

Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Física II - 4300112 Lista de exercícios - Som - 2012

1. Uma experiência divertida consiste em mudar a tonalidade da voz enchendo a boca de gás hélio: uma voz grave transforma-se em aguda. Para explicar o efeito, admita que os comprimentos de onda associados à voz são determinados pelas dimensões das cordas vocais, laringe e boca, estas funcionando como cavidades ressonantes, de modo que a variação da tonalidade seria devida unicamente à variação da velocidade do som.

- (a) Calcule a velocidade do som no hélio a 20°C . Trata-se de um gás monoatômico de massa atômica $\approx 4\text{g/mol}$ com $\gamma \approx 1,66$. A constante universal dos gases R vale $8,314\text{ J/K.mol}$
- (b) Explique o efeito, calculando a razão entre as frequências do som no hélio e no ar para o mesmo comprimento de onda.

R: (a) $v \approx 1005,5\text{ m/s}$.

2. Um alto falante de um aparelho de som emite 1 W de potência sonora na frequência $f = 100\text{ Hz}$. Admitindo que o som se distribui uniformemente em todas as direções com velocidade de 341 m/s e que o ar tenha densidade de $1,3\text{ kg/m}^3$, determine, num ponto situado a 2 m de distância do alto-falante:

- (a) O nível sonoro em dB.
- (b) A amplitude de pressão.
- (c) A amplitude de deslocamento.
- (d) A que distância do alto-falante o nível sonoro estaria 10 dB abaixo do calculado em (a)?

R: (a) $\alpha \approx 102,99\text{ dB}$, (b) $\mathcal{P} \approx 4,2\text{ N/m}^2$, (c) $\mathcal{U} \approx 1,5 \cdot 10^{-5}\text{ m}$, (d) $r \approx 6,32\text{ m}$.

3. O tubo de Kundt, que costumava ser empregado para medir a velocidade do som em gases, é um tubo de vidro que contém o gás, fechado numa extremidade por uma tampa M que se faz vibrar com uma frequência f conhecida (por exemplo, acoplando-a a um alto-falante) e na outra por um pistão que se faz deslizar, variando o comprimento do tubo. O tubo contém um pó fino (sergagem, por exemplo). Ajusta-se o comprimento do tubo com o auxílio do pistão até que ele entre em ressonância com a frequência f , o que se nota pelo reforço da intensidade sonora emitida. Observa-se então que o pó

fica acumulado em montículos igualmente espaçados, de espaçamento Δl , que se pode medir.

- (a) A que correspondem as posições dos topos dos montículos?
- (b) Qual é a relação entre Δl , f e a velocidade do som no gás?
- (c) Com o tubo cheio de CO_2 a 20°C e $f = 880\text{ Hz}$, o espaçamento médio é de $15,2\text{ cm}$. Qual é a velocidade do som no CO_2 a 20°C ?

R: (c) $v \approx 267,5\text{ m/s}$.

4. Um trem se desloca com velocidade igual a 25 m/s e o ar está calmo. A frequência da nota do apito do trem é igual a 400 Hz , emitida no centro do mesmo. Qual é o comprimento de onda das ondas sonoras:

- (a) na parte dianteira do trem?
- (b) na parte de traseira do trem?

Qual é a frequência do som que um ouvinte, parado em uma estação de trem, escuta quando ele:

- (c) vê o trem se aproximando?
- (d) vê o trem se afastando?

R: (a) $\lambda = 0,79\text{ m}$, (b) $\lambda = 0,915\text{ m}$, (c) $f = 431,65\text{ Hz}$, (d) $f = 372,68\text{ Hz}$.

5. Um trem se desloca com velocidade igual a 30 m/s e o ar está calmo. A frequência da nota do apito do trem é igual a 262 Hz . Qual é a frequência ouvida por um passageiro no interior de um trem que se move em sentido contrário ao do primeiro trem a 18 m/s supondo que:

- (a) Os trens se aproximam?
- (b) Os trens se afastam?

R: (a) $f = 302,44\text{ Hz}$, (b) $f = 228,10\text{ Hz}$.

6. Um trem-bala move-se com velocidade de 60 m/s para leste. O apito do trem emite um som com frequência 400 Hz . Considere a velocidade do som no referencial de repouso da atmosfera como 340 m/s .

- (a) Determine a frequência do som do apito que uma pessoa na estação ouve ao observar o trem partir.
- (b) Considere agora a presença de vento soprando para oeste com velocidade 10 m/s. Determine a frequência que a pessoa na estação irá detectar.
- (c) Considere agora que o trem move-se em uma trajetória circular. Qual a frequência do som percebida por alguém no centro da circunferência descrita pelo trem?

R: (a) $f_S = 340$ Hz, (b) $f_P = 341$ Hz e (c) $f_c = 400$ Hz.

7. Dois diapasões idênticos podem oscilar a 440 Hz. Um indivíduo está localizado em algum lugar na linha entre os dois diapasões. Considerando que a velocidade do som no referencial de repouso da atmosfera é 330 m/s calcule a frequência de batimentos captada por esse indivíduo se:

- (a) ele permanece parado e os diapasões se movem para a direita com velocidade de 30 m/s, e
- (b) os diapasões estiverem parados e o indivíduo se movendo para a direita com velocidade de 30 m/s.

R: (a) 80,7 Hz e (b) 80,0 Hz.

8. Um morcego voa dentro de uma caverna, orientando-se efetivamente por meio de bips ultra-sônicos (emissões curtas de alta frequência com duração de um milissegundo). Suponha que a frequência da emissão do som pelo morcego seja de 39,2 kHz. Durante uma arremetida veloz, diretamente contra a superfície plana de uma parede o morcego desloca-se a 8,58 m/s. Considerando que a velocidade do som no referencial de repouso da atmosfera é 330 m/s calcule a frequência do som, refletido pela parede, que chega aos ouvidos do pobre morcego.

R: 41,3 kHz.

9. Um submarino (Sub A), navegando a uma velocidade $V_A = 30$ m/s, envia um sinal de sonar (onda sonora na água) com frequência $f_A = 980$ Hz. O sinal é refletido pelo casco de um submarino inimigo (Sub B) que viaja com velocidade V_B na direção oposta (vide figura). Considere a velocidade do som na água como sendo $v_s = 1500$ m/s e despreze quaisquer efeitos de interferência.



- (a) Se a frequência do sinal medido pelo submarino B é $f_B = 1020$ Hz, qual a velocidade V_B ?

- (b) Qual a frequência f_A^r do sinal refletido, medida pelo submarino A?

Considere que o submarino B seja dotado de um sistema de contra-medidas que (1) suprime completamente a reflexão do sinal enviado pelo Sub A, (2) altera a velocidade do submarino para $V_B' = 15$ m/s, e (3) envia um outro sinal de sonar (sinal "falso") com frequência $f_B' = 1000$ Hz, com o intuito de confundir o inimigo.

- (c) Nesse caso, qual será a frequência do sinal "falso" f_A' medida pelo Submarino A?

- (c) Se os engenheiros do submarino A forem de fato enganados e pensarem que esse sinal é a reflexão do sinal original, que valor obterão para a velocidade (e direção) do submarino B?

R: (a) $V_B = 30$ m/s; (b) $f_A^r \simeq 1062$ Hz ; (c) $f_A' \simeq 1030$ Hz; (d) $V_B^{\text{falsa}} = 7,3$ m/s.