

Márcio Azulay

FÍSICA

ILUSTRADA



ONDULATÓRIA
ÓPTICA

4

SUMÁRIO

Física Ilustrada
Volume 4 • Ondulatória,
Acústica e Óptica
3ª Edição • 2022

- 03** Sistema Internacional
- 04** Prefixos

- 08** Movimento Harmônico Simples
- 14** Ondas
- 20** Reflexão
- 21** Refração
- 29** Polarização
- 30** Difração
- 32** Interferência
- 33** Ressonância
- 39** Acústica e Eco
- 46** Qualidades do Som
- 48** Efeito Doppler
- 50** Tubos Sonoros

- 61** Luz
- 65** Espelhos Esféricos
- 76** Lentes Esféricas

1. Este quarto volume se dedica a estudar o as **ondas** e todos os **fenômenos ondulatórios**, se aprofundando também na **acústica** e **óptica**.

2. Siga os números e depois as suas respectivas setas.

3. Os **exercícios respondidos** estão em verde, os **desafios** estão em laranja. **Boa leitura!**



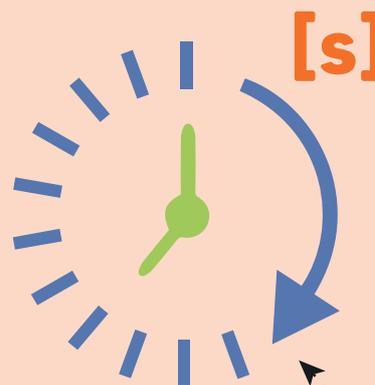
Unidades de Medida

1. Para fazer ciência, é necessário seguir algumas regras básicas. Na física em geral, é comum se utilizar um padrão para as unidades de medida; para isso foi criado o **Sistema internacional de Medidas (S.I.)**

2. São 3 grandezas principais no SI: **Comprimento, massa e tempo.**

3. Para distância ou **comprimento** é utilizado o **metro (m)**.

[m]



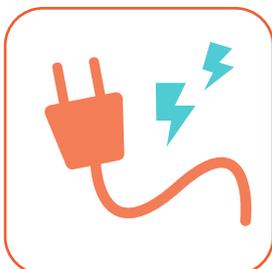
5. E usaremos o **segundo (s)** para medir o **tempo**.

4. Para medir a **massa** de um corpo, o padrão utilizado é o **quilograma (kg)**.

[kg]

Existem outras unidades do S.I. que veremos mais adiante, são elas:

CORRENTE ELÉTRICA



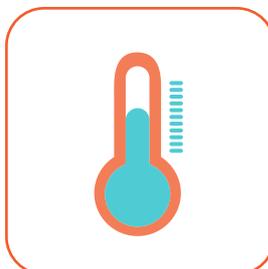
Ampere (A)

QUANTIDADE DE MATÉRIA



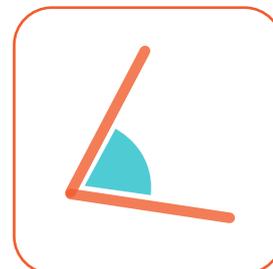
Mol (mol)

TEMPERATURA



Kelvin (K)

ÂNGULOS



Radianos (rad)

Prefixos

É comum também encontrar alguns prefixos nas unidades, eles serão utilizados para substituir números muito **grandes** (como massas de planetas) e até números muito **pequenos** (como distâncias entre átomos). Veja a seguir os principais prefixos usados na física:



O grande

quilo

k₋

10³

mega

M₋

10⁶

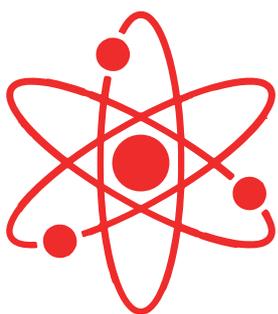
giga

G₋

10⁹

Ex: 2 km = 2 quilômetros = 2×10^3 m
2 MHz = 2 megahertz = 2×10^6 Hz
2 GW = 2 gigawatts = 2×10^9 W

www.marcioazulayexatas.com



O pequeno

mili

m₋

10⁻³

micro

μ₋

10⁻⁶

nano

n₋

10⁻⁹

Ex: 2 ms = 2 milisegundos = 2×10^{-3} s
2 μC = 2 microcoulombs = 2×10^{-6} C
2 nm = 2 nanômetros = 2×10^{-9} m

01 (Respondido) "Em apenas 2 minutos, um carro de 1,2 toneladas consegue percorrer 3,6 quilômetros por uma rodovia."

Transforme todas as medidas do texto anterior para suas respectivas unidades do S.I. (Sistema Internacional de Medidas).

RESOLUÇÃO

Minutos deve ser transformado para segundos, multiplique por 60:

$$2 \text{ min} \times (60) = 120 \text{ s}$$

Toneladas deve ser transformado para quilogramas (kg), multiplique por 1000:

$$1,2 \text{ to} \times (1000) = 1200 \text{ kg}$$

Quilômetros deve ser transformado para metros , multiplique por 1000:

$$3,6 \text{ km} \times (1000) = 3600 \text{ m}$$

02. "Todas as manhãs, João sai de sua casa e caminha por 4 minutos até a padaria; compra 500 g de pão e retorna a sua casa que fica a 0,2 km de distância"

Transforme todas as medidas do texto anterior para suas respectivas unidades do S.I. (Sistema Internacional de Medidas).

03 (Respondido) Substitua os prefixos pelas suas potências de 10 equivalentes:

- a) 1,2 mm
- b) 500 kW

RESOLUÇÃO

a) O prefixo "m" (mili) deve ser substituído por 10^{-3} :

$$1,2 \text{ mm} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ m} \quad \text{metro(s)}$$

b) O prefixo “k” (quilo) deve ser substituído por 10^3 :

$$500 \text{ kW} = 500 \times 10^3 \text{ W} \quad \text{Watt(s)}$$

04. Substitua os prefixos a seguir pelas suas potências de 10 equivalentes:

- a) $10 \mu\text{m}$
- b) $0,2 \text{ GW}$
- c) 15 nC
- d) $0,1 \text{ mA}$
- e) 5 kJ
- f) 72 MHz

05. (Respondido) Faça as operações a seguir:

- a) $10^5 \times 10^{-3}$
- b) $10^5 : 10^{-3}$

RESOLUÇÃO

a) Multiplicação com potências de 10: Mantenha a base e some o expoentes:

$$10^5 \times 10^{-3} = 10^{(5) + (-3)} = 10^2$$

b) Divisão com potências de 10: Mantenha a base e subtraia o expoentes:

$$10^5 : 10^{-3} = 10^{(5) - (-3)} = 10^{(5 + 3)} = 10^8$$

06. Faça as operações a seguir:

- | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|
| a) $10^5 \times 10^3$ | e) $\frac{10^9}{10^4}$ | g) $\frac{10^{-3}}{10^3}$ | i) $\frac{10^9 \times 10^{-2}}{10^7 \times 10}$ |
| b) $10^{-1} \times 10^8$ | f) $\frac{10^5}{10^{-9}}$ | h) $\frac{10^{-1}}{10^{-2}}$ | j) $\frac{10^{-4} \times 10^6}{10^{-1} \times 10^7}$ |
| c) $10^{12} \times 10^{-9}$ | | | |
| d) $10^{-4} \times 10^{-7}$ | | | |

07. Faça as transformações a seguir:

a) 20 cm = _____ m

b) 140 cm = _____ m

c) 8 cm = _____ m

d) 0,5 cm = _____ m

RESPOSTAS

02. 4 minutos = 240 s ; 500 gramas = 0,5 kg ; 0,2 km = 200 m

04. a) $10 \mu\text{m} = 10 \times 10^{-6} \text{ m}$ (metros)
b) $0,2 \text{ GW} = 0,2 \times 10^9 \text{ W}$ (watts)
c) $15 \text{ nC} = 15 \times 10^{-9} \text{ C}$ (Coulombs)
d) $0,1 \text{ mA} = 0,1 \times 10^{-3} \text{ A}$ (Amperes)
e) $5 \text{ kJ} = 5 \times 10^3 \text{ J}$ (Joules)
f) $72 \text{ MHz} = 72 \times 10^6 \text{ Hz}$ (Hertz)

06. a) 10^8
b) 10^7
c) 10^3
d) 10^{-11}
e) 10^5

f) 10^{14}
g) 10^{-6}
h) 10^1
i) 10^{-1}
j) 10^{-4}

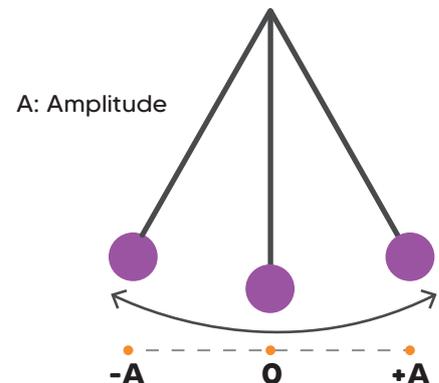
07. a) 0,2 m
b) 1,4 m
c) 0,08 m
d) 0,005 m

Movimento Harmônico Simples

PÊNDULO SIMPLES

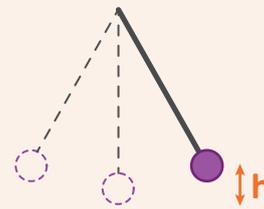
CONSISTE EM UMA MASSA PRESA EM UM FIO INEXTENSÍVEL A QUAL AFASTAMOS DA POSIÇÃO DE REPOUSO E DEPOIS SOLTAMOS.

O PÊNDULO COMEÇA A FAZER UM MOVIMENTO PERIÓDICO (REPETITIVO)



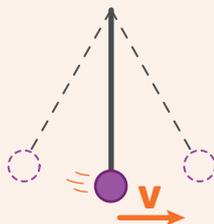
1 volta completa

QUANDO O PÊNDULO SE ENCONTRA NA EXTREMIDADE, ELE POSSUI SOMENTE ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL DEVIDO A ELEVACÃO "H"



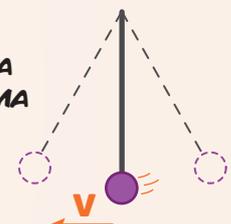
E NOVAMENTE CAI PARA A POSIÇÃO CENTRAL ONDE A ENERGIA É TOTALMENTE CINÉTICA.

(DEPOIS DISSO ELE VOLTA PARA A POSIÇÃO INICIAL E O MOVIMENTO SE REPETE)

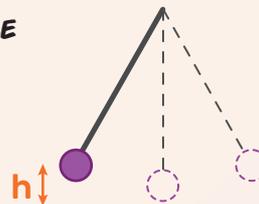


ELE RAPIDAMENTE CAI E ATINGE A REGIÃO CENTRAL, TODA A ENERGIA POTENCIAL SE TRANSFORMA EM ENERGIA CINÉTICA.

AGORA, O PÊNDULO POSSUI VELOCIDADE MÁXIMA (v_{max}).



ESSA ENERGIA CINÉTICA SE TRANSFORMA NOVAMENTE EM ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL QUANDO ATINGE A OUTRA EXTREMIDADE.



PARA CALCULAR O PERÍODO DO MOVIMENTO (TEMPO DE IDA + VOLTA) USE A FÓRMULA:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad [s]$$

PERCEBA QUE O TEMPO NÃO É INFLUENCIADO PELA AMPLITUDE E NEM PELA MASSA DO PÊNDULO!

L: Comprimento do Pêndulo [m]
g: Aceleração da Gravidade [m/s^2]

SISTEMA MASSA-MOLA

CONSISTE EM UMA MASSA PRESA EM UMA MOLA A QUAL AFASTAMOS DA POSIÇÃO DE REPOUSO E DEPOIS SOLTAMOS.

O SISTEMA COMEÇA A FAZER UM MOVIMENTO PERIÓDICO (REPETITIVO)

A: Amplitude ou deformação da mola (x).

-A 0 +A

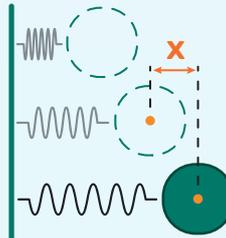
COMPRESSO

NEUTRO

ESTICADO

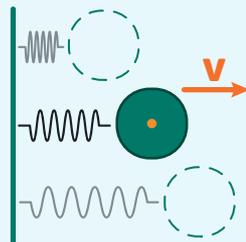
1 volta completa

QUANDO O SISTEMA SE ENCONTRA NA EXTREMIDADE, POSSUI SOMENTE ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA POIS A MOLA ESTÁ SENDO DEFORMADA

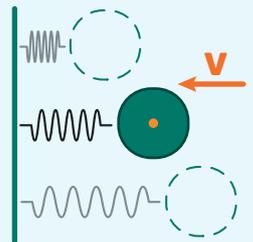


ELE NOVAMENTE É EMPURRADO PARA A REGIÃO CENTRAL ONDE A ENERGIA É TOTALMENTE CINÉTICA.

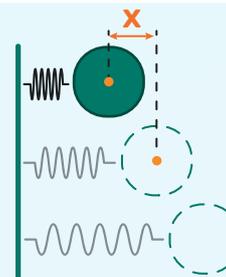
(DEPOIS DISSO ELE VOLTA PARA A POSIÇÃO INICIAL E O MOVIMENTO SE REPETE)



ELE RAPIDAMENTE É PUXADO PELA MOLA ATÉ A REGIÃO CENTRAL, TODA A ENERGIA POTENCIAL SE TRANSFORMA EM ENERGIA CINÉTICA. (A VELOCIDADE NESSE PONTO É MÁXIMA)



ESSA ENERGIA CINÉTICA SE TRANSFORMA NOVAMENTE EM ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA QUANDO ATINGE A OUTRA EXTREMIDADE. (A MOLA ESTÁ COMPRIMIDA COM DEFORMAÇÃO x)



CALCULE O PERÍODO DO MOVIMENTO (TEMPO DE IDA + VOLTA) PELA FÓRMULA:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ [s]}$$

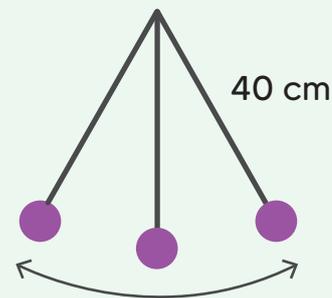
m: Massa do Bloco [kg]
k: Constante Elástica da Mola [N/m]

PERCEBA QUE O TEMPO NÃO É INFLUENCIADO PELA AMPLITUDE (DEFORMAÇÃO) DA MOLA!

www.marcioazulayexatas.com

01. (Respondido) Um pêndulo simples com 5 kg de massa e 40 cm de comprimento está em MHS.

Determine o período desse movimento. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)



RESOLUÇÃO

Use a fórmula para o período de um pêndulo:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,4}{10}} = 2\pi \sqrt{0,04} = 2\pi(0,2)$$

$$T = 0,4\pi \text{ segundos}$$

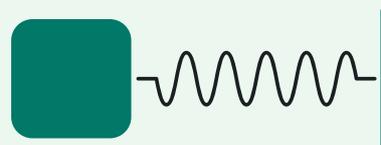
$$40 \text{ cm} = 0,4\text{m}$$

02. Um pêndulo simples com 10 kg de massa e 90 cm de comprimento está em MHS. Determine o período desse movimento. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

03. Um pêndulo simples com está em MHS e demora 1,5 segundos para ir de um extremo ao outro. Determine o comprimento desse pêndulo. (Adote: $\pi = 3$, $g = 10 \text{ m/s}^2$)

04. (Respondido) Uma caixa de 5 kg foi presa em uma mola de constante elástica igual a 500 N/m e posta para oscilar em MHS.

Determine o período de oscilação dessa mola.



RESOLUÇÃO

Use a fórmula para o período de um sistema massa-mola:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{5}{500}} = 2\pi \sqrt{0,01} = 2\pi(0,1)$$

$$T = 0,2\pi \text{ segundos}$$

05. Uma caixa de 125 kg foi presa em uma mola de constante elástica igual a 500 N/m e posta para oscilar em MHS. Determine o período de oscilação dessa mola.

06. Uma caixa de 8 kg foi presa em uma mola e posta para oscilar em MHS com período de 0,8 segundos. Determine a constante elástica dessa mola. ($\pi = 3$)

07. (Respondido) Um pêndulo simples com 20 cm de comprimento está em MHS e possui o mesmo período de um sistema massa-mola de constante elástica igual a 100 N/m, determine a massa do objeto preso na mola. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

RESOLUÇÃO

Igual as duas fórmulas dos períodos vistos anteriormente:

$$\begin{aligned}
 T_{(\text{PÊNDULO})} &= T_{(\text{SIST. M-M})} \\
 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} &= 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \\
 \sqrt{\frac{L}{g}} &= \sqrt{\frac{m}{k}} \\
 \frac{L}{g} &= \frac{m}{k} \\
 \frac{0,2}{10} &= \frac{m}{100} \\
 10m &= 20 \\
 m &= 2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Corte "2π" dos dois lados

Eleve os dois lados ao quadrado para eliminar as raízes

08. Um pêndulo simples com 50 cm de comprimento está em MHS e possui o mesmo período de um sistema massa-mola de constante elástica igual a 80 N/m, determine a massa do objeto preso na mola. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

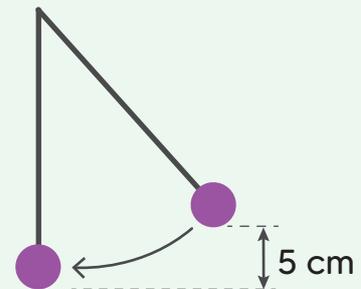
09. Um pêndulo simples com 40 cm de comprimento está em MHS e possui o dobro do período de um sistema massa-mola de constante elástica igual a 120 N/m. Determine a massa do objeto preso na mola. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

10. (Respondido) Um pêndulo de massa 15 kg é elevado a uma altura de 5 cm em relação a posição de equilíbrio. Determine a velocidade desse pêndulo quando passa pela posição central. ($g = 10\text{m/s}^2$)

RESOLUÇÃO

Você pode aprender mais sobre esse assunto no Volume 2, no capítulo de Energia Mecânica.

Toda a energia que ele possuía era do tipo Potencial Gravitacional, mas a partir do momento que foi solto, toda essa energia se transformou em cinética.



Igual as duas fórmulas:

$$E_{\text{(CINÉTICA)}} = E_{\text{(GRAVITACIONAL)}}$$

$$\frac{m \cdot V^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

Corte as massas "m"

$$\frac{V^2}{2} = g \cdot h$$

$$\frac{V^2}{2} = (10) \cdot (0,05)$$

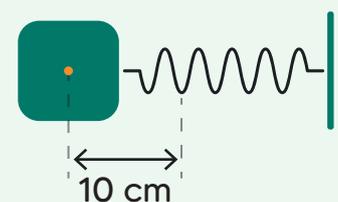
5 cm = 0,05 m

$$V^2 = 1$$

$$V = 1 \text{ m/s}$$

11. Um pêndulo de massa 15 kg é elevado a uma altura de 7,2 cm em relação a posição de equilíbrio. Determine a velocidade desse pêndulo quando passa pela posição central. ($g = 10\text{m/s}^2$)

12. (Respondido) Um sistema massa-mola com 25 kg de massa é puxado para a esquerda criando uma deformação de 10 cm na mola; sabe-se que a constante elástica $k = 100 \text{ N/m}$. Determine:



- A velocidade com que chega de volta a posição central.
- A força elástica aplicada pela mola quando foi esticado.

RESOLUÇÃO

a) Toda a energia que ele possuía era do tipo Potencial Elástica, mas a partir do momento que foi solto, toda essa energia se transformou em cinética.

Igual as duas fórmulas:

$$E_{\text{(CINÉTICA)}} = E_{\text{(ELÁSTICA)}}$$

$$\frac{m \cdot V^2}{2} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Corte os dois denominadores

$$m \cdot V^2 = k \cdot x^2$$

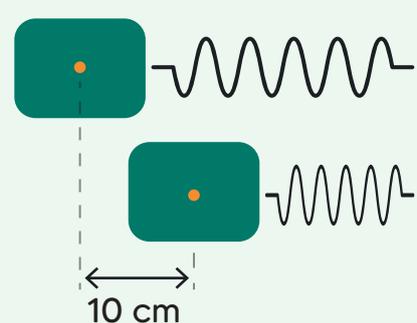
$$(25) \cdot V^2 = (100) \cdot (0,1)^2$$

10 cm = 0,1 m

$$(25) \cdot V^2 = 1$$

$$V^2 = 0,04$$

$$V = 0,2 \text{ m/s}$$



b) Use a fórmula da força elástica:

$$F = k \cdot x = (100) \cdot (0,1) = 10 \text{ N}$$

13. Um sistema massa-mola com 15 kg de massa é puxado para a esquerda criando uma deformação de 14 cm na mola; sabe-se que a constante elástica $k = 735 \text{ N/m}$. Determine:

- a) A velocidade com que chega de volta a posição central.
 b) A força elástica aplicada pela mola quando foi esticado.

RESPOSTAS

02. $T = 0,6\pi \text{ s}$

03. $L = 2,5 \text{ m}$ Dica: Multiplique o tempo por 2 (ida+volta)

05. $T = \pi \text{ s}$

06. $k = 450 \text{ N/m}$

08. $m = 4 \text{ kg}$

09. $m = 1,2 \text{ kg}$

11. $V = 1,2 \text{ m/s}$ Dica: $7,2 \text{ cm} = 0,072 \text{ m}$

$T_P = 2 \cdot T_{SMM}$

13. a) $V = 0,98 \text{ m/s}$; b) $102,9 \text{ N/m}$

Ondas

Classificação

EXISTEM 3 FORMAS DE SE CLASSIFICAR UMA ONDA:

Quanto a Natureza: Mecânicas e Eletromagnéticas

1 ONDAS MECÂNICAS SÃO AQUELAS QUE PRECISAM DE UM MEIO MATERIAL PARA SE PROPAGAR



SOM
• GÁS •



ONDAS DO MAR
• LÍQUIDOS •



VIBRAÇÕES
• SÓLIDOS •

2 ESSE MEIO PODE SER UM SÓLIDO, LÍQUIDO OU GASOSO.

3 E AS ELETROMAGNÉTICAS SÃO AQUELAS QUE NÃO PRECISAM;



LUZ



RAIO-X



RÁDIO, TV
E WI-FI

4 OU SEJA, CONSEGUEM SE PROPAGAR NO VÁCUO

! Veja o Poster:
Espectro Eletromagnético

Quanto a Direção de Propagação: Uni, Bi e Tridimensional

UNIDIMENSIONAL
SE PROPAGAM EM
APENAS 1 DIREÇÃO.



Exemplos: Ondas em uma corda tracionada

BIDIMENSIONAL
SE PROPAGAM
2 DIREÇÕES.



Exemplos: Perturbação na superfície da água

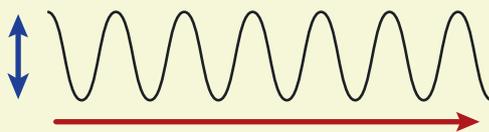
TRIDIMENSIONAL
SE PROPAGAM EM
TODAS AS DIREÇÕES.



Exemplos: Luz e som

Quanto a Direção de Vibração: Transversal e Longitudinal

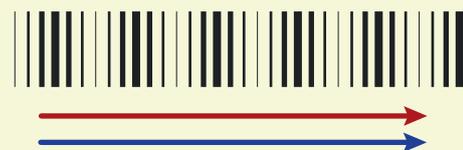
1 AS ONDAS TRANSVERSAIS SÃO AQUELAS QUE POSSUEM A DIREÇÃO DE PROPAGAÇÃO PERPENDICULAR A DIREÇÃO DE VIBRAÇÃO.



A ONDA "VIBRA" NA VERTICAL E SE PROPAGA NA HORIZONTAL

Exemplos: Luz, Vibrações em Cordas

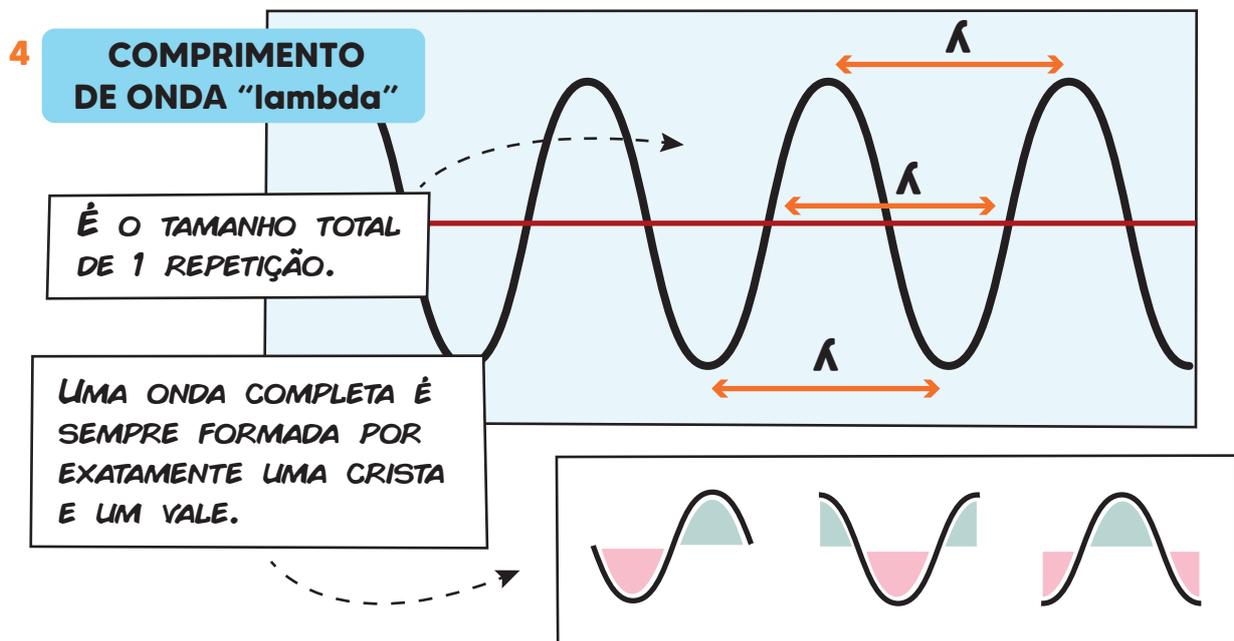
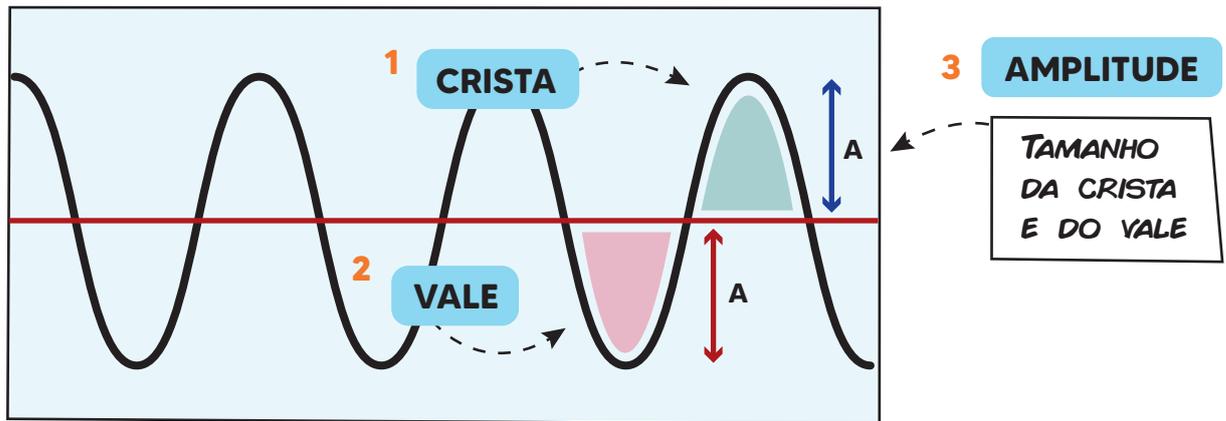
2 QUANDO A DIREÇÃO DE PROPAGAÇÃO É A MESMA DA VIBRAÇÃO (PARALELO), ELA SERÁ CHAMADA DE LONGITUDINAL.



A ONDA "VIBRA" E SE PROPAGA NA HORIZONTAL

Som, Carros em um Engarrafamento

Elementos da Onda



Velocidade da Onda

ESSA É A PRINCIPAL FÓRMULA DA ONDULATÓRIA, ELA RELACIONA A VELOCIDADE, O COMPRIMENTO E A FREQÜÊNCIA DE UMA ONDA.

$$V = \lambda \cdot f$$

V: Velocidade da Onda [m/s]
 λ : Comprimento de Onda [m]
f: Frequência de onda [Hz]

Velocidade em Corda Tensionada

JÁ AFINOU UM VIOLÃO?

A VELOCIDADE DO PULSO QUE PASSA POR UMA CORDA DEPENDE DA FORÇA (F) QUE É PUXADA

E TAMBÉM DA DENSIDADE DESSA CORDA

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

F: Força de Tração [N]
 μ : Densidade linear da corda [kg/m]

01. Julgue as afirmações a seguir como falso ou verdadeiro:

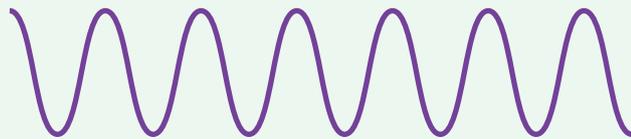
- a) Todas as ondas eletromagnéticas se propagam na velocidade da luz.
- b) Quanto maior a frequência de uma onda, menor será o comprimento.
- c) Quanto maior a frequência de uma onda, maior será a energia carregada por ela.
- d) Quanto maior a amplitude de uma onda, maior será a energia carregada por ela

02. (Respondido) Uma nota musical possui frequência de 440 Hz, sabendo que o som se propaga a uma velocidade constante de 330 m/s no ar, determine o comprimento de onda dessa nota.

RESOLUÇÃO

Use a fórmula da velocidade:

$$\begin{aligned}
 V &= \lambda \cdot f \\
 330 &= \lambda \cdot (440) \\
 \lambda &= 0,75 \text{ metros} \\
 \lambda &= 75 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

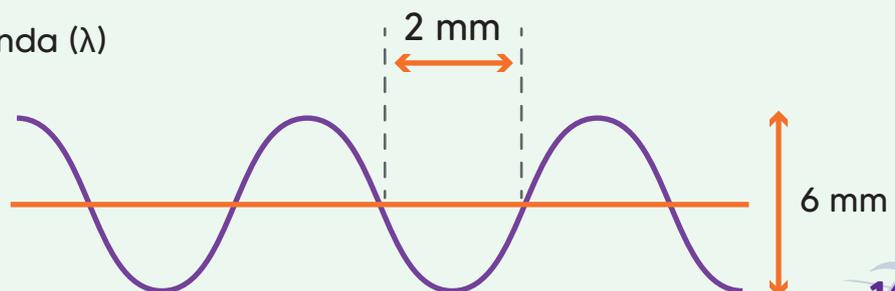


03. Uma nota musical possui frequência de 660 Hz, sabendo que o som se propaga a uma velocidade constante de 330 m/s no ar, determine o comprimento de onda dessa nota.

04. Uma estação de rádio transmite sua programação na frequência 90,0 MHz, determine o comprimento dessa onda. (Dado: velocidade da luz: $C = 3 \times 10^8$ m/s)

05. (Respondido) A onda representada pela figura abaixo possui velocidade de 500 m/s. Determine:

- a) O comprimento de onda (λ)
- b) A Amplitude (A)
- c) A frequência (f)

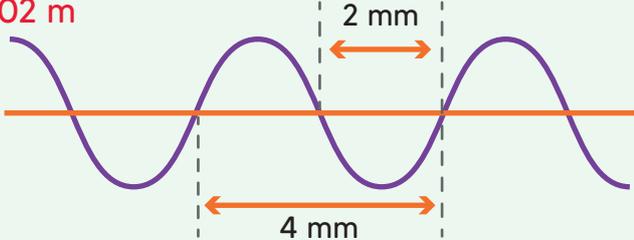


RESOLUÇÃO

a) Perceba que 2 mm é a medida de um vale, mas uma onda completa é sempre formada por uma crista + vale. Multiplique esse valor por 2 para achar o comprimento total de uma onda:

$$\lambda = 2 \cdot (0,002)$$

$$\lambda = 0,004 \text{ m}$$

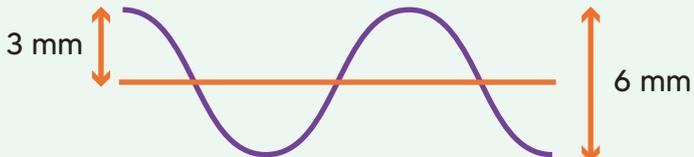


2 mm = 0,002 m

b) Divida 6 mm por 2 para achar a altura do vale ou crista:

$$A = 0,006/2$$

$$A = 0,003 \text{ m}$$



c) Use a fórmula da velocidade:

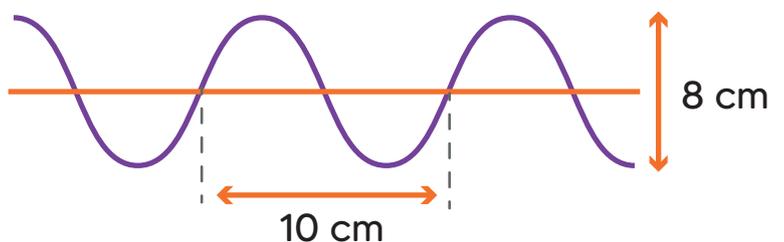
$$V = \lambda \cdot f$$

$$500 = 0,004 \cdot f$$

$$f = 125.000 \text{ Hz} \quad (125 \text{ MHz})$$

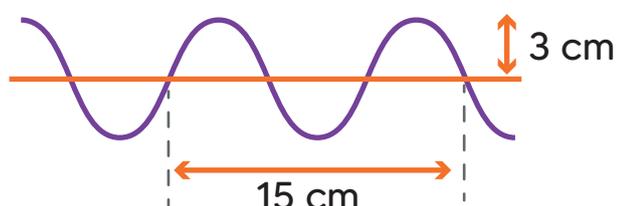
06. A onda representada pela figura abaixo possui velocidade de 400 m/s. Determine:

- a) A Amplitude (A)
- b) O comprimento de onda (λ)
- c) A frequência (f)



07. A onda representada pela figura abaixo possui velocidade de 200 m/s. Determine:

- a) A Amplitude (A)
- b) O comprimento de onda (λ)
- c) A frequência (f)



08. (Respondido) Uma corda com 2 metros de comprimento e massa de 0,5 kg foi esticada por uma força de intensidade 100 N. Determine:

- A densidade linear dessa corda
- A velocidade das vibrações que passam por essa corda.
- O comprimento de onda (λ) dessa onda de frequência 2 Hz

RESOLUÇÃO

a) A densidade linear mede a concentração de material para cada metro de corda. Ela pode ser achada pela divisão entre a massa e o comprimento dela:

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ kg/m}$$

b) Use a fórmula da velocidade na corda tracionada:

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{100}{0,25}} = \frac{10}{0,5} = 20 \text{ m/s}$$

c) Use a velocidade encontrada na fórmula que relaciona frequência e comprimento de onda:

$$\begin{aligned} V &= \lambda \cdot f \\ 20 &= \lambda \cdot (2) \\ \lambda &= 10 \text{ m} \end{aligned}$$

09. Uma corda com 5 metros de comprimento e massa de 400 g foi esticada por uma força de intensidade 98 N. Determine:

- A densidade linear dessa corda
- A velocidade das vibrações que passam por essa corda.
- O comprimento de onda (λ) dessa onda de frequência 70 Hz

10. A cor vermelha possui o comprimento de onda igual a 7×10^{-7} m e a cor azul igual a 450 nm. (Dado: velocidade da luz: $C = 3 \times 10^8$ m/s) Responda:

- Qual das duas cores possui a maior frequência?
- Qual é a razão entre a frequência da luz azul e da luz vermelha?

RESPOSTAS

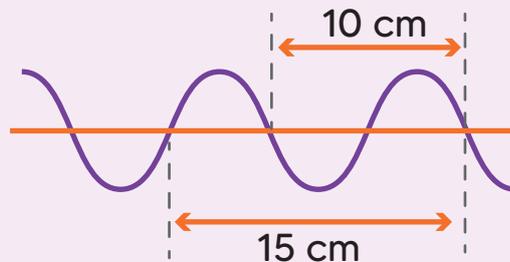
- 01. a) Verdadeiro** É a velocidade limite do universo: 3×10^8 m/s
b) Verdadeiro Elas são grandezas inversamente proporcionais
c) Verdadeiro A amplitude é diretamente proporcional a energia
d) Verdadeiro Maior concentração de ondas, maior é a energia

03. 0,5 m (50 cm)

04. 3,333 m

06. a) A = 4 cm ; b) λ = 10 cm ; c) f = 4000 Hz

07. a) A = 3 cm ; b) λ = 10 cm Dica: 2 cristas + 1 vale ; **c) f = 4000 Hz**



09. a) A = 0,08 kg/m ; b) V = 35 m/s ; c) λ = 0,5 m

10. a) Azul O azul possui o comprimento de onda menor, logo, a maior frequência.

$$\text{Dica: } \lambda_{\text{azul}} = 450 \times 10^{-9} = 4,5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{vermelho}} = 7,0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{azul}} < \lambda_{\text{vermelho}}$$

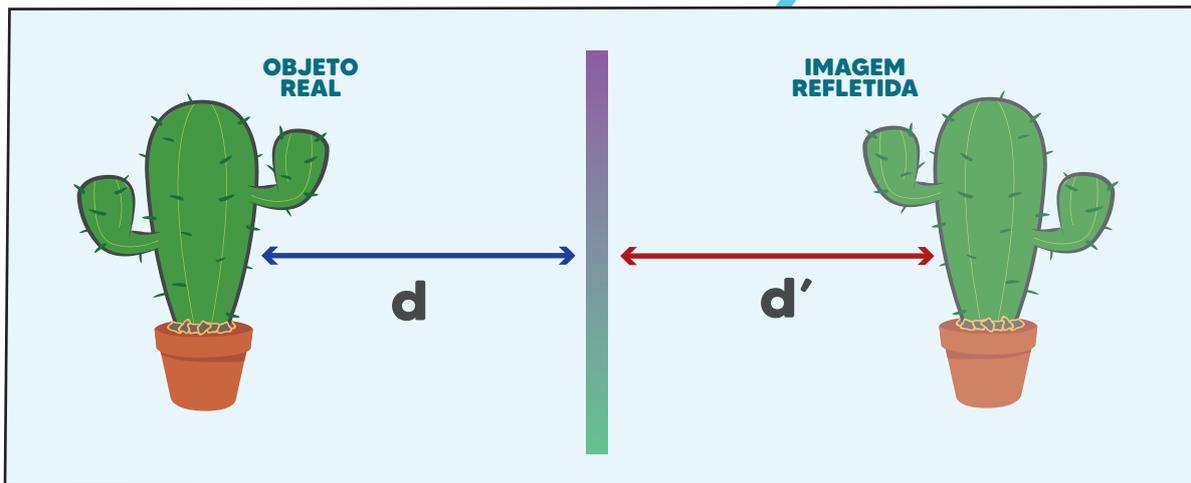
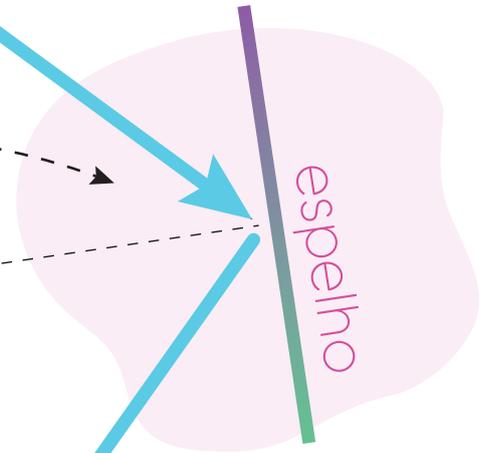
$$f_{\text{azul}} > f_{\text{vermelho}}$$

b) 1,555 Dica: $f_{\text{azul}} = 0,667 \times 10^{15}$ Hz
 $f_{\text{vermelho}} = 0,429 \times 10^{15}$ Hz

Reflexão

1. É A MUDANÇA NA DIREÇÃO DE UMA ONDA QUANDO ELA ENCONTRA UMA SUPERFÍCIE REFLETORA.

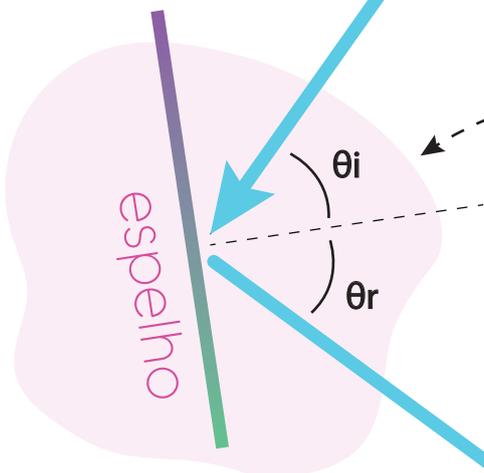
2. O RAIOS REFLETIDO POSSUI TODAS AS PROPRIEDADES IGUAIS AO RAIOS INCIDENTE: MESMA VELOCIDADE (v), MESMA FREQUÊNCIA (f) E MESMO COMPRIMENTO DE ONDA (λ).



3. ATÉ A DISTÂNCIA DO OBJETO ATÉ O ESPELHO (d) É IGUAL A DISTÂNCIA DA IMAGEM ATÉ O ESPELHO (d').

4. O ÂNGULO DO RAIOS INCIDENTE TAMBÉM SERÁ IGUAL AO ÂNGULO DO RAIOS REFLETIDO.

$$\theta_i = \theta_r$$



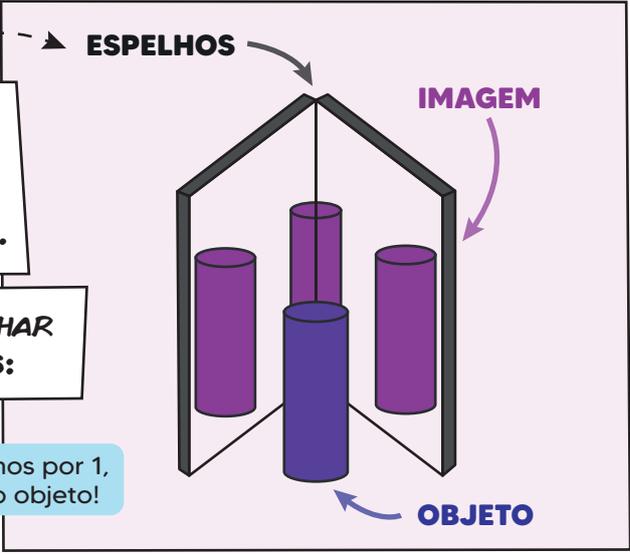
Múltiplas Imagens

QUANDO BOTAMOS DOIS ESPELHOS PLANOS JUNTOS COM UMA ABERTURA (θ) ENTRE ELES, HAVERÁ A FORMAÇÃO DE MÚLTIPLAS IMAGENS.

USAMOS ESSA FÓRMULA PARA ACHAR A NÚMERO DE IMAGENS FORMADAS:

$$N_i = \frac{360}{\theta} - 1$$

Subtraímos por 1, esse é o objeto!



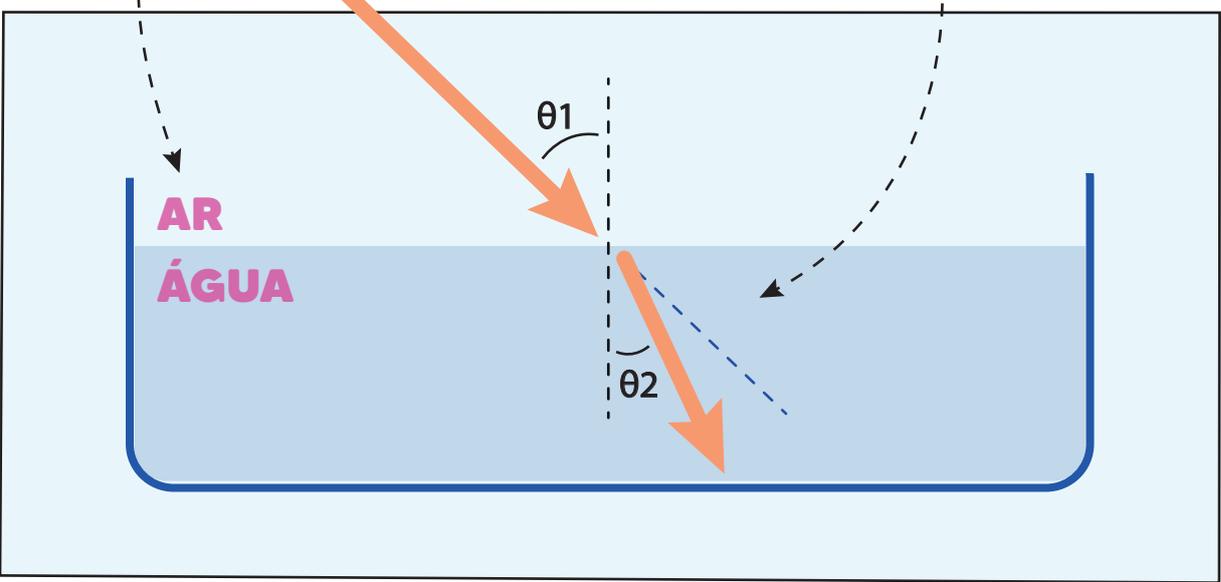
www.marcoiazulayexatas.com

Refração

Márci Azulay
exatas

1. É QUANDO UMA ONDA PASSA DE UM MEIO PARA OUTRO.

2. PERCEBA QUE NESSE EVENTO, O RAIOSOFRE UM PEQUENO DESVIO DA SUA DIREÇÃO DE PROPAGAÇÃO



3. NÃO É SÓ O ÂNGULO DO RAIOSOFRE MUDA. A VELOCIDADE (V) E O COMPRIMENTO DE ONDA (λ) TAMBÉM IRÃO SER ALTERADOS.

$$V_1 \neq V_2$$

$$\lambda_1 \neq \lambda_2$$

SOMENTE UMA COISA FICARÁ IGUAL: A FREQÜÊNCIA (F):

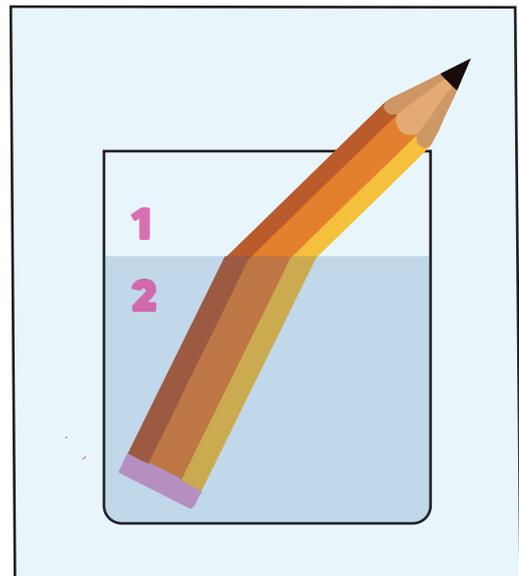
$$f_1 = f_2$$

4. **PODEMOS FAZER O CÁLCULO DESSE DESVIO COM O USO DA LEI DE SNELL:**

$$n_1 \cdot \text{sen}(\theta_1) = n_2 \cdot \text{sen}(\theta_2)$$

n1: Índice de refração do meio 1
n2: Índice de refração do meio 2

θ_1 : Ângulo do raio incidente
 θ_2 : Ângulo do raio refratado



Índice de Refração?

O ÍNDICE DE REFRAÇÃO NO MEIO (N) É UM COEFICIENTE QUE RELACIONA A VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO NESSE MEIO COM A VELOCIDADE DESSA MESMA ONDA NO VÁCUO.

QUANTO MAIOR FOR O SEU VALOR, MAIOR SERÁ O DESVIO SOFRIDO PELA LUZ E MENOR SERÁ A SUA VELOCIDADE NESSE MEIO.

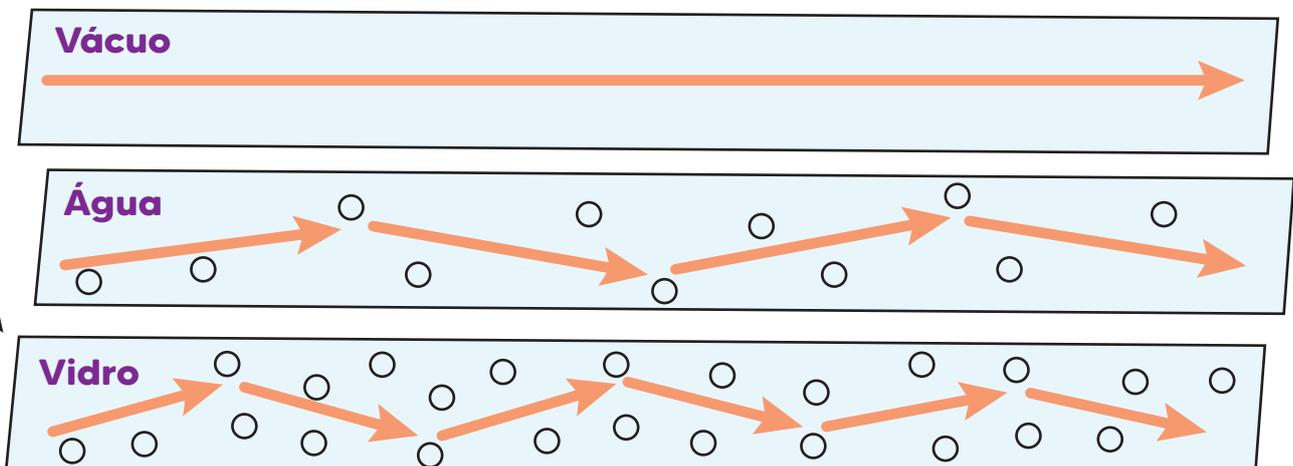
$$n = \frac{C}{V}$$

C: Velocidade da Luz no Vácuo ($3 \cdot 10^8$ m/s)

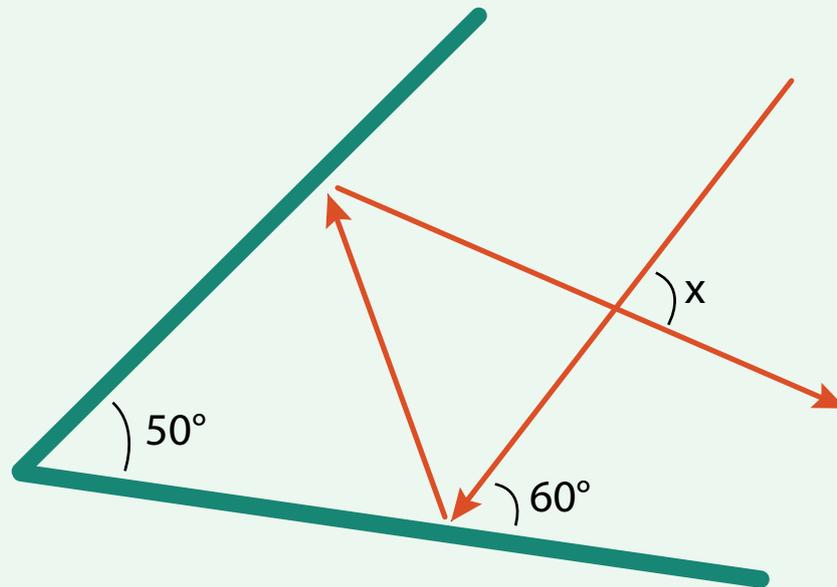
V: Velocidade da Luz naquele meio [m/s]

Meio	n	Velocidade
Vácuo	1	$C = 3 \cdot 10^8$
Ar	1	$3 \cdot 10^8$
Água	1,33	$2,25 \cdot 10^8$
Vidro	1,5	$2 \cdot 10^8$
Diamante	2,42	$1,24 \cdot 10^8$

OBS: PERCEBEU QUE O ÍNDICE DE REFRAÇÃO ESTÁ DIRETAMENTE LIGADO A DENSIDADE DESSE MEIO? ISSO ACONTECE PORQUE QUANTO MAIS MATÉRIA CONCENTRADA, MAIS DIFÍCIL SERÁ PARA O RAIOS DE LUZ PASSAR POR ELE, PORTANTO, A MENOR VELOCIDADE.

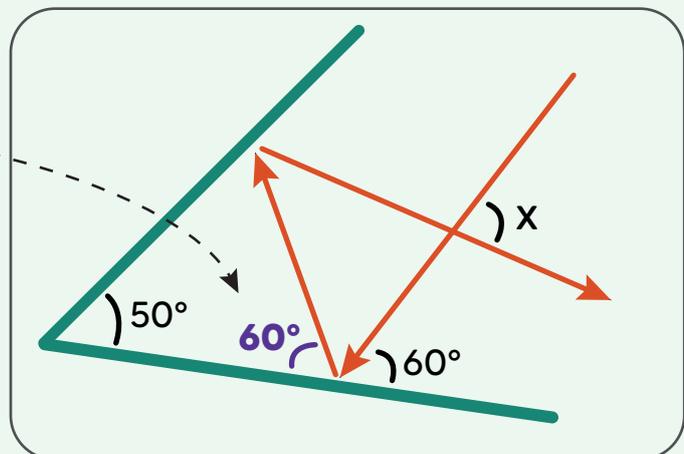


01 (Respondido) Um raio de luz é emitido contra um par de espelhos com 50° de abertura. O raio passa por duas reflexões e em seguida encontra a si mesmo. Determine o ângulo x sabendo que o primeiro raio possui um ângulo de 60° em relação ao primeiro espelho.



RESOLUÇÃO

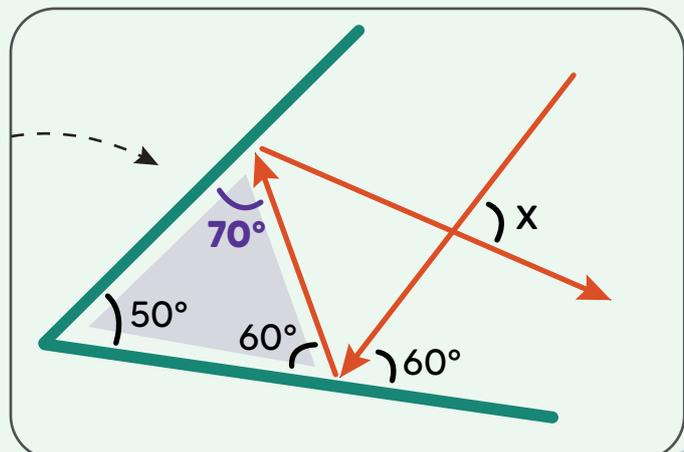
1. O ângulo do raio incidente é sempre igual ao ângulo do raio refletido:



2. A soma dos ângulos internos de um triângulo é igual a 180° :

$$a + 50 + 60 = 180$$

$$a = 70^\circ$$

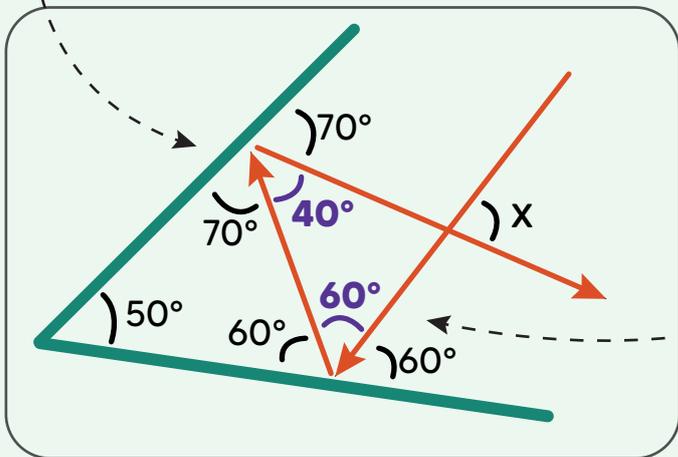
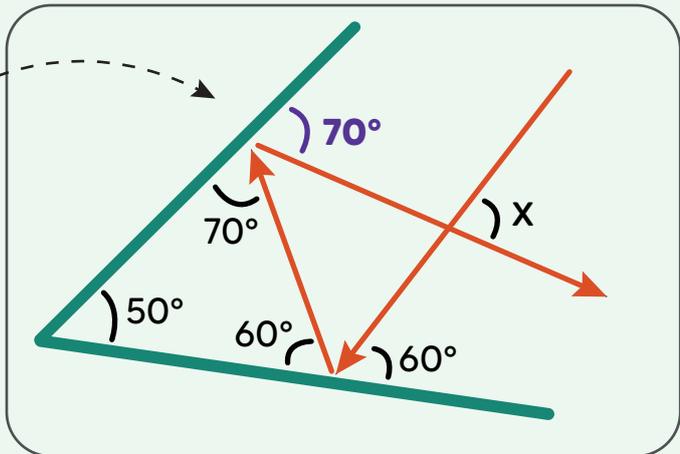


3. No segundo ponto de reflexão, o ângulo também será igual:

4. Complete o ângulo raso superior (soma = 180°):

$$b + 70 + 70 = 180$$

$$b = 40^\circ$$



5. Complete ângulo raso inferior também:

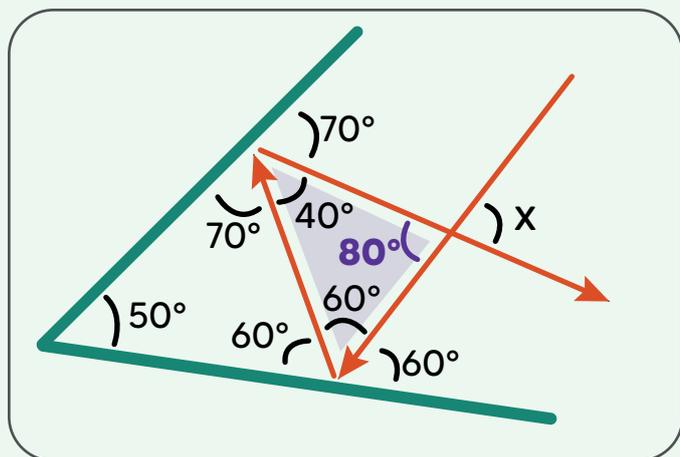
$$c + 60 + 60 = 180$$

$$b = 60^\circ$$

6. E faça novamente a soma dos ângulos internos de um triângulo:

$$d + 40 + 60 = 180$$

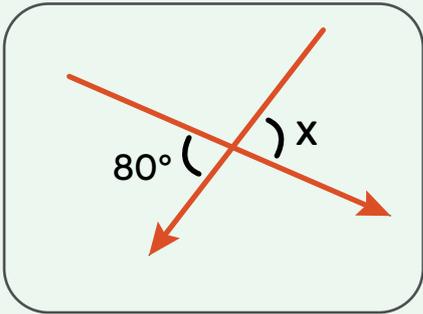
$$d = 80^\circ$$



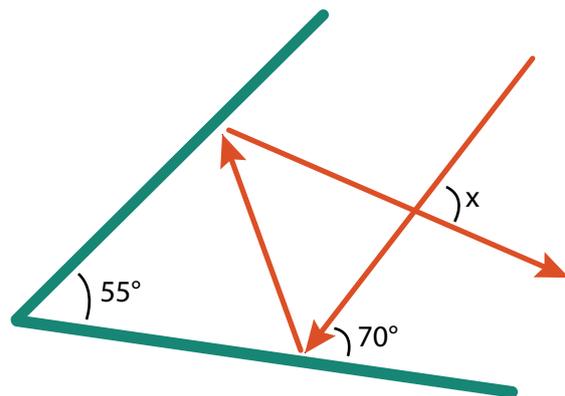
7. O último ângulo encontrado (d) é oposto pelo vértice em relação ao ângulo "x":

$$x = d$$

$$x = 80^\circ$$



02. Um raio de luz é emitido contra um par de espelhos com 55° de abertura. O raio passa por duas reflexões e em seguida encontra a si mesmo. Determine o ângulo x sabendo que o primeiro raio possui um ângulo de 70° em relação ao primeiro espelho.



03. Uma pessoa está correndo em direção a um espelho plano com velocidade constante de 1 m/s. Em certo instante, ele chega a 3 metros de distância do espelho. Determine:

- a) A distância entre a sua imagem e o espelho nesse instante
- b) A distância entre a pessoa e a sua imagem nesse instante
- c) A velocidade relativa entre a imagem e o espelho
- d) A velocidade relativa entre a pessoa e a sua imagem

04. (Respondido) Um objeto foi posto entre dois espelhos com abertura de 90° entre si, determine o número de imagens formadas.

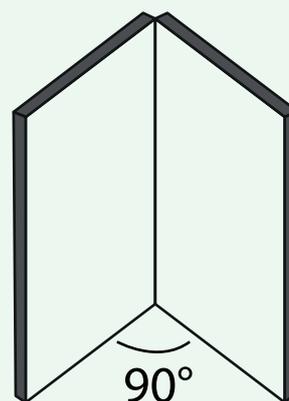
RESOLUÇÃO

Use a fórmula:

$$N_i = \frac{360}{\theta} - 1$$

$$N_i = \frac{360}{90} - 1$$

$$N_i = 4 - 1 = 3$$



05. Um objeto foi posto entre dois espelhos com abertura de 30° entre si, determine o número de imagens formadas.

06. Uma pessoa ficou entre dois espelhos planos com abertura desconhecida e percebeu que conseguia ver 8 imagens suas. Qual é a abertura desse espelho?

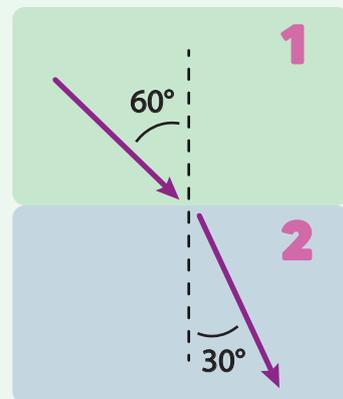
07. (Respondido) Um raio de luz viajando em um meio cujo índice de refração é igual a 1,2 passa outro meio de cujo índice é desconhecido. A onda estava a 60° em relação a normal e se aproximou dela quando sofreu refração, passando a ser 30° .

- a) Determine o índice de refração do meio 2 ($\text{sen } 30^\circ = 0,50$; $\text{sen } 60^\circ = 0,87$)
 b) Determine a velocidade dessa onda no meio 2 ($V_{\text{LUZ}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

RESOLUÇÃO

- a) Use a Lei de Snell

$$\begin{aligned} n_1 \cdot \text{sen}(\theta_1) &= n_2 \cdot \text{sen}(\theta_2) \\ (1,2) \cdot \text{sen}(60) &= n_2 \cdot \text{sen}(30) \\ (1,2) \cdot (0,87) &= n_2 \cdot (0,50) \\ n_2 &= 2,09 \end{aligned}$$



- b) Use a fórmula para o índice de refração

$$\begin{aligned} n &= \frac{c}{v} \\ 2,09 &= \frac{3 \times 10^8}{v} \\ v &= 1,435 \times 10^8 \end{aligned}$$

08. Um raio de luz viajando em um meio cujo índice de refração é igual a 1,5 passa outro meio de cujo índice é desconhecido. A onda estava a 50° em relação a normal e se aproximou dela quando sofreu refração, passando a ser 20° .

- a) Determine o índice de refração do meio 2 ($\text{sen } 20^\circ = 0,34$; $\text{sen } 50^\circ = 0,77$)
 b) Determine a velocidade dessa onda no meio 2 ($V_{\text{LUZ}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

09. (Respondido) Uma onda sofreu refração após passar de um meio gasoso para um meio líquido. Nessa mudança de meio, a sua velocidade foi diminuída de 2×10^8 m/s para $1,5 \times 10^8$ m/s, sabendo que o ângulo do raio incidente era de 42° , determine o ângulo do raio refratado em relação a normal. (Dado: $\text{sen } 42^\circ = 0,67$)

RESOLUÇÃO

a) Descubra o índice de refração dos dois meios:

$$n_1 = \frac{C}{V_1}$$

$$n_1 = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^8}$$

$$n_1 = 1,5$$

$$n_2 = \frac{C}{V_2}$$

$$n_2 = \frac{3 \times 10^8}{1,5 \times 10^8}$$

$$n_2 = 2$$

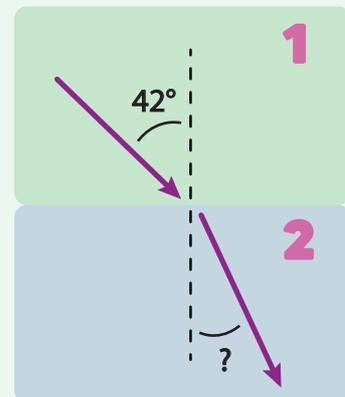
b) Use a Lei de Snell

$$n_1 \cdot \text{sen}(\theta_1) = n_2 \cdot \text{sen}(\theta_2)$$

$$(1,5) \cdot \text{sen}(42) = (2) \cdot \text{sen}(\theta_2)$$

$$1 = (2) \cdot \text{sen}(\theta_2)$$

$$\text{sen}(\theta_2) = 0,5$$



O seno do ângulo é 0,5, ou seja, esse ângulo é: $\theta_2 = 30^\circ$

10. Uma onda sofreu refração após passar de um meio gasoso para um meio líquido. Nessa mudança de meio, a sua velocidade foi diminuída de $2,4 \times 10^8$ m/s para $1,8 \times 10^8$ m/s, sabendo que o ângulo do raio incidente era de $20,5^\circ$, determine o ângulo do raio refratado em relação a normal. (Dado: $\text{sen } 20,5^\circ = 0,35$)

a) $\text{sen}(5^\circ) = 0,09$

b) $\text{sen}(10^\circ) = 0,17$

c) $\text{sen}(15^\circ) = 0,26$

RESPOSTAS

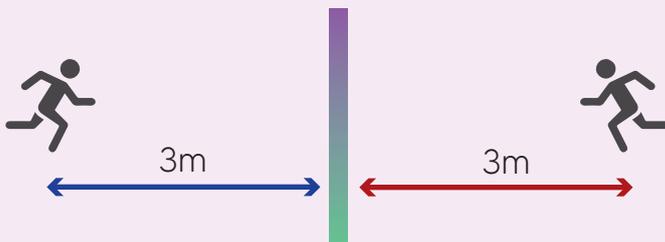
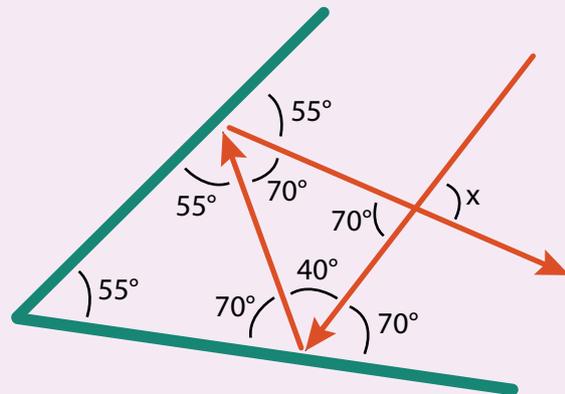
02. $x = 70$

03. a) 3 m

b) 6 m Dica: $2 \times 3 \text{ m}$

c) 1 m/s

d) 2 m/s Dica: $2 \times 1 \text{ m/s}$



05. 11 imagens

06. 40°

08. a) $n_2 = 3,4$; b) $v = 0,88 \times 10^8 \text{ m/s}$

10. Letra C: 15°

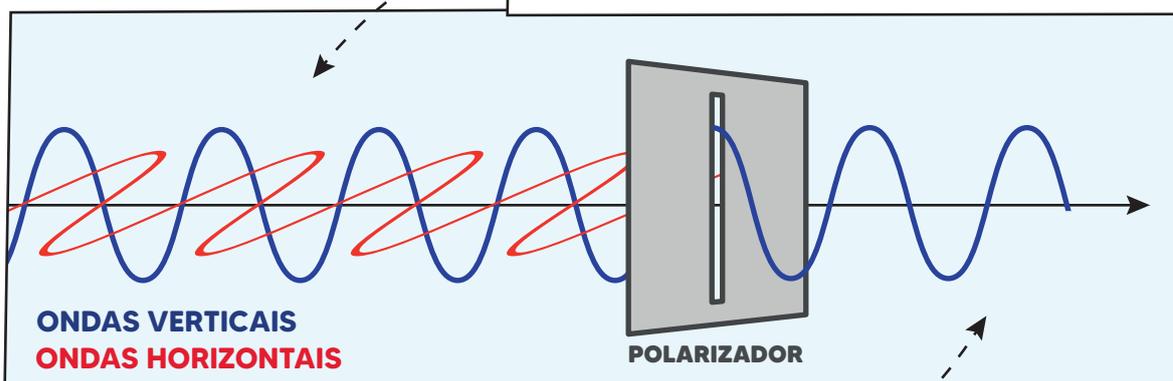
Leitura extra recomendada:

- Ângulo limite de Refração
- Ângulo limite e a formação das Miragens
- Ângulo limite e o funcionamento da Fibra Óptica

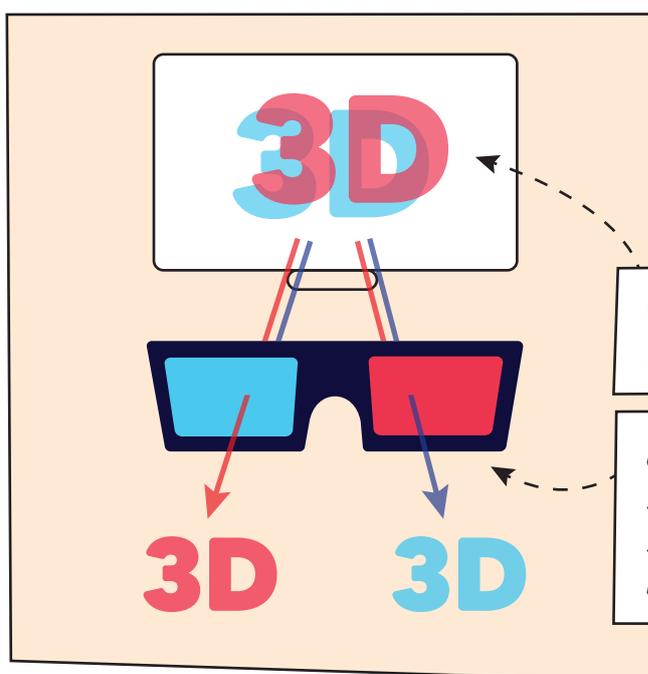
Polarização

PODE SER VISTO COMO UM FILTRO DE ONDAS, SOMENTE ALGUMAS DIREÇÕES DE VIBRAÇÃO SÃO SELECIONADAS.

IMAGINE UM FEIXE DE LUZ QUE É FORMADO POR ONDAS QUE VIBRAM EM TODAS AS DIREÇÕES POSSÍVEIS. (**HORIZONTAL**, **VERTICAL** E **DIAGONAIS**)



NESTE EXEMPLO, SOMENTE ONDAS COM A DIREÇÃO VERTICAL PASSARAM PELO POLARIZADOR, AS ONDAS COM DIREÇÃO HORIZONTAL FORAM BARRADAS



A POLARIZAÇÃO EXPLICA O FUNCIONAMENTO DE ÓCULOS ESCUROS, PELÍCULAS FUMÊ EM JANELAS E OS ÓCULOS 3D NO CINEMAS.

DUAS IMAGENS SÃO PROJETADAS NA TELA SIMULTANEAMENTE

MAS CADA LADO DO ÓCULOS POSSUI UM POLARIZADOR QUE PERMITE A PASSAGEM DE UMA IMAGEM PARA CADA OLHO

OBS: SOMENTE ONDAS TRANSVERSAIS PODEM SER POLARIZADAS, O SOM, POR SER UMA ONDA LONGITUDINAL, NÃO SOFRE ESSE TIPO DE FENÔMENO.

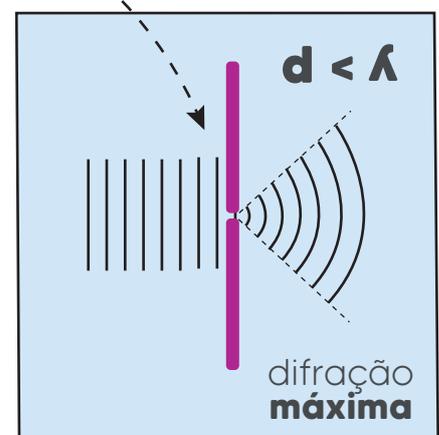
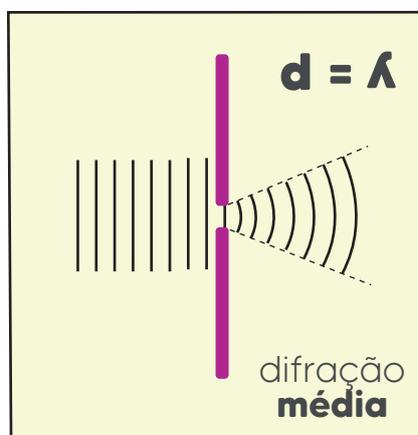
Difração

1. É A CAPACIDADE DE UMA ONDA DE SOFRER DESVIOS OU ESPALHAMENTO QUANDO ENCONTRA OBSTÁCULOS.

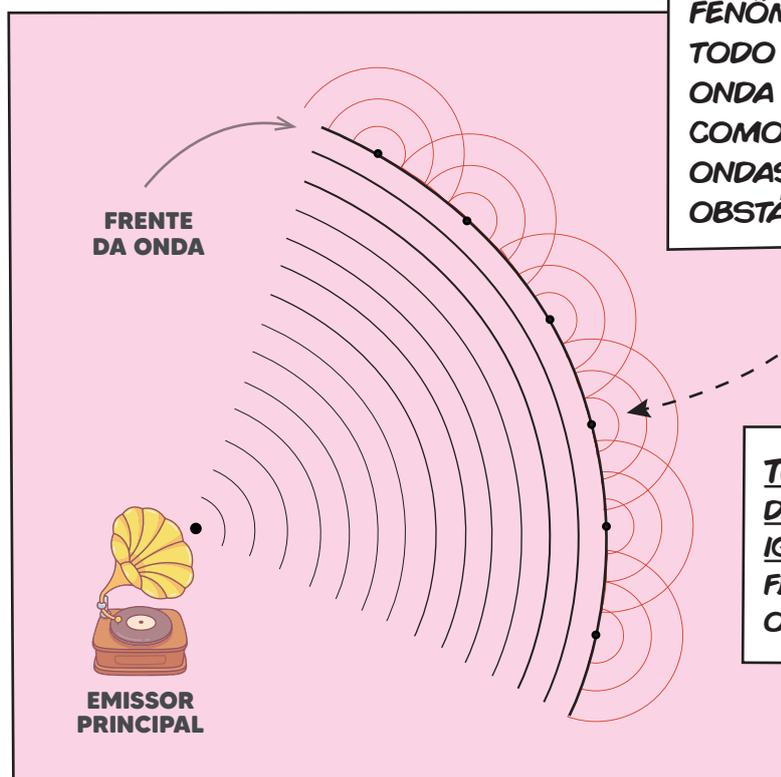
2. IMAGINE UMA ONDA PASSANDO POR UMA FENDA COM ABERTURA IGUAL A "D".

3. QUANTO MENOR A ABERTURA DA FENDA, MAIOR SERÁ A DIFRAÇÃO SOFRIDA PELA ONDA.

d: Abertura da fenda
 λ : Comprimento de Onda



4. SEGUNDO HUYGENS, ESSE FENÔMENO ACONTECE POIS TODO PONTO DA FRETE DE ONDA PODE SE COMPORTAR COMO UM NOVO EMISSOR DE ONDAS AO ENCONTRAR UM OBSTÁCULO.



TODAS AS CARACTERÍSTICAS DA ONDA DIFRATADA SÃO IGUAIS AS DA ONDA EMITIDA: FREQUÊNCIA, VELOCIDADE E O COMPRIMENTO DE ONDA.

01. (Unicesumar-SP) A imagem a seguir ilustra o Cebolinha e a Mônica separados por um muro. Apesar dessa separação, o Cebolinha consegue ouvir a voz da Mônica chorando e chamando por ele. O fenômeno acústico que permite que isso seja possível é denominado:

- a) reverberação.
- b) difração.
- c) reforço.
- d) interferência construtiva.
- e) polarização



02. Julgue as afirmações a seguir como verdadeiro ou falso:

- () Um raio difratado possui uma variação na sua frequência.
- () A difração de um raio luminoso aumenta à medida que o tamanho da fenda diminui.
- () A intensidade luminosa de um feixe luminoso que vibra em todas as direções diminui ao ser polarizado
- () A difração é um efeito exclusivo de ondas longitudinais.
- () A polarização é um efeito exclusivo das ondas transversais

RESPOSTAS

01. Letra B

A capacidade de uma onda sofrer desvios é chamada de difração

02.

I - Falso: Uma onda difratada possui as mesmas características da sua onda original.

II - Verdadeiro: Quanto menor a abertura da fenda (em comparação com o comprimento de onda), maior será o desvio sofrido por ela.

III - Verdadeiro: Quando polarizamos uma onda, grande parte das direções de vibração serão barradas, logo a intensidade dessa luz será bem menor.

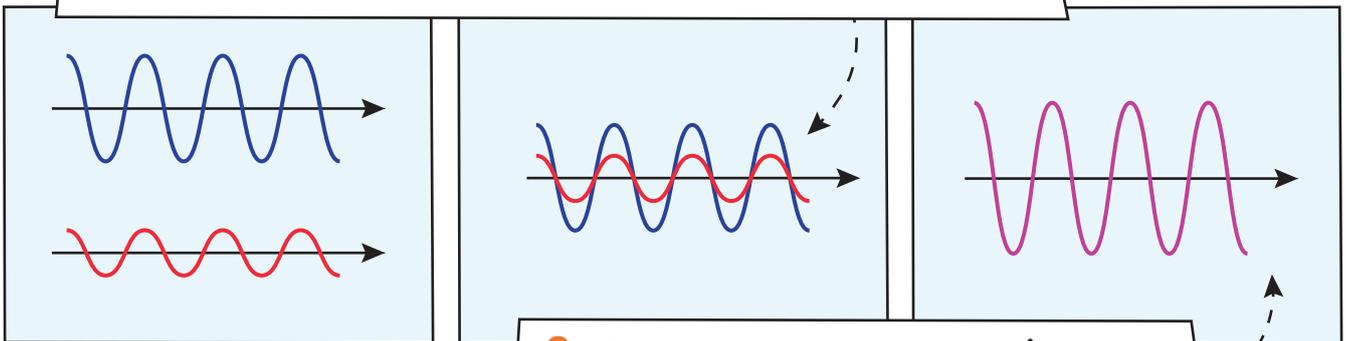
IV - Falso: A difração ocorre com ondas longitudinais (como o som) e com ondas transversais (como a luz).

V - Verdadeiro: Não é possível polarizar uma onda longitudinal.

Interferência

1. É A SUPERPOSIÇÃO DE DUAS OU MAIS ONDAS EM UM MESMO PONTO, NESSE TIPO DE EFEITO, DEVEMOS FAZER A SOMA DAS SUAS AMPLITUDES. ESSE TIPO DE SUPERPOSIÇÃO PODE SER DO TIPO CONSTRUTIVO OU DESTRUTIVO.

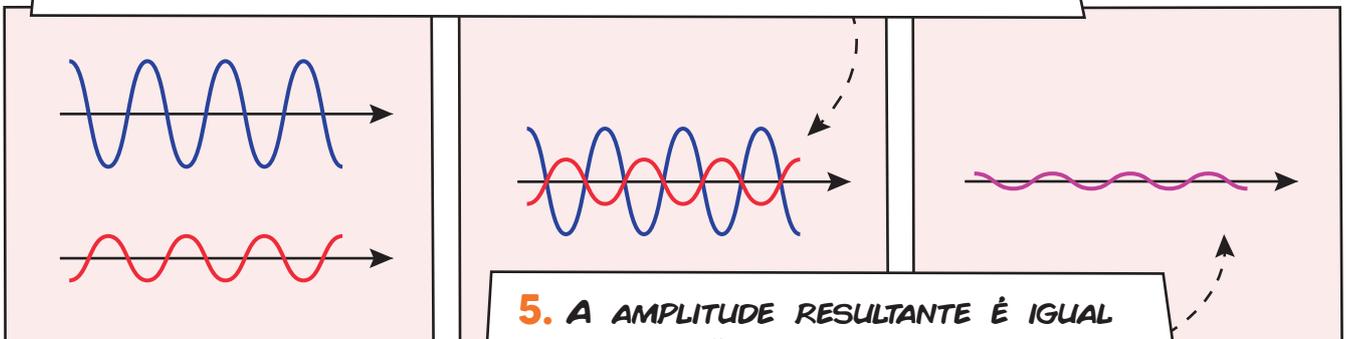
2. A INTERFERÊNCIA CONSTRUTIVA ACONTECE QUANDO AS CRISTAS DAS DUAS ONDAS (OU OS VALES) SE SOBREPÕEM.



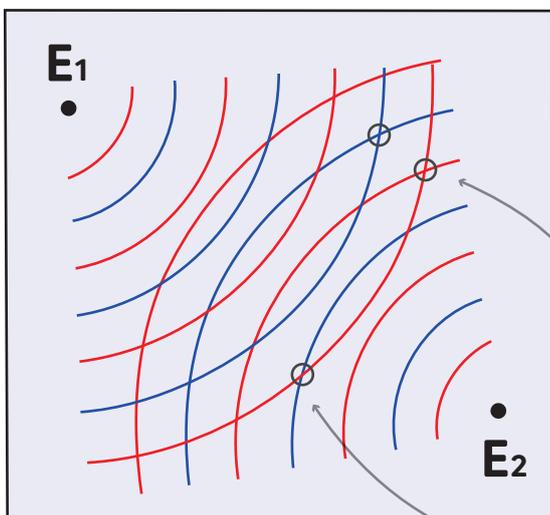
www.marcioazulayexatas.com

3. A AMPLITUDE RESULTANTE É IGUAL A SOMA DAS DUAS AMPLITUDES.

4. E A INTERFERÊNCIA DESTRUTIVA ACONTECE QUANDO A CRISTA DE UMA ONDA SE ENCONTRA COM O VALE DA OUTRA.



5. A AMPLITUDE RESULTANTE É IGUAL A SUBTRAÇÃO DAS DUAS AMPLITUDES.



6. VAMOS VER O PROBLEMA POR CIMA? DUAS FONTES (E_1 E E_2) EMITEM ONDAS DE MESMA FREQUÊNCIA CONTRA A OUTRA. AS CRISTAS ESTÃO REPRESENTADAS EM AZUL E OS VALES ESTÃO REPRESENTADOS EM VERMELHO.

INTERFERÊNCIA
CONSTRUTIVA
(crista + crista)
(vale + vale)

INTERFERÊNCIA
DESTRUTIVA
(crista + vale)

CADA PONTO FORMADO É UM TIPO DE INTERFERÊNCIA, VEJA NO DESENHO AO LADO:

7. USE ESSA FÓRMULA PARA ACHAR OS PONTOS DE INTERFERÊNCIA:

$$|d_1 - d_2| = N \frac{\lambda}{2}$$

8. O FATOR NUMÉRICO (N) É O COEFICIENTE QUE DETERMINA O TIPO DE INTERFERÊNCIA QUE OCORREU NESSE PONTO:

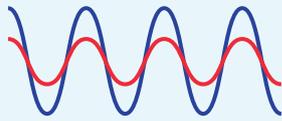
d1 e d2: Distância das fontes até o ponto analisado [m]

λ : Comprimento de Onda [m]

N: Fator Numérico

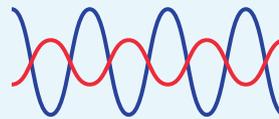
Se N for par: 0, 2, 4...

**INTERFERÊNCIA
CONSTRUTIVA**



Se N for ímpar: 1, 3, 5...

**INTERFERÊNCIA
DESTRUTIVA**

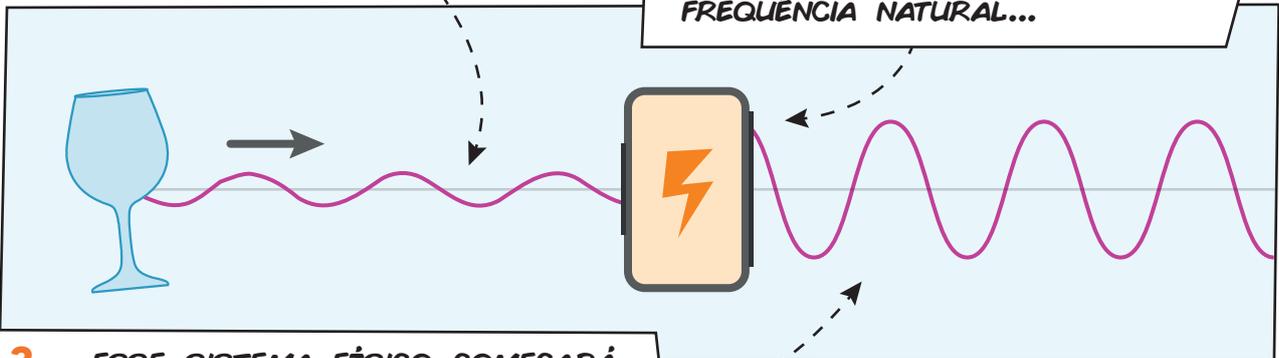


Ressonância

**Márci
Azulay**
exatas

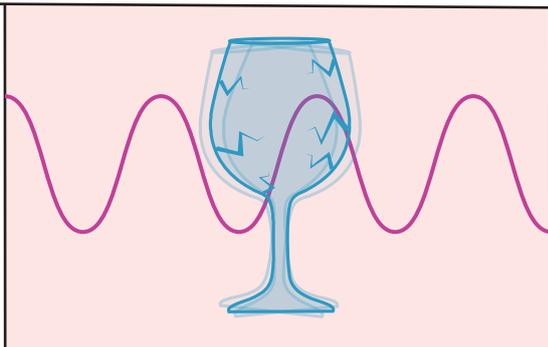
1. TODO SISTEMA FÍSICO POSSUI UMA FREQÜÊNCIA NATURAL DE VIBRAÇÃO

2. SE UMA FONTE EXTERNA EMITIR UMA FREQÜÊNCIA IGUAL A SUA FREQÜÊNCIA NATURAL...



3. ...ESSE SISTEMA FÍSICO COMEÇARÁ A VIBRAR COM INTENSIDADES CADA VEZ MAIORES (AUMENTO DA AMPLITUDE)

4. NESSE EXEMPLO, A TAÇA QUE RECEBEU MUITA ENERGIA POR RESSONÂNCIA, PODE QUEBRAR...



A RESSONÂNCIA É UM TIPO DE INTERFERÊNCIA CONSTRUTIVA. ESSA PROPRIEDADE EXPLICA O FUNCIONAMENTO DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA, E ATÉ O SINTONIZADOR DE RÁDIO.

01. (Respondido) “Dois pulsos propagam-se com a mesma fase e em sentidos opostos, ao encontrarem-se, sofrem interferência _____, que ocasionará a soma das amplitudes.”

Qual palavra completa corretamente a frase acima?

- a) nula
- b) construtiva
- c) destrutiva

RESOLUÇÃO

Letra B: O encontro de dois pulsos de mesma fase gera interferência do tipo construtiva.

02. “Dois pulsos de mesma frequência sofrem interferência _____ no ponto A, ao encontrarem-se, a amplitude resultante é dada pela diferença entre as suas amplitudes individuais.

Qual palavra completa corretamente a frase acima?

- a) nula
- b) construtiva
- c) destrutiva

03. (Respondido) Dois pulsos de mesma frequência são emitidos por duas fontes E1 e E2; um dos pulsos possui amplitude de 7 cm e o outro possui amplitude de 3 cm. Determine a amplitude quando essas duas ondas são superpostas em:

- a) uma interferência construtiva.
- b) uma interferência destrutiva.

RESOLUÇÃO

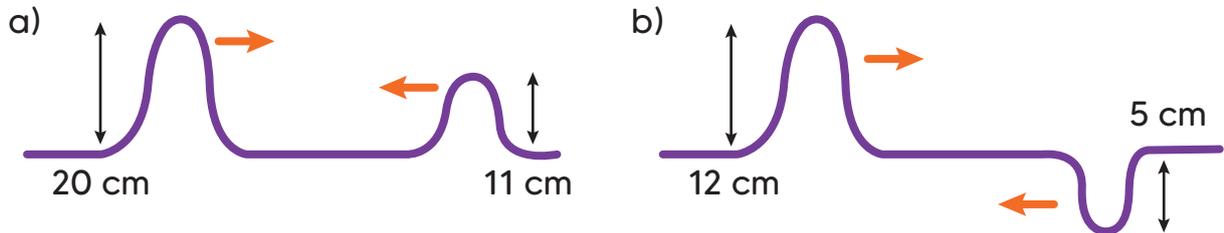
a) Para uma interferência construtiva, devemos somar as amplitudes

$$A = 7 + 3 = 10 \text{ cm}$$

b) Para uma interferência destrutiva, devemos subtrair as amplitudes

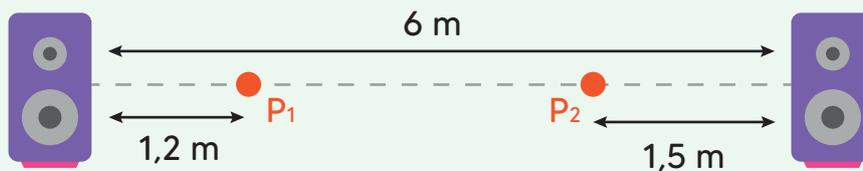
$$A = 7 - 3 = 4 \text{ cm}$$

04. Um pulso é emitido em cada extremidade de uma corda como mostram as figuras a seguir (veja as amplitudes de cada pulso):



Determine a amplitude resultante na superposição delas.

05. (Respondido) Duas caixas de som são postas nos pontos A e B distantes de 6 metros como mostra a figura abaixo:



Determine o tipo de interferência nos pontos P1 e P2 quando os autofalantes emitem sons de frequência 275 Hz. (Dado: Velocidade do som = 330 m/s)

RESOLUÇÃO

Use a frequência e a velocidade para achar o comprimento de onda:

$$V = \lambda \cdot f$$

$$330 = \lambda \cdot (275)$$

$$\lambda = 1,2 \text{ metros}$$

Ponto P1: Veja as distâncias das caixas até o ponto analisado:
Use a fórmula para a interferência:

$$|d_1 - d_2| = N \frac{\lambda}{2}$$

$$|1,2 - 4,8| = N \frac{1,2}{2}$$

$$3,6 = N \cdot 0,6$$

$$N = 6$$



6 é um número PAR, logo, houve interferência construtiva nesse ponto

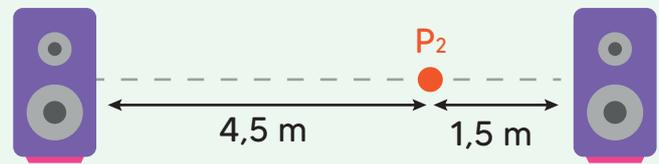
Ponto P2: Veja as distâncias das caixas até o ponto analisado:
Use a fórmula para a interferência:

$$|d_1 - d_2| = N \frac{\lambda}{2}$$

$$|4,5 - 1,5| = N \frac{1,2}{2}$$

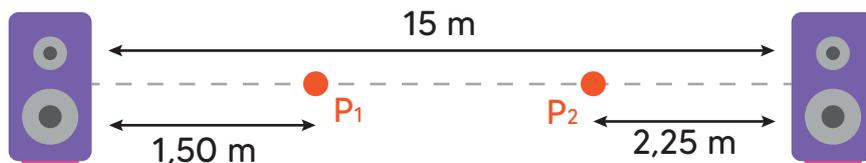
$$3 = N \cdot 0,6$$

$$N = 5$$



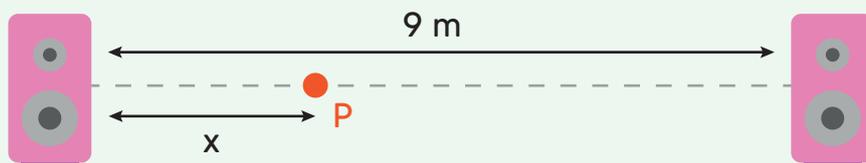
5 é um número IMPAR, logo, houve interferência destrutiva nesse ponto

06. Duas caixas de som são postas distantes de 15 metros como mostra a figura:



Determine o tipo de interferência nos pontos P1 e P2 quando os autôfalantes emitem sons de frequência 110 Hz. (Dado: Velocidade do som = 330 m/s)

07. (Respondido) Duas caixas de som são postas distantes de 9 metros como mostra a figura:



Percebemos que ocorre absoluto silêncio no ponto P, determine os possíveis valores de "x" de forma que o ponto esteja localizado entre as duas caixas.

Dados: Frequência = 82,5 Hz ; Velocidade do som = 330 m/s

RESOLUÇÃO

Use a frequência e a velocidade para achar o comprimento de onda:

$$V = \lambda \cdot f$$

$$330 = \lambda \cdot (82,5)$$

$$\lambda = 4 \text{ metros}$$

O texto fala que houve silêncio nesse ponto, isso é indício de que houve uma interferência destrutiva nesse ponto, ou seja, $N = 1, 3, 5, 7, 9...$

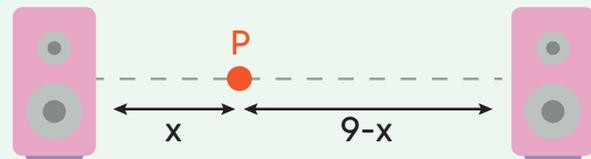
Use a fórmula:

$$|d_1 - d_2| = N \frac{\lambda}{2}$$

$$|(x) - (9-x)| = N \frac{4}{2}$$

$$|2x - 9| = 2 \cdot N$$

$$2x - 9 = \pm 2N$$



Agora você precisará fazer TESTES, substitua N por todos os valores possíveis, nesse caso, use somente os ímpares! Não esqueça de fazer o cálculo com o positivo e negativo

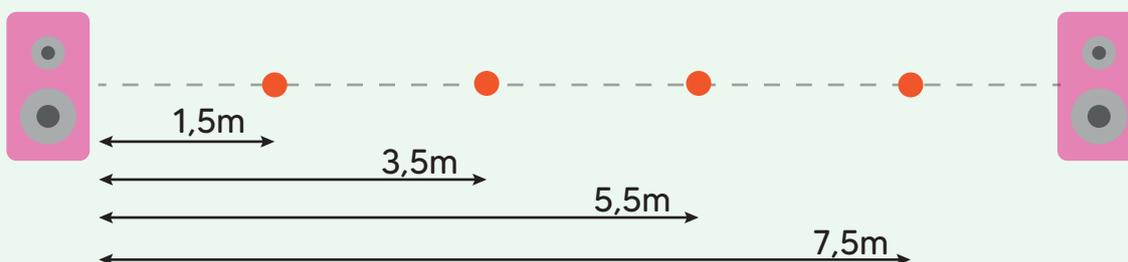
$$\text{Se: } N = 1 \begin{cases} \rightarrow 2x - 9 = 2(1) \rightarrow 2x = 11 \rightarrow x = 5,5 \\ \rightarrow 2x - 9 = -2(1) \rightarrow 2x = 7 \rightarrow x = 3,5 \end{cases}$$

$$\text{Se: } N = 3 \begin{cases} \rightarrow 2x - 9 = 2(3) \rightarrow 2x = 15 \rightarrow x = 7,5 \\ \rightarrow 2x - 9 = -2(3) \rightarrow 2x = 3 \rightarrow x = 1,5 \end{cases}$$

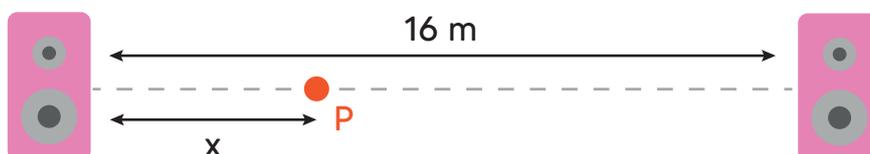
$$\text{Se: } N = 5 \begin{cases} \rightarrow 2x - 9 = 2(5) \rightarrow 2x = 19 \rightarrow x = \cancel{9,5} \\ \rightarrow 2x - 9 = -2(5) \rightarrow 2x = -1 \rightarrow x = \cancel{-0,5} \end{cases}$$

Descarte os valores que são menores do que zero e que são maiores que 9, lembre-se que só estamos procurando por pontos que estão ENTRE as duas caixas de som.

Veja o desenho com as respostas finais:



08. Duas caixas de som são postas distantes de 16 metros como mostra a figura:



Percebemos que ocorre absoluto silêncio no ponto P, determine os possíveis valores de "x" de forma que o ponto esteja localizado entre as duas caixas.

Dados: Frequência = 33 Hz ; Velocidade do som = 330 m/s

RESPOSTAS

02. Letra C

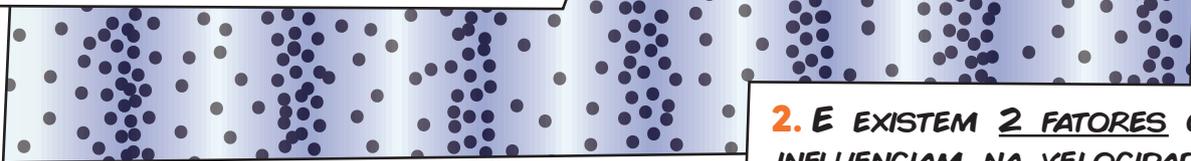
04. a) 31 cm (construtivo) **b) 7 cm** (destrutivo)

06. P1 - Construtivo (N = 8) ; P2 - Destrutivo (N = 7) ;

08. x = 0,5 ; 5,5 ; 10,5 ; 15,5 (m) Dica: N = 1 ou 3

Acústica

1. O SOM É UMA ONDA MECÂNICA, LONGITUDINAL E TRIDIMENSIONAL.



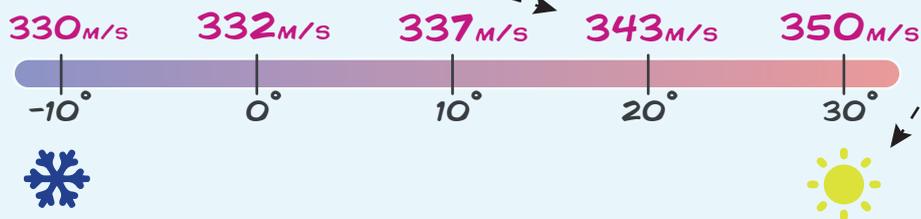
REPRESENTAÇÃO DO SOM NO AR

2. E EXISTEM 2 FATORES QUE INFLUENCIAM NA VELOCIDADE DE UMA ONDA POR UM MEIO.

1 • Temperatura do Meio

1. A VELOCIDADE DO SOM NO AR EM TEMPERATURA AMBIENTE É DE APROXIMADAMENTE 343 M/S.

2. QUANTO MAIS QUENTE ESTIVER O AMBIENTE, MAIS RÁPIDO SERÁ O SOM.

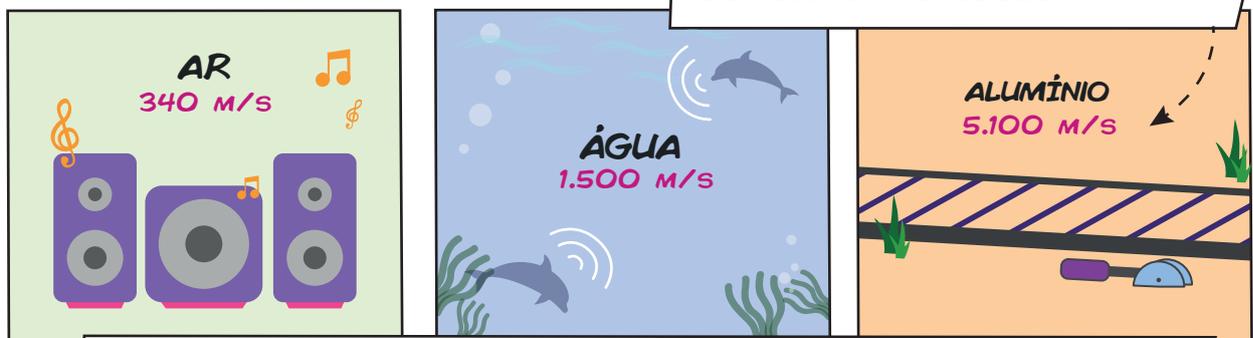


3. ISSO ACONTECE DEVIDO A FATORES COMO PRESSÃO, DENSIDADE E ELASTICIDADE DO MEIO QUE MUDAM JUNTO COM A TEMPERATURA.

2 • Estado de Agregação

1. OUTRA COISA QUE TAMBÉM PODE VARIAR A VELOCIDADE DO SOM É O MEIO QUE ELE ESTÁ INSERIDO

2. O SOM SE MOVIMENTA MAIS RAPIDAMENTE EM MEIOS SÓLIDOS DO QUE EM GASOSOS.



3. ISSO ACONTECE POR QUE EM MEIOS SÓLIDOS, AS MOLÉCULAS ESTÃO MAIS PRÓXIMAS UMAS DAS OUTRAS (E MAIS INTERLIGADAS) E ISSO FACILITA A PASSAGEM DO PULSO ENTRE ELAS.

Intensidade Sonora

1. É A ENERGIA SONORA TOTAL SENTIDA POR UM RECEPTOR A UMA CERTA DISTÂNCIA DO EMISSOR; QUANTO MAIS DISTANTE DA SUA FONTE, MAIS FRACA É A SUA INTENSIDADE.

2. PODEMOS CALCULAR A INTENSIDADE PELA FÓRMULA:

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

[W/m²]

P: Potência sonora [Watt - W]
r: distância entre o emissor e o receptor [m]

3. PERCEBA QUE O DENOMINADOR DA FÓRMULA ANTERIOR É A FÓRMULA DA ÁREA DE UMA CASCA ESFÉRICA (4πr²).

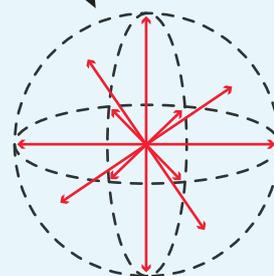
O SOM É UMA ONDA TRIDIMENSIONAL E SE PROPAGA EM TODAS AS DIREÇÕES.

4. EXISTE UMA INTENSIDADE MÍNIMA PARA QUE UM SER HUMANO CONSIGA OUVIR, ELA É CHAMADA DE LIMIAR DA AUDIBILIDADE (I₀).

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

TAMBÉM UM VALOR MÁXIMO SUPORTADO PELO MESMO, CHAMADO LIMIAR DA DOR (I_{max}).

$$I_{max} = 1 \text{ W/m}^2$$



r: Raio

Márci
Azulay
exatas

Nível Sonoro

1. USADO NO COTIDIANO PARA INTERPRETAR A INTENSIDADE SONORA:

$$N = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

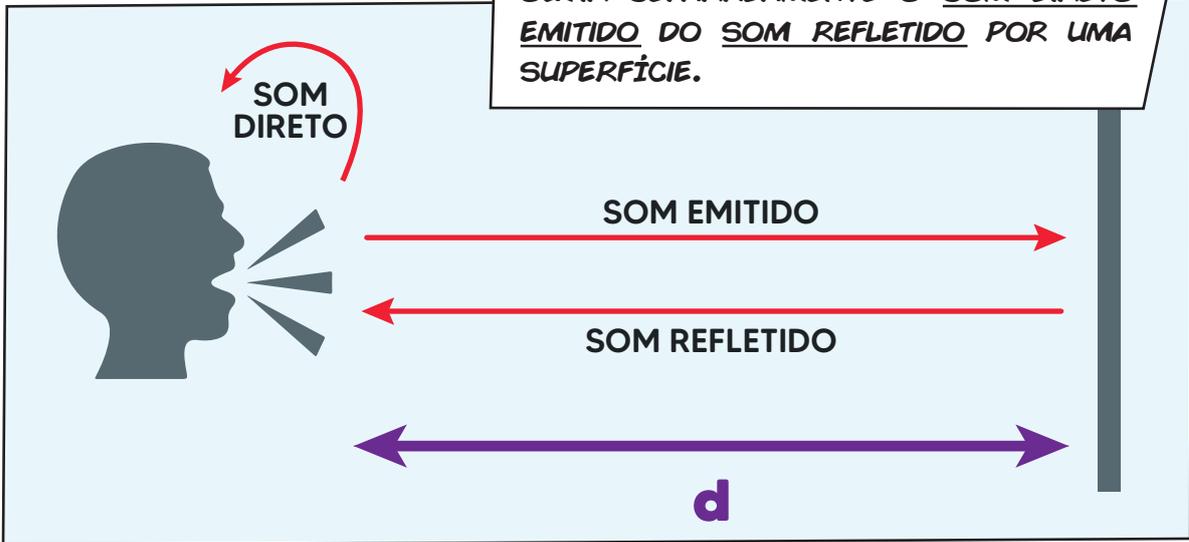
[decibéis - dB]

2. VEJA ALGUNS EXEMPLOS REAIS E OS SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS SONOROS APROXIMADOS:

Limiar da Audição	0 dB
Conversa Baixa	20 dB
Conversa Alta	60 dB
Tráfego de Carros	80 dB
Show de Rock	110 dB
Tiro ou Buzina	120 dB

Eco

1. UMA COISA INTERESSANTE SOBRE O SOM É O ECO; ELE É A CAPACIDADE DE OUVIR SEPARADAMENTE O SOM DIRETO EMITIDO DO SOM REFLETIDO POR UMA SUPERFÍCIE.



2. USE A FÓRMULA DA VELOCIDADE PARA CALCULAR O TEMPO DE IDA E VOLTA DO SOM, E CLARO, UTILIZE O DOBRO DA DISTÂNCIA (2D) ENTRE O EMISSOR DO SOM E A SUPERFÍCIE REFLETORA.

$$V_{\text{SOM}} = \frac{2d}{\Delta t}$$

Ouviu o eco?

SE O TEMPO TOTAL DE IDA E VOLTA FOR MAIOR DO QUE 0,1 SEGUNDO, O OUVIDO HUMANO SERÁ CAPAZ DE OUVIR SEPARADAMENTE ESSES DOIS SONS...

E ASSIM TEREMOS O ECO

ECOOO

ECOOO

MAS SE O TEMPO FOR MENOR DO QUE 0,1 SEGUNDO, O OUVIDO NÃO CONSEGUIRÁ DIFERENCIAR OS DOIS SONS, ESSE EFEITO É CHAMADO DE REVERBERAÇÃO.

EM CONDIÇÕES NORMAIS, É NECESSÁRIO NO MÍNIMO 17M DE DISTÂNCIA!

01. Quando uma explosão acontece, gera um som de grande intensidade e uma vibração no solo simultaneamente. Qual das duas ondas emitidas chegará primeiro a um sensor que está a 100 metros de distância?

02. (Respondido) Uma pessoa grita seu próprio nome contra uma parede distante de um estádio, determine a distância mínima entre os dois para que ela consiga ouvir o próprio eco. ($V_{\text{SOM}} = 340\text{m/s}$)

RESOLUÇÃO

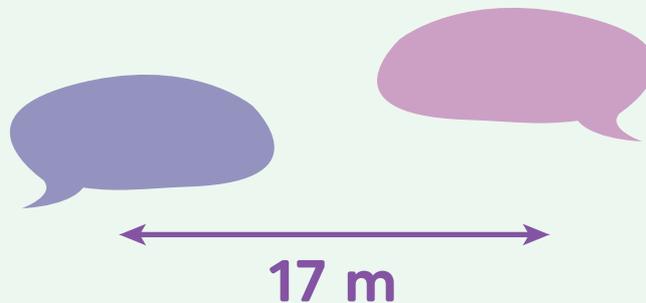
Use a fórmula da velocidade, o tempo deve ser 0,1 segundos (no mínimo):

$$V = \frac{2d}{t}$$

$$340 = \frac{2d}{0,1}$$

$$2d = 34$$

$$d = 17 \text{ m}$$



03. Uma pessoa grita contra uma parede que está a 55 metros de distância, ela conseguirá ouvir o próprio eco? Se sim, em quanto tempo? ($V_{\text{SOM}} = 330 \text{ m/s}$)

04. A visão dos morcegos não é muito bem desenvolvida, e, de fato, alguns deles são até cegos. Para se mover no escuro completo, os morcegos desenvolveram a incrível habilidade de emitir ultrassons e captar as ondas sonoras que retornam aos seus ouvidos superdesenvolvidos, o que lhes possibilita perceber a distância em que os obstáculos se encontram. O fenômeno físico que permite os morcegos “enxergarem” com o som é o da:

- a) Absorção b) Reflexão c) Difração d) Interferência e) Polarização

05. (Respondido) Uma caixa de som com potência de 30 W está a 5 metros de distância de um ponto P. Determine:

- a) A intensidade sonora nesse ponto ($\pi = 3$)
 b) O nível sonoro em decibéis nesse ponto ($I_0 = 10^{-12} \text{ W}$)

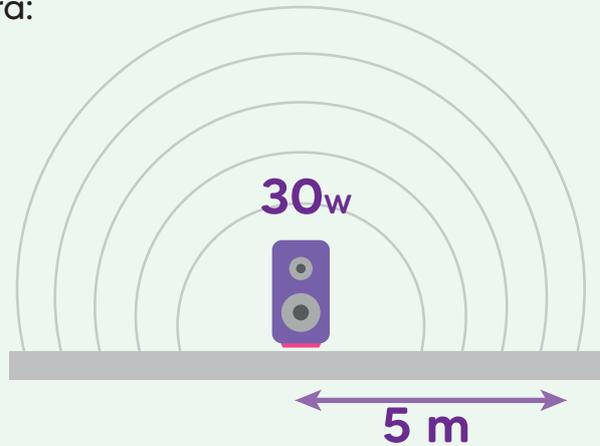
RESOLUÇÃO

a) Use a fórmula da intensidade sonora:

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

$$I = \frac{30}{4(3)(5)^2}$$

$$I = \frac{30}{300} = 0,1 \text{ W/m}^2$$



b) Deixe a intensidade achada em forma de potência de 10:

$$0,1 = 10^{-1}$$

Use a fórmula para o nível sonoro:

$$N = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

$$N = 10 \cdot \log \left(\frac{10^{-1}}{10^{-12}} \right)$$

$$N = 10 \cdot \log (10^{11})$$

$$N = 10 \cdot (11)$$

$$N = 110 \text{ dB}$$

$$10^{-1} : 10^{-12} = 10^{(-1)-(-12)} = 10^{11}$$

Propriedade dos logaritmos:
 $\log (10^x) = x$
 $\log (10^{11}) = 11$

06. Uma caixa de som com potência de 48 W está a 20 metros de distância de um ponto P. Determine:

- a) A intensidade sonora nesse ponto ($\pi = 3$)
- b) O nível sonoro em decibéis nesse ponto ($I_0 = 10^{-12} \text{ W}$)

07. (Respondido) O nível sonoro sentido por uma pessoa próxima a uma caixa de som em um show é de 90 dB, determine:

- a) A intensidade sonora sentida por ela.
 b) A potência emitida pela caixa de som sabendo que ele está a 150m de distância. ($\pi = 3$)

RESOLUÇÃO

a) Use a fórmula para o nível sonoro:

$$N = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

$$90 = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{10^{-12}} \right)$$

$$9 = \log \left(\frac{I}{10^{-12}} \right)$$

$$\frac{I}{10^{-12}} = 10^9$$

$$I = 10^9 \times 10^{-12}$$

$$I = 10^{-3} = 0,001 \text{ W/m}^2$$

Divida os dois lados por 10

$$\cancel{90} = \cancel{10}$$

Use a definição de logaritmo:

$$x = \log (a) \rightarrow a = 10^x$$

b) Use a fórmula para a intensidade sonora:

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

$$0,001 = \frac{P}{4(3)(150)^2}$$

$$0,001 = \frac{P}{270.000}$$

$$P = 270 \text{ W}$$

08. O nível sonoro sentido por uma pessoa próxima a uma caixa de som é de 80 dB, determine:

- a) A intensidade sonora sentida por ela.
- b) A potência emitida pela caixa de som sabendo que ele está a 500m de distância. ($\pi = 3$)

RESPOSTAS

01. A vibração pela terra

Desconsiderando qualquer perda de energia, o som se propaga mais rapidamente em meios sólidos do que em gases (som no ar).

03. Sim, $t = 0,333$ s

04. Letra B

A sua "visão" depende do eco, evento que ocorre graças a reflexão.

06. a) $0,01 \text{ W/m}^2$ (10^{-2}) b) 100 dB

08. a) $0,0001 \text{ W/m}^2$ (10^{-4}) b) 300 W

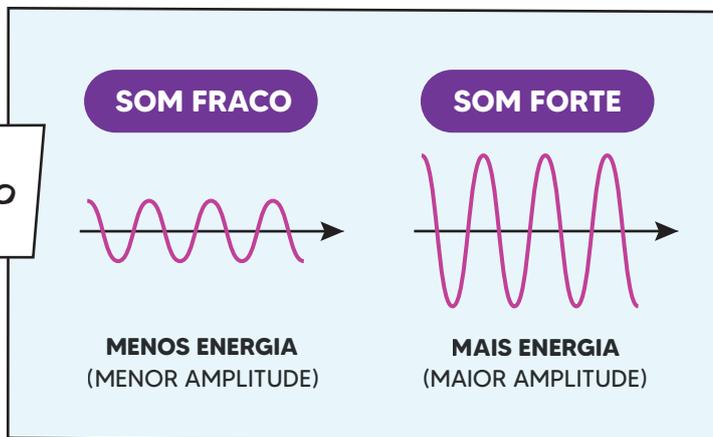
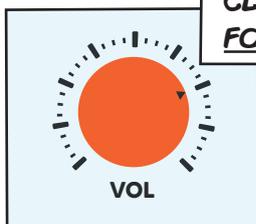
Qualidades do Som

TODO SOM POSSUI 3 CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS, SÃO ELAS:

Intensidade ou Volume

ESTÁ ASSOCIADO A
AMPLITUDE DA ONDA.
(ENERGIA)

ELE PODE SER
CLASSIFICADO COMO
FORTE OU FRACO.

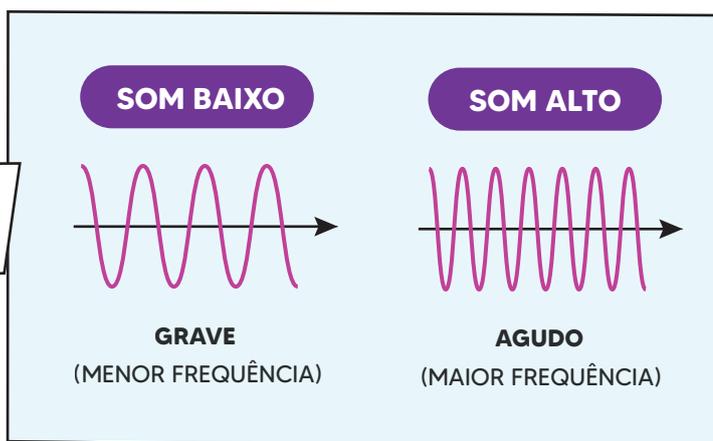


Altura

ESTÁ RELACIONADO A
FREQUÊNCIA DESSE SOM

E DEFINE SE ELE SERÁ UM
SOM AGUDO OU GRAVE.

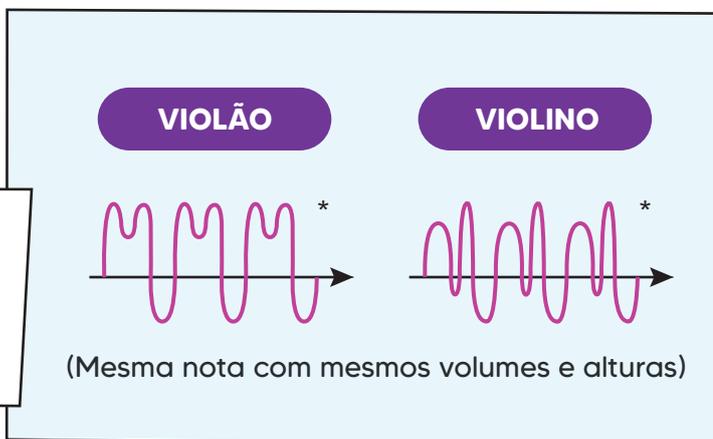
OBS: QUANTO MAIOR A
FREQUÊNCIA, MAIOR TAMBÉM
É A ENERGIA DESSA ONDA)



Timbre

ESTÁ ASSOCIADO A
FONTE QUE EMITE ESSE
SOM

A PARTIR DO TIMBRE
PODEMOS DIFERENCIAR
UMA MESMA NOTA
MUSICAL EMITIDA POR
FONTES DIFERENTES.



*Representações fictícias das ondas

01. Complete as sentenças a seguir com um dos termos que estão entre os colchetes.

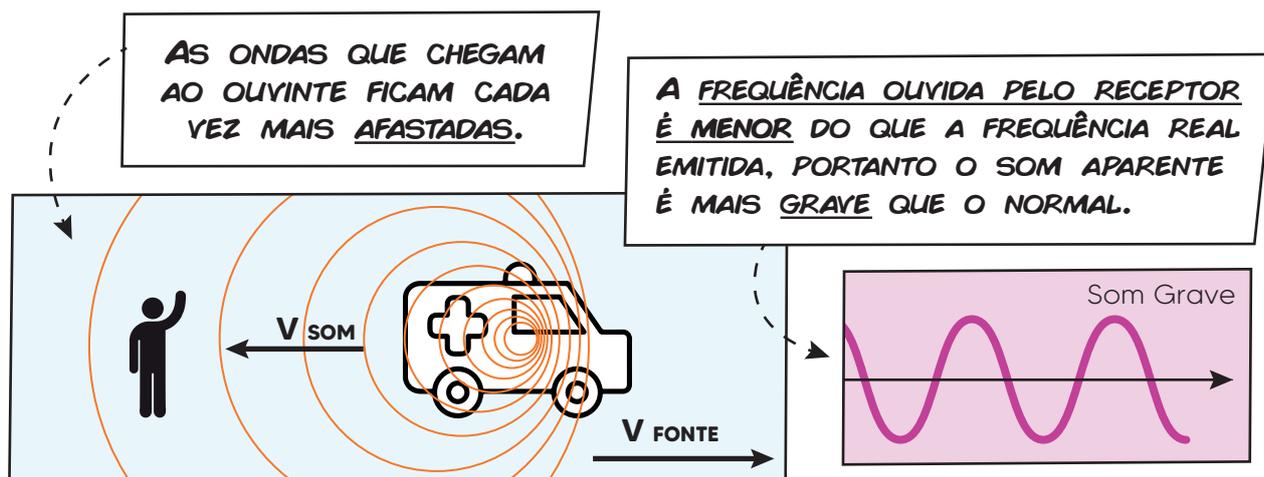
- a) O som é uma onda [**longitudinal / transversal**] e isso explica o motivo pelo qual ela não pode ser polarizada.
- b) O som se movimenta com velocidade [**menor / maior**] em meio líquidos em comparação a meios gasosos.
- c) Quanto menor a temperatura do ambiente, [**menor / maior**] será a velocidade do som naquele meio.
- d) A altura de um som está ligada a sua [**amplitude / frequência**].
- e) Quanto maior a amplitude de uma onda, maior é a sua [**frequência / energia**].
- f) Um som alto é conhecido também por ser um som [**agudo / grave**], que acontece quando ele possui uma [**alta / baixa**] frequência.
- g) A capacidade de diferenciar a mesma nota musical vindo de instrumentos diferentes é explicado pelos seus diferentes [**polos / timbres**].
- h) Duas ondas com mesma amplitude e diferentes frequências possuem níveis de energia diferentes. O som de maior frequência é [**mais / menos**] energético.
- i) Quando duas ondas sofrem interferência entre si, haverá uma alteração em suas [**intensidades / alturas**].

- 01. a) longitudinal** (Ele vibra no mesmo sentido que se propaga)
b) maior (As moléculas mais próximas facilitam a passagem do pulso)
c) menor (menor temperatura = menor velocidade)
d) frequência (Altura: frequência)
e) energia (Maior Amplitude = Maior energia)
f) agudo; alta (Som alto = Alta frequência = Som Agudo)
g) timbres
h) mais (Maior frequência = ondas mais concentradas = mais energia)
i) intensidades (Na interferência acontece mudança de amplitude)

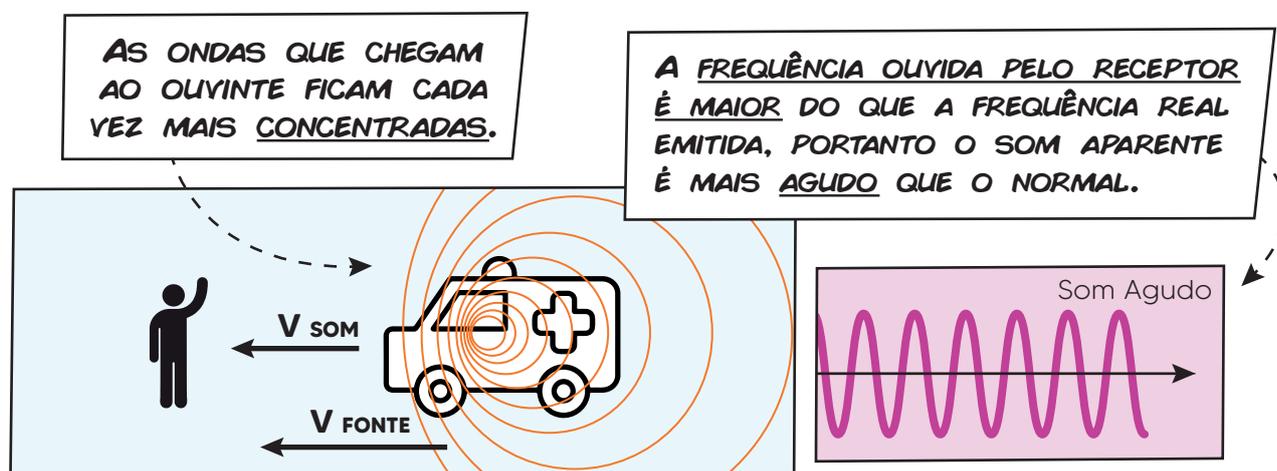
Efeito Doppler

QUANDO UMA FONTE SONORA ESTÁ EM MOVIMENTO EM RELAÇÃO AO OUVINTE, A FREQUÊNCIA OUVIDA PELO RECEPTOR É DIFERENTE DAQUELA FREQUÊNCIA REAL EMITIDA, A DISTORÇÃO DESSE SOM É EXPLICADA PELO EFEITO DOPPLER.

Afastamento entre o emissor e o ouvinte.



Aproximação entre o emissor e o ouvinte.



VEJA A FÓRMULA GERAL:

$$f(\text{aparente}) = f(\text{real}) \left(\frac{V_{\text{som}} \pm V_{\text{ouvinte}}}{V_{\text{som}} \pm V_{\text{fonte}}} \right)$$

FREQUÊNCIA OUVIDA
PELO RECEPTOR

f: frequência [Hz]
V: Velocidade [m/s]

Que sinais usar?

1. Comece a questão fazendo um **desenho** do problema.



2. Em seguida, **acrescente os vetores das velocidades** do ouvinte, da fonte e do som.



3. O som se propaga para todas as direções, mas só será importante a **onda que vai em direção ao ouvinte**



4. Primeiro analise os vetores das velocidades do **som** e do **ouvinte**, localizados no **numerador** da fração.

$$f(\text{ap}) = f(\text{real}) \left(\frac{V_{\text{som}} \pm V_{\text{ouvinte}}}{V_{\text{som}} \pm V_{\text{fonte}}} \right)$$

5.



Se os vetores estiverem em sentidos **contrários**, use o sinal **positivo**.



Se os vetores estiverem em sentidos **iguais**, use o sinal **negativo**.

7.

6. E por último compare os **vetores das velocidades do som e da fonte** localizados no denominador da fração. A regra será a mesma!

$$f(\text{ap}) = f(\text{real}) \left(\frac{V_{\text{som}} \pm V_{\text{ouvinte}}}{V_{\text{som}} \pm V_{\text{fonte}}} \right)$$

8. Nesse exemplo (2) teremos **negativo no numerador e positivo no denominador**.



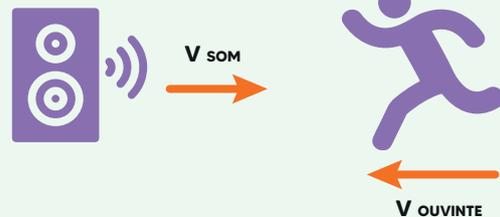
f_{AP} : Frequência Aparente f_{RE} : Frequência Real V_S : Velocidade do Som = 340 m/s V_O : Velocidade do Ouvinte V_F : Velocidade da Fonte

01. (Respondido) Um caixa do som emite uma frequência de 500 Hz. Determine a frequência ouvida por um corredor que se aproxima dessa caixa com uma velocidade constante de 2 m/s.

RESOLUÇÃO

Veja a representação do problema e seus vetores:

No numerador: Os vetores das velocidades do som e ouvinte são opostos, use o sinal positivo.



No denominador: A caixa de som não está em movimento. ($V_F = 0$)

Use a fórmula

$$f_{AP} = f_{RE} \left(\frac{V_S + V_O}{V_S} \right)$$

$$f_{AP} = 500 \left(\frac{340 + 2}{340} \right)$$

$$f_{AP} = 500 (1,00588)$$

$$f_{AP} = 502,94 \text{ Hz}$$

Houve aproximação, logo, a frequência ouvida é maior do que a frequência real.
(Som mais agudo)

02. Um caixa do som emite uma frequência de 800 Hz. Determine:

- A frequência ouvida por um corredor que se aproxima dessa caixa com velocidade constante de 3 m/s.
- A frequência ouvida por um corredor que se afasta dessa caixa com velocidade constante de 3 m/s.

03. (Respondido) Uma ambulância viajando a 30 m/s passa por um pedestre que está parado em uma calçada. A sua sirene fica ligada durante todo o percurso e emite um som de frequência igual a 100 Hz. Determine:

- a) A frequência ouvida pelo pedestre quando ela está se aproximando
- b) A frequência ouvida pelo pedestre quando ela está se afastando

RESOLUÇÃO

a) Veja a representação do problema e seus vetores:

No numerador: O pedestre está parado ($V_o = 0$)

No denominador: Os vetores das velocidades do som e fonte estão no mesmo sentido, use o sinal negativo.

Use a fórmula

$$f_{AP} = f_{RE} \left(\frac{V_S}{V_S - V_F} \right)$$

$$f_{AP} = 100 \left(\frac{340}{340 - 30} \right)$$

$$f_{AP} = 100 (1,09677)$$

$$f_{AP} = 109,68 \text{ Hz}$$

Houve aproximação, logo, a frequência ouvida é maior do que a frequência real.
(Som mais agudo)

b) Veja a representação do problema e seus vetores:

No numerador: O pedestre está parado ($V_o = 0$)

No denominador: Os vetores das velocidades do som e fonte estão contrários, use o sinal positivo.

Use a fórmula

$$f_{AP} = f_{RE} \left(\frac{V_S}{V_S + V_F} \right)$$

$$f_{AP} = 100 \left(\frac{340}{340 + 30} \right)$$

$$f_{AP} = 100 (0,91892)$$

$$f_{AP} = 91,89 \text{ Hz}$$

Houve afastamento, logo, a frequência ouvida é menor do que a frequência real.
(Som mais grave)

04. Uma ambulância viajando a 25 m/s passa por um pedestre que está parado em uma calçada. A sua sirene fica ligada durante todo o percurso e emite um som de frequência igual a 300 Hz. Determine:

- a) A frequência ouvida pelo pedestre quando ela está se aproximando
- b) A frequência ouvida pelo pedestre quando ela está se afastando

05. (Respondido) Um carro de som em movimento emite uma frequência de 800 Hz, nessa mesma avenida há um ciclista que vai no sentido contrário ao do carro. (Todas as velocidades estão representadas no desenho ao lado)



Qual é a frequência ouvida pelo ciclista?

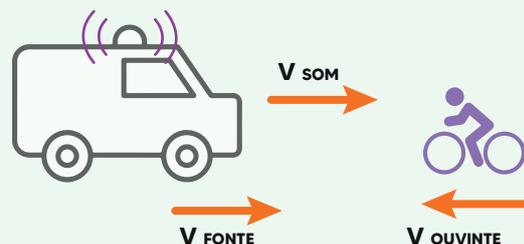
RESOLUÇÃO

Veja a representação do problema e seus vetores:

No numerador: Os vetores das velocidades do som e ouvinte (ciclista) estão em sentidos contrários, use o sinal positivo.



No denominador: Os vetores das velocidades do som e fonte estão no mesmo sentido, use o sinal negativo.



Use a fórmula

$$f_{AP} = f_{RE} \left(\frac{V_S + V_O}{V_S - V_F} \right)$$

$$f_{AP} = 800 \left(\frac{340 + 20}{340 - 30} \right)$$

$$f_{AP} = 800 (1,16129)$$

$$f_{AP} = 929,03 \text{ Hz}$$

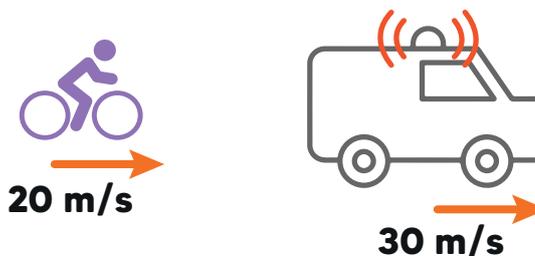
Houve aproximação, logo, a frequência ouvida é maior do que a frequência real.
(Som mais agudo)

Determine a frequência ouvida pelo ciclista nos exemplos de 6 a 8.

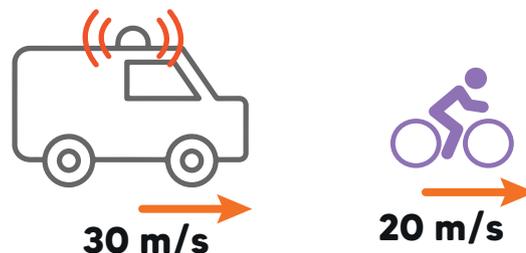
06. Um carro de som em movimento emite uma frequência de 800 Hz, nessa mesma avenida há um ciclista que vai no sentido contrário ao do carro. (Todas as velocidades estão representadas no desenho ao lado)



07. Um carro de som em movimento emite uma frequência de 800 Hz, nessa mesma avenida há um ciclista que vai no sentido contrário ao do carro. (Todas as velocidades estão representadas no desenho ao lado)



08. Um carro de som em movimento emite uma frequência de 800 Hz, nessa mesma avenida há um ciclista que vai no sentido contrário ao do carro. (Todas as velocidades estão representadas no desenho ao lado)



RESPOSTAS

02. a) 807,06 Hz b) 792,94 Hz **04.** a) 323,81 Hz ; b) 279,45 Hz

06. $f = 691,89 \text{ Hz}$ $\frac{-}{+}$
afasta

07. $f = 778,38 \text{ Hz}$ $\frac{+}{+}$
afasta

08. $f = 825 \text{ Hz}$ $\frac{-}{-}$
aproxima

Tubos Sonoros

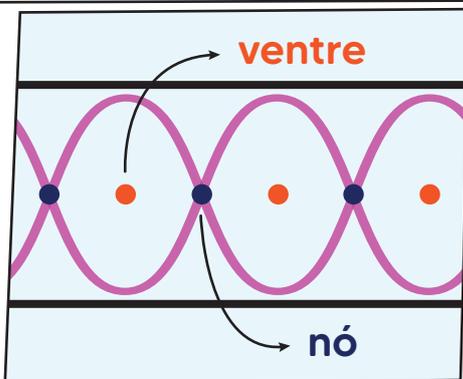
A FLAUTA É UM ÓTIMO EXEMPLO DE TUBO SONORO, DA MESMA FORMA QUE UM PULSO PODE SE PROPAGAR POR UMA CORDA, ELE TAMBÉM TEM O PODER DE VIBRAR O AR CONTIDO DENTRO DE UM TUBO, CRIANDO CERTOS PADRÕES ONDULATÓRIOS

Tubos Abertos

1. O PULSO EMITIDO EM UMA DAS EXTREMIDADES COMEÇARÁ A SOFRER REFLEXÃO NO FINAL DO TUBO E GERANDO INTERFERÊNCIA CONSIGO MESMO.

ESSE EFEITO SERÁ RESPONSÁVEL POR UM PADRÃO DE INTERFERÊNCIAS CONSTRUTIVAS E DESTRUTIVAS.

2. TEMOS ASSIM, UMA SEQUÊNCIA DE NÓS E VENTRES (PONTOS DE INTERFERÊNCIAS DESTRUTIVAS E CONSTRUTIVAS RESPECTIVAMENTE)

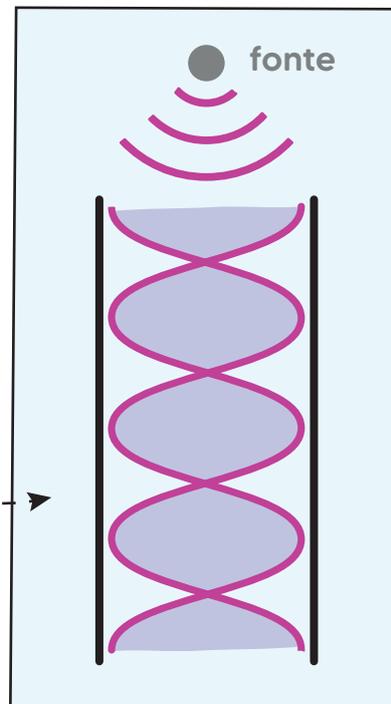


4. USE A FÓRMULA ABAIXO PARA CALCULAR A FREQUÊNCIA EM CADA UM DESSES HARMÔNICOS:

$$f = N \frac{V}{2L}$$

[Hertz - Hz]

N: Número do Harmônico [1, 2, 3...]
V: Velocidade do Som [m/s]
L: Comprimento do Tubo [m]

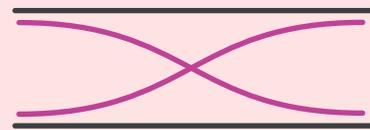


www.marci azulay exatas.com

3. NO CASO DOS TUBOS ABERTOS, SEMPRE TEREMOS UM VENTRE EM CADA EXTREMIDADE,

DESSA FORMA, EXISTEM DIVERSOS PADRÕES QUE PODEM SER FORMADOS, CHAMADOS DE HARMÔNICOS

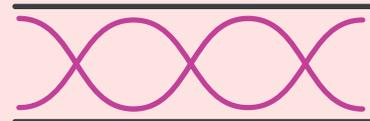
Primeiro Harmônico
n = 1



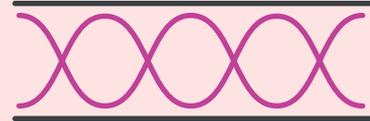
Segundo Harmônico
n = 2



Terceiro Harmônico
n = 3



Quarto Harmônico
n = 4

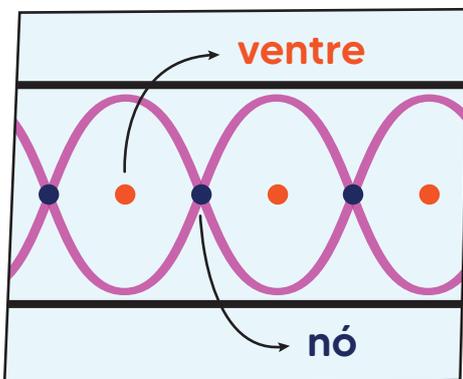


Tubos Fechados

1. FECHADO EM SOMENTE UMA DAS EXTREMIDADES, OK?

O PADRÃO DE INTERFERÊNCIAS SERÁ BASICAMENTE O MESMO

2. A ÚNICA DIFERENÇA É QUE NA EXTREMIDADE FECHADA, O PONTO DE INTERFERÊNCIA SERÁ SEMPRE UM NÓ



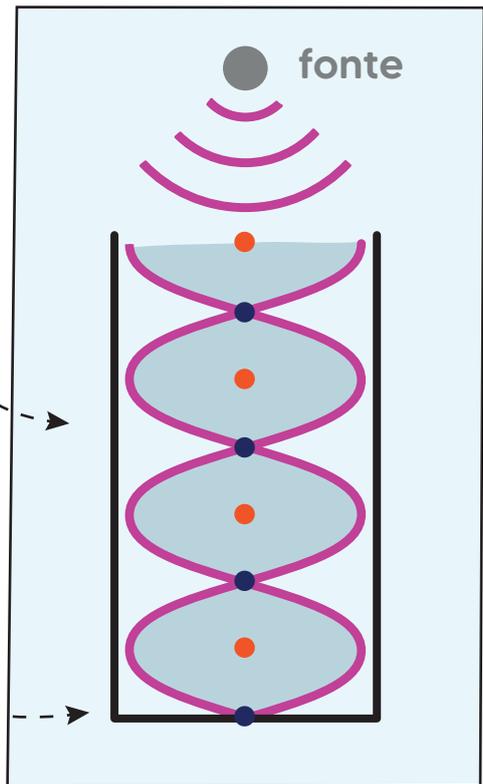
3. E ISSO AFETA TAMBÉM NA APARÊNCIA DOS HARMÔNICOS

4. A FÓRMULA USADA SERÁ BEM PARECIDA COM A DE TUBOS ABERTOS, MAS COM O "4" NO DENOMINADOR!

$$f = N \frac{V}{4L} \quad [\text{Hz}]$$

N: Número do Harmônico [1, 3, 5...]
V: Velocidade do Som [m/s]
L: Comprimento do Tubo [m]

5. E O NÚMERO DO HARMÔNICO SÓ ACEITARÁ VALORES ÍMPARES!



www.marciouzulayexatas.com

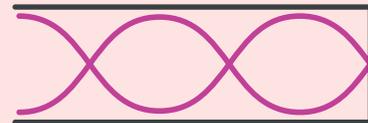
Primeiro Harmônico
 $n = 1$



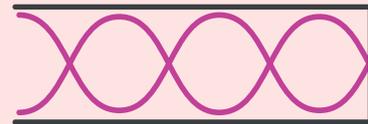
Segundo Harmônico
 $n = 3$



Terceiro Harmônico
 $n = 5$

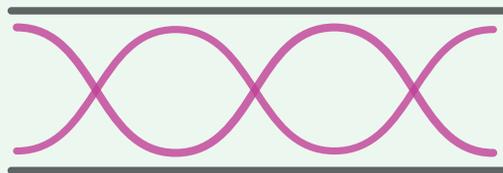


Quarto Harmônico
 $n = 7$



Adote: $V_{\text{SOM}} = 330 \text{ m/s}$

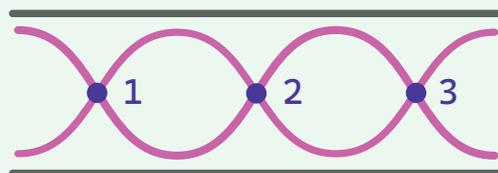
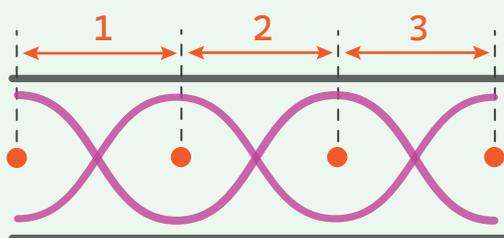
01. (Respondido) A figura mostra uma onda estacionária* em um tubo de 6 m comprimento, aberto em ambas as extremidades. Determine:



- O número do harmônico
- A frequência emitida

RESOLUÇÃO

a) O número do harmônico, para os tubos abertos, pode ser facilmente encontrado pela contagem do número de espaços entre dois ventres consecutivos (ou pelo número de nós):



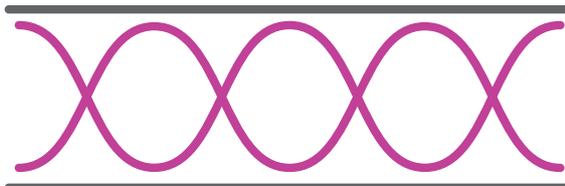
$n = 3$

b) Use a fórmula da frequência:

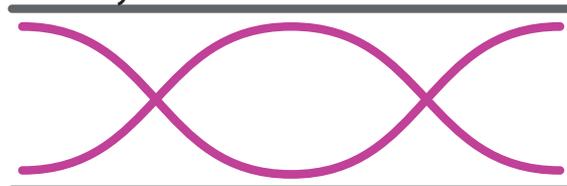
$$f = N \frac{V}{2L} = (3) \frac{330}{2(6)} = 82,5 \text{ Hz}$$

02. As figuras mostram ondas estacionárias em um tubo com 3 m de comprimento, aberto em ambas as extremidades. Determine para os dois casos:

Tubo x

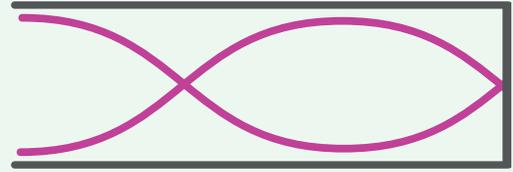


Tubo y



- O número do harmônico
- A frequência emitida

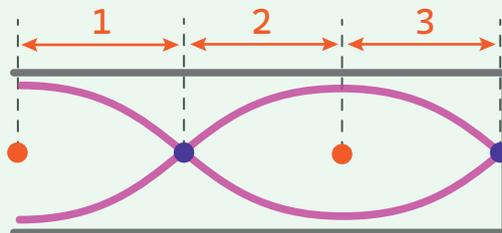
03. (Respondido) A figura mostra uma onda estacionária em um tubo com 6 m comprimento, fechado em uma das extremidades. Determine:



- a) O número do harmônico
- b) A frequência emitida

RESOLUÇÃO

a) O número do harmônico, para os tubos fechados, pode ser facilmente encontrado pela contagem do número de espaços entre nós e ventres:



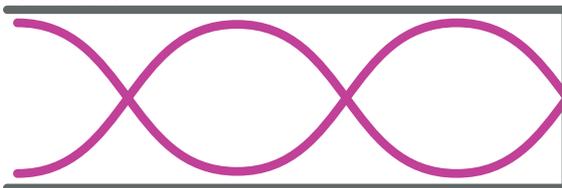
$n = 3$ Nos tubos fechados, esse número sempre será ímpar.

b) Use a fórmula da frequência:

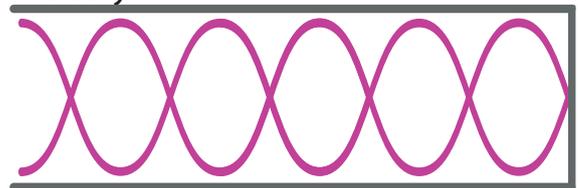
$$f = N \frac{V}{4L} = (3) \frac{330}{4(6)} = 41,25 \text{ Hz}$$

04. As figuras mostram ondas estacionárias em um tubo com 3 m de comprimento, aberto em ambas as extremidades. Determine para os dois casos:

Tubo x



Tubo y



- a) O número do harmônico
- b) A frequência emitida

05. (Respondido) Um tubo sonoro aberto está no ar e emite um som fundamental de frequência 110Hz. Determine a frequência ouvida no harmônico seguinte.

RESOLUÇÃO

O que é som fundamental?

É o som emitido no primeiro harmônico: $n = 1$

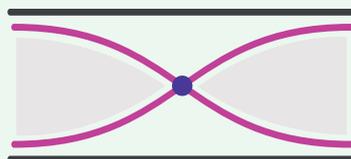
Use a fórmula da frequência para achar o comprimento do tubo:

$$f = N \frac{V}{2L}$$

$$110 = (1) \frac{330}{2L}$$

$$2L = 3$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

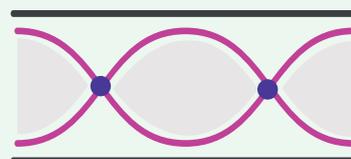


Use novamente a fórmula da frequência com o comprimento achado, o harmônico seguinte é o de número 2:

$$f = N \frac{V}{2L}$$

$$f = (2) \frac{330}{2(1,5)}$$

$$f = 220 \text{ Hz}$$



06. Um tubo sonoro aberto está no ar e emite um som fundamental de frequência 150 Hz. Determine a frequência ouvida no harmônico seguinte.

07. Um tubo sonoro fechado está no ar e emite um som fundamental de frequência 15 Hz. Determine a frequência ouvida no harmônico seguinte.

08. Um tubo sonoro fechado está no ar e emite um som frequência 66 Hz no harmônico de número 11. Determine a frequência ouvida no harmônico seguinte.

09. (Respondido) Um tubo sonoro aberto com 90 cm de comprimento está no ar e emite um som de frequência 550 Hz. Determine a frequência ouvida no harmônico seguinte.

RESOLUÇÃO

Use a fórmula da frequência para achar o harmônico correspondente:

$$f = N \frac{V}{2L}$$
$$550 = N \frac{330}{2(0,9)}$$
$$N = 3$$

O próximo harmônico é o 4. Use a fórmula da frequência:

$$f = N \frac{V}{2L}$$
$$f = (4) \frac{330}{2(0,9)}$$
$$f = 733,33 \text{ Hz}$$

10. Um tubo sonoro aberto com 1 m de comprimento está no ar e emite um som de frequência 1485 Hz. Determine a frequência ouvida no harmônico seguinte.

11. Um tubo sonoro fechado com 15 cm de comprimento está no ar e emite um som de frequência 8250 Hz. Determine a frequência ouvida no harmônico seguinte.

12. Em um tubo sonoro fechado de comprimento igual a 1,8 m, forma-se um harmônico de frequência igual a 412,5 Hz. Qual é o harmônico formado nesse tubo?

RESPOSTAS

02. a) $N_x = 4$; $N_y = 2$ b) $f_x = 220 \text{ Hz}$; $f_y = 110 \text{ Hz}$

04. a) $N_x = 5$; $N_y = 11$ b) $f_x = 137,5 \text{ Hz}$; $f_y = 302,5 \text{ Hz}$

06. $L = 1,1 \text{ m}$; $f = 300 \text{ Hz}$ Dica: Tubo Aberto: o próximo harmônico é 2

07. $L = 5,5 \text{ m}$; $f = 45 \text{ Hz}$ Dica: Tubo Fechado: o próximo harmônico é 3

08. $L = 13,75 \text{ m}$; $f = 78 \text{ Hz}$ Dica: Tubo Fechado: o próximo harmônico é 13

10. $f = 1650 \text{ Hz}$ Dica: Tubo Aberto: O harmônico seguinte ao "9" é "10"

11. $f = 9350 \text{ Hz}$ Dica: Tubo Fechado: O harmônico seguinte ao "15" é "17"

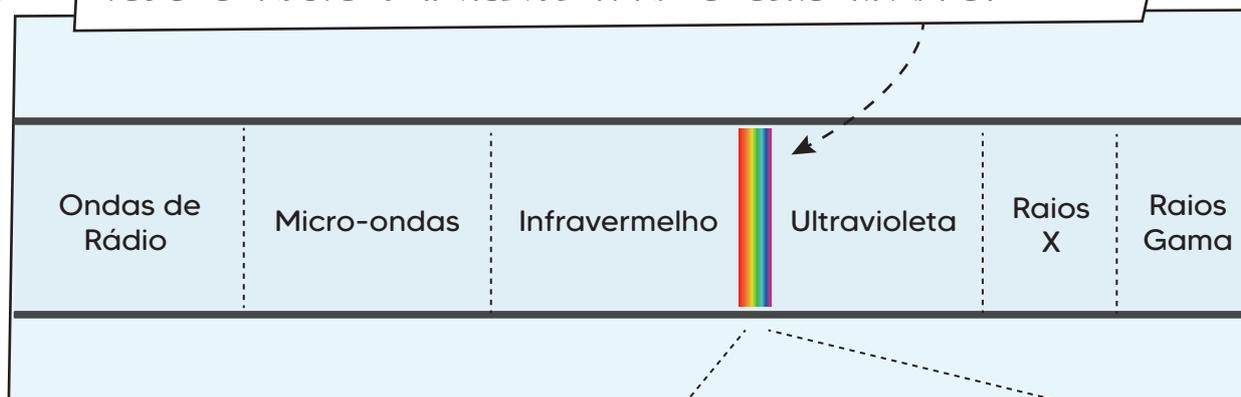
12. $n = 9$

LUZ

! Veja o poster:
Espectro Eletromagnético

Márci
Azulay
exatas

1. DE TODO O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO, SOMENTE UMA PEQUENA PARCELA É CORRESPONDENTE A LUZ VISÍVEL, TODO O RESTO É INVISÍVEL PARA O OLHO HUMANO.

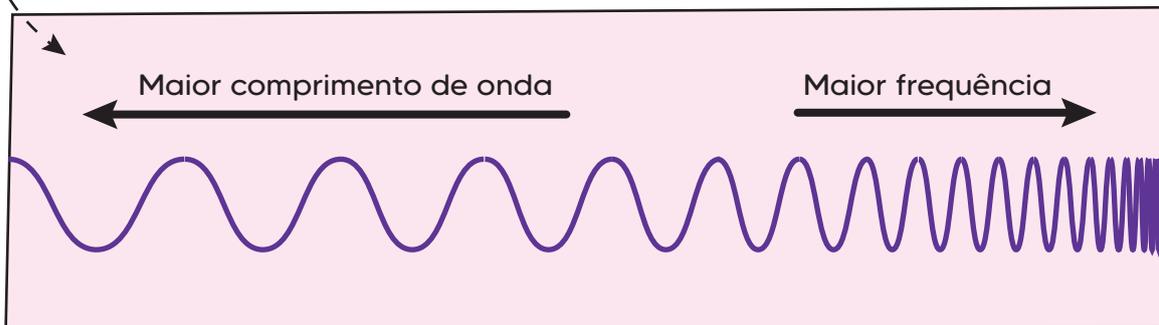


2. NESSA ORDEM TEMOS:
VERMELHO, LARANJA, AMARELO,
VERDE, AZUL, ANIL E VIOLETA.



3. A FREQUÊNCIA AUMENTA DA ESQUERDA PARA A DIREITA, O COMPRIMENTO DE ONDA CRESCE NO OUTRO SENTIDO POIS SÃO GRANDEZAS INVERSAMENTE PROPORCIONAIS.

DESSA FORMA, O VIOLETA POSSUI A MAIOR FREQUÊNCIA DE TODAS, PORÉM, O MENOR COMPRIMENTO DE ONDA.



Velocidade da Luz

A LUZ COMO QUALQUER OUTRA ONDA ELETROMAGNÉTICA POSSUI A VELOCIDADE LIMITE DO UNIVERSO.

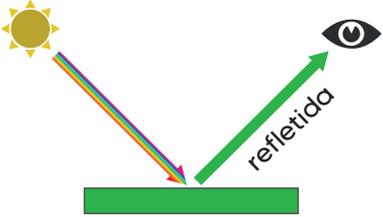
$$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Cor de um objeto

A LUZ DO SOL É BRANCA, QUE É A UNIÃO DE TODAS AS CORES.

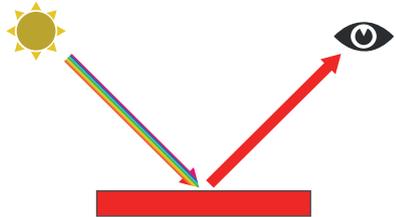
A COR DE UM OBJETO DEPENDE DA FREQUÊNCIA ESPECÍFICA QUE ELE NÃO CONSEGUE ABSORVER QUANDO É ILUMINADA POR ELE.

1



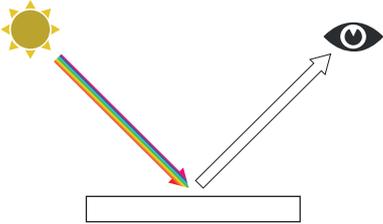
SE A LUZ INCIDIR SOBRE UM CORPO COM PIGMENTO VERDE, ELE CONSEGUIRÁ ABSORVER TODAS AS FREQUÊNCIAS, MENOS A DA LUZ VERDE, QUE É REFLETIDA

2



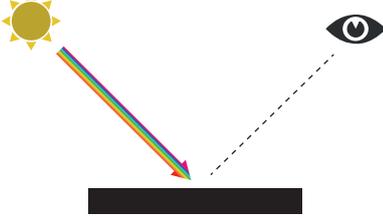
O MESMO ACONTECE COM UM CORPO VERMELHO, ELE ABSORVE TODAS AS CORES, MENOS A LUZ VERMELHA.

3



UM CORPO PARECE SER BRANCO POIS ELE REFLETE TODAS AS CORES SEM ABSORVER NENHUMA DAS FREQUÊNCIAS VISÍVEIS.

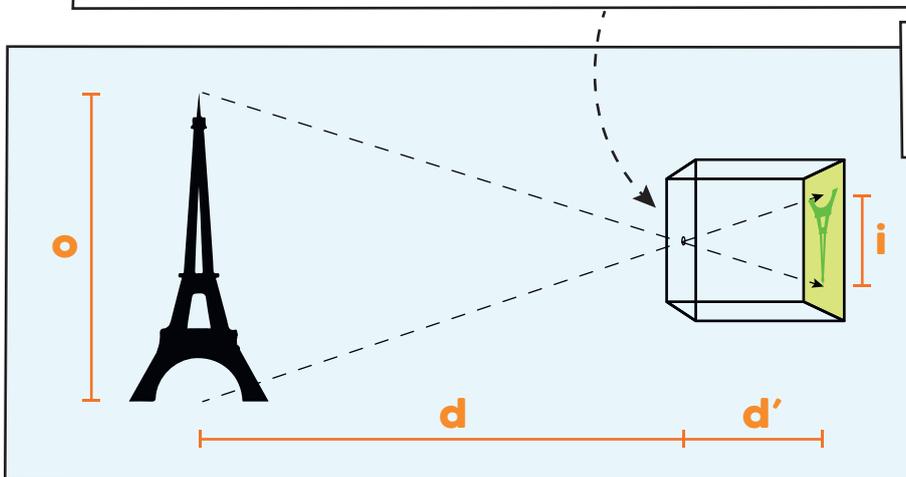
4



E UM CORPO É PRETO QUANDO ELE ABSORVE TODAS AS CORES E NÃO REFLETE NENHUMA.

Câmara Escura

USADO COMO MECANISMO BÁSICO DAS PRIMEIRAS CÂMERAS FOTOGRÁFICAS. É COMPOSTO POR UMA CAIXA FECHADA COM UM ORIFÍCIO PARA A ENTRADA DE LUZ EM UMA DAS FACES E UM FILME SENSIVEL A LUZ NA FACE OPOSTA.



É FEITA UMA SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS COM TODAS AS MEDIDAS FORMADAS:

$$\frac{i}{o} = \frac{d'}{d}$$

d e **d'**: Distâncias entre o objeto e a imagem até o orifício [m]

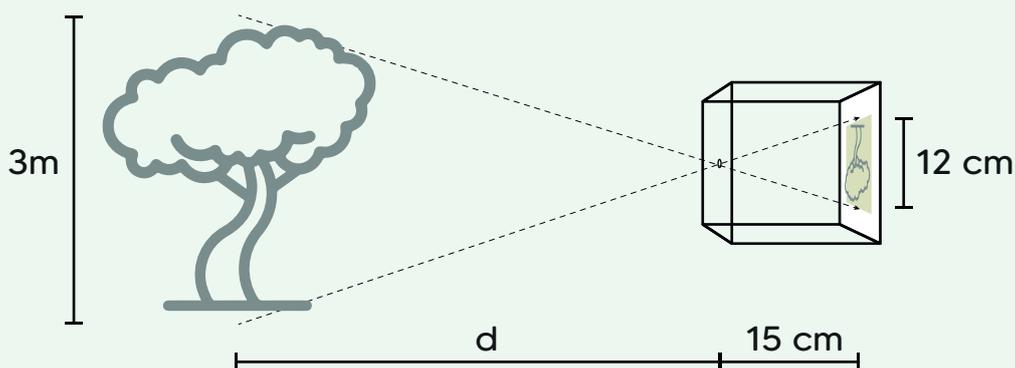
o e **i**: Alturas ou comprimentos do objeto e da imagem [m]

OBS: A LUZ QUE PASSA PELO ORIFÍCIO FAZ UMA MARCAÇÃO NO FILME, PERCEBA QUE A IMAGEM FORMADA FICA INVERTIDA

01. Julgue as afirmações a seguir como falso ou verdadeiro

- a) A luz visível pertence ao espectro eletromagnético.
- b) O infravermelho é uma onda invisível ao olho humano e a sua frequência é maior do que a luz vermelha.
- c) Quanto maior for a frequência de uma onda, menor será o seu comprimento de onda.
- d) A cor de um objeto é definida pelo tipo de frequência emitida por ele.
- e) A frequência da luz azul é maior do que a da luz vermelha
- f) A luz não pode ser polarizada
- g) Os raios X se propagam com velocidade superior a da luz visível.

02. (Respondido) Um garoto constrói uma câmera fotográfica rudimentar utilizando somente uma caixa de papelão em formato cúbico com 15 cm de aresta e uma película fotossensível quadrada de 12 cm de aresta.



Ele deseja usar a câmera para fotografar uma árvore em seu quintal que possui 3 metros de altura; determine a distância entre a câmera e a árvore para que a imagem formada ocupe totalmente a altura da película

RESOLUÇÃO

Transforme todas as distâncias para a mesma unidade:

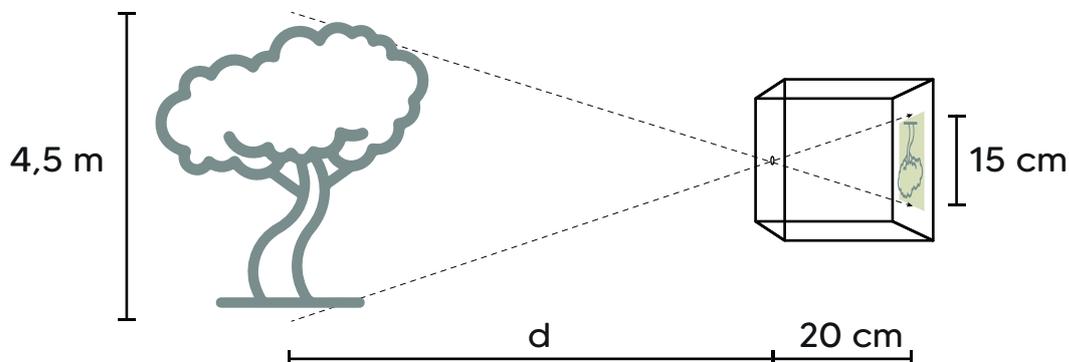
$$12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$$

$$15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

Use a relação métrica:

$$\frac{i}{o} = \frac{d'}{d} \rightarrow \frac{0,12}{3} = \frac{0,15}{d} \rightarrow d = 3,75 \text{ m}$$

03. Um garoto constrói uma câmera fotográfica rudimentar utilizando somente uma caixa de papelão em formato cúbico com 20 cm de aresta e uma película fotossensível quadrada de 15 cm de aresta.



Ele deseja usar a câmera para fotografar uma árvore em seu quintal que possui 4,5 metros de altura; determine a distância entre a câmera e a árvore para que a imagem formada ocupe totalmente a altura da película

RESPOSTAS

01.

a) Verdadeiro

b) Falso Ela é invisível, mas a frequência é menor

c) Verdadeiro Frequência e comprimento de onda são grandezas inversas

d) Falso Um objeto não emite luz, a cor dele é definida pela frequência refletida por ele quando iluminado por uma fonte luminosa primária.

e) Verdadeiro

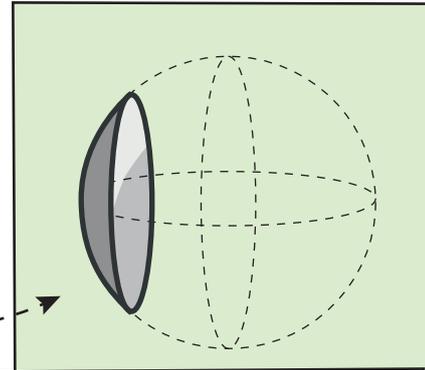
f) Falso Todas as ondas eletromagnéticas são transversais e podem ser polarizadas

g) Falso Todas as ondas eletromagnéticas se propagam na mesma velocidade

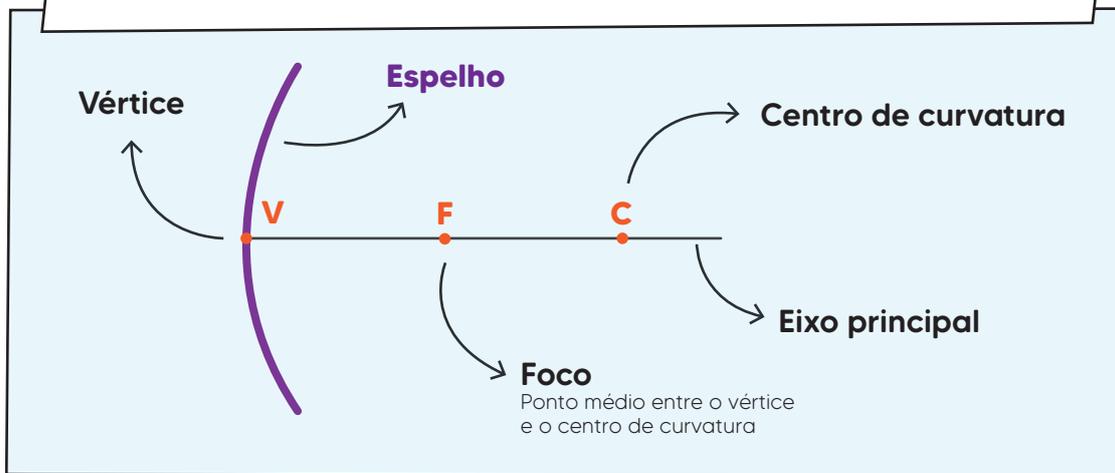
03. $d = 6 \text{ m}$

Espelhos Esféricos

1. DEFINIMOS UM ESPELHO ESFÉRICO A PARTIR DE UMA SEÇÃO EM UMA CASCA ESFÉRICA ESPELHADA E REFLETORA.

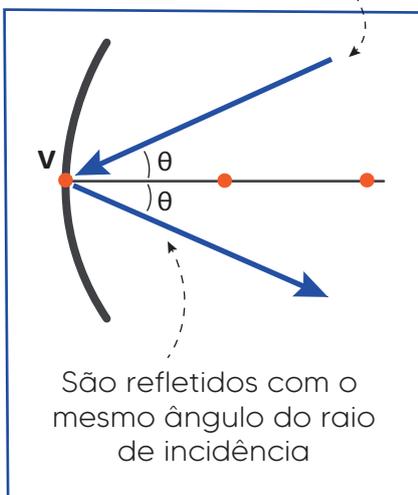


2. ANALISE COM CALMA OS ELEMENTOS DESSE ESPELHO:

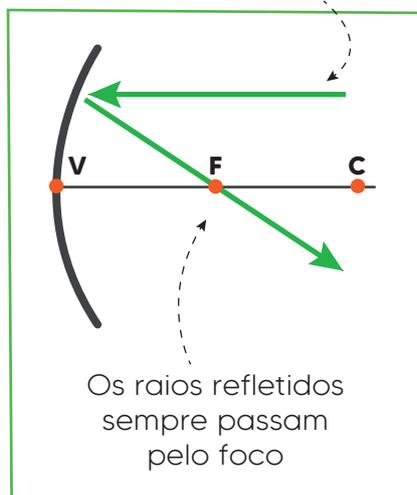


3. TEMOS 3 REGRAS BÁSICAS DE REFLEXÃO NOS ESPELHOS ESFÉRICOS, SENDO ELAS:

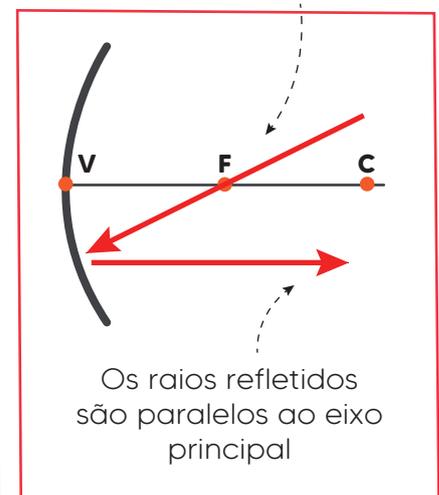
RAIOS EM DIREÇÃO AO VÉRTICE



RAIOS PARALELOS AO EIXO PRINCIPAL



RAIOS QUE PASSAM PELO FOCO



Casos idênticos e opostos.

NO TOTAL, SÃO 6 CASOS DE ESPELHOS ESFÉRICOS: 5 PARA CÔNCAVOS E SOMENTE 1 PARA O CONVEXO.

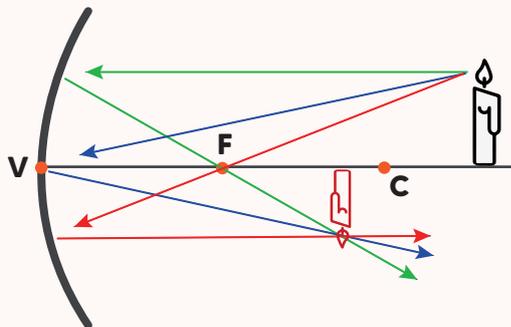


Objeto



Imagem

1) OBJETO ALÉM DO CENTRO DE CURVATURA (CÔNCAVO)

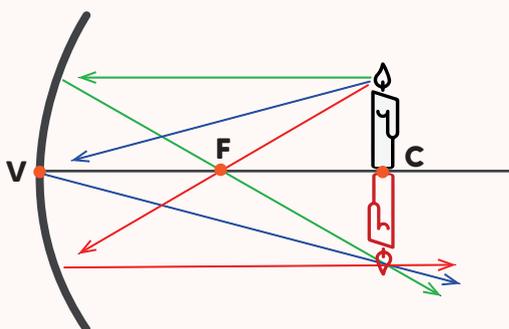


A imagem formada foi menor e invertida em relação ao objeto, a sua localização foi entre o centro de curvatura e o foco.

Como a imagem é formada diretamente por raios refletidos e do mesmo lado do espelho, ela é chamada de imagem real.

MENOR • INVERTIDA • REAL

2) OBJETO SOBRE O CENTRO DE CURVATURA (CÔNCAVO)

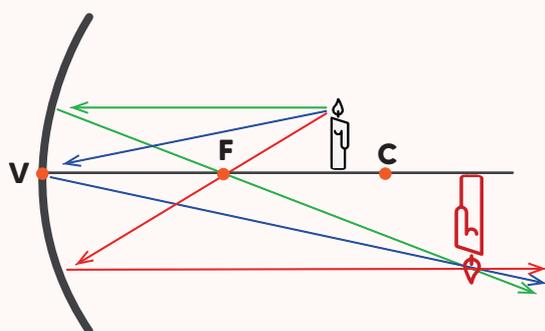


A imagem formada possui o mesmo tamanho e é invertida em relação ao objeto, a sua localização foi no próprio centro de curvatura.

Como a imagem é formada diretamente por raios refletidos, ela é real.

IGUAL • INVERTIDA • REAL

3) OBJETO ENTRE O CENTRO E O FOCO (CÔNCAVO)



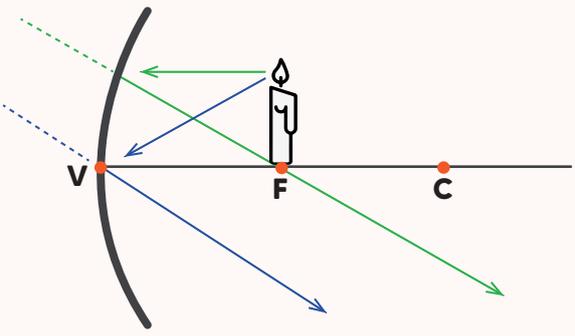
A imagem formada é maior e invertida em relação ao objeto, a sua localização foi além do centro de curvatura.

Como a imagem é formada diretamente por raios refletidos, ela é real.

Perceba que os casos 1 e 3 são inversos.

MAIOR • INVERTIDA • REAL

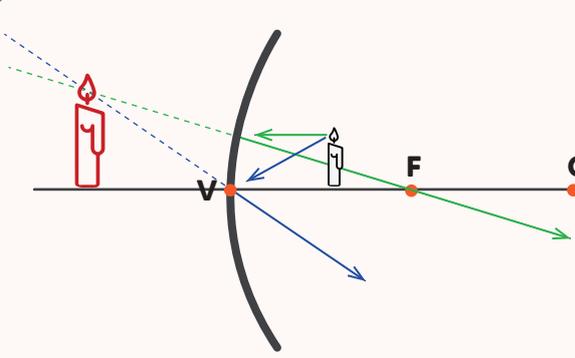
4) OBJETO SOBRE O FOCO (CÔNCAVO)



Os raios refletidos e os seus prolongamentos são paralelos, ou seja, a imagem só será formada no infinito

IMAGEM IMPRÓPRIA

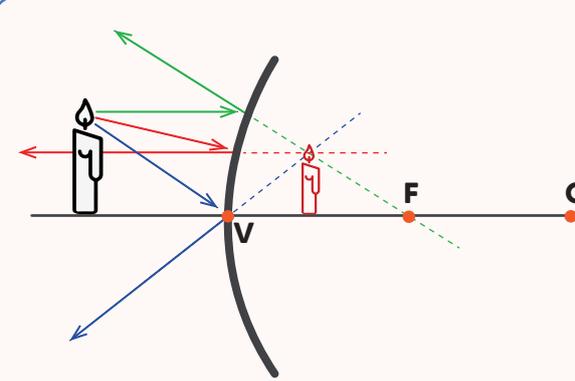
5) OBJETO ENTRE O FOCO E O VÉRTICE (CÔNCAVO)



A imagem é formada além do espelho pelos prolongamentos dos raios refletidos, quando isso acontece, dizemos que a imagem é virtual.

MAIOR • DIREITA • VIRTUAL

6) OBJETO ALÉM DO VÉRTICE (CONVEXO)



Pode ser visto como o inverso do caso 5 a imagem será formada pelos prolongamentos dos raios refletidos, logo também será uma imagem virtual.

MENOR • DIREITA • VIRTUAL

PERCEBA QUE A IMAGEM É SEMPRE VIRTUAL E DIREITA AO MESMO TEMPO

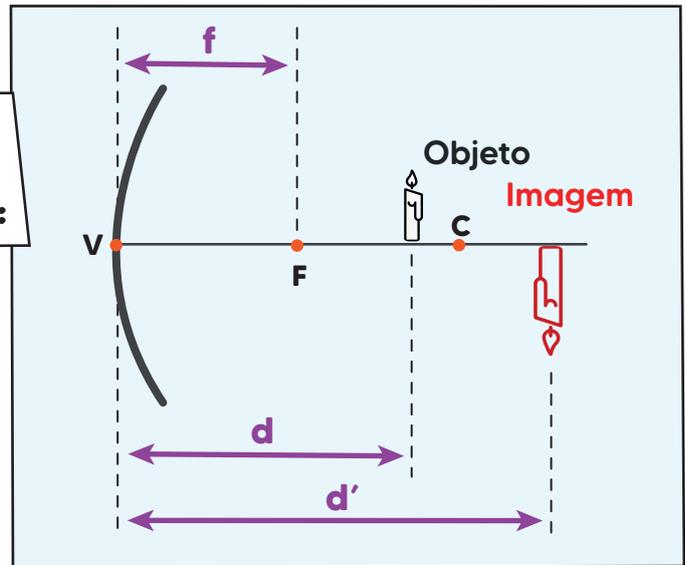
OU INVERTIDA E REAL SIMULTANEAMENTE



Objeto Imagem

UTILIZAREMOS ESSA FÓRMULA PARA RELACIONAR A DISTÂNCIA FOCAL E AS DISTÂNCIAS D E D':

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

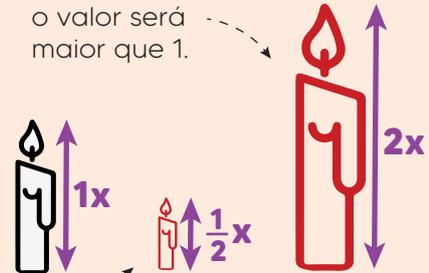


E ESSA OUTRA PARA ACHAR O AUMENTO LINEAR:

$$A = \frac{i}{o} \quad \text{ou} \quad A = \frac{-d'}{d}$$

- d:** Distância entre o objeto o vértice [m]
- d':** Distância entre a imagem o vértice [m]
- f:** Distância focal [m]
- o e i:** Alturas do objeto e imagem [m]

Se houve aumento, o valor será maior que 1.



Para diminuições, o valor será decimal (fracionário)

VAMOS TER QUE INTERPRETAR MUITOS SINAIS NESSE CAPÍTULO, VEJA A TABELA COMPLETA:

Imagem	Distância da Imagem	Ampliação
$i > 0$ $i < 0$  	$d' > 0$ $d' < 0$  	$A > 0$ $A < 0$  
IMAGEM DIREITA IMAGEM INVERTIDA	IMAGEM REAL IMAGEM VIRTUAL Formada do mesmo lado do espelho Formada do outro lado do espelho	IMAGEM DIREITA IMAGEM INVERTIDA

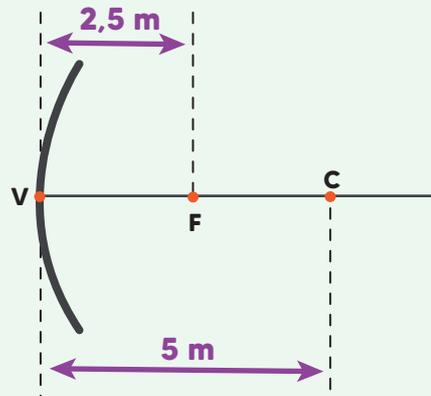
01. (Respondido) Qual é a distância focal de um espelho cujo centro de curvatura mede 5 metros?

RESOLUÇÃO

A distância focal é a metade do centro de curvatura:

$$f = \frac{C}{2}$$

$$f = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ m}$$



02. Qual é a distância focal de um espelho cujo centro de curvatura mede 60 cm?

03. A distância focal de um espelho é de 1,20 m, qual é a medida do vértice até o centro de curvatura?

04. (Respondido) Um espelho esférico possui a distância focal igual a 2 metros, determine as características da imagem formada quando um objeto é posto a:

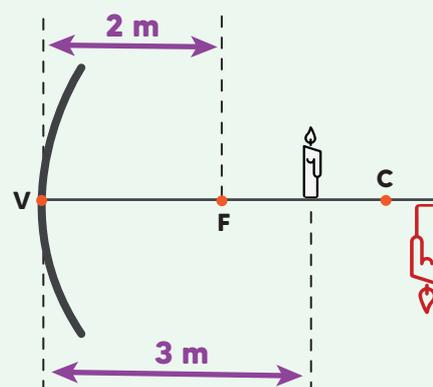
- a) 3 metros de distância do lado côncavo do espelho
- b) 2 metros de distância do lado côncavo do espelho
- c) 1 metro de distância do lado côncavo do espelho

RESOLUÇÃO

a) A distância é de 3 metros, maior que a distância focal, isso significa que o objeto está entre o foco (F) e o centro de curvatura (C)

A imagem será formada além do centro de curvatura e é:

MAIOR • INVERTIDA • REAL

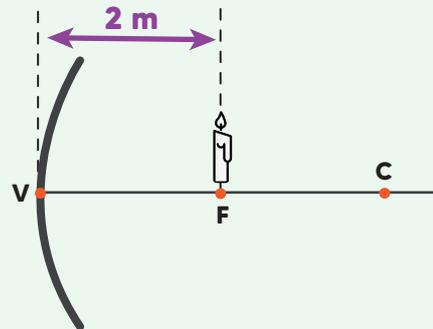


b) A distância é de 2 metros, igual a distância focal, isso significa que o objeto está sobre o foco (F)

A imagem será formada no infinito e é chamada de:

IMAGEM IMPRÓPRIA

Caso 4

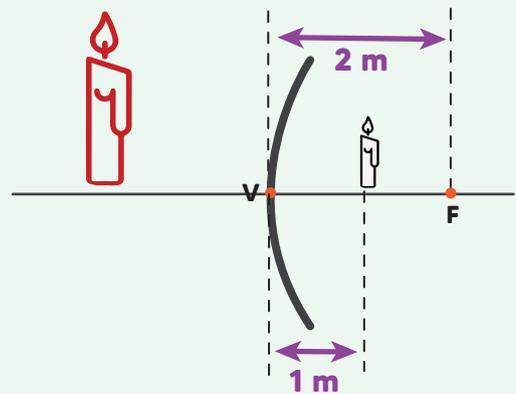


c) A distância é de 1 metro, menor que a distância focal, isso significa que o objeto está entre o foco (F) e o vértice (V)

A imagem será formada além do espelho e é:

MAIOR • DIREITA • VIRTUAL

Caso 5



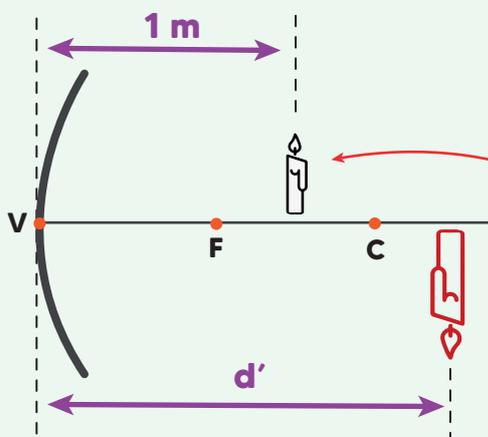
05. Um espelho esférico possui a distância focal igual a 2,5 metros, determine as características da imagem formada quando um objeto é posto a:

- a) 7 metros de distância do lado côncavo do espelho
- b) 3 metros de distância do lado côncavo do espelho
- c) 5 metros de distância do lado côncavo do espelho
- d) 2,5 metro de distância do lado convexo do espelho
- e) 2 metros de distância do lado côncavo do espelho
- f) 2,5 metros de distância do lado côncavo do espelho

06. (Respondido) Um objeto é posto a 1 metro de distância de um espelho esférico e a imagem formada sofreu um aumento de 3 vezes, determine a distância focal desse espelho quando:

- A imagem formada for invertida
- A imagem formada foi direita
- Em qual das duas situações a imagem é virtual?

RESOLUÇÃO



a) Existe somente 1 caso onde a imagem formada será maior (aumento de 3 vezes) e invertida.

O **objeto** deve estar localizado entre o foco (F) e o centro de curvatura (C).

A **imagem** ficará além do centro de curvatura:

Use a fórmula do aumento, lembre-se que para imagens invertidas, o valor do aumento é negativo:

$$A = \frac{-d'}{d} \quad \rightarrow \quad -3 = \frac{-d'}{1} \quad \rightarrow \quad -d' = -3 \quad \rightarrow \quad d' = 3 \text{ m}$$

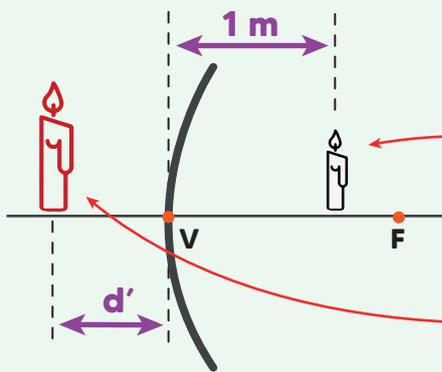
OBS: O valor de d' é positivo, provando que a imagem é real (formada do mesmo lado do espelho)

Substitua as distâncias na fórmula do foco:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{(1)} + \frac{1}{(3)}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{3+1}{3} \quad \rightarrow \quad 4f = 3 \quad \rightarrow \quad f = 0,75 \text{ m}$$



b) Existe somente 1 caso onde a imagem formada será maior (aumento de 3 vezes) e direita.

O **objeto** deve estar localizado entre o foco (F) e o vértice (V).

A **imagem** formada ficará além do espelho (imagem virtual)

Use a fórmula do aumento, lembre-se que para imagens direitas, o valor do aumento é positivo:

$$A = \frac{-d'}{d} \rightarrow 3 = \frac{-d'}{1} \rightarrow d' = -3$$

OBS: O valor de d' é negativo, provando que a imagem é virtual (formada do outro lado do espelho)

Substitua as distâncias na fórmula do foco:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{(1)} + \frac{1}{(-3)}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{-3+1}{-3} \rightarrow -2f = -3 \rightarrow f = 1,5 \text{ m}$$

c) A imagem é virtual na segunda situação, quando $f = 1,5 \text{ m}$

07. Um objeto é posto a 4 metros de distância de um espelho esférico e a imagem formada sofreu um aumento de 2 vezes, determine a distância focal quando:

- a) a imagem formada for invertida
- b) a imagem formada foi direita
- c) Em qual das duas situações a imagem é real?

08. Um objeto é posto a 6 metros de distância de um espelho esférico e a imagem formada sofreu uma diminuição de 3 vezes, determine a distância focal quando:

- a) a imagem formada for direita
- b) a imagem formada foi invertida
- c) Em qual das duas situações a imagem é virtual?

09. (Respondido) Um objeto é posto em frente a um espelho esférico de distância focal igual a 2,1 metros e a imagem formada ficou invertida e com um aumento de 3,5; sabendo que esse objeto possui 30 cm de altura, determine:

- a) O tamanho da imagem
- b) As distâncias do objeto e da imagem até o espelho
- c) A distância entre o objeto e a imagem
- d) A imagem é real ou virtual?

RESOLUÇÃO

- a) Use a fórmula do aumento que relaciona as alturas do objeto e imagem, (30 cm = 0,3 m):

$$A = \frac{i}{o} \rightarrow -3,5 = \frac{i}{0,3} \rightarrow i = -1,05 \text{ m}$$

OBS: A imagem formada foi invertida, por isso o sinal é negativo para o aumento (A) e para a imagem (i)

- b) Use a fórmula do aumento que relaciona as distâncias do objeto e imagem até o espelho:

$$A = \frac{-d'}{d} \rightarrow -3,5 = \frac{-d'}{d} \rightarrow d' = 3,5d$$

OBS: A distância d' foi positiva, temos uma imagem formada do mesmo lado do espelho (real)

Use a fórmula do foco:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \quad \text{Substitua: } d' = 3,5d$$

$$\frac{1}{(2,1)} = \frac{1}{d} + \frac{1}{(3,5d)}$$

$$\frac{1}{(2,1)} = \frac{3,5 + 1}{3,5d}$$

$$\frac{1}{(2,1)} = \frac{4,5}{3,5d} \quad \rightarrow \quad 3,5d = 9,45 \quad \rightarrow \quad d = 2,7$$

Use a equação anterior entre as distâncias:

$$d' = 3,5d$$

$$d' = 3,5 \cdot (2,7)$$

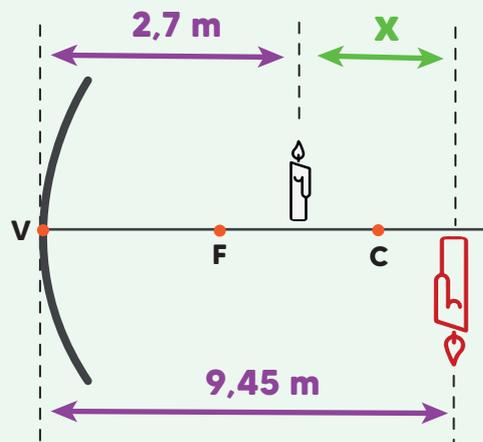
$$d' = 9,45 \text{ m}$$

c) Veja o desenho do problema, a distância (x) entre o objeto e a imagem será dada pela diferença entre d e d':

$$x = d' - d$$

$$x = 9,45 - 2,7$$

$$x = 6,75 \text{ m}$$



d) Provamos na letra B que a distância d' é positiva, logo, é real

10. Um objeto é posto em frente a um espelho esférico de distância focal igual a 9 metros e a imagem formada ficou invertida e com um aumento de 3x; sabendo que esse objeto possui 50 cm de altura, determine:

- a) O tamanho da imagem
- b) As distâncias do objeto e da imagem até o espelho, ela é real ou virtual?
- c) A distância entre o objeto e a imagem

11. Um objeto é posto em frente a um espelho esférico de distância focal igual a 6 metros e a imagem formada ficou direita e com um aumento de 3x; sabendo que esse objeto possui 1 metro de altura, determine:

- a) O tamanho da imagem
- b) As distâncias do objeto e da imagem até o espelho, ela é real ou virtual?
- c) A distância entre o objeto e a imagem

RESPOSTAS

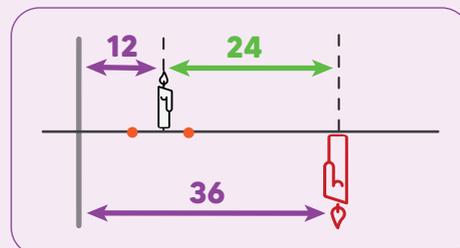
02. $f = 30 \text{ cm}$ **03.** $C = 2,4 \text{ m}$

- 05. a) Menor • Invertida • Real** Dica: Caso 1
- b) Maior • Invertida • Real** Dica: Caso 3
- c) Igual • Invertida • Real** Dica: Caso 2
- d) Menor • Direita • Virtual** Dica: Caso 6
- e) Maior • Direita • Virtual** Dica: Caso 5
- f) Imagem Imprópria** Dica: Caso 4

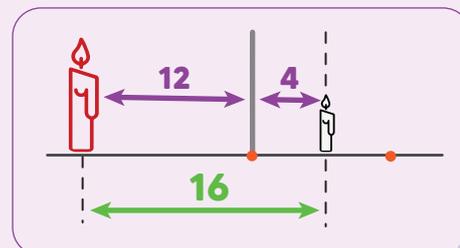
- 07. a) $A = -2 \rightarrow d' = 8 \text{ m} \rightarrow f = 2,67 \text{ m}$**
- b) $A = 2 \rightarrow d' = -8 \text{ m} \rightarrow f = 8 \text{ m}$**
- c) No primeiro caso** Dica: $d' = +8$ (mesmo lado do espelho)

- 08. a) $A = 1/3 \rightarrow d' = -2 \text{ m} \rightarrow f = -3 \text{ m}$** Dica: Espelho convexo
- b) $A = -1/3 \rightarrow d' = 2 \text{ m} \rightarrow f = 1,5 \text{ m}$**
- c) No primeiro caso** Dica: convexo sempre gera uma imagem virtual

- 10. a) $A = -3 \rightarrow i = -1,5\text{m}$**
- b) $d' = 3d \rightarrow d = 12 \text{ m} ; d' = 36 \text{ m}$**
(Imagem Real)
- c) $x = 36 - 12 = 24 \text{ m}$**



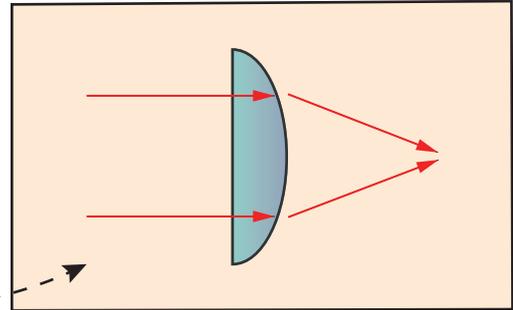
- 11. a) $A = 3 \rightarrow i = 3 \text{ m}$**
- b) $d' = -3d \rightarrow d = 4 \text{ m} ; d' = -12 \text{ m}$**
(Imagem Virtual)
- c) $x = 4 + 12 = 16 \text{ m}$**



Lentes Esféricas

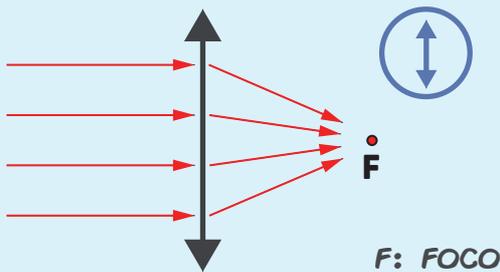
SÃO SISTEMAS ÓPTICOS QUE PROMOVEM A REFRAÇÃO DA LUZ VISÍVEL.

ELAS ESTÃO DIVIDIDAS EM DIVERGENTES E CONVERGENTES.



Lentes Convergentes

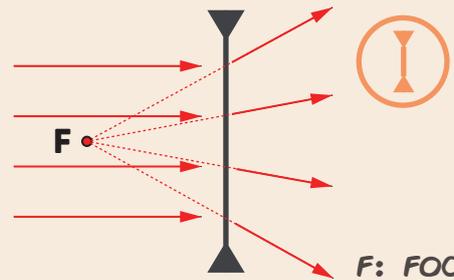
SÃO LENTES QUE CONVERGEM OS RAIOS LUMINOSOS EM UM ÚNICO PONTO.



F: FOCO

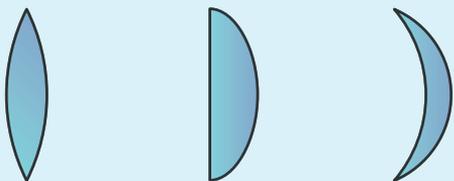
Lentes Divergentes

SÃO LENTES QUE DIVERGEM OS RAIOS LUMINOSOS A PARTIR DE UM ÚNICO PONTO.



F: FOCO

SÃO CONHECIDAS POR SEREM LENTES DE BORDAS FINAS.



Biconvexa

Plano convexa

Concavo convexa

SÃO CONHECIDAS POR SEREM LENTES DE BORDAS LARGAS.



Bicôncava

Plano côncava

Convexo côncava

Vergência

É O INVERSO DA DISTÂNCIA FOCAL (F) DA LENTE, PARA QUEM USA ÓCULOS, É CONHECIDO COMO O GRAU DA LENTE.

O FOCO DE UMA LENTE CONVERGENTE É POSITIVO,

E NEGATIVO PARA LENTES DIVERGENTES.

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

[dioptria - di]



$f > 0$
convergente



$f < 0$
divergente

NO TOTAL, SÃO 6 CASOS DE LENTES ESFÉRICAS, 5 PARA CONVERGENTES E SOMENTE 1 PARA DIVERGENTE.

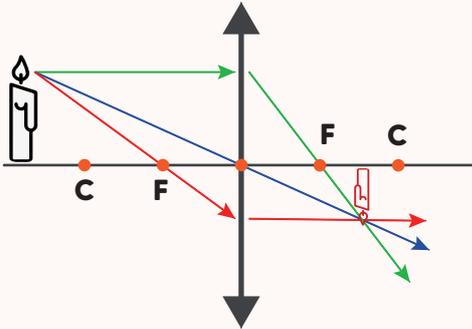


Objeto



Imagem

1) OBJETO ALÉM DO CENTRO DE CURVATURA (CONVERGENTE)

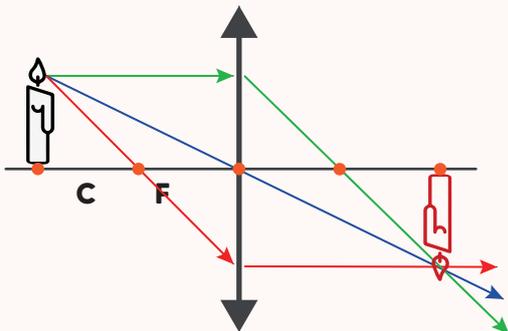


A imagem formada foi menor e invertida em relação ao objeto, a sua localização foi entre o centro de curvatura e o foco.

Como a imagem é formada diretamente por raios refratados e do outro lado da lente, ela é chamada de imagem real.

MENOR • INVERTIDA • REAL

2) OBJETO SOBRE O CENTRO DE CURVATURA (CONVERGENTE)

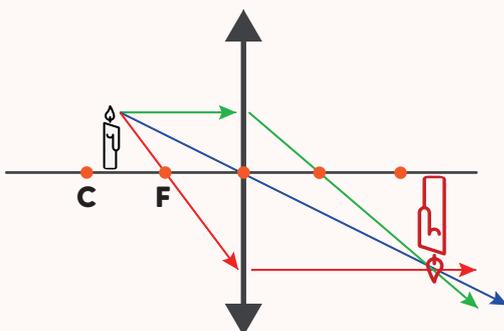


A imagem formada possui o mesmo tamanho e é invertida em relação ao objeto, a sua localização foi no próprio centro de curvatura.

Como a imagem é formada do outro lado da lente, é real

IGUAL • INVERTIDA • REAL

3) OBJETO ENTRE O CENTRO E O FOCO (CONVERGENTE)



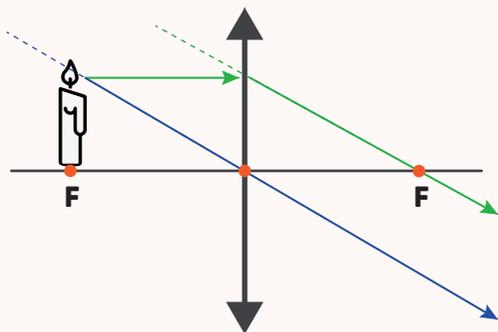
A imagem formada é maior e invertida em relação ao objeto, a sua localização foi além do centro de curvatura.

Como a imagem é formada do outro lado da lente, é real

Perceba que os casos 1 e 3 são inversos.

MAIOR • INVERTIDA • REAL

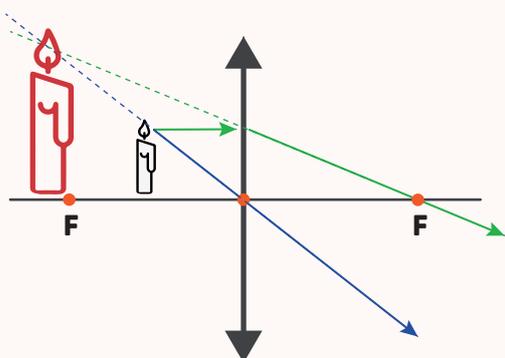
4) OBJETO SOBRE O FOCO (CONVERGENTE)



Os raios refratados e os seus prolongamentos são paralelos, ou seja, a imagem só será formada no infinito

IMAGEM IMPRÓPRIA

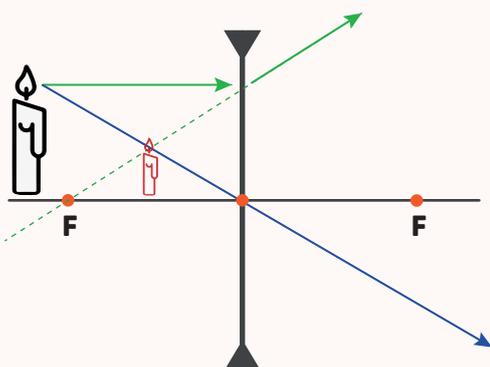
5) OBJETO ENTRE O FOCO E O VÉRTICE (CONVERGENTE)



A imagem é formada do mesmo lado da lente (em relação ao objeto) pelos prolongamentos dos raios refratados, quando isso acontece, dizemos que a imagem é virtual.

MAIOR • DIREITA • VIRTUAL

6) OBJETO ALÉM DO VÉRTICE (DIVERGENTE)



Pode ser visto como o inverso do caso 5 a imagem será formada pelos prolongamentos dos raios refratados, logo também será uma imagem virtual.

MENOR • DIREITA • VIRTUAL



Objeto

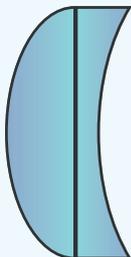


Imagem

Associação de Lentes

É QUANDO SE UNE 2 LENTES PARA PRODUZIR UM EFEITO ÚNICO.

LENTE JUNTAS



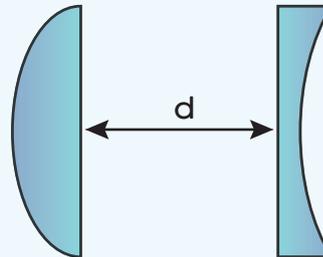
PARA ACHAR O FOCO EQUIVALENTE:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_A} + \frac{1}{f_B}$$

DESSA FORMA, A VERGÊNCIA EQUIVALENTE SERÁ ACHADA POR:

$$V = V_A + V_B$$

LENTE SEPARADAS



PARA ACHAR O FOCO EQUIVALENTE:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_A} + \frac{1}{f_B} - \frac{d}{f_A \cdot f_B}$$

DESSA FORMA, A VERGÊNCIA EQUIVALENTE SERÁ ACHADA POR:

$$V = V_A + V_B - d \cdot V_A \cdot V_B$$

www.marcioazulayexatas.com

Relações Métricas

AS FÓRMULAS SERÃO AS MESMAS DOS ESPELHOS ESFÉRICOS DO CAPÍTULO ANTERIOR:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

$$A = \frac{i}{o} \text{ ou } A = \frac{-d'}{d}$$

- d: Distância entre o objeto o vértice [m]
- d': Distância entre a imagem o vértice [m]
- f: Distância focal [m]
- o e i: Alturas do objeto e imagem [m]

Interpretação dos Sinais

Imagem

$$i > 0$$



IMAGEM DIREITA

$$i < 0$$



IMAGEM INVERTIDA

Distância da Imagem

$$d' > 0$$



IMAGEM REAL

Formada do outro lado da lente

$$d' < 0$$



IMAGEM VIRTUAL

Formada do mesmo lado da lente

Ampliação

$$A > 0$$



IMAGEM DIREITA

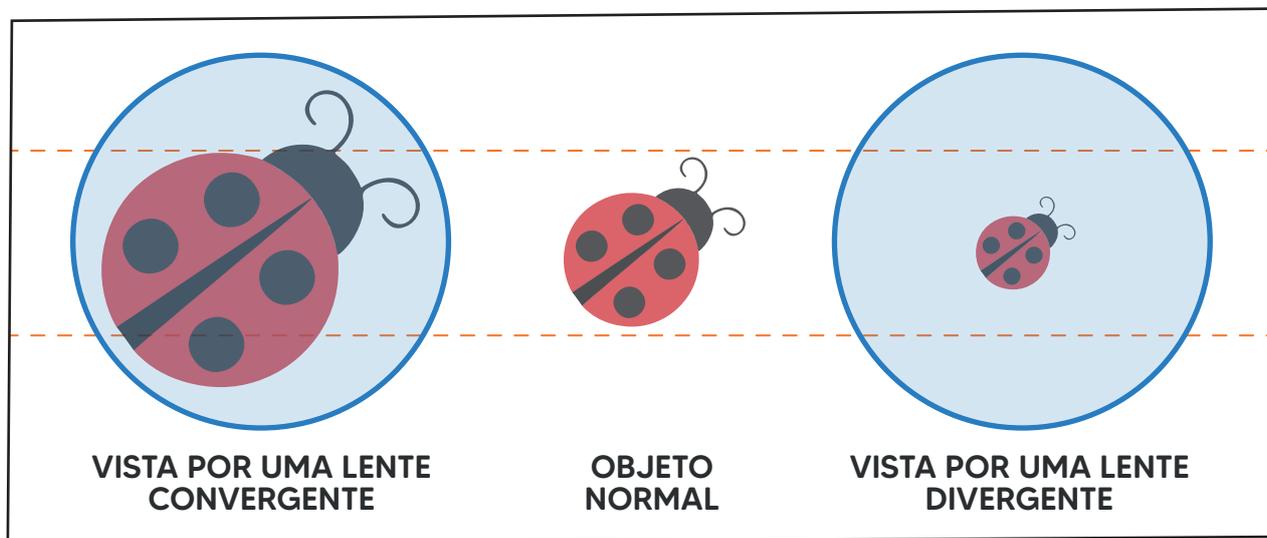
$$A < 0$$



IMAGEM INVERTIDA

Identificando uma Lente

UMA PESSOA QUE OLHA POR UMALENTE, PERCEBERÁ UMA DEFORMAÇÃO NA IMAGEM, DEPENDENDO DO TIPO DELENTE UTILIZADA POR ELA, ESSA IMAGEM PODE SER MAIOR OU MENOR QUE O OBJETO REAL:



QUANDO OLHAMOS POR UMALENTE CONVERGENTE, PERCEBEMOS QUE ESSA IMAGEM FICARÁ AUMENTADA EM RELAÇÃO AO SEU TAMANHO ORIGINAL

ESSE TIPO DELENTE É USADA PARA CORRIGIR A HIPERMETROPIA (DIFICULDADE PARA VER OBJETOS PRÓXIMOS).

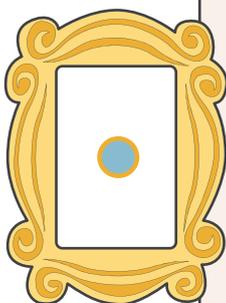
EXEMPLO: LUPA DE AUMENTO



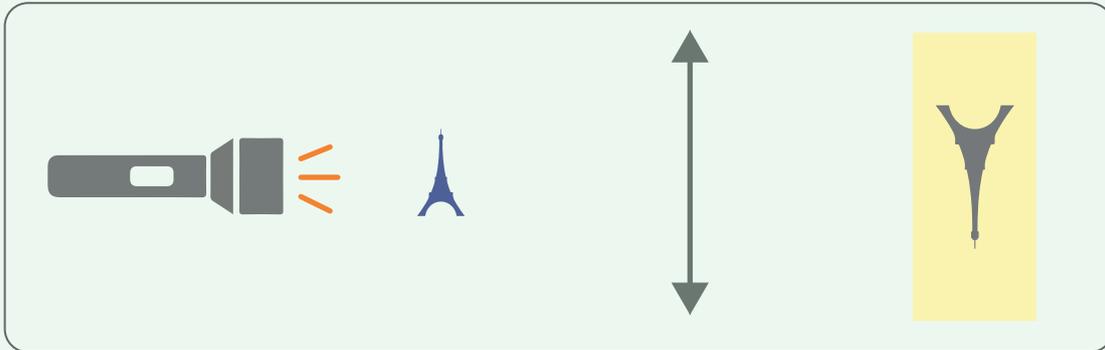
QUANDO OLHAMOS POR UMALENTE DIVERGENTE, PERCEBEMOS QUE ESSA IMAGEM FICARÁ MENOR EM RELAÇÃO AO SEU TAMANHO ORIGINAL.

ESSE TIPO DELENTE É USADA PARA CORRIGIR A MIOPIA (DIFICULDADE PARA VER OBJETOS DISTANTES).

EXEMPLO: OLHO MÁGICO DA PORTA



01. (Respondido) Um objeto é posto a 3 metros de distância de uma parede branca e uma lente convergente é colocada entre os dois com o objetivo de se obter uma imagem invertida do objeto com aumento de 5 vezes projetada na parede. Determine a distância focal dessa lente

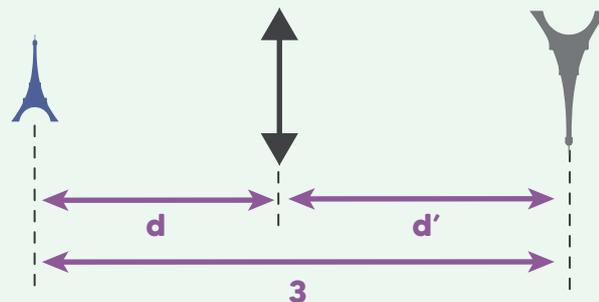


RESOLUÇÃO

A distância do objeto até a lente (d) somada com a distância da imagem a lente (d') é igual a 3 m:

$$d' + d = 3$$

Equação 1



A imagem formada será invertida, logo o aumento será de -5; use a fórmula do aumento que relaciona as distâncias

$$A = \frac{-d'}{d} \rightarrow -5 = \frac{-d'}{d} \rightarrow -5d = -d' \rightarrow 5d = d'$$

Equação 2

Resolva o sistema com as duas equações encontradas:

$$\begin{cases} d' + d = 3 \\ 5d = d' \end{cases} \rightarrow \begin{cases} d = 0,5 \text{ m} \\ d' = 2,5 \text{ m} \end{cases}$$

E finalmente, use a fórmula para o foco:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{0,5} + \frac{1}{2,5} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{5 + 1}{2,5}$$

Continuação:

$$\frac{1}{f} = \frac{5+1}{2,5} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{6}{2,5} \rightarrow 6f = 2,5 \rightarrow f = 0,417\text{m}$$

02. Um objeto é posto a 6 metros de distância de uma parede branca e uma lente convergente é colocada entre os dois com o objetivo de se obter uma imagem invertida do objeto com aumento de 4 vezes projetada na parede. Determine a distância focal dessa lente

03. (Respondido) Quando um homem olha através do seu olho mágico, a imagem vista por ele de um visitante do outro lado da porta é 4 vezes menor do que o normal, sabe-se que o visitante se encontra a 60 cm de distância da porta. Responda:

- Essa lente é divergente ou convergente?
- Qual é a distância focal?

RESOLUÇÃO

a) É uma lente divergente, quem olha por ela enxerga uma imagem menor do que a imagem real e sempre direita.

b) Use a fórmula do aumento que relaciona as distâncias.

- O aumento é positivo, pois a imagem vista pelo olho mágico é sempre direita
- O aumento é $1/4$, pois houve diminuição

$$A = \frac{-d'}{d} \rightarrow \frac{1}{4} = \frac{-d'}{0,6} \rightarrow d' = -0,15 \text{ m}$$

- A distância (d') achada é negativa, isso significa que a imagem é virtual, único caso possível para lentes divergentes

Use a fórmula do foco:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{0,6} + \frac{1}{-0,15} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1-4}{0,6}$$

Continuação:

$$\frac{1}{f} = \frac{1 - 4}{0,6} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{-3}{0,6} \rightarrow -3f = 0,6 \rightarrow f = -0,2 \text{ m}$$

- O foco é negativo (lente divergente)

04. Quando um homem olha através do seu olho mágico, a imagem vista por ele de um visitante do outro lado da porta é 5 vezes menor do que o normal, sabe-se que o visitante se encontra a 55 cm de distância da porta. Responda:

- Essa lente é divergente ou convergente?
- Qual é a distância focal?

05. (Respondido) Utiliza-se uma câmera fotográfica com uma lente convergente de distância focal igual a 5 cm para tirar uma fotografia de um homem.

Esse homem possui 1,7 m de altura e está distante de 90 cm da câmera. Qual será a altura da sua imagem na fotografia?

RESOLUÇÃO

A distância focal é positiva para lentes convergentes:

$$f = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

Use a fórmula do foco:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

$$\frac{1}{0,05} = \frac{1}{0,9} + \frac{1}{d'}$$

$$\frac{1}{0,05} - \frac{1}{0,9} = \frac{1}{d'}$$

$$\frac{18 - 1}{0,9} = \frac{1}{d'}$$

$$17d' = 0,9 \rightarrow d' = \frac{9}{170}$$

Usa as duas fórmulas do aumento:

$$A = \frac{i}{o} \quad \text{e} \quad A = \frac{-d'}{d}$$

$$\frac{i}{o} = \frac{-d'}{d}$$

$$\frac{i}{1,7} = \frac{-0,9}{0,9}$$

$$0,9 \cdot i = -0,09$$

$$i = -0,1 \text{ m} = -10 \text{ cm}$$

O sinal negativo indica que a imagem está invertida

06. Utiliza-se uma câmera fotográfica com uma lente convergente de distância focal igual a 6 cm para tirar uma fotografia de um homem.

Esse homem possui 1,8 m de altura e está distante de 1,5 m da câmera. Qual será a altura da sua imagem na fotografia?

RESPOSTAS

02. $f = 0,96 \text{ m} = 96 \text{ cm}$ Dica: $d = 1,2 \text{ m}$; $d' = 4,8 \text{ m}$

04. a) Divergente ; b) $f = -0,1375 \text{ m} = -13,75 \text{ cm}$ Dica: $d' = -0,11 \text{ m}$

06. $i = -0,075 \text{ m} = -7,5 \text{ cm}$

$$\text{Dica: } d' = \frac{1,5}{24} \text{ ou } \frac{15}{240} \text{ ou } \frac{1}{16}$$

ONDULATÓRIA

ONDAS

VELOCIDADE DA ONDA

$$V = \lambda \cdot f$$

LEI DE SNELL (REFRAÇÃO)

$$n_1 \cdot \text{sen}(\theta_1) = n_2 \cdot \text{sen}(\theta_2)$$

VELOCIDADE EM CORDA TRACIONADA

$$V = \sqrt{\frac{T}{u}}$$

ÍNDICE DE REFRAÇÃO

$$n = \frac{C}{V}$$

INTERFERÊNCIA

$$(d_1 - d_2) = N \frac{\lambda}{2}$$

V: Velocidade [m/s]
 λ : Comprimento de Onda [m]
f: Frequência [Hz]
T: Tração [N]
u: Densidade Linear [kg/m]
n: Índice de Refração
 θ : Ângulo entre a Onda e Normal
d1 e d2: Distâncias até a fonte [m]
N: Coeficiente Numérico
(Par: Construtivo; Ímpar: Destrutivo)
C: Velocidade da Luz no Vácuo
(3×10^8 m/s)

ACÚSTICA

INTENSIDADE SONORA

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

EFEITO DOPPLER

$$F_{ap} = F_r \left(\frac{V_{som} \pm V_{recep.}}{V_{som} \pm V_{fonte}} \right)$$

NÍVEL SONORO

$$N = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

TUBOS ABERTOS

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

(n: 1, 2, 3, 4...)

TUBOS FECHADOS

$$L = n \frac{\lambda}{4}$$

(n: 1, 3, 5, 7...)

I: Intensidade Sonora [W/m^2]
P: Potência Sonora [W ou J/s]
d: Distância da fonte [m]
N: Nível Sonoro [dB - decibéis]
I₀: Limiar da Audição [10^{-12} W/m²]
F_{ap}: Frequência Aparente [Hz]
F_r: Frequência Real [Hz]
V: Velocidades [m/s]
L: Comprimento do Tubo [m]
 λ : Comprimento da Onda [m]
n: Índice Numérico

MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

PÊNDULO SIMPLES

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

SISTEMA MASSA-MOLA

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

FREQUÊNCIA

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

T: Período do Movimento [s]
L: Comprimento do Pêndulo [m]
g: Aceleração da Gravidade [m/s^2]
m: Massa [kg]
k: Constante Elástica [N/m]
f: Frequência [Hz]
A: Amplitude [m]
 ω : Velocidade Angular [rad/s]
t: Tempo [s]
F: Força elástica [N]
x: Posição/Deformação [m]
V: Velocidade [m/s]
 a : Aceleração [m/s^2]
 φ : Fase Inicial [rad]

FUNÇÃO HORÁRIA DA POSIÇÃO

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

FORÇA ELÁSTICA

$$F = k \cdot x$$

FUNÇÃO HORÁRIA DA VELOCIDADE

$$V = -A \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi)$$

VELOCIDADE ÂNGULAR (PULSAÇÃO)

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

FUNÇÃO HORÁRIA DA ACELERAÇÃO

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

ÓPTICA

INSTRUMENTOS ÓPTICOS

ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS

$$N_i = \frac{360}{\theta} - 1$$

CÂMARA ESCURA

$$\frac{i}{o} = \frac{d'}{d}$$

N_i : Número de Imagens

θ : Ângulo de abertura entre os Espelhos [graus]

o : Altura do Objeto [m]

i : Altura da Imagem [m]

d : Distância do Objeto até o Orifício [m]

d' : Distância da Imagem até o Orifício [m]

ESPELHOS E LENTES ESFÉRICAS

DISTÂNCIA FOCAL

$$f = \frac{C}{2}$$

FOCO E DISTÂNCIAS

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

AUMENTO/AMPLIAÇÃO

$$A = \frac{i}{o} = \frac{-d'}{d}$$

f : Distância focal [m]

C : Raio de curvatura [m]

A : Ampliação/Aumento

d : Distância do Objeto até o Espelho/Lente [m]

d' : Distância da Imagem até o Espelho/Lente [m]

o : Altura do Objeto [m]

i : Altura da Imagem [m]

ESPELHOS ESFÉRICOS

$d' > 0$ imagem real (formada do mesmo lado do espelho)

$d' < 0$ imagem virtual (formada do outro lado do espelho)

$A > 0$ imagem direita

$A < 0$ imagem invertida

$i > 0$ imagem direita

$i < 0$ imagem invertida

LENTE ESFÉRICAS

$d' > 0$ imagem real (formada do outro lado da lente)

$d' < 0$ imagem virtual (formada do mesmo lado da lente)

$A > 0$ imagem direita

$A < 0$ imagem invertida

$i > 0$ imagem direita

$i < 0$ imagem invertida

$f > 0$ convergente



Biconvexa



Plano convexa



Côncavo convexa

$f < 0$ divergente



Bicôncava



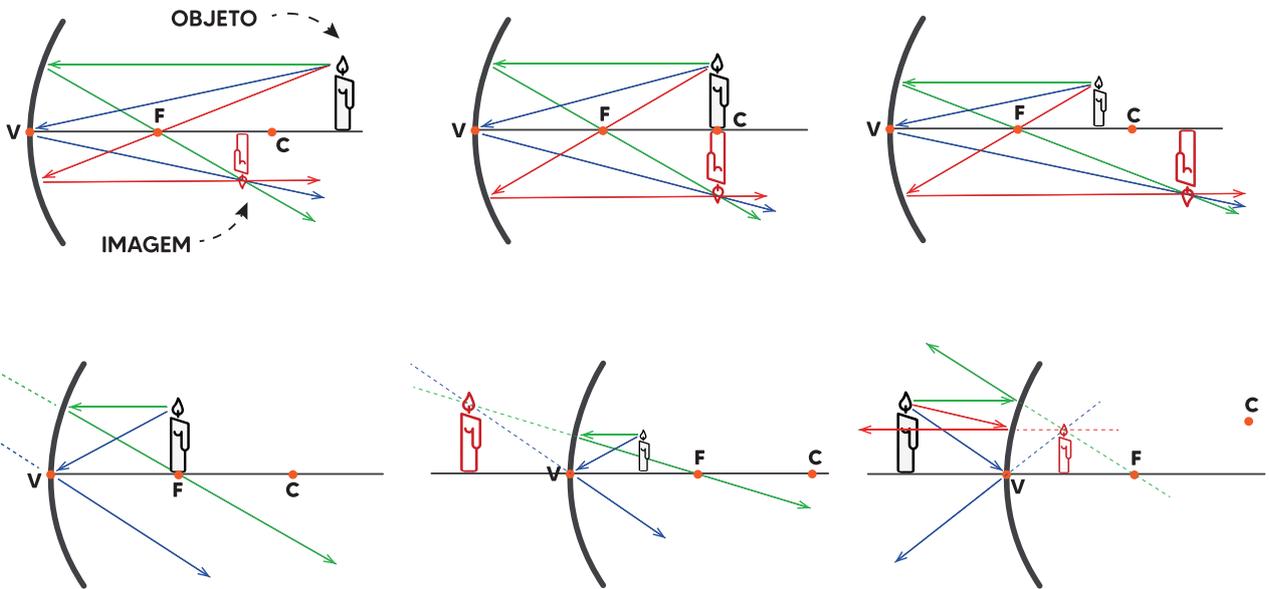
Plano côncava



Convexo côncava

ÓPTICA

ESPELHOS ESFÉRICOS



LENTE ESFÉRICAS

