

Efeito Doppler

Aulas 55 e 56 / Página 396 / Apostila 8

Apresentação, orientação e tarefa: fisicasp.com.br

Professor Caio – Física

Efeito Doppler

Consiste na frequência aparente do som percebida por um observador em virtude do movimento relativo entre a fonte e o observador.

Observador

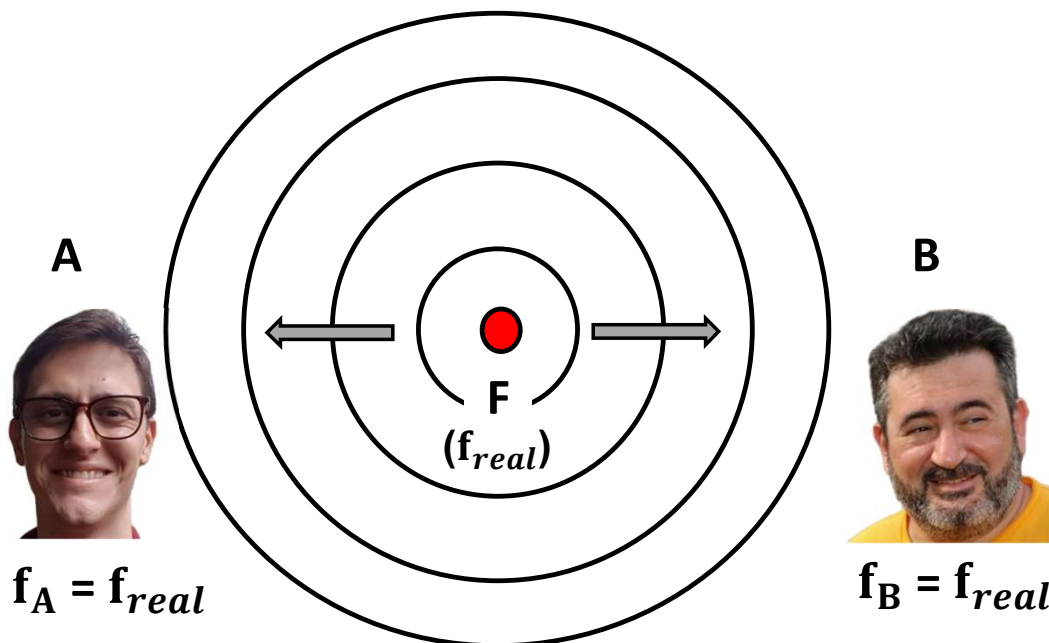


Fonte



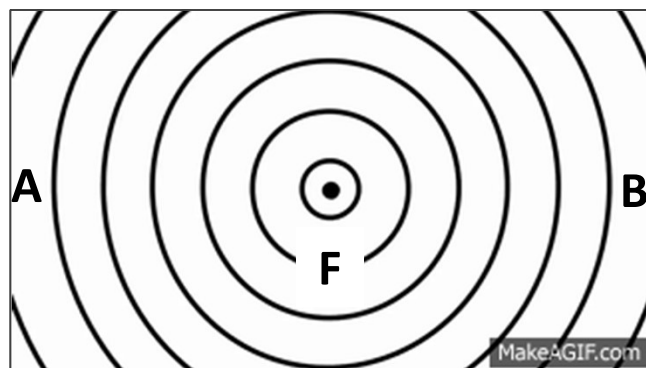
Fonte e observadores em repouso em relação ao chão

$$v_{som} = \lambda_{real} \cdot f_{real}$$

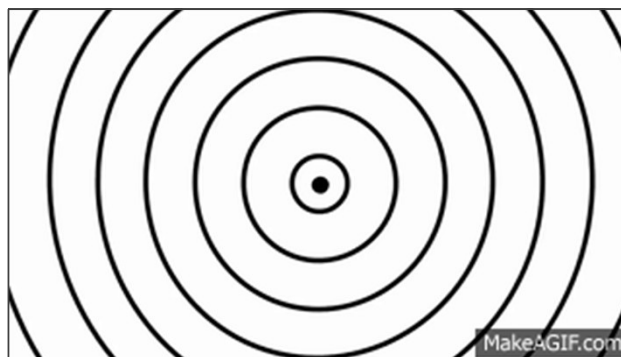


Os dois observadores percebem a mesma frequência ($f_A = f_B$). As frequências percebidas são iguais à frequência real das ondas emitidas pela fonte F (f_{real}).

$$f_A = f_B = f_{real}$$



Fonte em repouso e observadores em movimento em relação ao chão

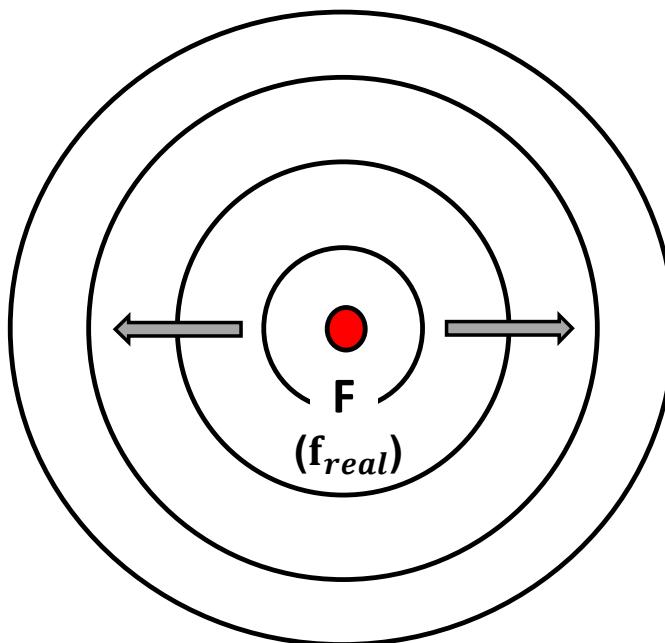


Aproxima-se
Som mais agudo

A



$f_A > f_{real}$



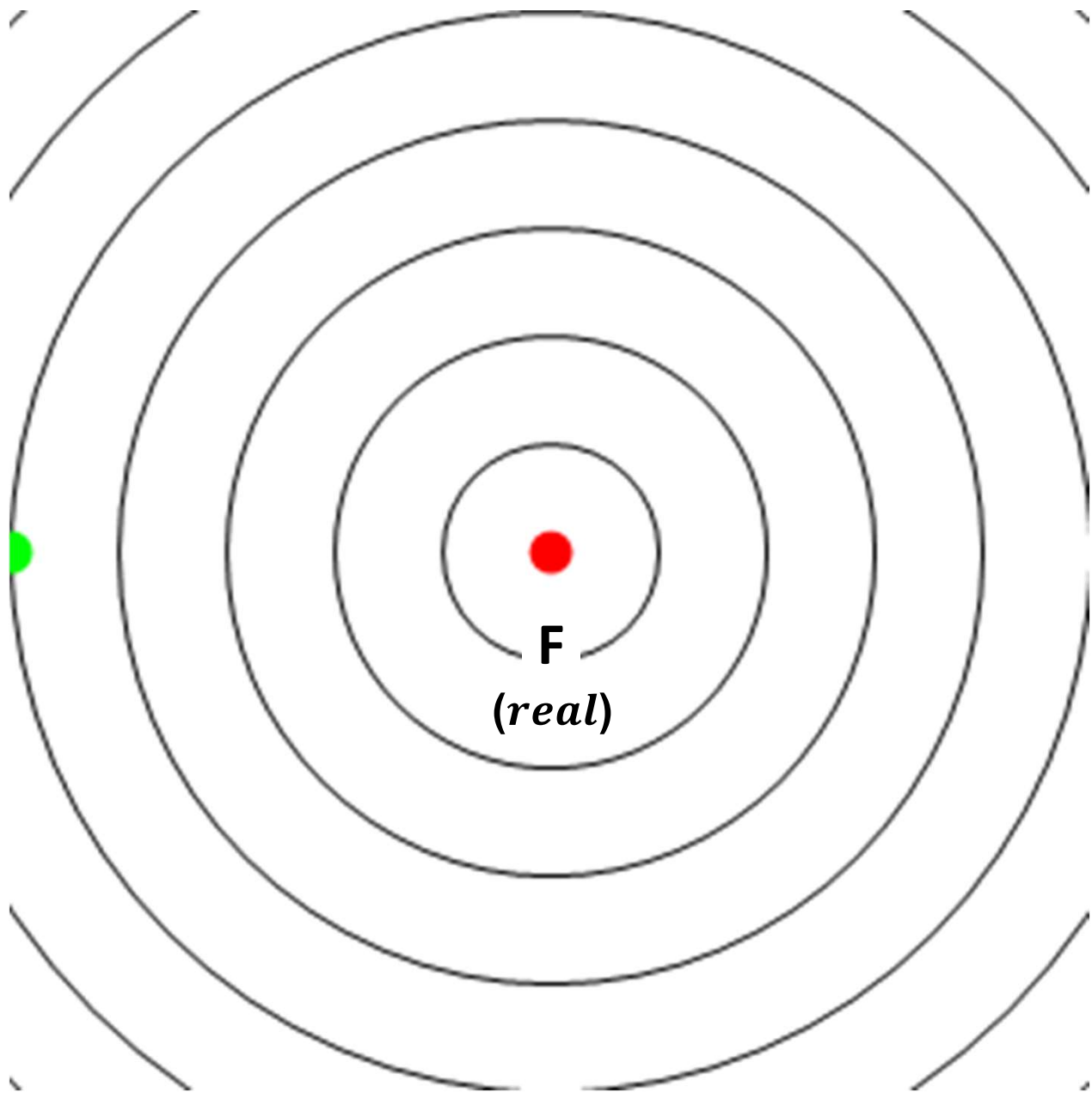
B



$f_B < f_{real}$



Afasta-se da fonte
Som mais grave



A



$$f_A > f_{real}$$

Aproxima-se da fonte

Som mais agudo

B



$$f_B < f_{real}$$

Afasta-se da fonte

Som mais grave

Fonte em movimento em relação ao chão e observadores em repouso em relação ao chão

$$v_{som} = \lambda_A \cdot f_A$$

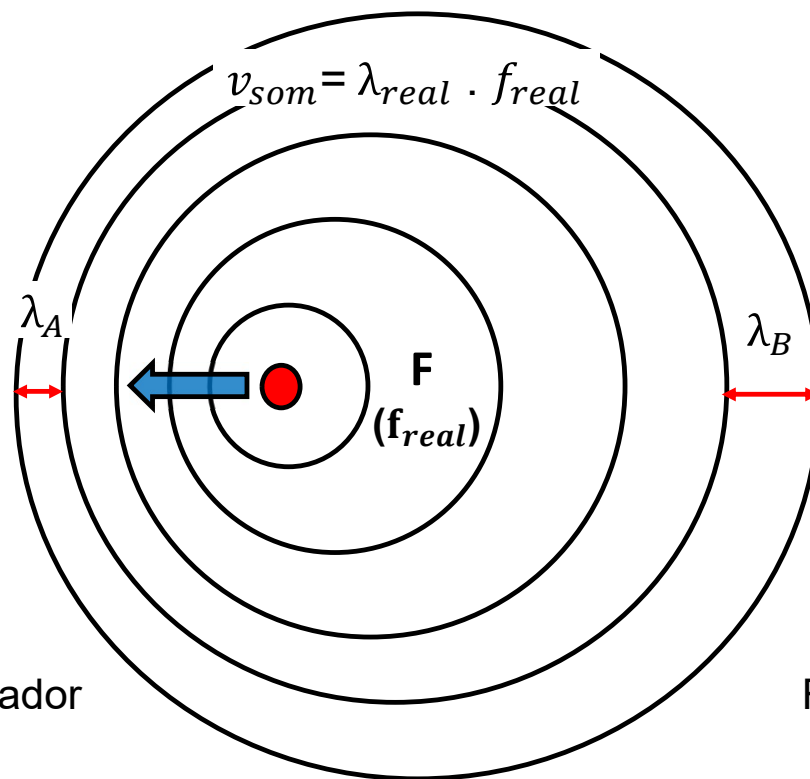
A



$$f_A > f_{real}$$

Fonte se aproxima do observador

Som mais agudo



$$v_{som} = \lambda_B \cdot f_B$$

B



$$f_B < f_{real}$$

Fonte se afasta do observador

Som mais grave

A

B



$$f_A > f_{real}$$

$$f_B < f_{real}$$

Fonte se aproxima do observador

Fonte se afasta do observador

Som mais agudo

Som mais grave

A



$$f_A > f_{real}$$

Fonte se aproxima do observador

Som mais agudo

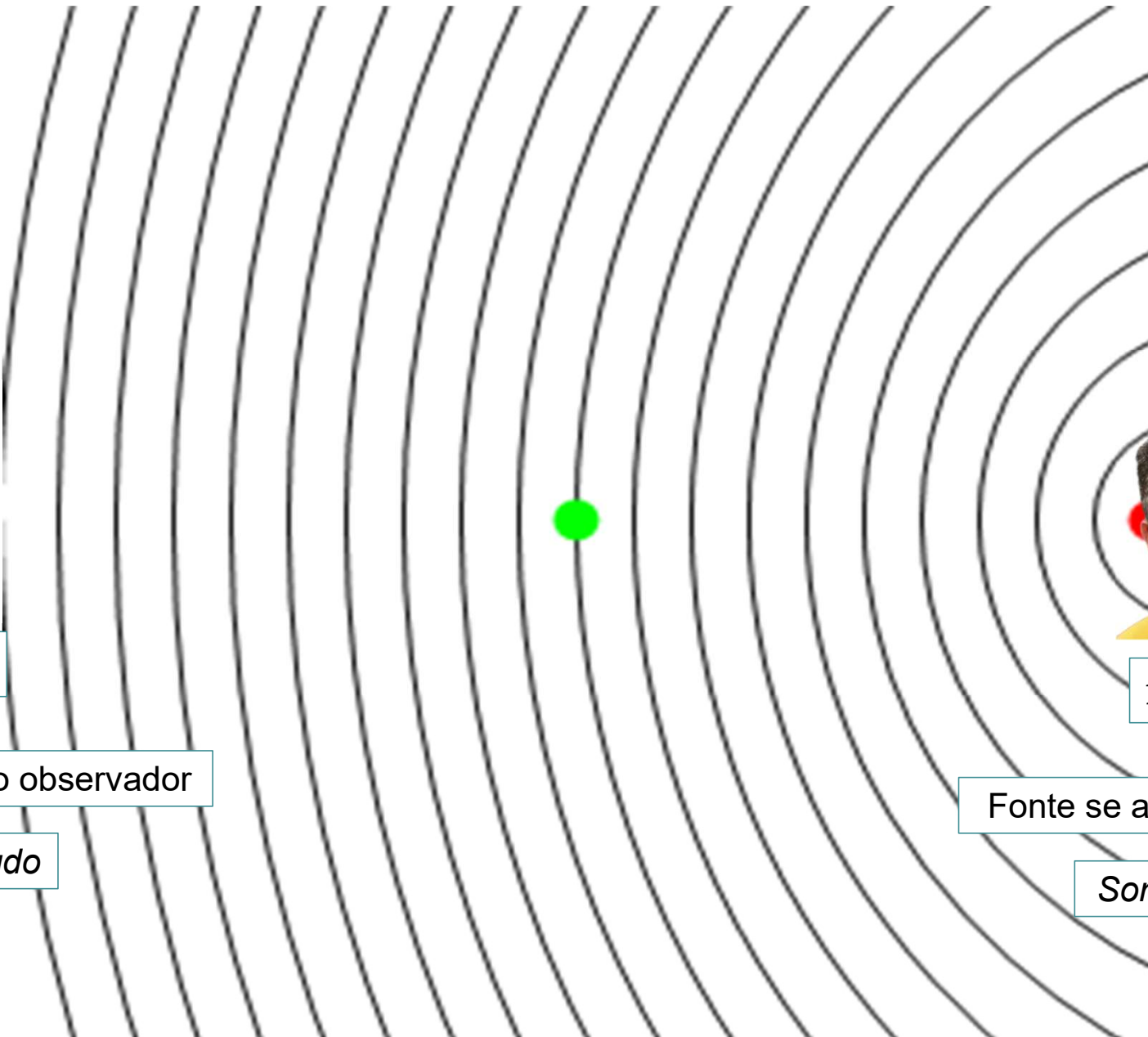
B



$$f_B < f_{real}$$

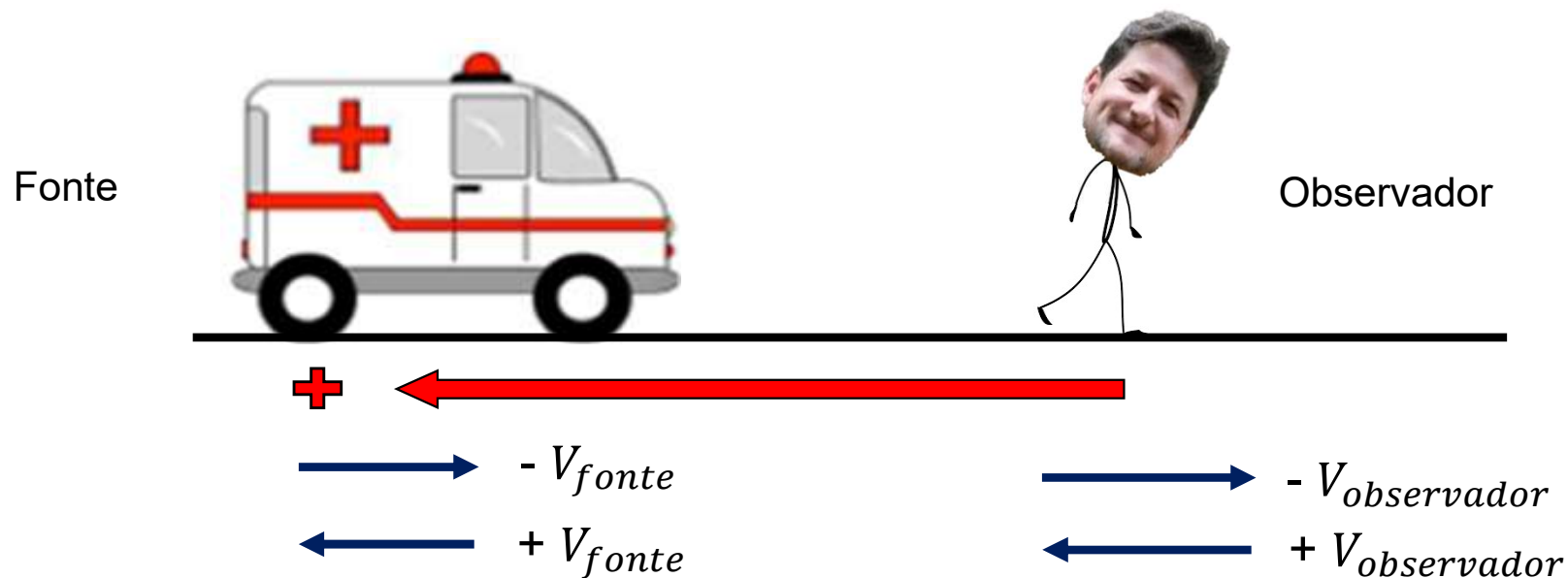
Fonte se afasta do observador

Som mais grave



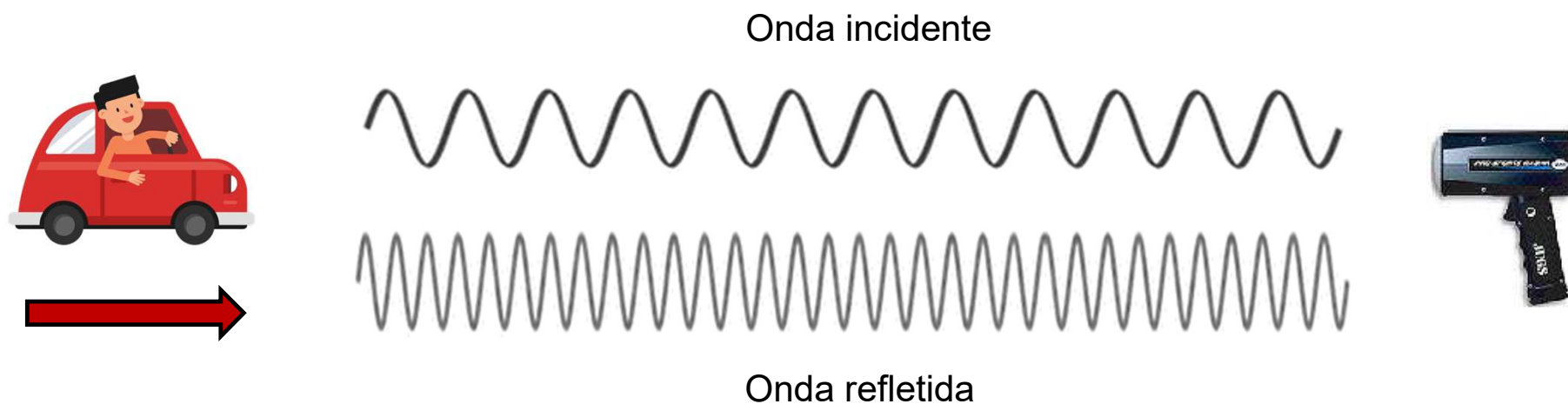
2. Equação do efeito Doppler

- O referencial é obrigatoriamente traçado com origem no observador e apontando para a fonte, não importando o movimento da fonte ou do observador.
- A velocidade do som no ar (v_{som}) não depende do movimento da fonte ou do observador.



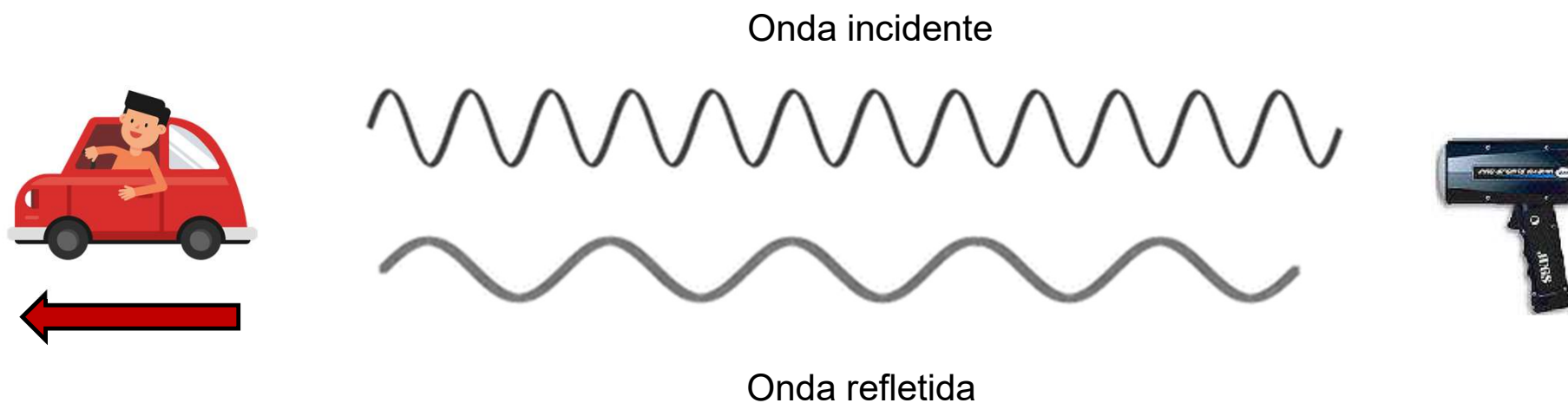
$$f_{(\text{aparente})} = f_{(\text{real})} \cdot \left[\frac{v_{\text{som}} \pm v_{\text{obser}}}{v_{\text{som}} \pm v_{\text{fonte}}} \right]$$

Efeito Doppler: exemplos

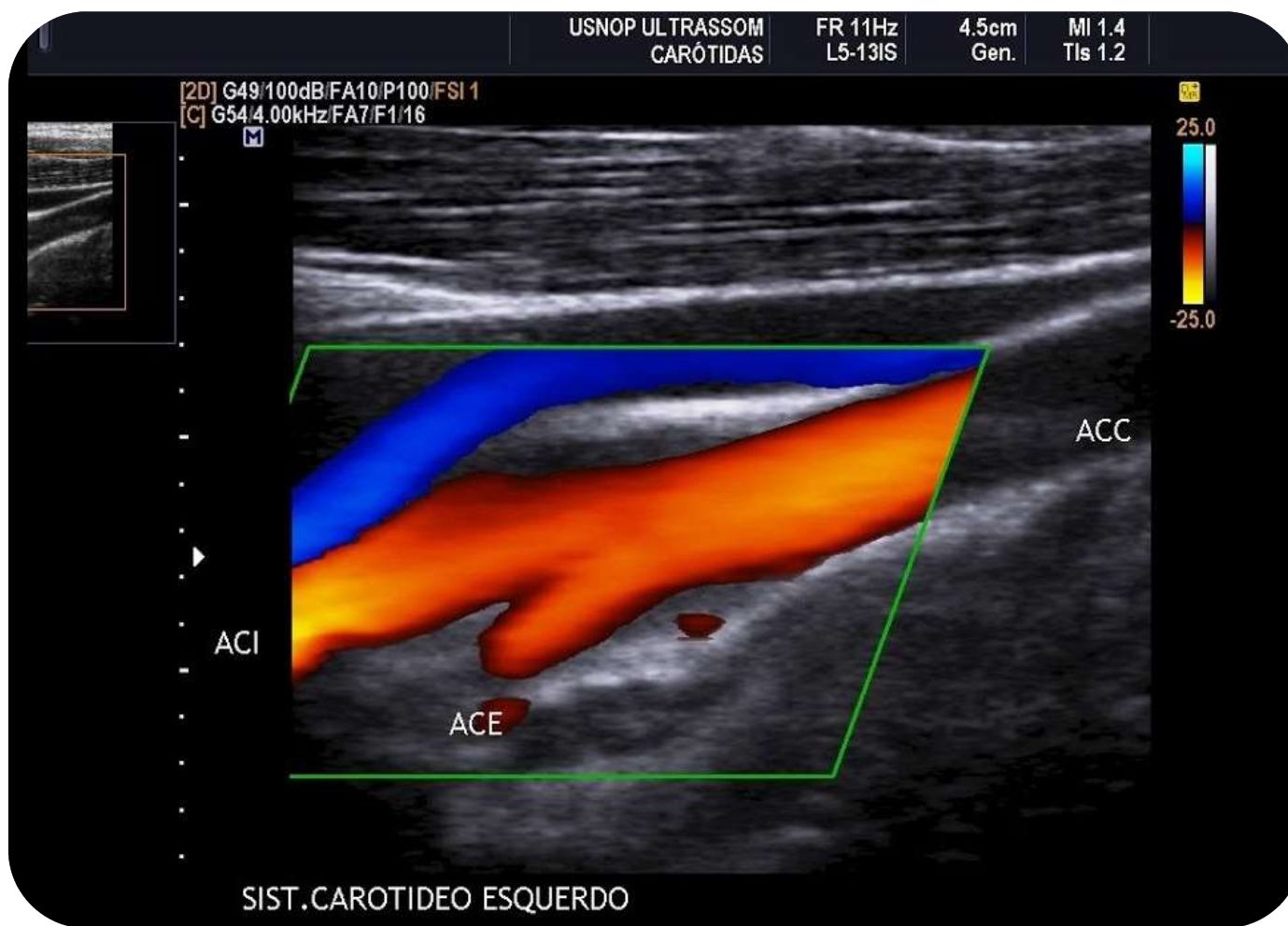


- O radar emite micro-ondas de frequência conhecida (f_{real}).
- Quando o carro se aproxima, a distância entre as frentes de onda refletidas por ele é menor do que a distância entre as frentes de onda emitidas pelo radar.
- A frequência captada pelo radar é maior do que a frequência emitida pelo radar.
- O comprimento de onda captado pelo radar é menor do que o comprimento de onda emitido pelo radar.
- A partir da diferença entre a frequência emitida e captada, é possível calcular a velocidade do carro.





- O radar emite micro-ondas de frequência conhecida (f_{real}).
- Quando o carro se afasta, a distância entre as frentes de onda refletidas por ele é maior do que a distância entre as frentes de onda emitidas pelo radar.
- A frequência captada pelo radar é menor do que a frequência emitida pelo radar.
- O comprimento de onda captado pelo radar é maior do que o comprimento de onda emitido pelo radar.
- A partir da diferença entre a frequência emitida e captada, é possível calcular a velocidade do carro.



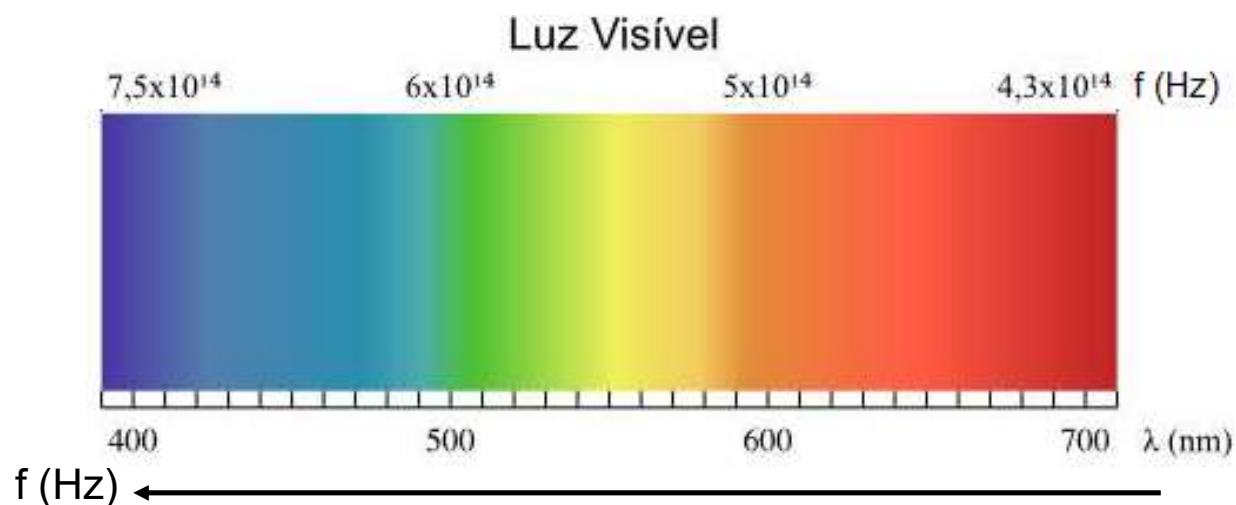
Na ultrassonografia com efeito Doppler existe uma fonte que emite ondas sonoras com frequência conhecida (f_{real}).

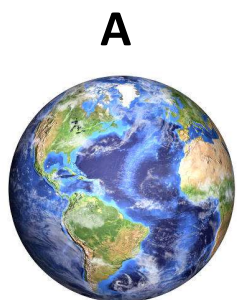
As ondas sonoras são refletidas pelas células do sangue e suas frequências são diferentes da frequência original emitida.

A partir da diferença entre a frequência emitida e captada é possível calcular a velocidade do fluxo sanguíneo.

Quando uma galáxia (fonte) se afasta de um observador na Terra, a frequência percebida pelo observador é menor do que a frequência real da radiação emitida (f_{real}) pela galáxia. Analisando o espectro visível, verifica-se que a luz percebida pelo observador é mais avermelhada do que seria se a galáxia estivesse em repouso em relação a ele. Esse mesmo efeito ocorre para as demais radiações.

Por outro lado, se a galáxia (fonte) se aproxima do observador na Terra, a frequência percebida pelo observador é maior do que a frequência real da radiação emitida (f_{real}) pela galáxia. Analisando o espectro visível, verifica-se que a luz percebida pelo observador é mais azulada do que seria se a galáxia estivesse em repouso em relação a ele.

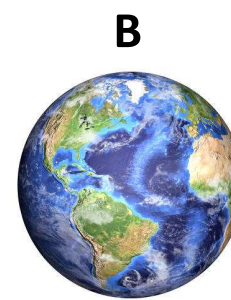
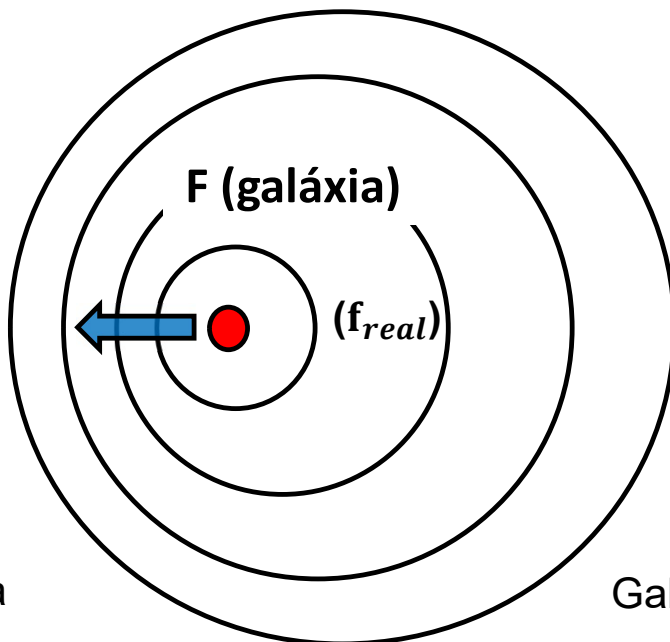




$$f_A > f_{real}$$

Galáxia de se aproxima da Terra

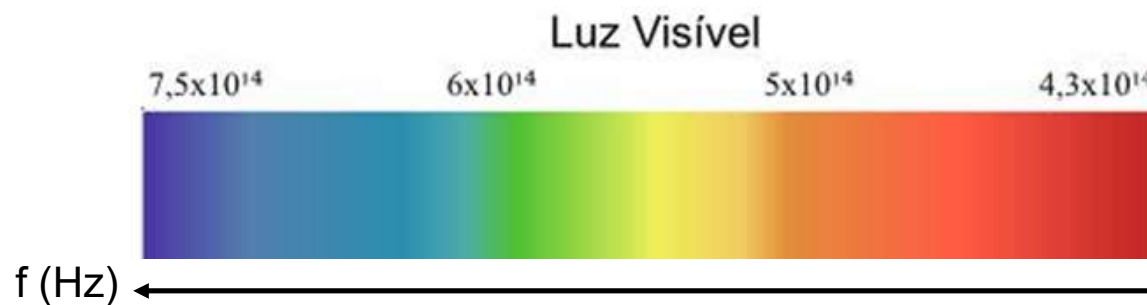
Desvio para o azul



$$f_B < f_{real}$$

Galáxia de se afasta da Terra

Desvio para o vermelho

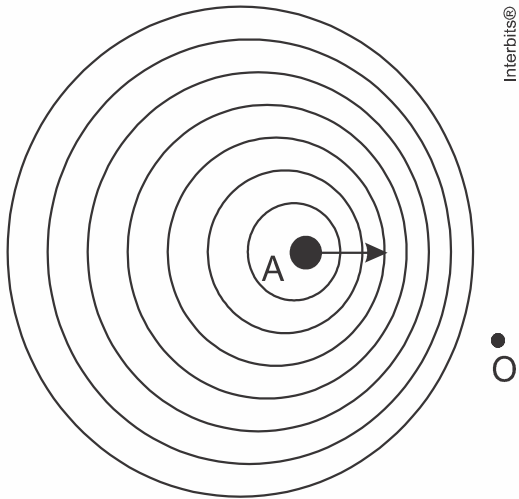


Exercícios da apostila

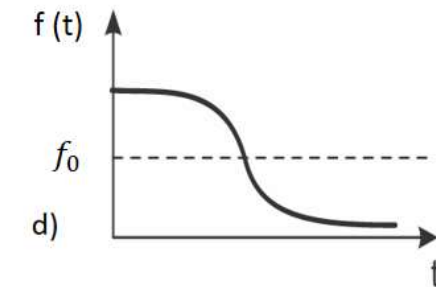
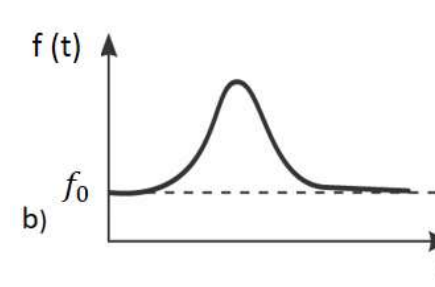
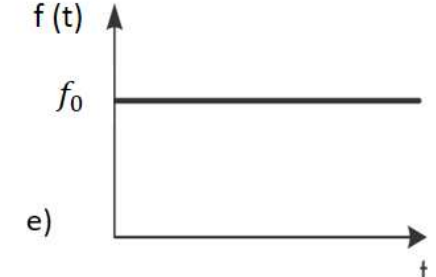
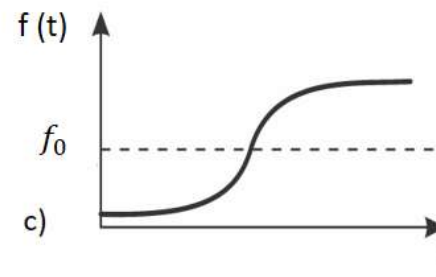
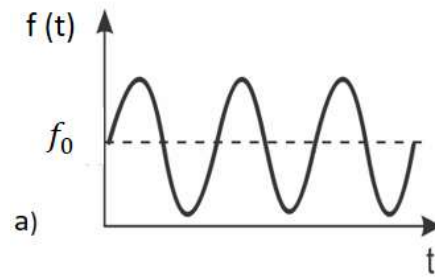
1. (Enem 2016) Uma ambulância em movimento retilíneo e uniforme aproxima-se de um observador em repouso. A sirene emite um som de frequência constante f_0 . O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância.

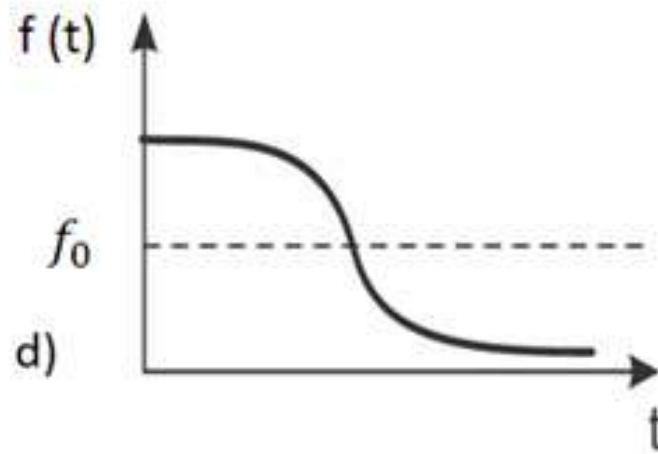
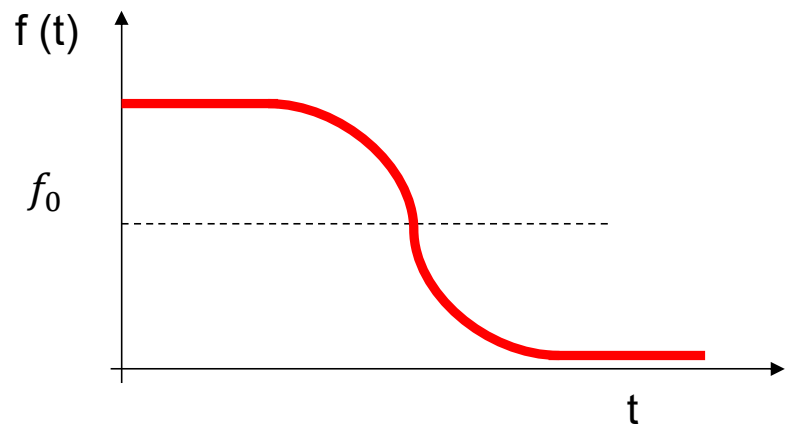
O observador possui um detector que consegue registrar, no esboço de um gráfico, a frequência da onda sonora detectada em função do tempo $f(t)$ antes e depois da passagem da ambulância por ele.

Qual esboço gráfico representa a frequência detectada pelo observador?



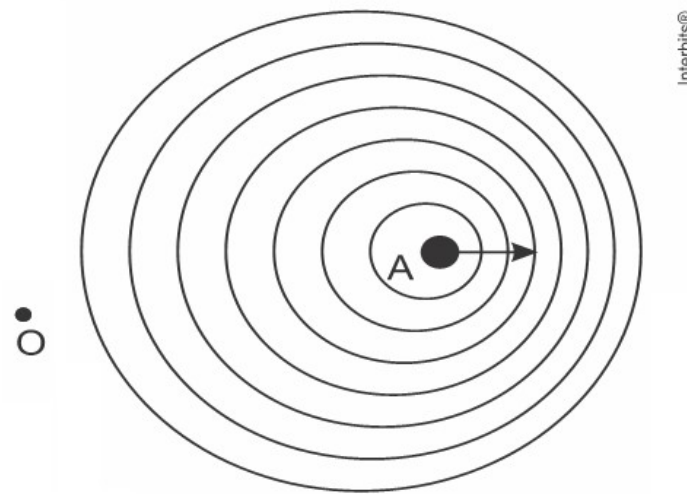
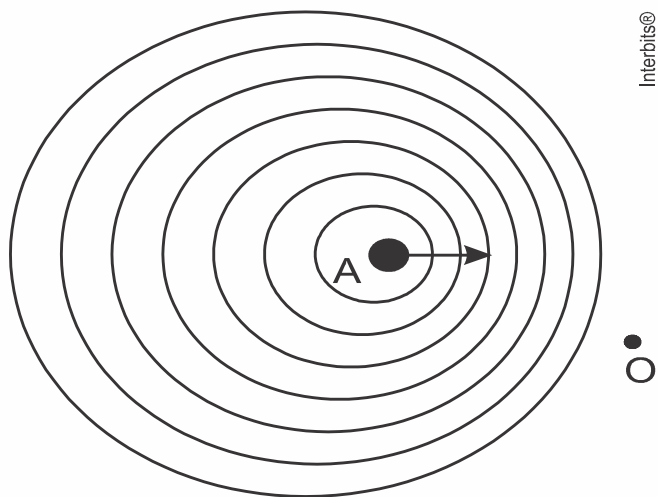
Interbits®





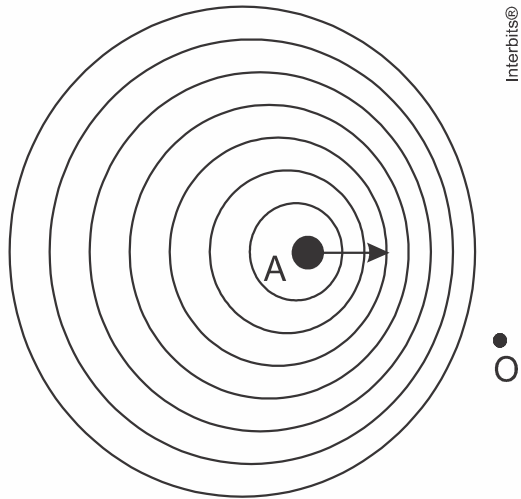
Antes

Depois

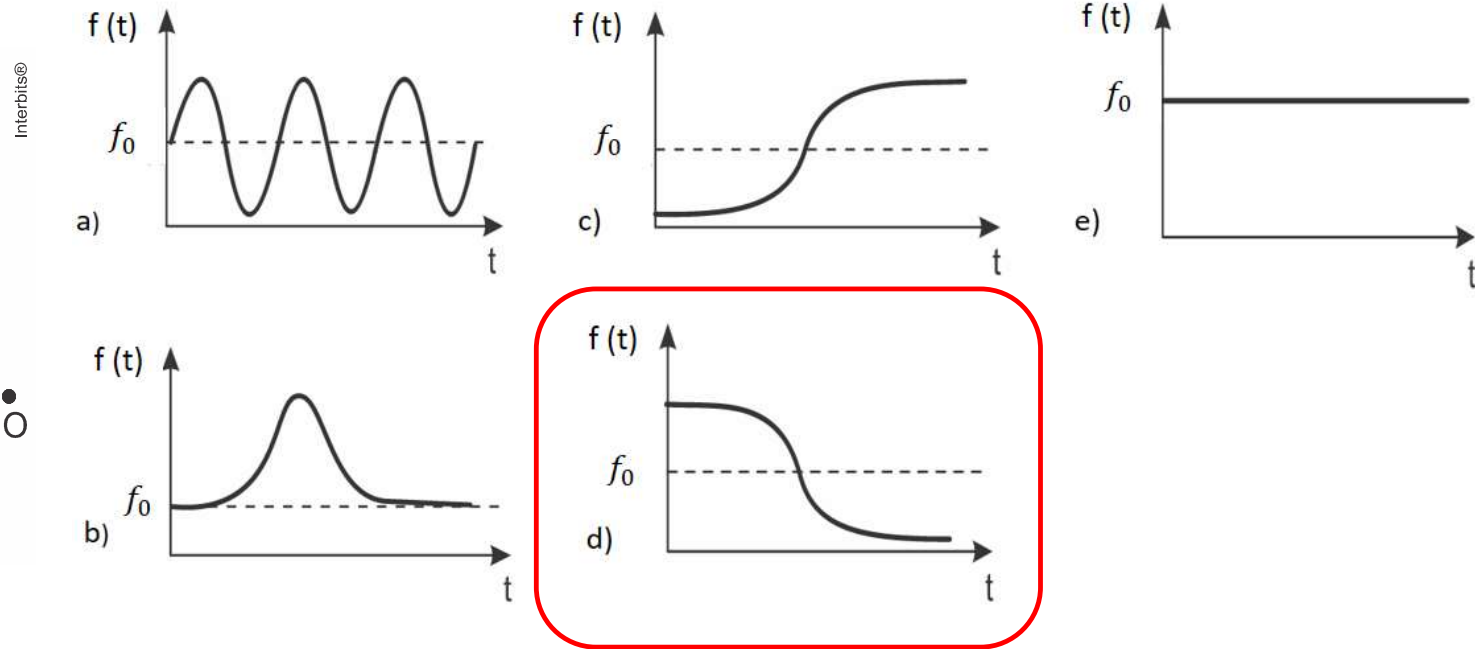


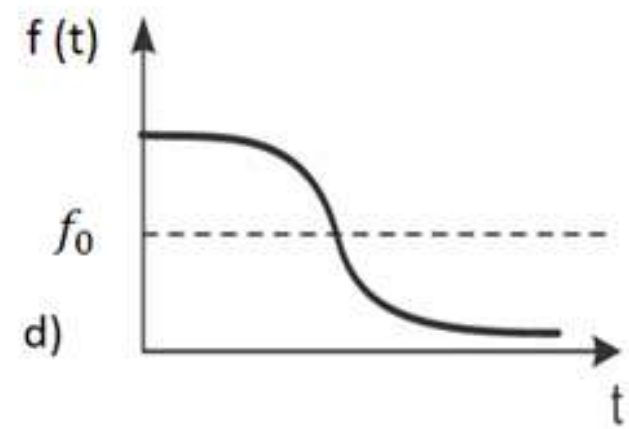
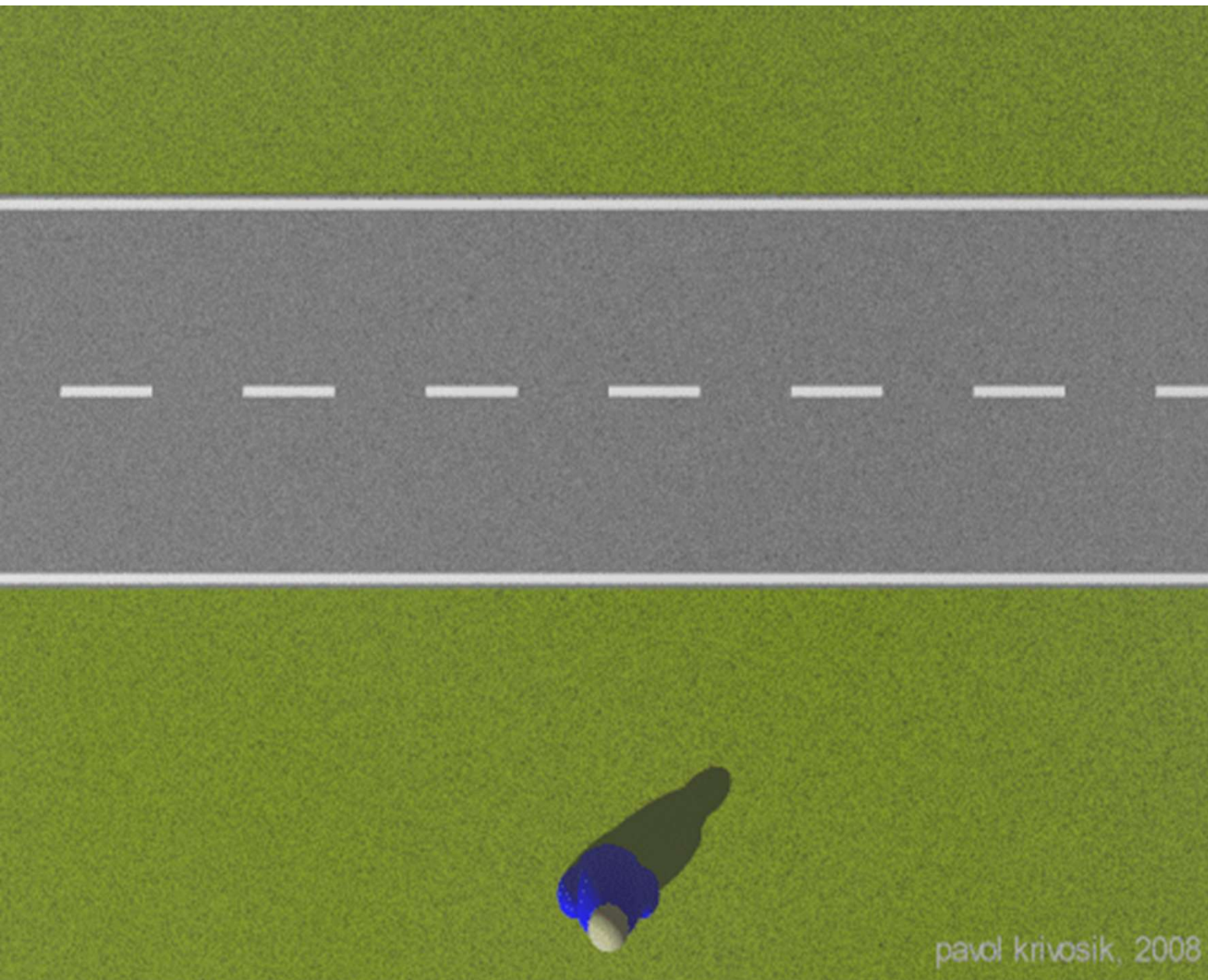
1. (Enem 2016) Uma ambulância em movimento retilíneo e uniforme aproxima-se de um observador em repouso. A sirene emite um som de frequência constante f_0 . O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância.

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



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

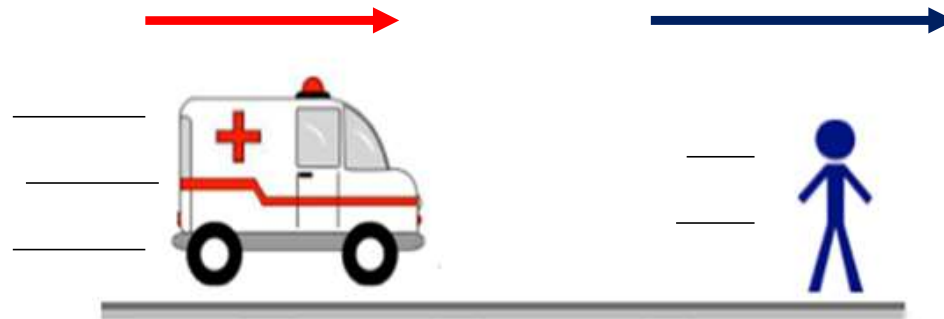




Exercícios do Caio

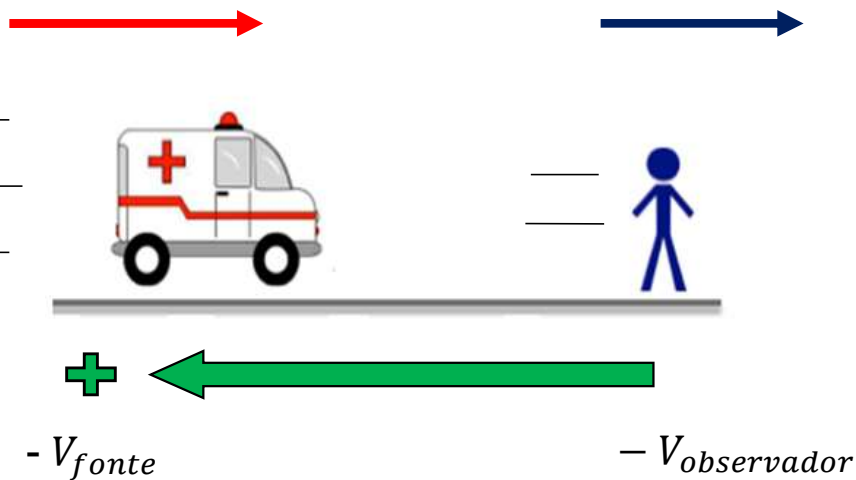
1. Um carro de bombeiros transita a 25 m/s, com a sirene ligada, em uma rua reta e plana. A sirene emite um som de 630 Hz. Lourenço se movimenta com velocidade de 5 m/s e escuta o som da sirene. Nesta situação, calcule a frequência percebida por Lourenço.

Dado: $V_{som} = 340$ m/s



1. Um carro de bombeiros transita a 25 m/s, com a sirene ligada, em uma rua reta e plana. A sirene emite um som de 630 Hz. Lourenço se movimenta com velocidade de 5 m/s e escuta o som da sirene. Nesta situação, calcule a frequência percebida por Bruno.

Dado: $V_{som} = 340$ m/s



$$f_{(aparente)} = f_{(real)} \cdot \left[\frac{V_{som} \pm V_{observador}}{V_{som} \pm V_{fonte}} \right]$$

$$f_{(aparente)} = f_{(real)} \cdot \left[\frac{V_{som} \pm V_{observador}}{V_{som} \pm V_{fonte}} \right]$$

$$f_{(aparente)} = 630 \cdot \left[\frac{340 - 5}{340 - 25} \right]$$

$$f_{(aparente)} = 630 \cdot \left[\frac{335}{315} \right]$$

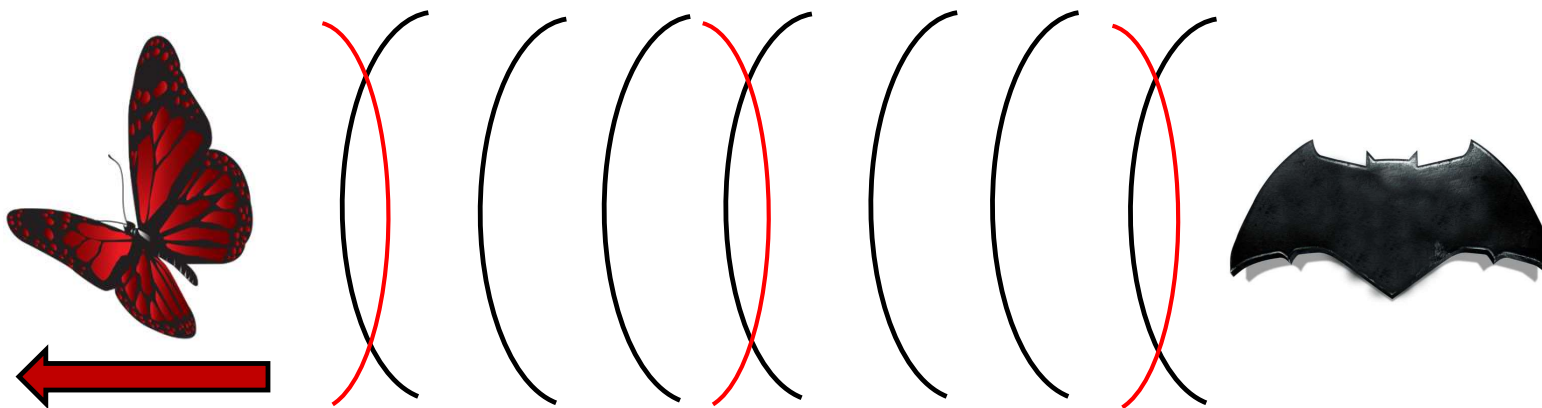
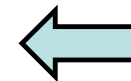
$$f_{(aparente)} = 670 \text{ Hz}$$

2. (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?

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

2. (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?

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



- Intensidade: diminui
- Tempo de retorno: aumenta
- Frequência: diminui

Revisão

Altura

Altura do som: característica associada à frequência

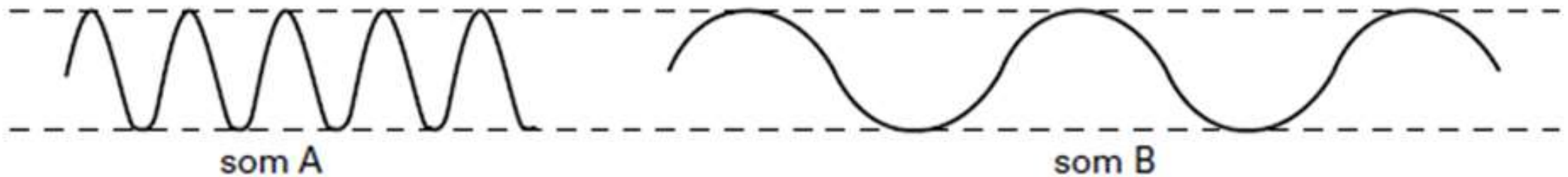
Som alto → alta frequência → som agudo

Som baixo → baixa frequência → som grave

A nota musical é
definida pela frequência

$$f_{l\acute{a}} = 440 \text{ Hz}$$

Exemplo:



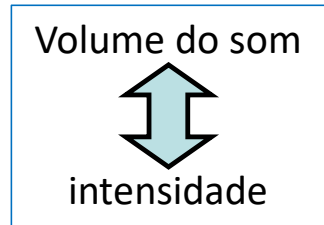
- $f_A > f_B$
- O som A é mais alto do que o som B
- O som A é mais agudo do que o som B

Intensidade

Intensidade do som: característica associada à amplitude

Som mais intenso → som forte → maior amplitude

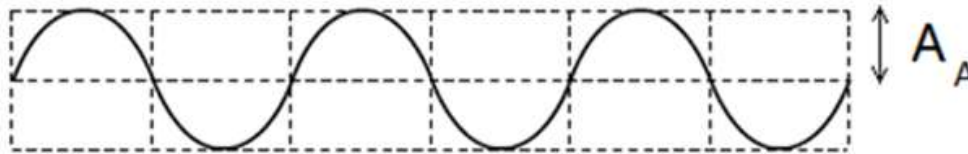
Som menos intenso → som fraco → menor amplitude



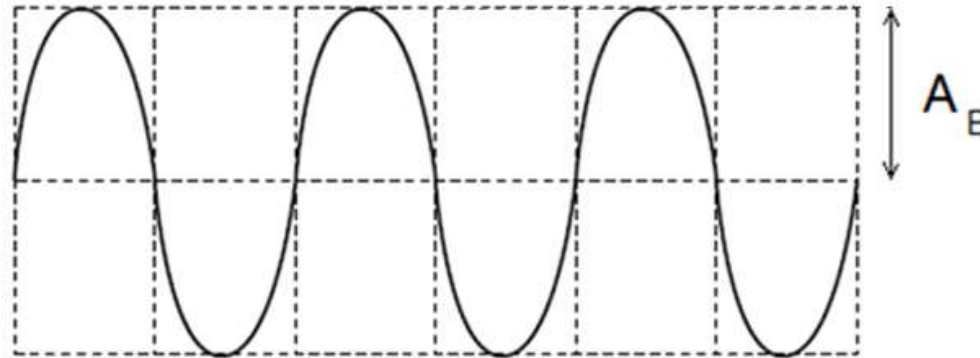
Exemplo:



oscilação

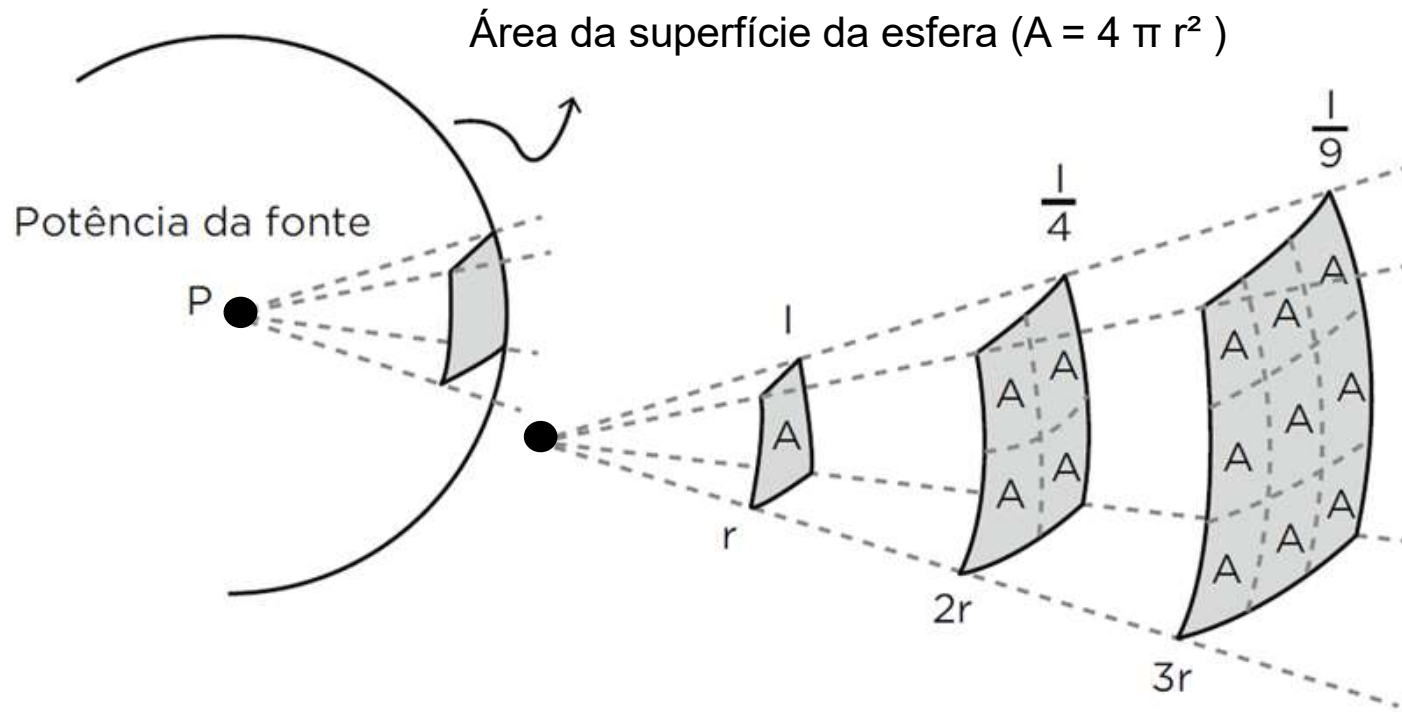


oscilação



- $A_B > A_A$
- O som B é mais intenso do que o som A
- O som B é mais forte do que o som A

Onda tridimensional e intensidade



$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$