

Neste material, veremos os assuntos a seguir, onde temos o título presente neste material, o título da lista no SisQ e um checkbox para você ir acompanhando o desenrolar do nosso conteúdo.

Todas as listas a seguir estão na apostila 5.

- Oscilações p. 1
 - Lista: Movimento Harmônico Simples
- Introdução ao estudo das ondas p. 4
 - Lista: Introdução ao estudo das ondas
- Reflexão e refração de ondas p. 6
 - Lista: Reflexão e refração de ondas



Q. 1 – EXEMPLOS DE SISTEMAS OSCILANTES

Balço, folhas em uma árvore quando está ventando, um objeto flutuando na água quando perturbado, um pêndulo etc.

Q. 2 – OSCILAÇÕES PERIÓDICAS

Quando o sistema oscilatório possui período e frequência bem definidos, dizemos que o sistema é periódico.

Exemplos: pêndulo simples, sistema massa-mola etc.

SISTEMA MASSA-MOLA

Q. 3 – LEI DE HOOKE

Q. 4 – SISTEMA MASSA-MOLA

Q. 5 – PERÍODO E FREQUÊNCIA

Período (T):

$$T = \frac{\text{tempo para } n \text{ oscilações}}{n}$$

Frequência (f):

$$f = \frac{n}{\text{tempo para } n \text{ oscilações}}$$

Note que a frequência é o inverso do período. Portanto:

$$f = \frac{1}{T} \Leftrightarrow T = \frac{1}{f} \Leftrightarrow f \cdot T = 1$$

PROFESSOR DANILO

MHS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS – 3º ANO – 10/09/2024

Q. 6 – ENERGIA NO SISTEMA MASSA-MOLA

Veja a Figura 1 onde é representada as energias cinética, potencial e mecânica de um sistema em Movimento Harmônico Simples (MHS). Esta figura não é válida apenas para o sistema massa-mola: outro exemplo de sistema em MHS é um pêndulo simples.

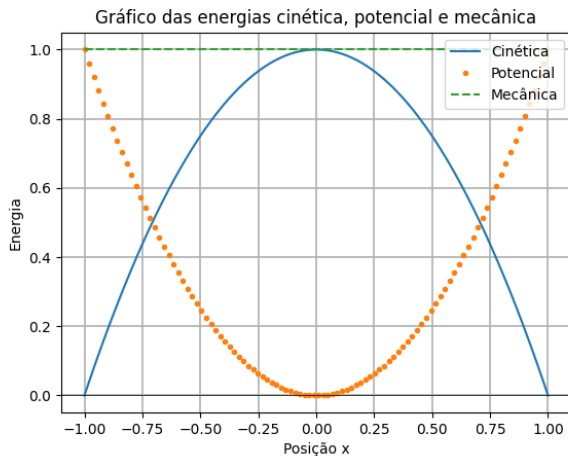


Figura 1: Energia no sistema MHS. Note que foi considerada uma amplitude unitária (1 m) e uma energia mecânica igual também a 1 J.

PÊNDULO SIMPLES

Q. 7 – DEFINIÇÃO, PERÍODO E FREQUÊNCIA

REVISÃO DAS EQUAÇÕES DO MCU

Q. 8 – PERÍODO E FREQUÊNCIA

$$f = \frac{1}{T} \Leftrightarrow T = \frac{1}{f} \Leftrightarrow f \cdot T = 1$$

Q. 9 – EQUAÇÃO DA VELOCIDADE LINEAR (CONSTANTE)

$$V = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi Rf$$

Q. 10 – EQUAÇÃO DA VELOCIDADE ANGULAR (CONSTANTE)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Q. 11 – RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE LINEAR E VELOCIDADE ANGULAR

$$V = \omega R$$

Q. 12 – EQUAÇÃO DA POSIÇÃO ANGULAR NO MCU

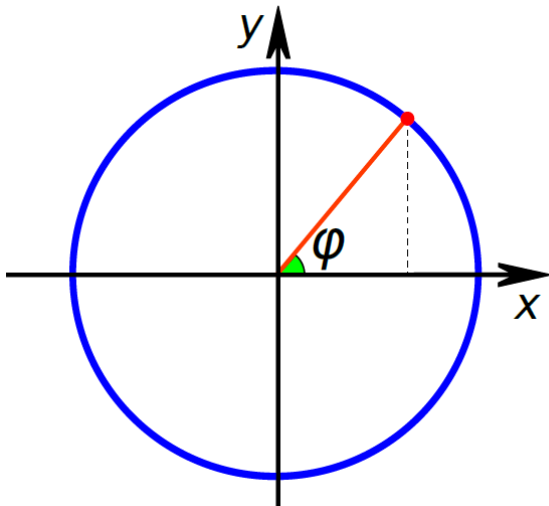
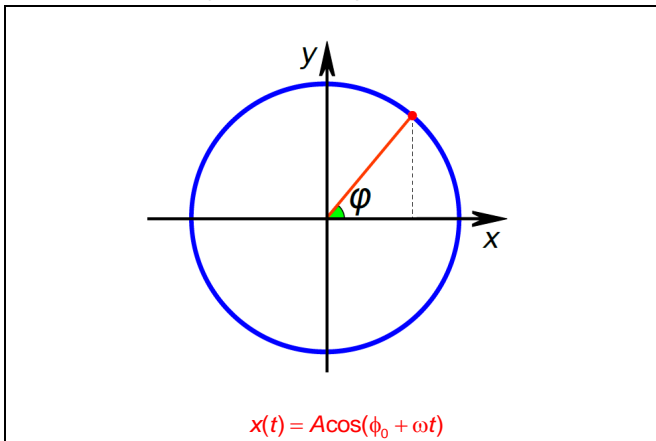


Figura 2: O movimento circular e uniforme (MCU)

RELAÇÃO ENTRE AS EQUAÇÕES DO MHS E DO MCU

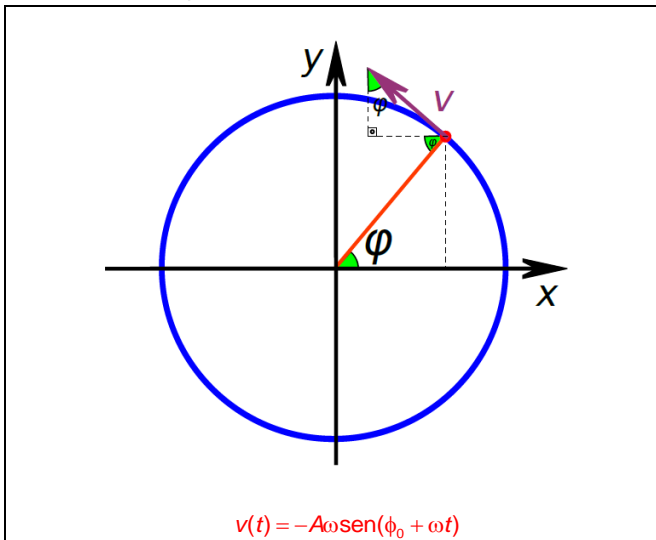
As grandezas vetoriais do movimento circular uniforme (MCU) podem ser decompostas. As componentes destas grandezas nos eixos horizontal e vertical descrevem o movimento de corpos em MHS. Ou seja, podemos usar o movimento circular uniforme para encontrar as equações do movimento harmônico simples (MHS). Vamos decompor no eixo horizontal.

Q. 13– EQUAÇÃO DA POSIÇÃO $x(t)$ PARA O MHS



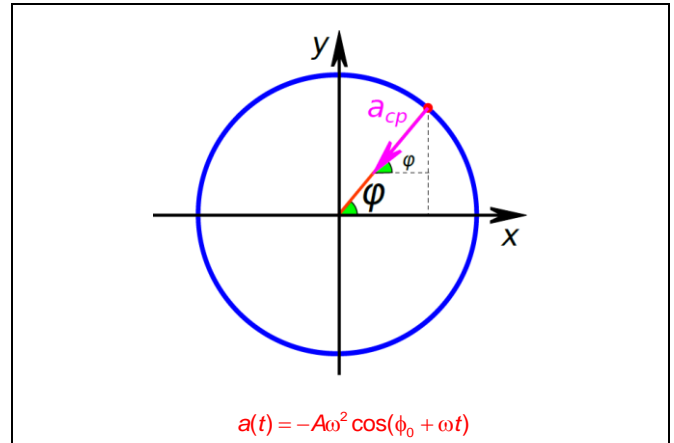
$$x(t) = A \cos(\phi_0 + \omega t)$$

Q. 14– EQUAÇÃO DA VELOCIDADE $v(t)$ PARA O MHS



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

Q. 15 – EQUAÇÃO DA ACELERAÇÃO $a(t)$ PARA O MHS



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

Você pode verificar os gráficos das funções vistas nos quadros Q. 13, Q. 14 e

Q. 15.

Gráfico de posição, velocidade e aceleração em função do tempo

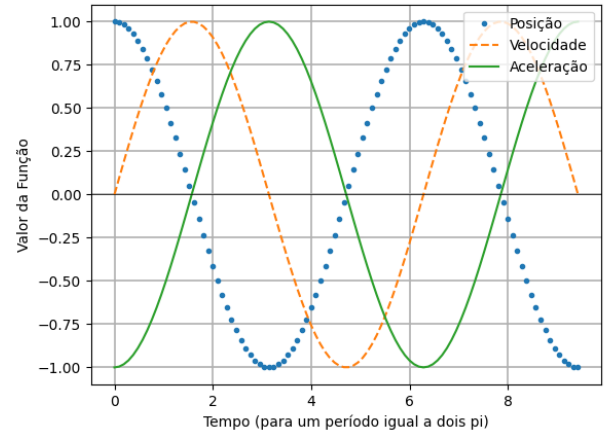


Figura 3: Gráficos das funções que descrevem o Movimento Harmônico Simples (MHS)

Nos gráficos da Figura 3 foi considerado que $A=1\text{ m}$, $\omega=1\text{ rad/s}$ (o mesmo que $T=1\text{ s}$ ou $f=1\text{ Hz}$) e $\phi_0=0\text{ rad}$.

Por fim, vejamos um formulário do que foi visto até aqui:

Lei de Hooke:

$$F_e = -k \cdot x$$

Energia mecânica:

$$E_{mec} = E_{cin} + E_{pot}$$

Energia cinética:

$$E_{cin} = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Energia potencial:

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

Período e frequência:

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

Relação entre velocidade linear V e a velocidade angular no movimento circular:

$$V = \omega \cdot R$$

Velocidade angular no movimento circular ou velocidade de fase no Movimento Harmônico Simples (MHS):

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

PROFESSOR DANILO

MHS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS – 3º ANO – 10/09/2024

Função horária da posição angular:

$$\varphi(t) = \varphi_0 + \omega \cdot t$$

Função horária da posição:

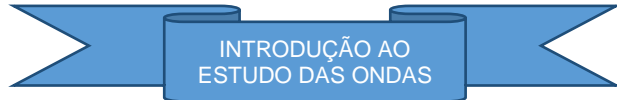
$$x(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

Função horária da velocidade:

$$v(t) = -A\omega \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

Função horária da aceleração:

$$a(t) = -A\omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$



TIPOS DE ONDAS

Q. 16 – O QUE É UMA ONDA

Ondas são perturbações que se movem no espaço e transportam **apenas** energia, sem transportar matéria.

Podemos classificar as ondas, principalmente, em **ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas**. Também podemos falar de ondas de matéria e onda gravitacional.

Como a matéria pode se comportar como onda, é natural se perguntar qual é a equação que descreve esta onda. O mais incrível é que tal função de onda deve ser expressa utilizando-se de números complexos e o módulo desta função é interpretado como a probabilidade de encontrar a partícula, expressa por esta onda, por unidade de volume.

Ondas gravitacionais foram verificadas experimentalmente em 2016 e se trata da propagação de uma perturbação no tecido do espaço-tempo.

Q. 17 – CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS

Podemos classificar as ondas quanto à:

Natureza

Direção de Oscilação

Vamos considerar apenas as ondas eletromagnéticas e mecânicas no material abaixo.

CLASSIFICAÇÃO QUANTO À NATUREZA

Q. 18 – ONDAS MECÂNICAS

Necessitam de um meio para existir/propagar.

As partículas oscilam, transferindo energia cinética e potencial, sem transferência de matéria.

Exemplos:

- Ondas sonoras
- Ondas na superfície da água
- Ondas sísmicas
- Ondas em cordas (instrumentos musicais)



Figura 4: Acesse a simulação de uma onda mecânica em uma corda observando-se ponto a ponto (Desmos®).

Q. 19 – ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Não necessitam de um meio para se propagar.

A oscilação de cargas elétricas gera uma perturbação de campo elétrico e magnético no espaço: uma onda eletromagnética é a propagação desta perturbação (Figura 4).

Exemplos:

- Ondas de rádio (telecomunicação em geral)
- Micro-ondas
- Infravermelho
- Luz visível
- Ultravioleta
- Raios X
- Raios γ

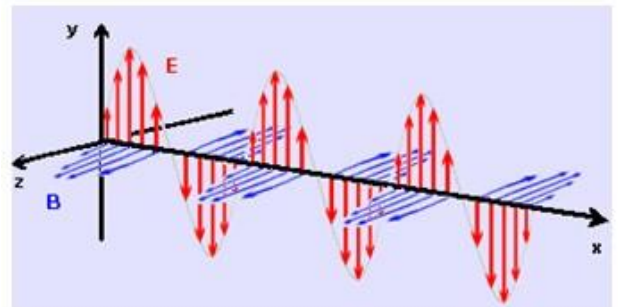


Figura 5: Representação instantânea dos vetores campos elétricos (verticais) e magnéticos (horizontais) de uma onda eletromagnética. A velocidade da onda, representa acima, é na direção e sentido do eixo x.



Figura 6: Animação em python/Javascript de uma onda eletromagnética.

CLASSIFICAÇÃO QUANTO À DIREÇÃO DE OSCILAÇÃO

Q. 20 – ONDAS LONGITUDINAIS

A direção de oscilação é na mesma direção que a propagação, como ocorre com ondas sonoras, como é apresentado na Figura 7, ou ondas se propagando em uma mola, como mostrado na Figura 8.

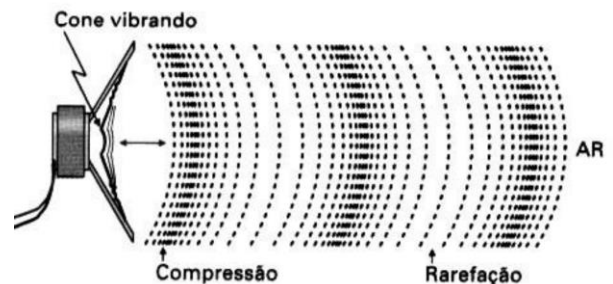


Figura 7: Onda sonora se propagando no ar: um exemplo de onda longitudinal.

PROFESSOR DANILO

MHS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS – 3º ANO – 10/09/2024

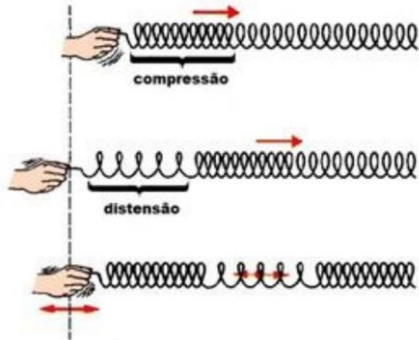


Figura 8: Onda longitudinal produzida em uma mola.



Figura 9: Animação no Desmos® de uma onda sonora.

Q. 21 – ONDAS TRANSVERSAIS

A direção de oscilação é perpendicular à direção de propagação, como ocorre com ondas eletromagnéticas (Figura 8) e em ondas se propagando em cordas esticadas (Figura 10).

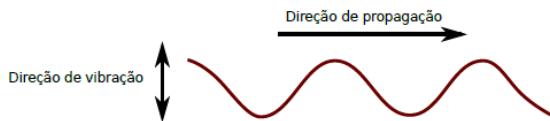


Figura 10: Onda Transversal em uma corda. O QR-code da Figura 4 aponta para um exemplo de uma onda transversal.

Q. 22 – ONDAS MISTAS

As partes oscilantes oscilam tanto na direção da propagação quanto numa direção perpendicular à direção de propagação. Exemplos: ondas na superfície da água de um lago raso e calmo.

Ondas Mistas

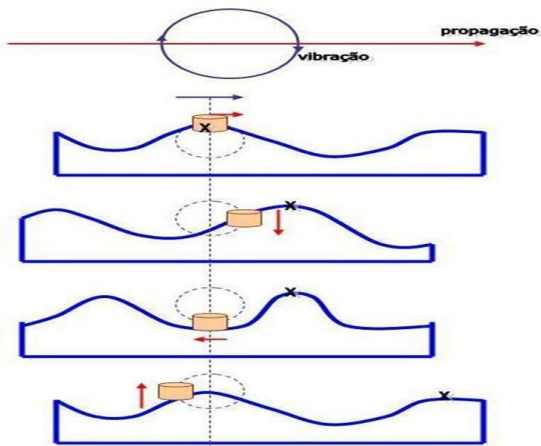


Figura 11: Exemplo de uma onda mista: uma onda se propagando na superfície de um lago calmo.

ELEMENTOS DAS ONDAS

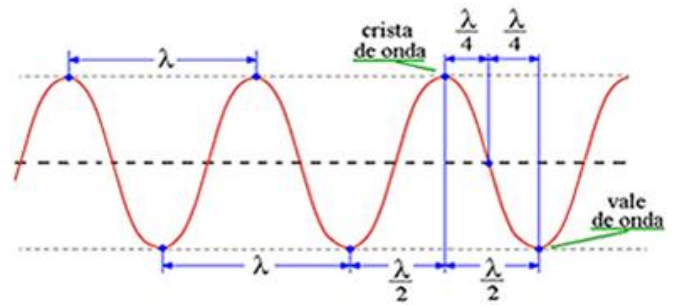


Figura 12: Elementos das ondas.

Q. 23 – PERÍODO DE UMA ONDA

Q. 24 – FREQUÊNCIA DE UMA ONDA

Q. 25 – EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA ONDULATÓRIA

Nota importante: quando uma onda muda de meio o que permanece constante é sua frequência. Sua velocidade e comprimento de onda podem ou não mudar, entretanto se uma mudar (velocidade ou comprimento de onda) necessariamente o outro termo muda (comprimento de onda ou velocidade).

Como luz é uma onda eletromagnética, tudo o que foi visto até o momento em óptica pode, até certa medida, ser relacionado com ondulatória. Faremos isso revendo os conceitos de:

- reflexão;
- refração (Lei de Snell);

PROFESSOR DANILO

MHS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS – 3º ANO – 10/09/2024



REFLEXÃO

Q. 26 – REFLEXÃO DE UMA ONDA TRANSVERSAL EM UMA CORDA – EXTREMIDADE FIXA

Q. 27 – REFLEXÃO DE UMA ONDA TRANSVERSAL EM UMA CORDA – EXTREMIDADE LIVRE

REFRAÇÃO

Q. 28 – REFRAÇÃO DE ONDA NUMA CORDA: INDO DA CORDA MAIS GROSSA PARA A MAIS FINA

Q. 29 – REFRAÇÃO DE ONDA NUMA CORDA: INDO DA CORDA MAIS FINA PARA A MAIS GROSSA

Q. 30 – REFRAÇÃO BIDIMENSIONAL

Q. 31 – LEI DE SNELL