

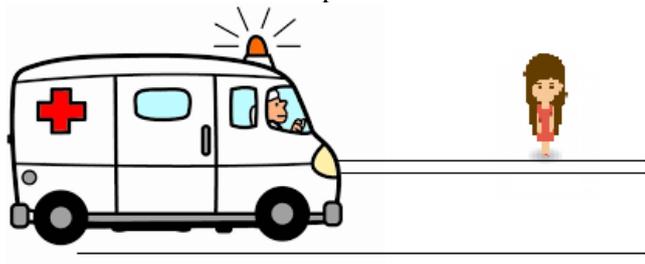
## Exercícios de efeito Doppler

## NÍVEL INICIAL

- 1) O efeito Doppler, é caracterizado por
- mudança de meio de propagação de uma onda.
  - retorno da onda ao meio de propagação anterior.
  - junção de duas ondas de mesma natureza.
  - alteração na frequência recebida comparada a emitida.
  - contorno de um obstáculo, onde a onda se espalha pós tal obstáculo.
- 2) Suponha um observador em repouso no solo e uma onda sonora emitida por uma fonte de frequência constante, também em repouso no solo. Pode-se afirmar que
- a frequência emitida é maior que a recebida pelo observador.
  - a frequência emitida é igual a recebida pelo observador
  - a frequência emitida é menor que a recebida pelo observador.
  - nessa situação, a fonte e o observador geram um caso de efeito Doppler.
  - não ocorre nenhum fenômeno ondulatório na situação.

## Texto para questões 3, 4 e 5

A figura a seguir ilustra uma observadora parada no solo e uma ambulância se aproximando dela.



Suponha que a frequência emitida pela sirene da ambulância seja constante e igual a 1700 Hz. A velocidade do veículo em relação ao solo de 72 km/h e que o som no ar se propague com 340 m/s.

- 3) Qual o comprimento de onda da onda sonora emitida pela sirene?
- 0,6 m.
  - 0,5 m.
  - 0,4 m.
  - 0,3 m.
  - 0,2 m.

- 4) A frequência que a observadora capta na situação, certamente é
- menor que 1700 Hz.
  - maior que 1700 Hz.
  - igual a 1700 Hz.
  - igual a zero.
- 5) O comprimento de onda da onda que é recebido pela observadora, certamente é
- igual a zero.
  - igual ao emitido.
  - maior que o emitido.
  - menor que o emitido.
- 6) Em um dia comum, você parado na praça de uma cidade, percebe que um carro de som passa na rua. Você nota que o veículo emite, durante certo intervalo de tempo, um som cada vez mais agudo. Nesse intervalo de tempo, certamente o veículo está
- em repouso.
  - se afastando.
  - se aproximando.
  - impossível determinar

- 7) Um dispositivo muito interessante para medir a velocidade de um móvel, é o chamado *radar doppler*. O nome sugere, que seu princípio de funcionamento está relacionado com o efeito Doppler. Uma onda é emitida pelo dispositivo, tal onda reflete na superfície de um objeto retornando ao próprio dispositivo após certo intervalo de tempo. Conhecendo-se o tempo de retorno e a frequência da onda refletida, é possível encontrar a velocidade do objeto em análise. Se um móvel se afasta de um desses radares, como será a frequência da onda refletida se comparada com a emitida pelo dispositivo?
- menor.
  - maior.
  - igual.
  - nula.

**RESPOSTAS NÍVEL INICIAL:**

- 1) D
- 2) B
- 3) E
- 4) B
- 5) D
- 6) C
- 7) A

**NÍVEL INTERMEDIÁRIO**

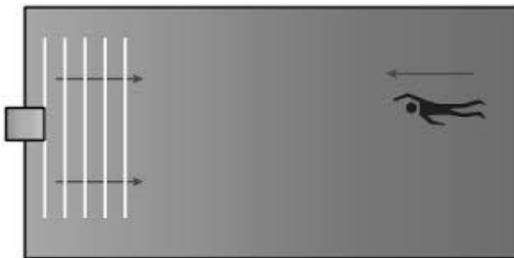
1) (UNIFENAS-MG) Um carro se aproxima de um observador, em repouso, com velocidade 108 km/h. O ronco do motor possui frequência de 3,1kHz. Adotando a velocidade do som no ar igual a 340 m/s, encontre a frequência aparente recebida pelo observador.

- a) 2,1 kHz.
- b) 2,5 kHz.
- c) 2,9 kHz.
- d) 3,4 kHz.
- e) 3,9 kHz.

2) (UNIMONTES-MG) Um trem aproxima-se de uma estação com a velocidade de 20 m/s, soando seu apito com uma frequência de 500 Hz, medida pelo maquinista. Sabe-se que a velocidade do som no ar vale 330 m/s, a frequência do som ouvido por uma pessoa na plataforma, em hertz, é de aproximadamente

- a) 558.
- b) 530.
- c) 471.
- d) 330.

3) (FMCM-MG) Numa piscina artificial, uma estrutura gera pulsos retos na superfície da água, na razão de 2 pulsos por segundo, criando ondas que se deslocam a uma velocidade de 1,0 m/s. Rafael nada com a velocidade de 1,5 m/s, indo de encontro às ondas produzidas, como está representado na figura. A frequência com que Rafael perceberá as ondas retas será de

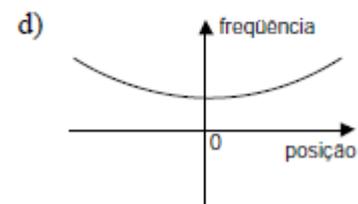
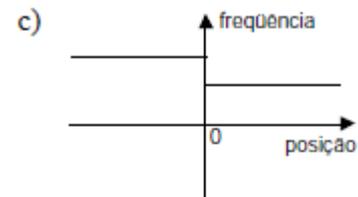
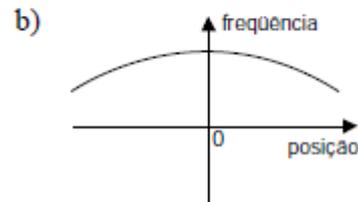
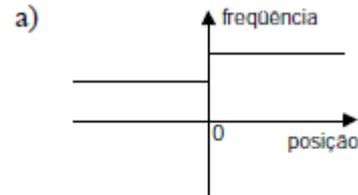


- a) 1,0 Hz.
- b) 2,0 Hz.
- c) 2,5 Hz.
- d) 5,0 Hz.

4) (UFT-TO) Dois amigos estão dirigindo em uma cidade. De repente, ambos ouvem à sirene de uma ambulância. O amigo 1 ouve o som mais agudo e o amigo 2 ouve o som mais grave. Assinale a alternativa correta.

- a) Ambos amigos estão se afastando da ambulância.
- b) O amigo 1 está se afastando e o amigo 2 se aproximando da ambulância.
- c) Ambos amigos estão se aproximando da ambulância.
- d) O amigo 1 está se aproximando e o amigo 2 está se afastando da ambulância.
- e) Nenhuma das alternativas está correta.

5) (UFJF-MG) Uma ambulância, com a sirene ligada, movimenta-se com grande velocidade, numa rua reta e plana. Para uma pessoa que esteja observando a ambulância, parada junto à calçada, qual dos gráficos frequência x posição melhor representa as frequências do som da sirene? Considere que a ambulância se movimenta da esquerda para a direita, com velocidade constante, e a pessoa se encontra parada no ponto O, indicado nos gráficos.



6) (UFV-MG) A sirene de uma ambulância emite som de frequência  $F$  e comprimento de onda  $\lambda$  quando a ambulância está parada em relação a um observador. Se a ambulância passa a se mover com velocidade constante em direção ao observador, aproximando-se deste, o som que chega no observador terá

- a) menor frequência e maior comprimento de onda.
- b) maior frequência e maior comprimento de onda.
- c) maior frequência e menor comprimento de onda.
- d) menor frequência e menor comprimento de onda.

7) (UFES) O efeito Doppler é uma modificação na frequência detectada por um observador, causada pelo movimento da fonte e/ou do próprio observador. Quando um observador se aproxima, com velocidade constante, de uma fonte de ondas sonora em repouso, esse observador, devido ao seu movimento, será atingido por um número maior de frentes de ondas do que se permanecesse em repouso.

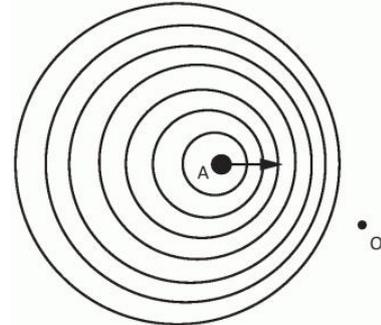
Considere um carro trafegando em uma estrada retilínea com velocidade constante de módulo 72 km/h. O carro se aproxima de uma ambulância em repouso à beira da estrada. A sirene da ambulância está ligada e opera com ondas sonoras de comprimento de onda de  $l = 50 \text{ cm}$ . A velocidade de propagação do som no local é  $v = 340 \text{ m/s}$

- Calcule a frequência do som emitido pela sirene da ambulância.
- Calcule o número total de frentes de ondas que atinge o motorista do carro em um intervalo de tempo  $\Delta t = 3 \text{ s}$ .
- Calcule a frequência detectada pelo motorista do carro em movimento.

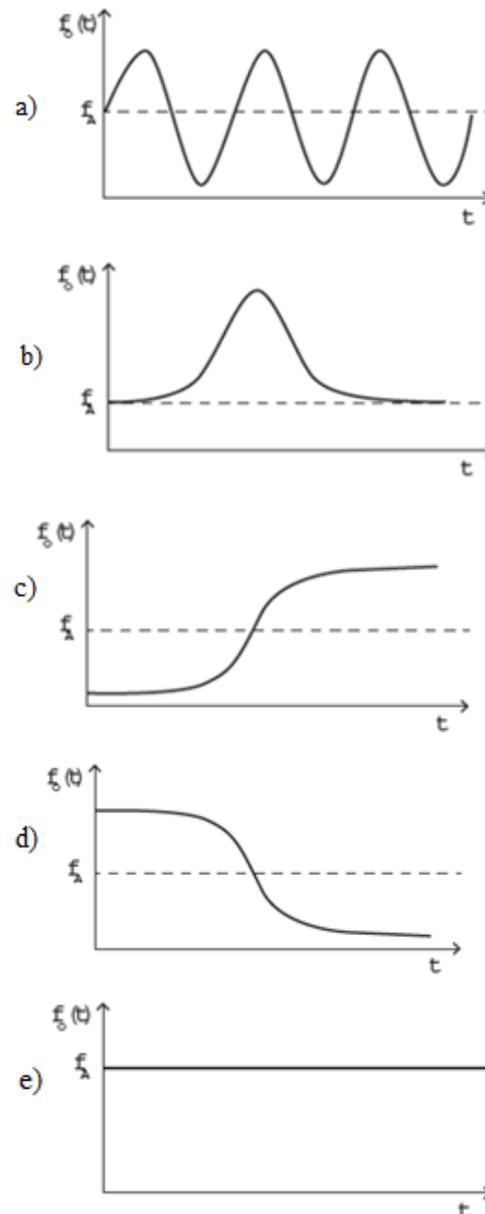
8) (UEG-GO) Uma baleia se movimento com velocidade de módulo 10,0 m/s a favor da correnteza (velocidade da correnteza igual a 2,00 m/s). Simultaneamente, um golfinho se movimenta a 30,0 m/s em direção à baleia e em sentido contrário à correnteza. Em um determinado instante, a baleia emite um som de frequência de 9,74 kHz. O golfinho ouvirá esse som com frequência de 10,0 kHz e responderá à baleia com mesma frequência. Com base no exposto.

- caso não houvesse a correnteza, o golfinho detectaria a onda emitida pela baleia com a mesma frequência do som emitido.
- se a baleia estivesse em repouso, o golfinho teria detectado o som emitido pela baleia com frequência superior a 10,0 kHz.
- se o golfinho estivesse em repouso, ele detectaria o som emitido pela baleia com uma frequência superior a 9,74 kHz.
- a baleia detectará o som emitido como resposta pelo golfinho com frequência de 9,74kHz.

9) (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?



10) (ENEM) O morcego emite pulsos de curta duração de ondas ultrassônicas, os quais voltam na forma de ecos após atingirem objetos no ambiente, trazendo informações a respeito das suas dimensões, suas localizações e dos seus possíveis movimentos. Isso se dá em razão da sensibilidade do morcego em detectar o tempo gasto para os ecos voltarem, bem como das pequenas variações nas frequências e nas intensidades dos pulsos ultrassônicos. Essas características lhe permitem caçar pequenas presas mesmo quando estão em movimento em relação a si. Considere uma situação unidimensional em que uma mariposa se afasta, em movimento retilíneo e uniforme de um morcego em repouso.

A distância e velocidade da mariposa, na situação descrita, seriam detectadas pelo sistema de um morcego por quais alterações nas características dos pulsos ultrassônicos?

- Intensidade diminuída, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida diminuída.
- Intensidade aumentada, o tempo de retorno diminuído e a frequência percebida diminuída.
- Intensidade diminuída, o tempo de retorno diminuído e a frequência percebida aumentada.
- Intensidade diminuída, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.
- Intensidade aumentada, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.

11) (ENEM-prova cancelada) Os radares comuns transmitem micro-ondas que refletem na água, gelo e outras partículas na atmosfera. Podem, assim, indicar apenas o tamanho e a distância das partículas, tais como gotas de chuva. O radar Doppler, além disso, é capaz de registrar a velocidade e a direção na qual as partículas se movimentam, fornecendo um quadro do fluxo de ventos em diferentes elevações.

Nos Estados Unidos, a Nexrad, uma rede de 158 radares Doppler, montada na década de 1990 pela Diretoria Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), permite que o Serviço Meteorológico Nacional (NWS) emita alertas sobre situações do tempo potencialmente perigosas com um grau de certeza muito maior.

O pulso da onda do radar ao atingir uma gota de chuva, devolve uma pequena parte de sua energia numa onda de retorno, que chega ao disco do radar antes que ele emita a onda seguinte. Os radares da Nexrad transmitem entre 860 a 1300 pulsos por segundo, na frequência de 3000 MHz.

No radar Doppler, a diferença entre as frequências emitidas e recebidas pelo radar é dada por:

$$f = \left( \frac{2Ur}{c} \right) f_0$$

Onde  $Ur$  é a velocidade relativa entre a fonte e o receptor,  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s é a velocidade da onda eletromagnética, e  $f_0$  é a frequência emitida pela fonte. Qual é a velocidade, em km/h, de uma chuva, para a qual se registra no radar Doppler uma diferença de frequência de 300 Hz?

- 1,5 km/h
- 5,4 km/h
- 15 km/h
- 54 km/h
- 108 km/h

#### RESPOSTAS NÍVEL INTERMEDIÁRIO:

- D
- B
- D
- D
- B
- C
- a) 680 Hz; b) 2160 frentes de onda; c) 720 Hz.
- B
- D
- A
- D

## NÍVEL AVANÇADO

1) (ITA-SP) Uma fonte sonora **F** emite no ar um som de frequência **f**, que é percebido por um observador em **O**. Considere as duas situações seguintes:

I – A fonte aproxima-se do observador, na direção **F – O** com uma velocidade **v**, estando o observador parado. A frequência do som percebido pelo observador é **f<sub>1</sub>**.

II – Estando a fonte parada, o observador aproxima-se da fonte, na direção **O – F**, com uma velocidade **v**. Nesse caso, o observador percebe um som de frequência **f<sub>2</sub>**.

Supondo que o meio esteja parado e que **v** seja menor que a velocidade do som no ar, pode-se afirmar que

- a)  $f_1 > f_2 > f$ .
- b)  $f_1 = f_2 > f$ .
- c)  $f_2 > f_1 > f$ .
- d)  $f_1 = f_2 < f$ .
- e)  $f_1 > f > f_2$ .

2) (UFC-CE) Uma fonte fixa emite uma onda sonora de frequência **f**. Uma pessoa se move em direção à fonte sonora com velocidade **v<sub>1</sub>** e percebe a onda sonora com frequência **f<sub>1</sub>**. Se essa mesma pessoa se afastasse da fonte com velocidade **v<sub>2</sub>**, perceberia a onda sonora com frequência **f<sub>2</sub>**. Considerando a velocidade do som no ar **v<sub>S</sub> = 340 m/s** e **v<sub>1</sub> = v<sub>2</sub> = 20 m/s**, determine a razão **f<sub>1</sub>/f<sub>2</sub>**.

3) (IME-RJ) Dois vagões estão posicionados sobre um trilho retilíneo, equidistantes de um ponto de referência sobre o trilho. No primeiro vagão, existe um tubo sonoro aberto onde se forma uma onda estacionária com 4 nós, cuja distância entre o primeiro e o último nó é 255 cm, enquanto no segundo vagão existe um observador. Inicialmente, apenas o vagão do observador se move e com velocidade constante. Posteriormente o vagão do tubo sonoro também passa a se mover com velocidade constante, distinta da velocidade do vagão do observador. Sabendo que a frequência percebida pelo observador na situação inicial é 210 Hz e na situação posterior é 204 Hz, considerando a velocidade do som no ar de 340 m/s, determine:

- a) a frequência do som que o tubo emite.
- b) a velocidade do vagão do observador, na situação inicial.
- c) a velocidade do vagão da fonte, na situação final.

## RESPOSTAS NÍVEL AVANÇADO:

- 1) A
- 2) 9/8
- 3) a) 200 Hz; b) 17 m/s; c) 10 m/s.