Sólidos e fluidos. Pressão, tensão superficial e escoamentos.

1. Uma técnica usada para testar qualitativamente a concentração de hemoglobina no sangue consiste em deitar uma gota de sangue num tubo com uma solução padrão e verificar se a gota desce. Explique o fundamento desta técnica.
2. Uma mulher de 55 kg flutua na superfície da água do mar, estando o seu corpo 80% submerso. Qual é o seu volume? ($\rho_{\text{água do mar}}=1025 \text{ Kg m}^{-3}$)
3. Uma barçaça carregada de carvão chega a uma ponte sobre o canal onde navega, e o barqueiro verifica que a pilha de carvão que transporta é demasiado alta para passar por baixo da ponte. Que deve fazer: retirar carvão ou carregar mais a barçaça?
4. Estime o valor da pressão sistólica de uma girafa em relação à pressão ambiente sabendo que a altura do pescoço é de cerca de 3 m e que é necessária uma pressão de 60 mmHg para que o sangue circule no cérebro.
5. Um macaco hidráulico é usado para levantar um veículo que pesa uma tonelada. Do lado do veículo, o cilindro hidráulico tem 25 cm de diâmetro, enquanto que do lado do pistão tem 2.5 cm de diâmetro. Calcule a força necessária para levantar o veículo e o trabalho realizado por essa força para que o veículo suba 0.5 m.
6. Aplica-se uma força de 4 N ao êmbolo de uma seringa de secção transversal $2,5 \text{ cm}^2$. Qual é a pressão no líquido dentro da seringa? O líquido passa através de uma agulha hipodérmica de $0,008 \text{ cm}^2$ de secção. Que força há que aplicar no extremo da agulha para evitar que o líquido saia? Qual a força mínima que se deve aplicar ao êmbolo para injectar líquido numa veia em que a pressão, em relação à pressão atmosférica, é de 12 mm Hg (1mm Hg = 133 Pa) ?
7. Um cálculo simples permite avaliar a importância da capilaridade no fenómeno da subida da seiva nas plantas. O coeficiente de tensão superficial água-ar é $70 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$. Tomando $50 \mu\text{m}$ para o diâmetro dos canais do xilema e considerando que as propriedades da seiva são bem aproximadas pelos valores da água, ache a altura máxima a que a seiva sobe nos canais devido à capilaridade.
8. A densidade do mercúrio é de 13.6 g/cm^3 e o coeficiente de tensão superficial no ar à temperatura ambiente é de 0.47 N/m . Considerando que o ângulo de contacto mercúrio-vidro-ar é de 180° , diga como se comporta o mercúrio num tubo de vidro com 1 mm de raio.

9. Muitas espécies de insectos podem sustentar-se sobre a superfície da água devido apenas à tensão superficial. Considere que a extremidade da pata do insecto se modela como uma semi-esfera perfeitamente hidrofóbica, de modo que o ângulo de contacto é 180° . Tomando $R \approx 40 \mu\text{m}$ e cerca de 70 dyn/cm para a tensão superficial da água, calcule a massa de um insecto que se possa sustentar assim. Para que este mecanismo de sustentação fosse viável em humanos, qual seria a ordem de grandeza do perímetro de um pé?
10. Um vaso sanguíneo de raio r ramifica-se em 3 vasos de raio $r/2$. Se a velocidade média no vaso maior for v , indique qual é a velocidade média em cada um dos outros vasos na zona da ramificação
11. Numa artéria formou-se uma placa arterio-esclerótica que reduz a secção transversal a $1/5$ do valor normal. Considerando que, em circunstâncias normais, a pressão média do sangue é de 100 mm Hg e a velocidade do fluxo nesta artéria é de 0.12 m/s , qual é em percentagem a variação da pressão do sangue no ponto onde se produziu este acidente vascular?
12. O mecanismo principal na subida da seiva é a pressão negativa que se produz quando a água das folhas se evapora. Uma árvore evapora $1.5 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de líquido por cada metro quadrado de área. O tronco é percorrido por canais de diâmetro $100 \mu\text{m}$, o xilema, que ocupam uma área transversal igual a $1.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. Considere que a viscosidade da seiva é $10^{-3} \text{ N s m}^{-2}$ e que a árvore mede 3 m . Calcule a velocidade de subida da seiva numa árvore com uma área de folhas igual a 2 m^2 . Sabendo que uma medida directa da velocidade de subida dá o valor 1 cm s^{-1} , calcule a percentagem de canais do xilema que efectivamente conduzem a seiva neste movimento. Calcule a diferença de pressão entre as folhas e a base do tronco.
13. Um coração bombeia $0,08 \text{ l}$ de sangue 60 vezes por minuto com uma pressão média de 100 mm Hg . A aorta correspondente tem $1,2 \text{ cm}$ de raio. Calcule
- O caudal sanguíneo.
 - A velocidade do sangue na aorta.
 - A potência desenvolvida pelo ventrículo esquerdo.
 - A resistência ao fluxo do sistema circulatório.
14. Um determinado flagelo helicoidal produz ao girar com velocidade angular ω uma força, expressa em newton, de $3 \times 10^{-11} \omega$. Com que velocidade avança na água uma bactéria de $4 \mu\text{m}$ de raio se o seu flagelo gira 12 vezes por segundo ($\eta=0.01 \text{ p}$)? Calcule o número de Reynolds para este movimento. Qual é a potência gasta por esta bactéria na sua locomoção?
15. Qual é a velocidade máxima a que o plasma sanguíneo pode passar num capilar que rodeia um alvéolo pulmonar, para que as trocas de oxigénio se realizem por difusão? Considere os capilares alveolares caracterizados por: $r=5 \mu\text{m}$ e comprimento $100 \mu\text{m}$, e a constante de difusão do oxigénio $D=10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$.

FÍSICA para BIÓLOGOS

Série 5

Electricidade e magnetismo.

1. As concentrações de vários iões são medidas no interior e no exterior de uma célula nervosa. Os valores a seguir apresentados foram obtidos quando o potencial no interior da célula é -70 mV em relação ao exterior.

Ião	conc. interior / mmol/l	conc. exterior / mmol/l
Na ⁺	15	145
K ⁺	150	5
Cl ⁻	9	125

Comente quais dos iões podem passar livremente através da parede da célula. ($T=300$ K, $q_e=1.6 \times 10^{-19}$ C e $k=1.38 \times 10^{-23}$ J K⁻¹).

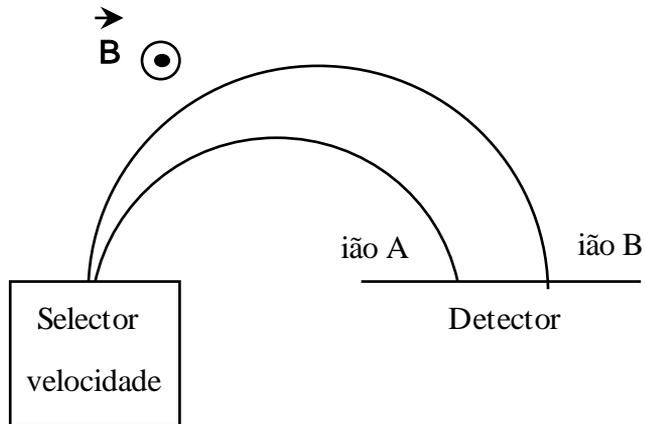
2. Uma esfera de raio muito pequeno, carregada com $1 \mu\text{C}$, encontra-se em repouso no ar.
- Calcule o módulo do campo eléctrico, $|\vec{E}|$, num ponto P , a uma distância de 1 m do centro da esfera. Calcule o potencial eléctrico nesse mesmo ponto.
 - Esquematize num gráfico $|\vec{E}|$, módulo do campo eléctrico, em função da distância r ao centro da carga para valores de r entre 0.1 m e 10 m.
 - Esquematize num gráfico V , potencial eléctrico, em função da distância r ao centro da carga para valores de r entre 0.1 m e 10 m.
 - Calcule a força a que ficaria sujeita uma carga de $-2 \mu\text{C}$ quando colocada no ponto P referido na alínea a).
 - Calcule a variação da energia que esta carga teria se fosse deslocada para um ponto a 0.5 m da carga que cria o campo.
 - Qual é o trabalho realizado pela força eléctrica no deslocamento referido na alínea anterior?
 - Esquematize as linhas de campo para o caso do campo criado pela carga de $1 \mu\text{C}$.
3. Como se modifica a força que se exerce entre duas cargas se
- A distância entre elas duplicar?
 - O valor de uma delas for reduzido a metade?
 - O sinal de uma delas for trocado?
 - O sinal de ambas for trocado?
4. A electroforese é um conjunto de métodos experimentais baseados no movimento de macromoléculas num gel sob a acção de um campo eléctrico. A mobilidade electroforética é a razão entre a velocidade desse movimento e a intensidade do campo eléctrico. Considere uma esfera carregada com $0.05 \mu\text{C}$ que se desloca em água à temperatura ambiente à

velocidade de 1 cm/s sob a acção de um campo eléctrico de 1 N/C. Ache a mobilidade electroforética e o raio desta esfera.

Distância (cm)	Intensidade do campo (V/m)
4	12.84
8	1.69
12	0.52

5. A tabela representa valores da intensidade do campo eléctrico medidos a diferentes distâncias da distribuição de carga que lhe dá origem. Com base nestes valores, qual das seguintes distribuições lhe parece poder estar na origem deste campo?
- Esférica homogénea
 - Linear homogénea
 - Superficial homogénea
 - Dipolo
6. Um dipolo eléctrico com a direcção do eixo dos xx é sujeito a um campo eléctrico dirigido segundo o eixo dos yy. Como resultado,
- O dipolo alinha-se com a direcção do campo, ao mesmo tempo que se desloca nessa direcção
 - O dipolo desloca-se ao longo da direcção do campo, ao mesmo tempo que se mantém alinhado com o eixo dos xx.
 - O dipolo alinha-se com a direcção do campo, mas não se desloca.
 - O dipolo alinha-se com a direcção do eixo dos zz.
7. Quer-se fabricar um condensador de $0.01 \mu\text{F}$ enrolando duas folhas de metal de 10 cm de largura separadas por uma folha de papel de 1 mm de espessura e de constante dieléctrica 4. Qual deve ser o comprimento das folhas?
8. Uma membrana biológica com capacidade específica de $1 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ tem no estado quiescente uma densidade superficial de carga de $0.1 \mu\text{C}/\text{cm}^2$. Nesta membrana existem 50 canais de sódio por μm^2 e, quando estes canais abrem durante 1 ms, 1000 iões Na^+ atravessam cada canal. Ache o potencial da membrana depois de 10% dos seus canais abrirem durante 1 ms.
9. A diferença de potencial entre as superfícies externa e interna da membrana celular em repouso é de -70 mV . Suponha uma célula com uma superfície de $5 \times 10^{-10} \text{ m}^2$ e um volume de 10^{-15} m^3 .
- Calcule a intensidade de campo eléctrico no interior da membrana, sabendo que a sua espessura é de 90 \AA

- b) Calcule o número de iões depositados na superfície da membrana que originam o campo eléctrico referido. Compare este valor com o valor típico da concentração de iões cloro no exterior da célula: 125 mmol/l (considere a capacidade específica da membrana 10^{-2} F/m^2).
10. Um axónio é um cilindro de 10^{-4} m de diâmetro e 0.1 m de comprimento. O fluido intracelular está separado do fluido extracelular por uma membrana, através da qual os iões Na^+ são transportados a uma taxa de $3 \times 10^{-11} \text{ moles s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$, via reacção química (transporte activo). Sabendo que a diferença de potencial entre os fluidos intra e extracelular é de 0.09 V, calcule o trabalho realizado durante uma hora contra as forças eléctricas no transporte destes iões.
11. Um dispositivo desfibrilador fornece um choque à area do coração que resulta da descarga de um condensador carregado com 5000 V.
- Sabendo que a resistência do corpo na região entre os electrodos é de 500Ω , calcule a corrente fornecida no início da descarga.
 - Sabendo que ao fim de 6 ms a tensão baixou para 250 V, calcule a capacidade do condensador.
 - Calcule a energia fornecida durante a descarga.
12. Deduza as leis de associação em série e em paralelo de resistências e condensadores. Mostre que as leis de associação de resistências também valem para a combinação de resistências hidrodinâmicas.
13. Uma membrana de 100 \AA de espessura contém poros com uma resistividade $10 \Omega\text{cm}$ enquanto que o material da membrana tem uma resistividade $10^{14} \Omega\text{cm}$. Sabendo que a resistividade total da membrana é $10^9 \Omega\text{cm}$, estime a relação entre a área de poros e a área de membrana do material.
14. Um metro quadrado de axónio tem uma resistência de 0.2Ω (a membrana tem uma espessura igual a 75 \AA).
- Qual é a resistividade da membrana?
 - A resistência da membrana é essencialmente produzida pelo fluido iónico (de resistividade $0.15 \Omega\text{cm}$) que ocupa os poros que a atravessam. Supondo que estes têm um raio médio 3.5 \AA e um comprimento igual à espessura da membrana, calcule quantos poros devem existir por metro quadrado para explicar a resistência observada.
15. Dois iões monopositivos são separados de uma distância de 10 cm num espectrómetro de massa (ver figura). Considerando que o raio da trajectória do ião A é $R=20 \text{ cm}$, calcule a relação entre as massas dos dois iões. Calcule a massa atómica da espécie B considerando que o ião A é um ião de oxigénio 16.

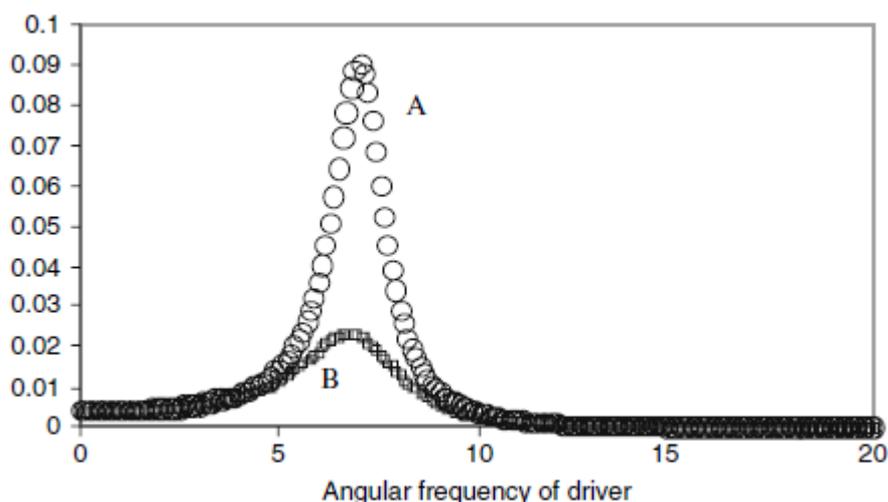


FÍSICA para BIÓLOGOS

Série 6

Vibrações e ondas.

1. Considere um corpo de 0,1 g suspenso de uma mola. Calcule a constante elástica da mola para uma frequência de 1 kHz. Diga qual a elongação da mola produzida pelo corpo em questão.
2. Um pêndulo tem uma frequência de vibração própria dada por $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$ onde l é o comprimento do pêndulo e g a aceleração da gravidade. Qual deve ser o comprimento de um pêndulo para que passe pela posição central 2 vezes por segundo ?
3. Qual das seguintes afirmações sobre o movimento harmónico simples de uma massa ligada a uma mola é falsa?
 - a) A aceleração máxima ocorre à elongação máxima.
 - b) A frequência do movimento é proporcional à raiz quadrada da massa.
 - c) O período é independente da amplitude do movimento.
 - d) A troca entre energia cinética e potencial dá-se ao dobro da frequência do movimento.
4. Uma sirene opera por impulsos de ar comprimido obtidos fazendo passar o ar pelos orifícios de um disco que roda 240 vezes por segundo e tem 400 orifícios igualmente espaçados. Qual a frequência do som produzido ?



5. A figura representa a relação entre amplitude e frequência do forçamento para dois objectos de igual massa que oscilam ligadas a uma mola sujeita a uma força exterior periódica. Qual das seguintes afirmações descreve melhor o significado do gráfico?

- a) A massa B não está bem ligada à mola.
b) A massa A está em ressonância e a massa B não está.
c) A massa B experimenta maior atrito do que a massa A.
d) A massa A experimenta maior atrito do que a massa B.
6. No movimento harmónico forçado, a aproximação à ressonância é caracterizada por
- a) Um progressivo aumento do período.
b) Um progressivo aumento da amplitude.
c) Um progressivo aumento do coeficiente de atrito.
d) Uma progressiva diminuição da energia.
7. O som produzido por dois altifalantes colocados a 50 m do ouvinte tem uma frequência de 1 kHz e está em fase. Qual o deslocamento mínimo que devemos aplicar a uma das colunas para que o ouvinte receba os dois sons em oposição de fase?
8. Uma corda esticada com tensão T tem massa por unidade de comprimento dada por μ . Quais são as dimensões da grandeza $\sqrt{T/\mu}$?
9. Uma onda transversal sinusoidal propaga-se com velocidade 10 m/s ao longo de uma corda. A aceleração de uma pequena porção da corda a uma certa distância de um dos extremos
- a) É perpendicular à corda e varia sinusoidalmente no tempo.
b) É paralela à corda e varia sinusoidalmente no tempo.
c) É 10 m/s^2 .
d) É zero.
10. Uma onda transversal é descrita pela equação $y = 0.10 \sin(2\pi x + 10\pi t)$, onde y e x são medidos em metros e t em segundos. Ache a frequência da onda, a velocidade, direcção e sentido da propagação, e o comprimento de onda. Esboce a perturbação associada a esta onda num determinado instante e ao fim de metade do período.
11. Uma onda sonora com frequência de 500 Hz propaga-se no ar com uma velocidade de 340 m/s. Suponha que a amplitude de vibração máxima é 2.00 cm e que a onda se propaga apenas na direcção xx .
- a) Determine o período e o comprimento de onda que caracteriza esta onda.
b) Escreva a equação que descreve a vibração dos pontos do ar atingidos por essa onda, considerando que em $t=0$ o ponto em $x=0$ tem amplitude de vibração nula.
12. A frequência da vibração da onda estacionária produzida na corda de uma guitarra é dada por
- $$f = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$
- onde l é o comprimento da corda, T o módulo da tensão exercida e μ a massa da corda por unidade de comprimento. Qual a massa de uma corda que tem 60 cm de comprimento e que quando lhe é aplicada uma tensão de 100 kgf produz um som com frequência fundamental ($n=1$) de 300 kHz ?

13. Sabendo que o canal auditivo mede aproximadamente 2.4 cm desde o ouvido externo até ao tímpano explique porque é que a sensibilidade auditiva é máxima para frequências entre os 3 kHz e os 4 kHz. Considere que a velocidade do som 340 m/s e que o canal auditivo se comporta como um tubo aberto numa das extremidades e fechado na outra.
14. Diz-se que duas notas musicais diferem de uma oitava se a relação entre as frequências fundamentais correspondentes é de 1 para 2. A nota mais grave de um piano tem uma frequência fundamental de 27.5 Hz e a corda correspondente tem 2 m de comprimento. A nota mais aguda difere desta de 7 oitavas.
- A corda correspondente à nota mais grave é mais curta ou mais comprida que as cordas vizinhas?
 - Calcule a velocidade de propagação das ondas na corda correspondente à nota mais grave.
 - Se todas as cordas tivessem a mesma densidade e estivessem sujeitas à mesma tensão, qual seria o comprimento da corda correspondente à nota mais aguda?
15. A luz vermelha de um laser hélio-neon de comprimento de onda 6328 \AA incide perpendicularmente num orifício circular com 0.01mm de diâmetro (figura 1). Qual é a largura da mancha central do padrão que se forma num alvo a uma distância de 1 m?

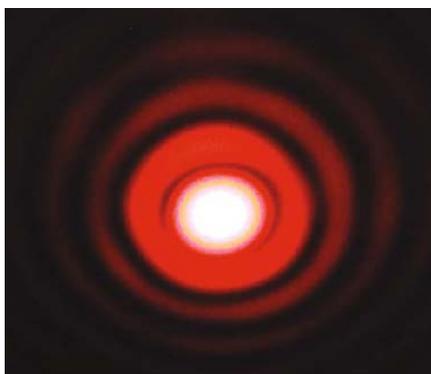


Figura 1

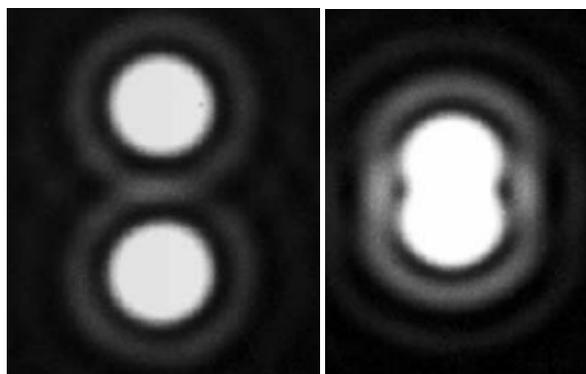


Figura 2

16. Duas fendas estreitas iluminadas por luz de dois comprimentos de onda diferentes produzem dois padrões de difracção de cores diferentes num ecrã distante. Sabendo que o centro da quarta risca brilhante de um dos padrões coincide com o centro da terceira risca brilhante do outro padrão, determine quanto vale o quociente entre os dois comprimentos de onda.
17. A luz vermelha de um laser hélio-neon de comprimento de onda 6328 \AA incide perpendicularmente numa rede de difracção com 4500 linhas por cm. Qual é a distância entre duas riscas consecutivas num alvo situado perpendicularmente ao feixe a uma distância de 2m?
18. Para qualquer instrumento óptico, a distância que é possível resolver está limitada pela difracção (ver figura 2). Considere o olho humano, com a pupila de cerca de 2 mm de

diâmetro a trabalhar com luz de cerca de 500 nm de c.d.o.. Calcule a separação angular mínima e a separação efectiva mínima que é possível resolver à distância de 25cm, assim como a respectiva separação entre as imagens na retina. Compare com a distância média entre as células fotossensíveis da retina.

19. Um ponto luminoso dista 2.5 cm de uma lente convergente. A imagem é real e forma-se a 50 cm da lente. Calcule a distância focal da lente e a ampliação do referido objecto.
20. Associam-se duas lentes esféricas, colando-as e centrando-as sobre o mesmo eixo, uma convergente de distância focal 20 cm e outra divergente de distância focal duas vezes maior. Calcule a distância focal do sistema.
21. Admitindo que o cristalino de um olho tem um índice de refração de 1.4 e é uma lente convexa de igual raio nas duas faces, calcule o seu raio de curvatura para que uma imagem no infinito possa ser focada na retina a 2.5 cm de distância. Assuma a hipótese académica $n=1$ no interior do olho. Para focar um objecto mais perto a curvatura da lente tem de aumentar ou diminuir?
22. A miopia resulta de uma potência óptica do sistema formado pela córnea e o cristalino demasiado grande em relação ao diâmetro do olho e leva à alteração das distâncias máxima e mínima de visão focada. Considere o caso de uma pessoa míope para quem essas distâncias são respectivamente 50 cm e 10 cm.
 - a) Calcule, desprezando a distância da lente à córnea, a potência da lente negativa necessária para corrigir a visão no caso de um objecto distante.
 - b) Para que a visão de um objecto colocado próximo do olho esteja focada, a distância do objecto à córnea ('ponto próximo corrigido') deve ser tal que a imagem desse objecto produzida pela lente usada para a correcção coincida com o ponto próximo do olho míope. Calcule a distância referida.