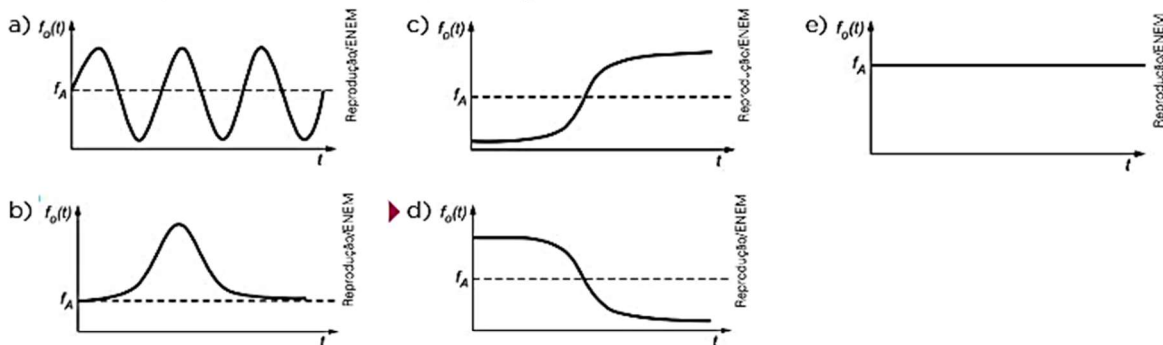
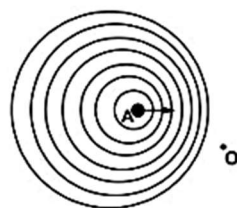


- 1** (Enem) Uma ambulância A em movimento retilíneo e uniforme aproxima-se de um observador O, em repouso. A sirene emite um som de frequência constante f_A . O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância.

O observador possui um detector que consegue registrar, no esboço de um gráfico, a frequência da onda sonora detectada em função do tempo $f_o(t)$, antes e depois da passagem da ambulância por ele.

Qual esboço gráfico representa a frequência $f_o(t)$ detectada pelo observador?

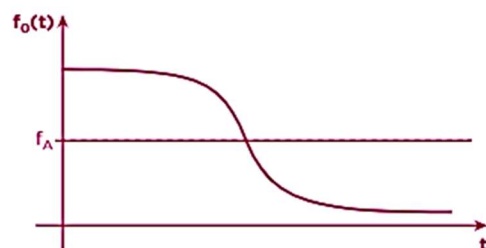


O fenômeno abordado na questão, em que a frequência real emitida por uma fonte é diferente da frequência aparente identificada por um observador, é denominado efeito Doppler.

De acordo com a situação-problema, inicialmente a **ambulância se aproxima** do observador. Sendo assim, nessa situação inicial, a frequência detectada (f_o) é **maior** que a frequência real (f_A).

Em seguida, como a **ambulância se afasta** do observador, a frequência detectada pelo observador (f_o) é **menor** que a frequência real (f_A).

Portanto, o gráfico que representa essa situação é:



- 2** (ITA-SP) Em queixa à polícia, um músico depõe ter sido quase atropelado por um carro, tendo distinguido o som em Mi da buzina na aproximação do carro e em Ré, no seu afastamento. Então, com base no fato de ser de 10/9 a relação das frequências $\nu_{\text{Mi}}/\nu_{\text{Ré}}$, a perícia técnica conclui que a velocidade do carro, em km/h, deve ter sido aproximadamente de:

Note e adote:

Considere a velocidade do som como sendo: $v_{\text{som}} = 340$ m/s

- a) 64.
b) 71.
c) 83.
d) 102.
e) 130.

Inicialmente, pode-se construir um esquema que representa a situação na aproximação:



De acordo com a equação do efeito Doppler, tem-se:

$$v_{\text{aparente}} = v_{\text{real}} \cdot \frac{v_{\text{onda}} \pm v_{\text{observador}}}{v_{\text{onda}} \pm v_{\text{fonte}}} \Rightarrow \nu_{\text{mi}} = \nu_{\text{real}} \cdot \frac{v_{\text{som}}}{v_{\text{som}} - v_{\text{carro}}}$$

Em seguida, pode-se construir um esquema que representa a situação no afastamento:



De acordo com a equação do efeito Doppler, tem-se:

$$v_{\text{aparente}} = v_{\text{real}} \cdot \frac{v_{\text{onda}} \pm v_{\text{observador}}}{v_{\text{onda}} \pm v_{\text{fonte}}} \Rightarrow \nu_{\text{ré}} = \nu_{\text{real}} \cdot \frac{v_{\text{som}}}{v_{\text{som}} + v_{\text{carro}}}$$

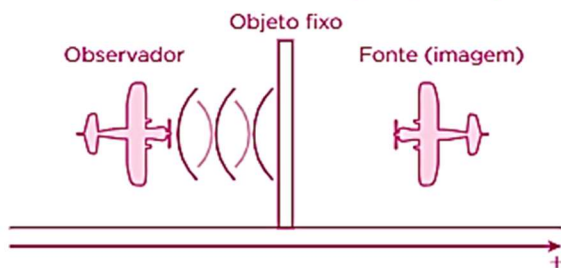
Dividindo as equações, tem-se:

$$\frac{\nu_{\text{mi}}}{\nu_{\text{ré}}} = \frac{v_{\text{som}} + v_{\text{carro}}}{v_{\text{som}} - v_{\text{carro}}} \Rightarrow \frac{10}{9} = \frac{340 + v_{\text{carro}}}{340 - v_{\text{carro}}} \Rightarrow v_{\text{carro}} \approx 17,9 \text{ m/s} \approx 64 \text{ km/h}$$

3 (UFPR) Para participar de um importante torneio, uma equipe de estudantes universitários desenvolveu um veículo aéreo não tripulado. O aparelho foi projetado de tal maneira que ele era capaz de se desviar de objetos através da emissão e recepção de ondas sonoras. A frequência das ondas sonoras emitidas por ele era constante e igual a 20 kHz. Em uma das situações da prova final, quando o aparelho movimentava-se em linha reta e com velocidade constante na direção de um objeto fixo, o receptor do veículo registrou o recebimento de ondas sonoras de frequência de 22,5 kHz que foram refletidas pelo objeto. Considerando que nesse instante o veículo se encontrava a 50 m do objeto, assinale a alternativa correta para o intervalo de tempo de que ele dispunha para se desviar e não colidir com o objeto. Considere a velocidade do som no ar igual a 340 m/s.

- a) 1,0 s
 b) 1,5 s
 c) 2,0 s
 ► d) 2,5 s
 e) 3,0 s

No caso da questão, a fonte de ondas e o receptor são o próprio veículo. Dessa maneira, para se utilizar a equação do efeito Doppler, pode-se utilizar o método das imagens para considerar que a fonte emissora de ondas é a imagem que o objeto fixo forma do veículo, como ilustrado a seguir.



De acordo com a equação do efeito Doppler, tem-se:

$$f_{\text{aparente}} = f_{\text{real}} \cdot \frac{v_{\text{onda}} \pm v_{\text{observador}}}{v_{\text{onda}} \pm v_{\text{fonte}}} \Rightarrow 22500 = 20000 \cdot \frac{340 + v_{\text{observador}}}{340 - v_{\text{imagem}}} \therefore v = 20 \text{ m/s}$$

Como a velocidade é constante, para se determinar o intervalo de tempo, pode-se utilizar a definição de velocidade escalar média, logo:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v} \Rightarrow \Delta t = \frac{50}{20} \therefore \Delta t = 2,5 \text{ s}$$

4 (ITA-SP) Um diapasão de frequência 400 Hz é afastado de um observador, em direção a uma parede plana, com velocidade de 1,7 m/s. São nominadas: f_1 , a frequência aparente das ondas não refletidas, vindas diretamente até o observador; f_2 , frequência aparente das ondas sonoras que alcançam o observador depois de refletidas pela parede e f_3 , a frequência dos batimentos. Sabendo que a velocidade do som é de 340 m/s, os valores que melhor expressam as frequências em hertz de f_1 , f_2 e f_3 , respectivamente, são

- a) 392, 408 e 16
 b) 396, 404 e 8
 ► c) 398, 402 e 4
 d) 402, 398 e 4
 e) 404, 396 e 4

De acordo com a equação do efeito Doppler, tem-se:

$$f_{\text{aparente}} = f_{\text{real}} \cdot \frac{v_{\text{onda}} \pm v_{\text{observador}}}{v_{\text{onda}} \pm v_{\text{fonte}}} \Rightarrow f_1 = f_{\text{real}} \cdot \frac{340}{340 - v_{\text{carro}}}$$

Para o cálculo de f_1 (a fonte se afasta do observador), tem-se:

$$f_1 = f_{\text{real}} \cdot \frac{v_{\text{onda}}}{v_{\text{onda}} + v_{\text{fonte}}} = 400 \cdot \frac{340}{340 + 1,7} = 398 \text{ Hz}$$

Para o cálculo de f_2 (o som refletido possui origem em uma imagem da fonte se aproximando do observador), tem-se:

$$f_2 = f_{\text{real}} \cdot \frac{v_{\text{onda}}}{v_{\text{onda}} - v_{\text{fonte}}} = 400 \cdot \frac{340}{340 - 1,7} = 402 \text{ Hz}$$

Portanto, a frequência dos batimentos é dada por:

$$f_3 = f_1 - f_2 = 402 - 398 \\ \therefore f_3 = 4 \text{ Hz}$$

Assim, as frequências, em hertz, de f_1 , f_2 e f_3 são, respectivamente, 398, 402 e 4.