

Ondas Sonoras

1. Considerações iniciais

As ondas sonoras são ondas mecânicas, ou seja, não se propagam no vácuo. Elas são ondas de pressão, determinadas pela propagação através do meio de variações de pressão das moléculas. Além disso, como a direção de vibração das moléculas do meio coincide com a direção de propagação, as ondas sonoras são ondas longitudinais.

Para o homem, só são audíveis ondas sonoras cujas frequências estejam entre 16 Hz e 20000 Hz, sendo chamadas de sons.

A velocidade de propagação das ondas sonoras depende das propriedades do meio, sendo a densidade um fator de grande influência. De modo geral, as maiores velocidades ocorrem nos meios sólidos e as menores, nos meios gasosos.

2. Intensidade e nível de intensidade

A intensidade do som é que nos permite classificar a onda sonora recebida em forte ou fraca. Ela é definida como sendo a razão entre a potência e a área $I = \frac{P}{A}$.

Para cada valor de frequência há uma intensidade mínima audível e uma máxima, que representa o limiar de sensação dolorosa. Para sons de frequência 1000 Hz, por exemplo, o ouvido é sensível para intensidades desde 10^{-12} W/m^2 até 10^0 W/m^2 .

Para relacionar corretamente a grandeza física com a sensação

auditiva, definiu-se o nível de intensidade $N = \log \frac{I}{I_0}$, cuja unidade é o bel. Como o bel é uma unidade grande, costuma-se

utilizar o decibel, mudando a fórmula para $N = 10 \log \frac{I}{I_0}$.

Logo, a diferença de nível de intensidade entre dois sons de intensidade energética I_1 e I_2 é dada por, em decibels:

$$\Delta N = 10 \log \frac{I_1}{I_2}$$

3. Altura do som e intervalo

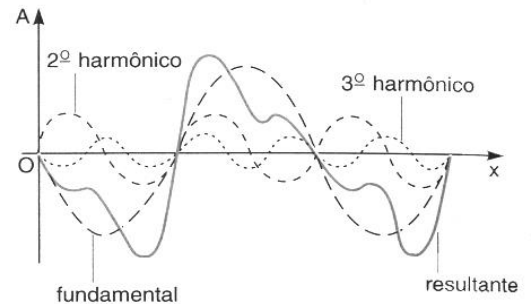
A altura do som é a qualidade que permite classificá-lo como som mais grave ou mais agudo. Quanto maior a frequência do som, mais agudo ele será. Quanto menor a frequência do som, mais grave ele será. O intervalo entre dois sons de frequências f_1 e f_2 , com $f_2 > f_1$, é dado por:

$$i = \frac{f_2}{f_1}$$

Quando $i = 1$, o intervalo é de uníssono. Quando $i = 2$, o intervalo é de oitava. Quando o intervalo entre dois sons é um número inteiro maior que 1, os sons de frequência maior são denominados harmônicos do de frequência mais baixa, chamado de som fundamental.

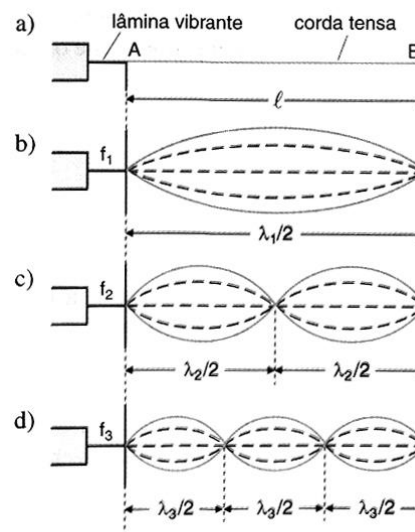
4. Timbre de um som

O timbre de um som é a sensação característica causada pela presença de harmônicos acompanhando o som fundamental. Quando um instrumento musical emite uma nota, o som emitido é uma onda sonora resultante da superposição de várias vibrações com diferentes frequências e intensidades. A frequência da onda resultante é igual à frequência do som fundamental.



5. Cordas vibrantes

Considere um fio de comprimento ℓ preso em uma extremidade a uma parede fixa e a outra presa a um vibrador, formando ondas estacionárias. Nelas, as extremidades A e B são sempre nós.



Uma corda apresenta várias frequências naturais de vibração. O fio sob tensão apresenta n modos de vibração, em que n corresponde ao número de ventres ou a ordem do harmônico, e a frequência é dada por:

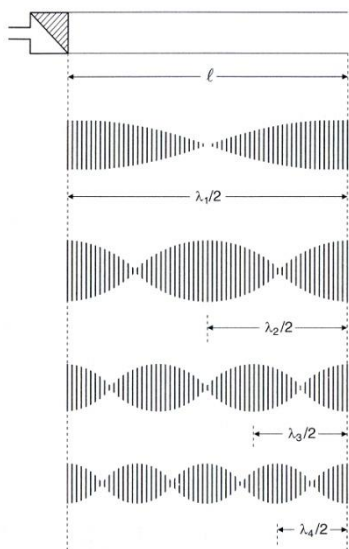
$$f_n = n \frac{v}{2\ell}$$

Para a frequência fundamental (ou primeiro harmônico) temos $n = 1$. Para a segunda frequência natural (ou segundo harmônico) temos $n = 2$ e assim por diante.

6. Tubos sonoros

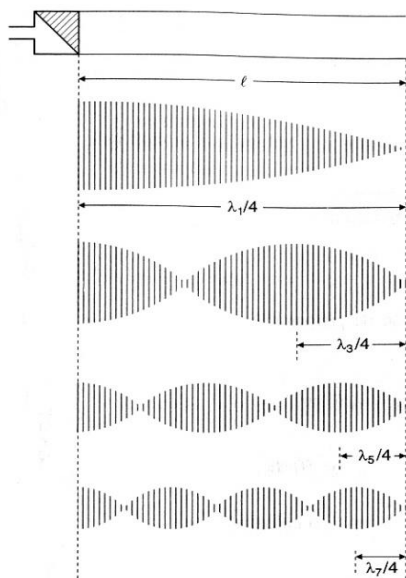
Os tubos sonoros são dispositivos contendo uma coluna gasosa que pode vibrar quando estimulada por uma fonte de vibrações chamada embocadura. Eles podem ser abertos ou fechados.

A extremidade da embocadura é sempre um ventre da onda estacionária. Quando o tubo é aberto, a extremidade oposta é um ventre. Quando o tubo é fechado, a extremidade oposta é um nó.



Para o tubo aberto, o harmônico de ordem n tem frequência dada por:

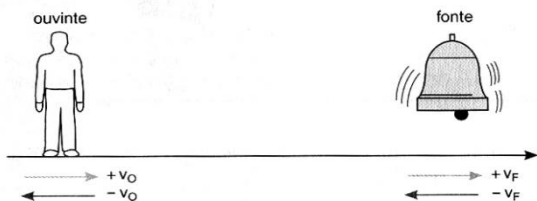
$$f_n = n \frac{v}{2l}$$



Para um tubo fechado, observa-se que só são possíveis os harmônicos de ordem ímpar. Então, para o harmônico de ordem ímpar temos:

$$f_i = \frac{iv}{4l}$$

7. Efeito Doppler



Denominamos efeito Doppler o fato de ouvir-se um som de frequência diferente da frequência emitida pela fonte, quando há movimento relativo entre a fonte e o ouvinte.

$$f_{ap} = f \frac{v_S \pm v_O}{v_S \pm v_F}$$

EXERCÍCIOS

1. (PUC/GO-2017) No Texto 6, Arandir afirma não ter ouvido uma das perguntas do delegado Cunha. O aparelho auditivo humano pode se sensibilizar com muita facilidade. Somos capazes de captar sons com uma intensidade de 10^{-12} W/m^2 (limiar de audição) e escutamos em uma faixa de frequência que vai de 20 Hz a 20000 Hz. Considere a velocidade do som no ar de 340 m/s e analise as afirmativas a seguir:

I - Se o delegado Cunha emitir um som de 60 dB (conversa comum), a intensidade sonora produzida por ele será de 10^{-6} W/m^2 .

II - Arandir poderia ouvir melhor o delegado Cunha se seus ouvidos estivessem submersos em água, uma vez que a frequência do som emitido seria modificada.

III - A velocidade do som emitido por Cunha é a mesma, independentemente do meio físico em que ele se encontre.

IV - O comprimento de onda do som emitido no ar por uma pessoa, equivalente à menor frequência audível, é de 17m.

Em relação às proposições analisadas, assinale a única alternativa cujos itens estão todos corretos:

- a) I e II. b) I e IV. c) II e III. d) III e IV

2. (ENEM/PPL-2013) Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas. Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?

- a) A altura da onda sonora.
 b) A amplitude da onda sonora.
 c) A frequência da onda sonora.
 d) A velocidade da onda sonora.
 e) O timbre da onda sonora.

3. (FUVEST-2016) O nível de intensidade sonora β , em decibéis

(dB), é definido pela expressão $\beta = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$, na qual I é a

intensidade do som em W/m^2 e $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ é um valor de referência. Os valores de nível de intensidade sonora $\beta = 0$ e $\beta = 120$ dB correspondem, respectivamente, aos limiares de audição e de dor para o ser humano.

Como exposições prolongadas a níveis de intensidade sonora elevados podem acarretar danos auditivos, há uma norma regulamentadora (NR-15) do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, que estabelece o tempo máximo de 8 horas para exposição ininterrupta a sons de 85 dB e especifica que, a cada acréscimo de 5 dB no nível da intensidade sonora, deve-se dividir por dois o tempo máximo de exposição. A partir dessas informações, determine (dados: $\pi = 3$; diâmetro do tímpano = 1cm)

a) a intensidade sonora I_D correspondente ao limiar de dor para o ser humano;

- b) o valor máximo do nível de intensidade sonora β , em dB, a que um trabalhador pode permanecer exposto por 4 horas seguidas;
 c) os valores da intensidade I e da potência P do som no tímpano de um trabalhador quando o nível de intensidade sonora é 100 dB.

4. (AMAN) Num estádio de futebol, o nível de intensidade sonora é normalmente de 60 dB. No momento de um gol a intensidade sonora amplia-se 1000 vezes. O nível de intensidade sonora no instante do gol vale:

- a) 60 000 dB b) 63 dB c) 120 dB
 d) 90 dB e) 70 dB

5. (IMEPAC-2015/2) Mariana, ao chegar em casa, após uma aula de Física, faz o seguinte comentário com sua mãe, que canta enquanto limpa a casa: "Mãe o timbre de sua voz é facilmente reconhecido. Essa música é muito alta e o som é forte".

A esse respeito, é **CORRETO** afirmar que as grandezas utilizadas por Mariana em sua fala se tratam, respectivamente, dos seguintes elementos de uma onda sonora:

- a) Forma, amplitude e frequência.
 b) Frequência, amplitude e forma.
 c) Forma, frequência e amplitude.
 d) Amplitude, forma, frequência.

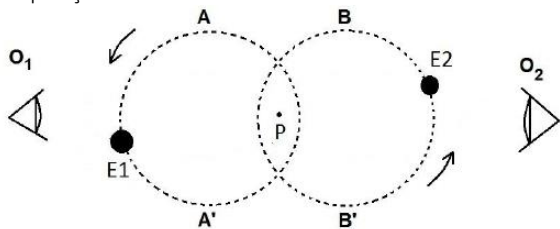
6. (UFPR) Os pianos têm, em geral, uma extensão de sete oitavas. Sabendo-se que o lá padrão (lá_3) tem uma frequência de 440 Hz e que há quatro oitavas abaixo e três acima desse tom, pode-se concluir que as frequências correspondentes às notas lá extremas valem:

- a) 15,7 Hz e 9240 Hz b) 27,5 Hz e 3520 Hz
 c) 16 Hz e 16000 Hz d) 110,0 Hz e 1320 Hz
 e) – 1320 Hz e 1760 Hz

7. (UFPR) Uma flauta e um violino emitem a mesma nota. O som da flauta pode ser distinguido perfeitamente do som do violino, devido à diferença de:

- a) comprimento de onda dos dois sons fundamentais.
 b) frequência das ondas fundamentais.
 c) comprimento dos instrumentos.
 d) timbre dos dois sons.
 e) períodos das frequências fundamentais.

8. (UFU-2015/2) Nas galáxias, há uma diversidade de estrelas que se organizam em pares, chamadas estrelas binárias. Elas orbitam um centro de massa, localizado entre elas. O esquema a seguir representa um par de estrelas (E_1 e E_2) que orbitam um ponto P e são vistas por dois observadores (O_1 e O_2). Considere que A , A' , B e B' são posições distintas em suas órbitas em torno de P .



Tendo em vista a situação descrita, considere as afirmativas a seguir.

I. Para O_1 , a luz de E_1 será vista com menor frequência quando ela estiver passando por A do que quando estiver passando por A' .

II. Para O_2 , a luz de E_1 será vista com maior frequência quando ela estiver passando por A do que quando estiver passando por A' .

III. Para O_2 , a luz de E_1 será vista com menor comprimento de onda quando ela estiver passando por A' do que quando estiver passando por A .

IV. Para O_2 , a luz de E_2 será vista com maior comprimento de onda quando ela estiver passando por B do que quando estiver passando por B' .

Assinale a alternativa que apresenta apenas afirmativas corretas.

- a) III e IV. b) II e III. c) II e IV. d) I e III.

9. (UCB-2018) Equipamentos médicos de ultrassom funcionam utilizando como base o princípio físico do tempo de eco para calcular distâncias dentro do corpo. Calcule a profundidade em que se encontra um cisto cujo tempo de eco para uma onda com 2,0 MHz e comprimento de 0,75mm no tecido mole humano foi de 60 μ s.

- a) 9,0cm. b) 18cm. c) 4,5cm.
 d) 3,0cm. e) 1,5cm.

10. (ENEM-2ª APLICAÇÃO-2016) As notas musicais podem ser agrupadas de modo a formar um conjunto. Esse conjunto pode formar uma escala musical. Dentre as diversas escalas existentes, a mais difundida é a escala diatônica, que utiliza as notas denominadas dó, ré, mi, fá, sol, lá e si. Essas notas estão organizadas em ordem crescente de alturas, sendo a nota dó a mais baixa e a nota si a mais alta. Considerando uma mesma oitava, a nota si é a que tem menor

- a) amplitude. b) frequência.
 c) velocidade. d) intensidade.
 e) comprimento de onda.

11. (UNIFENAS-2016) Num violão existem diversas cordas fixas nas extremidades. Uma delas, com comprimento de 90 centímetros, quando dedilhada, gera 3 ventres.

A densidade da corda é de 10 gramas por metro, sendo tracionada por uma força de 49 newtons. O som se propaga no ar com 340 m/s. Qual é a velocidade da onda na corda?

- a) 70 m/s. b) 65 m/s. c) 60 m/s.
 d) 55 m/s. e) 50 m/s.

12. (UFG-2010) Um violão possui seis cordas de mesmo comprimento L , porém, de massas diferentes. A velocidade de propagação de uma onda transversal em uma corda é dada por

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}, \text{ onde } T \text{ é a tensão na corda e } \mu, \text{ sua densidade linear}$$

de massa. A corda vibra no modo fundamental, no qual o comprimento L corresponde a meio comprimento de onda λ . A frequência de vibração de uma corda do violão aumentará se

- a) μ aumentar. b) v diminuir.
 c) L diminuir. d) λ aumentar.
 e) T diminuir.

13. (ITA) Quando afinadas, a frequência fundamental da corda lá de um violino é de 440 Hz e a frequência fundamental da corda mi deste mesmo instrumento é de 660 Hz. A que distância da extremidade da corda lá deve-se colocar o dedo para se obter o som correspondente da corda mi?

O comprimento total da corda lá é igual a L e a distância pedida deve corresponder ao comprimento vibratório da corda.

- a) $\frac{4L}{9}$ b) $\frac{L}{2}$ c) $\frac{3L}{5}$
 d) $\frac{2L}{3}$ e) Não é possível a experiência.

14. (EINSTEIN-2016) Em 1816 o médico francês René Laënnec, durante um exame clínico numa senhora, teve a ideia de enrolar uma folha de papel bem apertada e colocar seu ouvido numa das extremidades, deixando a outra livre para ser encostada na paciente. Dessa forma, não só era evitado o contato indesejado com a paciente, como os sons se tornavam muito mais audíveis. Estava criada assim a ideia fundamental do estetoscópio [do grego, "stethos" (peito) "skopeo" (olhar)].



É utilizado por diversos profissionais, como médicos e enfermeiros, para **auscultar** (termo técnico correspondente a escutar) sons vasculares, respiratórios ou de outra natureza em diversas regiões do corpo. É composto por três partes fundamentais. A **peça auricular** tem formato anatómico para adaptar-se ao canal auditivo. Os **tubos condutores** do som a conectam a **peça auscultatória**.

E, por fim, a peça auscultatória, componente metálico colocado em contato com o corpo do paciente. Essa peça é composta por uma campânula, que transmite melhor os sons de baixa frequência – como as batidas do coração – e o diafragma, que transmite melhor os sons de alta frequência, como os do pulmão e do abdômen.

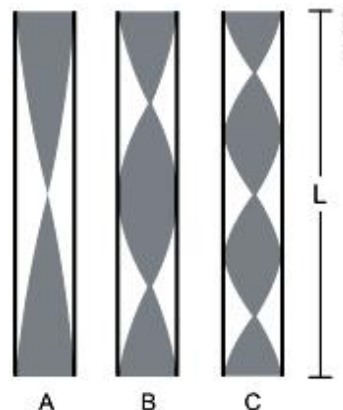


A folha de papel enrolada pelo médico francês René Laënnec pode ser interpretada como um tubo sonoro aberto. Considerando o comprimento desse tubo igual a 34cm e que, ao auscultar um paciente, houve a formação, no interior desse tubo, de uma onda estacionária longitudinal de segundo harmônico e que se propagava com uma velocidade de 340m/s, qual a frequência dessa onda, em hertz?

- a) 250 b) 500 c) 1000 d) 2000

15. (ENEM/PPL-2015) Em uma flauta, as notas musicais possuem frequências e comprimentos de onda (λ) muito bem definidos. As figuras mostram esquematicamente um tubo de comprimento L , que representa de forma simplificada uma flauta, em que estão representados: em A o primeiro harmônico de uma nota musical

(comprimento de onda λ_A) em B seu segundo harmônico (comprimento de onda λ_B) e em C o seu terceiro harmônico (comprimento de onda λ_C) onde $\lambda_A > \lambda_B > \lambda_C$.

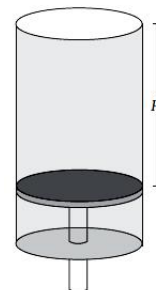


Em função do comprimento do tubo, qual o comprimento de onda da oscilação que forma o próximo harmônico?

- a) $\frac{L}{4}$ b) $\frac{L}{5}$ c) $\frac{L}{2}$
 d) $\frac{L}{8}$ e) $\frac{6L}{8}$

16. (PUC/GO-2015/2) No segmento do Texto 1 “e todas as maldições ressoaram tremendas” é feita uma menção figurada ao fenômeno físico da ressonância. Um exemplo de ressonância pode ser observado em um tubo sonoro que amplifica um som em uma frequência específica. Suponha um tubo com um êmbolo que, ao se mover, modifica a profundidade H da cavidade do tubo, como mostra a figura.

Um diapasão de 500 Hz é posto para vibrar próximo à boca do tubo, fazendo que ele amplifique o som produzido, devido à ressonância. Considerando-se que a menor profundidade H em que ocorre a amplificação do som (ressonância) seja igual a 17cm, e que as demais condições permaneçam inalteradas, podemos afirmar que:



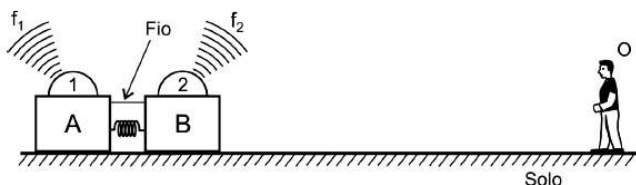
- I - O comprimento de onda será igual 34cm.
 II - O segundo harmônico ocorrerá quando a profundidade H for igual a 51cm.
 III - A velocidade do som nas condições locais será igual a 340 m/s.
 IV - Se a profundidade máxima da cavidade do tubo for de 80cm, então será possível observar um terceiro harmônico nesse tubo.
 Com base nas sentenças anteriores, marque a alternativa em que todos os itens estão corretos:
 a) I e II. b) I, e IV. c) II e III. d) III e IV.

17. (FUVEST-2016) Miguel e João estão conversando, parados em uma esquina próxima a sua escola, quando escutam o toque da sirene que indica o início das aulas.

Miguel continua parado na esquina, enquanto João corre em direção à escola. As ondas sonoras propagam-se, a partir da sirene, em todas as direções, com comprimento de onda $\lambda = 17 \text{ cm}$ e velocidade $V_s = 340 \text{ m/s}$, em relação ao ar. João se aproxima da escola com velocidade de módulo $v = 3,4 \text{ m/s}$ e direção da reta que une sua posição à da sirene. Determine

- a frequência f_M do som da sirene percebido por Miguel parado na esquina;
 - a velocidade v_R do som da sirene em relação a João correndo;
 - a frequência f_J do som da sirene percebido por João quando está correndo.
- Miguel, ainda parado, assobia para João, que continua correndo. Sendo o comprimento de onda do assobio igual a 10 cm , determine
- a frequência f_A do assobio percebido por João.

18. (AFA-2017) Duas fontes sonoras 1 e 2, de massas desprezíveis, que emitem sons, respectivamente, de frequências $f_1 = 570 \text{ Hz}$ e $f_2 = 390 \text{ Hz}$ são colocadas em um sistema, em repouso, constituído por dois blocos, A e B, unidos por um fio ideal e inextensível, de tal forma que uma mola ideal se encontra comprimida entre eles, como mostra a figura.



A fonte sonora 1 está acoplada ao bloco A, de massa $2m$, e a fonte sonora 2 ao bloco B, de massa m . Um observador O, estacionário em relação ao solo, dispara um mecanismo que rompe o fio. Os blocos passam, então, a se mover, separados da mola, com velocidades constantes em relação ao solo, sendo que a velocidade do bloco B é de 80 m/s . Considere que não existam forças dissipativas, que a velocidade do som no local é constante e igual a 340 m/s , que o ar se encontra em repouso em relação ao solo. Nessas condições, a razão entre as frequências sonoras percebidas pelo observador, devido ao movimento das fontes 2 e 1, respectivamente, é

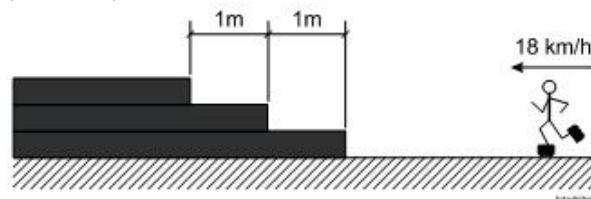
- 1
- 2
- 3
- 4

19. (PUC/SP-2016) Uma jovem de 60 kg realiza seu primeiro salto de paraquedas a partir de um helicóptero que permanece estacionário. Desde o instante do salto até o momento em que ela aciona a abertura do paraquedas, passam-se 12 s e durante todo esse tempo em que a jovem cai em queda livre, ela emite um grito de desespero cuja frequência é de 230 Hz . Considerando a velocidade do som igual a 340 m/s e o módulo da aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 , determine a frequência aparente aproximada desse grito, emitido no instante 12 s , quando percebida pelo instrutor de salto situado no helicóptero.



- 140
- 160
- 170
- 230

20. (IME-2017)



Um patinador em velocidade constante de 18 km/h vai ao encontro de uma escadaria, batendo palma. O som produzido pela palma é refletido horizontalmente em cada degrau de 1 m de largura, fazendo com que o patinador perceba um som composto por vários tons. A menor componente de frequência da onda sonora refletida percebida com um máximo de intensidade pelo patinador, em Hz, é: (**dado:** velocidade de propagação do som: 340 m/s)

- 167,5
- 170,0
- 172,5
- 340,0
- 345,0

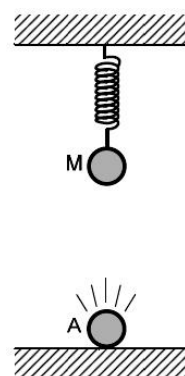
21. (ITA-2007) Numa planície, um balão meteorológico com um emissor e receptor de som é arrastado por um vento forte de 40 m/s contra a base de uma montanha. A frequência do som emitido pelo balão é de 570 Hz e a velocidade de propagação do som no ar é de 340 m/s .

Assinale a opção que indica a frequência refletida pela montanha e registrada no receptor do balão.

- 450 Hz
- 510 Hz
- 646 Hz
- 722 Hz
- 1292 Hz

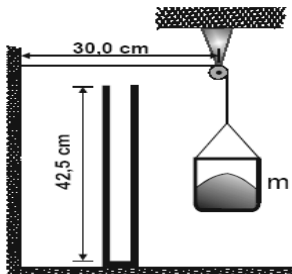
22. (IME-2018) Como mostra a figura, um microfone M está pendurado no teto, preso a uma mola ideal, verticalmente acima de um alto-falante A, que produz uma onda sonora cuja frequência é constante. O sistema está inicialmente em equilíbrio. Se o microfone for deslocado para baixo de uma distância d e depois liberado, a frequência captada pelo microfone ao passar pela segunda vez pelo ponto de equilíbrio será:

Dados: frequência da onda sonora produzida pelo alto-falante: f ; constante elástica da mola: k ; massa do microfone: m ; e velocidade do som: v_s .



- $f \left(1 - \frac{d}{v_s} \sqrt{\frac{2k}{m}} \right)$
- $f \left(1 + \frac{d}{v_s} \sqrt{\frac{k}{m}} \right)$
- $f \left(1 - \frac{d}{v_s} \sqrt{\frac{k}{m}} \right)$
- $f \left(1 + \frac{d}{v_s} \sqrt{\frac{2k}{m}} \right)$
- $f \left(1 - \frac{d}{v_s} \sqrt{\frac{k}{2m}} \right)$

23. (UFG-2004) O esquema da figura mostra uma experiência em que pouco a pouco se adiciona areia ao balde que tensiona o fio, até que o som emitido pelo fio, quando tangido, produza, no interior de um tubo aberto na parte superior e fechado na parte de baixo, ondas estacionárias ressonantes no modo fundamental. A densidade linear do fio é de 5 g/m , a distância entre a roldana e a parede é de $30,0\text{cm}$ e o tubo tem $42,5\text{cm}$ de comprimento. Considerando a velocidade do som no ar 340 m/s e a aceleração da gravidade 10 m/s^2 , calcule:

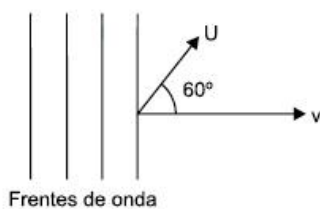


- a) a frequência da onda sonora produzida;
b) a massa total do balde com areia, quando ocorre a ressonância.

24. (FUVEST-2018) Um alto-falante emitindo som com uma única frequência é colocado próximo à extremidade aberta de um tubo cilíndrico vertical preenchido com um líquido. Na base do tubo, há uma torneira que permite escoar lentamente o líquido, de modo que a altura da coluna de líquido varie uniformemente no tempo. Partindo-se do tubo completamente cheio com o líquido e considerando apenas a coluna de ar criada no tubo, observa-se que o primeiro máximo de intensidade do som ocorre quando a altura da coluna de líquido diminui 5cm e que o segundo máximo ocorre um minuto após a torneira ter sido aberta. Determine (**Dados:** velocidade do som no ar = 340 m/s ; velocidade do som no líquido = 1700 m/s)

- a) o módulo da velocidade v de diminuição da altura da coluna de líquido;
b) a frequência f do som emitido pelo alto-falante.
Sabendo que uma parcela da onda sonora pode se propagar no líquido, determine
c) o comprimento de onda λ deste som no líquido;
d) o menor comprimento L da coluna de líquido para que haja uma ressonância deste som no líquido.

25. (FUVEST-2003) Uma onda sonora considerada plana, proveniente de uma sirene em repouso, propaga-se no ar parado, na direção horizontal, com velocidade V igual a 330m/s e comprimento de onda igual a $16,5\text{cm}$. Na região em que a onda está se propagando, um atleta corre, em uma pista horizontal, com velocidade U igual a $6,60\text{m/s}$, formando um ângulo de 60° com a direção de propagação da onda. O som que o atleta ouve tem frequência aproximada de



- a) 1960 Hz
b) 1980 Hz
c) 2000 Hz
d) 2020 Hz
e) 2040 Hz

26. (UFG-2009/2) Em uma partida de futebol no estádio Serra Dourada, o juiz apita e marca um pênalti quando o zagueiro para a bola com a mão após um apito emitido por um torcedor. Naquele instante, o juiz estava a 40m do zagueiro e o torcedor a 80m .

Dado: $\log 2 \approx 0,3$

Calcule a diferença entre os níveis audíveis percebidos pelo zagueiro dos apitos do juiz e do torcedor. Considere que os apitos são idênticos e soprados com a mesma intensidade.

27. (UFPR-2013) Um instrumento musical de cordas possui cordas metálicas de comprimento L . Uma das cordas possui diâmetro d , densidade ρ e, quando sujeita a uma tensão T , vibra com uma frequência fundamental de 420 Hz . Suponha que um músico troque essa corda por outra de mesmo material e comprimento, mas com a metade do diâmetro da corda original. Considere que as cordas estão fixas nas suas extremidades. Faça o que se pede, justificando suas respostas.

- a) Encontre a expressão para a velocidade de propagação da onda na corda em função das grandezas T , d e ρ .
b) Determine a velocidade da onda na nova corda, quando sujeita a uma tensão quatro vezes superior à primeira, em função da velocidade na corda original.
c) Calcule a frequência fundamental nessa nova situação.

GABARITO

1. B
2. B
3. a) $1,0 \text{ W/m}^2$ b) 90 dB
c) $1 \cdot 10^{-2} \text{ W/m}^2$; $7,5 \cdot 10^{-7} \text{ W}$
4. D
5. C
6. B
7. D
8. A
9. C
10. E
11. A
12. C
13. D
14. C
15. C
16. C
17. a) 2000 Hz b) $343,4 \text{ m/s}$
c) 2020 Hz d) 3366 Hz
18. A
19. C
20. C
21. D
22. B
23. a) 200 Hz b) $7,2\text{kg}$
24. a) $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ b) $1,7 \cdot 10^3 \text{ Hz}$
c) $1,0\text{m}$ d) $0,5\text{m}$
25. B
26. 6 dB
27. a) $v = \frac{2}{d} \sqrt{\frac{T}{\pi\rho}}$ b) $4v$
c) 1680 Hz