

# 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  $20^\circ\text{C}$ . 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  $1\text{ W}$  de potência sonora na frequência  $f = 100\text{ Hz}$ . Admitindo que o som se distribui uniformemente em todas as direções com velocidade de  $341\text{ m/s}$  e que o ar tenha densidade de  $1,3\text{ kg/m}^3$ , determine, num ponto situado a  $2\text{ m}$  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  $10\text{ dB}$  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 (serapigem, 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  $\Delta l$ , que se pode medir.

- (a) A que correspondem as posições dos topos dos montículos?
- (b) Qual é a relação entre  $\Delta l$ ,  $f$  e a velocidade do som no gás?
- (c) Com o tubo cheio de  $\text{CO}_2$  a  $20^\circ\text{C}$  e  $f = 880\text{ Hz}$ , o espaçamento médio é de  $15,2\text{ cm}$ . Qual é a velocidade do som no  $\text{CO}_2$  a  $20^\circ\text{C}$ ?

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

4. Um trem se desloca com velocidade igual a  $25\text{ m/s}$  e o ar está calmo. A frequência da nota do apito do trem é igual a  $400\text{ Hz}$ , 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  $30\text{ m/s}$  e o ar está calmo. A frequência da nota do apito do trem é igual a  $262\text{ Hz}$ . Qual é a frequência ouvida por um passageiro no interior de um trem que se move em sentido contrário ao do primeiro trem a  $18\text{ m/s}$  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  $60\text{ m/s}$  para leste. O apito do trem emite um som com frequência  $400\text{ Hz}$ . Considere a velocidade do som no referencial de repouso da atmosfera como  $340\text{ m/s}$ .

- (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.