#cultura_digital

No *site* da Universidade do Colorado, encontramos duas simulações interessantes. A simulação da "Onda em corda" está disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string. Nessa simulação, é possível observar a reflexão de ondas em cordas, tanto no caso de extremidade fixa como no de extremidade livre. Também é possível estudar a superposição de pulsos e de ondas.
A outra simulação que pode ser trabalhada é a "Interferência de onda", disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-interference. Nela, pode-se verificar a interferência ocorrendo qualitativamente, tanto em uma superfície de um tanque com água como com ondas sonoras e luminosas.
Acesso em: 7 fev. 2022.

DESENVOLVENDO **HABILIDADES**

Aula 13

1 **ENEM** Alguns modelos mais modernos de fones de ouvido contam com uma fonte de energia elétrica para poderem funcionar. Esses novos fones têm um recurso, denominado "Cancelador de Ruídos Ativo", constituído de um circuito eletrônico que gera um sinal sonoro semelhante ao sinal externo de frequência fixa. No entanto, para que o cancelamento seja realizado, o sinal sonoro produzido pelo circuito precisa apresentar simultaneamente características específicas bem determinadas.

Quais são as características do sinal gerado pelo circuito desse tipo de fone de ouvido?

a) Sinal com mesma amplitude, mesma frequência e diferença de fase igual a 90° em relação ao sinal externo.

▶ **b)** Sinal com mesma amplitude, mesma frequência e diferença de fase igual a 180° em relação ao sinal externo.

c) Sinal com mesma amplitude, mesma frequência e diferença de fase igual a 45° em relação ao sinal externo.

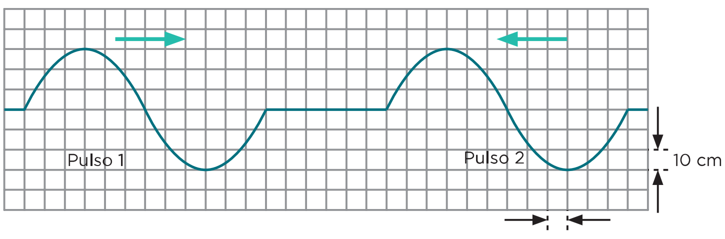
d) Sinal de amplitude maior, mesma frequência e diferença de fase igual a 90° em relação ao sinal externo.

e) Sinal com mesma amplitude, mesma frequência e mesma fase do sinal externo.

Para que o sistema de cancelamento de ruídos funcione, os fones de ouvido devem produzir, sobre os tímpanos do usuário, uma interferência do tipo destrutiva. Assim, o sinal sonoro gerado pelo circuito deve ter mesma amplitude e mesma frequência que o sinal externo e estar em oposição de fase em relação à onda sonora, ou seja, estar defasado em 180° em relação ao sinal externo.

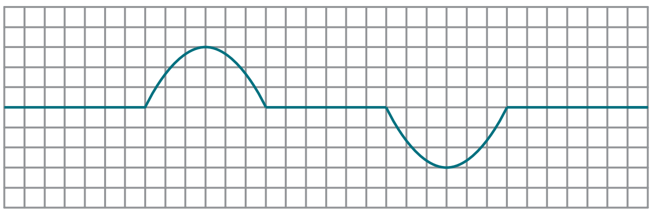
2 (Famerp-SP) Dois pulsos transversais, 1 e 2, propagam-se por uma mesma corda elástica, em sentidos opostos, com velocidades escalares constantes e iguais, de módulo 60 cm/s. No instante $t = 0$, a corda apresenta-se com a configuração representada na figura 1.

Figura 1



Após a superposição desses dois pulsos, a corda se apresentará com a configuração representada na figura 2.

Figura 2



Considerando a superposição apenas desses dois pulsos, a configuração da corda será a representada na figura 2, pela primeira vez, no instante

▶ **a)** 1,0 s

b) 1,5 s

c) 2,0 s

d) 2,5 s

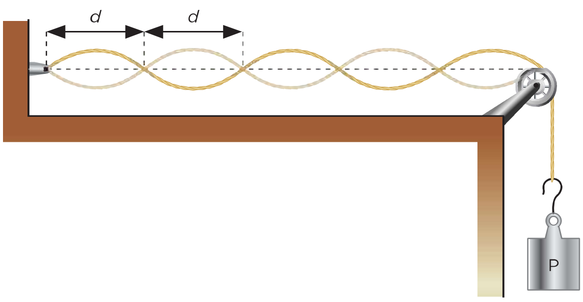
e) 3,0 s

Na configuração desejada, as primeiras metades das duas ondas estão completamente sobrepostas. Para que essa configuração aconteça, as ondas devem deslocar-se, cada uma delas, seis quadrículas, ou seja, $6 \cdot 10 = 60$ cm. Como as velocidades das ondas são constantes, vem:

$$v = v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 60 = v_m = \frac{60}{\Delta t} \quad \therefore \Delta t = 1 \text{ s}$$

Aula 14

3 (Unifesp) A figura representa uma configuração de ondas estacionárias produzida num laboratório didático com uma fonte oscilante.



Dados:

- velocidade de propagação de uma onda numa corda: $v = \sqrt{F/\mu}$;
- $g = 10$ m/s².

a) Sendo $d = 12$ cm a distância entre dois nós sucessivos, qual o comprimento de onda da onda que se propaga no fio?

O comprimento d corresponde ao comprimento de um fuso:

$$\sqrt{F/\mu} \cdot \frac{\lambda}{2} = d = 12 \text{ cm}$$

$$\therefore \lambda = 24 \text{ cm}$$

b) O conjunto P de cargas que traciona o fio tem massa $m = 180$ g. Sabe-se que a densidade linear do fio é $\mu = 5{,}0 \cdot 10^{-4}$ kg/m. Determine a frequência de oscilação da fonte.

Aplicando a equação da Ondulatória: $v = \lambda \cdot f \Rightarrow \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \lambda \cdot f$

Como o corpo está em equilíbrio, $T = P = m \cdot g$. Dessa forma, temos:

$$\sqrt{\frac{m \cdot g}{\mu}} = \lambda \cdot f$$

Substituindo os valores e ajustando as unidades, obtemos:

$$\sqrt{\frac{180 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{5 \cdot 10^{-4}}} = 24 \cdot 10^{-2} \cdot f \quad \therefore f = 250 \text{ Hz}$$

4 Em relação à questão anterior,

a) calcule a velocidade de propagação das ondas que se propagam na corda.

Aplicando a lei de Taylor: $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

Como o corpo está em equilíbrio, $T = P = m \cdot g$. Dessa forma: $v = \sqrt{\frac{m \cdot g}{\mu}}$

Substituindo os valores e ajustando as unidades:

$$v = \sqrt{\frac{180 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{5 \cdot 10^{-4}}} \quad \therefore v = 60 \text{ m/s}$$

b) determine a frequência e o comprimento da onda correspondente ao primeiro harmônico da corda vibrante.

Como na corda há 5 fusos, conclui-se que a frequência encontrada no exercício 1 corresponde à frequência do quinto harmônico. Dessa forma:

$$f_5 = 5 \cdot f_1$$

$$250 = 5 \cdot f_1 \quad \therefore f_1 = 50 \text{ Hz}$$

$$\lambda_5 = \frac{\lambda_1}{5} \Rightarrow 24 = \frac{\lambda_1}{5} \quad \therefore \lambda_1 = 120 \text{ cm}$$

Outra maneira de calcular o comprimento de onda λ_1 é por meio da equação fundamental da Ondulatória, visto que as características da corda (tração nela aplicada e densidade linear) não foram alteradas, e, consequentemente, a velocidade de propagação das ondas não foi alterada. Assim:

$$v = \lambda_1 \cdot f_1 \Rightarrow 60 = \lambda_1 \cdot 50 \quad \therefore \lambda_1 = 1{,}2 \text{ m}$$

5 A corda vibrante produz uma onda sonora decorrente dos sucessivos golpes que ela aplica no ar ao seu redor. Comparando as ondas que se propagam na corda e originam a onda estacionária com a sonda sonora produzida, o que elas têm em comum?

As duas ondas são mecânicas e têm a mesma frequência, visto que a corda vibrante é a fonte da onda sonora. Em relação à forma, a onda sonora é longitudinal, enquanto a onda na corda é transversal. Na comparação entre essas duas ondas, as velocidades de propagação e os comprimentos de onda são diferentes.

6. A onda refletida pela mariposa transfere menor energia do que a emitida pelo morcego e apresenta, portanto, intensidade menor.
Como a mariposa se afasta do morcego, o tempo de retorno da onda é crescente, e a frequência aparente percebida pelo morcego é menor do que a frequência da onda emitida.

DESENVOLVENDO **HABILIDADES**

Aula 15

6 **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 a 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.

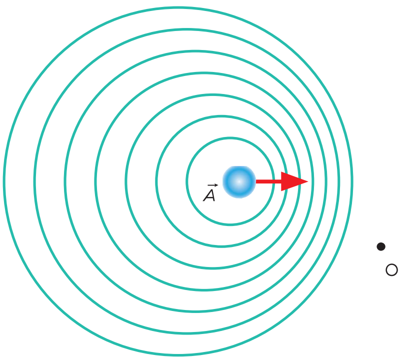
b) Intensidade aumentada, o tempo de retorno diminuído e a frequência percebida diminuída.

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

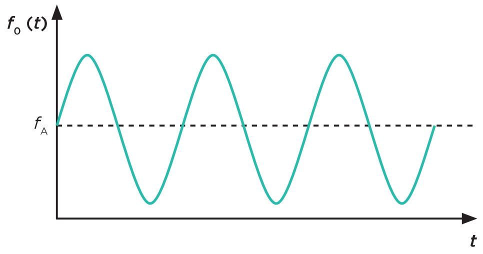
d) Intensidade diminuída, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.

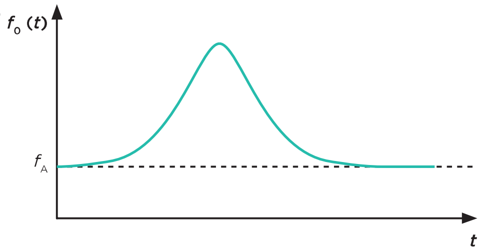
e) Intensidade aumentada, o tempo de retorno aumentado e a frequência percebida aumentada.

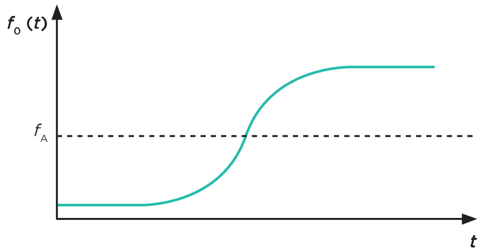
7 **ENEM** Uma ambulância A em movimento retilíneo e uniforme aproxima-se de um observador O em repouso. A sirene emite um som de frequência constante f_A. O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância. O observador possui um detector que consegue registrar, no esboço de um gráfico, a frequência da onda sonora detectada em função do tempo $f_0(t)$, antes e depois da passagem da ambulância por ele.

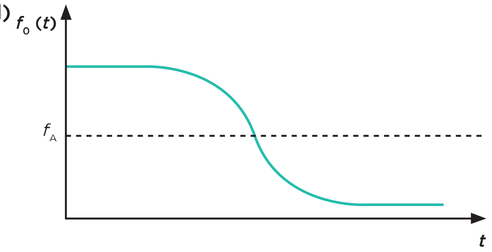


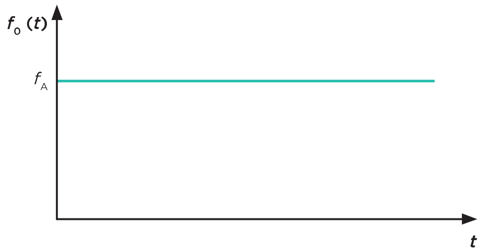
Qual esboço gráfico representa a frequência $f0(t)$ detectada pelo observador?

a)


b)


c)


▶ **d)**


e)


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-Fizeau.

De acordo com a situação-problema, inicialmente a ambulância se aproxima do observador. Sendo assim, nessa situação inicial, a frequência detectada (f_0) é maior do que a frequência real (f_A).

Em seguida, como a ambulância se afasta do observador, a frequência detectada pelo observador (f_0) é menor do que a frequência real (f_A).

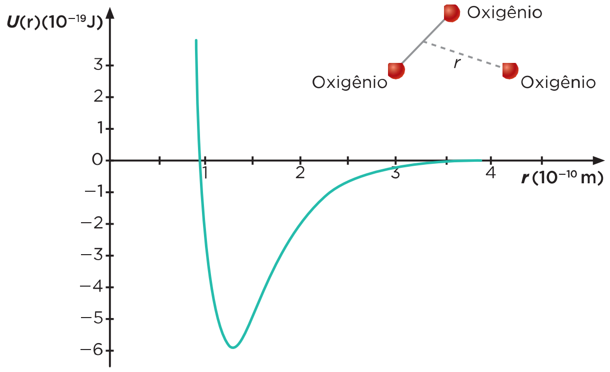
Portanto, o gráfico que representa essa situação é o do item **d**.

Aula 16

8 (Fuvest-SP) Na estratosfera, há um ciclo constante de criação e destruição do ozônio. A equação que representa a destruição do ozônio pela ação da luz ultravioleta solar (UV) é

$$O_3 \xrightarrow{UV} O_2 + O$$

O gráfico representa a energia potencial de ligação entre um dos átomos de oxigênio que constitui a molécula de O_3 e os outros dois, como função da distância de separação r.



A frequência dos fótons da luz ultravioleta que corresponde à energia de quebra de uma ligação da molécula de ozônio para formar uma molécula de O_2 e um átomo de oxigênio é, aproximadamente,

> Note e adote:
> - $E = hf$;
> - E é a energia do fóton;
> - f é a frequência da luz;
> - constante de Planck, $h = 6 \cdot 10^{-34}$ J · s.

▶ **a)** $1 \cdot 10^{15}$ Hz
b) $2 \cdot 10^{15}$ Hz
c) $3 \cdot 10^{15}$ Hz
d) $4 \cdot 10^{15}$ Hz
e) $5 \cdot 10^{15}$ Hz

Para que a ligação entre um átomo de oxigênio e a molécula de O_2 seja quebrada, é necessário que o fóton transmita à molécula de ozônio uma energia, em valor absoluto, igual à energia de ligação entre eles. Do gráfico, essa energia corresponde a $6 \cdot 10^{-19}$ J. Assim:

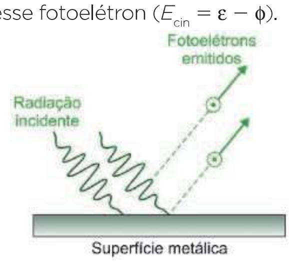
$E = h \cdot f$

$6 \cdot 10^{-19} = 6 \cdot 10^{-34} \cdot f$

$f = \dfrac{6 \cdot 10^{-19}}{6 \cdot 10^{-34}}$

$f = 1 \cdot 10^{15}$ Hz

9 (Unesp-SP) O efeito fotoelétrico é um processo em que ocorre a emissão de elétrons por uma placa metálica, chamados fotoelétrons, quando a radiação eletromagnética incide sobre ela com uma quantidade de energia suficiente para removê-los da superfície da placa. A quantidade mínima dessa energia que remove cada elétron é chamada função trabalho do metal (ϕ). No estudo desse efeito, considera-se que a energia (ε) associada a um fóton de determinada radiação que se propaga com frequência f é dada pela expressão $\varepsilon = h \cdot f$, em que h é uma constante positiva. Nesse processo, essa energia é totalmente absorvida por um elétron ligado à placa, sendo parte utilizada para removê-lo do metal e o restante transformado em energia cinética desse fotoelétron ($E_{cin} = \varepsilon - \phi$).



Reprodução/Unesp, 2021.

A tabela apresenta as funções trabalho do sódio e do alumínio, expressas em joules.

Metal	ϕ (J)
Sódio	$3{,}7 \cdot 10^{-19}$
Alumínio	$6{,}5 \cdot 10^{-19}$

Considere que uma radiação ultravioleta de comprimento de onda $\lambda = 4 \cdot 10^{-7}$ m, propagando-se no vácuo, incida sobre duas placas, uma feita de sódio e outra de alumínio. Sendo a velocidade da luz no vácuo $c = 3 \cdot 10^8$ m/s e adotando-se $h = 6{,}4 \cdot 10^{-34}$ J · s, nessa situação somente a placa de

a) alumínio emitirá fotoelétrons, cada um com $2{,}0 \cdot 10^{-19}$ J de energia cinética.
b) alumínio emitirá fotoelétrons, cada um com $2{,}4 \cdot 10^{-19}$ J de energia cinética.
c) sódio emitirá fotoelétrons, cada um com $2{,}4 \cdot 10^{-19}$ J de energia cinética.
▶ **d)** sódio emitirá fotoelétrons, cada um com $1{,}1 \cdot 10^{-19}$ J de energia cinética.
e) alumínio emitirá fotoelétrons, cada um com $1{,}1 \cdot 10^{-19}$ J de energia cinética.

A partir da equação da Ondulatória:

$v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \dfrac{v}{\lambda}$

A energia individual do fóton é dada por:

$E_{fóton} = h \cdot f \Rightarrow E_{fóton} = h \cdot \dfrac{v}{\lambda} = 6{,}4 \cdot 10^{-34} \cdot \dfrac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}}$

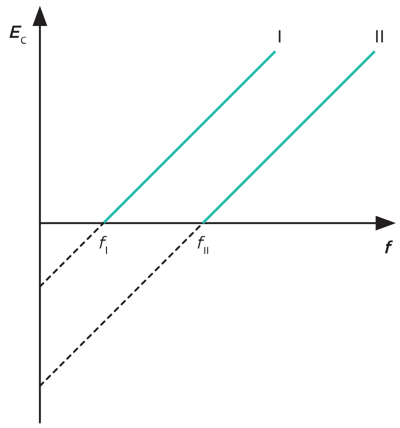
$\therefore E_{fóton} = 4{,}8 \cdot 10^{-19}$ J

Dessa forma, o efeito fotoelétrico só será observado se fizermos essa radiação incidir em uma placa de sódio. Nesse caso, a energia cinética dos fotoelétrons é dada por:

$E_C = E_{fóton} - \phi_{Na} = 4{,}8 \cdot 10^{-19} - 3{,}7 \cdot 10^{-19} \therefore E_C = 1{,}1 \cdot 10^{-19}$ J

DESENVOLVENDO **HABILIDADES**

10 (UFRGS-RS) O gráfico abaixo mostra a energia cinética E_c de elétrons emitidos por duas placas metálicas, I e II, em função da frequência f da radiação eletromagnética incidente.



Sobre essa situação, são feitas três afirmações.

I. Para $f > f_{II}$, a E_c dos elétrons emitidos pelo material II é maior do que a dos elétrons emitidos pelo material I.

II. O trabalho realizado para liberar elétrons da placa II é maior do que o realizado na placa I.

III. A inclinação de cada reta é igual ao valor da constante universal de Planck, h.

Quais estão corretas?

a) Apenas I.

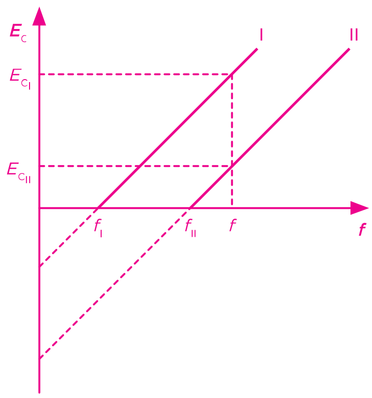
b) Apenas II.

c) Apenas III.

▶ **d)** Apenas II e III.

e) I, II e III.

I. Incorreta.
O gráfico a seguir mostra que, para uma frequência maior do que f_{II}, $E_{c_I} > E_{c_{II}}$.

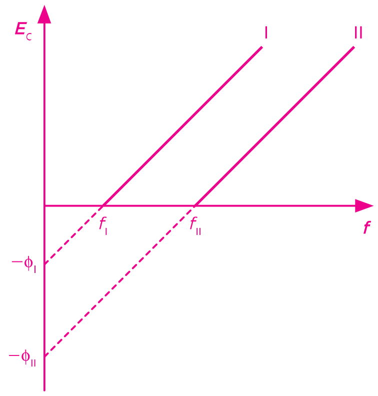


II. Correta.
A partir da equação do efeito fotoelétrico:

$E_{fóton} = \phi + E_C$

$h \cdot f = \phi + E_C \therefore E_C = h \cdot f - \phi$

Observamos que o coeficiente linear da reta corresponde à função trabalho do material, apenas com sinal oposto. Dessa forma:



Assim, $\phi_{II} > \phi_I$.

III. Correta.
Ainda a partir da equação do efeito fotoelétrico, o coeficiente angular da reta corresponde à constante de Planck. Portanto, a declividade da reta corresponde a essa constante. Vamos entender que o examinador se referiu à declividade, e não à inclinação.