

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 – AMARAL GURGEL – 25/08/2023

Q. 6 – ENERGIA NO SISTEMA MASSA-MOLA

**PÊNULO SIMPLES**

Q. 7 – DEFINIÇÃO, PERÍODO E FREQUÊNCIA

Q. 8 – PÊNULO SIMPLES, CASO GERAL

**REVISÃO DAS EQUAÇÕES DO MCU**

Q. 9 – PERÍODO E FREQUÊNCIA

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

Q. 10 – RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE LINEAR E VELOCIDADE ANGULAR

Q. 11 – EQUAÇÃO DA VELOCIDADE LINEAR (CONSTANTE)

Q. 12 – EQUAÇÃO DA VELOCIDADE ANGULAR (CONSTANTE)

Q. 13 – EQUAÇÃO DA POSIÇÃO ANGULAR NO MCU

PROFESSOR DANILO

MHS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS – AMARAL GURGEL – 25/08/2023

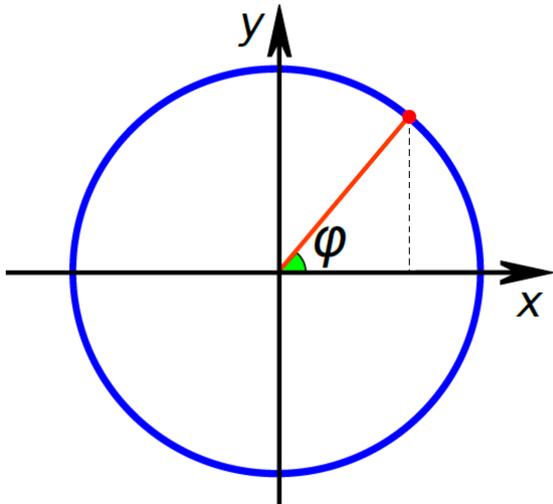
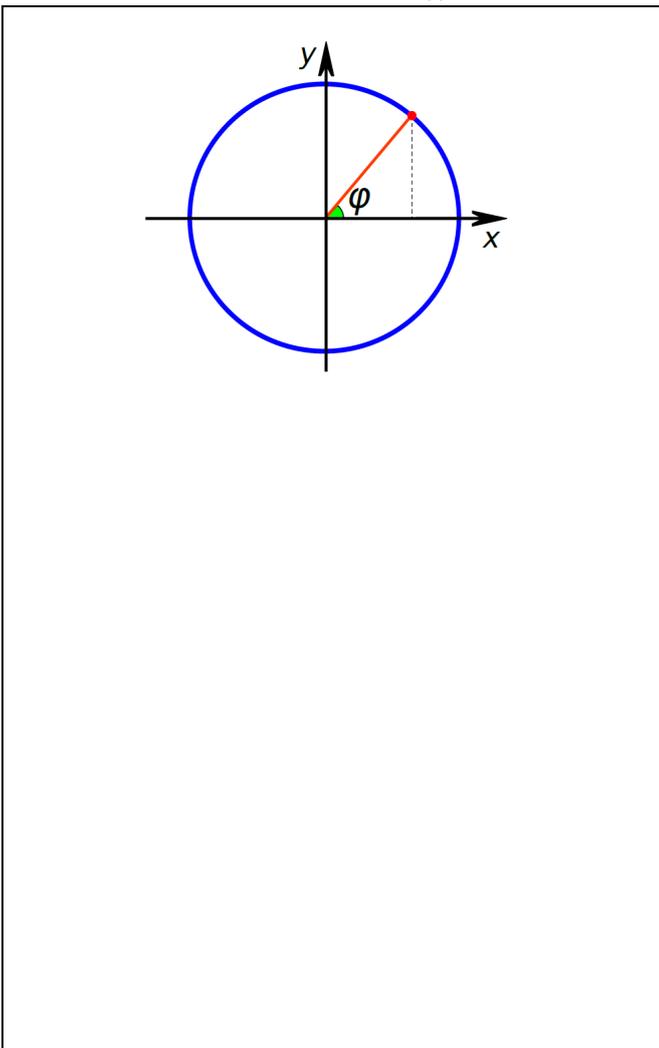


Figura 1: O movimento circular e uniforme (MCU)

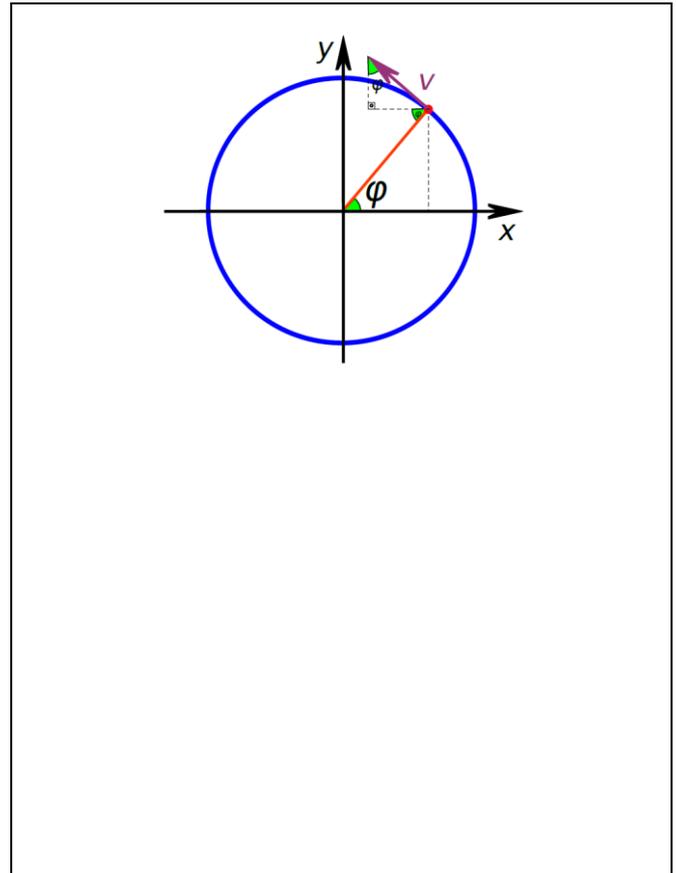
**RELAÇÃO ENTRE AS EQUAÇÕES DO MHS E DO MCU**

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.

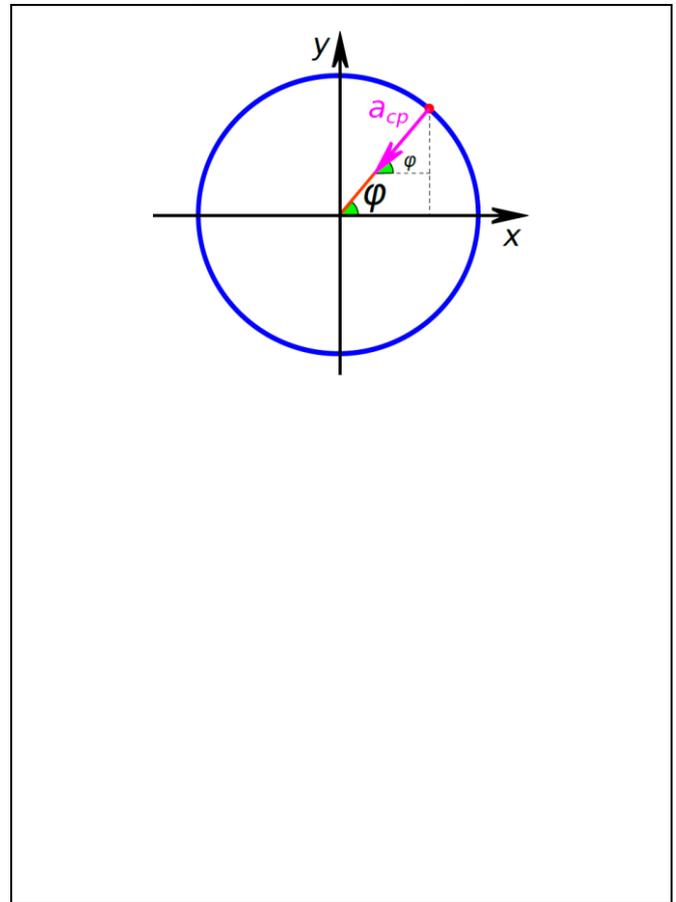
Q. 14– EQUAÇÃO DA POSIÇÃO  $x(t)$  PARA O MHS



Q. 15– EQUAÇÃO DA VELOCIDADE  $v(t)$  PARA O MHS



Q. 16 – EQUAÇÃO DA ACELERAÇÃO  $a(t)$  PARA O MHS



PROFESSOR DANILO

MHS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS – AMARAL GURGEL – 25/08/2023

Você pode verificar os gráficos das funções vistas nos quadros Q. 14, Q. 15 e Q. 16.

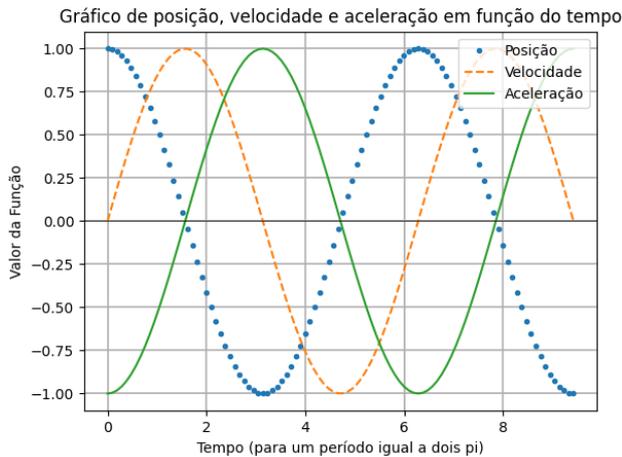


Figura 2: Gráficos das funções que descrevem o Movimento Harmônico Simples (MHS)

Nos gráficos da Figura 2 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  $\varphi_0=0\text{ rad}$ .

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

Lei de Hooke:

$$F_e = -k \cdot x$$

Energia mecânica:

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

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 linear no movimento circular:

$$V = \omega \cdot R$$

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

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

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:

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

## INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS

### TIPOS DE ONDAS

#### Q. 17 – 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. 18 – 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. 19 – ONDAS MECÂNICAS

PROFESSOR DANILO

MHS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS – AMARAL GURGEL – 25/08/2023



Figura 3: Acesse a simulação de uma onda mecânica em uma corda observando-se ponto a ponto (Desmos®).  
Q. 20 – ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

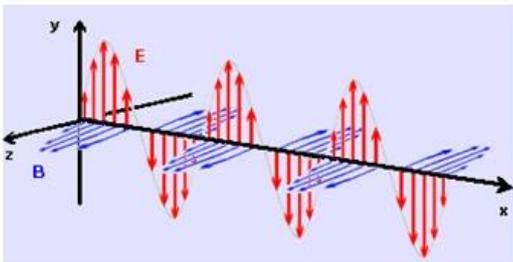
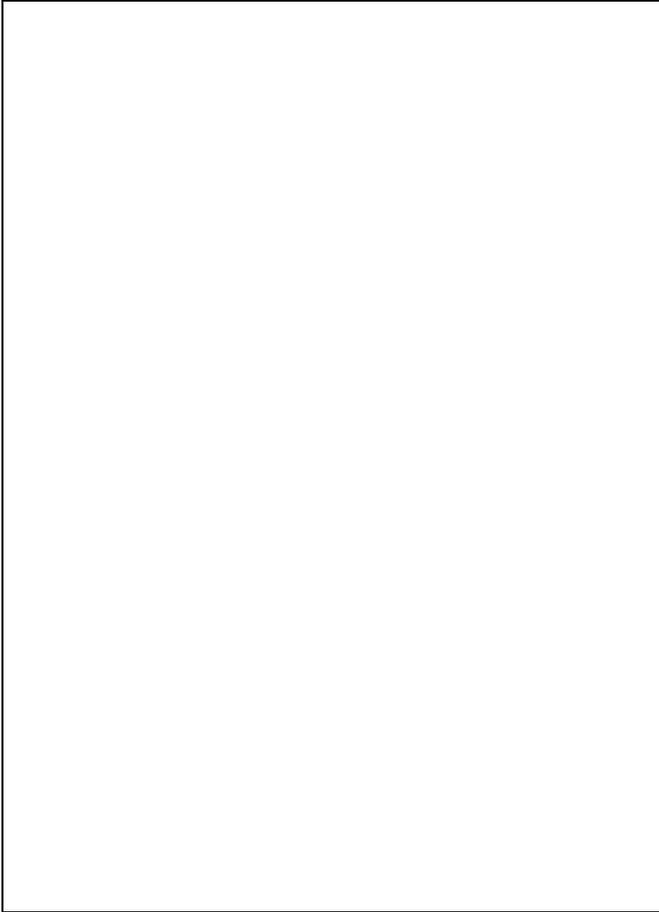


Figura 4: Representação instantânea dos vetores campos elétricos (verticais) e magnéticos (horizontais) de uma onda eletromagnética.



Figura 5: Animação em python/javascript de uma onda eletromagnética.

**CLASSIFICAÇÃO QUANTO À DIREÇÃO DE OSCILAÇÃO**

**Q. 21 – ONDAS LONGITUDINAIS**

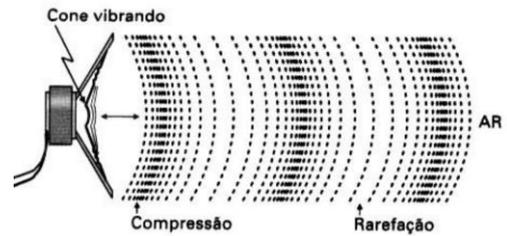
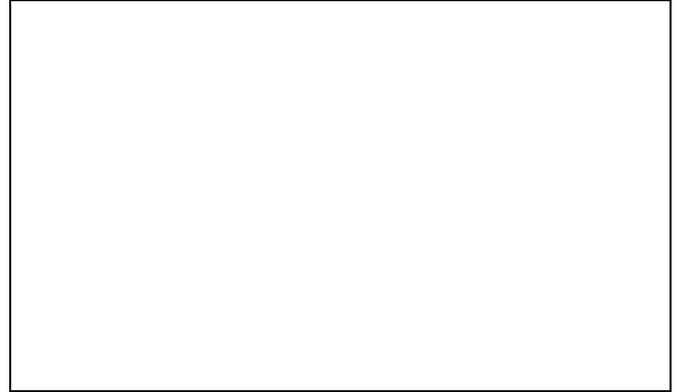


Figura 6: Onda sonora se propagando no ar: um exemplo de onda longitudinal.

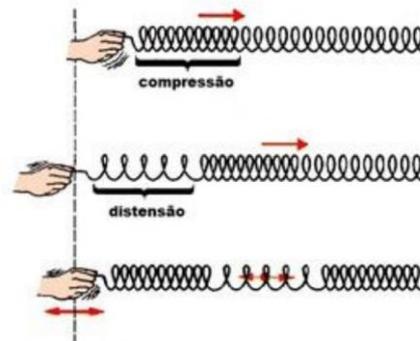
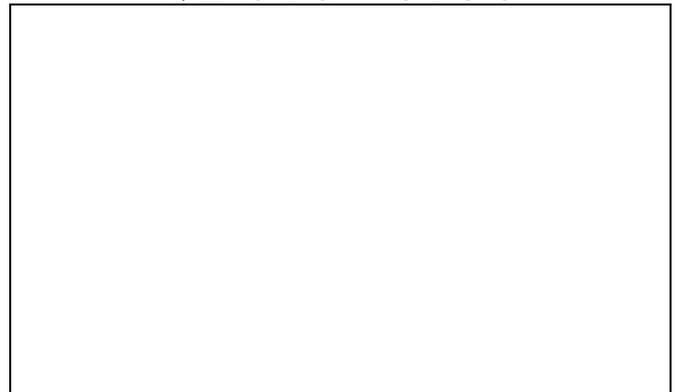


Figura 7: Onda longitudinal produzida em uma mola.



Figura 8: Animação no Desmos® de uma onda sonora.

**Q. 22 – ONDAS TRANSVERSAIS**



PROFESSOR DANILO

MHS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS – AMARAL GURGEL – 25/08/2023

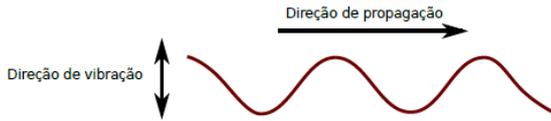


Figura 9: Onda Transversal em uma corda. O QR-code da Figura 3 aponta para um exemplo de uma onda transversal.

Q. 23 – ONDAS MISTAS

**Ondas Mistas**

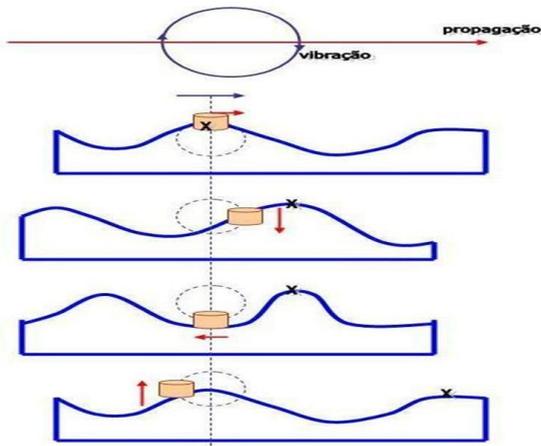


Figura 10: Exemplo de uma onda mista: uma onda se propagando na superfície de um lago calmo.

**ELEMENTOS DAS ONDAS**

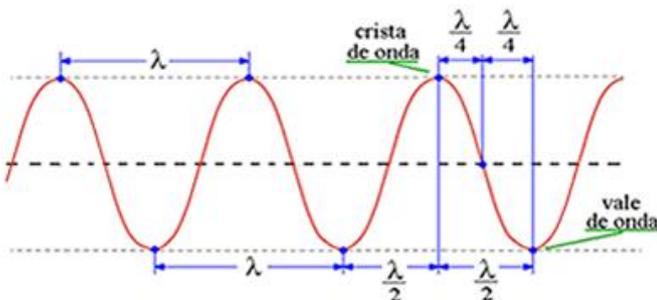


Figura 11: Elementos das ondas.

Q. 24 – PERÍODO DE UMA ONDA

Q. 25 – FREQUÊNCIA DE UMA ONDA

Q. 26 – VELOCIDADE DE UMA ONDA

Q. 27 – 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);

Adicionaremos aqui um fenômeno novo:

- difração.

Vamos treinar um pouco com alguns exercícios.

**EXERCÍCIOS**

01. (UEL) Os morcegos, mesmo no escuro, podem voar sem colidir com os objetos a sua frente. Isto por que esses animais têm a capacidade de emitir ondas sonoras com frequências elevadas, da ordem de 120.000 Hz, usando o eco para se guiar e caçar. Por exemplo, a onda sonora emitida por um morcego, após ser refletida por um inseto, volta para ele, possibilitando-lhe a localização do mesmo.

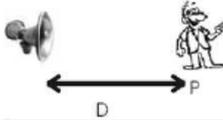
- Sobre a propagação de ondas sonoras, pode-se afirmar que
- a) o som é uma onda mecânica do tipo transversal que necessita de um meio para se propagar.
  - b) o som também pode se propagar no vácuo, da mesma forma que as ondas eletromagnéticas.
  - c) a velocidade de propagação do som nos materiais sólidos em geral é menor do que a velocidade de propagação do som nos gases.
  - d) a velocidade de propagação do som nos gases independe da temperatura destes.
  - e) o som é uma onda mecânica do tipo longitudinal que necessita de um meio material para se propagar.

PROFESSOR DANILO

MHS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS – AMARAL GURGEL – 25/08/2023

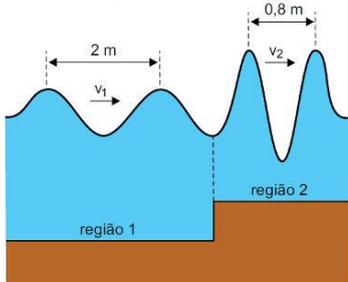
02. (FUVEST) Uma roda, contendo em sua borda 20 dentes regularmente espaçados, gira uniformemente dando 5 voltas por segundo. Seus dentes se chocam com uma palheta produzindo sons que se propagam a 340 m/s.  
a) Qual a frequência do som produzido?  
b) Qual o comprimento de onda do som produzido?

03. (FUVEST) Um alto-falante fixo emite um som cuja frequência  $F$ , expressa em Hz, varia em função do tempo  $t$  na forma  $F(t) = 1000 + 200t$ . Num determinado momento, o alto-falante está emitindo um som com uma frequência  $F_1 = 1080$  Hz. Nesse mesmo instante, uma pessoa P, parada a uma distância  $D = 34$  m do alto-falante, está ouvindo um som com uma frequência  $F_2$ , aproximadamente, igual a



- |                                   |            |            |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Velocidade do som no ar = 340 m/s |            |            |
| a) 1020 Hz                        | b) 1040 Hz | c) 1060 Hz |
| d) 1080 Hz                        | e) 1100 Hz |            |

04. (FAMEMA-SP) Com o objetivo de simular as ondas no mar, foram geradas, em uma cuba de ondas de um laboratório, as ondas bidimensionais representadas na figura, que se propagam de uma região mais funda (região 1) para uma região mais rasa (região 2).



fora de escala

- Sabendo que, quando as ondas passam de uma região para a outra, sua frequência de oscilação não se altera e considerando as medidas indicadas na figura, é correto afirmar que a razão entre as velocidades de propagação das ondas nas regiões 1 e 2 é igual a:  
a) 1,6.      b) 0,4.      c) 2,8.      d) 2,5.      e) 1,2.



**REFLEXÃO**

- Q. 28 – REFLEXÃO DE UMA ONDA TRANSVERSAL EM UMA CORDA – EXTREMIDADE FIXA

- Q. 29 – REFLEXÃO DE UMA ONDA TRANSVERSAL EM UMA CORDA – EXTREMIDADE LIVRE

**REFRAÇÃO**

- Q. 30 – REFRAÇÃO DE ONDA NUMA CORDA: INDO DA CORDA MAIS GROSSA PARA A MAIS FINA

- Q. 31 – REFRAÇÃO DE ONDA NUMA CORDA: INDO DA CORDA MAIS FINA PARA A MAIS GROSSA

PROFESSOR DANILO

MHS E INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS – AMARAL GURGEL – 25/08/2023

Q. 32 – LEI DE SNELL



**EXERCÍCIOS**

- 01. E
- 02. a) 100 Hz b)  $\lambda = 3; 4$  m
- 03. C
- 04. D