

## 2ª Série de Problemas Mecânica e Ondas LEE/LEGI

- 1.a) A Figura 1 representa uma onda aproximadamente sinusoidal no mar e uma bóia para prender um barco, que efectua 10 oscilações por minuto. Qual a frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação da onda?



Figura 1

- 1.b) A Figura 2 representa esquematicamente as regiões de compressão e descompressão do ar, no interior de um tubo de órgão, quando uma nota musical é produzida (neste caso, o Lá de referência da escala). A variação máxima de pressão no interior do tubo é de 28 Pa. Sabendo que a velocidade da propagação do som no ar é de 344 m/s e atendendo aos dados da figura, qual a frequência e comprimento de onda que correspondem àquela nota musical?

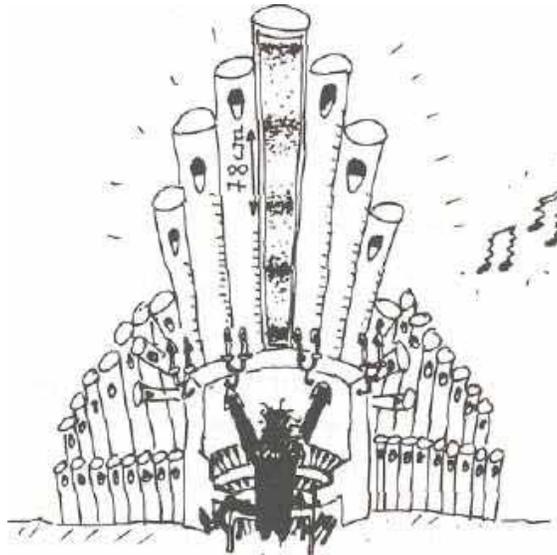


Figura 2

- 1.c)** Descreva matematicamente as duas ondas e esboce os respectivos gráficos, em função do espaço, do tempo e da variável  $x-vt$ , em que  $v$  é a velocidade de propagação. Qual é a diferença entre as duas ondas?
- 1.d)** A variação de pressão de 28 Pa corresponde ao máximo que o ouvido humano pode suportar. A que fracção da pressão atmosférica corresponde essa variação da pressão?
- 2.** Uma corda de nylon vibra no plano vertical com uma amplitude de 1 cm. Num pedaço de cartão, recortamos uma ranhura de largura aproximadamente igual ao diâmetro da corda, mas de forma a que esta possa passar livremente.
- 2.a)** Se fizer passar a corda vibrante pela ranhura, estando esta na vertical, há alguma alteração na onda que passa através da ranhura? O comprimento de onda, a velocidade ou a amplitude são alterados?
- 2.b)** Se fizer passar a corda a vibrar pela ranhura, formando esta um ângulo de  $45^\circ$  com a vertical, qual a amplitude da onda na ranhura? O comprimento de onda ou a velocidade alteram-se?
- 2.c)** E se a ranhura estiver a  $90^\circ$ , isto é, no plano horizontal? Repita a alínea 2.b) nestas condições. (Já reparou que acaba de descobrir um filtro polaróide para cordas vibrantes?)
- 2.d)** Que características (intensidade, frequência) do som produzido pela corda vibrantes e alteram nas alíneas 2.a), 2.b) e 2.c)?
- 2.e)** É possível imaginar um filtro polaróide para as ondas sonoras que se propagam no ar? Porquê?
- 3.** O espectro de comprimentos de onda para a luz visível varia entre cerca de  $40 \times 10^{-8}$  m (violeta) e cerca de  $75 \times 10^{-8}$  m (vermelho). Entre que valores varia a frequência da luz visível?
- 4.** Os morcegos orientam-se emitindo sons, que vão desde o audível aos ultra-sons, e recebendo as ondas reflectidas pelos objectos, uma técnica hoje utilizada na navegação e na detecção debaixo de água por sonar:
- 4.a)** Um morcego em «voo de cruzeiro» emite impulsos sonoros de  $2 \times 10^{-3}$  s de duração, espaçados por  $7 \times 10^{-2}$  s de silêncio. Qual a frequência e o comprimento de onda das ondas sonoras assim emitidas no ar?
- 4.b)** Qual a distância máxima a que um morcego se pode aproximar de um objecto, em «voo de cruzeiro», de forma a que a recepção do impulso sonoro reflectido pelo objecto não seja misturado com o som emitido no impulso seguinte?
- 4.c)** Os morcegos alimentam-se de insectos. Para os detectar emitem ondas na região dos ultra-sons que podem chegar a 120 kHz. Qual a frequência necessária para detectar um insecto com 5 mm de comprimento?

5. Um guitarrista vai afinar a corda em lá da sua guitarra. O comprimento da corda é 70 cm, a sua densidade é  $10^{-2}$  kg/m e o som produzido, quando está afinada, tem uma frequência de 110 Hz.
- 5.a) Calcule o comprimento de onda da onda que se propaga na corda quando esta está afinada.
- 5.b) E se a corda estiver desafinada {vibrando por exemplo a uma frequência de 100 Hz}, o comprimento de onda é o mesmo? O que é que varia quando se estica a corda?
- 5.c) Calcule a velocidade de propagação da onda na corda e a tensão a que esta fica sujeita quando está afinada.
- 5.d) Qual a frequência da 4a harmónica da corda afinada?
- 5.e) Na realidade, um guitarrista quando afina a sua guitarra compara o som de um diapásão com o som produzido pela 4a harmónica da corda afinada em lá (esta harmónica também é um lá, mas mais agudo), fazendo-os soar simultaneamente. Se o guitarrista ouvir dois batimentos por segundo e se o diapásão tiver uma frequência de 440 Hz, que frequências pode ter a corda?
- 5.f) Quantos batimentos por segundo tem o guitarrista de ouvir para que a corda esteja afinada (frequência da 4a harmónica igual à do diapásão)?
6. Duas cordas com o mesmo raio e de materiais diferentes foram ligadas topo a topo como indica a figura 3 e esticadas com uma tensão de 1N.

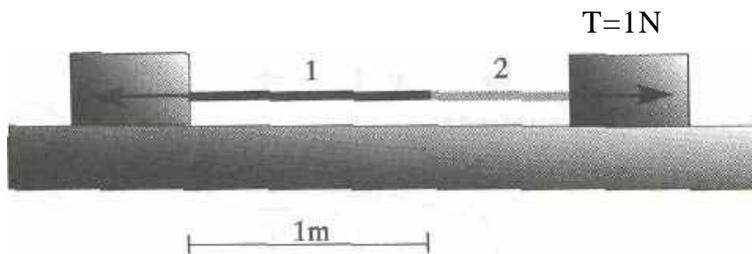


Figura 3: Corda fabricada com dois troços de materiais diferentes ligados topo a topo.

Uma onda com uma velocidade de 10 m/s e comprimento de onda de 1 m propaga-se inicialmente na corda 1.

- 6.a) Qual a frequência e o comprimento de onda da onda que se transmite para o segmento de corda 2, sabendo que aí a velocidade de propagação é 5 m/s?
- 6.b) Qual a razão entre a densidade linear (kg/m) do material da corda 1 e a da corda 2? E a razão entre as massas específicas ( $\text{kg/m}^3$ )?
- 6.c) Se a corda 1 tiver 1 m, que comprimento mínimo deverá ter a corda 2 para manter uma onda estacionária?