

## Lista 5 - 7600104

1. Uma corda de violino, de comprimento 40 cm e massa 1,2 g vibra a 500 Hz na frequência fundamental.
  - (a) Qual o comprimento de onda da onda estacionária na corda?
  - (b) Qual a tração na corda?
  - (c) Onde a corda deve ser presa pelo dedo para que a frequência da vibração seja 650 Hz?
  
2. Uma onda transversal, de frequência 40 Hz, propaga-se por uma corda. A diferença de fase entre dois pontos desta corda que distam 5 cm de si é  $\pi/6$ .
  - (a) Qual o comprimento de onda da onda?
  - (b) Qual a diferença de fase entre dois deslocamentos, num mesmo ponto, separados no tempo por 5 ms?
  - (c) Qual a velocidade da onda?
  
3. Calcule as velocidades das ondas transversais e longitudinais que se propagam em um bloco de aço?
  
4. Quer-se fazer uma transmissão de potência ao longo de um fio metálico tensionado, por meio de ondas harmônicas transversais. A velocidade da onda é 10 m/s e a densidade linear de massa do fio é 0,01 kg/m. A fonte de potência oscila com amplitude de 0,05 mm.
  - (a) Qual a potência média transmitida pelo fio na frequência de 400 Hz?
  - (b) A potência transmitida pode ser aumentada variando ou a tensão no fio, ou a frequência da fonte, ou a amplitude das ondas. Qual deve ser a alteração de cada uma destas grandezas para que a potência transmitida aumente por um fator de 100, ocorrendo a alteração em apenas uma delas?
  - (c) Qual, entre as três grandezas mencionadas, seria possivelmente mais fácil de alterar?
  
5. Um diapasão preso a um fio tensionado gera ondas transversais. A vibração do diapasão é perpendicular ao fio. A sua frequência é 400 Hz e a amplitude da sua oscilação 0,50 mm. O fio tem a densidade linear de massa de 0,01 kg/m e está sob tensão de 1 kN. Admita que não existam, no fio, ondas refletidas.
  - (a) Ache o período e a frequência das ondas no fio.
  - (b) Qual a velocidade das ondas?
  - (c) Qual a comprimento das ondas e qual o número de onda?
  - (d) Escreva uma função de onda apropriada para as ondas no fio.
  - (e) Calcule a velocidade máxima e a aceleração máxima de um ponto do fio.
  - (f) Qual deve ser a taxa média de energia fornecida ao diapasão a fim de mantê-lo oscilando com amplitude constante?
  
6. Uma corda pesada e homogênea de 3 m de comprimento está presa ao teto de uma sala e pende livremente.
  - (a) Mostre que a velocidade das ondas transversais na corda independe da sua massa e do seu comprimento, mas depende da distância em relação à ponta livre da corda  $y$  de acordo com  $v = \sqrt{gy}$ , onde  $g$  é a aceleração da gravidade.
  - (b) Se a extremidade livre da corda receber um deslocamento lateral momentâneo, quanto tempo leva o pulso ondulatório resultante para ir até o teto, refletir-se e retornar?

7. Um alfinete de 0,1 g cai de uma altura de 1 m, 0,05% da sua energia mecânica se converte num pulso sonoro que tem a duração de 0,1 s.

(a) Estime a distância máxima a que se pode ouvir a queda do alfinete admitindo que a intensidade mínima audível seja de aproximadamente  $10 \text{ pW/m}^2$ .

(b) Analisando o gráfico da Fig. 1, a que frequência (ou frequências) corresponderia o som dessa queda?

(c) O resultado conseguido em (a) é provavelmente exagerado em virtude do ruído de fundo que existe no ambiente. Admitindo que o nível de intensidade deva ser de pelo menos 40 dB para que um som possa ser ouvido, estime a distância a que se pode ouvir a queda do alfinete.

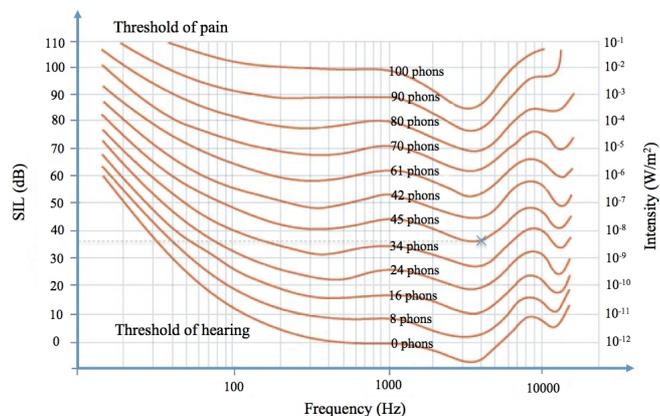


Figura 1: A escala decibel e a sensibilidade do ouvido humano.

OBS.: Por simplicidade, admita que a intensidade seja  $P/4\pi r^2$ .

8. Um alto-falante, num concerto de rock, gera  $10^{-2} \text{ W/m}^2$  a 20 m, na frequência de 1 kHz. Vamos admitir que o alto-falante emita uniformemente a sua energia no hemisfério frontal e que não haja energia refletida pelo solo ou por outros obstáculos de modo que a intensidade do som possa ser estimada por  $I = P/2\pi r^2$ .

(a) Qual o nível de intensidade a 20 m? Dê sua resposta em decibéis e em “phons”, a escala de intensidade definida na Fig. 1.

(b) Qual a potência acústica total emitida pelo alto-falante nessa frequência?

(c) A que distância o nível de intensidade atingirá o limiar máximo da audição dolorosa, 120 dB?

(d) Qual o nível de intensidade a 30 m? Dê sua resposta em  $\text{W/m}^2$ , em decibéis e em “phons”.

(e) Qual a amplitude do deslocamento das partículas de ar nessa distância?

(f) O que mudaria nas suas respostas se o alto-falante gerasse  $10^{-2} \text{ W/m}^2$  de potência a 20 m de distância na frequência de 2 kHz?

9. Considere uma fonte que emite uma onda sonora a 200 Hz e se desloca com uma velocidade de 80 m/s em relação ao ar tranquilo na direção de um ouvinte estacionário. Sendo a velocidade de propagação do som no ar tranquilo igual a 340 m/s,

(a) ache o comprimento de onda do som entre a fonte e o ouvinte. Ache frequência ouvida pelo ouvinte.

Considere a situação no referencial onde a fonte está em repouso. Neste referencial, o ouvinte se move na direção da fonte, com a velocidade do 80 m/s, e há um vento soprando, a 80 m/s, do ouvinte para a fonte.

(b) Qual a velocidade do som, neste referencial entre o ouvinte e a fonte? Ache o comprimento de onda do som entre a fonte e o ouvinte. Ache a frequência percebida pelo ouvinte.

Considere agora que é o ouvinte se move a 80 m/s em relação ao ar tranquilo na direção da fonte que está estacionária.

(c) Qual o comprimento de onda do som entre a fonte e o ouvinte? Qual a frequência percebida pelo ouvinte?

Considere a situação no referencial do ouvinte.

(d) Qual a velocidade do vento neste referencial? Qual a velocidade do som, entre a fonte e o ouvinte neste referencial, isto é, em relação ao ouvinte?

(e) Ache o comprimento de onda do som entre a fonte e o ouvinte neste referencial. Ache a frequência ouvida pelo ouvinte.

10. Um dispositivo fotográfico de exposição rápida, projetado para fotografar um projétil explodindo um determinado alvo, está ilustrado na Fig. 2. A onda de choque do projétil, detectada pelo microfone, é usada para acionar o dispositivo fotográfico. Sendo que a velocidade do projétil é  $v = \alpha c$ , onde  $c$  é a velocidade do som no ar e  $\alpha > 1$  é uma constante, a que distância  $x$  o microfone deve ser colocado para que o dispositivo funcione apropriadamente?

11. Usando o princípio de Fermat da óptica (que diz que a luz vai de um ponto ao outro pelo caminho que leva o menor tempo), deduza a lei de Snell.

12. Seja uma corda esticada com uma densidade linear de massa igual a  $\mu_1$  transportando ondas transversais com velocidade  $v_1$  que incidem sobre um ponto  $P$  onde a corda é conectada a uma segunda corda, de densidade linear igual a  $\mu_2$  e onde a velocidade da onda é  $v_2$ . Por simplicidade, vamos considerar que a onda propagante incidente é uma onda harmônica de amplitude  $A_{in}$ . Sendo assim, as ondas refletida e transmitida também são ondas harmônicas. Seja  $A_R$  e  $A_T$  as amplitudes das ondas refletida e transmitida, respectivamente. Por definição  $R \equiv \frac{A_R}{A_{in}}$  e  $T \equiv \frac{A_T}{A_{in}}$  são os coeficientes de reflexão e transmissão, respectivamente. Igualando a potência incidente sobre o ponto  $P$  à soma das potências refletida e transmitida, deduza que  $1 = R^2 + \left(\frac{v_1}{v_2}\right) T^2$ . (Essa relação é válida de maneira geral, e não somente para ondas harmônicas.)

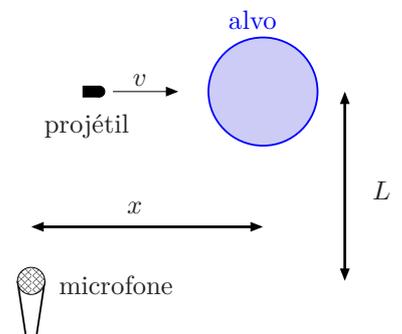


Figura 2: Dispositivo fotográfico de exposição rápida.