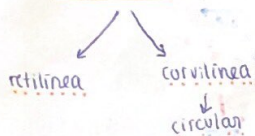


# \* TEMPO, POSIÇÃO E VELOCIDADE

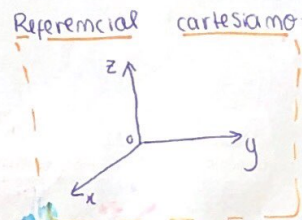
11º ANO

CINEMÁTICA: parte da mecânica que estuda os movimentos.

TRAJETÓRIA: linha que une as sucessivas posições do CM (centro de massa) desse corpo

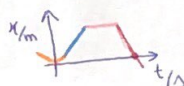


Instante  $\rightarrow t$   
Intervalo de tempo  $\rightarrow \Delta t = t_f - t_i$   
(Unidade SI: s)



Lei do movimento

$\rightarrow$  função  $x(t)$   
 $\rightarrow$  não indica a trajetória do corpo!!



- $\rightarrow$  inversão do sentido ( $- \rightarrow +$ )
- $\rightarrow$  movimento no sentido  $\oplus$
- $\rightarrow$  repouso
- $\rightarrow$  movimento no sentido  $\ominus$
- $\rightarrow$  passagem na origem da referencial

Distância percorrida

- $\rightarrow$  comprimento da trajetória
- $\rightarrow$  grandeza escalar que não pode ser negativa!
- $d = \dots m$
- $\bullet$  movimento:  $d$  aumenta
- $\bullet$  repouso:  $d$  é constante

Deslocamento

- $\rightarrow$  variação da posição do corpo
- $\rightarrow$  grandeza vetorial
- $\Delta \vec{r} \rightarrow \Delta x = x_f - x_i = \dots m$

- movimento curvilíneo:  $|\Delta x| < d$
- movimento retilíneo:  $|\Delta x| \leq d$  (com inversão de sentido)
- $|\Delta x| = d$  (sem inversão de sentido)



movimentos retilíneos

- $\Delta x > 0$ ;  $x_f > x_i$ :  $\Delta \vec{r}$  no sentido  $\oplus$
- $\Delta x < 0$ ;  $x_f < x_i$ :  $\Delta \vec{r}$  no sentido  $\ominus$

- $\Delta x = 0$ ;  $x_f = x_i$ : repouso
- $\rightarrow$  movimento começa e acaba na mesma posição

Rapidez média

- $\rightarrow$  movimento +/- rápido (distância por tempo)
- $\rightarrow$  grandeza escalar
- $\text{rapidez média} = \frac{d}{\Delta t}$

$$||\vec{v}_m|| = v_m$$

Velocidade média

- $\rightarrow$  variação de posição +/- rápida
- $\rightarrow$  grandeza vetorial
- $\rightarrow$  vetor  $\vec{v}_m$  mesma direção e sentido que  $\Delta \vec{r}$
- $\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$
- \* mov. retilíneo:  $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Velocidade

- $\rightarrow$  grandeza vetorial
- $\rightarrow$  rapidez num instante
- $\rightarrow$  direção: tangente à trajetória, em cada ponto
- $\rightarrow$  sentido: indica o sentido do movimento
- $\rightarrow$  constante: movimento é uniforme
- $\rightarrow$  crescente: movimento é acelerado
- $\rightarrow$  decrescente: movimento é retardado

\* velocidade só é constante nos movimentos retilíneos e uniformes.

A  $\rightarrow$  B  $\rightarrow$  C

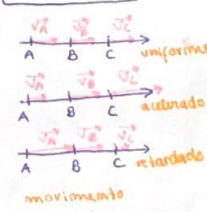


Gráfico posição - tempo:

- mov. retilíneo uniforme
- velocidade é constante e igual à velocidade média

$$\vec{v} = \vec{v}_m$$

declive da reta =  $v_m$

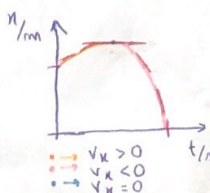
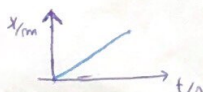
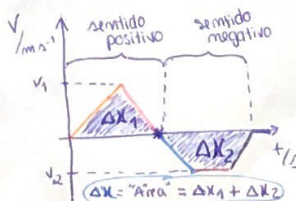


Gráfico velocidade - tempo:



- $\rightarrow$  mov. acelerado, no sentido  $\oplus$
- $\rightarrow$  mov. retardado, no sentido  $\oplus$
- $\rightarrow$  mov. acelerado, no sentido  $\ominus$
- $\rightarrow$  mov. retardado, no sentido  $\ominus$
- $\rightarrow$  repouso
- $\rightarrow$  inversão de sentido
- $d = |\Delta x_1| + |\Delta x_2|$

# \* INTERAÇÕES E SEUS EFEITOS

## Aceleração média

$\vec{a}_{m\bar{}}$

- variação da velocidade por tempo
- grandeza vetorial
- vetor  $\vec{a}_{m\bar{}}$  mesma direção e sentido que  $\Delta \vec{v}$

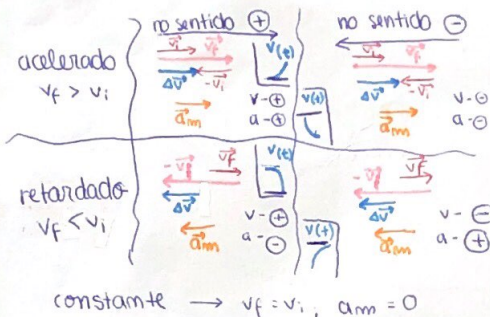
$$\vec{a}_{m\bar{}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i}$$

\* mov. retilíneo:  
 $a_m = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$

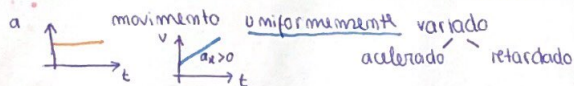
- Movimento curvilíneo:



- Movimento retilíneo:



- \* Se  $\Delta v$  for diretamente proporcional ao tempo que decorre,  $a$ : aceleração é constante.  $a_m = a$  instantânea



## Queda livre (grave)

- subida: movimento uniformemente retardado
- descida: movimento uniformemente acelerado

## 4 FORÇAS da natureza

Forças gravitacionais ③  $\infty$

Forças nucleares fortes ④ + fracas ③ -

Forças eletromagnéticas (fotão /  $c/p/s/p$ ) ②  $\infty$

intensidade: ④ > ③

alcance

[apenas atuam à escala do núcleo atômico]

## FORÇAS:

- grandezas vetoriais
- unidade SI: newton (N)
- traduzem sempre uma interação
- as forças atuam em pares

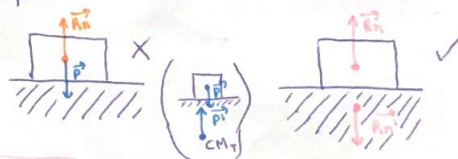
## 3ª Lei de Newton

- sempre que um corpo exerce uma força sobre o outro, esse outro também exerce uma força sobre o primeiro, com as seguintes características:

- mesma direção
- sentidos opostos
- mesma intensidade
- aplicadas em corpos diferentes

→ Força ação-reação

exemplos:



## 2ª Lei de Newton

- a resultante das forças que atuam num corpo é diretamente proporcional à aceleração que nele produz

$$\vec{F}_{res} = m \times \vec{a}$$

constante de proporcionalidade

$m > 0, < \vec{a}$  → mais difícil de alterar o movimento do corpo

$F_{res}$  mantém-se

- sem atrito:  $\vec{F}_{res} = \vec{R}_n + \vec{P} + \vec{F}$ ;  $F_{res} = F$
- com atrito:  $\vec{F}_{res} = \vec{R}_n + \vec{P} + \vec{F} + \vec{f}_a$ ;  $F_{res} = F - f_a$
- com atrito:  $\vec{F}_{res} = \vec{R}_n + \vec{P} + \vec{F} + \vec{f}_a$  mov. na horizontal:  $F_{resx} = F_x - f_a$   $F_{resy} = F_y + R_n - P = 0$  ( $F_x = F \cos \alpha$  /  $F_y = F \sin \alpha$ )

## Lei da Gravitação universal

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ Kg}^{-2}$

- Grave (queda livre):

$$F_{res} = F_g(\downarrow) \Rightarrow a = G \frac{m_T}{r^2}$$

$$\Rightarrow a = \frac{G m_T}{r^2} = g$$

## 1ª Lei de Newton

- se a resultante das forças que atuam num corpo, se anularem, o corpo está em repouso ou desloca-se com movimento retilíneo e uniforme  $v \neq 0$  e constante

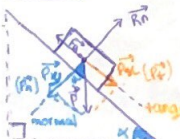
Para um corpo em movimento com uma dada velocidade,  $\vec{v}$ :

- se atuar uma força com a direção do movimento, o valor da velocidade varia, mas a direção mantém-se constante movimento retilíneo

- se atuar uma força com direção diferente da direção da velocidade, esta varia movimento curvilíneo

se a força for perpendicular à velocidade, a direção da velocidade varia, mas o seu valor mantém-se constante movimento circular uniforme

\* preciso sempre que haja alguma força para alterar o mov. do corpo!



- em repouso / mov. retilíneo uniforme:

$$\vec{F}_r = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{R}_n + \vec{P} + \vec{f}_a = \vec{0}$$

$$\begin{cases} x \text{ (horizontal)} \\ y \text{ (vertical)} \end{cases} \begin{cases} P_x = F_a \\ P_y = R_n \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_a = P \sin \alpha \\ R_n = P \cos \alpha \end{cases}$$

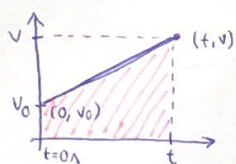
$$(P_x = P \sin \alpha / P_y = P \cos \alpha)$$

- com aceleração:

$$F_{resx} = P_x - F_a \Leftrightarrow m a = P \sin \alpha - F_a$$

## \* FORÇAS E MOVIMENTOS

### • Movimento retilíneo uniformemente variado



lei das velocidades  
(m.u.v.)

lei das posições  
(m.u.v.)

$$v(t) = v_0 + at$$

declive  
 $y = b + ax$

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

posição inicial  
velocidade inicial

### • Movimento retilíneo uniforme

$$v(t) = v_0 \quad (a=0)$$

$$x(t) = x_0 + vt$$

[queda livre:  $a_y = g \downarrow$  ou  $-g \uparrow$ ]

### • Resistência do ar

- ↳ opõe-se ao movimento;
- ↳ depende da forma e tamanho do corpo;
- ↳ aumenta com a velocidade do corpo.

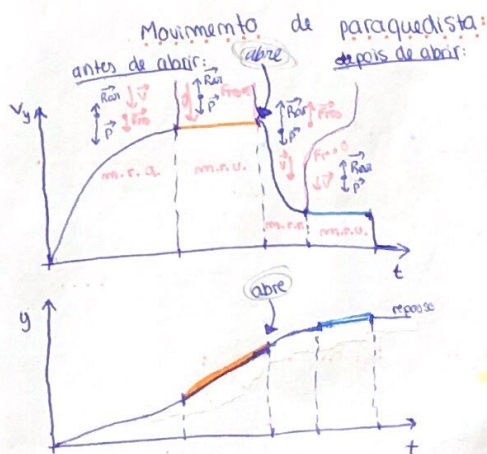
\* movimento será variado (uniformemente) \*  
ou uniforme

proporcional

{  $v$  varia  $\rightarrow R_{ar}$  varia  $\Rightarrow F_{res}$  varia  $\rightarrow a$  varia }

→ 1ª velocidade terminal ( $\approx 200 \text{ km/h}$ )

→ 2ª velocidade terminal ( $\approx 20 \text{ km/h}$ )

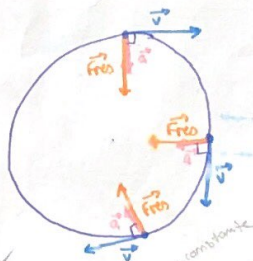


### • Movimento circular uniforme

- ↳ valor da velocidade é constante, mas a velocidade varia

- \* {
- $F_{res} \neq 0$   
↳ mas pode ser nula: 1ª Lei de Newton
  - $\vec{F}_{res} \Rightarrow$  força centrípeta,  $F_c$  (ou normal)

a sua direção é perpendicular a  $\vec{v}$ , e o sentido aponta para o centro da trajetória



\* Pela 2ª Lei de Newton:

$$F_{res} = m \times a \Rightarrow F_c = m \times a_c \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_c = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r$$

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$a_c = \omega^2 r$$

$$\Delta \theta = \theta_f - \theta_i$$

↳ deslocamento angular (rad)

$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

↳ velocidade angular (rad s<sup>-1</sup>)

$$v = \omega r$$

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

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

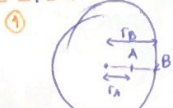
velocidade linear ou (m s<sup>-1</sup>)  
velocidade orbital

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

$$a_c = 4\pi^2 n f^2 r$$

$$\omega = 2\pi f$$

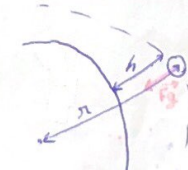
exemplos:



- $r_B = 2r_A$
- $\omega_A = \omega_B$
- $v_A \neq v_B$   
↳  $v_B = 2v_A$



- $\pi_A = 2\pi_B$
- $v_A = v_B$
- $\omega_A \neq \omega_B$   
↳  $\omega_B = 2\omega_A$



$$(r = r_T + h)$$

$$F_g = F_c$$

$$G \frac{m_T m_r}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v^2 = G \frac{m_T}{r} \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{G \frac{m_T}{r}} \rightarrow \text{velocidade orbital}$$

$$\left( \frac{v}{r} \right) G \frac{m_T}{r^2} = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

• satélite geostacionário:  $T = 24 \text{ h} = 8,64 \times 10^4 \text{ s}$

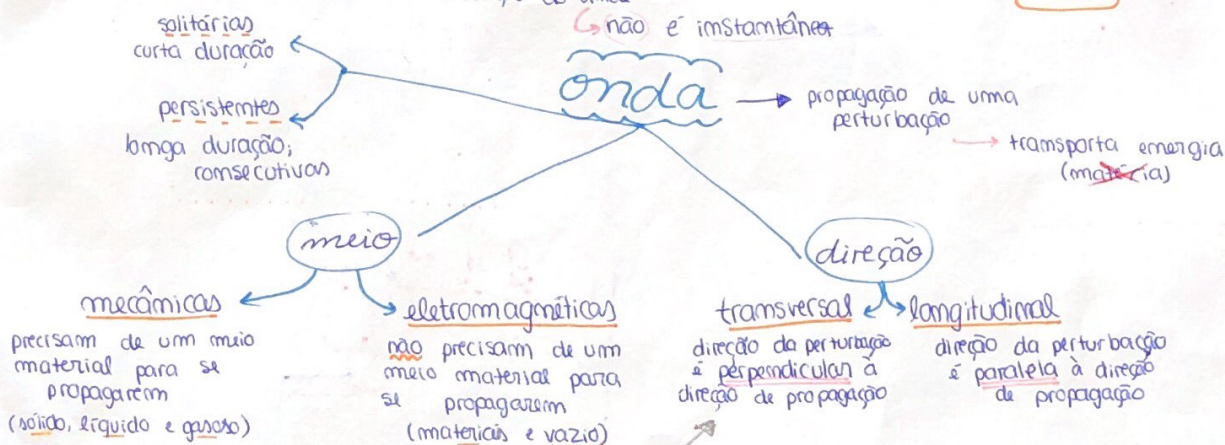
## \* SINAIS E ONDAS

Sinal → alteração de uma propriedade física do meio onde está o emissor;  
é uma perturbação.

requer um período de tempo entre a emissão e recepção do sinal

→ não é instantânea

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$



## ONDAS PERIÓDICAS:

periodicidade espacial

→ Comprimento de onda  
λ

periodicidade temporal

→ Período  
T

Sinal | sinusoidal:  
harmônico

$$y(t) = A \sin(\omega t)$$

amplitude

→ frequência angular  
(rad s<sup>-1</sup>)

1 comp. de onda  
↓  
1 Período

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



$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$\Leftrightarrow v = \lambda f$$

## Som

→ propagação ondulatória num meio material  
→ origem em vibração rápida

ondas de pressão  
(mecânicas)

→ zonas de compressão do ar (+ pressão)  
→ zonas de rarefação do ar (- pressão)

$$P(t) = P_0 \sin(\omega t)$$

Atributos do som

Intensidade

forte ou intenso  
fraco ou pouco intenso

Altura

alto ou agudo  
baixo ou grave

Timbre

· puro  
· complexo

Características da onda

Amplitude

(de pressão)

Frequência

Forma da onda

exemplo:



50 mV/div

energia:  $\frac{50}{5} = 10 \text{ mV}$

± 5 mV

10 mA/div

energia:  $\frac{10}{5} = 2 \text{ mA}$

± 1 mA

$v \rightarrow$  muda com o meio de propagação

$f \rightarrow$  só depende da fonte

# \* ELETROMAGNETISMO

elétron: partícula elementar  
 ↳ não se pode dividir mais

## Fenômenos elétricos

campo elétrico

tem origem em  
cargas elétricas

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Coulomb (SI)

carga elementar = carga do próton = simétrico da carga do elétron  
 ↳ pequena, até hoje

Princípio da conservação da carga elétrica:

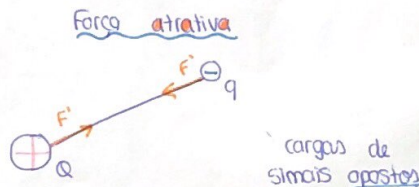
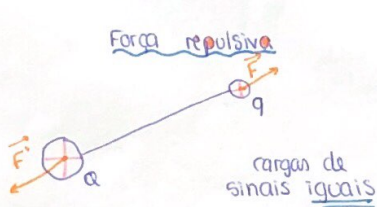
↳ quando elétrons se transferem de um corpo para o outro, um perde elétrons (eletrizado positivamente) e o outro ganha-os (eletrizado negativamente), mas a soma algébrica de todas as cargas dos dois corpos é a mesma;

↳ corpo eletricamente neutro:  $n^\circ \text{ prótons} = n^\circ \text{ elétrons}$   
 carga total é nula

$$|Q| = n e$$

$n$  inteiro

Interação entre cargas



\*  $\vec{F}$  e  $\vec{F}'$  são pares ação - reação \*

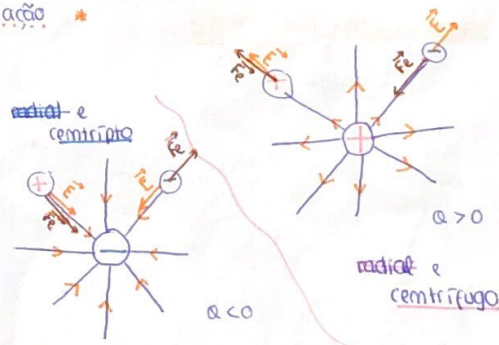
campo elétrico:  $\vec{E}$   
 criado por Q  
 ↳ grandeza vetorial  
 ↳ U. SI:  $\text{V/m}$

LINHAS DO CAMPO ELÉTRICO // CAMPO MAGNÉTICO

- em cada ponto, o vetor  $\vec{E}$  é tangente à linha de campo e com o mesmo sentido
- quanto maior a densidade das linhas de campo, maior a intensidade de  $\vec{E}$
- "saem" das cargas  $+$  e "entram" nas cargas  $-$
- nunca se cruzam
- são linhas abertas // fechadas

\* campo elétrico uniforme:

- linhas de campo: equidistantes, paralelas e retilíneas
- mesma intensidade, direção e sentido em todos os pontos.



$\vec{F}_e$  e  $\vec{E}$ :

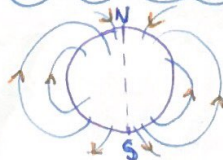
- mesma direção e sentido - cargas  $+$
- mesma direção e sentidos opostos - cargas  $-$

## Fenômenos magnéticos

campo magnético

gerado por corrente elétrica

campo magnético:  $\vec{B}$   
 ↳ grandeza vetorial  
 ↳ U. SI: T (tesla)



Norte geográfico → Polo Sul magnético

Sul geográfico → Polo Norte magnético

Fluxo magnético:  $\Phi$  nº de linhas que atravessam uma dada superfície

$$\Phi = B A \cos \alpha$$

U. SI: Wb (weber)

$> B$  (intenso),  
 $> \Phi$

$> A$  (área),  
 $> \Phi$

$>$  inclinação da sup.,  
 $< \Phi$   
 ângulo entre  $\vec{B}$  e  $\vec{m}$

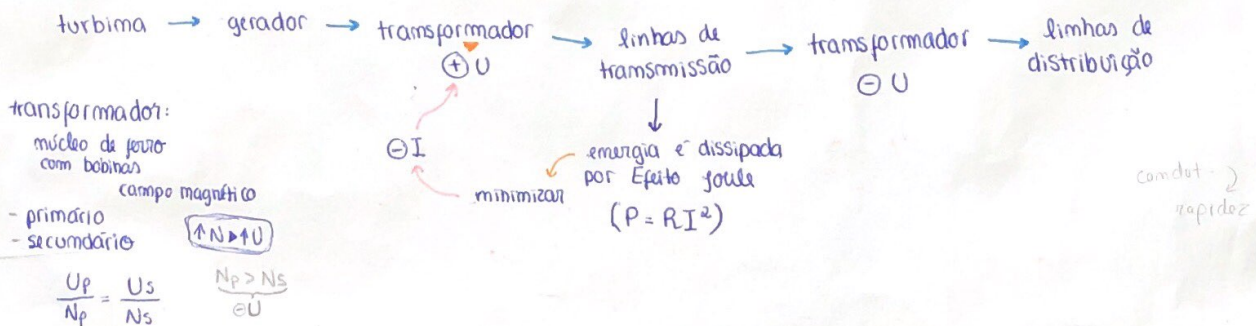
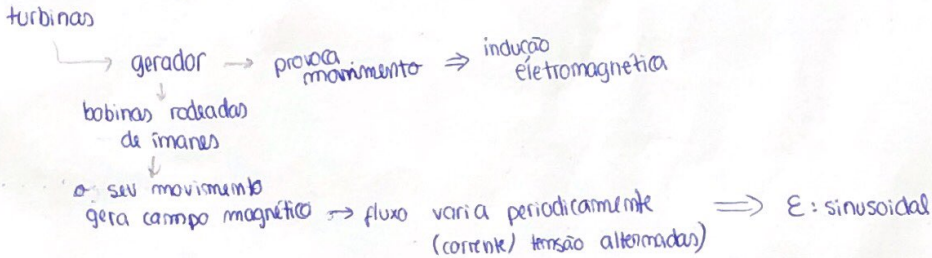
\* ver como se relaciona  $\vec{B}$  e  $I$  nos  
 páginas 148 e 149.

## INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA → variação do fluxo magnético ( $\Phi$ ) ao longo do tempo.

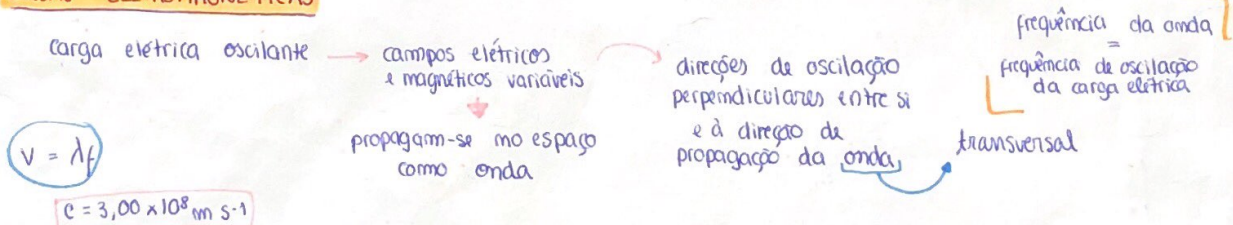
Leis de Faraday:  $\mathcal{E}_i = \frac{1 \Delta \Phi}{\Delta t}$  <sup>Wb</sup>

força eletromotriz induzida

$$\Phi_{\text{bobina}} = N \Phi_{\text{espira}}$$



## \* ONDAS ELETROMAGNÉTICAS



Repartição da energia de uma onda eletromagnética:

$$E_{\text{incidente}} = E_{\text{refletida}} + E_{\text{absorvida}} + E_{\text{transmitida}}$$

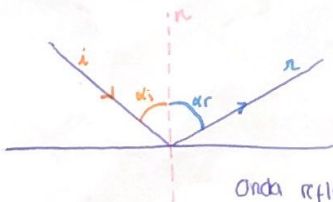
Albedo → percentagem de luz solar refletida por um planeta. (Terra → 30%)

f elevada } ionizações  
Eprós elevada } raios X, γ e UV

Atmosfera → opaca a radiação ionizante; transparente a ondas de rádio e algumas microondas



## Reflexão da luz



1)  $i, m$  e  $n$  estão no mesmo plano;

2)  $\alpha_i = \alpha_r$ .

radar → luz  
sonar → som

Onda refletida: mesma frequência, velocidade e comprimento de onda da onda incidente; menos intensa que a onda incidente.

Refracção da luz → desvio da direcção de propagação da onda ao passar de um meio para outro,

porque ocorre? Diferentes velocidades de propagação nos dois meios.

\* maior diferença de velocidades, maior será o desvio \*  
(maior  $n$ )

Índice de refração:  $n$   
grandezas adimensionais  
 $n = \frac{c}{v}$

NOTA: só pode ser  $n \geq 1$  !!

Lei da Refracção (de Snell-Descartes):

1)  $i$ ,  $n$  e  $R$  estão no mesmo plano;

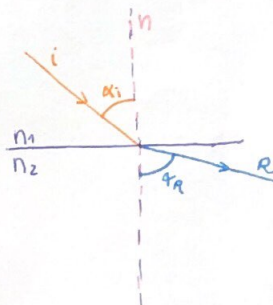
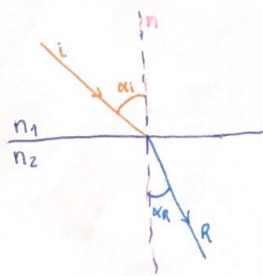
2)  $n_1 \sin \alpha_i = n_2 \sin \alpha_r$

Onda refletida: - mesma frequência que a onda incidente, mas diferentes velocidades e comprimento de onda;   
diretamente proporcionais

- menos intensa que a onda incidente.

$f = \frac{v}{\lambda}$

$\ominus n \rightarrow \oplus n$   
 $\oplus v \rightarrow \ominus v$   
aproxima-se da normal



$\oplus n \rightarrow \ominus n$   
 $\ominus v \rightarrow \oplus v$   
afasta-se da normal

## Reflexão total da luz

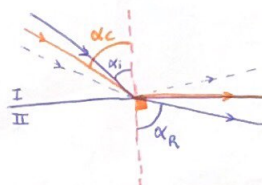
ângulo crítico ( $\alpha_c$ ) → ângulo a partir do qual ocorre reflexão total. →  $\alpha_i > \alpha_c$

$\oplus n \rightarrow \ominus n$

$\ominus v \rightarrow \oplus v$

$\alpha_i < \alpha_r$

$m_1 \sin \alpha_i = m_2 \sin \alpha_r$   
 $\Rightarrow \sin \alpha_c = \frac{m_2}{m_1}$



exemplo: fibra ótica ( $n_{\text{núcleo}} > n_{\text{casca}}$ ) →  $\sin \alpha_c = \frac{n_{\text{casca}}}{n_{\text{núcleo}}}$

DIFRAÇÃO da luz → uma onda sofre desvios ao encontrar obstáculos/fendas, encurvando-se em torno delas.

> d fenda > < difração

a sua dimensão ( $d$ ) tem de ser comparável ao comprimento de onda ( $\lambda$ ):  $d \sim \lambda$

$\lambda$  não muda  
(mesmo meio de propagação)

- na zona da fenda (onde ocorre difração) existem fontes pontuais a emitir ondas de luz
- efeito mais acentuado se houver mais fendas: redes de difração
- radiofrequências:

menor frequência  
(ondas de rádio)

maior frequência  
(micro-ondas)

- $> \lambda$ ; difratam fácilm.
- propagam-se a grandes distâncias
- pouco absorvidas no ar
- podem ser refletidas na atmosfera
- $< \lambda$ ; quase não difratam
- requer mais antenas retransmissoras
- pouco absorvidas ou refletidas na atmosfera (via satélite)
- transportam maior quantidade de dados

sobrepoem-se, interferindo umas com as outras

anulando-se  
interferência destrutiva

ampliando-se  
interferência construtiva

EFEITO DOPPLER

fonte receptor aproxima-se: som + agudo →  $\oplus f$

fonte receptor afasta-se: som + grave →  $\ominus f$

alteração da frequência percebida