P 9.1. ("Introdução à Física", J. Dias de Deus et. al.)

Um diapasão cuja frequência de vibração é de 300Hz é usado para afinar um violino. Pondo o diapasão a vibrar ao mesmo tempo que uma das cordas do violino é excitada, ouvem-se batimentos com uma frequência de 5 Hz.

a) Quais as frequências possíveis para o som produzido pela corda?
b) Como varia a frequência do som produzido com a tensão feita na corda?
c) Aumentando a tensão na corda, a frequência do batimento diminui, ficando o vilonino quase afinado. A corda do violino estava, inicialmente, a vibrar com uma frequência inferior ou superior à do diapasão?

a) $f_b = f_1 - f_2 = 305\,Hz$ ou $295\,Hz$

b) $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

$\lambda f = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

$f = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \cdot \frac{1}{\lambda}$

c) $f_b <$

logo inferior à do diapasão

P 9.2. ("Introdução à Física", J. Dias de Deus et. al.)

Sismos submarinos provocam ondas de comprimento de onda muito grande, quando comparado com a profundidade do mar, e que se propagam a grande velocidade, sem que a sua forma se altere significativamente no percurso (onda de maré ou *tsunami*). A velocidade destas ondas depende da profundidade do mar, *h*, e da aceleração da gravidade,

$$v = \sqrt{gh}\,.$$

a) A água é um meio dispersivo para estas ondas? Porquê
b) Calcule velocidade aproximada da onda que destruiu parte da baixa de Lisboa no terramoto de 1755 e o tempo que esta levou a propagar-se, desde a entrada do estuário até ao Cais das Colunas (cerca de 6 km). Profundidade média da embocadura do estuário do Tejo: *h* = 30 m.

a) Não porque v não depende de λ

b) $v = \sqrt{9{,}8 \times 30} = 17\,m/s$

$t = \frac{6000}{17} = 353\,s \approx 6\,min$

P 9.3. ("Introdução à Física", J. Dias de Deus et. al.)

As ondas do mar sofrem dispersão quando a profundidade é grande face ao comprimento da onda, pelo que a sua forma se altera durante a propagação. Não existindo interacção com o fundo do mar para ondas em que a tensão superficial é desprezável, a velocidade é dada por

$$v = A\sqrt{g\lambda}$$

em que g é a aceleração da gravidade, λ o comprimento de onda e A uma constante de proporcionalidade.

Um barco a motor avança para a praia. Se o grupo de ondas originado junto à proa do barco tem um comprimento de onda médio $\lambda_{médio} = 1$ m, e se propaga até à praia com uma velocidade de 10 m/s, qual a velocidade de uma onda desse grupo que tenha exactamente $\lambda = 1$ m? Recorde que a velocidade de grupo é dada por:

$$u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}\,.$$

$u = A\sqrt{g\lambda} - \lambda A\sqrt{g}\frac{1}{2\sqrt{\lambda}} =$

$= A\sqrt{g\lambda} - \frac{A\sqrt{g\lambda}}{2\cancel{\lambda}}\,\cancel{\lambda} = \frac{1}{2}A\sqrt{g\lambda}$

$(A\sqrt{g\lambda})' = A\sqrt{g}\,(\sqrt{\lambda})' = A\sqrt{g}\frac{1}{2\sqrt{\lambda}}$

$10 = \frac{1}{2}v \Leftrightarrow v = 20\,m/s$

P 9.4. ("Introdução à Física", J. Dias de Deus et. al.)

A distância entre planos atómicos adjacentes na calcite é de 3×10^{-10}m. Se um feixe de raios X de comprimento de onda igual a $0{,}3\times10^{-10}$m incidir sobre o cristal, qual o ângulo mínimo em relação aos planos do cristal para o qual existe interferência construtiva?

$d = 3\times10^{-10}\,m$

$\lambda = 0{,}3\times10^{-10}\,m$

$2d\sin(\theta) = m\lambda \Leftrightarrow \theta = \arcsin\left(\frac{m\lambda}{2d}\right)$

$\theta = 2{,}9^\circ$

P 9.5. ("Exercícios de Física", A. Noronha e P. Brogueira)

O efeito de Doppler é usado para medir frequências com grande rigor. Uma fonte sonora emitindo com frequência *f* desloca-se com velocidade v_f num meio em que a velocidade do som é v_{som}?

a) Exlique porque é que um observador imóvel em relação ao meio ouve um som de frequência (efeito de Doppler): $f' = f\left(\frac{v_{som}}{v_{som} \mp v_f}\right)$
b) Dado um som com uma frequência de 5 kHz emitido por uma fonte que se move em relação ao meio com uma velocidade de 3,40 m/s, qual a frequência detectada pelo observador em repouso em relação ao meio? Considere o caso em que a fonte se afasta do observador e o caso em que a fonte se aproxima.
c) Um objecto afasta-se do observador a uma velocidade de 3,4 m/s. Este emite uma onda sonora com uma frequência de 5 kHz na direcção do objecto, qual a frequência da onda reflectida recebida pelo observador?
d) Como poderia medir rigorosamente a diferença de frequências da alínea anterior?

a) $\lambda' = \lambda \mp v_F T$

$\frac{v}{f'} = \frac{v \mp v_F}{f} \Leftrightarrow \frac{f'}{v} = \frac{f}{v \mp v_F} \Leftrightarrow f' = \frac{v}{v \mp v_F} f$

b) $f' = \frac{343}{343 - 3{,}4} \cdot 5 = 5{,}05\,kHz$ aprox

$f' = \frac{343}{343 + 3{,}4} \cdot 5 = 4{,}95\,kHz$ afas

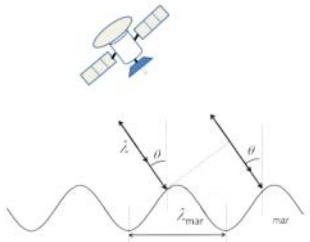
c) $f'' = f\left(\frac{v - v_0}{v + v_f}\right) \Leftrightarrow f'' = 5\left(\frac{343 - 3{,}4}{343 + 3{,}4}\right) \Leftrightarrow f'' = 4{,}90\,kHz$

d) 50Hz para ida

50Hz para volta

P 9.6. ("Exercícios de Física", A. Noronha e P. Brogueira)

Pretende-se medir o comprimento de onda das ondas à superfície do mar, enviando um feixe de radar e fazendo variar a frequência emitida (ver figura).



a) Ao incidirem perpendicularmente à superfície apenas para um valor do comprimento de onda do feixe de radar os raios reflectidos interagem construtivamente. Calcule esse comprimento de onda em função de λ_{mar} e do ângulo θ entre o feixe emitido e a normal do lugar. Faça um esquema.
b) Se quisermos detectar ondas de 5 mm de comprimento de onda, em que frequências (em GHz) deverá o satélite emitir para $\theta = 20°$?
c) Parte da radiação incidente é transmitida para o mar. Supondo que o índice de refracção da água do mar para a frequência da alínea anterior é $n = 1{,}33$, qual o comprimento de onda e a frequência do feixe de radar transmitido.
d) Qual o ângulo de desvio do feixe transmitido em relação ao feixe incidente, no caso representado na figura?

a) $2\lambda_m \sin(\theta) = m\lambda$

b) $2\lambda_m \sin(\theta) = \frac{c}{f} \Leftrightarrow f = \frac{c}{2\lambda_m \sin(\theta)} = 87{,}76\,Hz$

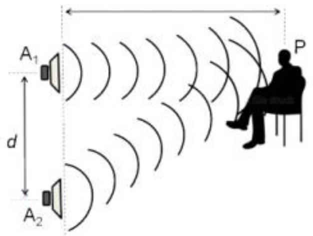
c) $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{nf} = \frac{3\times10^8}{1{,}33\times 87{,}7\times10^9} = 2{,}57\,mm$

d) $n_{ar}\sin(\theta_{ar}) = n_{agua}\sin(\theta_{agua})$

Como $\theta_{ar} = 0 \Rightarrow \theta_{agua} = 0$

P 9.7. ("Exercícios de Física", A. Noronha e P. Brogueira)

Dois altifalantes distam entre si $d = 3$m e emitem ondas sonoras em fase. No ponto P, a uma distância $D = 4$ m do altifalante A_1, está sentada uma pessoa.



a) Qual a frequência mínima do som emitido para que a intensidade em P seja máxima?
b) Qual a frequência mínima do som emitido para que a intensidade em P seja mínima? (a pessoa quase não ouve som).
c) Se o comprimento de onda do som emitido for o dobro do da alínea a), a intensidade em P ainda será máxima? E se for metade? Justifique.

a) $\sqrt{D^2 + d^2} - D = m\lambda$

$\sqrt{4^2 + 3^2} - 4 = 1 \cdot \frac{v}{f} \Leftrightarrow f = \frac{343}{\sqrt{16 + 9} - 4} = 343\,Hz$

dica: quando há 2 fontes devemos usar a diferença dos percursos

b) $\sqrt{D^2 + d^2} - D = \left(\frac{1}{2} + m\right)\lambda \quad m = 0$

$\Leftrightarrow 1 = \frac{1}{2}\lambda \Leftrightarrow 2 = \frac{343}{f} \Leftrightarrow f = 171{,}5\,Hz$

c) se $\lambda = 2\lambda$ ficamos num mínimo

se $\lambda = \frac{1}{2}\lambda$ ficamos num máximo