

## **Aula 00**

*Polícia Federal (Papiloscopista) Passo  
Estratégico de Física*

Autor:

**Wilson Roberto Dejato da Rocha**

08 de Dezembro de 2022

# OSCILAÇÕES E ONDAS

## Sumário

Apresentação .....	1
O que é o Passo Estratégico? .....	2
Roteiro de revisão e pontos do assunto que merecem destaque .....	3
Questões estratégicas .....	8
Questionário de revisão e aperfeiçoamento .....	22
Perguntas .....	22
Perguntas com respostas .....	22
Lista de Questões Estratégicas .....	25
Gabarito .....	27
Referências Bibliográficas .....	27

## APRESENTAÇÃO

Olá!

Sou o professor Wilson Dejato e, com imensa satisfação, serei o seu analista do Passo Estratégico!

Vou contar um pouco da minha experiência profissional, acadêmica e como concurseiro:

- *Analista do Passo Estratégico - disciplina: Física.*
- *Atualmente sou Perito Criminal da Polícia Civil do Distrito Federal (desde 2019) e Professor de Ensino Médio e preparatório para vestibulares desde 2004.*
- *Ingressei na Administração Pública como Professor de Educação Básica no Estado do Paraná (nomeado em 2003). Nomeado como Professor de Educação Básica no Distrito Federal (em 2008 – 41º lugar – e em 2021 – 19º lugar); nomeado como Professor de Educação Básica em Minas Gerais (em 2018 – 1º lugar).*
- *Graduado e Mestre em Física (Universidade Estadual de Londrina).*



@prof.wilsondejato



## O QUE É O PASSO ESTRATÉGICO

O Passo Estratégico é um material escrito e enxuto que possui dois objetivos principais:

- a) orientar revisões eficientes;
- b) destacar os pontos mais importantes e prováveis de serem cobrados em prova.

Assim, o Passo Estratégico pode ser utilizado tanto para **turbinar as revisões dos alunos mais adiantados nas matérias, quanto para maximizar o resultado na reta final de estudos por parte dos alunos que não conseguirão estudar todo o conteúdo do curso regular.**

Em ambas as formas de utilização, como regra, **o aluno precisa utilizar o Passo Estratégico em conjunto com um curso regular completo.**

Isso porque nossa didática é direcionada ao aluno que já possui uma base do conteúdo.

Assim, se você vai utilizar o Passo Estratégico:

- a) **como método de revisão**, você precisará de seu curso completo para realizar as leituras indicadas no próprio Passo Estratégico, em complemento ao conteúdo entregue diretamente em nossos relatórios;
- b) **como material de reta final**, você precisará de seu curso completo para buscar maiores esclarecimentos sobre alguns pontos do conteúdo que, em nosso relatório, foram eventualmente expostos utilizando uma didática mais avançada que a sua capacidade de compreensão, em razão do seu nível de conhecimento do assunto.

### Seu cantinho de estudos famoso!

Poste uma foto do seu cantinho de estudos nos stories do Instagram e nos marque:



[@passoestrategico](https://www.instagram.com/passoestrategico)

Vamos repostar sua foto no nosso perfil para que ele fique famoso entre milhares de concurseiros!



## ROTEIRO DE REVISÃO E PONTOS DO ASSUNTO QUE MERECEM DESTAQUE

A ideia desta seção é apresentar um roteiro para que você realize uma revisão completa do assunto e, ao mesmo tempo, destacar aspectos do conteúdo que merecem atenção.

### MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

#### Sistema massa-mola e pêndulo simples

O movimento harmônico simples (MHS) pode ser descrito como o movimento de vai e vem e está presente em várias situações como o movimento de uma criança no balanço, no movimento no interior de um pistão de motor a combustão, em um pêndulo e em um sistema com uma massa presa a uma mola (sistema massa-mola). Estes dois últimos serão abordados com maiores detalhes.

Os primeiros conceitos relevantes para o MHS são período (T) e frequência (f). Período é o tempo para uma oscilação completa (segundos, no SI) e frequência é o número de oscilações em um intervalo de tempo (Hertz, no SI).

$$f = \frac{1}{T} \text{ ou } T = \frac{1}{f}$$

O período para o sistema massa-mola pode ser determinado da seguinte maneira:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

em que m é a massa (kg) e k é a constante elástica da mola (N/m).

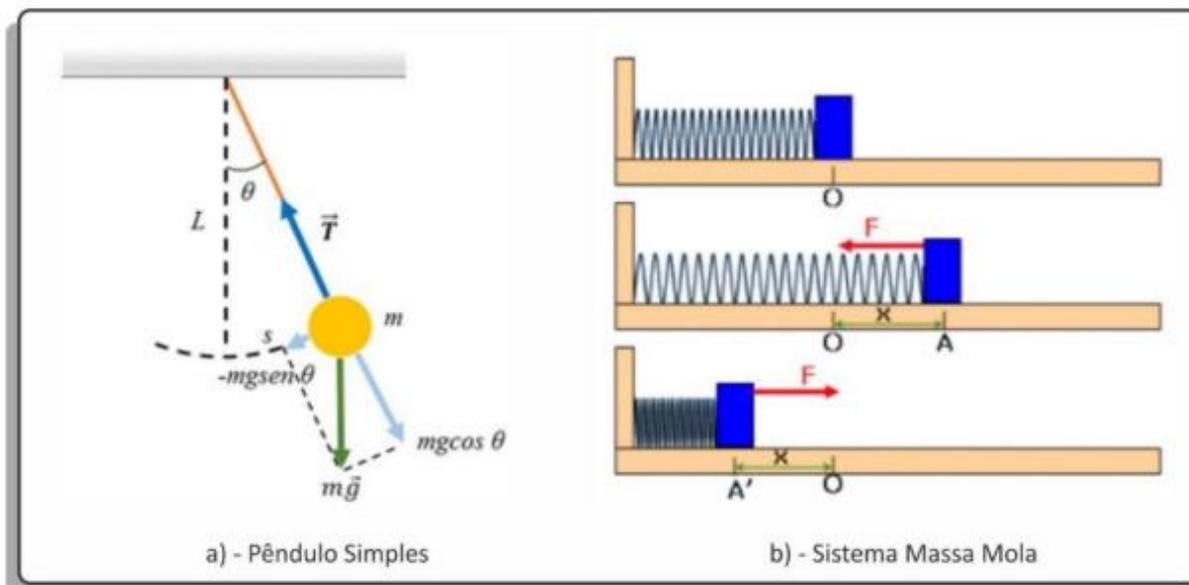
O período para o pêndulo simples pode ser determinado da seguinte maneira:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

em que l é o comprimento do fio (m) e g é a aceleração da gravidade (N/m).

Na figura a seguir é apresentado um esquema para melhor entendimento do pêndulo simples e do sistema massa-mola.





Observe que nos dois sistemas a posição da massa varia constantemente durante o movimento de vai e vem. A distância entre a posição de equilíbrio e a posição mais distante (pontos A e A' no caso do sistema massa-mola) é chamada de amplitude. Na posição de equilíbrio a velocidade é máxima e a aceleração é nula para ambos os sistemas. As fórmulas a seguir podem ser usadas:

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi_0)$$

Em que  $x(t)$  é a posição em função do tempo (m);  $A$  é a amplitude (m);  $\omega$  é a velocidade angular (rad/s);  $t$  é o tempo (s);  $\phi_0$  é a fase inicial (rad).

$$v(t) = -\omega \cdot A \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi_0)$$

Em que  $v(t)$  é a velocidade em função do tempo (m/s).

$$a(t) = \omega^2 A \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi_0)$$

Em que  $a(t)$  é a aceleração em função do tempo (m/s<sup>2</sup>)

### Energia mecânica no MHS

A energia mecânica é a medida da soma da energia cinética e da energia potencial de um corpo. No MHS, a todo momento, tem-se a mesma energia mecânica, entretanto, ela se expressa periodicamente na forma de energia cinética e energia potencial.

$$E_M = E_C + E_P \quad \text{e} \quad E_{Mi} = E_{Mf}$$

Em que  $E_M$  é a energia mecânica (J);  $E_C$  é a energia cinética (J);  $E_P$  é a energia potencial (J);  $E_{Mi}$  é a energia mecânica no início e  $E_{Mf}$  é a energia mecânica no fim.

As duas energias potenciais mais comuns (gravitacional -  $E_{pg}$  - e elástica -  $E_{pel}$ ) e a energia cinética de um corpo podem ser expressas pelas fórmulas a seguir:

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{pel} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

## **Ondas em uma corda**

### Velocidade

Numa corda, a velocidade de propagação de uma onda é proporcional à raiz quadrada da tração e inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade linear. Ou seja, aumentando-se a tração, aumenta-se a velocidade da propagação e aumentando-se a densidade linear da corda, a velocidade diminui. A fórmula usada é a seguinte:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Em que  $v$  é a velocidade (m/s);  $T$  é a tração (N) e  $\mu$  é densidade linear (kg/m).

### Reflexão e Refração

Se uma onda, propagando-se ao longo de uma corda, incide sobre uma de suas extremidades, ela será refletida. Quando o pulso chega a uma extremidade fixa, observa-se que o pulso refletido tem orientação oposta à do pulso incidente: dizemos que o pulso refletiu com inversão de fase.

Já no caso de o pulso atingir a extremidade livre de uma corda, ocorre uma reflexão sem inversão de fase.

A refração consiste na passagem da onda de um meio para outro. No caso de cordas, a refração ocorrerá quando a onda percorrer densidades diferentes, isto é, cordas mais grossas ligadas (amarradas) em cordas mais finas. Neste caso, não há inversão de fase para a refração, porém, haverá mudança na velocidade da onda refratada.

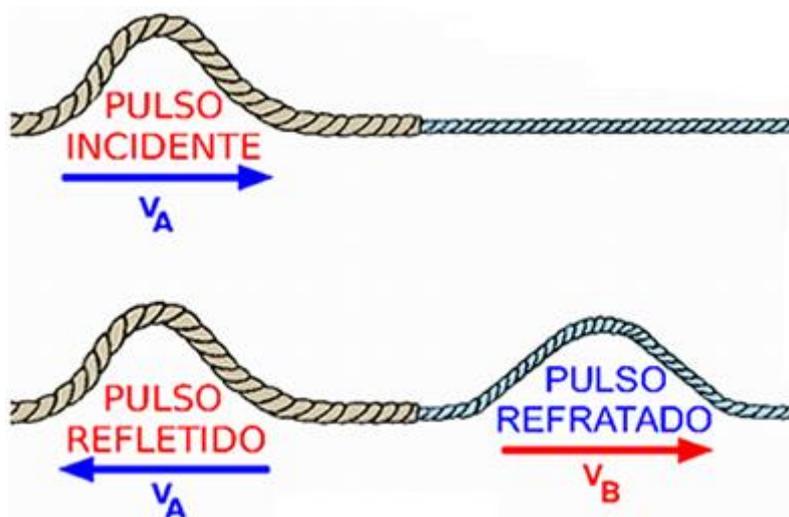


**Extremidade fixa → reflexão ocorre com inversão de fase**

**A reflexão com extremidade livre ocorre sem inversão de fase**

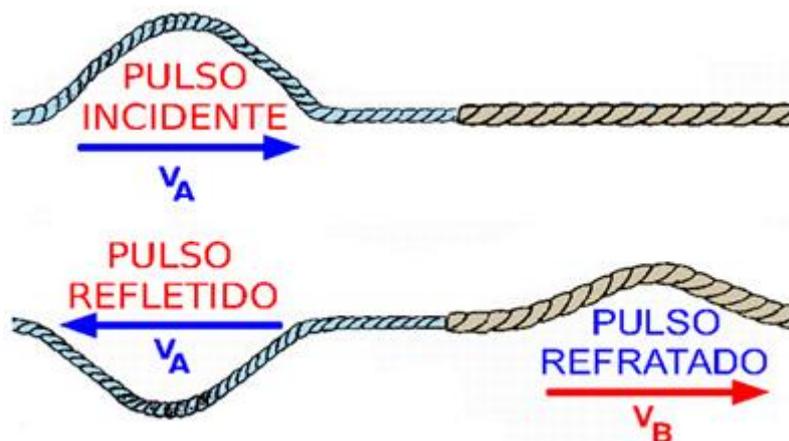
**Em ambos os casos a velocidade  $V$  é a mesma, pois o meio (corda) é o mesmo e, a amplitude  $A$  também será a mesma, supondo não haver perda de energia.**

Quando o fenômeno ocorre com a onda propagando-se da corda mais grossa para a corda mais fina, observa-se que o pulso refletido possui a mesma fase do pulso incidente.



Porém isso não ocorre com a onda propagando-se da corda mais fina para a corda mais grossa.





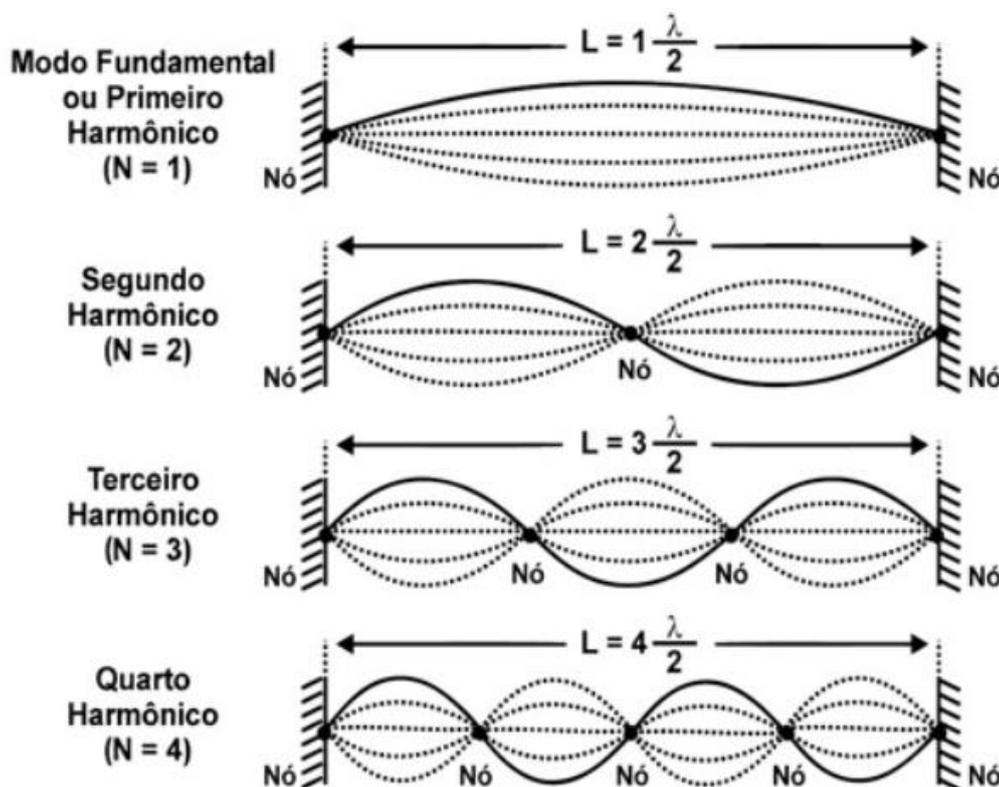
### Ondas estacionárias em uma corda

Ondas estacionárias são formadas quando uma oscilação incide sobre a extremidade fixa de uma corda. De acordo com a frequência da onda, o comprimento de onda das ondas estacionárias muda – quanto maior é sua frequência, menor é o comprimento de onda. Além disso, para que se formem ondas estacionárias em cordas, é necessário que o comprimento da corda seja um múltiplo inteiro ( $n = 1, 2, 3, 4 \dots$ ) da metade do comprimento de onda.

A fórmula que relaciona o comprimento da corda ( $L$ ) com o comprimento de onda ( $\lambda$ ) é mostrada a seguir:

$$L = \frac{n\lambda}{2}$$

Em que  $n$  é a ordem do harmônico ( $n = 1$  é o harmônico fundamental)



## Equação fundamental da ondulatória

A relação a seguir aparece em várias questões de ondulatória e é muito importante sua memorização.

$$v = \lambda \cdot f \text{ (para memorizar: "Vai lamber ferida")}$$

Em que  $v$  é a velocidade (m/s),  $\lambda$  é o comprimento de onda (m) e  $f$  é a frequência (Hz).

## QUESTÕES ESTRATÉGICAS

*Nesta seção, apresentamos e comentamos uma amostra de questões objetivas selecionadas estrategicamente: são questões com nível de dificuldade semelhante ao que você deve esperar para a sua prova e que, em conjunto, abordam os principais pontos do assunto.*

*A ideia, aqui, não é que você fixe o conteúdo por meio de uma bateria extensa de questões, mas que você faça uma boa revisão global do assunto a partir de, relativamente, poucas questões.*

1. (Instituto AOCP - 2021/Papiloscopista/PC PA) Um bloco de massa  $m = 200$  g está conectado a uma mola de constante elástica  $k = 5$  N/m. Suponha que o bloco, apoiado sobre um plano horizontal sem atrito, seja deslocado 10 cm a partir de sua posição de equilíbrio e, em seguida, seja solto e passe a oscilar em movimento harmônico simples. Em relação a esse movimento realizado pelo bloco, assinale a alternativa correta.

- a) A frequência desse movimento é de 2,5 Hz.
- b) O período desse movimento é de 2,5 s.
- c) O módulo da velocidade máxima adquirida pelo bloco é de 2,5 m/s.
- d) O módulo da aceleração máxima adquirida pelo bloco é de 2,5 m/s<sup>2</sup>.
- e) A energia mecânica do sistema é de 2,5 J.

Comentários

GABARITO: d

Vamos analisar cada alternativa apresentada.

a) Errada. Pelas informações do enunciado ( $m = 200$  g = 0,2 kg e  $k = 5$  N/m) é possível determinar o período do movimento.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \Rightarrow \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{0,2}{5}} \quad \Rightarrow \quad T = 2,3,14 \cdot \sqrt{0,04} \quad \Rightarrow \quad T = 1,256 \text{ s}$$

Em que foi utilizado  $\pi = 3,14$ . Usando a fórmula que relaciona período e frequência, temos:



$$f = \frac{1}{T} \quad \Rightarrow \quad f = \frac{1}{1,256} \quad \Rightarrow \quad \boxed{f = 0,796\text{Hz}}$$

b) Errada. Determinamos o período no item anterior.

c) Errada. A velocidade máxima pode ser determinada na equação da velocidade e fazendo  $\text{sen}(\omega \cdot t + \phi_0) = -1$ .

$$v(t) = -\omega \cdot A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \phi_0)$$

A amplitude do movimento é  $A = 10 \text{ cm} (= 0,1 \text{ m})$ , dado no enunciado) e a velocidade angular pode ser determinada como a seguir:

$$\omega = 2\pi \cdot f \quad \Rightarrow \quad \omega = 2,314 \cdot 0,796 \quad \Rightarrow \quad \omega = 5 \text{ rad/s}$$

Agora determinando a velocidade máxima,

$$\boxed{v(t) = -5 \cdot 0,1 \cdot (-1) = 0,5\text{m/s}}$$

d) Correta. A aceleração máxima pode ser determinada na equação da aceleração e fazendo  $\text{cos}(\omega \cdot t + \phi_0) = 1$ .

$$a(t) = \omega^2 A \cdot \text{cos}(\omega \cdot t + \phi_0) \quad \Rightarrow \quad a(t) = 5^2 \cdot 0,1 \cdot (1) \quad \Rightarrow \quad \boxed{a(t) = 2,5\text{m/s}^2}$$

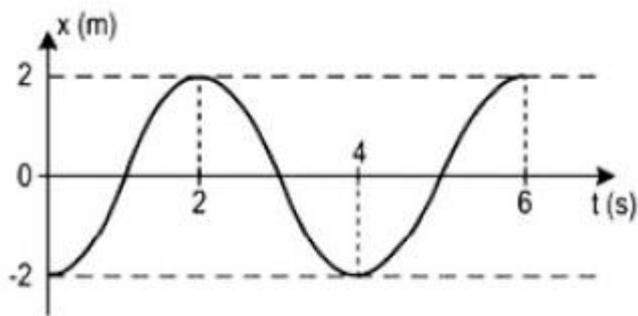
e) Errada. A energia mecânica é determinada pela soma da energia cinética e potencial em cada posição do bloco. Na posição de equilíbrio da mola, a velocidade do bloco é máxima (logo a Energia Cinética também é máxima) e a mola tem deformação nula (logo a Energia Potencial Elástica também é nula). Nesta posição temos que:

$$E_M = E_C + E_P \quad \Rightarrow \quad E_M = \frac{m \cdot v^2}{2} + 0 \quad \Rightarrow \quad E_M = \frac{0,2 \cdot 0,5^2}{2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{E_M = 0,025 \text{ J}}$$

---

2.(Instituto AOCP - 2021/Perito/ITEP RN) O gráfico a seguir representa a posição em função do tempo de um ponto material em movimento harmônico simples (MHS).





Em relação a esse movimento, assinale a alternativa correta.

- a) A amplitude é de 4 m.
- b) A fase inicial é de  $\pi$  rad.
- c) O período é de 2 s.
- d) A frequência é de 2 Hz.
- e) A velocidade máxima é de  $2\pi$  m/s

#### Comentários

GABARITO: b

Vamos analisar cada alternativa apresentada.

a) Errada. A amplitude é definida como a distância da posição de equilíbrio ( $x = 0$ ) até o valor máximo da posição ( $x = 2$  m ou  $x = -2$  m). Logo a amplitude vale 2 m.

b) Correta. A fase inicial ( $\phi_0$ ) é determinada pela equação da posição para  $t = 0$  segundos e  $x = -2$  m.

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi_0) \Rightarrow -2 = 2 \cdot \cos(\omega \cdot 0 + \phi_0) \Rightarrow -1 = \cos(\phi_0) \Rightarrow \phi_0 = \pi \text{ rad}$$

c) Errada. Lembrando que " Período é o tempo para uma oscilação completa (segundos, no SI)", ele pode ser determinado diretamente do gráfico observando o tempo entre duas cristas consecutivas. A primeira crista aparece em  $t = 2$  s e a segunda em  $t = 6$  s, logo o período é de 4 s.

d) Errada. Como a frequência é o inverso do período,

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ Hz}$$

e) Errada. A velocidade máxima pode ser determinada na equação da velocidade e fazendo  $\sin(\omega \cdot t + \phi_0) = -1$ .

$$v(t) = -\omega \cdot A \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi_0) \quad , \text{ como } \omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 0,25 \quad \Rightarrow \omega = 0,5\pi \text{ rad/s, temos:}$$

$$v(t) = -0,5\pi \cdot 2 \cdot (-1) \Rightarrow v(t) = \pi \text{ m/s}$$



3. (Instituto AOCP - 2022/Professor/SED MT) Dois pêndulos simples, A e B, são constituídos de massas idênticas penduradas por fios de comprimentos  $L_A$  e  $L_B$ , respectivamente. Os dois pêndulos oscilam sob o efeito do mesmo campo gravitacional. Se o período do pêndulo B é duas vezes o valor daquele do pêndulo A, qual das seguintes alternativas é verdadeira em relação aos comprimentos dos fios dos dois pêndulos?

a)  $L_B = \frac{1}{4} L_A$

b)  $L_B = \frac{1}{2} L_A$

c)  $L_B = L_A$

d)  $L_B = 2 \cdot L_A$

e)  $L_B = 4 \cdot L_A$

Comentários

GABARITO: e

Com os dados fornecidos pela questão, vamos formular a equação do período para cada pêndulo (A e B).

$$T_A = 2\pi \sqrt{\frac{L_A}{g}} \quad \text{e} \quad T_B = 2\pi \sqrt{\frac{L_B}{g}}$$

A questão afirma que "o período do pêndulo B é duas vezes o valor daquele do pêndulo A", isto é,  $T_B = 2 \cdot T_A$ . Substituindo esta informação na fórmula do período de B, temos:

$$T_B = 2\pi \sqrt{\frac{L_B}{g}} \quad \Rightarrow \quad 2 \cdot T_A = 2\pi \sqrt{\frac{L_B}{g}} \quad \Rightarrow \quad T_A = \pi \sqrt{\frac{L_B}{g}}$$

Agora podemos igualar a expressão do período de A com esta última. Assim:

$$2\pi \sqrt{\frac{L_A}{g}} = \pi \sqrt{\frac{L_B}{g}} \quad \Rightarrow \quad 2 \cdot \sqrt{\frac{L_A}{g}} = \sqrt{\frac{L_B}{g}}$$

Elevando-se ao quadrado em ambos os lados da equação:

$$(2 \cdot \sqrt{\frac{L_A}{g}})^2 = (\sqrt{\frac{L_B}{g}})^2 \quad \Rightarrow \quad 4 \cdot \frac{L_A}{g} = \frac{L_B}{g} \quad \Rightarrow \quad 4 \cdot L_A = L_B$$



4.(FGV - 2022/Analista de Pesquisa Energética/EPE) Uma esfera oscila horizontalmente em movimento harmônico simples, presa à extremidade de uma mola. Seu deslocamento pode ser descrito pela equação:

$$x = 0,6 \cdot \cos(2\pi \cdot t + \pi), \text{ medida no sistema internacional de unidades.}$$

A velocidade da esfera quando  $t = 1$  segundo é

- a) -1,2 m/s
- b) -0,6 m/s
- c) 0
- d) +0,6 m/s
- e) +1,2 m/s

Comentários

GABARITO: c

Pela equação da posição fornecida pela questão é possível determinar a amplitude, a velocidade angular e a fase inicial.

Comparando  $x = 0,6 \cdot \cos(2\pi \cdot t + \pi)$ , com  $x(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi_0)$ , concluímos que a amplitude vale  $A = 0,6$  m, a velocidade angular vale  $\omega = 2\pi \text{ rad/s}$  e a fase inicial vale  $\phi_0 = \pi \text{ rad}$ . Substituindo estes valores na equação da velocidade para  $t = 1$ s, temos:

$$v(t) = -\omega \cdot A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \phi_0) \quad \Rightarrow \quad v(t) = -2\pi \cdot 0,6 \cdot \text{sen}(2\pi \cdot 1 + \pi)$$

$$v(t) = -2,314 \cdot 0,6 \cdot \text{sen}(3\pi)$$

Fazendo  $\text{sen}(3\pi) = \text{sen}(\pi) = 0$ , temos que  $v(t) = 0$ .

5.(FGV - 2022/Curso de Formação de Sargentos/Aeronáutica) Qual o valor da elongação, em metros, no instante  $t = 5$ s no MHS descrito abaixo pela equação?

Observação: a equação está expressa em unidades do Sistema Internacional de Unidades.

$$x = 5 \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{2}\right)$$

- a) 2,5
- b) -2,5
- c) 5
- d) -5



Comentários

GABARITO: d

Para resolver esta questão, basta substituir  $t = 5s$  na equação fornecida. Assim:

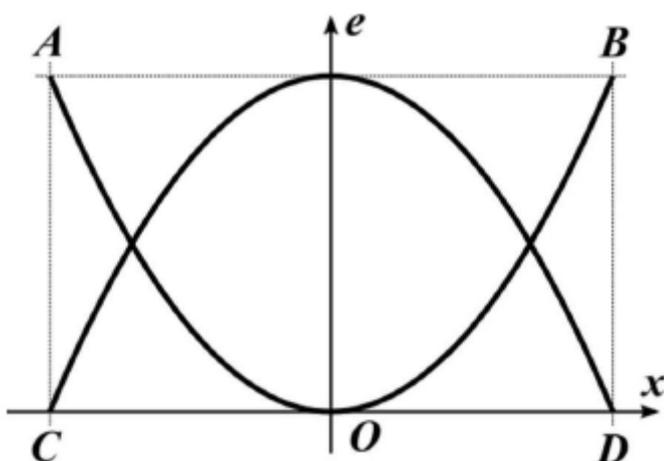
$$x = 5 \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot 5 + \frac{\pi}{2}\right) \quad \Rightarrow \quad x = 5 \cos(3\pi)$$

Fazendo  $\cos(3\pi) = \cos(\pi) = -1$

Temos:

$$x = 5 \cdot (-1) \quad \Rightarrow \quad x = -5 \text{ m.}$$

6. (Idecan - 2021/Perito Criminal/PEFOCE) Considere uma partícula de massa  $m$  na extremidade de uma mola ideal e executando um movimento harmônico simples, sem a presença de forças dissipativas. A figura representa a variação da energia potencial e da energia cinética desse sistema, em função da posição  $x$  ocupada pela partícula.



Nesse contexto, analise as afirmativas a seguir:

- I. Se as abscissas  $C$  e  $D$  valem, respectivamente,  $-0,05 \text{ m}$  e  $+0,05 \text{ m}$  e a ordenada de  $A$  é igual a  $0,1 \text{ J}$ , é possível determinar que a constante elástica da mola é  $80 \text{ N/m}$ .
- II. A energia cinética do sistema é constante e é dada pela ordenada do ponto  $B$ .
- III. A energia potencial do sistema é representada pela curva  $AOB$ .
- IV. A aceleração máxima da partícula ocorre no ponto de abscissa  $O$ .

Assinale



- a) se apenas a afirmativa III for verdadeira.
- b) se apenas as afirmativas I e III forem verdadeiras.
- c) se apenas as afirmativas I, II e III forem verdadeiras.
- d) se apenas as afirmativas II e IV forem verdadeiras.
- e) se apenas as afirmativas I, III e IV forem verdadeiras.

### Comentários

### GABARITO: b

Analisando as afirmativas.

I) Verdadeira. Os pontos C e D são os pontos de maior amplitude e a elongação,  $x$ , vale 0,05 m. Como a afirmativa fornece o valor da energia neste ponto (0,1J) é possível determinar a constante elástica da mola ( $k$ ), uma vez que a energia potencial elástica é máxima e a Energia Cinética é nula para estes pontos.

$$E_{pel} = \frac{k \cdot x^2}{2} \quad \Rightarrow \quad 0,1 = \frac{k \cdot 0,05^2}{2} \quad \Rightarrow \quad k = \frac{0,1 \cdot 2}{0,05^2} \quad \Rightarrow \quad k = 80N/m$$

II) Falsa . A energia cinética não é constante, ela é máxima no ponto O e nula nos pontos C e D.

III) Verdadeira. A curva AOB demonstra que a energia potencial é máxima nos extremos (A e B) e nula no centro (O).

IV) Falsa. A aceleração será máxima no ponto em que a força da mola é máxima, ou seja, nas extremidades.

---

7.(Idecan - 2021/Perito Criminal/PEFOCE) Um pêndulo simples oscila em MHS, com um período de  $4\pi$  segundos num local onde se pode considerar a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$  e as forças dissipativas são desprezíveis. O comprimento  $L$  desse pêndulo é

- a) 4,0 m.
- b) 40 m.
- c)  $10\pi$  m.
- d)  $10/\pi$  m.
- e)  $4\pi$  m.

### Comentários



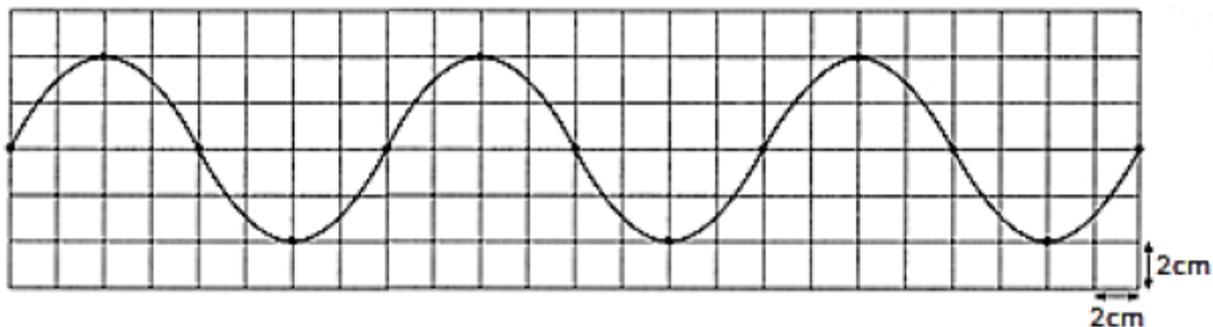
GABARITO: b

Pela fórmula do período do pêndulo, temos:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \Rightarrow \quad 4\pi = 2\pi \sqrt{\frac{l}{10}} \quad \Rightarrow \quad 2 = \sqrt{\frac{l}{10}}$$

$$(2)^2 = \left(\sqrt{\frac{l}{10}}\right)^2 \quad \Rightarrow \quad 4 = \frac{l}{10} \quad \Rightarrow \quad \boxed{l = 40 \text{ m}}$$

8.(Idecan - 2016/Oficial Bombeiro Militar/CBM MG) A onda representada a seguir tem período de 0,25 s.



Sobre essa onda, é correto afirmar que

- a) sua amplitude é de 8 cm.
- b) tem frequência igual a 2,5 Hz.
- c) sua velocidade é igual a 64 cm/s.
- d) tem comprimento de onda de 48 cm

Comentários

GABARITO: c

Analisando cada alternativa.

- a) Errada. A amplitude é uma medida vertical do centro da onda até a crista ou vale. Como cada quadrado vale 2 cm, a amplitude da onda é de apenas 4 cm.



b) Errada. A frequência de uma onda pode ser determinada considerando que ela é o inverso do período (fornecido pela questão), isto é,

$$f = \frac{1}{0,25} = 4\text{Hz}$$

c) Correta. A velocidade pode ser determinada usando "Vai lamber ferida" ( $v = \lambda \cdot f$ ). Em que  $\lambda$  é o comprimento de onda e pode ser determinado pela distância horizontal entre duas cristas consecutivas, que no caso da questão vale 16 cm (uma vez que a figura apresenta 8 quadradinhos entre duas cristas). Assim:

$$v = \lambda \cdot f \quad \Rightarrow \quad v = 16 \cdot 4 \quad \Rightarrow \quad v = 64 \text{ cm/s}$$

d) Errada. Como determinado no item anterior, o comprimento de onda vale 16 cm.

---

9.(Vunesp - 2008/Técnico de Laboratório/Ufscar) Um violonista, afinando seu instrumento, precisou esticar um pouco mais uma das cordas. Porter esticado essa corda,

- a) as ondas passaram a se propagar por ela com maior velocidade.
- b) a velocidade de propagação das ondas por essa corda não sofreu variação.
- c) a frequência da onda emitida por essa corda, ao vibrar, diminuiu.
- d) a altura da onda emitida por essa corda, ao vibrar, diminuiu.
- e) o comprimento da onda emitida por essa corda, ao vibrar, aumentou.

### Comentários

GABARITO: a.

Analisando cada alternativa.

a) Correta. A velocidade da onda em uma corda é proporcional à raiz quadrada da Tração nela. Ao esticar a corda, a Tração aumentou e, conseqüentemente, a velocidade da onda também aumentou. Relembre a fórmula:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Em que  $v$  é a velocidade (m/s);  $T$  é a tração (N) e  $\mu$  é densidade linear (kg/m).



- b) Errada.
- c) Errada. Ao aumentar a velocidade a frequência aumenta também. É só perceber que ao esticar mais a corda, o som emitido é mais agudo, ou seja, de maior frequência.
- d) Errada. Um som mais alto possui maior frequência. Neste caso a frequência aumentou e não diminuiu.
- e) Errada. o comprimento será mantido constante para uma mesma corda.

---

10. (Cebbraspe - 2021/Professor/SEED PR) Lá<sub>440</sub> é o nome que se dá coloquialmente ao som que produz uma vibração a 440 Hz e serve como padrão de referência para a afinação da altura musical.

Internet: <pt.wikipedia.org/wiki/Lá<sub>440</sub>>.

Uma musicista dá início à afinação de seu violino a partir da corda lá, de comprimento igual a 35 cm e fabricada com material cuja densidade linear é 0,78 g/m. Para ajustá-la adequadamente à afinação desejada, a musicista precisa aplicar na corda uma tensão mais próxima de

- a) 18 N
- b) 27 N
- c) 45 N
- d) 74 N
- e) 154 N

### Comentários

GABARITO: d

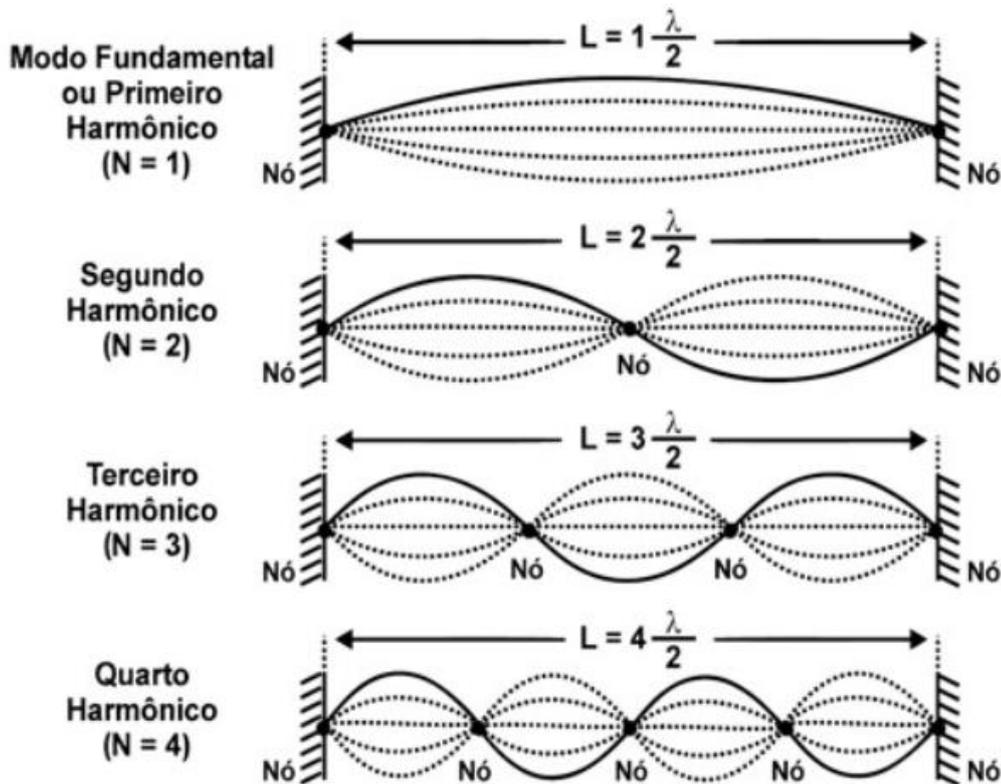
Considerando que a referência padrão corresponde ao harmônico fundamental, é possível calcular o comprimento de onda gerado na corda do violino.

$L = n \frac{\lambda}{2}$  é a equação geral para as ondas estacionárias em uma corda.

Relembre os harmônicos na figura a seguir.

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad \Rightarrow \quad 35 = 1 \frac{\lambda}{2} \quad \Rightarrow \quad \lambda = 70 \text{ cm}$$





Em posse do comprimento de onda e da frequência (440Hz) é possível determinar a velocidade da onda na corda.

$$v = \lambda \cdot f \quad \Rightarrow \quad v = 70.440 \quad \Rightarrow \quad v = 30.800 \frac{cm}{s} \text{ ou } 30,8 \frac{m}{s}$$

Agora é possível determinar a tensão (ou tração):

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Com a densidade linear de  $0,78 \text{ g/cm} = 0,078 \text{ kg/m}$  (esta transformação dá para fazer com duas regras de três. Você consegue?)

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad \Rightarrow \quad 30,8 = \sqrt{\frac{T}{0,078}} \quad \Rightarrow \quad (30,8)^2 = \left(\sqrt{\frac{T}{0,078}}\right)^2 \quad \Rightarrow \quad 948,64 = \frac{T}{0,078} \quad \Rightarrow \quad T = 74 \text{ N}$$

Texto para as questões 11, 12 e 13. (Cebraspe - 2021/Professor/SEDUC AL)



As cordas de instrumentos musicais como violino, violão, harpa etc., quando vibram, produzem ondas transversais que, superpondo-se às refletidas nas extremidades, originam uma onda estacionária. Considerando que uma corda de violão de comprimento  $L$  submetida a uma força de tensão  $T$  seja posta a vibrar com pequena amplitude, julgue o item a seguir.

11. Quando a corda estiver vibrando em seu harmônico fundamental, o comprimento de onda na corda será igual a  $2L$ .

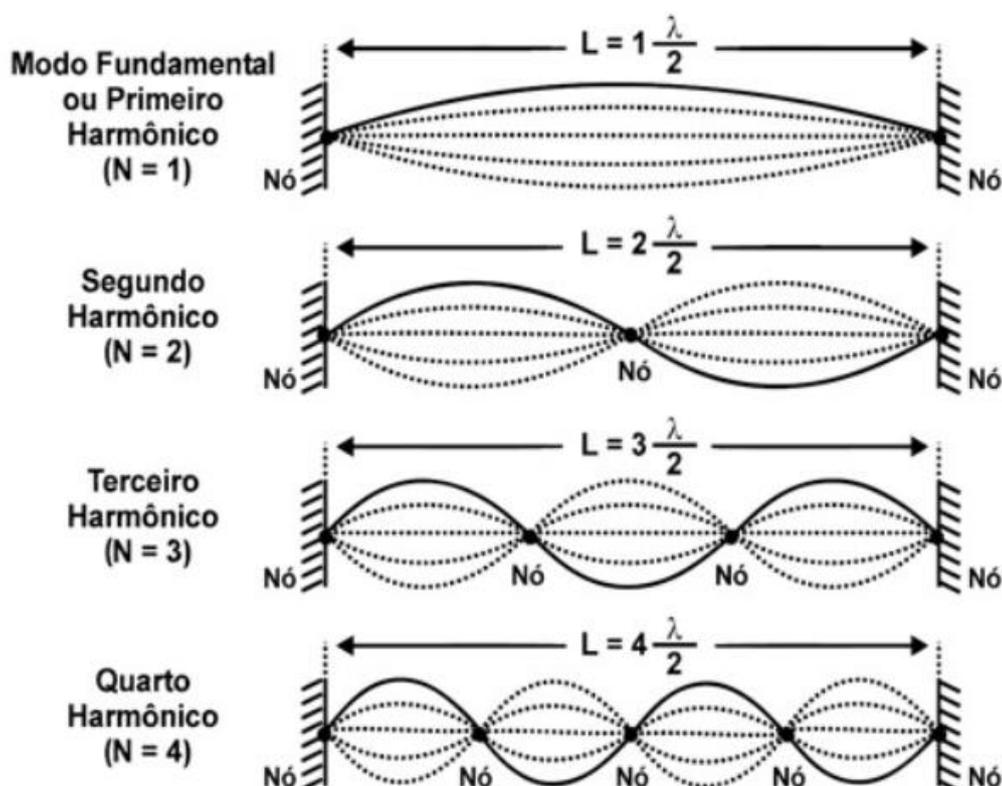
C - Certo  
E - Errado

Comentários

GABARITO: Certo

Relembre os harmônicos na figura a seguir.

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad \rightarrow \quad L = 1 \frac{\lambda}{2} \quad \rightarrow \quad \boxed{\lambda = 2L}$$



12. Reduzindo-se a força de tensão  $T$  na corda vibrante à metade, a frequência da onda na corda também será reduzida à metade.

C - Certo  
E - Errado

Comentários

GABARITO: Errado

Pela relação da velocidade em uma corda e pela equação fundamental ("Vai lamber ferida") é possível concluir que se a força Tensão se reduzir à metade, a velocidade não será reduzida à metade e que a frequência varia da mesma forma que a velocidade. Relembre as fórmulas.

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad e$$

13. Se a densidade linear da corda vibrante fosse maior, o som produzido pela corda seria mais agudo.

C - Certo  
E - Errado

Comentários

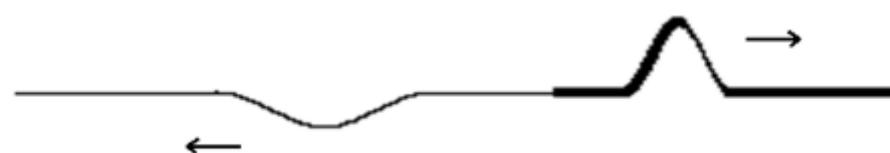
GABARITO: Errado

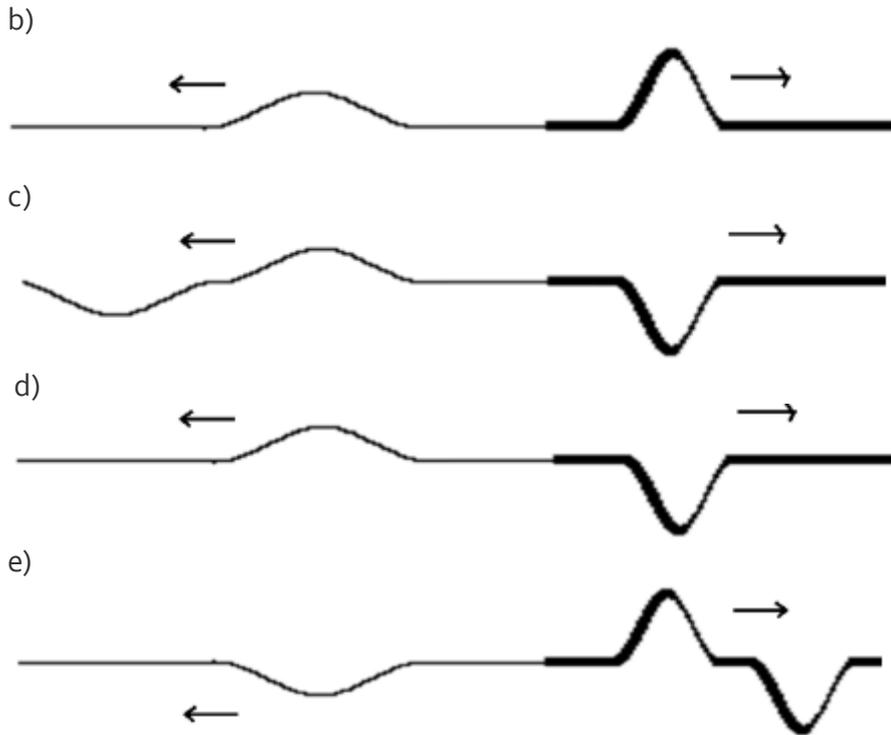
Um aumento na densidade linear leva a uma diminuição na velocidade da onda e uma diminuição na frequência. O som mais agudo é aquele de maior frequência. Relembre as fórmulas na questão anterior.

14. (Instituto AOCP - 2016/Técnico/UFFS) Imagine uma onda (um pulso) viajando por uma corda (I) como na figura a seguir, da esquerda para a direita. Imagine essa corda presa a uma de maior densidade, (ver figura). O que ocorrerá quando o pulso de onda encontrar a corda mais densa (II)?



a)

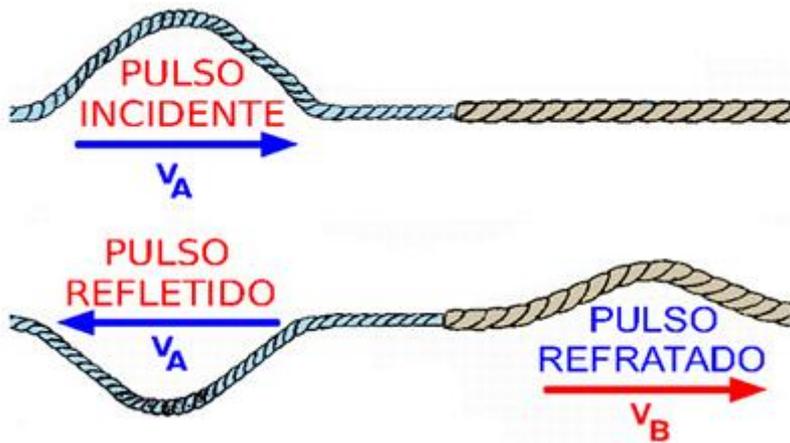




Comentários

GABARITO: a

Quando o pulso está inicialmente na corda mais fina e incide na corda mais grossa, os pulsos refletido e refratado são apresentados a seguir.



## QUESTIONÁRIO DE REVISÃO E APERFEIÇOAMENTO

### Perguntas

1. Qual a relação entre frequência e período?
2. Para o sistema massa - mola, o que acontece com o período quando aumentamos o valor da massa?
3. Para o sistema massa - mola, o que acontece com o período quando aumentamos o valor da constante elástica?
4. Para o pêndulo simples, o que acontece com o período quando aumentamos o valor da massa?
5. Para o pêndulo simples, o que acontece com o período quando aumentamos o valor do comprimento do fio?
6. Para o pêndulo simples, o que acontece com o período quando aumentamos o valor do comprimento do fio?
7. Escreva as fórmulas da posição, velocidade e aceleração em função do tempo para o MHS.
8. Escreva as fórmulas da energia cinética, potencial elástica para o sistema massa mola.
9. Escreva as fórmulas da energia cinética, potencial gravitacional para o pêndulo simples.
10. Em qual(is) das posições a seguir de um MHS possui menor energia cinética: o ponto de maior amplitude, o ponto de equilíbrio (central) e o ponto de menor amplitude?
11. Escreva a fórmula da velocidade de uma corda.
12. Escreva a fórmula do comprimento do fio em função do comprimento de onda em uma onda estacionária.

### Perguntas com respostas

1. Qual a relação entre frequência e período?

Resposta: Um é o inverso do outro, isto é,

$$f = \frac{1}{T} \text{ ou } T = \frac{1}{f}$$



2. Para o sistema massa - mola, o que acontece com o período quando aumentamos o valor da massa?

Resposta: O período é proporcional à raiz quadrada da massa, assim, um aumento da massa, leva a um aumento no período. Relembre a relação:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

3. Para o sistema massa - mola, o que acontece com o período quando aumentamos o valor da constante elástica?

Resposta: O período é proporcional ao inverso da raiz quadrada da constante elástica, assim, um aumento da constante elástica, leva a uma diminuição do período. Relembre a relação:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

4. Para o pêndulo simples, o que acontece com o período quando aumentamos o valor da massa?

Resposta: O período não é modificado pois o período do pêndulo simples não depende da massa. Relembre a equação:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

5. Para o pêndulo simples, o que acontece com o período quando aumentamos o valor do comprimento do fio?

Resposta: O período é proporcional à raiz quadrada do comprimento do fio, assim, um aumento do comprimento, leva a um aumento do período. Relembre a relação:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

6. Para o pêndulo simples, o que acontece com o período quando aumentamos o valor do comprimento do fio?

Resposta: O período é proporcional ao inverso da raiz quadrada da constante elástica, assim, um aumento da constante elástica, leva a uma diminuição do período



7. Escreva as fórmulas da posição, velocidade e aceleração em função do tempo para o MHS.

Resposta:

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi_0)$$

Em que  $x(t)$  é a posição em função do tempo (m);  $A$  é a amplitude (m);  $\omega$  é a velocidade angular (rad/s);  $t$  é o tempo (s);  $\phi_0$  é a fase inicial (rad).

$$v(t) = -\omega \cdot A \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi_0)$$

Em que  $v(t)$  é a velocidade em função do tempo (m/s).

$$a(t) = \omega^2 A \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi_0)$$

Em que  $a(t)$  é a aceleração em função do tempo ( $m/s^2$ )

8. Escreva as fórmulas da energia cinética, potencial elástica para o sistema massa mola.

Resposta:

$$E_{pel} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

9. Escreva as fórmulas da energia cinética, potencial gravitacional para o pêndulo simples.

Resposta:

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

10. Em qual(is) das posições a seguir de um MHS possui menor energia cinética: o ponto de maior amplitude, o ponto de equilíbrio (central) e o ponto de menor amplitude?

Resposta:

Os pontos de maior e menor amplitude possuem velocidade nula para o MHS, logo, a Energia cinética também será nula nesses pontos.



11. Escreva a fórmula da velocidade de uma corda.

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Em que  $v$  é a velocidade (m/s);  $T$  é a tração (N) e  $\mu$  é densidade linear (kg/m).

12. Escreva a fórmula do comprimento do fio em função do comprimento de onda em uma onda estacionária.

Resposta: A fórmula que relaciona o comprimento da corda ( $L$ ) como o comprimento de onda ( $\lambda$ ) é mostrada a seguir:

$$L = \frac{n\lambda}{2}$$

Em que  $n$  é a ordem do harmônico ( $n = 1$  é o harmônico fundamental)

## LISTA DE QUESTÕES ESTRATÉGICAS

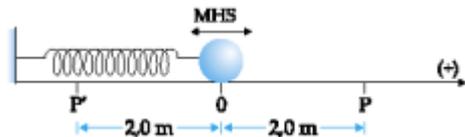
1. Um movimento harmônico simples é descrito pela função  $x = 7 \cos(4\pi t + \pi)$ , em unidades de Sistema Internacional. Nesse movimento, a amplitude e o período, em unidades do Sistema Internacional, valem, respectivamente,

- A) 7 e 1
- B) 7 e 0,50**
- C)  $\pi$  e  $4\pi$
- D)  $2\pi$  e  $\pi$
- E) 2 e 1

2. No esquema apresentado, a esfera ligada à mola oscila em condições ideais, executando movimento harmônico simples. Sabendo-se que os pontos P e P' são os pontos de inversão do movimento, analise as proposições seguintes.

- I - A amplitude do movimento da esfera vale 4,0 m.
- II - No ponto o, a velocidade da esfera tem módulo máximo e nos pontos P e P', módulo nulo.
- III - No ponto o, a aceleração da esfera tem módulo máximo e nos pontos P e P', módulo nulo.
- IV - No ponto P, a aceleração escalar da esfera é máxima.



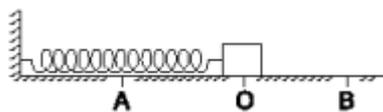


Assinale

- A) Se todas forem erradas.
- B) Se todas forem corretas.
- C) Se somente I e III forem corretas.
- D) Se somente II e IV forem corretas.**
- E) Se somente III for errada.

---

3. Um bloco de massa  $4,0\text{ kg}$ , preso à extremidade de uma mola de constante elástica  $25\pi^2\text{ N/m}$ , está em equilíbrio sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa, no ponto  $O$ , como mostra o esquema. O bloco é então comprimido até o ponto  $A$ , passando a oscilar entre os pontos  $A$  e  $B$ . A energia potencial do sistema (mola + bloco) é máxima quando o bloco passa pela posição:



- A) A, somente.
- B) O, somente.
- C) B, somente.
- D) A e pela posição B.**
- E) A e pela posição O.

---

4. Determine o período de oscilação de um pêndulo simples que possui comprimento de  $1\text{ m}$ , oscilando em um local onde a aceleração da gravidade corresponde a  $16\text{ m/s}^2$ .

Dados:  $\pi = 3$

- A)  $1,5$
- B)  $2,0$
- C)  $2,5$
- D)  $1,0$
- E)  $1,2$



5. Sobre uma corda vibrante de 2 m de comprimento é formada uma onda estacionária correspondente ao primeiro harmônico (frequência fundamental). O comprimento de onda dessa oscilação tem módulo igual a:

- a) 4,0 m;
- b) 2,0 m;
- c) 1,0 m;
- d) 0,5 m;
- e) 8,0 m.



- 1. Letra b
- 2. Letra d
- 3. Letra d
- 4. Letra a
- 5. Letra a

É isso aí pessoal! Um grande abraço, bons estudos e até a próxima aula!!

Professor Wilson Dejato.



@prof. wilsondejato

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, B. Alvares e MÁXIMO, A. R. da Luz. **Física: Volume Único para o Ensino Médio**. Editora Scipione: São Paulo, 2016 (Coleção de olho no mundo do trabalho).

HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física**. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

NUSSENZVEIG, M. H.. **Curso de Física Básica**. Vol. 1. Ed. Edgar Bluscher, 2012.



# ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1

Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2

Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3

Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4

Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5

Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6

Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7

Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8

O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.