universidade
de aveiro

Elementos de Física

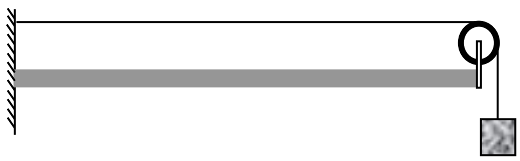
Problemas Cap. 3

Fenómenos Ondulatórios

Ano Letivo 2018/2019

Capítulo 3

1. Um corpo de 3 kg exerce uma tensão numa corda, com densidade linear de 0,02 kg.m^{-1} (ver o esquema em baixo). A. Qual é a velocidade das ondas nesta corda?



2. É aplicada sobre uma corda de piano (fio de aço) de 0,70 m de comprimento e 5,0 g de massa, uma força de tracção de 500 N.

a) Qual é a velocidade das ondas transversais na corda?

b) Para reduzir a metade a velocidade da onda sem alterar a tração, qual a massa de fio de cobre que deveria ser enrolada em torno do fio de aço?

3. Um fio de aço, com 7,0 m de comprimento, tem a massa de 100 g. Sobre o fio está aplicada uma força de 900 N. Qual é a velocidade de um impulso ondulatório transversal neste fio?

4. **a)** A nota dó, na escala central do piano, tem a frequência de 262 Hz. Sabendo que a velocidade do som no ar é de 340 m s^{-1}, calcule o comprimento de onda desta nota.

b) A frequência do dó, uma oitava acima deste, é igual ao dobro da frequência do dó central. Qual é o comprimento de onda no ar, desta outra nota?

5. O ouvido é sensível às frequências do som na zona que vai de 20 até 20000 Hz.

a) Quais os comprimentos de onda, no ar, correspondentes a estas frequências?

b) Quais os comprimentos de onda na água?

(Nota: A velocidade do som na água é 1500 ms^{-1}).

6. A equação $v = \frac{\lambda}{T}$ aplica-se a qualquer tipo de onda, inclusive às ondas luminosas no vazio, que se propagam a 3,00x10^{8} m.s^{-1}. O domínio de comprimentos de onda da luz, para o qual o olho humano é sensível, situa-se entre 4x10^{-7} e 7x10^{-7} m. Quais são as frequências correspondentes a estas ondas luminosas?

7. A função $y(x,t) = 10^{-3}\, sen(62{,}8\, x + 314\, t)$ caracteriza uma onda a propagar-se numa corda, onde y e x estão expressos em metro e t em segundo.

a) Em que direcção e sentido se desloca esta onda e com que velocidade?

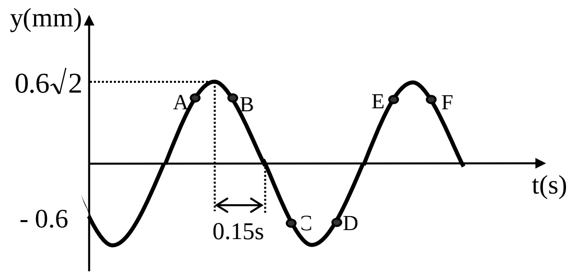
b) Calcule o comprimento de onda, a frequência e o período desta onda.

c) Qual é o deslocamento máximo de qualquer segmento da corda?

8. É possível ouvir um comboio a aproximar-se colocando o ouvido sobre os carris. Sabendo que $\rho_{aço} = 7{,}8\times 10^3$ kg/m^3 e o módulo de Young é $E = 2{,}0 \times 10^{11}$ N/m^2, determine o tempo que a onda demora a propagar-se nos carris, supondo que o comboio se encontra afastado de 1 km.

9. Um movimento vibratório simples propaga-se ao longo de uma corda com uma extremidade fixa. Um ponto da corda, situado a 50 cm da extremidade livre, começa a vibrar no sentido positivo 5,0 segundos depois de esta ter entrado em vibração (instante inicial), atingindo a elongação máxima, igual a 20 cm, 2,0 segundos mais tarde.
Qual é, nesse instante, a elongação de um ponto da corda situado a 60 cm da referida extremidade?

10. A figura seguinte representa os vários estados de vibração de uma dada partícula (na origem). Este movimento vibratório propaga-se ao longo de uma corda, com velocidade de 1,0 m/s.
a) Escreva a equação da elongação da referida partícula.
b) Escreva a equação da elongação para qualquer partícula da corda.
c) Dos pontos representados na figura, indique:
1 - Dois que correspondam a uma mesma fase de vibração.
2 - Dois que correspondam a fases opostas de vibração.



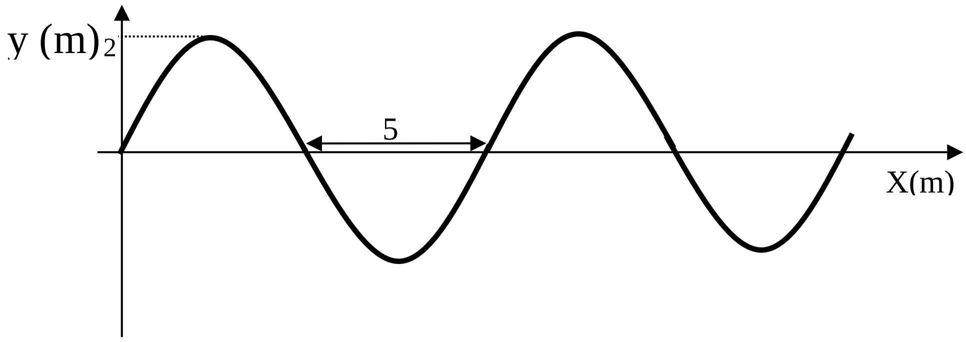
11. A velocidade de propagação do movimento ondulatório transversal ao longo de uma corda é igual a 20 $m.s^{-1}$. No instante t = 0, uma extremidade da corda inicia um movimento vibratório sinusoidal com amplitude 1 cm e frequência 10 Hz (Durante o primeiro meio período, a elongação supõe-se positiva).
a) Calcule o comprimento de onda.
b) Desenhe a forma da corda no instante t = 0,2 s?
c) Qual a posição dos pontos para os quais a equação da elongação pode ser escrita por $y(x,t) = 1.0\ \text{sen}[2\pi(0{,}5 - 10\,t)]$ cm?

12. Uma onda transversal, cuja função é $y(x,t) = 0{,}48\ \text{sen}(5{,}6\,x + 84\,t)$, propaga-se numa corda (x em metro e t em segundo). Determine:
a) O comprimento de onda.
b) A frequência.
c) A velocidade (intensidade e sentido).

13. Uma fonte de vibração está na extremidade de uma corda esticada cujo deslocamento é dado pela equação $y(t) = 0{,}1\ \text{sen}(6t)$, onde y está em metro e t em segundo. A tensão na corda é de 4 N e a massa por unidade de comprimento é de 10^{-2} kgm^{-1}. Considere uma onda que se desloca no sentido positivo de x.
a) Qual é a velocidade da onda na corda?
b) Qual é a frequência da onda?
c) Qual é o comprimento de onda?
d) Qual é a equação do deslocamento no ponto a 1 m da fonte? E a 3 m?

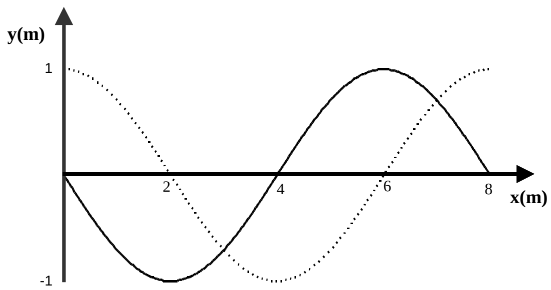
e) Faça um gráfico de *y* em função do tempo no ponto $x = 3$ m.
f) Faça um gráfico de *y* em função de *x* no instante $t = \pi/12$ s.

14. A figura representa uma onda harmónica transversal no instante t=2s, que se propaga numa corda para a direita com uma velocidade de 2m/s.



a) Determine o período do movimento.
b) Escreva a função de onda
c) Represente a forma da corda no instante t=6s.

15. A figura representa uma onda a propagar-se numa corda ao longo do eixo dos xx. A curva a cheio representa a forma da corda no instante t_1=0.3s e a curva a ponteado representa a forma da mesma corda no instante t_2=0.5s.
a) Qual é o comprimento de onda?
b) Qual é o período?
c) Determine a velocidade de propagação da onda.
d) Determine a fase inicial e a função de onda.



16. Um diapasão que emite sons de frequência 200 Hz, afasta-se de um observador em repouso com uma velocidade de 50 km/h, em direção a uma parede que reflete as ondas sonoras. Determine a frequência medida pelo observador em relação às ondas sonoras:
a) provenientes diretamente do diapasão.
b) que chegam ao observador depois de serem refletidas na parede.

17. Uma fonte emitindo sons de frequência 200 Hz desloca-se a 80 m/s em relação ao ar no sentido de um ouvinte estacionário.
a) Calcule o comprimento de onda do som entre a fonte e o ouvinte.
b) Calcule a frequência recebida pelo ouvinte.

c) Resolva as duas alíneas anteriores supondo agora que a fonte se está a afastar do ouvinte a 80 m/s.

18. Sabe-se que as baleias são capazes de comunicar entre si a grandes distâncias. A velocidade máxima de deslocação das baleias é 8 m/s e a velocidade do som na água do mar é de 1400m/s. Se uma das baleias (fonte) emitir um som de frequência 100Hz quais serão as frequências extremas (máxima e mínima) detetadas pelas outras baleias?

19. Um observador parado à beira duma estrada detecta o som do motor proveniente de um automóvel que se aproxima dele. Depois de passar pelo observador, o automóvel afasta-se e a frequência do som que o observador passa a detectar é 7/8 da frequência anterior. O som propaga-se no ar com velocidade de 340m/s. Calcule a velocidade do carro.

20. Um golfinho A parado detecta sons provenientes de outro golfinho B que se afasta do primeiro com uma velocidade v_b = 30 m/s emitindo sons de frequência f = 100 Hz. Este último (golfinho B), nada ao encontro de um cardume de peixes que se aproxima dele com uma velocidade vc = 10 m/s.

Sabendo que a velocidade do som na água do mar é 1400m/s, determine a frequência dos sons detectada pelo golfinho A parado nos seguintes casos:

a) Os sons provêm diretamente do golfinho B em movimento.

b) Os sons são detetados após terem sido refletidos pelo cardume de peixes.

Formulário:

$Y(x,t) = A\,\mathrm{sen}(kx \pm \omega t + \delta)$

$P = \frac{1}{2}\rho_{linear}\ \omega^2\ A^2\ V_{propagação}$ $\qquad$ $V_{propagação} = \sqrt{\frac{F}{\rho_{linear}}}$

$f' = f\ \frac{1 \pm \frac{V_0}{V_s}}{1 \mp \frac{V_f}{V_s}}$

Grandezas físicas, conversões e fórmulas:

$N_A = 6{,}022140857 \times 10^{23}$ moléculas/mol

$h = 6{,}626070040 \times 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}\ = 4{,}135667662 \times 10^{-15}\ \mathrm{eV \cdot s}$

$\hbar = h/2\pi = 1{,}054571800 \times 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}\ = 6{,}582119514 \times 10^{-16}\ \mathrm{eV \cdot s}$

$\varepsilon_0 = 8{,}854187817 \times 10^{-12}\ \mathrm{F/m}$ $\qquad$ $k = 1/4\pi\varepsilon_0 = 8{,}98755188 \times 10^9\ \mathrm{N \cdot m^2/C^2}$

$m_e = 9{,}10938356 \times 10^{-31}\ \mathrm{kg}$

$m_p = 1{,}67262 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg} = 1836.151\ m_e$ $\qquad$ $1\ \mathrm{amu} = 1{,}660539040 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$

$m_n = 1{,}67493 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$

$c = 299792{,}458\ \mathrm{km/s}\ \ = 2{,}99792458\ \times 10^8\ \mathrm{m/s}$

$e = 1{,}602176208 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$

Transformações Trigonométricas

$\mathrm{sen}\,(-x) = -\,\mathrm{sen}\,(x)$

$\cos\,(-x) = +\cos\,(x)$

$\mathrm{sen}\,\left(x \pm \frac{\pi}{2}\right) = \pm\cos\,(x)$

$\cos\,\left(x \pm \frac{\pi}{2}\right) = \mp\,\mathrm{sen}\,(x)$

$\mathrm{sen}\,(x \pm y) = \sin x\ \cos y\ \pm \cos x\ \sin y$ $\qquad$ $\cos\,(x \pm y) = \cos x\ \cos y\ \mp \mathrm{sen}\,x\ \mathrm{sen}\,y$

$\mathrm{sen}^2 x = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\cos 2x$ $\qquad$ $\cos^2 x = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cos 2x$

$\mathrm{sen}\,x\ \pm \mathrm{sen}\,y = 2\cos\left(\frac{x \mp y}{2}\right)\mathrm{sen}\left(\frac{x \pm y}{2}\right)$

$\cos x + \cos y = 2\cos\left(\frac{x+y}{2}\right)\cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$ $\qquad$ $\cos x - \cos y = 2\,\mathrm{sen}\left(\frac{x+y}{2}\right)\mathrm{sen}\left(\frac{x-y}{2}\right)$

Soluções Cap. 3

1. v = 38,3 m.s^{-1} .

2. a) v = 2,65x10^2 m.s^{-1} b) m = 15,0 g.

3. v = 2,51x10^2 m.s^{-1} .

4. a) λ = 1,30 m b) λ' = 0,649 m.

5. a) λ_{20} = 17 m; $\lambda_{20\,000}$ = 0,017 m b) $\lambda_{água}$ = 75 m; $\lambda'_{água}$ = 0,075 m.

6. f = 7,5 x 10^{14} Hz; f' = 4,29 x 10^{14} Hz.

7. a) v = -5 m.s^{-1} b) λ = 0,1 m; f = 50 Hz; T = 0,02 s c) $y_{máx}$ = 10^{-3} m.

8. t = 0,2 s.

9. y (60, 7) ≈ +14,1 cm.

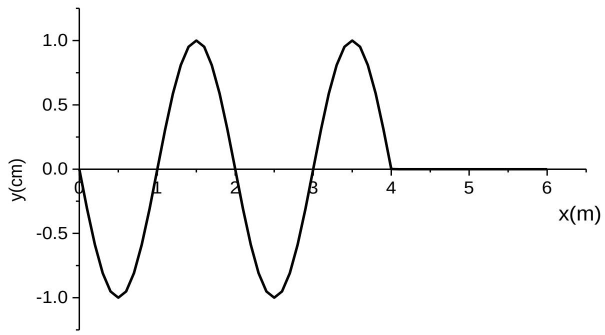
10. a) $y(t) = 0.6\sqrt{2}\times 10^{-3}\cos\left(\frac{\pi\, t}{0.3}+\frac{3\pi}{4}\right)$ m.

b) $y(x,t) = 0.6\sqrt{2}\times 10^{-3}\,\mathrm{sen}\left[2\pi\left(\frac{x}{0.6}-\frac{t}{0.6}\right)+\frac{7\pi}{4}\right]$ m.

c) 1 - B e F ou A e E; 2 - B e D ou A e C ou D e F ou C e E

11. a) 2,0 m.

b)



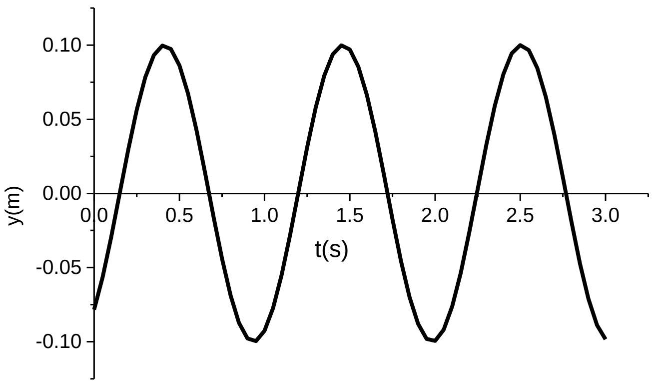
c) $x = n\lambda$, com $n \geq 0$.

12. a) λ = 1,12 m; b) f = 13,4 Hz; c) v ≈ 15 ms^{-1}; sentido negativo do eixo dos xx'.

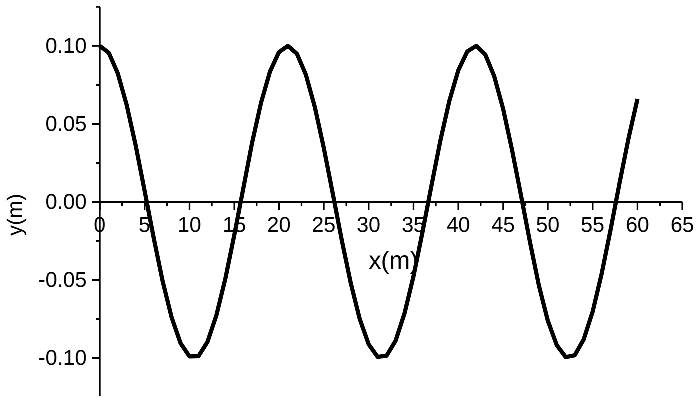
13. a) 20 m/s; b) f = 3/π s^{-1}; c) λ = 20,9 m;

d) $y(1,t) = 0{,}1\mathrm{sen}(0.3-6\,t+\pi)(m)$; $y(3,t) = 0{,}1\mathrm{sen}(0.9-6\,t+\pi)(m)$.

e)



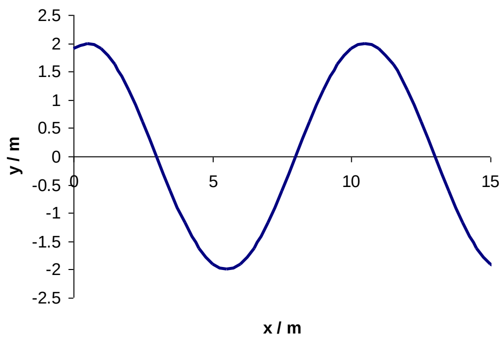
f)



14. a) T=5s

b) $y(x,t) = 2\,\text{sen}\,(\frac{\pi}{5}x - \frac{2\pi}{5}t + \frac{4\pi}{5})\,(\text{m})$

c)



15. a) λ =8 m b) T= 0.8s c) v =10m/s d) $y(x,t)$ = sen[$2\pi(x/8-t/0.8)+7\pi/4$].

16. a) f = 192,2 Hz; b) f = 208,4 Hz

17. a) λ = 1,3m b) f = 261,5 Hz c) λ = 2,1m; f =161,9 Hz

18. $f_{\text{máx}}$= 101 Hz; f_{min} = 99 Hz

19. v = 22.7 m/s

20. a) f = 98 Hz b) f = 104 Hz