

FÍSICA 10º ANO

ENERGIA E MOVIMENTOS

Energia cinética: $E_c = \frac{1}{2}mv^2$

$m - \text{Kg}$ $v - \text{m/s}$ $E_c - \text{J}$

Energia interna = $E_{c \text{ corpuscular}} + E_{p \text{ corpuscular}}$

A energia interna do corpo depende:

- Do tipo de ligações existentes nos corpúsculos constituintes do material e entre estes;
- Da quantidade de corpúsculos existentes no corpo
- Do grau de agitação dos corpúsculos (temp. do corpo)

SIST. MECAN. REDUTIVEL A UMA PARTÍCULA

Sistema mecânico redutível a uma partícula:

- Toda a massa do sistema está concentrada
- Estão aplicadas todas as forças que atuam no sistema
- Descreve o mesmo movimento que o restante sistema

TRANSFERÊNCIAS DE ENERGIAS E FORÇAS

$$W_F = F \times d \times \cos\alpha$$

$F - \text{N}$ $d - \text{m}$ $\cos\alpha - \text{graus}$

$$P = m \times g$$

$$g - \text{m/s}^2$$

$$W_p = P \times d \times \cos\alpha$$

TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA:

$$W_{Fr} = W_{F1} + W_{F2} + \dots$$

$$W_{Fr} = F_R \times d \times \cos\alpha$$

$$\Delta E_c = W_{Fr}$$

ENERGIA POTENCIAL, TRABALHO DO PESO E VARIAÇÃO DA ENERGIA POTENCIAL GRAVÍTICA

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

Corpo cai \rightarrow trabalho potente

$$W_p > 0 \quad \Delta E_{pg} < 0$$

Corpo sobe \rightarrow trabalho resistente

$$W_p < 0 \quad \Delta E_{pg} > 0$$

$$W_p = -\Delta E_{pg}$$

ENERGIA MECÂNICA, FORÇAS CONSERVATIVAS E CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

$$E_m = E_c + E_{pg}$$

Lançamento vertical a subir:

$$E_c \rightarrow E_{pg}$$

E_{pg} aumenta devido a h

E_c diminui devido a velocidade

Lançamento vertical a descer:

$$E_{pg} \rightarrow E_c$$

E_{pg} diminui devido a h

E_c aumenta devido a velocidade

FORÇAS NÃO CONSERVATIVAS

$$W_{fnc} = \Delta E_m$$

$$E_{diss} = |\Delta E_m|$$

Fnc realizam trabalho potente: $\Delta E_m > 0$

Fnc realizam trabalho resistente: $\Delta E_m < 0$

Fnc não realizam trabalho: $\Delta E_m = 0$

POTÊNCIA, ENERGIA DISSIPADA E RENDIMENTO

$$P = \frac{W_f}{\Delta t}$$

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

P – W Δt – s E – J

$$E_{total} = E_{\acute{u}til} + E_{diss}$$

$$\eta(\%) = \frac{E_{\acute{u}til}}{E_{total}} \times 100$$

$$\eta(\%) = \frac{P_{\acute{u}til}}{P_{total}} \times 100$$

ENERGIA E FENÓMENOS ELÉTRICOS

$$U = \frac{E}{Q}$$

U – V E – J Q – C

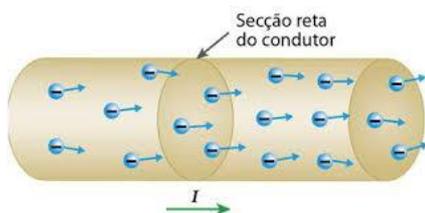
$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

I – A

Voltímetro colocado em paralelo (U)

Amperímetro colocado em série (I)

Secção reta:



Corrente contínua:

- Movimento dos electrões num só sentido

Corrente alternada:

- Movimento dos electrões faz-se alternadamente num e noutro sentido
- Os electrões invertem ciclicamente o sentido do seu movimento

RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Menos Resistência → + facilidade de o condutor se deixar atravessar pela corrente elétrica

+ Resistência → - facilidade de o condutor se deixar atravessar pela corrente elétrica

Ohmímetro colocado em paralelo

$$R = \frac{U}{I}$$

R – Ω ohm

Condutores óhmicos → resistência constante para diferentes d.d.p

Condutores não óhmicos → resistência inconstante para diferentes d.d.p

Menor ρ (resistividade) → melhor condutor

Maior comp. do fio → Maior resistência

Maior área secção reta do fio → Maior resistência

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

R – ohm (Ω) ρ – Ωm l – m A – m^2

EFEITO JOULE

$$E_{elet} = U \times I \times \Delta t$$

$$P_{elet} = U \times I$$

P – Watt (W)

Desejável aquecer por efeito Joule → Energia térmica → Recetores puramente resistivos

Efeito Joule não desejável → Maior o seu rendimento de forma a minimizar o Efeito Joule

$$P_{diss} = R \times I^2 \quad \text{OU} \quad P_{diss} = \frac{U^2}{R}$$

$$E_{diss} = P_{diss} \times \Delta t \quad \text{OU} \quad E_{diss} = \frac{U^2}{R} \times \Delta t$$

GERADORES DE CORRENTE CONTÍNUA

$$P_{gerador} = P_{\acute{u}til} + P_{diss}$$

$$\varepsilon = \frac{E}{Q}$$

ε – Força eletromotriz, V

$$P_{gerador} = \varepsilon \times I \quad \varepsilon \times I = U \times I + r \times I^2$$

$$P_{\acute{u}til} = U \times I$$

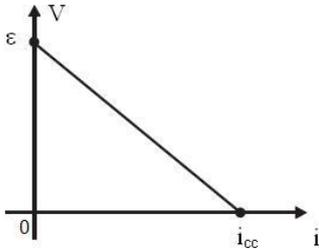
$$P_{diss} = r \times I^2$$

r – resistência interna

CURVA CARACTERÍSTICA DE UM GERADOR

$$U = \varepsilon - r \times I$$

$$Y = b + mx$$

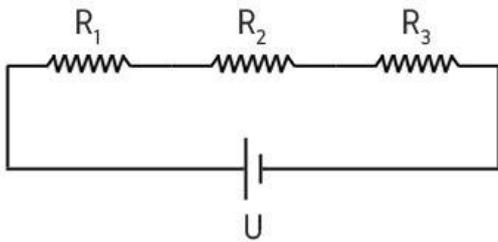


ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE E EM PARALELO

Em série:

$$I = I_1 = I_2 = I \dots$$

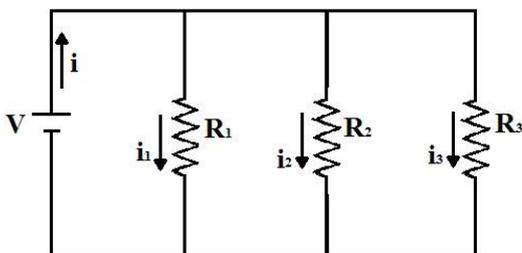
$$U = U_1 + U_2 + U \dots$$



Em paralelo:

$$U = U_1 = U_2 = U \dots$$

$$I = I_1 + I_2 + I \dots$$



ENERGIA, FENÓMENOS TÉRMICOS E RADIAÇÃO

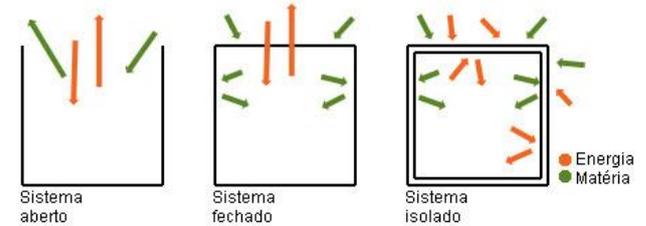
Sistema aberto: Troca de matéria e energia

Sistema fechado: Troca de energia e **não** de matéria

Sistema isolado: **Não** troca energia nem matéria

Sistema mecânico: Variações de energia interna **não** interessam

Sistema termodinâmico: Variações de energia interna interessam



TEMPERATURA: ESCALAS E EQUILÍBRIO TÉRMICO

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$$

$$\Delta T(K) = \Delta T(^{\circ}C)$$

ENERGIA TRANSFERIDA POR CALOR'

Corpo + quente transfere energia para o corpo + frio

Condução }
 Convecção } Exige contacto físico entre sistemas

Radiação \Rightarrow Não exige contacto físico entre sistemas

RADIAÇÃO E IRRADIÂNCIA

> temp \rightarrow + radiação emitida

< temp \rightarrow - radiação emitida

Capacidade de absorção de radiação depende:

- Tipo de radiação
- Caract. da sup.

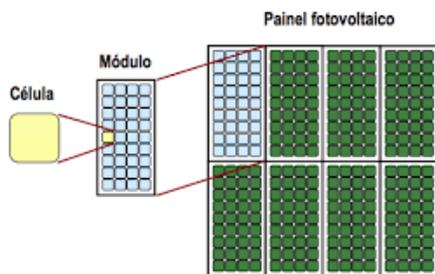
Melhor absorvedor \Rightarrow Melhor emissor

$$Er = \frac{E}{\Delta t \times A} = \frac{P}{A}$$

PAINEIS FOTOVOLTAÍCOS

O painel fotovoltaico é constituído por um conjunto de células fotovoltaicas associadas em série.

Para maximizar a potência fornecida tem de se ter em conta a sua orientação, inclinação face à horizontal e dimensão necessária.

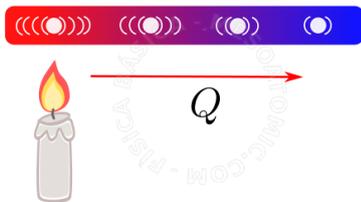


CONDUÇÃO TÉRMICA E CONVECÇÃO TÉRMICA

Condução: Transferência de energia por interações e colisões entre partículas.

Não há deslocação de matéria, apenas transferência de energia.

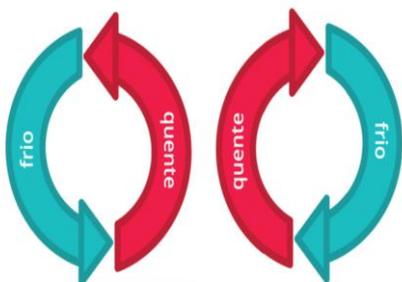
Quanto maior for a condutividade térmica de um material, melhor conductor este é.



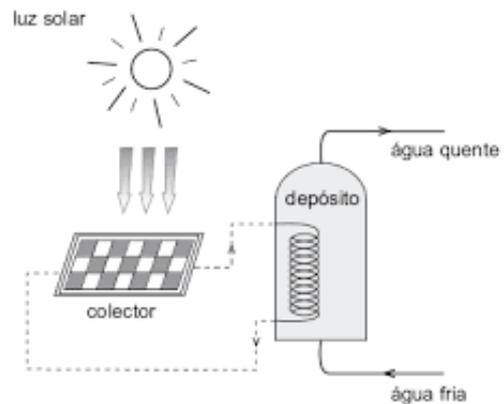
Convecção: É o mecanismo mais eficiente para a transferência de energia. Existe transporte de material

Quente → Menos denso

Frio → Mais denso



COLETORES SOLARES



Coletor solar constituído por:

Cobertura de vidro → Criação de efeito de estufa e redução de perdas de calor por convecção

Placa absorvedora → a) Chapa metálica coberta por uma cor escura para maximizar a absorção de radiação incidente; b) Chapa metálica transfere o calor para a tubagem através da condução, e esta transfere-o para o fluido circulante

Caixa (caixilho e fundo) → Isolada termicamente para diminuir as perdas de calor para o exterior

Fluido circulante aquecido na tubagem → Circula no sentido ascendente → Desloca-se para o reservatório de água → O fluido circulante transfere calor para a água lá contida → O fluido frio volta a entrar na parte interior da tubagem do coletor → E assim sucessivamente...

AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DE SISTEMAS

Capacidade térmica mássica: Variação de temp. sofrida irá depender do material de que é constituído o corpo. É característica do material.

Materiais \neq e = massa recebem = energia, o que tiver menor capac. térmica mássica sofrerá uma maior ΔT

Materiais \neq e = massa sofrerem = ΔT , o que tiver maior capac. térmica mássica terá que absorver + energia

$$E = m \times c \times \Delta T$$

$$c - J kg^{-1} K^{-1}$$

VARIAÇÃO DE ENTALPIA DE FUSÃO E VAPORIZAÇÃO

Se o material for uma **subst. pura**, a energia absorvida só tem esse fim, pelo que durante a mudança de estado físico **não há variação de temperatura**.

Se o material for uma **mistura de subst.**, durante a mudança de estado **irá ocorrer também uma variação de temperatura**.

Varição de entalpia (mássica) de transformação:

Reflete a quantidade de energia que uma subst. necessita de absorver ou libertar, a pressão constante, para provocar a mudança de estado físico de uma unidade de massa.

$$E = m \times \Delta h_{transf}$$

Absorção de energia: $\Delta h_{transf} > 0$

Libertação de energia: $\Delta h_{transf} < 0$

1ª LEI DA TERMODINÂMICA

- A energia total do Universo mantém-se constante.
- Sistema isolado → A Etotal não varia
U = constante ou $\Delta U = 0$

$$\Delta E_{sistema} = -\Delta E_{vizinhança}$$

$$\Delta U = Q + W$$

Q - Trocas de energia em forma de calor

W – Troca de energia em forma de trabalho

Absorção de energia → Sinal positivo (+)

Libertação de energia → Sinal negativo (-)

2ª LEI DA TERMODINÂMICA

Degradação da energia em qualquer processo físico. Os processos físicos ocorrem espontaneamente no sentido de degradação da energia, isto é, da diminuição de energia útil (↓ capacidade do sistema em realizar trabalho)

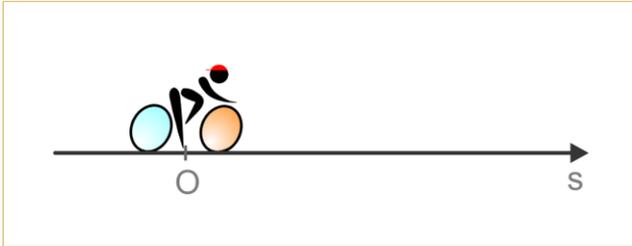
Num sistema isolado, a quantidade de energia útil nunca aumenta.

Contudo, o facto de a energia se degradar, não significa que deixe de existir, mantendo-se válida a Primeira Lei da Termodinâmica!

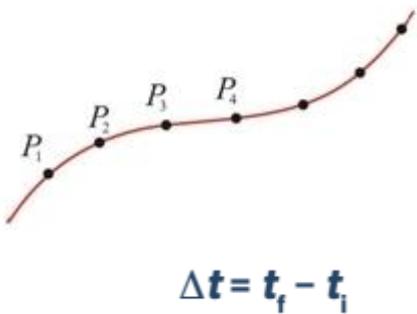
FÍSICA 11º ANO:

MOVIMENTOS: POSIÇÃO, TRAJETÓRIA E TEMPO

Retilínea:



Curvilínea:



GRÁFICOS POSIÇÃO-TEMPO

$x(t)$ é constante		A partícula não se move: repouso
$x(t)$ é crescente		A partícula move-se no sentido positivo da trajetória
$x(t)$ é decrescente		A partícula move-se no sentido negativo da trajetória
$x(t)$ tem valor nulo num dado instante		A partícula passa na origem do referencial
$x(t)$ tem valor máximo num dado instante		A partícula inverte o sentido (passa do positivo para o negativo)
$x(t)$ tem valor mínimo num dado instante		A partícula inverte o sentido (passa do negativo para o positivo)

DISTÂNCIA PERCORRIDA E DESLOCAMENTO

Distância percorrida, s : Comprimento da trajetória. Nunca é negativa ($s \geq 0$)

$s \uparrow$ no movimento, s constante no repouso.

Deslocamento, Δr : Variação da pos. Pode ser nulo e haver distância percorrida se o vetor deslocamento se anular

Componente escalar do deslocamento num mov. retilíneo:

$$\Delta x = x_f - x_i$$

Quando o deslocamento se realize no sentido oposto do sentido positivo dos eixos, a componente escalar do deslocamento vai ser negativa.

Portanto:

- A distância percorrida depende do tipo de trajetória
- O deslocamento não indica nada acerca da trajetória
- Num mov. curvilíneo, o módulo do deslocamento é sempre menor do que a distanc. percorrida.
- Mov. retilíneo:
 - $\Delta x = s \rightarrow$ sem inversão de sentido
 - $\Delta x < s \rightarrow$ com inversão de sentido

$$\Delta x > 0 \rightarrow x_f > x_i \rightarrow \Delta r \text{ sentido positivo (vetor)}$$

$$\Delta x < 0 \rightarrow x_f < x_i \rightarrow \Delta r \text{ sentido negativo (vetor)}$$

$$\Delta x = 0 \rightarrow x_f = x_i \rightarrow \Delta r \text{ nulo (vetor)}$$

Rapidez média

$$\text{rapidez média} = \frac{s}{\Delta t} \frac{m}{s}$$

Grandeza escalar: indica se o movimento é mais ou menos rápido, ou seja, se o corpo percorre maior ou menor distância num certo intervalo de tempo.

Velocidade média

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \frac{m}{s}$$

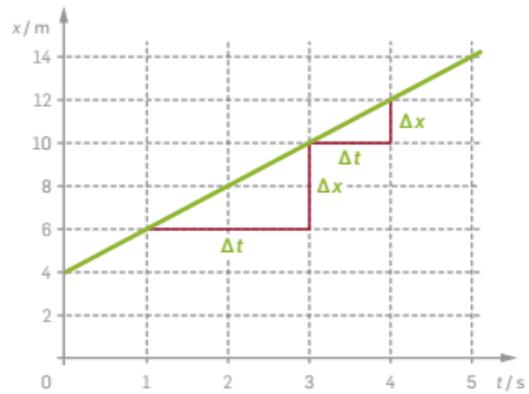
- Grandeza vetorial: indica se a variação de posição (deslocamento) é mais ou menos rápida.
- Vetor com a direção e o sentido do deslocamento.
- Num movimento retilíneo, a sua componente escalar é dada por:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

VELOCIDADE E GRÁFICOS POSIÇÃO-TEMPO

Velocidade, \vec{v}

- Define-se num instante.
- Tem as mesmas unidades da rapidez média e da velocidade média: a unidade SI é o metro por segundo ($m\ s^{-1}$).
- Representa-se por um vetor:
 - o sentido indica o sentido do movimento;
 - em cada ponto, a direção é tangente à trajetória;
 - o módulo da velocidade (símbolo v) indica a rapidez com que o corpo muda de posição:
 - se o módulo é constante, o movimento diz-se uniforme;
 - se o módulo é crescente, o movimento diz-se acelerado;
 - se o módulo é decrescente, o movimento diz-se retardado.



Declive da reta: Componente escalar da velocidade

Componente escalar na velocidade, v_x :

- $v_x > 0 \rightarrow$ Velocidade aponta no sentido positivo
- $v_x < 0 \rightarrow$ Velocidade aponta no sentido negativo

Num dado instante é igual ao declive da reta tangente ao gráfico posição-tempo, $x(t)$.

Quanto maior o declive, maior a velocidade.

Movimentos retilíneos

A velocidade pode ser constante ou variável, mas a sua direção mantém-se. Exemplos:

Velocidade constante (em direção, sentido e módulo): movimento retilíneo uniforme.	
Velocidade variável (o módulo é crescente): movimento retilíneo acelerado.	
Velocidade variável (o módulo é decrescente): movimento retilíneo retardado.	

Movimentos curvilíneos

A velocidade é sempre variável, pois a sua direção está sempre a variar. Exemplos:

Velocidade com módulo constante: movimento curvilíneo uniforme.	
Velocidade com módulo crescente: movimento curvilíneo acelerado.	
Velocidade com módulo decrescente: movimento curvilíneo retardado.	

Declive positivo	Declive negativo
$v_x > 0$: movimento no sentido positivo.	$v_x < 0$: movimento no sentido negativo.

Declive nulo:

$v_x = 0$ num instante que é máximo (como na figura) ou mínimo da função: o movimento passa de retardado para acelerado com inversão de sentido.	$v_x = 0$ num instante que não é um máximo ou mínimo da função: o movimento passa de retardado para acelerado sem inversão de sentido.
$v_x = 0$ num intervalo de tempo: repouso.	

GRÁFICOS VELOCIDADE-TEMPO

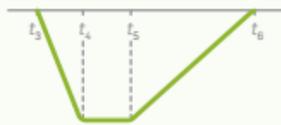
$v_x(t) > 0$:
movimento no sentido positivo



$v_x(t) = 0$ num instante:
inversão de sentido



$v_x(t) < 0$:
movimento no sentido negativo



$v_x(t) = 0$ num intervalo de tempo:
repouso

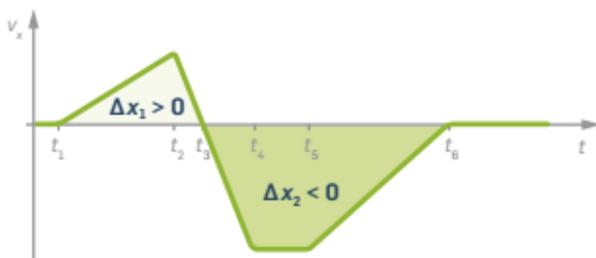


Gráfico velocidade-tempo

- Uma área acima do eixo horizontal indica um deslocamento positivo; uma área abaixo do eixo horizontal indica um deslocamento negativo.
- O deslocamento total pode obter-se a partir da soma de deslocamentos parcelares (as parcelas podem ser positivas ou negativas):

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots$$

- A distância percorrida, s , é igual:
 - ao módulo do deslocamento se não houver inversão de sentido: $s = |\Delta x|$;
 - à soma dos módulos dos deslocamentos no sentido positivo e no sentido negativo quando há inversão de sentido: $s = |\Delta x_{\text{sentido positivo}}| + |\Delta x_{\text{sentido negativo}}|$.

INTERAÇÕES FUNDAMENTAIS DA NATUREZA

Força gravítica

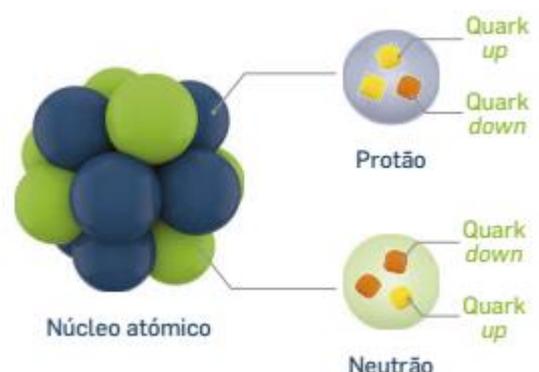
- Atua sobre todas as partículas existentes no Universo.
- É a mais fraca de todas as interações mas é intensa quando a massa dos corpos celestes é grande (como a de estrelas e planetas).
- Tem alcance infinito.
- É sempre atrativa.
- Permite interpretar, por exemplo:
 - a queda dos corpos à superfície de um planeta;
 - o fenómeno das marés na Terra;
 - a existência de atmosfera num planeta;
 - o movimento orbital dos planetas e dos satélites (naturais e artificiais);
 - a formação de planetas, estrelas e galáxias.

Força eletromagnética

- Atua sobre partículas carregadas.
- Pode ser atrativa ou repulsiva.
- Tem alcance infinito.
- É mais forte do que a força gravítica.
- Manifesta-se às escalas macroscópica e microscópica.
- Permite interpretar, por exemplo:
 - fenómenos elétricos e magnéticos do quotidiano;
 - a levitação de certos comboios de alta velocidade: comboios Maglev (*magnetic levitation*);
 - o funcionamento de aceleradores de partículas, como os do CERN (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear);
 - as ligações químicas (dentro das unidades estruturais e entre elas);
 - a formação de átomos (atração entre prótons e eletrões);
 - a emissão e a absorção de luz.

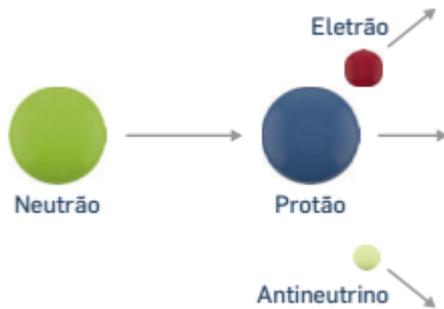
Força nuclear forte:

- É a mais forte de todas as interações
- Atua à escala do núcleo atômico
- Responsável pelas fortes ligações próton-próton, neutrão-neutrão e próton-neutrão, logo a existência dos núcleos existe por esta força
- Força forte entre prótons e neutrões tem origem na interação entre os quarks que constituem
- Explica a libertação de energia nas estrelas, pois há transformação de núcleos de hidrogénio em núcleos de hélio.



Força nuclear fraca:

- Interação com menor alcance
- Atua à escala dos constituintes do núcleo atómico, sendo mais fraca do que a força nuclear forte.
- Está na origem dos processos radioativos beta:



Força crescente: Força gravítica < Força e.m < F.n.fraca < F.n.forte

Alcance crescente: F.n.fraca < F.n.forte < Força gravítica e Força e.m

INTERAÇÃO GRAVÍTICA E LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

Lei da Gravitação Universal

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

Units: G is $N m^2 kg^{-2}$, m_1 and m_2 are kg , r is m .

Dois corpos atraem-se exercendo, um sobre o outro, forças de igual intensidade. Cada uma dessas forças é:

- diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos, m_1 e m_2 (supondo constante a distância, r , entre eles);
- inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os corpos, r^2 (supondo constantes as massas m_1 e m_2).

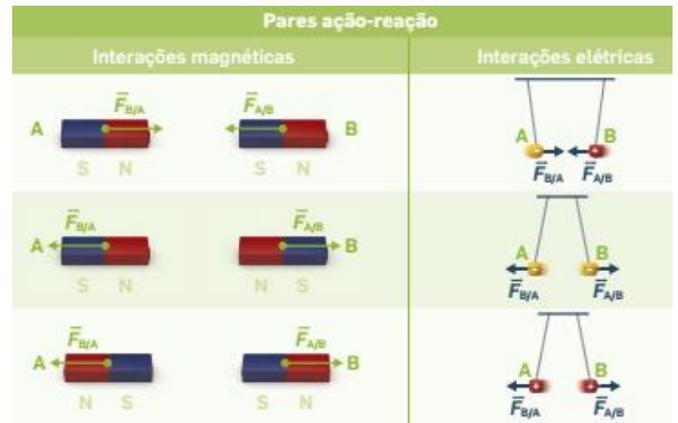
A constante G chama-se **constante da gravitação universal**. O seu valor é o mesmo em qualquer sítio do Universo:

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

r = altura satélite + raio Terra

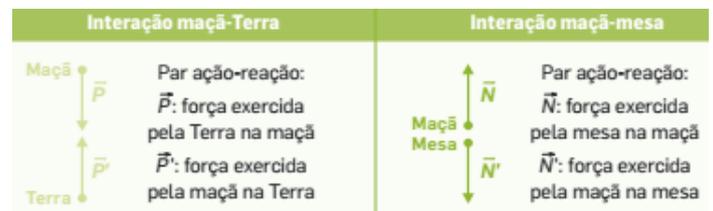
TERCEIRA LEI DE NEWTON, LEI AÇÃO-REAÇÃO

Se um corpo exerce uma força sobre outro, este exerce sobre o primeiro uma força de igual intensidade e direção mas de sentido oposto. O conjunto das duas forças designa-se por par ação reação.



Forças do par ação-reação

- Resultam de uma mesma interação.
- Têm a mesma direção mas sentidos opostos.
- Têm a mesma intensidade, mesmo que as massas dos corpos em interação sejam diferentes.
- Estão aplicadas em corpos diferentes e, por isso, os seus efeitos não se anulam.
- Pode chamar-se ação a uma força e reação à outra ou vice-versa.



EFEITO DAS FORÇAS SOBRE A VELOCIDADE

Componente da resultante das forças com a direção da velocidade, \vec{F}_x :
 faz variar o módulo da velocidade

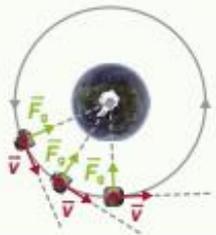
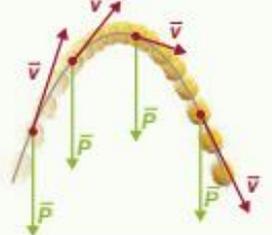
- se \vec{F}_x tiver o sentido da velocidade, o módulo da velocidade aumentará;
- se \vec{F}_x tiver sentido oposto ao da velocidade, o módulo da velocidade diminuirá.

Componente da resultante das forças com a direção perpendicular à velocidade, \vec{F}_y :
 faz variar a direção da velocidade.

\vec{F}_R e \vec{v} têm a mesma direção

<p>\vec{F}_R e \vec{v} têm o mesmo sentido</p> <p>O corpo move-se com movimento retilíneo, na direção e sentido da resultante das forças, aumentando o módulo da velocidade.</p> <p>Exemplo: movimento de um corpo lançado verticalmente para baixo.</p>	<p>\vec{F}_R e \vec{v} têm sentidos opostos</p> <p>O corpo move-se com movimento retilíneo, na direção da resultante das forças e sentido oposto, diminuindo o módulo da velocidade.</p> <p>Exemplo: movimento de um corpo lançado verticalmente para cima, durante a subida.</p>
--	---

A velocidade varia em módulo mas não em direção.

\vec{F}_g e \vec{v} têm direções diferentes	
\vec{F}_g e \vec{v} são perpendiculares	\vec{F}_g e \vec{v} não são perpendiculares
O corpo move-se com movimento curvilíneo, sem alterar o módulo da velocidade.	O corpo move-se com movimento curvilíneo, alterando o módulo e a direção da velocidade.
Exemplo: movimento da Lua (ou de um satélite artificial) em torno da Terra considerando a órbita circular.	Exemplo: movimento de um corpo lançado obliquamente para cima.
	
A velocidade varia em direção mas não em módulo.	A velocidade varia em direção e em módulo.

ACELERAÇÃO MÉDIA, ACELERAÇÃO E GRÁFICOS VELOCIDADE-TEMPO

Aceleração média, \vec{a}_m

- Mede a variação da velocidade por unidade de tempo, sendo definida por:

$$m s^{-2} \vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad m s^{-1} \quad \text{ou} \quad \vec{a}_m = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i}$$

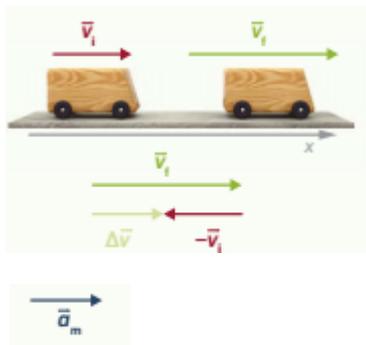
\vec{v}_f e \vec{v}_i : velocidade final e inicial, respetivamente, no intervalo de tempo Δt .

- Tem a direção e o sentido do vetor $\Delta \vec{v}$ (pois Δt é um escalar positivo).
- Num movimento retilíneo, sobre o eixo dos xx , a sua componente escalar é:

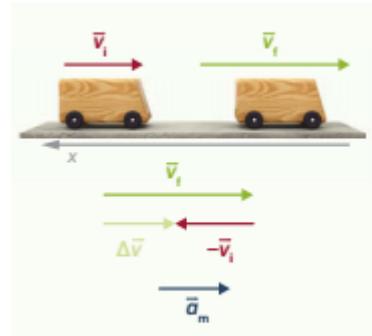
$$a_m = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{\Delta t}$$

- se $a_m > 0$: \vec{a}_m aponta no sentido positivo do eixo
- se $a_m < 0$: \vec{a}_m aponta no sentido negativo do eixo

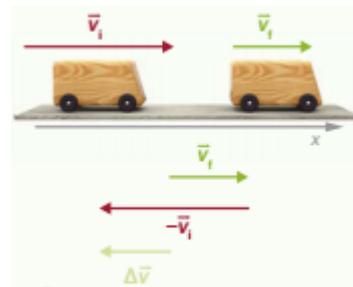
Movimento retilíneo acelerado no sentido positivo:



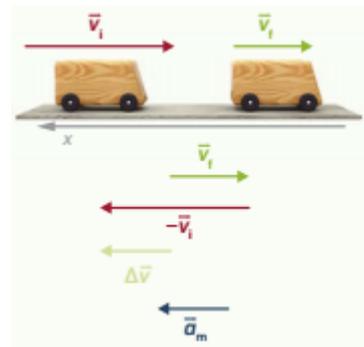
Movimento retilíneo acelerado no sentido negativo:



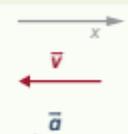
Movimento retilíneo retardado no sentido positivo:



Movimento retilíneo retardado no sentido negativo:



Aceleração e velocidade em movimentos retilíneos:

Movimento retilíneo acelerado	
\vec{a} e \vec{v} têm a mesma direção e sentido.	
Componentes escalares da velocidade e da aceleração: são ambas positivas ou ambas negativas.	
Movimento sobre o eixo dos xx :	
$v_x > 0$ e $a_x > 0$ Movimento acelerado no sentido positivo ($v_x > 0$)	$v_x < 0$ e $a_x < 0$ Movimento acelerado no sentido negativo ($v_x < 0$)
	

Movimento retilíneo retardado

\vec{a} e \vec{v} têm a mesma direção mas sentidos opostos.

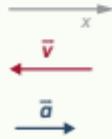
Componentes escalares da velocidade e da aceleração: se uma é positiva a outra é negativa.

Movimento sobre o eixo dos xx:

$v_x > 0$ e $a_x < 0$
Movimento retardado
no sentido positivo ($v_x > 0$)

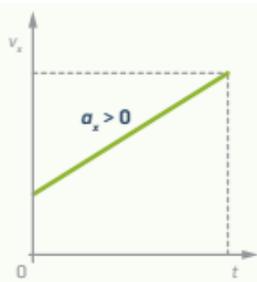


$v_x < 0$ e $a_x > 0$
Movimento retardado
no sentido negativo ($v_x < 0$)



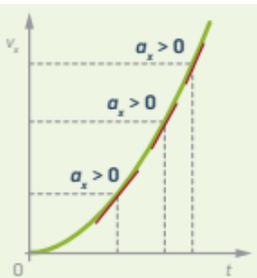
Grave: Corpo sujeito apenas à força gravítica

Queda livre: Mov. de um corpo sujeito apenas à força gravítica (mov. de um grave)



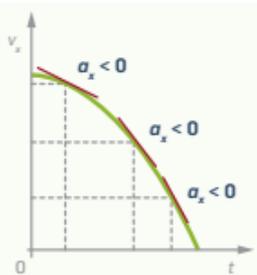
- v_x varia linearmente com o tempo; o declive da reta, igual a a_x , é sempre o mesmo: $a_x > 0$ e constante.
- O módulo da velocidade aumenta.
- $v_x > 0$: sentido positivo.

Movimento uniformemente acelerado no sentido positivo



- O declive das retas tangentes é positivo e aumenta: $a_x > 0$, mas a_x não é constante.
- O módulo da velocidade aumenta.
- $v_x > 0$: sentido positivo.

Movimento acelerado no sentido positivo



- O declive das retas tangentes é negativo e aumenta em valor absoluto: $a_x < 0$, mas a_x não é constante.
- O módulo da velocidade diminui.
- $v_x > 0$: sentido positivo.

Movimento retardado no sentido positivo

SEGUNDA LEI DE NEWTON

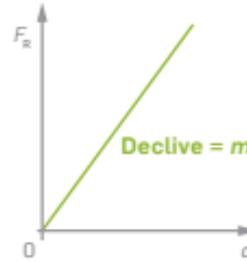
Segunda Lei de Newton ou Lei Fundamental da Dinâmica

- A resultante das forças, \vec{F}_R , exercidas num sistema de massa constante, m , e a aceleração, \vec{a} , do sistema relacionam-se por:

$$N \vec{F}_R = m \vec{a} \quad m \text{ s}^{-2}$$

kg

- \vec{F}_R tem a direção e o sentido de \vec{a} (pois m é um escalar positivo).
- Os módulos da resultante das forças, F_R , e da aceleração, a , são diretamente proporcionais, sendo m a constante de proporcionalidade: o gráfico «resultante das forças – aceleração» é uma reta que passa pela origem, com declive positivo e igual a m (maior m significa maior declive).



Inércia: Resistência à variação de velocidade. Será tanto maior quanto maior for a massa do corpo.

$$F_r = m \times a + 0$$

$$y = ax + b$$

$$\vec{F}_R = m \vec{a} \Rightarrow \begin{cases} F_{Rx} = m a_x \\ F_{Ry} = 0 \end{cases}$$

(movimento segundo o eixo dos xx)

Força horizontal a puxar um bloco num plano horizontal:

Forças aplicadas no centro de massa:



Resultante das forças:



Segunda Lei de Newton: $\vec{F}_R = m \vec{a}$

$$\begin{cases} F_{Rx} = m a \\ F_{Ry} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F - F_a = m a \\ N - P = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a = \frac{F - F_a}{m} \\ N = P \end{cases}$$

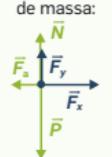
Força oblíqua a puxar um bloco num plano

horizontal:

Decomposição da força \vec{F} nas direções dos eixos dos xx e dos yy :



Forças aplicadas no centro de massa:



Resultante das forças:



Pela definição de seno e cosseno:
 $F_x = F \cos \theta$ e $F_y = F \sin \theta$
 Segunda Lei de Newton: $\vec{F}_R = m \vec{a}$

$$\begin{cases} F_{Rx} = m a \\ F_{Ry} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_x - F_a = m a \\ N + F_y - P = 0 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} F \cos \theta - F_a = m a \\ N + F \sin \theta - P = 0 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} a = \frac{F \cos \theta - F_a}{m} \\ N = P - F \sin \theta \end{cases}$$

PRIMEIRA LEI DE NEWTON

Primeira Lei de Newton ou Lei da Inércia

Se a resultante das forças exercidas num corpo for nula o corpo manterá a sua velocidade:

- se estiver em repouso permanecerá em repouso;
- se estiver em movimento permanecerá em movimento com velocidade constante, isto é, em movimento retilíneo uniforme.

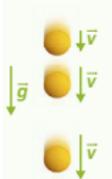
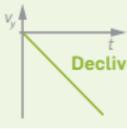
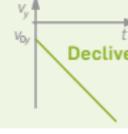
Resultante das forças nula:
 $F_R = 0$

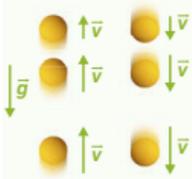
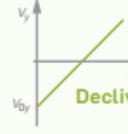
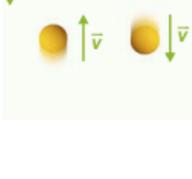
aceleração nula:
 $a = 0$

Se $v = 0$ (corpo em repouso):
continua em repouso.

Se $v \neq 0$ (corpo em movimento):
continua em movimento com a mesma velocidade.

MOVIMENTO RETILÍNEO DE QUEDA LIVRE

	Corpo deixado cair ($v_{0y} = 0$)	Corpo lançado verticalmente para baixo ($v_{0y} \neq 0$)
		
		

	Corpo lançado verticalmente para cima ($v_{0y} \neq 0$)
	
	

Equação das velocidades:

$$v_y = v_{0y} + a_y t$$

$a_y = g$ eixo dos yy descendente \downarrow

$a_y = -g$ eixo dos yy ascendente \uparrow

$$a_y = \frac{\Delta v_y}{\Delta t} \quad \Delta v_y = v_y - v_{0y}$$

MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO

Equação das velocidades:

$$v(t) = v_0 + a t \quad (SI)$$

Equação das posições / Lei do movimento:

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

Equações		Movimento retilíneo uniformemente variado: resultante das forças e aceleração constantes	
<p>Velocidade: $v(t) = v_0 + a t$</p> <p>Gráfico $v(t)$: reta com declive não nulo</p>	<p>Posição (sobre o eixo dos xx): $x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$</p> <p>Gráfico $x(t)$: parábola</p>	Uniformemente acelerado: velocidade e resultante das forças com igual direção e sentido.	Uniformemente retardado: velocidade e resultante das forças com igual direção mas sentidos opostos.
<p>$a > 0$ (declive positivo) $e v > 0$: A $a < 0$ (declive negativo) $e v < 0$: B</p>	<p>$a > 0$ (concavidade voltada para cima): A $a < 0$ (concavidade voltada para baixo): B</p>	<p>$a > 0$ (concavidade voltada para cima): A $a < 0$ (concavidade voltada para baixo): B</p>	<p>$a > 0$ (concavidade voltada para cima): A $a < 0$ (concavidade voltada para baixo): B</p>

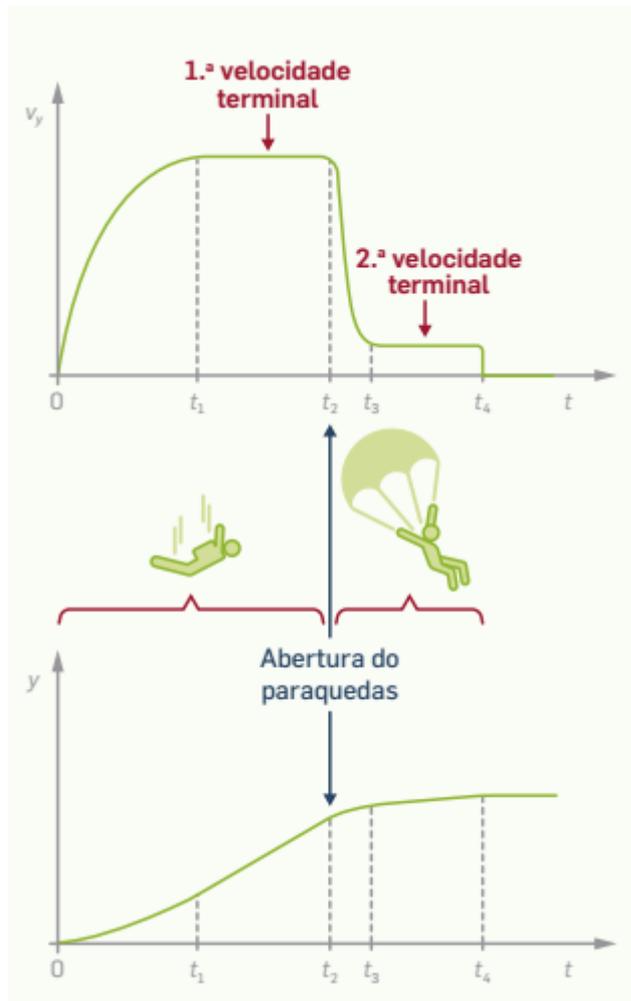
Movimento retilíneo de queda livre
 $y(t) = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ e $v(t) = v_0 + a t$

Lançamento para baixo	Lançamento para cima
<p>$y_0 = h$ $v_0 < 0$ $a = -g$</p>	<p>$y_0 = h$ $v_0 > 0$ $a = -g$</p>
<p>$y_0 = 0$ $v_0 < 0$ $a = g$</p>	<p>$y_0 = 0$ $v_0 > 0$ $a = g$</p>

MOVIMENTO RETILÍNEO DE QUEDA COM RESISTÊNCIA DO AR APRECIÁVEL

Antes da abertura do paraquedas:

<p>No início da queda a velocidade aumenta, assim como a resistência do ar. A intensidade da resistência do ar é inferior à do peso e, por isso, a resultante das forças tem o sentido do movimento. A resultante das forças vai diminuindo porque vai aumentando a resistência do ar. A aceleração vai diminuindo.</p>	<p style="text-align: center;">$P > R_{ar}$</p> <p>Movimento retilíneo acelerado: - velocidade aumenta - aceleração diminui</p>
<p>Devido ao aumento da resistência do ar, as intensidades do peso e da resistência do ar acabam por se igualar. A resultante das forças e a aceleração tornam-se nulas e a velocidade fica constante. Esta velocidade chama-se 1.ª velocidade terminal (é cerca de 200 km h⁻¹).</p>	<p style="text-align: center;">$P = R_{ar}$ $F_R = 0$</p> <p>Movimento retilíneo uniforme: - velocidade constante - aceleração nula</p>



Depois da abertura do paraquedas:

<p>Após se atingir a primeira velocidade terminal o paraquedas é aberto. Devido à sua forma, há um aumento brusco da resistência do ar, cuja intensidade fica maior do que a do peso. A resultante das forças passa a ter sentido oposto ao movimento, o que faz diminuir a velocidade. Por isso a resistência do ar começa a diminuir e o mesmo acontece com a resultante das forças e a aceleração. O intervalo de tempo desta fase do movimento é muito mais pequeno do que a duração total do movimento.</p>	<p style="text-align: center;">$P < R_{ar}$</p> <p>Movimento retilíneo retardado: - velocidade diminui - aceleração diminui</p>
<p>Por causa da diminuição da resistência do ar, as intensidades do peso e da resistência do ar acabam por se igualar. A resultante das forças e a aceleração tornam-se nulas novamente e a velocidade fica constante. Esta velocidade chama-se 2.ª velocidade terminal (é cerca de 20 km h⁻¹ ou menos).</p>	<p style="text-align: center;">$P = R_{ar}$ $F_R = 0$</p> <p>Movimento retilíneo uniforme: - velocidade constante - aceleração nula</p>

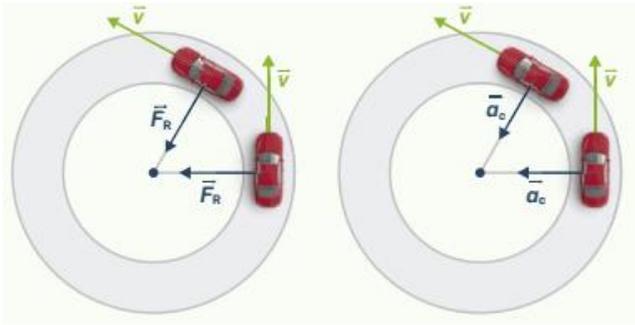
MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME:

$v(t) = v_0 + a t$ se $a = 0 \rightarrow v(t) = v_0$
 $x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ se $a = 0 \rightarrow x(t) = x_0 + v_0 t$ ou $x(t) = x_0 + v t$

Movimento retilíneo uniforme: resultante das forças e aceleração nulas.

<p>Velocidade: $v(t) = v_0 = \text{constante}$ Gráfico $v(t)$: reta horizontal</p>	<p style="text-align: center;">$v > 0$</p>	<p style="text-align: center;">$v < 0$</p>
<p>Posição (sobre o eixo dos xx): $x(t) = x_0 + v t$ Gráfico $x(t)$: reta com declive não nulo</p>	<p style="text-align: center;">$v > 0$: declive positivo</p>	<p style="text-align: center;">$v < 0$: declive negativo</p>

MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME



Grandezas	Direção	Sentido	Módulo
Velocidade	Tangente à trajetória em cada ponto	O do movimento	Constante
Aceleração (aceleração centrípeta)	Radial (perpendicular à velocidade)	Aponta para o centro da trajetória (por isso se diz centrípeta)	Constante
Resultante das forças (força centrípeta)	Radial (perpendicular à velocidade)	Aponta para o centro da trajetória (por isso se diz centrípeta)	Constante

Módulo da velocidade angular, ω

Ângulo descrito (em radianos) por unidade de tempo; unidade SI: rad s^{-1} .

$$\text{rad s}^{-1} \quad \omega = \frac{\theta \text{ rad}}{\Delta t \text{ s}}$$

Para uma rotação completa, $\theta = 2\pi$ e $\Delta t = T$, e então:

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

Ou, como o período é o inverso da frequência:

$$\omega = 2\pi f$$

$$\text{rapidez média} = \frac{s}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v = \omega r$$

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

$$a_c = \omega^2 r$$

$$a_c - \text{m/s}^2 \quad T - \text{s} \quad f - \text{Hz}$$

Movimento circular uniforme

Módulo da velocidade	Módulo da aceleração centrípeta	Módulo da resultante das forças (força centrípeta)
$v = \omega r$	$a_c = \frac{v^2}{r}$	$F_R = m \frac{v^2}{r}$

$$F_R = m a \Leftrightarrow F_g = m a_c \Leftrightarrow G \frac{m_T m}{r^2} = m \frac{v^2}{r}, \text{ ou seja,}$$

$$v = \sqrt{\frac{G m_T}{r}}$$

$$F_R = m a \Leftrightarrow F_g = m a_c \Leftrightarrow G \frac{m_T m}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Leftrightarrow G \frac{m_T}{r} = v^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow G \frac{m_T}{r} = (\omega r)^2 \Leftrightarrow G \frac{m_T}{r} = \omega^2 r^2 \Leftrightarrow G \frac{m_T}{r^3} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2, \text{ ou seja,}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G m_T}}$$

ONDAS TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS E ONDAS MECÂNICAS E ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Onda: propagação de um sinal. Há transferência de energia mas não há transporte de material

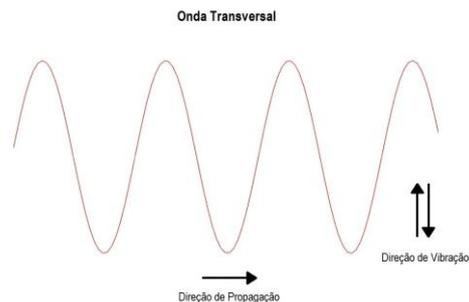
Pulso: Sinal de curta duração

Módulo da velocidade de propagação de uma onda

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

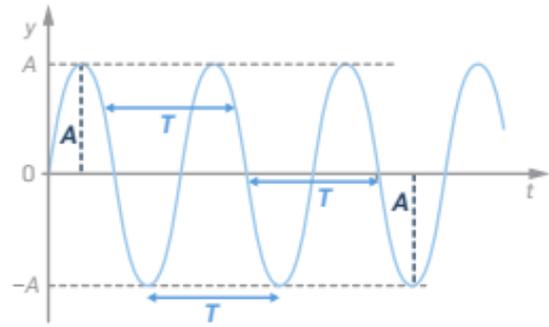
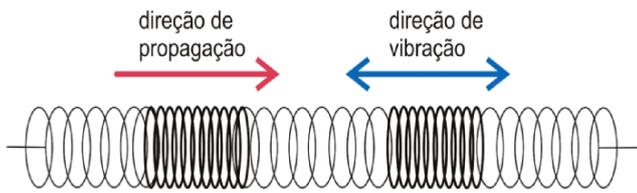
Onda transversal

Direção de propagação \perp Direção de oscilação



Onda longitudinal

↪ Direção de propagação = Direção de oscilação



Classificação das ondas:

Quanto ao modo de propagação	
Ondas transversais	Ondas longitudinais
A direção de propagação é perpendicular à direção de oscilação.	A direção de propagação coincide com a direção de oscilação.
Exemplos: ondas eletromagnéticas (luz), ondas numa corda, ondas sísmicas S.	Exemplos: ondas sonoras em fluidos, ondas numa mola esticada, ondas sísmicas P.

Quanto à sua natureza	
Ondas mecânicas	Ondas eletromagnéticas
Necessitam de um meio material para se propagarem. Resultam de sinais mecânicos: oscilações que alteram a posição, densidade, pressão, etc.	Não necessitam de um meio material para se propagarem; propagam-se em meios materiais e no vazio. Resultam de sinais eletromagnéticos: oscilações de cargas elétricas.
Exemplos: ondas na água, ondas sísmicas, ondas numa corda, ondas numa mola, ondas sonoras.	Exemplos: luz (visível e não visível).

Onda persistente: Produzida por um sinal de longa duração

PERIODICIDADE TEMPORAL E ESPACIAL DE UMA ONDA. ONDAS HARMÔNICAS E COMPLEXAS

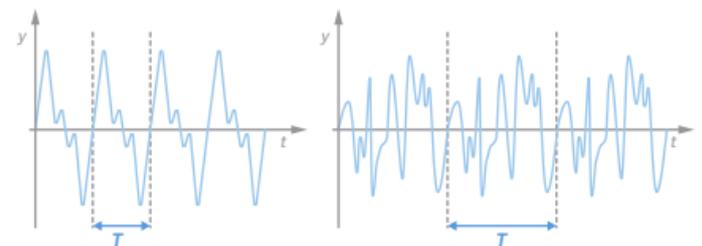
Onda periódica: Propagação do mesmo sinal produzido em intervalos de tempo iguais, isto é, de um sinal periódico. Caract. repetem-se no espaço e no tempo.

Período: Tempo de oscilação completa

Amplitude: Valor máximo da grandeza y

Frequência: Número de oscilações por unidade de tempo.

$$\text{Hz } f = \frac{1}{T} \text{ s}$$



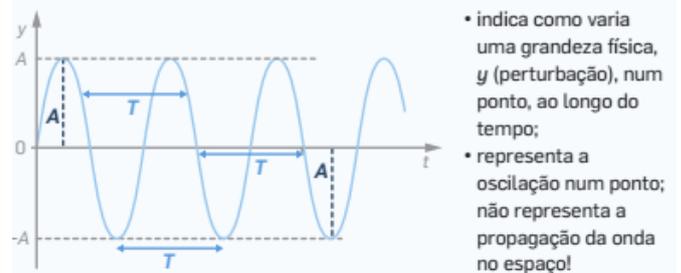
Sinais harmônicos:

São descritos por funções sinusoidais, por exemplo

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

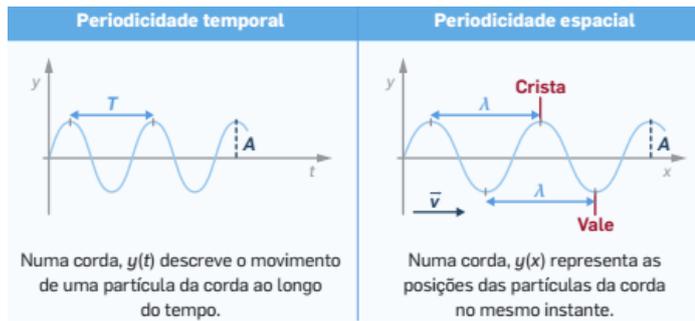
- y : grandeza que varia, em cada ponto do meio; exemplos: posição, densidade, pressão, tensão elétrica, corrente elétrica, etc.;
- A : amplitude de oscilação (módulo do valor máximo de y);
- ω : frequência angular, expressa em rad s^{-1} , relacionada com a frequência por $\omega = 2\pi f$ e com o período por $\omega = \frac{2\pi}{T}$;
- o ângulo ωt exprime-se em rad.

Representação gráfica:



- indica como varia uma grandeza física, y (perturbação), num ponto, ao longo do tempo;
- representa a oscilação num ponto; não representa a propagação da onda no espaço!

Periodicidade temporal vs espacial:

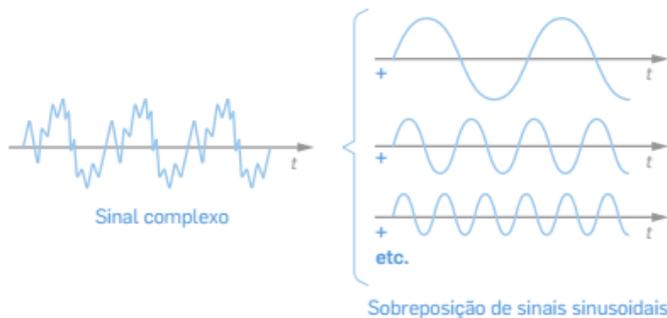


Módulo da velocidade de propagação de uma onda

$$m\ s^{-1} \quad v = \lambda f \quad Hz$$

- Depende das características do meio e pode depender da frequência.
- Se for constante num determinado meio, o comprimento de onda e a frequência serão inversamente proporcionais.
- A velocidade máxima de propagação de um sinal é a velocidade da luz no vácuo: $3,00 \times 10^8\ m\ s^{-1}$.

Sinal complexo: Não são descritos por uma só função harmónica, mas sim por uma sobreposição de funções harmónicas.



Energia de um sinal harmónico: Aumenta com a amplitude e com a frequência do sinal.

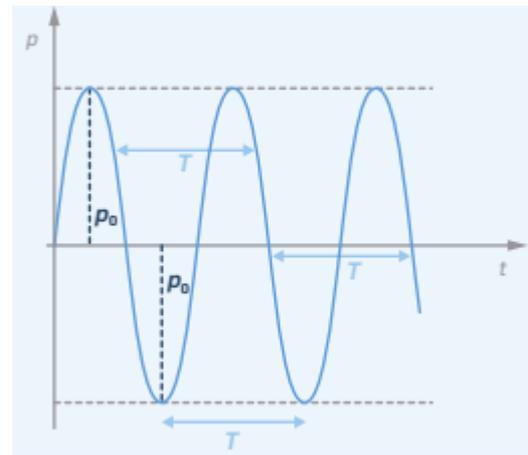
O SOM COMO ONDA DE PRESSÃO:

Diapasão: Produz um sinal sono sinusoidal que origina um som puro.

Sinal sonoro sinusoidal (ou harmónico)

$$p(t) = p_0 \sin(\omega t)$$

- p : pressão num ponto, em relação a uma pressão de referência (no ar, é a pressão atmosférica); a unidade SI é o pascal (Pa);
- p_0 : amplitude (no ar, é vários milhares de vezes inferior à pressão atmosférica);
- ω : frequência angular.
A função $p(t)$ evidencia a periodicidade temporal da onda sonora num dado ponto do meio.
Não representa a propagação da onda no espaço!



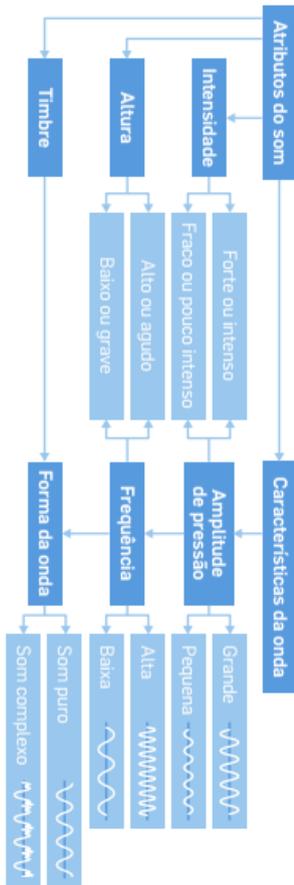
Onda sonora no espaço:



- A distância entre duas zonas consecutivas de compressão, ou de rarefação, é igual ao comprimento de onda.
- A onda sonora é longitudinal: a direção de propagação coincide com a direção de vibração.
- A função $p(x)$ indica a pressão, p , em relação à pressão atmosférica, em função da distância, x , à fonte emissora, num dado instante. Evidencia a periodicidade espacial da onda. Os valores máximos e mínimos correspondem, respetivamente, às zonas de máxima compressão e às zonas de máxima rarefação.

Partículas mais juntas → Velocidade do som maior

Atributos do som:



Sinal elétrico num osciloscópio:

$$U(t) = U_{\max} \sin(\omega t).$$

Microfone: Converte um sinal sonoro num sinal elétrico com as mesmas características:
= frequência, amplitude proporcional à intensidade do som.

Altifalante: Converte um sinal elétrico em um sinal sonoro.

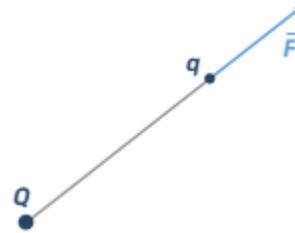
CARGA ELÉTRICA E CAMPO ELÉTRICO

Corpo eletricamente neutro: $+e = -e$

$+e \rightarrow$ próton $-e \rightarrow$ eletrão

Ganha eletrões: recebe $-e$, logo eletrizado negativamente

Perde eletrões: cede $-e$, logo eletrizado positivamente.



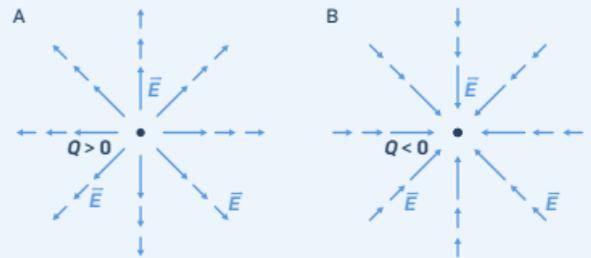
Cargas de sinais iguais \rightarrow Força repulsiva

Carga elétrica, Q (ou q)

- A unidade SI é o coulomb (C).
- Corpo eletricamente neutro: possui igual número de prótons e de eletrões.
- Corpo eletrizado: positivamente ($Q > 0$) se tiver mais prótons do que eletrões; negativamente ($Q < 0$) se tiver mais eletrões do que prótons.
- Carga elétrica de um corpo: o seu módulo é um múltiplo da carga elementar, ou seja, $|Q| = n e$, sendo $e = 1,602 \times 10^{-19}$ C.
- Princípio da Conservação da Carga Elétrica: a carga elétrica (soma de todas as cargas) de um sistema isolado é constante.

Sentido das linhas de campo elétrico: Carga positiva para a carga negativa.

Campo elétrico, \vec{E} , produzido num ponto do espaço por uma carga pontual Q



Direção de \vec{E} : radial (a da linha que une o ponto à carga).

Sentido de \vec{E} : aponta para a carga se $Q < 0$ e no sentido contrário se $Q > 0$.

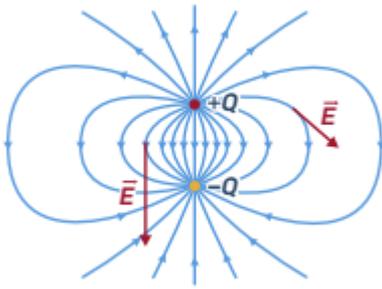
Intensidade (módulo) de \vec{E} :

- Aumenta quando aumenta o módulo da carga que cria o campo.
- Diminui quando aumenta a distância do ponto à carga.

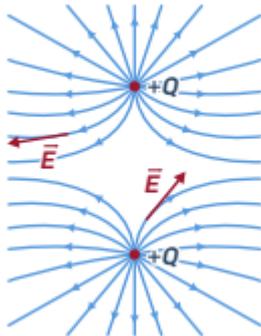
Linhas de campo elétrico produzido por uma ou mais cargas

- Linhas imaginárias que partem de cargas positivas e apontam para as cargas negativas.
- Nunca se cruzam.
- O vetor campo elétrico, \vec{E} , em cada ponto do espaço, é tangente à linha de campo que passa por esse ponto e tem o sentido dessa linha.
- A intensidade do campo elétrico, \vec{E} , será tanto maior quanto maior for a densidade das linhas de campo.

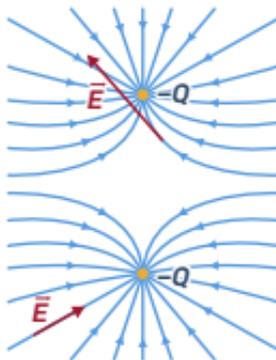
Cargas simétricas



Cargas iguais positivas

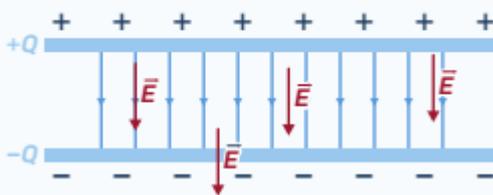


Cargas iguais negativas



Campo elétrico uniforme:

Campo elétrico uniforme



- É constante numa certa região do espaço: tem a mesma intensidade, direção e sentido em todos os pontos dessa região.
- É representado por linhas de campo retíneas, paralelas, com o mesmo sentido e igualmente espaçadas.

<p>Se $q > 0$: a força exercida sobre a partícula tem a direção e o sentido do campo elétrico.</p>	<p>Se $q < 0$: a força exercida sobre a partícula tem a direção do campo elétrico mas sentido oposto.</p>

CAMPO MAGNÉTICO

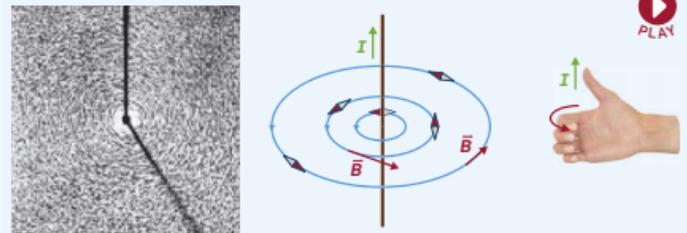
N → +

S → -

Linhas de campo magnético

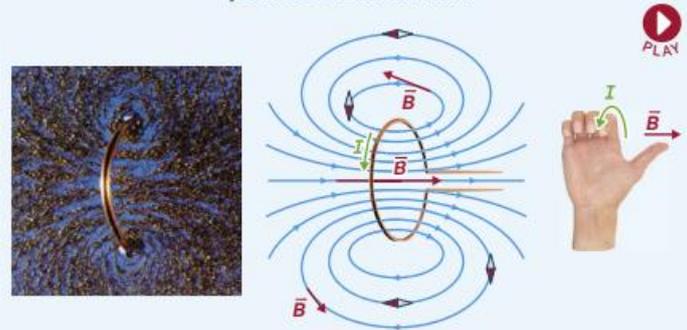
- Linhas imaginárias fechadas que nunca se cruzam.
- O vetor campo magnético, \vec{B} , em cada ponto do espaço, é tangente à linha de campo que passa por esse ponto e tem o sentido dessa linha.
- A intensidade do campo magnético, \vec{B} , será tanto maior quanto maior for a densidade das linhas de campo.

Campo magnético criado por um fio retilíneo longo percorrido por uma corrente elétrica

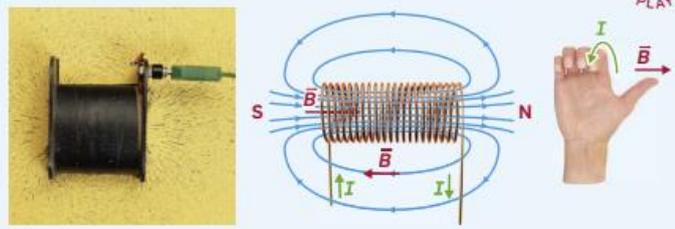


- As linhas de campo são circunferências em planos perpendiculares ao fio e centradas neste.
- O sentido das linhas de campo é dado pela regra da mão direita.
- O campo magnético \vec{B} tem a mesma intensidade em pontos situados à mesma distância do fio (sobre a mesma linha de campo).
- O campo magnético \vec{B} num ponto será tanto mais intenso quanto maior for a corrente elétrica e quanto menor for a distância do ponto ao fio.

Campo magnético criado por uma espira circular percorrida por uma corrente elétrica



Campo magnético criado por uma bobina percorrida por uma corrente elétrica



Bobina: Fio condutor enrolado com forma de um cilindro.

Solenóide: Bobina longa.

INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

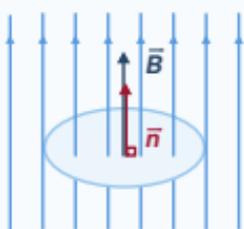
Fluxo do campo magnético, Φ

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

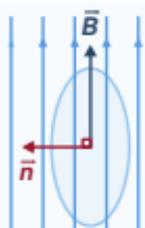
Wb T m²

B – intensidade do campo magnético;
 A – área da superfície;
 α – ângulo entre o campo magnético \vec{B} e um vetor perpendicular à superfície, \vec{n} .

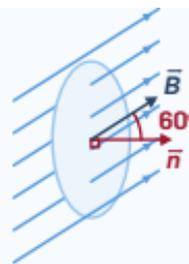
O módulo do fluxo magnético Φ aumentará: se aumentar a intensidade do campo, B ; se aumentar a área, A ; se aumentar $\cos \alpha$, ou seja, se diminuir o ângulo α (considerando ângulos agudos).



Superfície perpendicular às linhas de campo: $\alpha = 0^\circ$
 $\Phi = B A \cos 0^\circ = B A$
O fluxo magnético é máximo.



Superfície paralela às linhas de campo: $\alpha = 90^\circ$
 $\Phi = B A \cos 90^\circ = 0$
O fluxo magnético é nulo:
 não há linhas de campo a atravessar a superfície.



O vetor unitário perpendicular ao plano da espira faz 60° com as linhas de campo:
 $\alpha = 60^\circ$
 $\Phi = B A \cos 60^\circ = \frac{B A}{2}$

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

O fluxo aumenta quanto maior for o número de espiras.

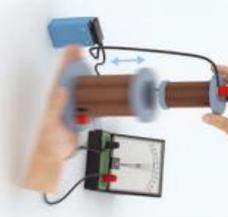
O galvanômetro não registra passagem de corrente elétrica.

Iman em repouso em relação à bobina

O porteiro do galvanômetro move-se ora num sentido ora noutro, conforme há aproximação ou afastamento, indicando passagem de corrente. O sentido da corrente depende do sentido do movimento.

Iman aproxima-se ou afasta-se da bobina

Bobina aproxima-se ou afasta-se do iman

<p>O galvanômetro não regista passagem de corrente elétrica.</p>		<p>Circuito com gerador em repouso em relação à bobina</p>
<p>O ponteiro do galvanômetro move-se ora num sentido ora noutro, conforme há aproximação ou afastamento, indicando passagem de corrente. O sentido da corrente depende do sentido do movimento.</p>		<p>Circuito com gerador a mover-se em relação à bobina</p>
<p>O ponteiro do galvanômetro move-se ora num sentido ora noutro, conforme há aproximação ou afastamento, indicando passagem de corrente. O sentido da corrente depende do sentido do movimento.</p>		<p>Bobina a mover-se em relação ao circuito com gerador</p>

$$|\Delta\phi| = |B_f A - B_i A|$$

Portanto: $|\Delta\phi| = A|B_f - B_i|$

$$P = U I$$

P constante, logo $U > e | I <$

Um transformador é constituído por:

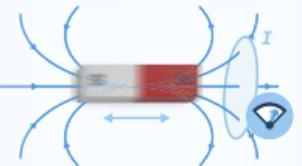
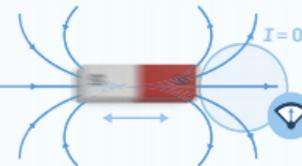
- Núcleo de ferro – onde se enrolam fios condutores (bobinas) e se produz um campo magnético (é laminado para reduzir a energia dissipada por efeito Joule); o núcleo faz aumentar o campo magnético;
- Primário – bobina percorrida por corrente elétrica alternada que produz um campo magnético variável;
- Secundário – bobina onde surge uma corrente induzida alternada, devido à variação do fluxo do campo magnético criado no primário.

Quanto maior for o número de espiras da bobina, maior será a diferença de potencial nos seus terminais. A relação entre a tensão no primário e no secundário é dada pela seguinte expressão:

$$\frac{U_p}{N_p} = \frac{U_s}{N_s}$$

- U_p – diferença de potencial elétrico nos terminais do primário (tensão de entrada);
- U_s – diferença de potencial elétrico nos terminais do secundário (tensão de saída);
- N_p – número de espiras do primário;
- N_s – número de espiras do secundário.

Transformador: eleva ou reduz a diferença de potencial elétrico (tensão), U .

	
<p>Linhas de campo magnético perpendiculares ao plano da espira: há variação do fluxo do campo magnético e há corrente elétrica na espira.</p>	<p>Linhas de campo magnético paralelas ao plano da espira: não há fluxo do campo magnético e não há corrente elétrica na espira.</p>

Indução eletromagnética

Criação de uma corrente elétrica induzida, I_p , num circuito fechado que delimita uma superfície através da qual há um fluxo variável de campo magnético.

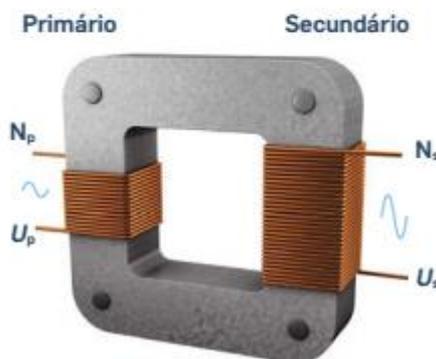
Se a área dessa superfície se mantiver constante, o fluxo de campo magnético, $\Phi = B A \cos \alpha$, variará no tempo se mudar:

- o campo magnético. Exemplos: movimento relativo entre a fonte de campo magnético e o circuito onde se induz a corrente; circuito percorrido por corrente elétrica variável perto do circuito onde se induz a corrente; etc.
- a orientação do plano da(s) espira(s) onde se induz a corrente em relação às linhas de um campo magnético que não varia no tempo. Exemplo: bobina em rotação num campo magnético uniforme.

Lei de Faraday

A força eletromotriz induzida média, ϵ_p , será tanto maior quanto maior for a variação do fluxo do campo magnético por unidade de tempo; o seu módulo é dado por:

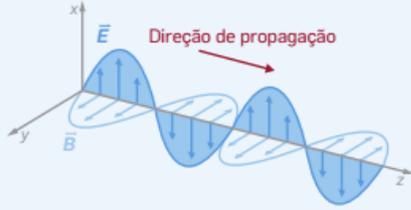
$$|\epsilon_i| = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \frac{Wb}{s}$$



PRODUÇÃO E PROPAGAÇÃO DE ONDAS E.M.. ESPECTRO E.M

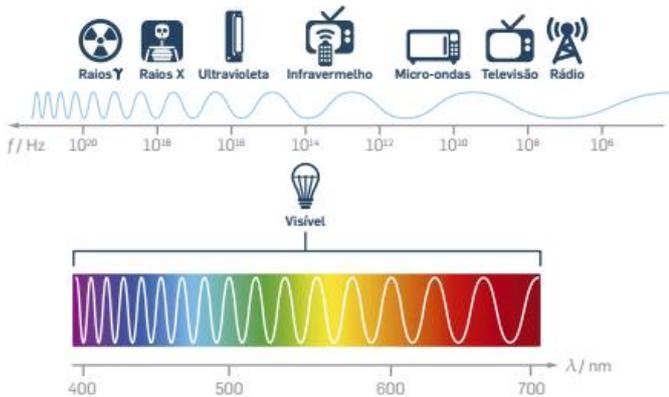
Onda eletromagnética (luz)

- Uma carga elétrica oscilante produz campos elétricos e magnéticos variáveis.
- Esses campos elétricos e magnéticos propagam-se no espaço como uma onda.
- As direções de oscilação dos campos elétrico e magnético, que são perpendiculares entre si, são também perpendiculares à direção de propagação da onda; é por isso que a onda se diz transversal.
- A frequência da onda eletromagnética é igual à frequência de oscilação da carga elétrica.



$> \lambda \text{ logo } < f$

$< \lambda \text{ logo } > f$



Repartição da energia de uma onda eletromagnética

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

Material transparente a uma certa onda eletromagnética: transmite essa onda (deixa-se atravessar por ela). Se isso não acontecer diz-se **opaco** a essa onda.

Albedo: de um planeta é a percentagem de luz solar refletida por um planeta (O da Terra é de 30%)

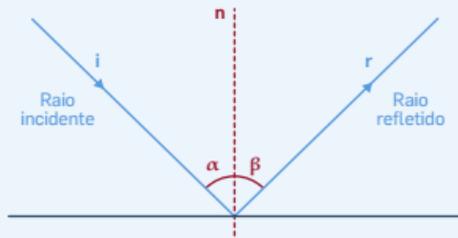
Atmosfera: é opaca à radiação ionizante, o que permite vida na Terra. É transparente às ondas de rádio e a micro-ondas de certas frequências, o que possibilita comunicações, designadamente por satélite.

Radiação ionizante: como as suas frequências são mais elevadas do que as da luz visível, os seus fótons têm energia elevada, provocando ionizações.

REFLEXÃO DA LUZ

Leis da Reflexão da luz

1. O raio incidente (i), a normal à superfície no ponto de incidência (n) e o raio refletido (r) estão no mesmo plano.
2. O ângulo de incidência (α) e o ângulo de reflexão (β) são iguais.



α – ângulo de incidência (formado pelo raio incidente e pela normal no ponto de incidência);

β – ângulo de reflexão (formado pelo raio refletido e pela normal no ponto de incidência).

Onda refletida: tem a mesma frequência, velocidade e comprimento de onda da onda incidente, embora seja menos intensa.

REFRAÇÃO DA LUZ

Refração de uma onda eletromagnética

Desvio da direção de propagação da onda ao passar de um meio para outro, em consequência da diferente velocidade de propagação nos dois meios. Quanto maior for essa diferença de velocidades, maior será o desvio.

Índice de refração de um meio para uma onda eletromagnética, n

Razão entre a velocidade de propagação da onda eletromagnética no vácuo, c , e a velocidade de propagação da onda nesse meio, v :

$$n = \frac{c}{v}$$

- Não tem unidades (grandeza adimensional): é uma razão entre velocidades.
- É maior do que 1 em materiais comuns (vidro, água, plástico), pois c é a velocidade máxima de propagação; no ar é aproximadamente igual a 1 pois $v_{\text{ar}} \approx c$.
- Como c é constante, o produto $n v$ é constante: n e v são inversamente proporcionais (quanto maior for o índice de refração menor será a velocidade de propagação da onda).

$$v = \lambda f \rightarrow \begin{cases} v_1 = \lambda_1 f \\ v_2 = \lambda_2 f \end{cases} \text{ e como } v_1 \neq v_2, \text{ então } \lambda_1 \neq \lambda_2$$

Como $n = \frac{c}{v} \Leftrightarrow c = n v$, vem

$$n_1 v_1 = n_2 v_2$$

E, uma vez que $v = \lambda f$, vem $n_1 v_1 = n_2 v_2 \Leftrightarrow n_1 \lambda_1 f = n_2 \lambda_2 f$, ou seja,

$$n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2 \rightarrow \text{se } n_1 < n_2 \rightarrow \lambda_1 > \lambda_2$$

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

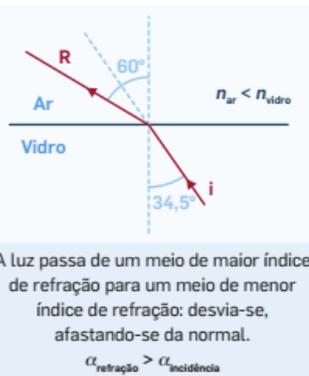
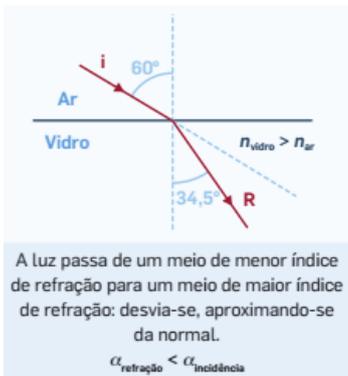
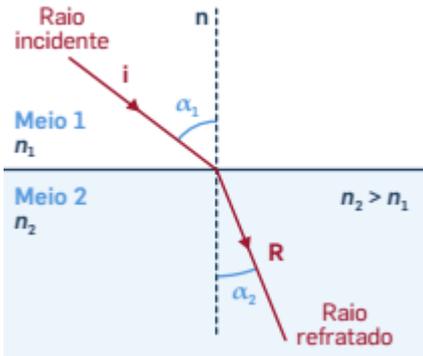
Leis da Refração (Leis de Snell-Descartes)

1. O raio incidente (i) na superfície de separação de dois meios, a normal à superfície no ponto de incidência (n) e o raio refratado (R) estão no mesmo plano.
2. Os índices de refração n_1 e n_2 , o ângulo de incidência, α_1 , e o ângulo de refração, α_2 , relacionam-se por

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

O ângulo de incidência é formado pelo raio incidente e pela normal no ponto de incidência; o ângulo de refração é formado pelo raio refratado e pela normal no ponto de incidência.

Se $\alpha_1 = 0^\circ$ (incidência perpendicular), $\alpha_2 = 0^\circ$: não há desvio da luz.



Aproxima-se da normal → ar – meio

Afasta-se da normal → meio-ar

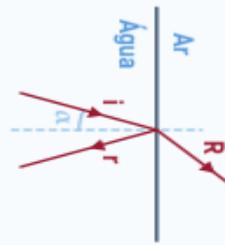
REFLEXÃO TOTAL DA LUZ

$n >$ para $<$

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 \Leftrightarrow n_1 \sin \alpha_{\text{lim}} = n_2 \sin 90^\circ, \text{ ou seja, } \sin \alpha_{\text{lim}} = \frac{n_2}{n_1}$$

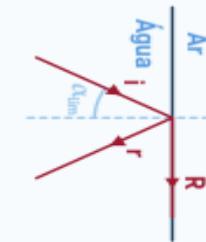
Quando a luz passa para um meio com menor índice de refração, afasta-se da normal.

Se $\alpha < \alpha_{\text{lim}}$ ocorre refração.



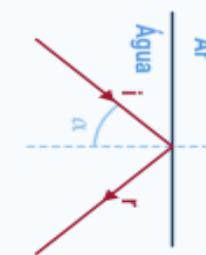
a luz passa para o segundo meio a rasar a superfície de separação: o ângulo de refração é 90° .

Se $\alpha = \alpha_{\text{lim}}$



não ocorre refração mas reflexão total.

Se $\alpha > \alpha_{\text{lim}}$



Reflexão total da luz

(Ocorre quando):

- A luz incide na superfície de separação meio 1-meio 2 e o índice de refração do meio 1 é superior ao do meio 2: $n_1 > n_2$.
- O ângulo de incidência é superior ao ângulo limite, $\alpha > \alpha_{\text{lim}}$, sendo o ângulo limite obtido pela expressão $\sin \alpha_{\text{lim}} = \frac{n_2}{n_1}$.

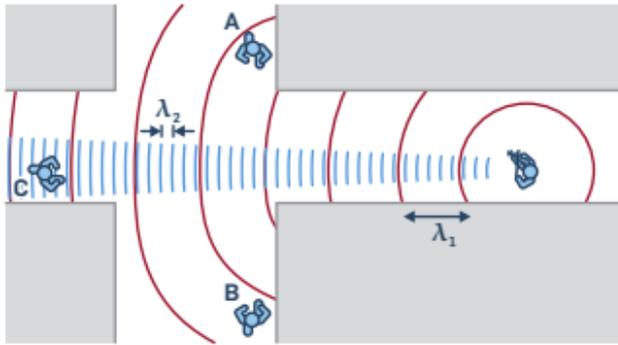
Núcleo cilíndrico (vidro, plástico ou outro isolante), cujo diâmetro pode ser como o de um cabelo, onde a luz se propaga sofrendo múltiplas reflexões. É feito de um material de elevada transparência, baixa capacidade de absorção e elevado índice de refração.



Uma aplicação da reflexão total é a **fibra ótica**. A luz incide numa ponta da fibra e propaga-se ao longo desta, sofrendo sucessivas reflexões no interior, aparecendo na outra ponta quase sem atenuação (**Fig. 26**). Uma fibra ótica tem três partes (**Fig. 27**):

As fibras óticas são flexíveis mas os ângulos de incidência na fronteira núcleo-casca nunca são inferiores ao ângulo crítico, pelo que só há reflexão total.

DIFRAÇÃO DA LUZ

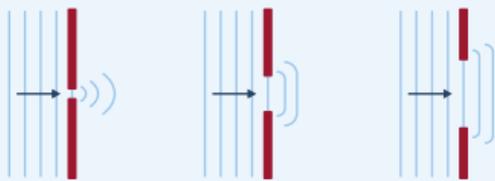


Difração de uma onda

Uma onda sofre desvios ao encontrar obstáculos ou fendas, encurvando-se em torno deles. Esse fenómeno só é notório se a dimensão do obstáculo ou da fenda, d , for comparável ao comprimento de onda, λ :

$$d \sim \lambda$$

Para uma fenda:

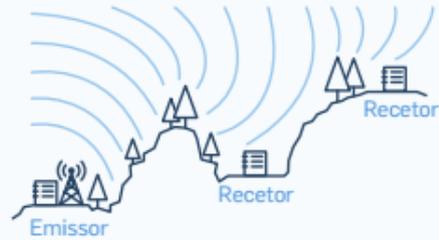


Quando aumenta a dimensão da fenda significativamente a difração da onda é menos acentuada (mas observa-se junto à fenda).

Para uma dada fenda, o espalhamento é mais significativo quando aumenta o comprimento de onda, passando a onda a propagar-se em mais direções. Este efeito é aproveitado para decompor luz policromática, como a luz branca, nas suas componentes monocromáticas, tal como na refração num prisma de vidro. O efeito é mais acentuado se, em vez de se utilizar uma só fenda, se usarem muitas fendas, as chamadas **redes de difração** (**Fig. 33**). Uma rede de difração tem múltiplas fendas (ranhuras) paralelas, equidistantes e com a mesma largura. Quando luz policromática incide numa rede de difração, cada uma das componentes difrata-se de modo diferente, pois sofre desvios diferentes, obtendo-se a decomposição da luz nas suas várias frequências (espectro). As redes de difração são usadas em espectroscópios para obter espectros de espécies químicas, sobretudo na zona do visível.

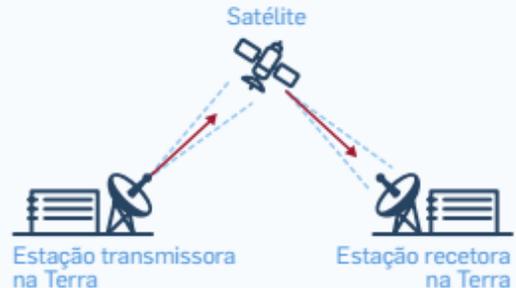
Radiofrequências com menor frequência: ondas de rádio (até cerca de 3 GHz)

- Têm maiores comprimentos de onda, pelo que difratam facilmente, contornando obstáculos e chegando às antenas recetoras mesmo que estas não estejam em linha de vista.
- São pouco absorvidas no ar mas podem ser refletidas na atmosfera, sendo depois reenviadas para a Terra. Por isso podem propagar-se a grandes distâncias, usando poucas antenas retransmissoras.



Radiofrequências com maior frequência: micro-ondas (entre 3 GHz e 300 GHz)

- Têm menores comprimentos de onda, não sofrendo praticamente difração, ou seja, seguem em linha reta. Por isso as antenas emissora e recetora têm de estar colocadas à vista uma da outra, o que requer maior número de antenas retransmissoras.
- São pouco absorvidas ou refletidas na atmosfera, pelo que são usadas na comunicação via satélite.
- Transportam maior quantidade de dados.



EFEITO DOPPLER



Efeito Doppler

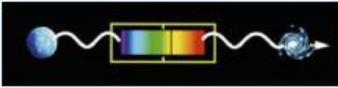
Alteração da frequência percebida, ou medida, por um recetor devido ao movimento relativo entre esse recetor e uma fonte emissora.

Afastamento entre fonte e recetor: diminui a frequência.

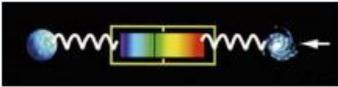
Aproximação entre fonte e recetor: aumenta a frequência.



O corpo celeste está parado em relação à Terra: os comprimentos de onda da luz são detetados sem alteração.



O corpo celeste está a afastar-se da Terra: os comprimentos de onda da luz são maiores do que se não houvesse movimento (*redshift*).

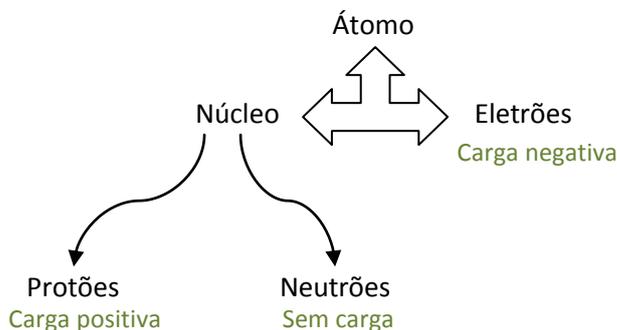


O corpo celeste está a aproximar-se da Terra: os comprimentos de onda da luz são menores do que se não houvesse movimento (*blueshift*).

Duas grandes provas da teoria do *big bang*

- Afastamento das galáxias, detetado pelo desvio para o vermelho (*redshift*) dos seus espectros de emissão (equivalente ao efeito Doppler).
- Existência da radiação cósmica de fundo, que preencheu o Universo quando se formaram os primeiros átomos (principalmente hidrogénio e hélio) no Universo primitivo.

ORDENS DE GRANDEZA E ESCALAS DE COMPRIMENTO



Ião negativo: Forma-se quando um átomo/molécula ganha elétrões.

Ião positivo: Forma-se quando um átomo/molécula perde elétrões.

Número atómico, Z:

- Corresponde ao nº de protões
- No caso dos átomos, é igual ao nº de elétrões
- Caracteriza o elemento químico: todos os átomos do mesmo elemento químico têm o mesmo número de protões

Número de massa, A:

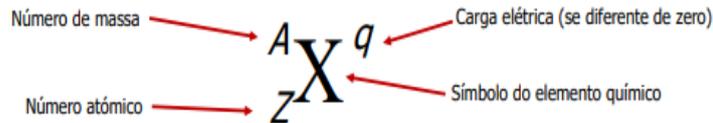
- É igual ao nº de partículas do núcleo: soma do nº de protões e neutrões.
- Átomos do mesmo elemento químico podem ter diferentes valores de nº de massa: o nº de protões é sempre o mesmo mas o nº de neutrões pode variar

Número de neutrões: $A - Z$

$$\underline{\underline{A = Z + n}}$$

ou

$$\underline{\underline{n = A - Z}}$$



$A = p + n$

$Z = p = e$ elétrões

Ordem de grandeza: Potência de base 10 mais próxima desse número.

Número	Ordem de grandeza
$3,2 \times 10^5$	10^5
$6,6 \times 10^{16}$	10^{17}
$2,7 \times 10^{-9}$	10^{-9}
$9,109 \times 10^{-31}$	10^{-30}

Fator	Prefixo	Símbolo
10^{-24} = 0,000 000 000 000 000 000 000 001	yocto	y
10^{-21} = 0,000 000 000 000 000 000 000 001	zepto	z
10^{-18} = 0,000 000 000 000 000 000 001	atto	a
10^{-15} = 0,000 000 000 000 001	femto	f
10^{-12} = 0,000 000 000 001	pico	p
10^{-9} = 0,000 000 001	nano	n
10^{-6} = 0,000 001	micro	μ
10^{-3} = 0,00 1	mili	m
10^{-2} = 0,01	centi	c
10^{-1} = 0,1	deci	d
10^0 = 1		
10^1 = 10	deca	da
10^2 = 100	hecto	h
10^3 = 1 000	quilo	k
10^6 = 1 000 000	mega	M
10^9 = 1 000 000 000	giga	G
10^{12} = 1 000 000 000 000	tera	T
10^{15} = 1 000 000 000 000 000	peta	P
10^{18} = 1 000 000 000 000 000 000	exa	E
10^{21} = 1 000 000 000 000 000 000 000	zetta	Z
10^{24} = 1 000 000 000 000 000 000 000 000	yotta	Y

DIMENSÕES À ESCALA ATÓMICA

Exemplo:

Ampliação 32000000x fica:

$$1 \text{ mm na imagem} = \frac{1}{32000000} \text{ mm na realidade}$$

Nanotecnologia: Manipulação à escala atômica e molecular.

Materiais: Nanocristais, nanopartículas, nanotubos e monocamadas → Dispositivos que exploram a nanoescala mecânica, elétrica, magnética ou atômica para melhorar a funcionalidade.

Energia: Células fotovoltaicas, Células de combustível e microfones de energia → Dispositivos que aumentam o armazenamento de energia recorrendo ao controlo de materiais e sup. ao nível atômico.

Bioteecnologia: Biochips, biossensores, distribuição de fármacos, diagnóstico e nanocirurgia → dispositivos que localizam ou identificam processos biológicos para aperfeiçoar o diagnóstico e o tratamento, a síntese e distribuição de fármacos.

Computação: Computadores moleculares, computadores óticos, computadores de ADN → Sistemas computacionais que utilizam métodos alternativos aos eletrónicos para que o processamento de dados ocorra mais rapidamente.

Eletrónica: Bens inteligentes, nanoeletrónica e sistemas de imagiologia → Os sistemas eletrónicos/óticos têm dimensões tão reduzidas que se tornam praticamente invisíveis, podendo ser usados em qualquer local.

MASSA ISOTÓPICA E MASSA ATÓMICA RELATIVA MÉDIA

Dois isótopos:

cloro-35 massa isotópica relativa = 34,97 abundância: 75,8%

cloro-37 massa isotópica relativa = 36,97 abundância: 24,2%

$$A_r(\text{Cl}) = \frac{(34,97 \times 75,8) + (36,97 \times 24,2)}{100} = 35,45$$

QUANTIDADE DE MATÉRIA E MASSA MOLAR

$$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Número de entidades: $N = n \times N_A$

N – nº de átomos/moléculas/iões

n – mol (quantidade de matéria) $N_A - \text{mol}^{-1}$

Massa molar: $M = \frac{m}{n}$

M – g/mol m – g n - mol

FRAÇÃO MOLAR E MÁSSICA

Fração molar: $X(A) = \frac{n_A}{n_T}$

Fração mássica: $w(A) = \frac{m_A}{m_T}$

ESPETROS CONTÍNUOS E DESCONTÍNUOS

Luz visível: V A A V A A V

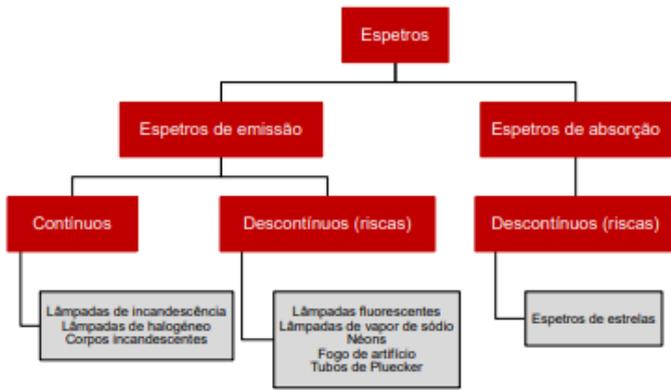
Ordem crescente de energia (e de frequência) das radiações:

o. rádio < m. o < I.V < Luz visível < U.V < RX < Raios Gama

Espectros de emissão: Resultam da decomposição da luz emitida por um corpo.

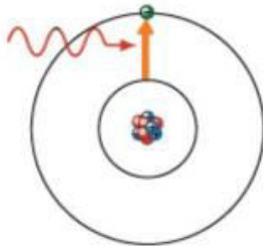
Espectros de absorção: são sempre descontínuos.

Tipo de onda	Frequência	Comprimento de onda	Energia
Ondas de rádio	Menor	Maior	Menor
Micro-ondas	↓	↑	↓
Infravermelho (IV)			
Visível (Vis)			
Ultravioleta (UV)	↓	↑	↓
Raios X			
Raios γ (gama)	Maior	Menor	Maior

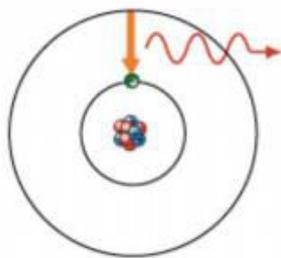


MODELO ATÓMICO DE BOHR:

Quando um átomo **recebe** uma determinada quantidade* de **energia** um elétron passa a ocupar uma órbita mais externa (com maior energia) ficando o **átomo** num **estado excitado**.



Se um elétron passar de **uma órbita** para uma **outra mais interior** o **átomo liberta energia (desexcitação)**.



Absorver energia → o elétron passa para um nível superior de energia → **Excitação**

Libertar energia → o elétron passa para um nível inferior de energia → **Desexcitação**

$$\Delta E = E_{n \text{ final}} - E_{n \text{ inicial}}$$

ΔE valor positivo com absorção de energia

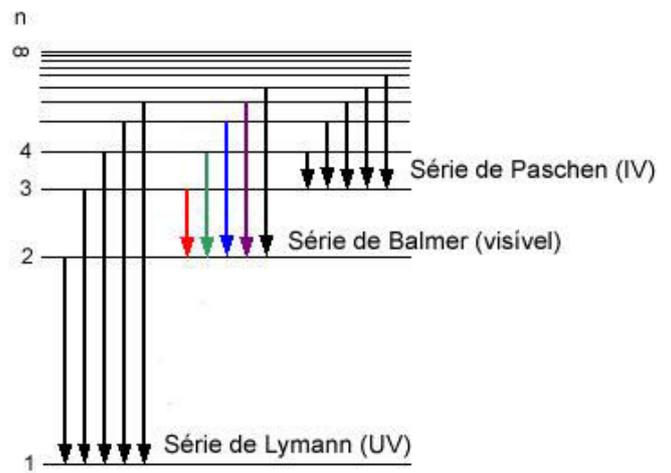
ΔE valor negativo com liberação de energia

ESPECTRO DO ÁTOMO DE HIDROGÉNIO

Série de Lyman: para $n=1 \rightarrow U.V$

Série de Balmer: de $n \geq 3$ para $n=2 \rightarrow$ Visível e U.V

Série de Paschen: de $n \geq 4$ para $n=3 \rightarrow$ Infravermelha



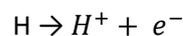
TRANSIÇÕES ELETRÓNICAS

$$E_i = E_{\infty} - E_{n \text{ inicial}}$$

Exemplo:

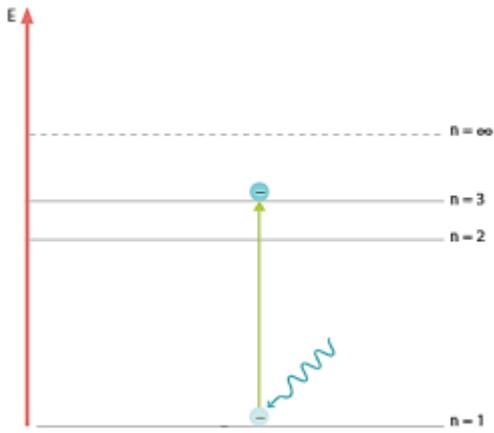
$$E_i = E_{\infty} - E_{n \text{ inicial}}$$

$$E_i = 0 - E_1 = 0 - (-2,18 \times 10^{-18}) = 2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$$



Se essa energia fornecida ao átomo for menos do que a energia de ionização:

- e se essa energia corresponder a qualquer transição, o elétron passará para um nível superior.

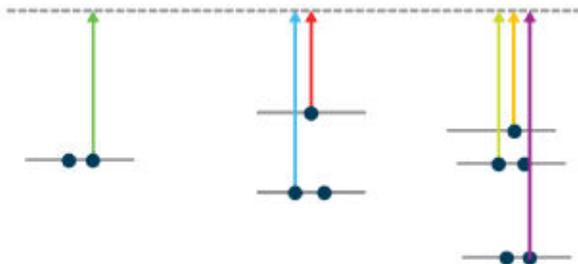


- e se essa energia não corresponder a qualquer transição, não haverá absorção de energia e o elétron permanecerá no estado inicial.



Se a energia fornecida ao átomo for igual ou sup. à energia de ionização:

- o elétron abandonará o átomo (ocorre ionização). Nesse caso a energia em excesso será convertida em energia cinética do elétron.

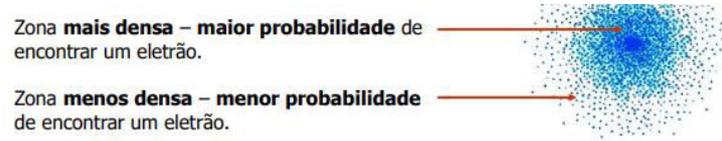


As setas representam energias de remoção. Para cada nível de energia diferente existe um valor diferente de energia de remoção eletrônica.

QUANTIZAÇÃO DE ENERGIA

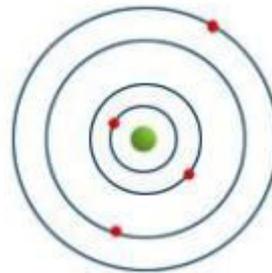
Modelo quântico:

Nuvem eletrônica – representação da densidade da distribuição de elétrons à volta do núcleo atômico.



Modelo atômico de Bohr:

Órbita – Trajetória bem definida; o raio da órbita está associado à energia do elétron.



ENERGIA DE REMOÇÃO ELETRÔNICA

Atração: entre prótons (+) e elétrons (-) por terem carga oposta.

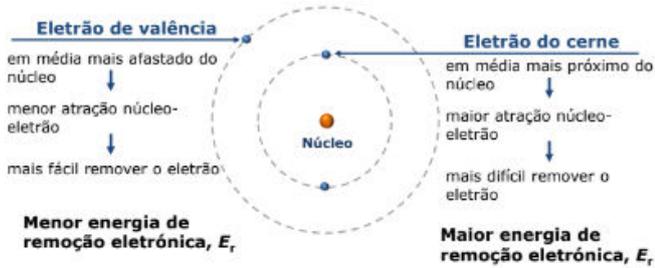
Repulsão: entre elétrons entre si por terem cargas iguais.

Se a $E_{\text{fotão}} = E_{\text{remoção}}$, neste caso o elétron é apenas removido do átomo.

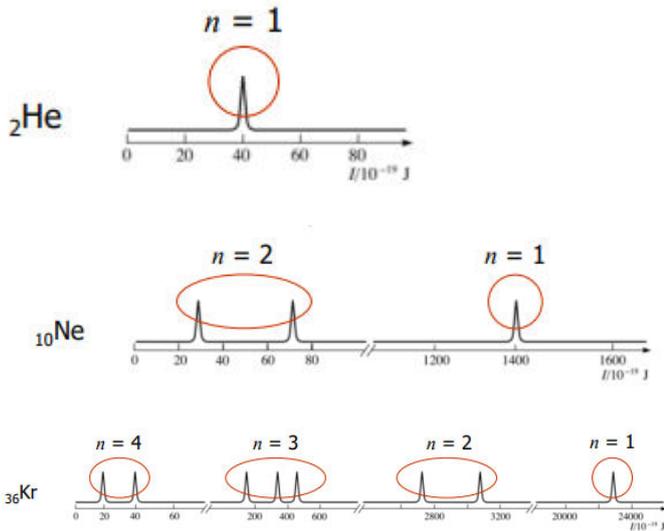
Se a $E_{\text{fotão}} > E_{\text{remoção}}$, neste caso o elétron é removido, sendo a energia em excesso transformada em energia cinética, ou seja, o elétron sai com velocidade.

Efeito Fotoelétrico: capacidade de remover elétrons com radiação.

Espectroscopia Fotoelétrica: técnica para determinar as energias de remoção de cada elétron num átomo.



Espectro fotoeletrônico:



CONFIGURAÇÃO ELETRÔNICA

Orbital s:

- Forma esférica
- 1 orbital
- Nº máximo de eletrões: 2

Orbital p:

- Forma esférica
- 3 orbitais
- Nº máximo de eletrões: 6

Orbital d:

- Forma esférica
- 5 orbitais
- Nº máximo de eletrões: 10

Princípio de Exclusão de Pauli:

Cada orbital comporta no máximo 2 eletrões, os quais diferem no estado de *spin*: *spin* α e *spin* β .

Orbital com 2 eletrões: **Emparelhados**



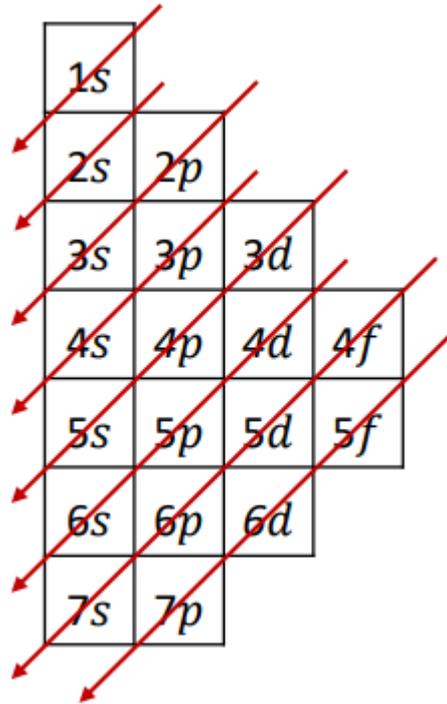
Orbital com 1 eletrão: **Desemparelhados**



Estado fundamental: corresponde ao estado de menor energia.

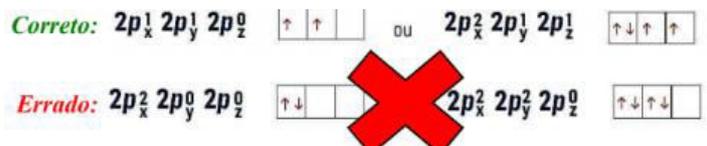
Princípio da Construção:

(Diagrama de Pauling)



Regra de Hund:

Em orbitais com a mesma energia (orbitais p ou d do mesmo nível) os eletrões são distribuídos de modo que seja máximo o número de eletrões desemparelhados.



Carne	Nível de valência
Conjunto do núcleo e de todos os elétrons interiores, isto é, os que não são de valência.	Elétrons do nível de energia mais exterior. São os mais importantes, por exemplo na formação de iões.
${}_5B - 1s^2 2s^2 2p^1$	${}_5B - 1s^2 2s^2 2p^1$

- ${}_7N \rightarrow 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0 3s^1$ ► Possível estado excitado
- ${}_7N \rightarrow 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^0$ ► Possível estado excitado
- ${}_7N \rightarrow 1s^2 \underline{2s^3} 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$ ► Estado impossível

ORGANIZAÇÃO DA TABELA PERIÓDICA

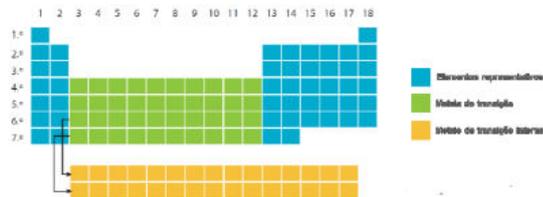
Grupos: colunas verticais, organizadas de 1 a 18.

Períodos: linhas horizontais, do 1º ao 7º.

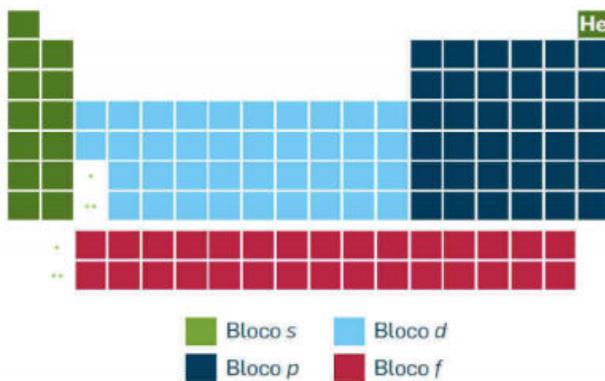
Grupo 1	Metais alcalinos
Grupo 2	Metais alcalinoterrosos
Grupo 16	Calcogéneos
Grupo 17	Halogéneos
Grupo 18	Gases nobres

Os elementos representativos são os dos **grupos 1, 2 e 13 a 18**.

Os elementos de transição são os dos **grupos 3 a 12**.



Período	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º
Nível de energia mais elevado	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$



Se um átomo ganha elétrons

↓
Anião (ião negativo)

↓
Mais repulsão entre elétrons

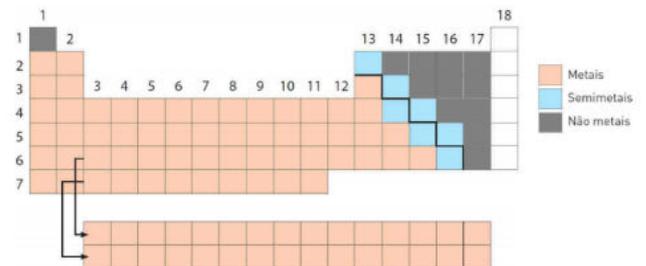
↓
Raio aumenta

Se um átomo perde elétrons

↓
Catião (ião positivo)

↓
Maior atração núcleo/elétrons

↓
Raio diminui



- Grupo 1: 1 elétron de valência.
- Grupo 2: 2 elétrons de valência.
- Grupo 13: 3 elétrons de valência.
- Grupo 14: 4 elétrons de valência.
- Grupo 15: 5 elétrons de valência.
- Grupo 16: 6 elétrons de valência.
- Grupo 17: 7 elétrons de valência.
- Grupo 18: 8 elétrons de valência (exceto pelo hélio, que tem 2).

TIPOS DE LIGAÇÕES QUÍMICAS

Ligações **entre átomos**:

Ligação **metálica**;

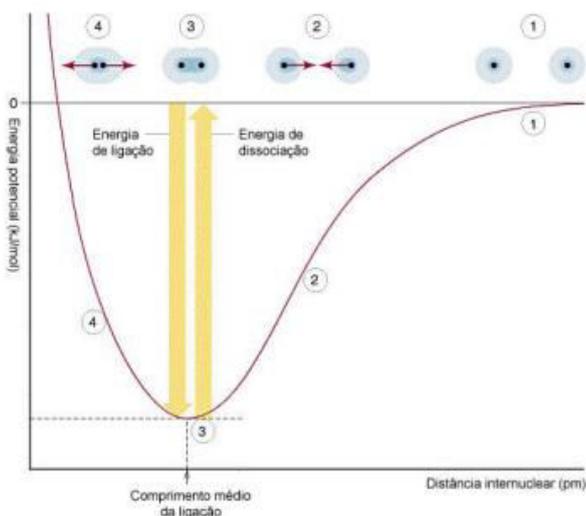
Ligação **iônica**;

Ligação **covalente**.

Ligações **intermoleculares** (entre moléculas):

Forças de van der Waals;

Ligações de hidrogénio.



Situação 1: Dois átomos afastados um do outro. Ainda não há atração entre eles. A energia potencial total da molécula é zero. (ainda não existe molécula)

Situação 2: Há atração entre os dois átomos. A energia total dos dois átomos diminui relativamente à situação 1.

Situação 3: É estabelecida a ligação covalente. As atrações igualam as repulsões. A energia potencial da molécula atinge o seu valor mínimo. A distância entre os dois núcleos dos átomos é chamada comprimento médio da ligação.

Situação 4: Se os átomos se aproximarem ainda mais as repulsões entre os núcleos começam a ser maiores que as atrações elétrons-núcleos. Aumenta

a instabilidade da molécula e a sua energia potencial.

A energia de ligação (energia que se liberta aquando da formação da ligação) e a energia de dissociação (energia necessária para quebrar a ligação – separar os átomos) têm valores iguais. As energias de ligação são normalmente expressas em kJ/mol.

LIGAÇÃO COVALENTE

- Covalente simples: partilha de um par de elétrons.
- Covalente dupla: partilha de dois pares de elétrons.
- Covalente tripla: partilha de três pares de elétrons.

Notação de Lewis:

1 elétron de valência



1 elétron de valência

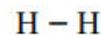


7 elétrons de valência

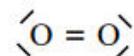


Regra do octeto: os átomos estabelecem ligações covalentes entre si de modo a ficarem rodeados por **oito elétrons de valência**, à exceção do hidrogénio e de outros átomos também pequenos que ficam com dois elétrons de valência. O total preenchimento do nível de valência aumenta a estabilidade da molécula relativamente aos átomos.

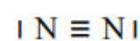
2 elétrons ligantes (1 par)



4 elétrons ligantes (dois pares)



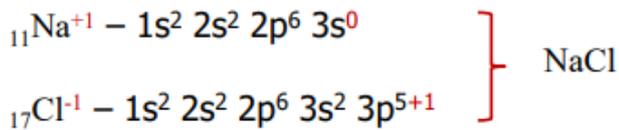
6 elétrons ligantes (três pares)



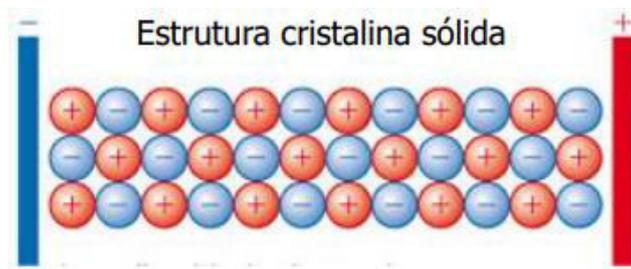
LIGAÇÃO IÓNICA

É um tipo de ligação que acontece entre elementos Metálicos e Não metálicos. As ligações iónicas são estabelecidas por forças atrativas eletrostáticas entre iões de carga diferente após a troca de eletrões entre átomos:

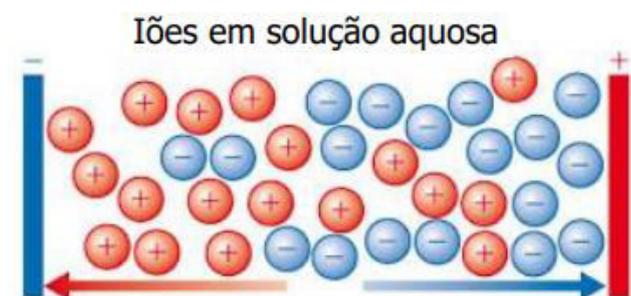
Átomo perde eletrões → Catião; Átomo ganha eletrões → Anião.



No estado sólido: Iões estão fortemente agarrados uns aos outros → Não há liberdade de movimento de cargas elétricas; → Substâncias más condutoras elétricas.



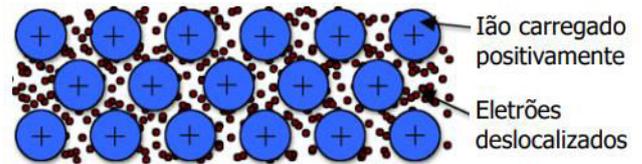
Nos estados líquido ou aquoso: Há total liberdade de movimento dos iões que formavam a rede cristalina (agora dissolvidos) → Substâncias boas condutoras elétricas.



LIGAÇÃO METÁLICA

Esta ligação acontece quando os átomos envolvidos partilham eletrões de valência entre todos, sem que haja uma orientação espacial nessa partilha. Baixas energias de ionização permitem que sejam facilmente criados eletrões deslocalizados. Há um

mar de eletrões que pertencem a todo o metal, não apenas a alguns átomos.



Os metais, devido à facilidade de movimento destes eletrões deslocalizados, são bons condutores elétricos e bons condutores de calor.

Eletronegatividade é a capacidade que um átomo de um elemento químico tem para atrair para si os eletrões envolvidos numa ligação química de que faça parte. Esta propriedade está relacionada com a energia de ionização do elemento químico.

Um elemento com baixa energia de ionização tem baixa eletronegatividade. Se é fácil retirar um eletrão a um átomo a sua capacidade de atrair eletrões é baixa.

Um elemento com alta energia de ionização apresenta um alto valor de energia de ionização. Se é difícil retirar um eletrão a um átomo a sua capacidade de atrair eletrões é alta.

Maior energia de ligação → Ligação mais difícil de quebrar → Ligação mais forte

Quanto maior é a energia de ligação, menor será o comprimento de ligação.

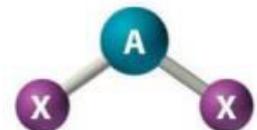
GEOMETRIA MOLECULAR

Linear



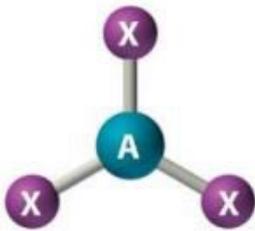
CO_2

Angular

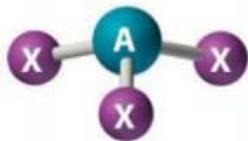


H_2O

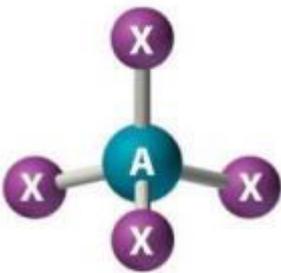
Triangular



Piramidal trigonal



Tetraédrica



Teoria das repulsões dos pares eletrônicos de valência (TRPEV): As repulsões dos pares eletrônicos de valência são minimizadas para que aumente a estabilidade, o que determina a geometria da molécula.

Os ângulos de ligação são determinados pela repulsão entre pares de elétrons.

POLARIDADE DE MOLÉCULAS E LIGAÇÕES

Moléculas apolares: distribuição simétrica de carga.

Moléculas polares: Distribuição assimétrica de carga.



Molécula polar



Molécula apolar

- **Ligação covalente apolar:** quando há dois átomos iguais envolvidos na ligação química.
- **Ligação covalente polar:** quando há dois átomos diferentes envolvidos na ligação química.

H_2O e NH_3 são moléculas polares,

CO_2 e CH_4 são moléculas apolares.

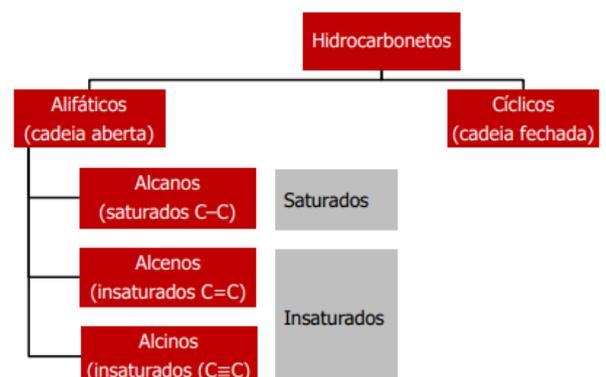
Mapa de potencial eletroestático: Mostram distribuições 3D de carga elétrica. O potencial eletroestático mede a interação de uma carga positiva com núcleos e elétrons de uma molécula ao longo de uma superfície de isodensidade eletrônica.

Azul claro, verde e amarelo representam potenciais eletroestáticos intermédios.

Cor azul → Alto potencial eletroestático (valor positivo)

Cor vermelha → Baixo potencial eletroestático (valor negativo)

COMPOSTOS ORGÂNICOS



Número de átomos de C	Prefixo
1	met
2	et
3	prop
4	but
5	pent
6	hex
7	hept
8	oct
9	non
10	dec
...	...

Ligações	Infixo
só simples	an
uma dupla	en
duas duplas	dien
uma tripla	in
...	...

Função	Sufixo
hidrocarboneto	o
...	...

Alcanos:

Alcanos são hidrocarbonetos saturados (cada átomo de carbono está ligado a 4 outros átomos). Também podem ser chamados parafinas. O nome dos alcanos tem a terminação ano [an + o]. Têm a fórmula molecular C_nH_{2n+2} . Cada carbono está ligado a outros átomos em arranjo tetraédrico.

Alcanos	
Metano	CH_4
Etano	C_2H_6
Propano	C_3H_8
Butano	C_4H_{10}
Pentano	C_5H_{12}
Hexano	C_6H_{14}
Heptano	C_7H_{16}
Octano	C_8H_{18}
Nonano	C_9H_{20}
Decano	$C_{10}H_{22}$

Alcenos:

São hidrocarbonetos insaturados que contêm ligações duplas. O nome do alceno é atribuído a partir do nome do alcano correspondente, substituindo a terminação ano pela terminação eno [en + o]. Os alcenos com apenas uma ligação dupla, e lineares, têm a fórmula C_nH_{2n} .

Alcenos	
Eteno	C_2H_4
Propeno	C_3H_6
Buteno	C_4H_8
Penteno	C_5H_{10}
Hexeno	C_6H_{12}
Hepteno	C_7H_{14}
Octeno	C_8H_{16}
Noneno	C_9H_{18}
Deceno	$C_{10}H_{20}$

Alcinos:

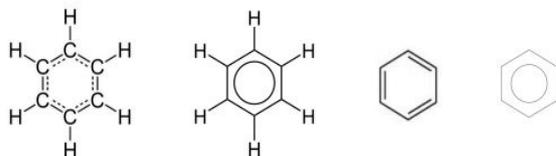
São os hidrocarbonetos insaturados que contêm ligações triplas. O nome do alcino é atribuído a partir do nome do alcano correspondente, substituindo a terminação ano pela terminação ino [in + o]. Os alcinos com apenas uma ligação tripla, e lineares, têm a fórmula C_nH_{2n-2} .

Alcinos	
Etino	C_2H_2
Propino	C_3H_4
Butino	C_4H_6
Pentino	C_5H_8
Hexino	C_6H_{10}
Heptino	C_7H_{12}
Octino	C_8H_{14}
Nonino	C_9H_{16}
Decino	$C_{10}H_{18}$

Alcanos		Alcenos		Alcinos	
Metano	CH_4			Etino	C_2H_2
Etano	C_2H_6	Eteno	C_2H_4	Propino	C_3H_4
Propano	C_3H_8	Propeno	C_3H_6	Butino	C_4H_6
Butano	C_4H_{10}	Buteno	C_4H_8	Pentino	C_5H_8
Pentano	C_5H_{12}	Penteno	C_5H_{10}	Hexino	C_6H_{10}
Hexano	C_6H_{14}	Hexeno	C_6H_{12}	Heptino	C_7H_{12}
Heptano	C_7H_{16}	Hepteno	C_7H_{14}	Octino	C_8H_{14}
Octano	C_8H_{18}	Octeno	C_8H_{16}	Nonino	C_9H_{16}
Nonano	C_9H_{20}	Noneno	C_9H_{18}	Decino	$C_{10}H_{18}$
Decano	$C_{10}H_{22}$	Deceno	$C_{10}H_{20}$		

Hidrocarbonetos cíclicos:

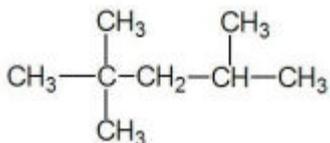
Nos compostos cíclicos a cadeia principal é fechada.



Substituintes alquinos:

São derivados de um alcano, por perde de um átomo de hidrogénio. Um átomo de carbono fica com uma ligação livre, disponível para se ligar a outra estrutura.

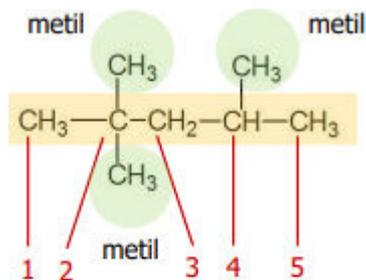
Alcano		Alquilo	
Metano	CH ₄	Metil	-CH ₃
Etano	C ₂ H ₆	Etil	-C ₂ H ₅
Propano	C ₃ H ₈	Propil	-C ₃ H ₇
Butano	C ₄ H ₁₀	Butil	-C ₄ H ₉
...



Regras de nomenclatura de compostos orgânicos:

1. Selecionar a cadeia principal (é a que tem o maior número de carbonos ligados em sequência).
2. Numerar os átomos de carbono da cadeia principal para que os grupos substituintes fiquem com a numeração mais baixa possível (estes números chamam-se localizadores).
3. Nome: O(s) nome(s) do(s) substituinte(s) antecede(m) o nome da cadeia principal. Usar os prefixos di, tri, tetra... para indicar o número de substituintes iguais. Os localizadores são separados:

entre si por vírgulas (,); do nome principal por um hífen (-).



pentano

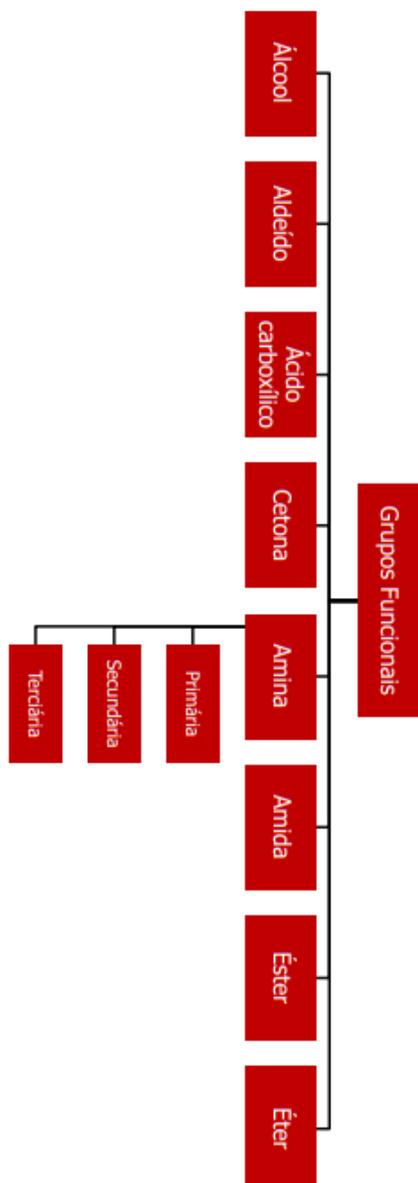
trimetil-pentano

2,2,4-trimetil-pentano

~~2,4,4-trimetil-pentano~~

Haloalcenos:

São derivados de um alcano, por substituição de um (ou mais) átomo(s) de hidrogénio por um (ou mais) átomo(s) de um (ou vários) halogéneo(s).



Ligações	Infixo
só simples	an
uma dupla	en
duas duplas	dien
uma tripla	in
...	...

Função	Sufixo
hidrocarboneto	o
álcool	ol
aldeído	al
ácido carboxílico	óico
cetona	ona
amina	amina
amida	amida
éster	ato +R
éter	R+ oxi +R
...	...

Álcool:

Grupo característico: -OH (hidroxilo) Para obter o nome de um álcool adiciona-se o sufixo -ol ao nome do alcano do qual foi derivado esse álcool.

Exemplos: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$ (etanol) $\text{CH}_2\text{OH-CHOH-CH}_3$ (1,2-propanodiol) $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$ (2-propanol)

Aldeído:

Grupo característico: -CHO (carbonilo) O nome do composto é obtido por substituição da última letra do alcano respetivo (o) pelo sufixo -al . Exemplos: H-CHO (metanal) $\text{CH}_3\text{-CHO}$ (etanal)

Ácido carboxílico:

Grupo característico: -COOH O nome do composto é obtido por substituição da última letra do hidrocarboneto pelo sufixo -óico . Exemplos: H-COOH (ácido metanóico) $\text{CH}_3\text{-COOH}$ (ácido etanóico ou ácido acético).

Número de átomos de C	Prefixo
1	met
2	et
3	prop
4	but
5	pent
6	hex
7	hept
8	oct
9	non
10	dec
...	...

Cetona:

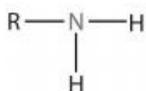
Grupo característico: $-\text{CO}-$ (carbonilo) Tal como os aldeídos, este grupo funcional também apresenta um grupo carbonilo ($\text{C}=\text{O}$), mas neste caso situado no meio de uma cadeia, resultando uma estrutura do tipo $\text{R}-\text{CO}-\text{R}'$, em que os radicais R e R' podem ser iguais ou não. O nome é obtido pela adição do sufixo -ona. Exemplos: $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$ (propanona) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{CH}_3$ (2-butanona).

Amina:

O nome das aminas é obtido por junção dos nomes dos radicais ligados ao átomo de azoto, por ordem alfabética, e o sufixo -amina. Exemplos: $\text{CH}_3-\text{NH}-\text{CH}_3$ (dimetilamina) CH_3-NH_2 (metilamina ou metanamina).

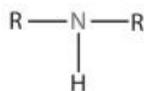
Amina primária

Grupo característico: $-\text{NH}_2$



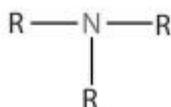
Amina secundária

Grupo característico: $-\text{NH}-$



Amina terciária

Grupo característico: $-\text{N}-$



Amida:

Grupo característico: $-\text{CONH}_2$ Compostos orgânicos azotados derivados dos ácidos carboxílicos, por substituição do grupo $-\text{OH}$ pelo grupo $-\text{NH}_2$, resultando na estrutura $\text{R}-\text{CONH}_2$. O nome destes compostos obtém-se pela adição do sufixo -amida ao nome do hidrocarboneto correspondente. Exemplos: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CONH}_2$ (3-metilbutanamida) $\text{CH}_3-\text{CONH}_2$ (etanamida ou acetamida) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CONH}_2$ (propanamida).

Éster:

Grupo característico: $-\text{COO}-$ Derivam dos ácidos carboxílicos resultando uma estrutura $\text{R}-\text{COOR}'$, onde R e R' podem ser iguais, sendo R' o grupo que substituiu o H do grupo carboxilo. O nome do éster é obtido fazendo a substituição do sufixo -ico do ácido que lhe deu origem, pelo sufixo -ato, indicando de seguida o grupo alquilo ou arilo existente. Exemplos: $\text{CH}_3-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (etanoato de propilo) $\text{HCOO}-\text{C}_6\text{H}_5$ (metanoato de fenilo).

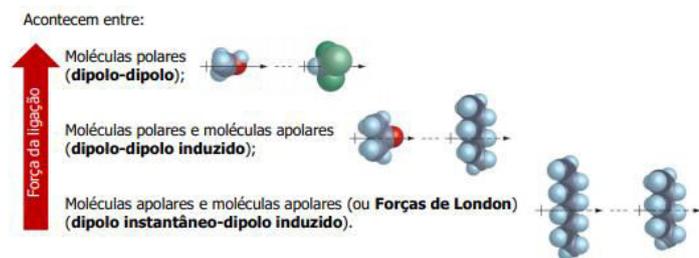
Éter:

Grupo característico: $-\text{O}-$ Um átomo de oxigénio está ligado a dois radicais orgânicos originando uma estrutura do género $\text{R}-\text{O}-\text{R}'$. O nome de um éter é obtido seguindo a seguinte fórmula: nome do radical menor + oxi + nome do radical maior. Exemplos: $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$ (metoximetano) $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (metoxietano).

Grupo funcional	Designação	Família de compostos orgânicos
$-\text{X}$ $\text{X} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$	Halogéneo	Haloalcanos
$-\text{OH}$	Grupo hidroxilo	Álcoois
$-\text{C}=\text{O}$ $ $	Grupo carbonilo	Cetonas
$-\text{C}-\text{H}$ $ $ O	Grupo formilo	Aldeídos
$-\text{C}=\text{O}$ \backslash OH	Grupo carboxilo	Ácidos carboxílicos
$-\text{N}'$	Grupo amina	Aminas

LIGAÇÕES INTERMOLECULARES

Forças de van der Waals:



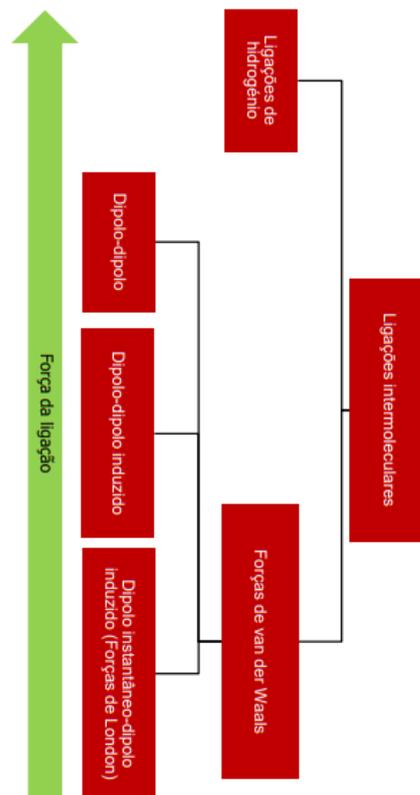
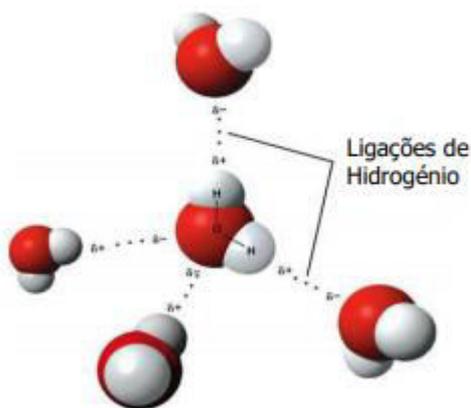
As **ligações entre moléculas polares** surgem devido à distribuição assimétrica de carga nestas moléculas, da qual resultam forças atrativas entre moléculas.

As **ligações entre moléculas polares e apolares** surgem porque uma molécula polar pode induzir uma distribuição assimétrica de carga numa molécula apolar. Entre a molécula polar e a molécula com polaridade induzida surgem forças atrativas similares às que existem entre moléculas polares.

Forças de London: São as únicas ligações que existem entre moléculas apolares.

Ligações de hidrogénio:

Acontecem em moléculas que tenham na sua constituição grupos: -O-H -N-H -F-H São mais fortes do que as forças de van der Waals.



MISCIBILIDADE

A miscibilidade é a capacidade de dois líquidos, ou soluções, se misturarem ou não.

Líquidos miscíveis – líquidos que se misturam.

Líquidos imiscíveis – líquidos que não se misturam.

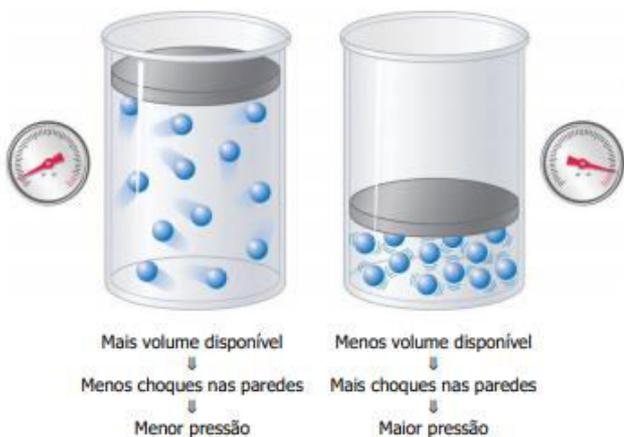
Esta propriedade está muito dependente das forças de ligação intermoleculares que ocorrem entre as moléculas dos dois líquidos em causa. A água é miscível com substâncias que possuam moléculas polares ou que fomentem ligações de hidrogénio.

É possível prever a miscibilidade ou não entre duas substâncias a partir da sua maior, menor, ou inexistente polaridade. A geometria de uma molécula é importante para a polaridade final da estrutura.

Tubo	Substância	Substância	Previsão	Experimental
1	Água	Etanol	M	M
2	Água	Acetona	M	M
3	Água	Hexano	I	I
4	Água	Xileno	I	I
5	Etanol	Acetona	M	M
6	Etanol	Hexano	I	I
7	Etanol	Xileno	I	I
8	Acetona	Hexano	I	M
9	Acetona	Xileno	I	I
10	Hexano	Xileno	M	M

Polar
Apolar
 M – miscível
 I – imiscível

LEI DE AVOGADRO, VOLUME MOLAR E MASSA VOLÚMICA



Volumes iguais de gases diferentes contêm o mesmo número de moléculas, nas mesmas condições de pressão e temperatura.

Lei de Avogadro: O volume de uma amostra de gás é diretamente proporcional à quantidade química (P e T constantes).

A relação $\frac{V}{n}$ é constante e chama-se Volume Molar:
 $\frac{V}{n} = \text{constante} = .$

Todos os gases têm o mesmo volume molar, nas mesmas condições de pressão e temperatura.

O Volume Molar, V_m , de uma substância gasosa é:

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

em que: V – volume da substância (dm³)

n – quantidade química da substância (mol)

A unidade SI do volume molar é dm³ mol⁻¹.

O Volume Molar de qualquer substância gasosa, nas condições PTN (1 atm e 273,15 K) é 22,4 dm³ mol⁻¹

A massa volúmica de uma substância, ρ , define-se como a massa dessa substância por unidade de volume da mesma substância:

$$\rho = m / V$$

Em que:

m – massa da substância (kg)

V – volume ocupado pela substância (m³)

A unidade SI da densidade é kg m⁻³, mas pode ser expressa em g dm⁻³ ou g cm⁻³.

Substituindo as expressões $m = n M$ e $V = n V_m$

Na equação anterior, fica: $\rho = \frac{n M}{n V_m}$

Pelo que a expressão pode ser escrita da forma:

$$\rho = \frac{M}{V_m}$$

SOLUÇÕES

- Dispersões **coloidais** ou **coloides** – partículas entre 1nm e 1 micrometro.
- Suspensões – partículas têm diâmetro superior a 1 micrometro.
- Meio disperso é o solute e meio dispersante é o solvente.
- As suspensões são misturas heterogéneas, e tendem a depositar.

$$c_m = \frac{m}{V} \qquad c = \frac{n}{V}$$

C_m – g/dm³

$$\% \left(\frac{m}{m} \right) = \frac{m_{\text{solute}}}{m_{\text{solução}}} \times 100$$

$$\% \left(\frac{V}{V} \right) = \frac{V_{\text{solute}}}{V_{\text{solução}}} \times 100$$

$$ppm = \frac{m_{\text{solute}}}{m_{\text{solução}}} \times 10^6$$

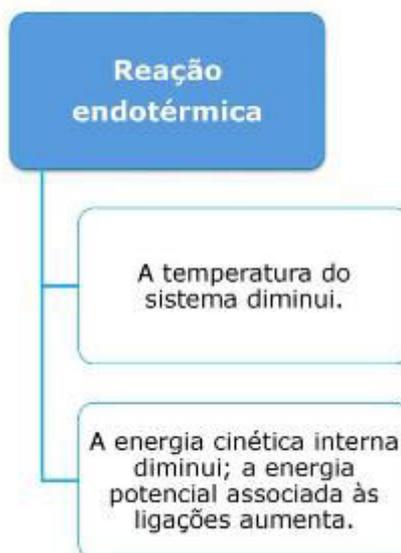
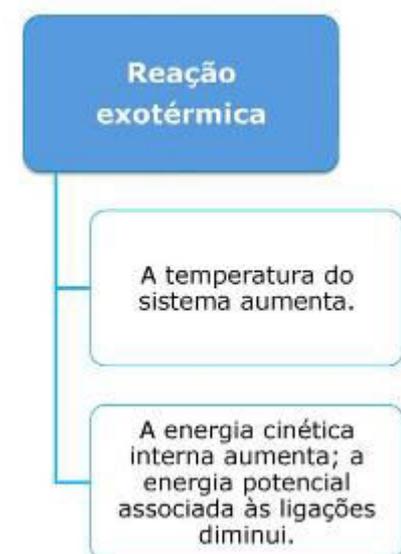
$$ppmV = \frac{V_{\text{solute}}}{V_{\text{solução}}} \times 10^6$$

PROCESSOS ENDOENERGÉTICOS E EXOENERGÉTICOS

Rutura de ligações: Absorção de energia → Processo endoenergético

Formação de ligações: Libertação de energia → Processo exoenergético

Sistemas isolados:

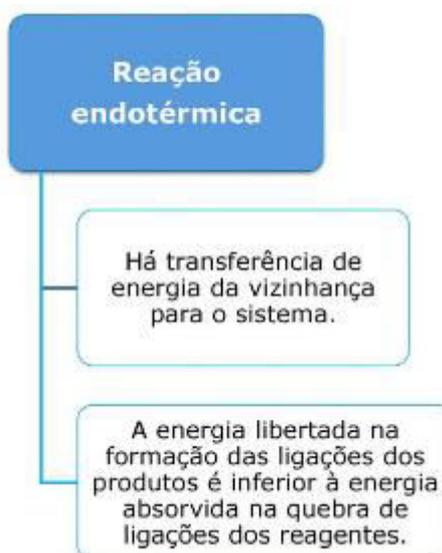


VARIAÇÃO DE ENTALPIA

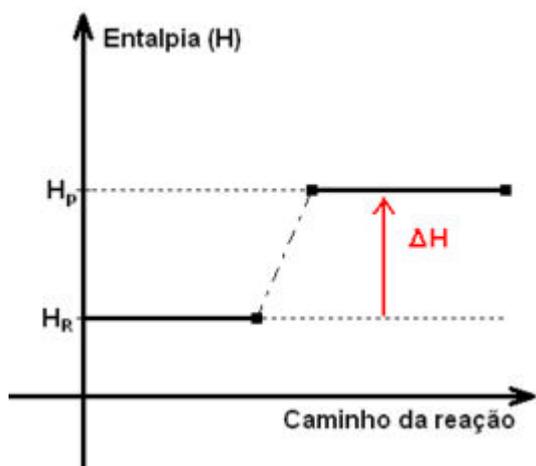
Nas **reações exotérmicas** o sistema cede energia por calor, provocando um **aumento da temp.** da vizinhança

Nas **reações endotérmicas** o sistema recebe energia como calor, provocando uma **diminuição da temp.** da vizinhança.

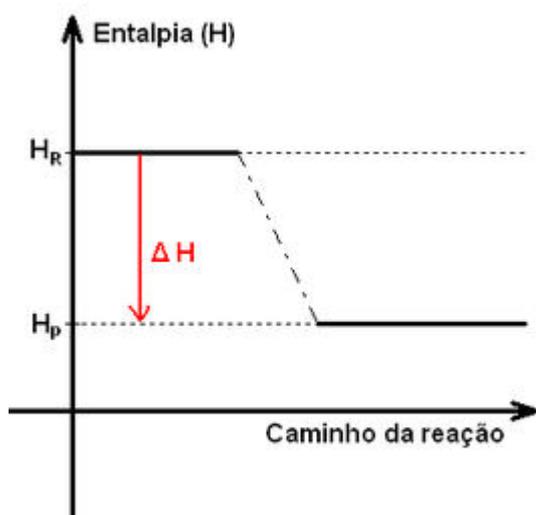
Sistemas não isolados:



Reação endotérmica:



Reação exotérmica:



Variação de entalpia:

$\Delta H > 0 \rightarrow$ Reação endotérmica

$\Delta H < 0 \rightarrow$ Reação exotérmica

- Se uma reação for exotérmica, a sua inversa é endotérmica.
- As variações de entalpia da reação direta e inversa são simétricas.

$$\Delta H = \sum E_{lig}(reagentes) - \sum E_{lig}(produtos)$$

FOTODISSOCIAÇÃO E FOTOIONIZAÇÃO

Reações fotoquímicas: Transformações químicas desencadeadas pela luz.

Fotodissociação: quebra de ligações nas moléculas por ação da luz.



Maior energia de ligação \rightarrow Mais difícil de quebrar a ligação \rightarrow Maior estabilidade

Fotoionização: formação de iões por ação da luz.

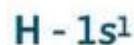


A energia envolvida na formação de iões corresponde à energia de ionização.

RADICAIS LIVRES E ESTABILIDADE DAS ESPÉCIES QUÍMICAS

Radicais: espécies químicas muito reativas por terem elétrons desemparelhados.

Átomo de hidrogénio:



tem um elétron desemparelhado:
radical H^{\bullet}

Átomo de oxigénio:



tem elétrons desemparelhados:
radical O

Num radical, o sinal * refere-se a um só eletrão desemparelhado.

As espécies poliatómicas são radicais se tiverem um número ímpar de eletrões.

Ião hidróxido, OH⁻:

n.º de eletrões: 8 + 1 + 1



tem número par de eletrões:
não é radical

Hidroxilo, OH:

n.º de eletrões: 8 + 1



tem número ímpar de eletrões:
radical OH[•]

Por terem eletrões desemparelhados, os radicais são, de um modo geral, espécies químicas muito reativas.

OZONO ESTRATOSFÉRICO

Só a luz UV de maior energia que chega à estratosfera consegue dissociar esta molécula.



Os radicais O originados neste processo estão na base da **formação do ozono**:



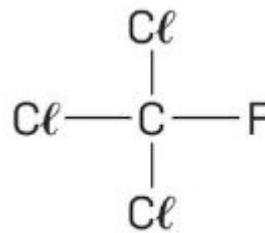
O problema da **diminuição da camada de ozono** (o chamado buraco na camada de ozono) é uma questão ambiental da maior importância.

A redução da camada de ozono permite que maior quantidade de radiações atinja a superfície da Terra.

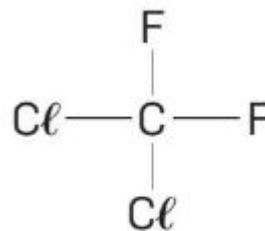


(O radical Cloro volta a ser regenerado e volta a juntar-se com a molécula de Ozono pronto para a destruir e assim sucessivamente).

CFC'S (clorofluorocarbonetos):



triclorofluorometano



diclorodifluorometano

O ozono troposférico é um poluente da atmosfera.

Camada da atmosfera	Altitude	Fenómenos mais importantes
Exosfera	Acima de 500 km	Praticamente não existe matéria
Termosfera	De 80 km a 500 km	Filtro de UV de alta energia e UV-C mais energéticas (reações de fotoionização)
Mesosfera	De 50 km a 80 km	Atividade química reduzida
Estratosfera	De 15 km a 50 km	Filtro de UV-C e UV-B pelo oxigénio e ozono (reações de fotodissociação)
Troposfera	Até cerca de 15 km	Penetração de UV-A Poluição atmosférica

QUÍMICA 11º ANO

REAGENTE LIMITANTE E EM EXCESSO

Reagente limitante: É aquele que se esgota.

Reagente em excesso: É aquele que sobra no final da reação.

O cálculo da quantidade de produtos da reação faz-se sempre a partir do reagente limitante.

Se a reação for completa, então:

- Esgotar-se-á o reagente limitante e sobrá o reagente em excesso;
- Esgotar-se-ão todos os reagentes, se estiverem nas proporções estequiométricas.

GRAU DE PUREZA DE UMA AMOSTRA

$$\text{Grau de pureza (em \%)} = \frac{m_{\text{pura}}}{m_{\text{tudo}}} \times 100$$

$$m_{\text{amostra}} = m_{\text{puras}} + m_{\text{impurezas}}$$

RENDIMENTO DE UMA REAÇÃO QUÍMICA

Numa reação completa:

- Esgota-se pelo menos um dos reagentes (se existir um reagente limitante);
- Esgotam-se todos os reagentes (se eles estiverem nas proporções estequiométricas).

Reação completa: é aquela em que se esgota pelo menos um dos reagentes.

Reação incompleta: é aquela em que nenhum dos reagentes se esgota.

Reação secundária: reação com os mesmos reagentes da reação principal, mas que origina outros produtos da reação, que são indesejados.

$$\eta (\%) = \frac{n_{\text{real}}}{n_{\text{previsto}}} \times 100$$

$$\frac{n_{\text{real}}}{n_{\text{previsto}}} = \frac{m_{\text{real}}}{m_{\text{previsto}}} = \frac{V_{\text{real}}}{V_{\text{previsto}}}$$

ECONOMIA ATÓMICA E “QUÍMICA VERDE”

Química verde:

- A redução dos resíduos
- A escolha de reagentes renováveis
- A escolha de processos menos poluentes
- A economia atômica

Economia atômica: Elevado grau de incorporação dos átomos dos reagentes no produto desejado.

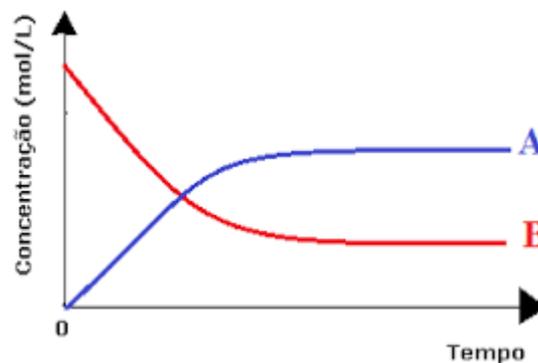
$$EA (\%) = \frac{\text{massa do produto desejado}}{\text{massa total dos reagentes}} \times 100$$

REAÇÕES INCOMPLETAS E EQUILÍBRIO QUÍMICO

Reações incompletas: podem explicar-se pela ocorrência simultânea da reação direta e da sua inversa em sistema fechado (seta dupla)

Reação direta (\rightarrow)

Reação inversa (\leftarrow)



Gráficos de concentração-tempo ou quantidade de material-tempo:

- Os reagentes diminuem – **curvas descendentes** (B)
- Os produtos de reação aumentam – **curvas ascendentes** (A)
- O consumo de reagentes e a formação de produtos respeitam as **proporções estequiométricas** estabelecidas pela equação química.

Os equilíbrios homogêneos são aqueles entre gases ou os que envolvem soluções (não saturadas).

CONSTANTE DE EQUILÍBRIO



$$K_c = \frac{[C]_e^c [D]_e^d}{[A]_e^a [B]_e^b}$$

Reação muito extensa → Kc elevado

Reação pouco extensa → Kc reduzido

O único modo de alterar Kc consiste em variar a temperatura. Assim, a extensão de uma reação só muda por variação da temperatura.

Constante de equilíbrio da reação inversa: Kc'

$$Kc' = \frac{1}{Kc}$$

Se a reação direta for muito extensa, a reação inversa será pouco extensa.

QUOCIENTE DE REAÇÃO

Pode ser calculado em qualquer instante da reação química.



$$Q_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

$Q_c > K_c \rightarrow Q_c$ diminui até igualar $K_c \rightarrow$ É favorecida a formação de reagentes → Predomina a reação inversa.

$Q_c = K_c \rightarrow$ Há equilíbrio químico

$Q_c < K_c \rightarrow Q_c$ aumenta até igualar $K_c \rightarrow$ É favorecida a formação de produtos → Predomina a reação direta.

FATORES QUE ALTERAM O EQUILÍBRIO QUÍMICO

Aumento da temperatura:

- Reação exotérmica → Diminui Kc
- Reação endotérmica → Aumenta Kc

Diminuição da temperatura:

- Reação exotérmica → Aumenta Kc
- Reação endotérmica → Diminui Kc

PRINCÍPIO DE LE CHÂTELIER

Adição de reagente ou remoção de produto → favorece a reação direta

Remoção de reagente ou adição de produto → favorece a reação inversa

Diminuição do volume → Aumento da pressão → favorece a formação de menor quantidade de matéria.

Aumento do volume → Diminuição da pressão → favorece a formação de maior quantidade de matéria.

Aumento da temperatura → Favorece a reação endotérmica.

Diminuição da temperatura → Favorece a reação exotérmica.

Se uma reação é exotérmica, a sua inversa é a endotérmica.

Se uma reação é endotérmica, a sua inversa é exotérmica.

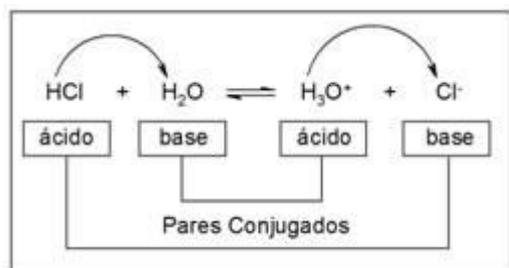
EQUILÍBRIO QUÍMICO E OTIMIZAÇÃO DE REAÇÕES QUÍMICAS

Na síntese do amoníaco, o aumento da temp., faz diminuir a extensão da reação. E a diminuição da temp., faz diminuir a velocidade da reação.

ÁCIDOS E BASES SEGUNDO BRØNSTED-LOWRY

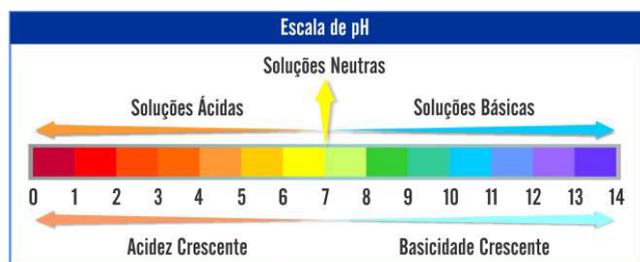
Ácido: Espécie dadora de prótons, H^+

Base: Espécie recetora de prótons, H^+



ESCALA DE SØRENSEN

- $pH < 7 \rightarrow$ solução ácida
- $pH = 7 \rightarrow$ solução neutra
- $pH > 7 \rightarrow$ solução básica (alcalina)



$$pH = -\log |H_3O^+|$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

Varição de pH positiva ($\Delta pH = x$):

- Para uma solução ácida, diminuição de acidez
- Para uma solução básica, aumento de basicidade

Varição de pH negativa ($\Delta pH = -x$):

- Para uma solução ácida, aumento de acidez
- Para uma solução básica, diminuição de basicidade

AUTOIONIZAÇÃO DA ÁGUA

Reação entre moléculas de água, responsável pela formação de H_3O^+ e OH^- . É uma reação pouco extensa.

Produto iónico da água: Constante de equilíbrio para a reação de ionização da água

$$K_w = [H_3O^+] \times [OH^-]$$

Água pura (a qualquer temp.):

$$[H_3O^+] = [OH^-] \text{ logo, } pH = pOH$$

$$pK_w = -\log K_w$$

Independentemente da temp.:

- Se $[H_3O^+] > [OH^-]$, a solução é **ácida** e $pH < pOH$
- Se $[H_3O^+] = [OH^-]$, a solução é **neutra** e $pH = pOH$
- Se $[H_3O^+] < [OH^-]$, a solução é **básica** e $pH > pOH$

A relação entre $[H_3O^+]$ e $[OH^-]$ é de proporcionalidade inversa para qualquer solução aquosa.

EFEITO DA TEMP. NA AUTOIONIZAÇÃO DA ÁGUA

A reação de autoionização da água é pouco extensa no sentido direto, qualquer que seja a temp.

O produto iónico da água aumenta com o aumento da temp. e, as concentrações de $[H_3O^+]$ e $[OH^-]$ também aumentam, isto é, é favorecida a reação direta. Pelo princípio de Le Châtelier, sabe-se que o aumento da temp. favorece as reações endotérmicas. Se a autoionização da água é favorecida pelo aumento da temp., então a reação direta é endotérmica, ou seja, apresenta variação de entalpia positiva. Portanto, a diminuição da temp. desfavorece a autoionização da água.

Íons dissociam-se

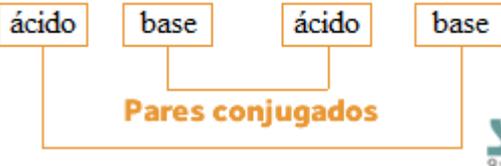
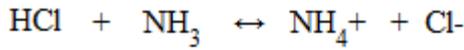
Moléculas ionizam-se

PARES CONJUGADOS ÁCIDO-BASE

São um ácido e uma base que **diferem apenas num próton H^+** .

Ácido HA/base conjugada A^-

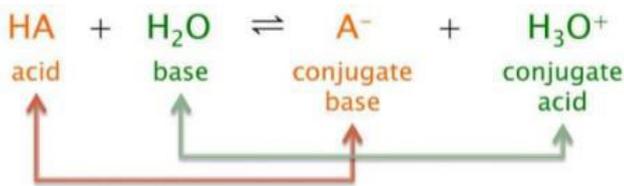
Ácido conjugado BH^+ /base B



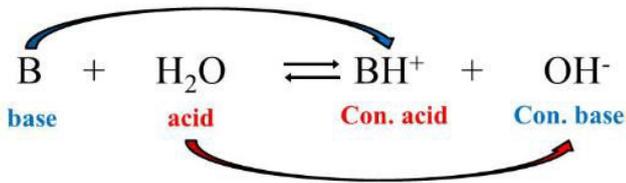
IONIZAÇÃO POR DISSOLUÇÃO DE ÁCIDOS E BASES EM ÁGUA

Formação de íons a partir de substâncias moleculares.

Ácido HA ao libertar H^+ , transforma-se na base conjugada A^- , com formação de H_3O^+ :



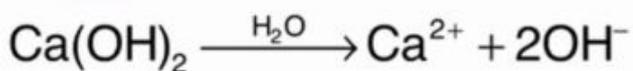
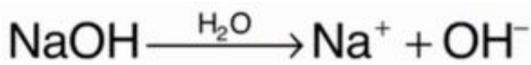
Base B ao aceitar H^+ , transforma-se no ácido conjugado BH^+ , com formação de OH^- :



Comportamento anfotérico: Comportamento de uma espécie química que pode atuar como ácido ou como base, dependendo da espécie com a qual reaja.

DISSOCIAÇÃO DE BASES

A dissociação é o processo de separação dos íons constituintes de uma substância iônica.



CONSTANTE DE ACIDEZ



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

A constante de acidez informa sobre a extensão da reação de ionização de um ácido com a água e é tanto maior quanto mais forte for o ácido.

Ácido forte: $K_a \uparrow$; Ionização muito extensa; O ácido ioniza-se completamente.

Quanto maior K_a , mais forte é o ácido.

Quanto maior for a força do ácido, mais tendência este tem para ceder um elétron.

Ácido fraco: $K_a \downarrow$; Ionização pouco extensa; Ionização parcial

Quanto menor for K_a , mais fraco é o ácido.

Ácido monoprótico: cede apenas um próton.

CONSTANTE DE BASICIDADE



$$K_b = \frac{[\text{HB}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$$

A constante de basicidade informa sobre a extensão da reação de ionização de uma base com a água e é tanto maior quanto mais forte for a base.

Base forte: $K_b \uparrow$, dissocia-se completamente

Base fraca: $K_b \downarrow$, Ionização / Dissociação parcial e pouco extensa.

Quanto menor for a K_b , mais fraca é a base.

Quanto maior for a K_b , mais forte é a base.

Base monoprótica: em água, uma mole de base origina uma mole de OH^- .

FORÇA RELATIVA DE ÁCIDOS E DE BASES

Quando os **ácidos** ou as **bases** são **fortes**, a reação de ionização (ou de dissociação) é completa e o valor do pH da solução depende da concentração da solução e da estequiometria da reação.

- Soluções de ácidos fracos têm valores de pH mais elevados do que as soluções de ácidos fortes de igual concentração.
- Quando os ácidos ou as bases são fracos, a ionização (ou dissociação) em água é incompleta e o pH da solução depende da concentração da solução, da estequiometria da reação e também da constante de acidez, K_a , ou de basicidade, K_b .

Relação entre K_a e K_b para um par conjugado ácido-base:

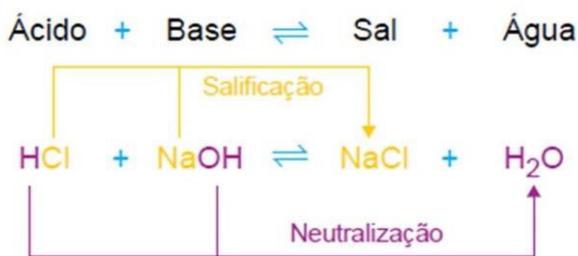
$$K_a \times K_b = K_w$$

K_w – constante

K_a e K_b têm proporcionalidade inversa.

TITULAÇÃO ÁCIDO-BASE

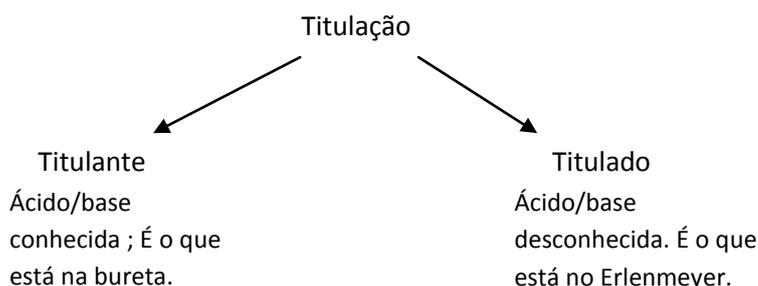
Reação de neutralização:



Fonte: Saber enem Química

Está associada à reação entre iões $[H_3O^+]$ e $[OH^-]$, originando água, além do sal formado. É uma reação completa. A solução obtida pode não ser neutra.

Ponto de equivalência:



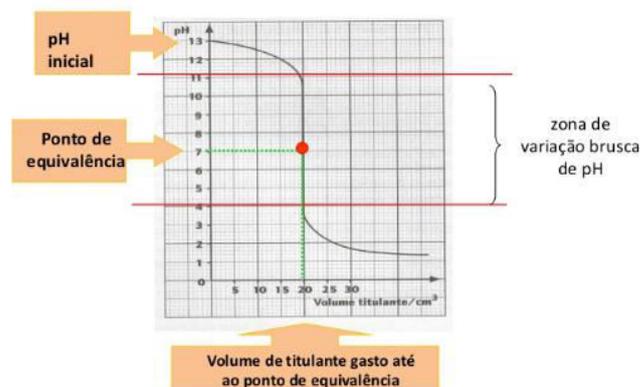
a ácido + b base → sal + água

$$\frac{n_{\text{ácido}}}{n_{\text{base}}} = \frac{a}{b}$$

Se $a = b$, então $n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}}$

$$\text{Logo, } c_{\text{ácido}} \times V_{\text{ácido}} = c_{\text{base}} \times V_{\text{base}}$$

O ponto de equivalência é o momento da titulação em que nenhum dos reagentes, ácido e base, se encontra em excesso, sendo a mistura resultante uma solução aquosa de sal.



Indicadores ácido-base:

Está associado a um par conjugado ácido-base, genericamente apresentado por $HInd/Ind^-$.

ACIDEZ E BASICIDADE EM SOLUÇÕES AQUOSAS DE SAIS

$K_a < K_w$ ou $K_b < K_w \rightarrow$ Não reagem com a água \rightarrow Não alteram o pH

$K_a > K_w$ ou $K_b > K_w \rightarrow$ Reagem com a água \rightarrow Alteram o pH.

$OH^- \rightarrow$ Para hidrólises de bases \rightarrow basicidade \uparrow

$H_3O^+ \rightarrow$ Para hidrólises de ácidos \rightarrow Acidez \uparrow

Ácido forte \leftrightarrow Base fraca

- Os catiões (+) dos metais alcalinos e alcalino-terrosos (1º, 2º grupo, respetivamente) não sofrem hidrólise.
- Qualquer catião cuja base conjugada é fraca hidrolisa-se originando iões H_3O^+ , carácter ácido.

- Qualquer anião (-) cujo ácido conjugado é forte não se hidrolisa.
- Qualquer anião (-) cujo ácido conjugado é fraco hidrolisa-se originando iões OH^- , solução carácter básico.

ASPETOS AMBIENTAIS DAS REAÇÕES ÁCIDO-BASE

CO_2 → Responsável pela ligeira acidez da água da chuva.

NO_x e SO_x → São óxidos que originam chuva ácida

Logo:

Redução das emissões de poluentes:

- Usar combustíveis com baixo teor de enxofre;
- Usar conversores catalíticos;
- Medidas a nível pessoal, social e industrial;
- Acordos internacionais.

Efeitos da chuva ácida:

- Destruição de florestas;
- Acidificação da água de lagos e de rios;
- Alteração/destruição dos ecossistemas;
- Aumento da lixiviação de solos alcalinos;
- Remoção de iões necessários aos crescimentos das plantas;
- Acidificação dos solos;
- Reação com mármore, materiais calcários e com alguns metais.

Água pura → Neutra

Chuva normal → Ligeiramente ácida, $pH \approx 5,6$ → Presença de CO_2 .

Chuva ácida → Ácida, $pH < 5,6$ → Presença de NO_2 e SO_2 e SO_3 .

OXIDAÇÃO-REDUÇÃO

Oxidação / Oxidou-se / Foi oxidado →

Transformação química na qual uma espécie química cede eletrões.

Redução / Reduziu-se / Foi reduzido →

Transformação química na qual uma espécie química ganha eletrões.

Espécie oxidada / redutor → dador de eletrões.

Sofre oxidação e provoca a redução de outra espécie.

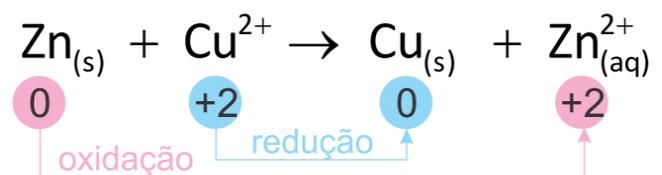
Espécie reduzida / oxidante → Recetor de eletrões.

Sofre redução e provoca a oxidação de outra espécie.

Agente redutor → Cede eletrões

Agente oxidante → Recebe eletrões

Exemplo explicativo:



Zn – oxidou-se / foi oxidado / sofre oxidação → Agente redutor

Cu – reduz-se / foi reduzido / sofre redução → Agente oxidante

Número de oxidação:

- Em **átomos**, por exemplo Ne, C (Fig. 4) e Cu, a carga é zero e o número de oxidação do elemento é zero.
- Num **ião monoatômico**, por exemplo Na^+ , Ca^{2+} , Zn^{2+} , H^+ , O^{2-} e S^{2-} , o número de oxidação do elemento coincide com a **carga do ião**: +1, +2, +2, -1, -2, -2.
- Num **ião poliatômico**, por exemplo HCO_3^- e PO_4^{3-} , convencionou-se que o número de oxidação do **hidrogénio** é +1 e o do **oxigénio** é -2. Os restantes n.o. calculam-se a partir destes e da carga total.
- Em **substâncias elementares**, que têm moléculas como unidades estruturais, por exemplo H_2 , O_2 e Cl_2 , o número de oxidação do elemento é zero.
- Em **substâncias compostas**, cujas unidades estruturais são moléculas, por exemplo CH_4 , CO_2 , $HClO_3$ e H_2SO_4 , convencionou-se que o número de oxidação do **hidrogénio** é +1 e o do **oxigénio** é -2. Os restantes n.o. calculam-se a partir destes, sabendo que a carga total é zero.

- Através do número de oxidação identificam-se estados de oxidação de um elemento químico.
- Através da variação do número de oxidação identificam-se reduções e oxidações numa reação química.

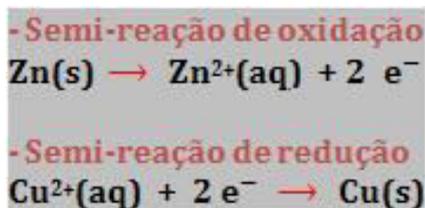
Oxidação
Aumenta o número de oxidação, $\Delta n.o. > 0$

Redução
Diminui o número de oxidação, $\Delta n.o. < 0$

Semirreações de oxidação e de redução:

Reações que correspondem aos processos que ocorrem simultaneamente numa reação de oxidação-redução (a redução e a oxidação).

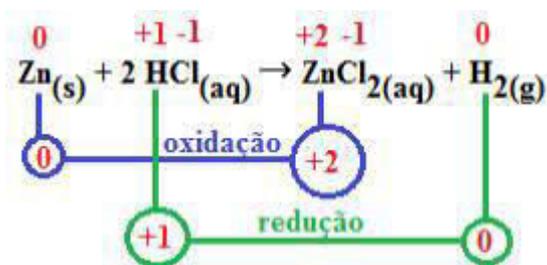
Acerto de equações de oxidação-redução: aplica-se a Lei de Lavoisier e atende-se também à conservação da carga.



FORÇA RELATIVA DE OXIDANTES E REDUTORES

Reação ácido-metal: É uma reação de oxidação-redução entre um ácido e um metal na qual ocorre a oxidação do metal sendo o ácido o agente oxidante.

Corrosão dos metais: Resulta de uma reação de oxidação-redução e está associada à oxidação do metal.



Uma reação ácido-metal, entre um metal M e um ácido HA, com libertação de hidrogénio gasoso, é uma reação de oxidação-redução:

- oxidação do metal, $M(s) \rightarrow M^{n+}(aq) + n e^{-}$
- redução do protão, $2 H^{+}(aq) + 2 e^{-} \rightarrow H_2(g)$

PODER REDUTOR E PODER OXIDANTE

Maior poder redutor cede eletrões (oxida-se) com mais facilidade → Tem maior tendência para sofrer oxidação.

Maior poder oxidante recebe eletrões (reduz-se) com mais facilidade → Tem maior tendência para sofrer redução.

Por terem tendência para se oxidarem facilmente na presença do oxigénio e da água, a maior parte dos metais não são metais livres, isto é, encontram-se combinados com outros elementos químicos.

SÉRIE ELETROQUÍMICA

Perdem eletrões → iões ficam positivos

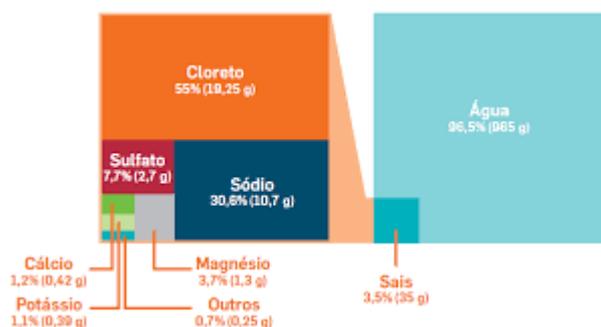
Ganham eletrões → iões ficam negativos

K	Potássio	K ⁺
Ca	Cálcio	Ca ²⁺
Na	Sódio	Na ⁺
Mg	Magnésio	Mg ²⁺
Al	Alumínio	Al ³⁺
Zn	Zinco	Zn ²⁺
Cr	Cromo	Cr ³⁺
Fe	Ferro	Fe ²⁺
Pb	Chumbo	Pb ²⁺
Cu	Cobre	Cu ²⁺
Ag	Prata	Ag ⁺
Au	Ouro	Au ³⁺

Seta para cima: Poder redutor (aumenta de K para Au)
 Setas para baixo: Poder oxidante (aumenta de K para Au)

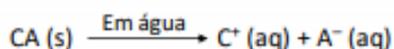
Um metal oxida-se reduzindo iões de um outro metal que lhe esteja abaixo da série eletroquímica.

DISSOLUÇÃO DE SAIS E GASES NA ÁGUA DO MAR

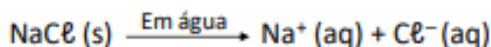


Mineralização: (Das águas) resulta de processos de dissolução de sais minerais.

Dissolução de sais: quando é dissolvido em água um sal CA, este dissocia-se nos seus iões constituintes, o catião, C^+ , e o anião, A^- :



Por exemplo:



PROCESSO DE DISSOLUÇÃO E INTERAÇÃO SOLUTO-SOLVENTE

Dissolução: resulta de interações soluto-solvente.

Interações soluto-solvente: explicam o processo de dissolução e dependem da natureza das unidades estruturais dos componentes da mistura.

- A água, H_2O , é uma substância molecular, isto é, formada por moléculas.
- As moléculas de água são polares.
- Os sais são substâncias iónicas.

Dissolução de um soluto num solvente:

- depende da natureza das unidades estruturais;
- envolve interações soluto-solvente;
- implica a quebra de ligações soluto-soluto e solvente-solvente;
- implica a formação de ligações soluto-solvente.

FATORES QUE AFETAM O TEMPO DE DISSOLUÇÃO

Maior estado de divisão do soluto → Maior superfície de contacto entre o soluto e o solvente → Maior número e maior frequência de interações → Dissolução mais rápida → Menor tempo de dissolução.

Maior agitação da mistura → Maior dispersão do soluto no solvente → Maior número e maior frequência de interações → Dissolução mais rápida → Menor tempo de dissolução.

SOLUBILIDADE

A **solubilidade** de uma substância num solvente líquido relaciona-se com a porção máxima dessa substância que é possível dissolver, num determinado volume desse solvente, para obter uma solução saturada, mantendo as condições de pressão e temp.

$$c_{\text{soluto}} = \frac{n_{\text{soluto}}}{V_{\text{soluto}}}$$

Massa, m , de soluto dissolvido em 100g de solvente numa solução saturada.

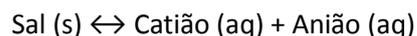
$$c_{\text{soluto}} = \frac{m_{\text{soluto}}}{100g \text{ de solvente}}$$

EFEITO DA TEMPERATURA NA SOLUBILIDADE

Curva de solubilidade: descreve como varia a solubilidade de um soluto, num dado solvente, com a temp..

Solubilidade de um sal: pode aumentar ou diminuir com o aumento da temp.

Dissociação de um sal em água:



SOLUÇÃO NÃO SATURADA, SATURADA E SOBRESSATURADA

Solução insaturada → Dissolve mais soluto →

$$c_{\text{soluto}} < \text{solubilidade}$$

Solução saturada → Não dissolve mais soluto →

$$c_{\text{soluto}} = \text{solubilidade}$$

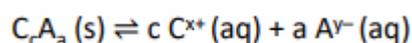
Solução sobressaturada → Não dissolve mais soluto

$$\rightarrow c_{\text{soluto}} > \text{solubilidade}$$

CONSTANTE DO PRODUTO DE SOLUBILIDADE

Equilíbrio heterogêneo ou equilíbrio de solubilidade:

equilíbrio químico que se estabelece numa solução saturada, entre o sal por dissolver e os iões desse sal em solução.



$$K_s = [C^{x+}]_e^c \times [A^{y-}]_e^a$$

Exemplo:



$$s = [\text{Ag}^+]_e = [\text{Cl}^-]_e$$

$$K_s = s \times s \Leftrightarrow K_s = s^2 \Leftrightarrow s = \sqrt{K_s}$$

Outro exemplo:



$$[\text{Br}^-]_e = 2 \times [\text{Ca}^{2+}]_e$$

$$K_s = s \times (2s)^2 \Leftrightarrow K_s = 4s^3 \Leftrightarrow s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}}$$

$Q_c < K_s$	$Q_c = K_s$	$Q_c > K_s$
Solução não saturada	Solução saturada	Solução sobressaturada
Situação de não equilíbrio	Situação de equilíbrio	Situação de não equilíbrio
Não ocorre precipitação	Não ocorre precipitação	Ocorre precipitação

A concentração dos iões em solução aumenta até ser atingido um equilíbrio. A concentração dos iões em solução não se altera. A concentração dos iões em solução diminui até ser atingido um equilíbrio.

EFEITO DO IÃO COMUM

A diminuição da solubilidade de um sal pouco solúvel devido à presença de um ião comum em solução é conhecida como efeito do ião comum.

- A solubilidade, s' , de um sal pouco solúvel numa solução contendo iões do sal é menor do que a solubilidade s do mesmo sal em água: $s' < s$.
- O valor do produto de solubilidade não é alterado.
- Pode ser interpretado com base no princípio de Le Châtelier.

EFEITO DA ADIÇÃO DE SOLUÇÕES ÁCIDAS

- Em meio ácido, a solubilidade, s' , de alguns sais pouco solúveis é superior à solubilidade s do mesmo sal em água: $s' > s$.
- O valor do produto de solubilidade não se altera.
- Pode ser interpretado com base no Princípio de Le Châtelier.

FORMAÇÃO DE IÕES COMPLEXOS

Um ião complexo é um catião metálico, Mn^+ , rodeado de moléculas ou iões negativos.

A maior estabilidade de catiões na forma de iões complexos, relativamente ao catião na forma livre Mn^+ , justifica o seu efeito no aumento da solubilidade de alguns sais.

O aumento da solubilidade devido à formação de um ião complexo estável pode ser interpretado com base no Princípio de Le Châtelier: a diminuição da concentração de produtos da reação favorece a dissociação do sal.

Solubilidade de sais pouco solúveis:

- Diminui na presença de íons comuns ao sal.
- Pode aumentar por adição de ácidos.
- Pode aumentar por formação de íons complexos estáveis dos íons do sal.

CORREÇÃO DA DUREZA DA ÁGUA

Escuma: precipitado branco (sal pouco solúvel) que se forma à superfície das águas. A escuma resulta da combinação entre íons Ca^{2+} e Mg^{2+} presentes nas águas e aniões provenientes do sabão.

A escuma resulta da combinação entre íons Ca^{2+} e Mg^{2+} presentes nas águas e aniões provenientes do sabão.

Na classificação das águas quanto à dureza pode utilizar-se como critério a concentração total em íons cálcio, Ca^{2+} , e magnésio, Mg^{2+} .

Maior dureza → Maior valor $[Ca^{2+}]$ e $[Mg^{2+}]$

Menor dureza → Menor valor $[Ca^{2+}]$ e $[Mg^{2+}]$

Redução da dureza da água:

- adição de agentes amaciadores, que podem ser precipitantes ou complexantes.
- Substâncias precipitantes, que formam sais pouco solúveis de cálcio e de magnésio, são adicionadas às águas em tratamento nas Estações de Tratamento de Águas (ETA) e nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).
- Substâncias complexantes, que originam íons complexos estáveis de cálcio e de magnésio, são adicionadas às águas em tratamento bem como aos detergentes de uso doméstico.
- Alguns sistemas domésticos e industriais de abastecimento de água recorrem a equipamentos que usam resinas de troca iónica para remover a dureza da água. A água atravessa a resina, e os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} ficam retidos.



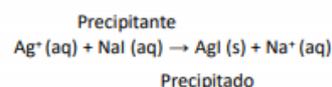
REMOÇÃO DE POLUENTES

As águas provenientes de algumas indústrias contêm poluentes, como, por exemplo, íons metálicos de prata, cobre, ferro, cádmio, cromo e chumbo e arsénio em concentrações elevadas.

Do aprisionamento de catiões metálicos na forma de precipitados de sais pouco solúveis, através de reações de precipitação, resulta a possibilidade da remoção de poluentes metálicos de soluções aquosas. De um modo geral, o agente precipitante provém de um sal muito solúvel.

O iodeto de sódio, NaI , provoca a precipitação de íão prata, Ag^+ , na forma de iodeto de prata, AgI .

O iodeto de sódio é o agente precipitante:



O agente precipitante é a espécie química que provoca a precipitação de agentes poluentes em águas contaminadas.

A correção do pH das águas contaminadas também é muito importante para a remoção de alguns poluentes. Esta correção é feita à custa da adição de, por exemplo, água de cal, $Ca(OH)_2 (aq)$, hidróxido de sódio, $NaOH$, ou de ácidos.

A remoção de poluentes pode realizar-se através de reações de precipitação de sais pouco solúveis desses poluentes:

Contaminante/polvente + precipitante → precipitado de contaminante.

Reações de precipitação: obtenção de precipitados de sais pouco solúveis.

Remoção de poluentes: (De águas poluídas) pode ser conseguido através de reações de precipitação de sais.

Agente precipitante: espécie química que provoca a precipitação de agentes poluentes em águas contaminadas.