1**.** (Unesp 2016) Um experimento foi feito com a finalidade de determinar a frequência de vibração de um diapasão. Um tubo cilíndrico aberto em suas duas extremidades foi parcialmente imerso em um recipiente com água e o diapasão vibrando foi colocado próximo ao topo desse tubo, conforme a figura 1. O comprimento L da coluna de ar dentro do tubo foi ajustado movendo-o verticalmente. Verificou-se que o menor valor de L, para o qual as ondas sonoras geradas pelo diapasão são reforçadas por ressonância dentro do tubo, foi de  conforme a figura 2.



Considerando a velocidade de propagação do som no ar igual a  é correto afirmar que a frequência de vibração do diapasão, em  é igual a

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

2**.** (Uern 2015) Uma pessoa, ao soprar na extremidade aberta de um tubo fechado, obteve o som do primeiro harmônico cuja frequência é  Se o som no local se propaga com velocidade de  então o comprimento desse tubo é de

a) 

b) 

c) 

d) 

3**.** (Ufpr 2018) Uma orquestra é formada por instrumentos musicais de várias categorias. Entre os instrumentos de sopro, temos a flauta, que é, essencialmente, um tubo sonoro aberto nas duas extremidades. Uma dessas flautas tem comprimento  Considere que a velocidade do som no local vale  Levando em consideração os dados apresentados, assinale a alternativa que apresenta corretamente o valor da menor frequência (chamada de frequência fundamental) que essa flauta pode produzir.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

4**.** (Ufpe 2007) A figura mostra uma onda estacionária em um tubo de comprimento L = 5 m, fechado em uma extremidade e aberto na outra. Considere que a velocidade do som no ar é 340 m/s e determine a frequência do som emitido pelo tubo, em hertz.



5**.** (Famema 2018) A figura representa um instrumento musical de sopro constituído por um tubo de comprimento  aberto nas duas extremidades. Ao soprar esse instrumento, estimula-se a vibração do ar, produzindo ondas estacionárias, que se propagam com velocidade  dentro desse tubo, conforme a figura.



Considerando essas informações, a frequência do som emitido por esse instrumento será

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

6**.** (Fac. Albert Einstein - Medicin 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, “stêthos” (peito) “skopéo” (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 anatômico para adaptar-se ao canal auditivo. Os **tubos condutores** do som a conectam à **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  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  qual a frequência dessa onda, em hertz?

a) 

b) 

c) 

d) 

7**.** (Enem PPL 2015) Em uma flauta, as notas musicais possuem frequências e comprimentos de onda  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  em B seu segundo harmônico (comprimento de onda  e em C o seu terceiro harmônico (comprimento de onda  onde 



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

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

8**.** (Udesc 2010) A frequência fundamental de um tubo de órgão fechado é igual a 170,0 Hz. O comprimento do tubo fechado e a frequência do terceiro harmônico são, respectivamente:

a) 0,5 m e 850 Hz

b) 1,0 m e 850 Hz

c) 1,0 m e 510 Hz

d) 0,5 m e 510 Hz

e) 2,0 m e 340 Hz

9**.** (Unesp 2011) Na geração da voz humana, a garganta e a cavidade oral agem como um tubo, com uma extremidade aproximadamente fechada na base da laringe, onde estão as cordas vocais, e uma extremidade aberta na boca. Nessas condições, sons são emitidos com maior intensidade nas frequências e comprimentos de ondas para as quais há um nó (N) na extremidade fechada e um ventre (V) na extremidade aberta, como ilustra a figura. As frequências geradas são chamadas harmônicos ou modos normais de vibração. Em um adulto, este tubo do trato vocal tem aproximadamente 17 cm. A voz normal de um adulto ocorre em frequências situadas aproximadamente entre o primeiro e o terceiro harmônicos.



Considerando que a velocidade do som no ar é 340 m/s, os valores aproximados, em hertz, das frequências dos três primeiros harmônicos da voz normal de um adulto são

a) 50, 150, 250.

b) 100, 300, 500.

c) 170, 510, 850.

d) 340, 1 020, 1 700.

e) 500, 1 500, 2 500.

10**.** (Fuvest 2013) Uma flauta andina, ou flauta de pã, é constituída por uma série de tubos de madeira, de comprimentos diferentes, atados uns aos outros por fios vegetais. As extremidades inferiores dos tubos são fechadas. A frequência fundamental de ressonância em tubos desse tipo corresponde ao comprimento de onda igual a 4 vezes o comprimento do tubo. Em uma dessas flautas, os comprimentos dos tubos correspondentes, respectivamente, às notas Mi (660 Hz) e Lá (220 Hz) são, aproximadamente,

(Note e adote: A velocidade do som no ar é igual a 330 m/s.)

a) 6,6 cm e 2,2 cm.

b) 22 cm e 5,4 cm.

c) 12 cm e 37 cm.

d) 50 cm e 1,5 m.

e) 50 cm e 16 cm.

11**.** (Ufrgs 2019) Uma onda sonora propagando-se no ar é uma sucessão de compressões e rarefações da densidade do ar. Na figura abaixo, estão representadas, esquematicamente, ondas sonoras estacionárias em dois tubos, 1 e 2, abertos em ambas as extremidades. Os comprimentos dos tubos 1 e 2 são, respectivamente,  e 



Sendo  e  os respectivos comprimentos de onda das ondas representadas nos tubos 1 e 2, e  e  suas frequências, as razões entre os comprimentos de onda  e as frequências  são, nessa ordem,

a)  e 

b)  e 

c)  e 

d)  e 

e)  e 

12**.** (Udesc 2015) Dois tubos sonoros de mesmo comprimento se diferem pela seguinte característica: o primeiro é aberto nas duas extremidades e o segundo é fechado em uma das extremidades. Considerando que a temperatura ambiente seja de  e a velocidade do som igual a  assinale a alternativa que representa a razão entre a frequência fundamental do primeiro tubo e a do segundo tubo.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

13**.** (Unesp 2011) Um aluno, com o intuito de produzir um equipamento para a feira de ciências de sua escola, selecionou 3 tubos de PVC de cores e comprimentos diferentes, para a confecção de tubos sonoros. Ao bater com a mão espalmada em uma das extremidades de cada um dos tubos, são produzidas ondas sonoras de diferentes frequências. A tabela a seguir associa a cor do tubo com a frequência sonora emitida por ele:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Cor | vermelho | azul | roxo |
| Frequência (HZ) | 290 | 440 | 494 |

Podemos afirmar corretamente que, os comprimentos dos tubos vermelho (Lvermelho), azul (Lazul) e roxo (Lroxo), guardam a seguinte relação entre si:

a) Lvermelho < Lazul > Lroxo.

b) Lvermelho = Lazul = Lroxo.

c) Lvermelho > Lazul = Lroxo.

d) Lvermelho > Lazul > Lroxo.

e) Lvermelho < Lazul < Lroxo.

14**.** (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  e que o segundo máximo ocorre um minuto após a torneira ter sido aberta.

Determine

a) o módulo da velocidade de diminuição da altura da coluna de líquido;

b) a frequência do som emitido pelo alto-falante.

Sabendo que uma parcela da onda sonora pode se propagar no líquido, determine

c) o comprimento de onda  deste som no líquido;

d) o menor comprimento da coluna de líquido para que haja uma ressonância deste som no líquido.

Note e adote:

Velocidade do som no ar: 

Velocidade do som no líquido: 

Considere a interface ar-líquido sempre plana.

A ressonância em líquidos envolve a presença de nós na sua superfície.

**Gabarito:**

**Resposta da questão 1:** [B]

O comprimento **** corresponde a meio fuso ou a um quarto do comprimento de onda.



Da equação fundamental da ondulatória:



**Resposta da questão 2:** [B]

Utilizando os conceitos acerca de tubos fechados e sabendo que a frequência no tubo fechado é dada por:



Onde,  é número do harmônico.

Assim, tratando-se do primeiro harmônico, temos que:



**Resposta da questão 3:** [C]

Para o tubo aberto, temos:



**Resposta da questão 4:** f = 85 Hz.

**Resposta da questão 5:** [E]

Na figura, nota-se que o comprimento  é igual ao comprimento de onda 

Utilizando a equação fundamental das ondas:



Isolando a frequência:



**Resposta da questão 6:** [C]

A figura mostra um tubo aberto em seu segundo harmônico.



Como se pode notar nessa figura, no segundo harmônico, o comprimento de onda é igual ao comprimento do tubo.



Da equação fundamental da ondulatória:



**Resposta da questão 7:** [C]

O próximo é o 4º harmônico. No caso a flauta comporta-se como um tudo aberto, sendo a ordem do harmônico  igual a do número de fusos. Se o comprimento de um fuso é igual ao de meio comprimento de onda, tem-se:



**Resposta da questão 8:** [D]

Dados: **f1** = 170 Hz; **v** = 340 m/s.

A figura mostra os dois harmônicos citados.



No tubo fechado, a ordem do harmônico é dada pelo número de **meios** fusos formados no seu interior.

Para o 1º harmônico, o comprimento do tubo corresponde a 1 meio fuso, ou seja, ¼ do comprimento de onda. Assim:



Mas:

v = λ1 f1 ⇒ 340 = 4L(170) ⇒ L = 0,5 m.

Para o 3º harmônico, são formados 3 meios fusos: Então:



Mas:

v =λ3 f3 ⇒ f3 =  ⇒ f3 = 510 Hz.

**OBS:** o gabarito oficial da UDESC dá como resposta correta a opção [A]. Se não houve enganos por parte da banca examinadora, talvez ela tenha raciocinado da seguinte forma: como o tubo fechado só emite harmônicos ímpares, a sequência crescente de frequências é a dada a seguir:

1º harmônico: f1 = 170 Hz;

3º harmônico: f3 = 3f1 = 510 Hz;

5º harmônico: f5 = 5f1 = 850 Hz.

Como o 5º harmônico é a 3ª possibilidade, ela considerou a resposta como f3 = 850 Hz.

**Resposta da questão 9:** [E]

A figura mostra o quinto harmônico.



Observe que  → 

Como 







**Resposta da questão 10:** [C]

Conciliando a informação do enunciado e a equação fundamental da ondulatória:



 Aplicando a expressão para as duas frequências pedidas:



**Resposta da questão 11:** [C]

Percebe-se que ambos os tubos estão representando o 1º harmônico, assim cada um deles apresenta meio comprimento de onda. Assim, a razão entre os comprimentos dos tubos representa também a razão entre os comprimentos de onda.



A razão entre as frequências é obtida através da equação fundamental que relaciona também velocidade de propagação e comprimentos de onda.



**Resposta da questão 12:** [A]



A velocidade de uma onda expressa em função da frequência e de seu comprimento de onda é:



E sabendo que a velocidade de propagação de ambas são iguais:



Para o tubo 1: 

Para o tubo 2: 

Com isso, a razão das frequências será:



**Resposta da questão 13:** [D]

Consideremos que os três tubos estejam emitindo harmônicos de mesma ordem.

A velocidade de propagação do som é mesma, pois se trata do mesmo meio, no caso, o ar.

Da equação fundamental da ondulatória:

v = λf ⇒ . **(I)**

Somente para demonstração, consideremos o n-ésimo harmônico de um tudo aberto:



O comprimento de cada fuso, como mostrado, é igual a meio comprimento de onda. Assim, para **n** fusos:

L = . **(II)**

Substituindo (I) em (II), vem:



Dessa expressão, concluímos que o comprimento do tubo é inversamente proporcional à frequência do som emitido.

Na tabela de frequências dadas:

fvermelho < fazul < froxo. Então:

Lvermelho > Lazul > Lroxo

**Resposta da questão 14:** a) A partir da situação descrita no enunciado, tem-se o seguinte esquema para os dois primeiros máximos de intensidade:



Deste modo, a velocidade de escoamento será:



b) Da figura, temos que:



Logo, pela equação fundamental:



c) Dado que a frequência após a refração da onda sonora para o líquido não se altera, temos:



d) Obedecida a condição de ressonância, teremos o seguinte esquema:



Sendo assim:

