

Por:  
Débora Ribs

# VESTIBUMAPAS

RESUMAPAS PARA O ENEM  
E VESTIBULAR



@missaoenem

COMO DEMONSTRAR AO  
CORRETOR O PADRÃO 9?

Fazendo uma proposta de  
intervenção detalhada.

**4 CONCLUSIVOS:** Expressam a consequência lógica para um fato. Conjunção básica: "Logo". Sinônimos: Portanto, Destarte, Pois (deslocado), Por isso, Por conseguinte, Consequentemente, Assim.

**4 OPERATIVOS:** Introduzem uma ideia que explica ou justifica uma ideia ou opinião anterior. Conjunção básica: "Porque". Sinônimos: Já que, Visto que, Pois.

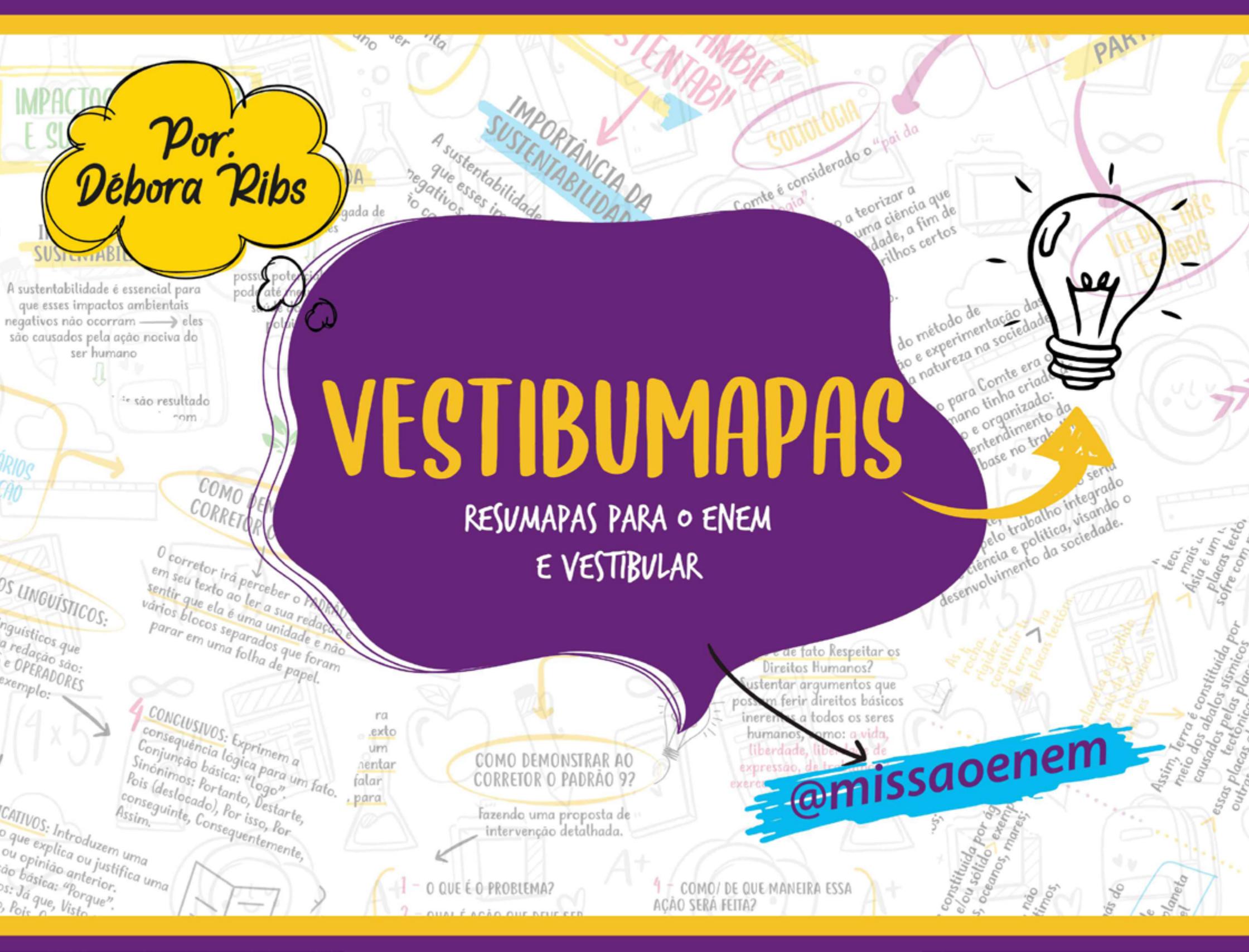
O corretor irá perceber o padrão em seu texto ao ler a sua redação e sentir que ela é uma unidade e não vários blocos separados que foram parar em uma folha de papel.

COMO DEMONSTRAR AO CORRETOR O PADRÃO 9?

A sustentabilidade é essencial para que esses impactos ambientais negativos não ocorram → eles são causados pela ação nociva do ser humano

1 - O QUE É O PROBLEMA?

4 - COMO/ DE QUE MANEIRA ESSA AÇÃO SERÁ FEITA?





# RESUMOS DE FÍSICA PARA O ENEM

[@missaoenem](https://www.instagram.com/missaoenem)

# ÍNDICE

Grandezas físicas	4 a 6	MHS - Movimento Harmônico Simples	64 e 65
Vetores	7 a 10	Ondas periódicas	66 a 68
Cinemática	11 a 14	Acústica	69 e 70
MRU - Movimento Retilíneo Uniforme	15 e 16	Ótica	71 a 74
MRUV - Movimento Retilíneo Uniformemente variado	17 a 19	Refração da Luz	75 e 76
MCU - Movimento Circular Uniforme	20 a 22	Espelhos Esféricos	77 a 81
Dinâmica	23 a 25	Lentes Esféricas	82 a 86
Atrito	26 e 27	Eletrostática	87 e 88
Gravitação	28 e 29	Lei de Coulomb	89
Trabalho e Potência	30 e 31	Campo elétrico	90 e 91
Energia mecânica	32 a 34	Potencial elétrico	92 a 94
Conservação do movimento	35 a 37	Eletrodinâmica	95 e 96
Estática	38 e 39	Leis de Ohm	97 e 98
Densidade, massa específica e pressão	40 e 41	Circuitos elétricos	99 a 101
Princípios de Pascal	42 e 43	Geradores e receptores elétricos	102 a 105
Lei de Stevin	44 e 45	Capacitores	106 a 109
Empuxo	46 e 47	Campos magnéticos	110 e 111
Termometria	48 e 49	Eletromagnetismo	112 a 114
Dilatação	50	Física Moderna	115 e 116
Calorimetria	51 a 53		
Estado físico da matéria	54 e 55		
Gases	56 a 59		
Termodinâmica	60 a 63		

# GRANDEZAS FÍSICAS

GRANDEZA É TODA PROPRIEDADE DA MATÉRIA QUE PODE SER MEDIDA E QUANTIFICADA, OU SEJA, É TODA PROPRIEDADE DA MATÉRIA QUE PODEMOS ATRIBUIR VALOR, POR EXEMPLO ALTURA, MASSA, TEMPERATURA, TEMPO.

A unidade de é o parâmetro que classifica a grandeza, por exemplo a grandeza distância é medida pela unidade metro.



As grandezas podem ser fundamentais, são definidas por si só, ou derivadas, são obtidas através de outras grandezas, por exemplo a velocidade é uma grandeza derivada pois é obtida através das grandezas fundamentais comprimento e tempo.

As grandezas também podem ser classificadas como vetoriais e escalares. Escalar é uma grandeza que fica bem definida apenas com o seu módulo, enquanto um vetor precisa de uma orientação para que seja definido.



As grandezas fundamentais são definidas pelo SI.

## SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES - SI

Cada país criou suas próprias medidas e essas diferenças trouxeram dificuldades, principalmente para o comércio por isso, em 1960 na 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas que ocorreu em Paris, foi definido o SI, Sistema Internacional de Unidade. O objetivo do SI foi padronizar as grandezas fundamentais e suas unidades de medida.

O SI definiu sete grandezas fundamentais. Para grandezas derivadas devemos analisar as grandezas fundamentais associadas. Por exemplo a velocidade é a razão entre distância percorrida e tempo decorrido. Medimos distância em metro e medimos o tempo em segundos, portanto medimos velocidade em metros por segundo.



TODA GRANDEZA DERIVADA TEM SUA UNIDADE DEFINIDA ATRAVÉS DAS GRANDEZAS FUNDAMENTAIS.



# GRANDEZAS FÍSICAS

A tabela a seguir indica as sete grandezas fundamentais, sua unidade de medida e o símbolo que representa cada unidade.

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampère	A
Temperatura	kelvin	K
Quantidade de matéria	mol	mol
Intensidade luminosa	candela	cd



## MÚTIPLIOS E SUBMÚTIPLIOS

O SI foi uma boa forma para padronizar as medidas, mas existem certos valores que são muito grandes ou muito pequenos e para isso temos os múltiplos e submúltiplos para facilitar a sua representação.

Ao comparar o tamanho da Terra com o tamanho de uma bactéria, teremos valores muito grandes e muito pequenos, para tornar o número mais agradável usamos os múltiplos e submúltiplos.



A FUNÇÃO DOS MÚTIPLIOS E SUBMÚTIPLIOS É TORNAR VALORES MUITO GRANDE OU MUITO PEQUENOS EM NÚMEROS QUE ESTÃO DENTRO DE UM INTERVALO MAIS AGRADÁVEL DE TRABALHO (NORMALMENTE ENTRE UM E MIL).



Abaixo temos uma tabela com os principais múltiplos e submúltiplos para todas unidades.

Para utilizarmos os múltiplos e submúltiplos devemos acrescentar o radical ao nome da unidade, o valor devemos transformar para a notação científica equivalente.



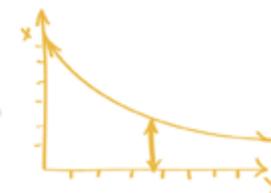
Na tabela temos destacado em vermelho os múltiplos e submúltiplos mais utilizados.



Por exemplo 200 milhões de metros é equivalente a  $200 \cdot 10^6$  metros, usamos o múltiplo mega, teremos: 200 Mm (duzentos megametros).

# GRANDEZAS FÍSICAS

Prefixo	Símbolo	Extenso	Decimal	Potência de dez
exa	E	quintilhão	1.000.000.000.000.000.000	$10^{18}$
peta	P	quadrilhão	1.000.000.000.000.000	$10^{15}$
tera	T	Trilhão	1.000.000.000.000	$10^{12}$
<b>giga</b>	<b>G</b>	<b>Bilhão</b>	<b>1.000.000.000</b>	<b><math>10^9</math></b>
<b>mega</b>	<b>M</b>	<b>Milhão</b>	<b>1.000.000</b>	<b><math>10^6</math></b>
<b>quilo</b>	<b>k</b>	<b>Mil</b>	<b>1.000</b>	<b><math>10^3</math></b>
hecto	h	Cem	100	$10^2$
deca	da	Dez	10	$10^1$
unidade	-	Unidade	1	$10^0$
deci	d	Décimo	0,1	$10^{-1}$
centi	c	centésimo	0,01	$10^{-2}$
<b>milli</b>	<b>m</b>	<b>milésimo</b>	<b>0,001</b>	<b><math>10^{-3}</math></b>
<b>micro</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b>millionésimo</b>	<b>0,000.001</b>	<b><math>10^{-6}</math></b>
<b>nano</b>	<b>n</b>	<b>billionésimo</b>	<b>0,000.000.001</b>	<b><math>10^{-9}</math></b>
<b>pico</b>	<b>p</b>	<b>trillionésimo</b>	<b>0,000.000.000.001</b>	<b><math>10^{-12}</math></b>
femto	f	quadrilionésimo	0,000.000.000.000.001	$10^{-15}$
atto	a	quintilionésimo	0,000.000.000.000.000.001	$10^{-18}$



# VETORES

As grandezas podem ser classificadas como **escalares** e **vetoriais**. **Escalares** são grandezas que, para defini-las, precisamos conhecer apenas o seu módulo (valor). **Vetoriais** são grandezas que, além do módulo, precisamos conhecer também a sua direção e sentido (orientação).

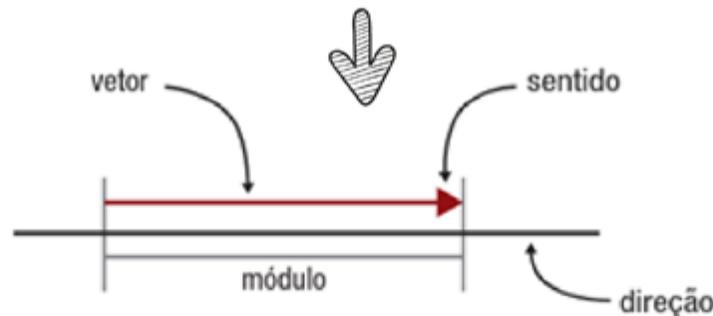


**VETOR É O NOME QUE SE DÁ A REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UMA GRANDEZA VETORIAL.**



O vetor é uma **flecha** que indica a **direção**, sentido e intensidade da grandeza que representa.

Ao desenhar um vetor devemos tomar cuidado com o tamanho da flecha pois **a sua intensidade é proporcional ao seu tamanho**.



O módulo é a intensidade do vetor, ele representa o valor medido. **Quanto maior a flecha maior será o módulo do vetor.**

A direção é a reta suporte que passa pelo vetor. Nem sempre o vetor estará paralelo a um eixo de referência e em muitos casos vamos indicar também a inclinação desse vetor em relação ao eixo de referência.



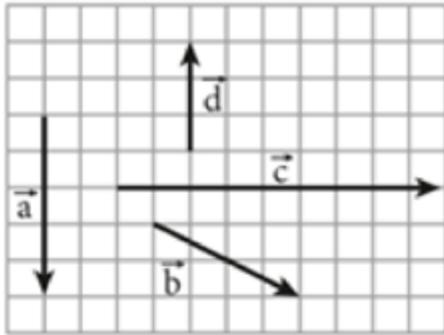
O sentido é indicado pela ponta da flecha. Toda direção tem dois sentidos. Um vetor negativo significa que o seu sentido é contrário ao que está representado.



**ALGUMAS GRANDEZAS VETORIAIS:**  
DESLOCAMENTO, VELOCIDADE,  
ACELERAÇÃO, FORÇA, CAMPO ELÉTRICO, CAMPO MAGNÉTICO



Ao representar um vetor utilizamos uma flecha acima da letra que o representa. Isso o diferencia de uma grandeza escalar. Na imagem abaixo temos alguns vetores representados.



### DECOMPOSIÇÃO DE VETORES

Quando um vetor possui uma inclinação podemos decompor esse vetor em componentes orientadas em eixos de referência.

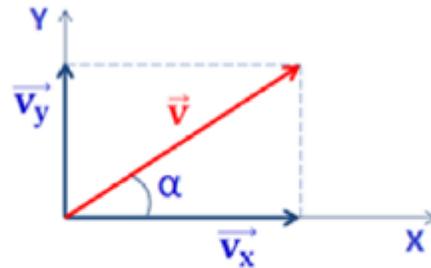
## PARTE 2

# VETORES

Para isso vamos aplicar um pouco de trigonometria e usar como referência o plano cartesiano.



Vamos considerar o vetor velocidade representado abaixo para compreender o processo de decomposição:



Representamos a velocidade através do **vetor v**. Agora encontraremos as componentes  $v_x$  e  $v_y$  para este vetor.



A figura pode ser comparada a um triângulo retângulo em que  $v$  é a hipotenusa,  $v_y$  é o cateto oposto ao ângulo  $\alpha$  e  $v_x$  é o cateto adjacente ao ângulo.



Aplicando as funções trigonométricas temos:

$$v_x = v \cdot \cos \alpha$$

$$v_y = v \cdot \sin \alpha$$



AS COMPONENTES  $v_x$  E  $v_y$  TERÃO AS MESMAS UNIDADES QUE O VETOR  $v$ .

# VETORES

2º Somar todas as componentes de x e todas as componentes de y, observando o sinal de cada uma seguindo o plano cartesiano

## SOMA DE VETORES

Para somar vetores temos alguns procedimentos disponíveis. Cada procedimento é indicado para alguma situação.



Os principais métodos de soma de vetor são **soma por decomposição**, **regra do polígono** e **lei do cosseno**. Mas além desses métodos existem outros.

## SOMA DE VETORES POR DECOMPOSIÇÃO:

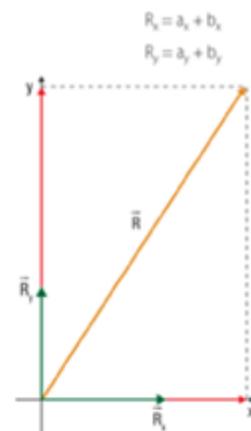
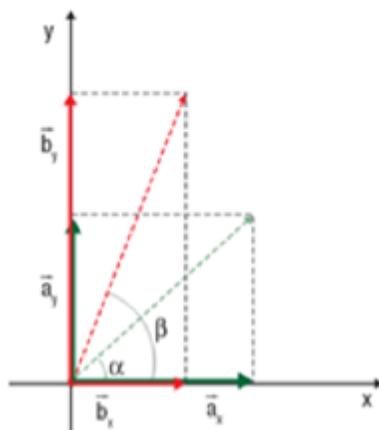
neste método devemos:

1º **Decompor todos os vetores em suas componentes x e y.**



$$a_x = a \cdot \cos \alpha \text{ e } a_y = a \cdot \sin \alpha$$

$$b_x = b \cdot \cos \beta \text{ e } b_y = b \cdot \sin \beta$$



3º **Aplicar o teorema de Pitágoras com as resultantes de x e y. A hipotenusa é o vetor resultante e os catetos são as resultantes encontradas.**

$$R^2 = R_x^2 + R_y^2$$



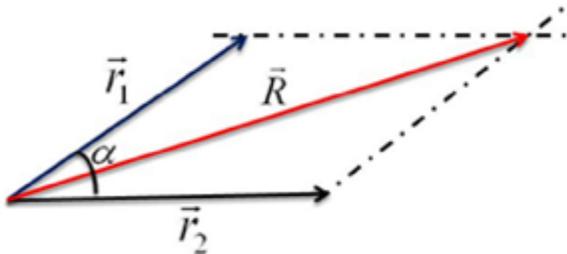
## PARTE 4

# VETORES

esse método pode ser aplicada em quase todas as situações de soma de vetores, mesmo quando se deseja somar mais de dois vetores.

### SOMA DE VETORES POR LEI DO COSSENO:

esse método só é possível de ser aplicado quando temos dois vetores e conhecemos o ângulo entre eles.

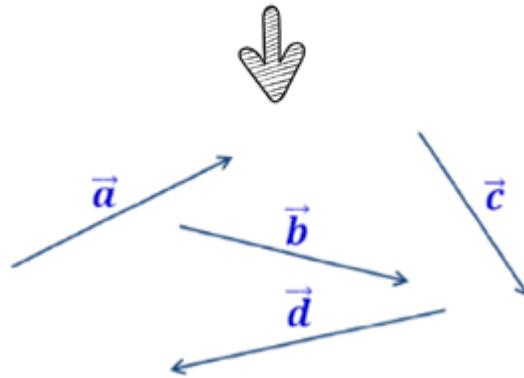


para realizar a soma utilizamos a lei do cosseno:

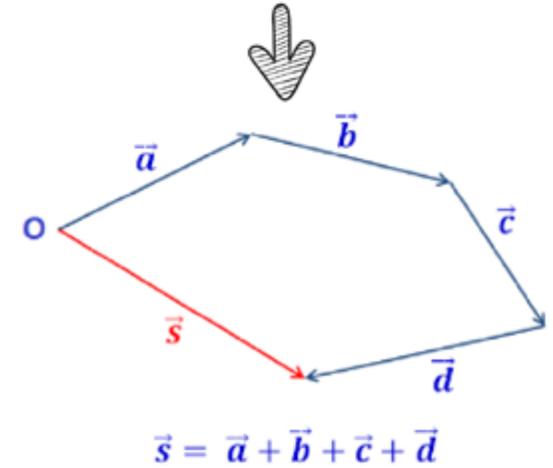
$$R^2 = r_1^2 + r_2^2 + 2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot \cos\alpha$$

### SOMA DE GRÁFICA DE VETORES PELA REGRA DO POLÍGONO:

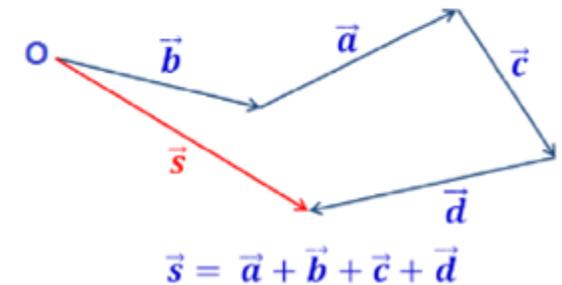
neste método a soma é feita exclusivamente através de um processo gráfico, portanto não é útil se deseja encontrar a intensidade do vetor resultante.



O processo consiste em ligar o início de um vetor com a ponta da flecha do vetor seguinte. Após isso ligar as extremidades que ficaram em aberto.



indiferente da ordem escolhida para organizar os vetores, a resultante sempre será a mesma.



CINEMÁTICA É O RAMO DA FÍSICA QUE ESTUDA O MOVIMENTO SEM SE PREOCUPAR COM AS SUAS CAUSAS. A CINEMÁTICA ANALISA APENAS O MOVIMENTO E SUAS CARACTERÍSTICAS.

PONTO MATERIAL OU PARTÍCULA são corpos que são bem pequenos quando comparados ao movimento analisado, enquanto corpos extensos são corpos que suas dimensões devem ser levadas em consideração ao analisar o movimento. Por exemplo um trem é uma partícula quando se fala em uma viagem ao redor do Brasil, mas pode se tornar um corpo extenso quando está atravessando uma ponte ou viaduto.

REFERENCIAL é um ponto ou objeto fixo em relação ao qual analisará o movimento, o referencial é de extrema importância na análise do movimento pois, dependendo do referencial, o corpo terá diferentes estados de movimentos.

## PARTE 1

# CINEMÁTICA

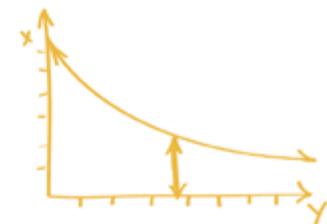
A TRAJETÓRIA é o caminho percorrido pelo corpo analisado, a trajetória também varia de acordo com o referencial adotado.

A POSIÇÃO OU ESPAÇO ocupado pelo corpo é a representação numérica da distância entre o corpo e o referencial estabelecido.

Para determinarmos se um corpo está em movimento ou repouso devemos analisar se a sua posição está variando ao longo do tempo em relação a um referencial. Se a sua posição varia ao longo do tempo, você está em movimento, se a sua posição não varia ao longo do tempo você está em repouso.

Um carro viajando em uma estrada estará em movimento se o referencial forem as árvores ou um ponto da estrada, mas este mesmo carro, no mesmo instante, estará em repouso se o referencial for o motorista ou algum ponto fixo no próprio carro.

O estado de movimento entre dois corpos é SIMÉTRICO, isso significa que, se um corpo A está em movimento em relação a um corpo B, então o corpo B também está em movimento em relação ao corpo A. O mesmo vale para o repouso.



# CINEMÁTICA

## VELOCIDADE MÉDIA

A VELOCIDADE É UMA GRANDEZA que indica a taxa de variação da posição de um corpo em função do tempo decorrido neste movimento.



A velocidade instantânea nem sempre é igual à velocidade média. Quando se observa o velocímetro de um veículo estamos vendo a velocidade instantânea do veículo, a velocidade instantânea é a velocidade desenvolvida a cada instante.



Devemos tomar cuidado para não confundir velocidade média e média das velocidades. Para calcular a velocidade devemos sempre aplicar a equação a seguir.



Para calcular a velocidade média ao longo de uma trajetória vamos dividir a distância percorrida pelo tempo decorrido:

$$v_m = \frac{d}{t}$$

$v_m$  é a velocidade média desenvolvida, sua unidade no SI é o metro por segundo (m/s) mas cotidianamente usamos o quilômetro por hora (km/h).

$t$  é o tempo decorrido para que o corpo saia da posição inicial e chegue a posição final, sua unidade é o segundo mas também pode ser usado o quilômetro (km).

$d$  é a distância percorrida, sua unidade é o metro (m) ou o quilômetro (km). Em algumas situações podemos representar a distância como a variação da posição ( $\Delta s$ ) de um corpo, para isso subtraímos a posição inicial da final:

$$\Delta s = s_f - s_i$$



$\Delta s$  é a variação da posição.  
 $s_f$  é a posição ao **final** do movimento.  
 $s_i$  é a posição no **início** do movimento.

## CINEMÁTICA

No SI a unidade de velocidade é o metro por segundo (m/s) mas é comum, no nosso dia a dia, nos referirmos a **velocidade como quilômetro por hora (km/h)**. Para realizar a transformação entre as unidades usamos a relação abaixo:

$$1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$$



PARA TRANSFORMAR DE KM/H PARA M/S BASTA **DIVIDIR O VALOR EM KM/H POR 3,6**. E PARA TRANSFORMAR DE M/S PARA KM/H DEVEMOS MULTIPLICAR O VALOR EM M/S POR 3,6.

Podemos classificar o movimento como **PROGRESSIVO** ou **RETRÓGRADO**. Quando o corpo tem o valor da sua posição aumentando ao longo do tempo (velocidade positiva) dizemos que o movimento é **PROGRESSIVO**. E quando o corpo está indo sentido contrário a marcação da posição, quando ele está com o valor da posição reduzindo ao longo do tempo (velocidade negativa) dizemos que o movimento é **RETRÓGRADO**. O sinal da velocidade indica apenas o sentido do movimento.



## ACELERAÇÃO MÉDIA

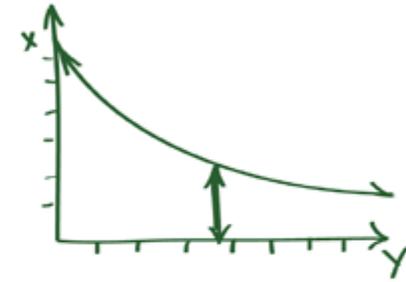
A aceleração é a taxa de variação da velocidade em função, ou seja, é quanto a velocidade variou a cada unidade de tempo.



A aceleração pode ser **positiva**, quando a velocidade está aumentando, ou **negativa**, quando a velocidade está reduzindo. **Exemplos:** quando um carro está parado e inicia o seu movimento a sua aceleração é positiva (movimento acelerado), quando um carro em movimento tem os freios acionados a sua velocidade reduzirá e por isso sua aceleração será negativa (movimento retardado).

## PARTE 4

# CINEMÁTICA



Assim como na velocidade,  
a aceleração instantânea  
**não é equivalente a  
aceleração média.**



Para calcular a  
aceleração média usamos  
a equação abaixo:

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

$a_m$  é a aceleração média desenvolvida pelo corpo, sua unidade é metro por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ )

$\Delta v$  é a variação da velocidade, para calcular a variação da velocidade calculamos a diferença entre a velocidade inicial e final:



para o cálculo da aceleração a unidade da velocidade deve sempre ser convertida para metros por segundo (m/s).

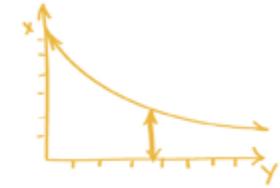
$\Delta t$  é o tempo decorrido para que ocorra a variação da velocidade, sua unidade é o segundo (s).



$$\Delta v = v_f - v_i$$



# MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME - MRU



Nessa equação também podemos usar os valores em quilômetro (km) e hora (h).

UM MOVIMENTO É CLASSIFICADO COMO RETILÍNEO QUANDO SUA TRAJETÓRIA É UMA LINHA RETA E UNIFORME SIGNIFICA QUE MANTÉM A SUA VELOCIDADE CONSTANTE, DIFERENTE DE ZERO, AO LONGO DA TRAJETÓRIA ANALISADA. ISSO SIGNIFICA QUE O CORPO PERCORRE DISTÂNCIAS IGUAIS EM TEMPOS IGUAIS.

Para determinarmos a posição do corpo num determinado instante usamos a equação horária da posição:

$$s = s_0 + v \cdot t$$



$s$  é a posição final do corpo, ou seja, é a posição do corpo determinado tempo após o início do movimento. A unidade da posição é o metro (m).

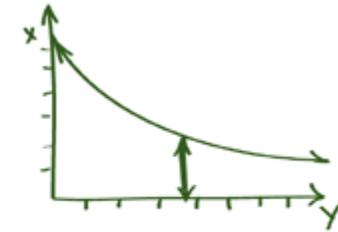
$s_0$  é a posição do corpo no início do movimento, sua unidade é o metro (m).  
 $v$  é a velocidade desenvolvida pelo corpo ao longo do movimento, medido em metro por segundo (m/s).

$t$  é o tempo decorrido entre o instante inicial e o instante final, sua unidade é o segundo.

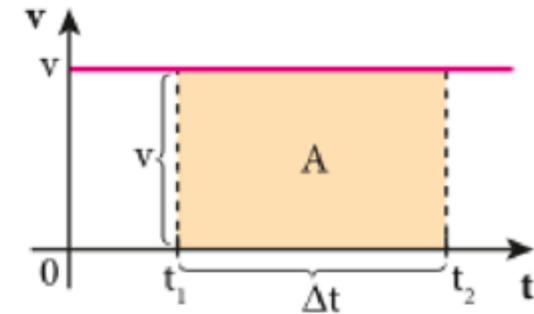
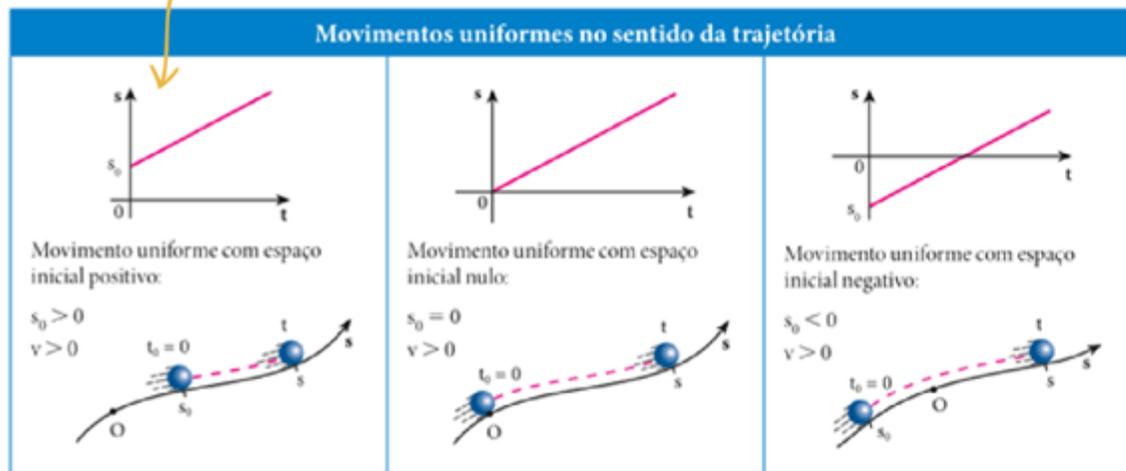
A equação horária da posição de um corpo em MRU é muito semelhante a uma equação de primeiro grau. A posição inicial ( $s_0$ ) é o coeficiente linear, a velocidade ( $v$ ) é o coeficiente angular e o tempo ( $t$ ) é a variável da equação.



# MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME - MRU



O GRÁFICO DA POSIÇÃO É UMA RETA:



Em situações em que ocorrem o encontro de dois corpos devemos considerar que as suas posições finais são iguais no mesmo instante. Para isso devemos igualar a função da posição de um corpo com a função da posição do outro corpo e encontrar o tempo em que esse encontro acontece.

NEM SEMPRE DOIS CORPOS EM MRU TERÃO UM MOMENTO EM QUE SE ENCONTRAM.

Quando a posição inicial de um corpo é **negativa** significa que ele iniciou o seu movimento antes do marco zero em relação ao referencial.

O gráfico da velocidade em função do tempo é uma reta horizontal pois **a velocidade é constante ao longo do tempo**. A área formada pelo retângulo abaixo da velocidade é correspondente a distância percorrida pelo móvel.

## MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO - MRUV

### PARTE 1

- $v$  é a velocidade final do movimento, sua unidade é o metro por segundo (m/s).
- $v_0$  é a velocidade no início do movimento, sua unidade é o metro por segundo (m/s).
- $a$  corresponde a aceleração que o corpo sofre, medida em metro por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ).
- $t$  é o tempo que o corpo esteve acelerado, medimos o tempo em segundo (s).

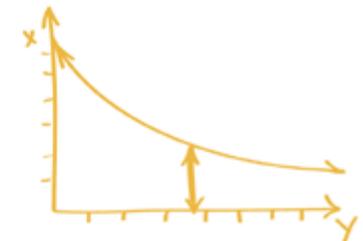
Diferente do MRU, no **MRUV** temos um movimento em que a velocidade **não é constante**.

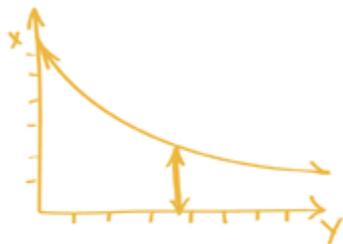


NO MRUV A VELOCIDADE ESTÁ VARIANDO UNIFORMEMENTE AO LONGO DO TEMPO, OU SEJA, POSSUI ACELERAÇÃO CONSTANTE E DIFERENTE DE ZERO.

A velocidade para o MRUV possui uma função da velocidade semelhante a uma equação de primeiro grau:

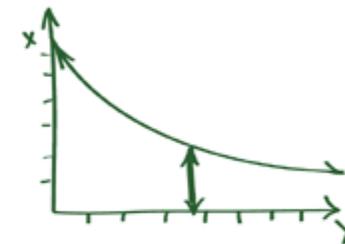
$$v = v_0 + a \cdot t$$





# MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO - MRUV

## PARTE 2



O GRÁFICO DA VELOCIDADE FORMA UMA RETA:

Gráfico $v \times t$ – quando a aceleração escalar é positiva		
<p>①</p> <p>Velocidade inicial positiva.</p>	<p>②</p> <p>Velocidade inicial nula.</p>	<p>③</p> <p>Velocidade inicial negativa.</p>
Gráfico $v \times t$ – quando a aceleração escalar é negativa		
<p>④</p> <p>Velocidade inicial positiva.</p>	<p>⑤</p> <p>Velocidade inicial nula.</p>	<p>⑥</p> <p>Velocidade inicial negativa.</p>



A área formada pela reta da velocidade e o eixo do tempo é a distância percorrida pelo móvel.



Devido a variação da velocidade, a posição do corpo não possui uma variação uniforme. A função da posição em função do tempo, para o MRUV é correspondente a uma equação de segundo grau.



## MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO - MRUV

### PARTE 3



$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$



$s$  é a posição final do corpo, sua unidade é o metro (m).

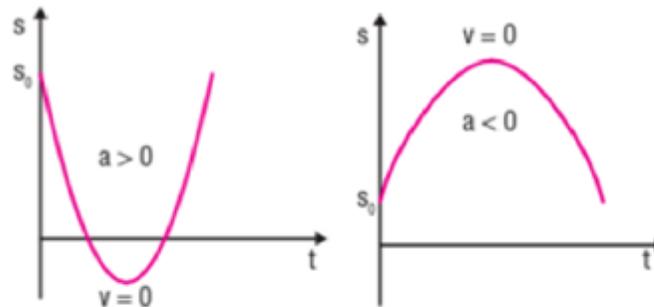
$s_0$  é a posição do móvel no início do movimento, sua unidade é o metro (m).

$v_0$  corresponde a velocidade inicial do corpo, em metro por segundo (m/s).

$t$  é o tempo que durou o movimento, medido em segundo (s).

$a$  é a aceleração do movimento, a unidade de medida é o metro por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ).

O gráfico da equação horária da posição no MRUV é uma **parábola** pois é uma função quadrada. No gráfico, podemos identificar o ponto de inversão de movimento quando a velocidade for nula.



A **EQUAÇÃO DE TORRICELLI** é uma equação que nos permite **relacionar velocidade e distância percorrida**, no MRUV, sem precisarmos conhecer o tempo.

Essa equação é muito útil em situações em que não temos o tempo de duração do movimento:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot d$$



$d$  é a distância percorrida, também pode ser representada como a variação da posição ( $\Delta s$ ). Sua unidade é o metro.



**OBSERVAÇÃO: SEMPRE QUE FORMOS APLICAR OS VALORES NESTAS EQUAÇÕES DEVEMOS OBSERVAR O SINAL DE CADA GRANDEZA.**

# MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME - MCU

O movimento circular, em geral, é periódico, ou seja, tem uma repetição em períodos de tempo definidos.



PODEMOS DEFINIR O PERÍODO DE UM MOVIMENTO CIRCULAR COMO O TEMPO NECESSÁRIO PARA QUE O CORPO REALIZE UMA VOLTA COMPLETA.

$$T = \frac{\Delta t}{\Delta n}$$



$T$  é o período do movimento, sua unidade é segundo (s).

$\Delta t$  é o tempo decorrido para realizar algumas voltas, sua unidade é o segundo (s).

$\Delta n$  é o número de voltas ocorridas num determinado intervalo de tempo, não possui unidade.

→ A frequência é a taxa de repetição do movimento, podemos definir frequência como o número de ciclos realizados em uma unidade de tempo.

$$f = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$



$f$  é a frequência do movimento, sua unidade é o hertz (Hz).



É possível encontrar a frequência sendo medida em revoluções por minuto (rpm), nesse caso para realizar a transformação utilizaremos a equivalência:

$$1 \text{ Hz} = 60 \text{ rpm}$$



Período e frequência são grandezas inversas, em termos matemático temos:

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



EM UM MOVIMENTO CIRCULAR NOS IMPORTAMOS COM O ÂNGULO VARRIDO PELO OBJETO AO LONGO DE SUA TRAJETÓRIA.

## PARTE 2

# MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME - MCU

A velocidade angular do movimento está relacionada ao ângulo varrido pelo objeto que está se movimentando.

Desse modo:

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

$\omega$  é a velocidade angular, também conhecida como frequência angular, sua unidade é o radiano por segundo (rad/s).

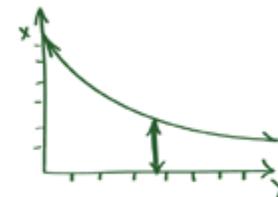
$\Delta\theta$  é o ângulo descrito pelo corpo em movimento circular. Em movimento circular a unidade utilizada para medir ângulos não é o grau e sim o radiano (rad), portanto, sempre teremos que converter graus em radiano.

LEMBRETE:  $180^\circ = \pi \text{ RAD}$

$\Delta t$  é o tempo necessário para que o corpo descreva o ângulo percorrido, sua unidade é o segundo (s).

Sabendo que o período é o tempo de uma rotação e que uma volta tem sempre o ângulo de  $2 \cdot \pi$  rad, podemos descrever a velocidade angular através da fórmula:

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



Um movimento circular é uniforme quando sua velocidade tangencial (ou velocidade linear) é constante.

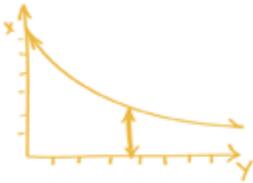
A velocidade linear é calculada através da distância percorrida. Como em um círculo sabemos que a uma volta completa é o comprimento do círculo, podemos calcular a velocidade linear através da fórmula:

$$v = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot r = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} = \omega \cdot r$$

$v$  representa a velocidade tangencial do movimento, sua unidade é o metro por segundo (m/s).  
 $r$  é o raio da trajetória descrita pelo corpo, medido em metro (m).

## PARTE 3

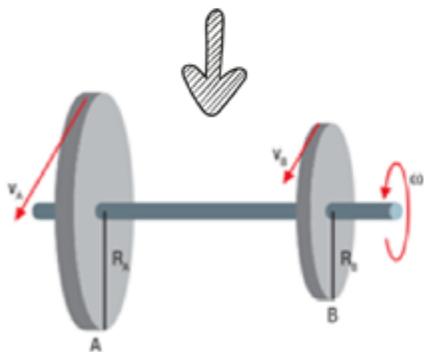
# MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME - MCU



NA TRANSMISSÃO POR EIXO A VELOCIDADE ANGULAR É CONSERVADA.

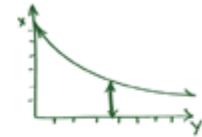


Nesse tipo de transmissão além da velocidade angular, o período e a frequência do movimento também são iguais. A velocidade linear vai depender do raio, portanto serão diferentes. **Quanto maior o raio do movimento, maior será a sua velocidade tangencial.**



## TRANSMISSÃO DO MOVIMENTO CIRCULAR

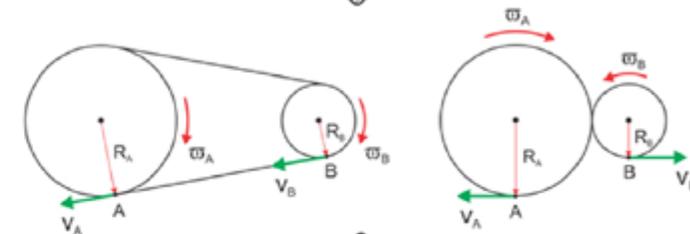
O MOVIMENTO CIRCULAR PODE SER TRANSMITIDO DE DUAS FORMAS: ATRAVÉS DE UM EIXO COMUM OU POR CORREIA (OU CORRENTE).



NA TRANSMISSÃO POR CORRENTE (OU CORREIA) A VELOCIDADE TANGENCIAL É CONSERVADA.



O mesmo vale para transmissão por contato, mas nesse caso haverá a inversão do sentido de giro e da velocidade angular.



Nesse tipo de transmissão cada objeto terá o seu período e frequência. **Quanto menor o raio, maior será a sua frequência e também a sua velocidade angular.**

## PARTE 1

# DINÂMICA

## FORÇA ELÁSTICA

DINÂMICA É O RAMO DA FÍSICA QUE ESTUDA AS CAUSAS E EFEITOS DE UM MOVIMENTO.



A principal grandeza envolvida com a dinâmica é o **força**.



Força é um agente físico capaz de alterar o estado de movimento de um corpo (causar uma **aceleração**) ou deformar um objeto (através da **força elástica**).



A **força é uma grandeza vetorial**, pois devemos indicar a sua orientação além de seu módulo.

A **força elástica é o agente capaz de deformar um objeto**. Em situações elásticas o objeto retorna a sua forma original.



Robert Hooke foi um cientista inglês que, dentre outros tópicos, estudou a deformação elástica. Através de alguns experimentos ele chegou a seguinte conclusão que num sistema elástico a deformação sofrida é proporcional à intensidade da força que a provoca.

Podemos calcular a força elástica através da equação:

$$F = -K \cdot \Delta x$$



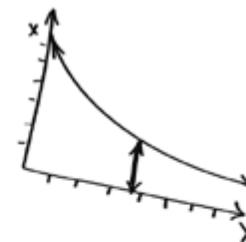
**K** é a constante elástica do material que recebeu a força, a **unidade é o newton por metro (N/m)**.

**$\Delta x$**  é a deformação sofrida pelo corpo, medida em metro (m).



O **negativo da fórmula significa que a força é restitutiva**, ou seja, o corpo sempre aplicará uma força elástica contrária que foi aplicada nele. Por exemplo se você comprime uma mola no chão pressionando-a para baixo, a força que a mola fará será para cima.

## DINÂMICA



## LEIS DE NEWTON

A 1ª LEI DE NEWTON (também conhecida como **princípio da inércia**) diz o seguinte: **todo corpo que está em movimento tende a manter-se em movimento. Todo corpo que está em repouso tende a manter-se em repouso.** O estado de movimento de um corpo só se altera ao aplicar uma força sobre ele.



**EXEMPLOS:** Quando estamos em um veículo em movimento e o veículo freia bruscamente sentimos nosso corpo sendo lançado para frente, isso ocorre porque o veículo parou de se movimentar mas o nosso corpo continuou o movimento. Considere um forro de mesa liso e sem costuras nas bordas, se você remover o forro de mesa rapidamente os objetos que estão acima do forro permanecerão em repouso devido a inércia.

A 2ª LEI DE NEWTON (também conhecida como **princípio fundamental da dinâmica**) enuncia que **a força necessária para alterar o estado de movimento de um corpo é proporcional ao produto da massa e aceleração desenvolvida por esse corpo:**

$$F = m \cdot a$$



**F** representa a força que tem o **newton (N)** como unidade. Sua unidade é uma homenagem a Isaac Newton, autor destas três leis fundamentais da dinâmica.

**m** é a massa do corpo que está sendo acelerado, medida em **quilograma (kg)**.

**a** é a aceleração desenvolvida pelo corpo, em **metros por segundo ao quadrado (m/s²)**.

ATRAVÉS DA 2ª LEI DE NEWTON PODEMOS DIFERENCIAR PESO E MASSA. PESO É UMA FORÇA QUE É CONSEQUÊNCIA DA AÇÃO GRAVITACIONAL EM UMA MASSA, ENQUANTO MASSA É A MEDIDA DA INÉRCIA DE UM CORPO. O PESO DE UM CORPO PODE VARIAR DE ACORDO COM A GRAVIDADE LOCAL, A MASSA DE UM CORPO NÃO VARIA COM A GRAVIDADE.



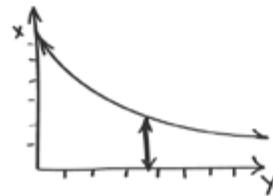
# DINÂMICA



O par ação e reação **nunca se anulam** pois sempre atuam em corpos diferentes.



A 3ª LEI DE NEWTON (também conhecida como **princípio da ação e reação**) explica que **para toda ação há sempre uma reação**, a ação e reação possuem a mesma direção, a mesma intensidade e são forças de mesma natureza mas são atuam em corpos diferentes e em sentidos contrários.



Observação: a 3ª lei de Newton nomeia como ação e reação as forças. O princípio da ação e reação é aplicado exclusivamente para forças.



EXEMPLO: Ao remar um barco o remador aplica, na água, uma força para trás e neste mesmo instante a força aplica uma força contrária, no remo, para frente fazendo assim o barco deslocar.



# ATRITO

O ATRITO É UMA FORÇA DE CONTATO, ENTRE DUAS SUPERFÍCIES, QUE SURGE QUANDO HÁ DESLIZAMENTO OU TENDÊNCIA DE DESLIZAMENTO.



De modo geral, quanto mais lisa a superfície menor é o atrito que ela gera.



O atrito é **sempre contrário ao movimento**, ou a tendência de movimento, e paralelo a superfícies de contato.



Existem dois tipos de atrito: o **CINÉTICO** (também chamado de dinâmico), que acontece em corpos que estão em movimento, e o **ESTÁTICO**, que acontece em corpos que estão parados.

É **mais fácil manter um movimento que iniciar um movimento pelo fato de o atrito estático ser maior que o cinético**, ou seja, é necessário aplicar uma força maior para iniciar o movimento e uma força menor para manter o movimento.



O coeficiente de atrito **depende do material das superfícies em contato** e ele não varia de acordo com a área de contato.



A fórmula para calcular o atrito estático e cinético é a mesma, o que varia é apenas o valor do coeficiente:

$$\left\{ F_{at} = \mu \cdot N \right\}$$

$F_{at}$  é a força de atrito, a medida da força é o newton (N).

$\mu$  é o coeficiente de atrito, é importante observar se é cinético ou estático. O coeficiente não possui unidade de medida.



N é a força normal, para determinar a normal deve-se analisar a inclinação da superfície, como trata-se de uma força sua unidade é o newton (N).



Para rodas rolando sobre uma superfície, sem deslizamento, devemos considerar a presença de estático pois, se analisarmos cada ponto roda, não há deslizamento. **Só utilizamos o atrito cinético quando há deslizamento entre as superfícies.**

## VELOCIDADE MÁXIMA EM UM CURVA

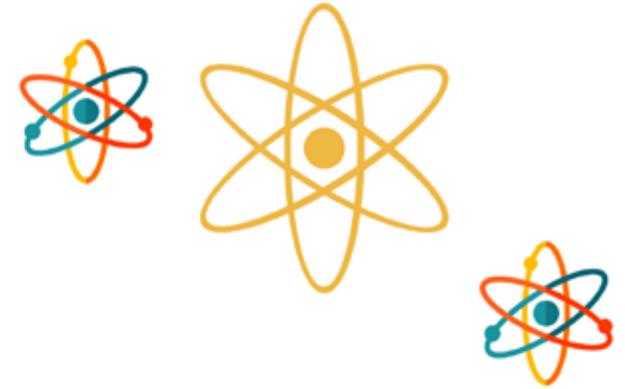
O limite de velocidade para que um veículo consiga realizar uma curva **depende do atrito**.



Quando um corpo realiza um movimento circular há uma força centrípeta permitindo o movimento. **Através da força centrípeta conseguimos determinar a maior velocidade** possível para um veículo realizar uma curva.

## PARTE 2

# ATRITO



A equação abaixo é obtida através da força centrípeta e força de atrito:



$$\left\{ v_{max} = \sqrt{\mu_e \cdot r \cdot g} \right\}$$

**v<sub>max</sub>** é a máxima velocidade para realizar a curva, a unidade é o metro por segundo (m/s).

**r** é o raio da curva realizada, o raio é medido em metro (m).

**μ<sub>e</sub>** é o coeficiente de atrito estático, por ser um coeficiente não possui unidade.

**g** é a aceleração da gravidade, medida em metro por segundo ao quadrado (m/s<sup>2</sup>).

GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

A LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL FOI DESENVOLVIDA EM 1666 POR ISAAC NEWTON.

A constante gravitacional foi determinada por Henry Cavendish em 1798. O seu valor é:

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

ESSA LEI SERVE PARA CALCULAR A FORÇA INTERAÇÃO ENTRE DOIS CORPOS QUE POSSUEM MASSA.

A força de atração entre dois corpos é **diretamente proporcional a massa dos corpos envolvidos e inversamente proporcional ao quadrado da distância** que separa os seus centros de massa.

A força gravitacional é sempre atrativa.

GRAVITAÇÃO

Podemos calcular a força gravitacional através da fórmula:

$$F_g = \frac{G \cdot M \cdot m}{d^2}$$

$F_g$  é a força gravitacional e sua unidade é o newton (N).

$G$  é a constante gravitacional, seu valor é  $6,67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 / kg^2$ .

$M$  e  $m$  são as massas dos corpos envolvidos, medidas em quilograma (kg).

$d$  é a distância entre os centros de massa dos dois corpos envolvidos, sua unidade é o metro (m).

GRAVIDADE

Através da lei da gravitação conseguimos encontrar a aceleração da gravidade gerada por um corpo.

O peso de um corpo é o produto entre sua massa e a gravidade, substituindo na fórmula podemos encontrar que:

$$m \cdot g = \frac{G \cdot M \cdot m}{d^2}$$

Simplificando os dois lados por  $m$  temos:

$g$  é a aceleração gerada pelo corpo de massa  $M$ , a unidade da aceleração é o metro por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ).

Para corpos que estão na superfície de um planeta  $d$  será o raio do planeta.

Para corpos que estão a uma altura  $h$ , para encontrar a distância deveremos somar ao raio do planeta, portanto:

$$d = h + r$$

## LEIS DE KEPLER

JOHANNES KEPLER FOI UM ASTRÔNOMO ALEMÃO QUE PROPÔS MELHORIAS AO SISTEMA HELIOCÊNTRICO APRESENTADO POR COPÉRNICO.



Copérnico defendeu que o Sol estava no centro do universo e que os planetas orbitam ao redor dele, sua publicação do modelo heliocêntrico contrariava a ideia geocêntrica da época, que dizia que a Terra era o centro do universo e que tudo girava ao redor dela.



## PARTE 2

# GRAVITAÇÃO

**1** A primeira lei de Kepler, também conhecida como **LEI DAS ÓRBITAS**, definiu que os planetas não orbitavam em trajetórias circulares, mas sim em trajetórias elípticas sendo o Sol um dos focos da elipse.



**2** A segunda lei de Kepler, também chamada de **LEI DAS ÁREAS**, diz que o vetor raio que une o Sol a um planeta varre áreas iguais no plano da órbita em tempos iguais.



**3** A terceira lei de Kepler, também chamada de **LEI DOS PERÍODOS**, menciona que o quadrado do período (T) de revolução de um planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo do raio médio (R) de sua elipse orbital e essa proporção é uma constante que vale para todos os corpos que orbitam ao redor dele.

$$\frac{T^2}{R^3} = K$$



TRABALHO

TRABALHO E POTÊNCIA

O TRABALHO É UMA GRANDEZA VETORIAL QUE PODE SER ENTENDIDO COMO O ESFORÇO NECESSÁRIO PARA QUE SE ALTERE A ENERGIA DE UM CORPO.



Podemos calcular o trabalho ( $\tau$ ) através da variação da energia de um corpo:

$$\{ \tau = \Delta E \}$$



Ao aplicar uma força em um corpo ao longo de um percurso, essa força modifica a energia do corpo. Usamos a equação a seguir para calcular o trabalho de uma força:

$$\{ \tau = F \cdot d \cdot \cos\theta \}$$

$\tau$  é o trabalho, a sua unidade de medida, assim como de energia, é o joule (J).

$F$  é a força aplicada, que deve ser medida em newton (N).

$d$  é a distância percorrida pelo objeto enquanto foi submetido a força  $F$ , a unidade é o metro (m).

$\theta$  é o ângulo entre força aplicada e o deslocamento realizado.

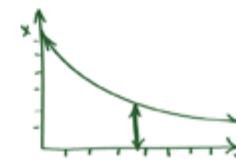


A força pode aumentar a energia do sistema, se for aplicada no mesmo sentido do deslocamento, ou reduzir a energia do sistema, se for aplicada em sentido contrário ao deslocamento.

Nem toda força aplicada em um sistema fará com que ele realize trabalho, por exemplo ao aplicar uma força perpendicular ao deslocamento de um corpo. Nessa situação o trabalho da força é nulo.



A gravidade também pode realizar trabalho em corpo em movimento vertical. Nesse caso a força aplicada é o peso do objeto. Se o objeto estiver subindo a gravidade reduzirá a energia do corpo caso o objeto esteja caindo a gravidade aumentará a energia do corpo.



POTÊNCIA

A potência é uma grandeza escalar que representa a taxa de variação da energia de um corpo em função do tempo, ou seja, quanto de trabalho foi realizado num corpo num determinado período.



É através da potência que determinamos a capacidade de um equipamento. Por exemplo, para comparamos lâmpadas elétricas, quanto maior a potência maior será sua capacidade de brilho.



Calculamos a potência através da equação:

$$\left\{ P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\tau}{\Delta t} = \frac{F \cdot d \cdot \cos\theta}{\Delta t} \right\}$$

P é a potência que pode ser medida em watt (W) ou em joule por segundo (J/s).

$\Delta E$  ou  $\tau$  é o trabalho realizado sobre o corpo, a unidade é o joule (J).

$\Delta t$  é o tempo decorrido para que o trabalho seja realizado.

TRABALHO E POTÊNCIA

RENDIMENTO

Nem toda energia fornecida a um sistema é absorvida por ele, o rendimento nos permite calcular esse aproveitamento.



Rendimento é a porcentagem de aproveitamento de uma determinada grandeza.



Mesmo que parte da energia não seja aproveitada pelo sistema, essa energia não desaparece ou é destruída, ela é dissipada, principalmente, por causa do atrito.

$$\left\{ P_{total} = P_{aproveitada} + P_{dissipada} \right\}$$

$P_{total}$  é a potência total do sistema.

$P_{aproveitada}$  é a parte da potência que efetivamente realizou trabalho útil.

$P_{dissipada}$  é parte da energia que se perde, principalmente, por causa do atrito.



Calculamos o rendimento através da equação:

$$\left\{ \eta = \frac{P_{aproveitada}}{P_{total}} \right\}$$



$\eta$  é o rendimento. O rendimento não possui unidade de medida, normalmente é apresentado como porcentagem.



# ENERGIA MECÂNICA

## ENERGIA CINÉTICA

Para que um corpo sai do repouso e atinja determinada velocidade temos que fornecer energia a esse corpo.



A energia cinética é a quantidade de energia que um corpo tem armazenada nele devido a ação do movimento.



Podemos entender também a energia cinética como a quantidade de energia necessária para tirar um corpo do repouso acelerá-lo até determinada velocidade.



Calculamos a energia cinética armazenada em um corpo através da equação:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$E_c$  é a energia cinética armazenada em um corpo em movimento, sua unidade é o joule (J).  
 $m$  é a massa do corpo analisado, medida em quilograma (kg).  
 $v$  é a velocidade em que o corpo está se deslocando, em metros por segundo (m/s).

## ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

Quando um corpo está há uma certa altura do chão esse corpo tem capacidade de entrar em movimento.



A energia potencial gravitacional é a energia que um corpo tem armazenada nele capaz de gerar movimento.

Podemos entender a energia potencial gravitacional também como a quantia de energia necessária para levantar um objeto do solo até uma determinada altura.



Para calcular a energia potencial gravitacional armazenada em um corpo utilizamos a equação:

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



$E_{pg}$  é a energia potencial gravitacional armazenada em um corpo, sua unidade é o joule (J).  
 $m$  é a massa do corpo analisado, medida em quilograma (kg).  
 $g$  é a aceleração da gravidade local, que tem o metro por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ) como unidade.  
 $h$  é a altura que o objeto está em relação a um referencial de potencial zero (solo), medida em metro (m).

# ENERGIA MECÂNICA

## ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA

Ao deformar um elástico esse elástico é capaz de armazenar uma energia enquanto estiver deformado.



A energia potencial elástica é a energia que um elástico armazena ao ser deformado pela ação de uma força. Ou ainda a energia necessária para deformar um objeto.

A energia é potencial pois não está realizando movimento mas é capaz de realizá-lo



Para determinarmos a energia potencial elástica armazenada em um elástico deformado utilizamos a seguinte equação:

$$E_{pe} = \frac{K \cdot \Delta x^2}{2}$$

$E_{pe}$  é a energia potencial elástica armazenada em um corpo elástico deformado, sua unidade é o joule (J).  
 $K$  é a constante elástica do material, a unidade é o newton por metro (N/m).  
 $\Delta x$  é a deformação sofrida pelo elástico, medido em metro (m).





# ENERGIA MECÂNICA

## ENERGIA MECÂNICA

Segundo Lavoisier na natureza a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada. A energia mecânica não é uma exceção.



A ENERGIA MECÂNICA É A ENERGIA TOTAL DE UM CORPO QUE ESTÁ RELACIONADA AO MOVIMENTO.



A energia mecânica ( $E_m$ ) é a soma da energia cinética com a energia potencial gravitacional e potencial elástica:

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



Em um sistema conservativo a energia se transforma integralmente, sem perdas. Por exemplo ao descer por um morro, de bicicleta, toda a energia potencial gravitacional se transforma em energia cinética e, ao fim da descida, você possuirá toda energia potencial convertida em energia cinética.



Em sistemas conservativos toda energia mecânica no início da situação é conservada até o fim da situação:

$$E_{mi} = E_{mf}$$



$E_{mi}$  é a energia mecânica inicial.  
 $E_{mf}$  é a energia mecânica final.

Existem sistemas em que há presença do atrito dissipa parte da energia mecânica mas, mesmo parecendo que essa energia foi perdida, esses sistemas não vão contra a conservação da energia pois parte da energia é dissipada se transformando em outro tipo de energia que não é útil na situação.



Em sistemas não conservativos a energia mecânica final terá uma perda de energia em relação a inicial:

$$E_{mi} = E_{mf} + E_d$$



$E_{mi}$  é a energia mecânica inicial.  
 $E_{mf}$  é a energia mecânica final.  
 $E_d$  é a energia dissipada por atrito e outras forças não úteis a situação.

# CONSERVAÇÃO DO MOVIMENTO

## MOMENTO LINEAR OU QUANTIDADE DE MOVIMENTO

A QUANTIDADE DE MOVIMENTO, TAMBÉM CONHECIDA COMO MOMENTO LINEAR, É UMA GRANDEZA FÍSICA VETORIAL QUE RELACIONA A VELOCIDADE DE UM CORPO E SUA MASSA.



É importante destacar que momento não é a energia que o corpo possui. O momento está mais relacionado a inércia do corpo, enquanto a energia está relacionada ao trabalho necessário para movimentar o corpo.



Para calcular a quantidade de movimento utilizamos a equação abaixo:

$$Q = m \cdot v$$



$Q$  representa a quantidade de movimento, sua unidade pode ser o quilograma metro por segundo ( $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ) ou o newton segundo ( $\text{N} \cdot \text{s}$ ).

## IMPULSO

CONSIDERANDO UM CORPO DE MASSA CONSTANTE, AO APLICAR UMA FORÇA NESTE CORPO AO LONGO DE TEMPO ESSE CORPO TERÁ SUA VELOCIDADE MODIFICADA DEVIDO A AÇÃO DESSA FORÇA. SE UM CORPO SOFRE VARIAÇÃO EM SUA VELOCIDADE SIGNIFICA QUE O SEU MOMENTO TAMBÉM VARIOU.

O impulso é uma grandeza vetorial responsável pela variação da quantidade de movimento de um corpo.



Quanto maior a força ou quanto maior o tempo de aplicação dessa força, maior será o impulso recebido.



Podemos calcular o impulso através das equações:

$$I = F \cdot t = \Delta Q$$

$$\Delta Q = Q_f - Q_i$$



- $I$  é o impulso sofrido pelo corpo, utiliza as mesmas unidades da quantidade de movimento.
- $F$  é a força aplicada no corpo, sua unidade é o newton (N).
- $t$  é o tempo em que a força foi aplicada, medido em segundo (s).

# CONSERVAÇÃO DO MOVIMENTO

## COLISÃO

COLISÃO É O NOME DADO AO CONTATO RÁPIDO ENTRE DOIS CORPOS.



Em sistemas livres de forças externas, quando dois corpos sofrem uma colisão o momento linear é conservado, ou seja, as somas dos momentos antes e depois da colisão são iguais.

PODEMOS CLASSIFICAR AS COLISÕES EM TRÊS TIPOS:

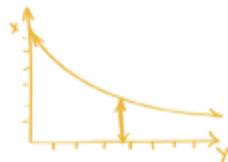


### 1 COLISÕES PERFEITAMENTE

**INELÁSTICAS:** ocorrem quando corpos se chocam e ficam unidos. Mesmo com a conservação do momento, há perda de energia pois geralmente há deformação dos corpos.



Exemplo: quando dois carros se colidem e amassam, permanecendo colados um no outro.



**2 COLISÕES PARCIALMENTE ELÁSTICAS:** são um estado intermediário entre as colisões elásticas e inelásticas, os corpos não seguem unidos mas podem se deformar. Exemplo: em uma rebatida

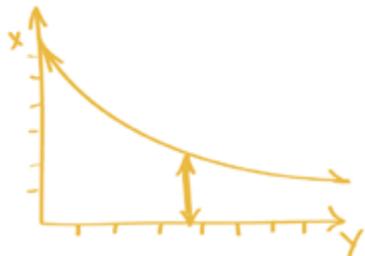


**3 COLISÕES PERFEITAMENTE ELÁSTICAS:** ocorre quando os corpos continuam com a forma original, sem deformações, nessa situação não há perda de energia cinética pois os corpos não permanecem deformados.

## CONSERVAÇÃO DO MOVIMENTO

### COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO

O COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO É A RAZÃO ENTRE A VELOCIDADE RELATIVA DE APROXIMAÇÃO, IMEDIATAMENTE ANTES DA COLISÃO, E A VELOCIDADE RELATIVA DE AFASTAMENTO, IMEDIATAMENTE APÓS A COLISÃO.



Para determinar o coeficiente de restituição utilizamos a equação abaixo:

$$e = \frac{v_{\text{afastamento}}}{v_{\text{aproximação}}} = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B}$$



$e$  é o coeficiente de restituição, por ser um coeficiente não possui unidade de medida.

$v'_A$  e  $v'_B$  representam a velocidade imediatamente após a colisão.

$v_A$  e  $v_B$  representam a velocidade imediatamente antes da colisão. As velocidades são medidas em metro por segundo (m/s).



Se o valor encontrado para o coeficiente for 1, significa que a colisão foi elástica.



Caso o valor encontrado para o coeficiente seja um valor maior que zero e menor que 1, então temos uma colisão parcialmente elástica.



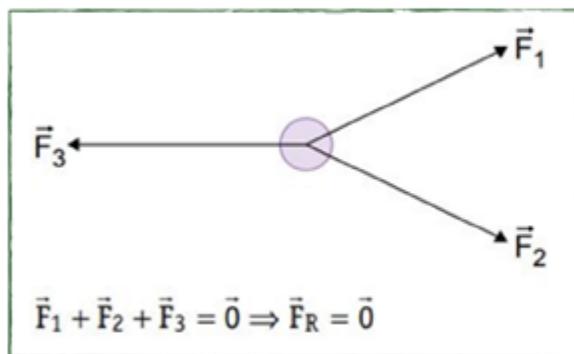
Quando o coeficiente encontrado for zero, significa então que temos uma colisão inelástica.

# ESTÁTICA

ESTÁTICA É O RAMO DA FÍSICA QUE ESTUDA SISTEMAS QUE ESTÃO EM EQUILÍBRIO, OU SEJA, SUAS FORÇAS SE EQUILIBRAM. SISTEMAS EM EQUILÍBRIO TEM A RESULTANTE DAS FORÇAS NULAS E, COM ISSO, SUA ACELERAÇÃO TAMBÉM É NULA.



Para resolver questões de estática usaremos os conhecimentos já adquiridos em soma de vetores.



## MOMENTO DE UMA FORÇA

Momento de uma força também é conhecido como torque.



O momento de uma força está relacionado a capacidade que uma força tem de fazer um braço de alavanca girar.



Só há torque se o a força cria uma condição de giro, se a força não criar uma condição de giro, então o torque será nulo.



A força sempre deverá ser perpendicular ao seu eixo de atuação. Forças paralelas ao eixo de atuação não são capaz de girar objeto.

O momento é uma grandeza escalar que é calculada através da equação:

$$M = F \cdot d \cdot \text{sen}\theta$$



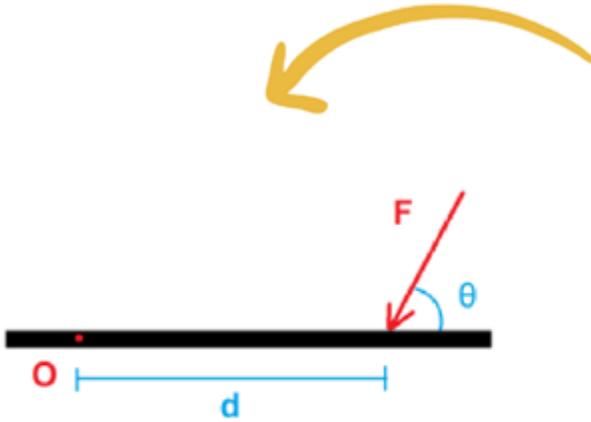
**M** é o momento da força ou torque, sua unidade de medida é o newton metro (N·m).

**F** é a força que é aplicada no braço da alavanca, a unidade é o newton (N).

**d** é a distância entre o ponto de aplicação da força e o ponto de referência de giro (representado como 0 na figura abaixo), medida em metro (m).

**θ** é o ângulo entre a força e o braço da alavanca.

# ESTÁTICA



## ALAVANCAS

ALAVANCAS SÃO BARRAS QUE TEM A FINALIDADE DE MODIFICAR A INTENSIDADE DA FORÇA ATRAVÉS DE UM PONTO DE APOIO (TAMBÉM CHAMADO DE FULCRO).



A força que é aplicada na alavanca é chamada de **FORÇA POTENTE** enquanto a força que a alavanca aplica no objeto que será sustentado, levantado ou equilibrado.



O princípio de funcionamento das alavancas é baseado na conservação do momento. **O momento gerado força potente é igual ao momento gerado pela força resistente.**

O momento pode assumir valores positivos e negativos.

Quando a força cria uma tendência de giro em sentido **horário** o momento será **negativo**. Quando a força cria uma tendência de giro em sentido **anti-horário** o momento será **positivo**.



Caso haja mais de uma força atuando no corpo, **o momento resultante será a soma de todos os momentos criados por todas as forças.**

AS ALAVANCAS SÃO CLASSIFICADAS EM TRÊS TIPOS:



**Interfixas:** as alavancas são classificadas assim quando o ponto fixo (ou ponto de apoio) está localizado entre as forças resistente e potente. Por exemplo uma tesoura ou alicate.



**Interpotentes:** são alavancas que a força potente está entre a força resistente e o fulcro. Por exemplo uma pinça ou vara de pescar.



**Inter-resistentes:** essas alavancas possuem a força resistente situada entre o ponto de apoio e a força potente como, por exemplo, um carrinho de mão e um quebra-nozes.



## DENSIDADE E MASSA ESPECÍFICA

DENSIDADE ESTÁ RELACIONADA A “LEVEZA” DE MATERIAIS DE MESMO TAMANHO. ATRAVÉS DA DENSIDADE CONSEGUIMOS ENCONTRAR QUANTA MASSA, DE CERTO MATERIAL, OCUPA UM DETERMINADO ESPAÇO.



A densidade é a relação entre a massa de um corpo e o volume ocupado por ele.



A diferença entre massa específica e densidade está apenas no objeto analisado, mas a definição é muito semelhante. Quando se analisa um corpo estamos falando de densidade, quando se analisa uma substância estamos falando sobre massa específica.

## PARTE 1

### DENSIDADE, MASSA ESPECÍFICA E PRESSÃO

A equação para calcular densidade e massa específica é a mesma. Densidade é representada por “d” (ou “ρ”) enquanto massa específica é representada por “μ”.



Além da massa específica também há o peso específica. A diferença é que em um caso se utiliza a massa e no outro se utiliza o peso (peso é a força criada por uma massa sob ação da gravidade).



A unidade mais comum para a densidade, o grama por mililitro (g/ml), não é a unidade que o SI adota.



Para calcular a densidade ou a massa específica utilizamos a equação:

$$\mu = d = \frac{m}{v}$$



μ é a massa específica de um corpo enquanto d é a densidade, ambos medidos em quilograma por metro cúbico (kg/m³).

m é a massa da substância ou corpo analisado, sua unidade é o quilograma (kg).

v é o volume ocupado pela substância ou corpo analisado, é medido em metro cúbico (m³).



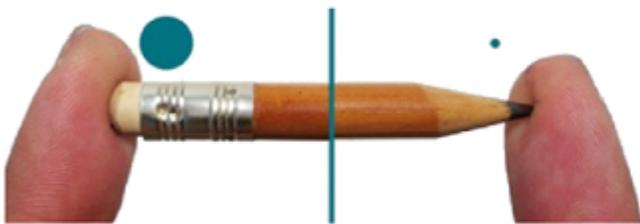
A MASSA ESPECÍFICA É UMA PROPRIEDADE NATURAL DA SUBSTÂNCIA, INDIFERENTE DA QUANTIA DE SUBSTÂNCIA.

## PRESSÃO

A PRESSÃO SE RELACIONA A DISTRIBUIÇÃO DA FORÇA AO LONGO DE UMA SUPERFÍCIE. QUANTO MAIS CONCENTRADA EM UMA REGIÃO A FORÇA ESTIVER MAIOR SERÁ A PRESSÃO.



Para facilitar a compreensão do conceito de pressão basta você segurar um lápis com as pontas dos dedos. Conforme a figura abaixo:



Os círculos na figura representam a área de contato entre o lápis e o dedo.

## PARTE 2

### DENSIDADE, MASSA ESPECÍFICA E PRESSÃO

A força que atua ao longo do lápis é constante, portanto a mesma força que é aplicada na parte da borracha do lápis é aplicada também na ponta do lápis.



Ao segurar o lápis desse modo você perceberá que na ponta do lápis, menor área de contato, o desconforto será maior quando se pressiona o lápis mais fortemente, enquanto que na outra extremidade do lápis, maior área de contato, o desconforto será menor.



Essa diferença entre as dores percebidas está relacionada com a pressão. Quanto menor a área de contato, maior será a pressão exercida pela força.



A pressão é a relação entre a força aplicada e a área que sofre a ação dessa força. Calculamos através da equação:

$$P = \frac{F}{A}$$



$P$  é a pressão exercida, sua unidade de medida é o newton por metro quadrado ( $N/m^2$ ) ou o pascal (Pa).  $1 N/m^2 = 1 Pa$ .  $F$  é a força aplicada, medida em newton (N).

$A$  é a área pela qual a força se distribui, a unidade é o metro quadrado ( $m^2$ ).

# PRINCÍPIO DE PASCAL



Sempre que um líquido sofre uma variação na pressão, essa variação na pressão é transmitida para todos os pontos do líquido e para as paredes do recipiente que contém o líquido.



É GRAÇAS AO PRINCÍPIO DE PASCAL QUE, POR EXEMPLO, AO APERTAR O FINAL DO TUBO DE PASTAS DE DENTE ELA SAI PELO BICO.



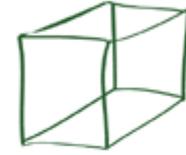
Conseguimos usar as prensas hidráulicas devido ao princípio de Pascal.

## PRENSA HIDRÁULICA

A prensa hidráulica é um dispositivo que possui **dois êmbolos de áreas diferentes** interligados através de um líquido incompressível. Quando um dos êmbolos recebe uma força, essa força provoca uma variação na pressão do líquido. Devido ao princípio de Pascal, essa pressão é transmitida a todos os pontos do líquido e, por consequência, o outro êmbolo consegue agir através da força.



Através da prensa podemos aplicar uma pequena força, em uma pequena área, e transmitir uma força mais alta, de acordo com a relação entre as áreas.



Aplicando a relação do princípio de Pascal, pode-se concluir a seguinte equação para prensas hidráulicas:

$$\frac{F_A}{A_A} = \frac{F_B}{A_B}$$

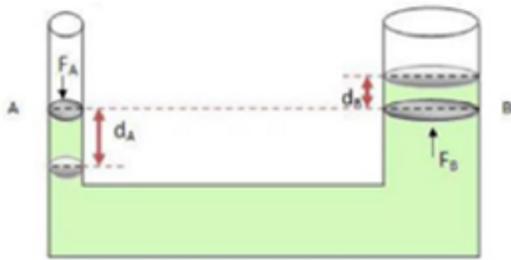


$F_A$  e  $F_B$  são as forças aplicadas nos êmbolos A e B, medidas em newton (N).

$A_A$  e  $A_B$  são as áreas dos êmbolos A e B, a unidade é o metro quadrado ( $m^2$ ).

# PRINCÍPIO DE PASCAL

Mesmo que as distâncias percorridas pelos êmbolos sejam diferentes, o volume de líquido deslocado nos dois êmbolos é igual pois as áreas são diferentes.



$V_A$  e  $V_B$  são os volumes de líquido deslocado, em metros cúbicos ( $m^3$ ).

$d_A$  e  $d_B$  são distâncias percorridas pelos êmbolos A e B, medidas em metros (m).

Mesmo quando se modifica o valor da força a prensa não é capaz de criar trabalho. Todo trabalho aplicado em um êmbolo é transmitido integralmente ao outro êmbolo, sem que se crie energia.

$$\tau_A = \tau_B$$

$$F_A \cdot d_A = F_B \cdot d_B$$



$\tau_A$  e  $\tau_B$  são os trabalhos realizados pelos êmbolos, eles são iguais e têm como unidade o joule (J).



ALÉM DAS PRENSAS HIDRÁULICAS O MESMO PRINCÍPIO É APLICADO A FREIOS HIDRÁULICO, SERINGAS, GUINDASTES...



# LEI DE STEVIN

Quanto mais profundamente você mergulha nas águas de um lago profundo, maior o volume de água que haverá acima de você. Toda essa massa de água tem um peso e, este peso, aplica uma pressão sobre o seu corpo.



A LEI DE STEVIN NOS PERMITE CALCULAR A PRESSÃO QUE UM LÍQUIDO EXERCE EM UM CORPO DE ACORDO COM A PROFUNDIDADE QUE ESTE CORPO ESTÁ.



A lei de Stevin é válida, também, para fluidos, portanto, podemos analisar a pressão atmosférica através dessa lei.

A equação que nos permite calcular a pressão hidrostática, exercida por um fluido é:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$



$P_h$  é a pressão hidrostática, sua unidade é o pascal (Pa), é comum encontramos também o atmosfera (atm) e o centímetro de mercúrio (cmHg).

$\rho$  é a densidade do líquido, a unidade de medida é o quilograma por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

$g$  é a aceleração gravidade local, medida em metro por segundo ao quadrado ( $\text{m}/\text{s}^2$ ).

$h$  é a profundidade submerso no líquido, medida em metro (m).

Para encontrarmos a pressão absoluta em um ponto submerso num fluido, além da pressão hidrostática devemos considerar também a pressão atmosférica do local:

$$P_t = P_{atm} + P_h$$



$P_t$  é a pressão absoluta, ou a pressão total no ponto ou corpo.

$P_{atm}$  é a pressão atmosférica no local.

$P_h$  é a pressão exercida exclusivamente pelo líquido.



➡ É IMPORTANTE QUE, AO TRABALHAR NESTA FÓRMULA, TODAS AS PRESSÕES ESTEJAM CONVERTIDAS PARA A MESMA UNIDADE.



➡ É IMPORTANTE NOTAR QUE A PRESSÃO HIDROSTÁTICA NÃO VAI DEPENDER DO VOLUME DO FLUIDO MAS SIM DE SUA PROFUNDIDADE.

## VASOS COMUNICANTES

VASOS COMUNICANTES SÃO TUBOS QUE ESTÃO INTERLIGADOS POR DUCTOS OU POR CONECTORES.

↓  
Devido a lei de Stevin e a pressão atmosférica os vasos comunicantes formados por um mesmo líquido terão todos o mesmo nível.



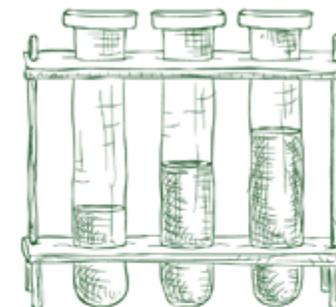
↓  
O formato, tamanho e inclinação do tubo não interferem no nível dos vasos.

# LEI DE STEVIN

PARTE 2

Quando os vasos são compostos por líquidos diferentes e imiscíveis (que não se misturam), haverá um desnível entre líquidos, devido à diferença entre as densidades destes líquidos.

↓  
Para que os líquidos entrem em equilíbrio a pressão no interior de um vaso deve ser igual à pressão no interior do outro vaso.



Conseguimos chegar em uma relação através da lei de Stevin:

$$d_1 \cdot h_1 = d_2 \cdot h_2$$

↓  
 $d_1$  e  $d_2$  são as densidades dos líquidos dos vasos, medidas em quilograma por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

$h_1$  e  $h_2$  são as alturas das colunas de líquidos medidas a partir de um nível comum, sua medida é o metro (m).





# EMPUXO

## PARTE 1

Sempre que um corpo está submerso (parcial ou completamente) em um fluido, esse fluido aplica uma força no corpo. Essa força é empuxo.



O EMPUXO É UMA FORÇA VERTICAL PARA CIMA.



O empuxo existe devido as diferenças de pressão que o líquido aplica ao longo do corpo.



A intensidade do empuxo é equivalente ao peso do fluido deslocado.



A força de empuxo **não depende da profundidade em que o objeto está submerso.**



Para calcularmos o valor da força empuxo, utilizamos a equação:

$$E = \rho_f \cdot V_s \cdot g$$

## CONDIÇÃO DE FLUTUAÇÃO

Quando um objeto está imerso em um fluido a força necessária para sustentar esse objeto será menor que o seu peso. Isso ocorre devido ao empuxo. Damos a essa força o nome de peso aparente:

$$P_{ap} = P - E$$



$P_{ap}$  é o peso aparente do corpo submerso.

$P$  é o peso do objeto quando está fora de qualquer fluido.

$E$  é o empuxo que o objeto recebe do líquido.

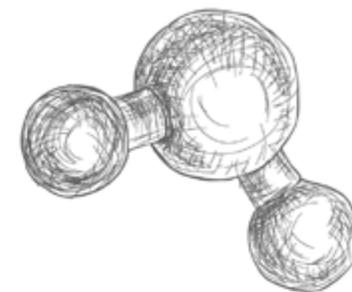


AS TRÊS GRANDEZAS SÃO FORÇAS, TODAS TÊM SÃO MEDIDAS EM NEWTON (N).



# EMPUXO

## PARTE 2



Quando o peso de um objeto é maior que o empuxo recebido, este objeto afunda no fluido em que ele foi mergulhado.



Se o fluido aplicar um empuxo maior que o peso do objeto subirá até a superfície da água.

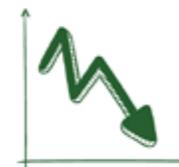


Caso o peso do objeto seja igual ao empuxo que ele recebe ao ser submerso, então o objeto ficará em equilíbrio.

Quando um corpo está flutuando, em equilíbrio, o seu peso é igual ao seu empuxo, ou seja, a força resultante na vertical é nula.



Mesmo que um corpo ao ser completamente submerso receba um empuxo maior que seu peso, quando ele se encontra flutuando em equilíbrio teremos o empuxo igual ao peso. Isso é possível pois o corpo não estará completamente submerso.



## TERMOMETRIA É O ESTUDO DA TEMPERATURA.

Mesmo que cotidianamente nos referimos a calor como sinônimo de temperatura, calor e temperatura são grandezas diferentes.

↓  
Calor é energia trânsito.

↓  
Temperatura é o nível de agitação média das moléculas de um corpo ou sistema. No nosso dia a dia usamos CELSIUS (°C) como unidade de medida da temperatura mas, segundo o SI, a unidade é o KELVIN (K).

↓  
O EQUILÍBRIO TÉRMICO é uma tendência natural de todos os corpos se estabilizarem num ambiente à mesma temperatura. Em condição de equilíbrio térmico, todos os objetos possuem a mesma temperatura.

↓  
O calor vai fluir dos corpos mais quentes para os corpos mais frios.

↓  
Existem algumas escalas para medir a temperatura, as principais são CELSIUS, KELVIN E FAHRENHEIT.

## PARTE 1

# TERMOMETRIA

## ESCALA CELSIUS

Criada por Anders Celsius, e também conhecida como escala centígrada, a escala celsius tem como valores de referência o ponto de gelo e o ponto de vapor.

↓  
Celsius atribuiu o valor zero ao ponto de gelo da água (temperatura em que a água congela a nível do mar) e 100 ao ponto de vapor da água (temperatura em que a água entra em ebulição a nível do mar). Após isso realizou 100 divisões iguais entre esses dois valores.

↓  
É A ESCALA MAIS UTILIZADA NO MUNDO.

## ESCALA KELVIN

Desenvolvida por William Thomson (Lord Kelvin) essa escala consistia em utilizar apenas valores positivos, por isso também é conhecida como escala absoluta.

↓  
O universo possui um limite mínimo de temperatura ( $-273\text{ °C}$ ), essa temperatura é conhecida como zero absoluto.

↓  
A escala kelvin atribui a menor temperatura que se pode atingir o valor zero, e os demais valores seguem a mesma graduação da escala celsius. Portanto, entre o ponto de gelo e vapor da água temos 100 partes.

↓  
ESTA ESCALA É MAIS UTILIZADA EM MEIOS CIENTÍFICOS.

# TERMOMETRIA

## ESCALA FAHRENHEIT

Essa escala foi criada por Daniel Gabriel Fahrenheit, usando como referência o ponto de congelamento de uma mistura de água e sal e a temperatura de uma pessoa febril.



O zero da escala fahrenheit corresponde ao ponto de fusão de uma mistura de água com sal enquanto o 100 foi atribuído a temperatura de uma pessoa febril.



Os valores correspondentes ao ponto de gelo e o ponto de vapor da água são  $32\text{ }^{\circ}\text{F}$  e  $212\text{ }^{\circ}\text{F}$ , temos 180 divisões entre o ponto de gelo e vapor.



Embora muito pouco usada a escala fahrenheit tem algumas vantagens como a maior quantidade de divisões entre os pontos de gelo e vapor e menor necessidade de uso de temperaturas negativas para medir a temperatura ambiente.

## CONVERSÃO ENTRE ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Para realizar a conversão entre as escalas devemos **SUBSTITUIR O VALOR DA ESCALA QUE POSSUÍMOS E MANTER O VALOR DA OUTRA ESCALA COMO INCÓGNITA.**



Para converter entre celsius e kelvin utilizamos a fórmula a seguir:

$$K = C + 273$$



Para converter entre celsius e fahrenheit usamos a equação:

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

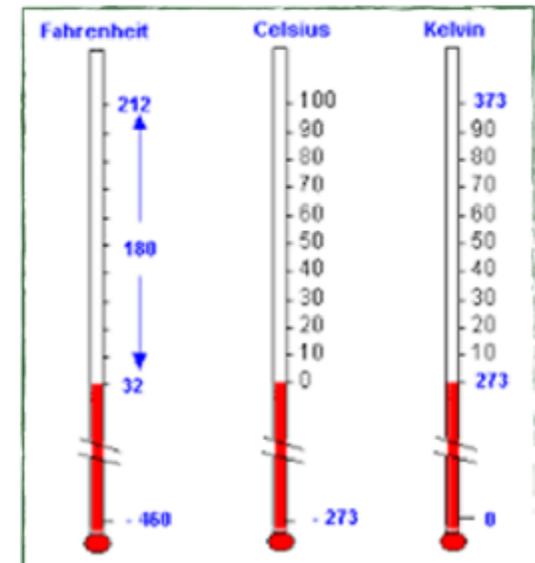
Para realizar a conversão entre kelvin e fahrenheit primeiro transformamos em celsius.



**K** é representa o valor da temperatura na escala kelvin, sua unidade é o kelvin (K), por ser uma escala absoluta, kelvin não é medida em graus.

**C** é o valor da temperatura na escala celsius, sua unidade é o grau celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

**F** é o valor da temperatura na escala fahrenheit, sua unidade é o grau fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ).



OS CORPOS SÓLIDOS, PRINCIPALMENTE METAIS ESTÃO SUJEITOS A UMA SÉRIE DE FATORES QUE MODIFICAM AS SUAS PROPRIEDADES COM O PASSAR DO TEMPO.

O aumento da temperatura por exemplo, é capaz de dilatar um metal, mesmo que de forma mínima.

A dilatação térmica é a área da calorimetria que faz essa análise de forma quantitativa.

## DILATAÇÃO TÉRMICA

**LÂMINAS BIMETÁLICAS:** A lâmina que dilatar mais, terá de ficar fora da curva, pois terá um menor raio. Quanto maior o coeficiente de dilatação, maior a sua dilatação.

**DILATAÇÃO SUPERFICIAL:** Utilizada para indicar a expansão de áreas de acordo com a variação de temperatura ( $m^2$ ):

**DILATAÇÃO LINEAR:** Relaciona tudo que indicar metro (m)

**DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA:** Relacionada com volume ( $m^3$ ).

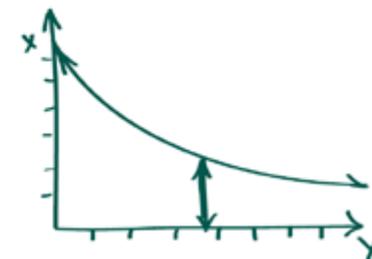
$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta \theta$$
$$V = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta \theta)$$

$$\beta = 3\alpha$$

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta \theta$$
$$A = A_0 (1 + \beta \cdot \Delta \theta)$$

$$\beta = 2\alpha$$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$
$$L = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta \theta)$$



# CALORIMETRIA

CALOR É A ENERGIA TÉRMICA EM TRÂNSITO DE UM CORPO DE MAIOR TEMPERATURA PARA UM CORPO DE MENOR TEMPERATURA.



O calor não pode ser armazenado, o calor sempre está em trânsito.

Quando se trata de energia armazenada damos o nome de energia interna.



Dentro da física não existe o conceito de frio mas, no dia a dia, podemos entender o frio como a perda de calor ou como uma temperatura baixa, de acordo com o contexto aplicado.



Embora o SI adote o joule (J) como unidade de energia é muito comum expressarmos o calor em caloria (cal).

$$1\text{cal} = 4,18\text{J}$$

## PROCESSOS DE PROPAGAÇÃO DE CALOR



**CONDUÇÃO:** é um processo de propagação de calor em que a energia passa de uma molécula para a outra de um mesmo meio. Esse processo é predominante nos sólidos mas também ocorre nos líquidos. Por exemplo quando se esquentar a ponta de uma colher metálica o seu cabo também se aquece.



**CONVECÇÃO:** é um processo de propagação de calor através da propagação da massa. Como é necessário ter movimentação de massas esse processo só ocorre em fluidos. Nesse processo o fluido mais quente tende a subir enquanto a porção mais fria tende a descer. Por exemplo uma geladeira convencional tem o seu refrigerador na parte de cima pois assim, toda massa de ar que é resfriada, desce ao longo da geladeira.



**IRRADIAÇÃO (OU RADIAÇÃO):** neste processo a energia é transferida através de ondas eletromagnéticas. Esse é o único processo que pode ocorrer sem a presença de matéria, ou seja, pode ocorrer no vácuo. Por exemplo o Sol propaga o seu calor através da luz.



## CALOR SENSÍVEL

O CALOR SENSÍVEL A QUANTIDADE DE CALOR QUE DEVEMOS FORNECER OU REMOVER DE UM CORPO PARA PROVOCAR NELE UMA MUDANÇA EM SUA TEMPERATURA.



O calor específico é a quantidade de calor, por unidade de massa, que se deve fornecer ou remover de um corpo para que ele sofra uma variação de temperatura em uma unidade (1 K ou 1 °C).



$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$



# CALORIMETRIA

$Q$  representa o calor, sua unidade no SI é o joule (J), mas comumente é utilizada a caloria (cal).

$m$  é a massa, sua unidade é o quilograma (kg).  $c$  é o calor específico sua unidade é o joule por quilograma kelvin (J/kgK), mas comumente é utilizada a caloria por grama grau celsius (cal/g°C).

$\Delta T$  é a variação de temperatura sofrida pela substância, por se tratar de variação podemos usar tanto a escala celsius quanto a escala kelvin, elas possuem a mesma graduação.

## CAPACIDADE TÉRMICA

A capacidade térmica tem a sua definição bem semelhante ao calor específico a diferença consiste no fato de o calor específico definir substâncias enquanto a capacidade térmica se importa com corpos.

A capacidade térmica é quantidade de calor sensível que devemos fornecer ou remover de um corpo para que ele varie sua temperatura.

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

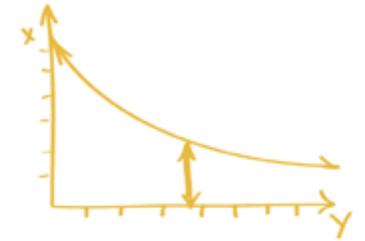


$C$  é a capacidade térmica do corpo, representamos capacidade térmica com o  $C$  maiúsculo enquanto o calor específico é com o  $c$  minúsculo. A unidade é o joule por kelvin (J/K), mas comumente usamos caloria por grau celsius (cal/°C).

$Q$  representa o calor, sua unidade no SI é o joule (J), mas comumente é utilizada a caloria (cal).

$\Delta T$  é a variação de temperatura sofrida pela substância, por se tratar de variação podemos usar tanto a escala celsius quanto a escala kelvin, elas possuem a mesma graduação.

# CALORIMETRIA



## CALOR LATENTE

O CALOR LATENTE É A QUANTIDADE DE CALOR QUE DEVE SER FORNECIDA OU REMOVIDA DE UMA DETERMINADA SUBSTÂNCIA PARA QUE ELA CONSIGA MUDAR O SEU ESTADO DE MATÉRIA.



Durante a mudança de fase o calor latente não provoca variação na temperatura da substância, ele é utilizado apenas para provocar a mudança de fase da substância.



Calculamos o calor latente através da equação:

$$Q = m \cdot l$$



$Q$  é a quantidade de calor que deve ser fornecida ou removida do corpo para provocar a sua mudança de fase. Sua unidade no SI é o joule (J), mas comumente é utilizada a caloria (cal).

$m$  é a massa da substância que mudará de fase, sua unidade é o quilograma (kg) no SI, mas também se utiliza o grama (g).

$l$  é o calor latente da substância que mudará de fase, no SI sua unidade é o joule por quilograma (J/kg) porém também se utiliza a caloria por grama (cal/g).

A MATÉRIA PODE SER ENCONTRADA NA NATUREZA EM TRÊS ESTADOS FÍSICOS FUNDAMENTAIS: SÓLIDO, LÍQUIDO E GASOSO.

O ESTADO SÓLIDO é um estado de baixo nível energético, as partículas não têm muita energia para se movimentar livremente, elas apenas vibram. Devido a essa baixa movimentação os objetos no estado sólido possuem volume e forma bem definidos.



O LÍQUIDO é um estado intermediário em que as partículas possuem mais energia que no estado sólido e conseguem se movimentar com certo grau de liberdade. O volume de um líquido é bem definido mas a sua forma é indefinida e depende do recipiente em que está confinado.

# ESTADO FÍSICO DA MATÉRIA

O ESTADO GASOSO é um estado mais energético em que as partículas de uma substância estão afastadas uma das outras, as partículas podem se movimentar com liberdade. Nesse estado o volume e a forma da substância não são definidas e sofrem modificação conforme o recipiente que as contém.



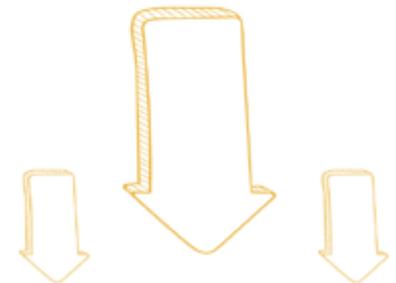
Embora gases e vapores estejam no estado gasoso, há uma diferença entre vapor e gás. VAPOR é uma substância no estado gasoso que para voltar para líquido ou sólido precisamos apenas modificar a sua temperatura ou pressão. GÁS é um estado fluido de matéria que para retornar ao estado sólido ou líquido é necessário diminuir a pressão e temperatura juntas.

## TRANSFORMAÇÕES ENTRE OS ESTADOS DA MATÉRIA

O processo que transforma sólidos em líquidos é a **FUSÃO**, o nome dado ao processo contrário é **SOLIDIFICAÇÃO**.



A **VAPORIZAÇÃO** é o processo em que líquidos mudam para o estado gasoso, quando temos substâncias no estado gasoso se transformando em líquidos o processo é a **LIQUEFAÇÃO (OU CONDENSAÇÃO)**.



## PARTE 2

# ESTADO FÍSICO DA MATÉRIA

A **VAPORIZAÇÃO** pode ser classificada de duas formas: a **EBULIÇÃO** que é um processo rápido que ocorre através do fornecimento de calor, a principal característica da ebulição é a formação de bolha e, **EVAPORAÇÃO** é um processo lento que não depende do aumento da temperatura, na evaporação algumas partículas da superfície escapam mudando do estado líquido para gasoso.



O processo em que um sólido muda seu estado diretamente para o gasoso sem que passe pela fase líquida recebe o nome de **SUBLIMAÇÃO**. Sublimação é o nome que se dá ao **processo reverso** também, quando uma substância no estado gasoso vai diretamente para o estado sólido.

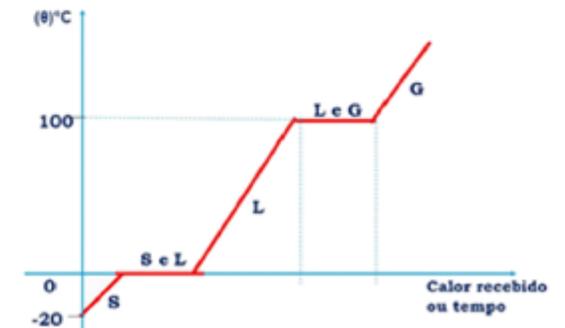
## DIAGRAMA DE MUDANÇA DE FASE

Durante a mudança de fase uma substância tem a matéria nos dois estados envolvidos na mudança.

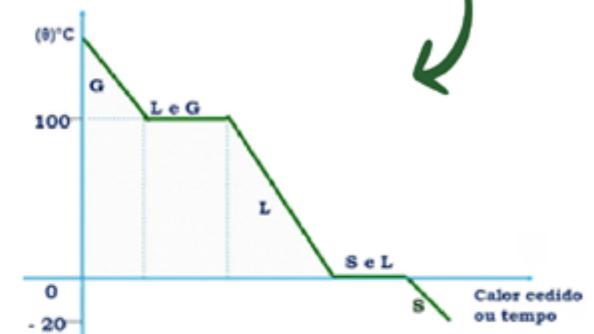


Enquanto a substância está no processo de transição entre as fases, mesmo recebendo calor, **a sua temperatura se mantém constante** e só volta a se modificar após toda massa da substância finalizar o processo.

O gráfico abaixo representa o processo de transformação de gelo até vapor, passando também pela fase líquida.



O mesmo ocorre no caso do resfriamento.



S, L e G representam os estados da matéria presente em cada momento.

- consideramos que todas as moléculas desse gás possuem a mesma massa e com um volume considerado desprezível em relação ao volume total do recipiente que contém o gás;

- o gás ocupa uniformemente todo o volume do recipiente em que ele está inserido;

- o movimento das moléculas do gás é aleatório e é regido pelas leis de Newton;

- as forças gravitacionais e elétricas entre as moléculas são desprezíveis, visto que as moléculas estão muito distantes entre si;

- as colisões entre as moléculas e as paredes do recipiente são perfeitamente elásticas.

Os gases reais, presentes na natureza, são considerados ideais quando submetidos a baixas pressões e elevadas temperaturas.

Os gases ideais são gases que comportam de acordo com modelos idealizados. Os gases ideais possuem as seguintes características:

# GASES IDEAIS

## PARTE 1

As grandezas variáveis que definem o estado de um gás são: volume, pressão e temperatura (que sempre será utilizada em kelvin). Quando um gás sofre uma transformação significa que essas grandezas estão variando.

Podemos calcular as variáveis envolvidas através da lei geral dos gases:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

# GASES IDEAIS

## PARTE 2

$p_1$  e  $p_2$  são as pressões iniciais e finais no processo da transformação gasosa. A unidade é o pascal (Pa) ou newton por metro quadrado ( $N/m^2$ ) mas é comum o uso de outras unidades.

$V_1$  e  $V_2$  são os volumes iniciais e finais no processo da transformação gasosa. A unidade é o metro cúbico ( $m^3$ ) mas é comum o uso de outras unidades.

$T_1$  e  $T_2$  são as temperaturas iniciais e finais na transformação do gás. A unidade de medida da temperatura deve ser sempre o kelvin (K).

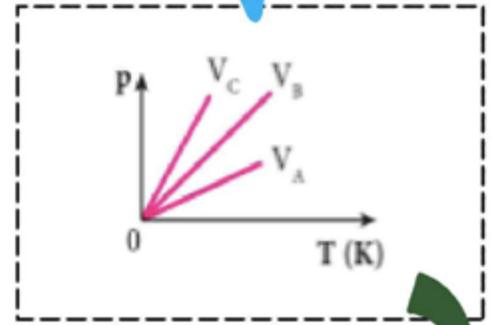
Além da lei geral, temos alguns casos específicos.

### TRANSFORMAÇÃO ISOCÓRICA: LEI DE GAY-LUSSAC

Também conhecida como isométrica ou isovolumétrica, a transformação isocórica é uma transformação em que o gás sofre variação na sua pressão e temperatura, mas o seu volume é mantido constante.

As alterações na temperatura e pressão do gás seguem a seguinte relação:

Podemos descrever a transformação isocórica através de um gráfico de pressão e temperatura:



Quanto menos inclinado for o gráfico menor é o volume ocupado pelo gás. Nesse exemplo temos  $V_A > V_B > V_C$ .

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

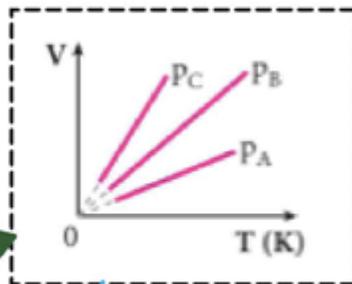
## TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA: LEI DE CHARLES E GAY-LUSSAC

A transformação isobárica ocorre quando um gás é mantido a uma pressão constante enquanto seu volume e temperatura sofrem alterações.

Podemos calcular essas alterações através da equação:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Podemos descrever a transformação isobárica através de um gráfico de volume e temperatura:



Quanto menos inclinado for o gráfico, menor a pressão do gás. Nesse exemplo temos  $p_A > p_B > p_C$ .

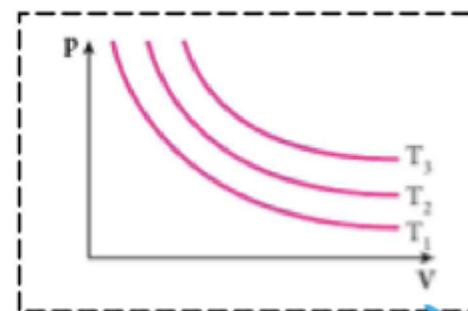
## TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA: LEI DE BOYLE-MARRIOTTE

Também conhecida como isoterma, a transformação isotérmica é uma transformação em que a temperatura do gás não sofre variação ao longo do processo.

As alterações no volume e pressão do gás seguem a seguinte relação:

$$V_1 \cdot p_1 = V_2 \cdot p_2$$

Podemos descrever a transformação isotérmica através de um gráfico de pressão e volume:



Quanto mais baixa a curva representa for, mais baixa é a temperatura do gás ao longo do processo. Nesse exemplo temos:  $T_3 > T_2 > T_1$ .

# GASES IDEAIS

## PARTE 3



# GASES IDEAIS

## PARTE 4

### EQUAÇÃO DE CLAPEYRON

Clapeyron percebeu, através da lei geral dos gases, que a massa do gás é constante ao longo de qualquer transformação, a partir daí ele formulou a seguinte equação:

Clapeyron percebeu, através da lei geral dos gases, que a massa do gás é constante ao longo de qualquer transformação, a partir daí ele formulou a seguinte equação:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$p$  é a pressão do gás num determinado estado, sua unidade é o newton por metro quadrado ( $\text{N/m}^2$ ).

$V$  é o volume ocupado pelo gás, em metro cúbico ( $\text{m}^3$ ).

$n$  é o número de mol da amostra de gás analisada, não possui unidade.

$T$  é a temperatura do gás, em kelvin (K).

$R$  é a constante universal dos gases. Para o SI o valor da constante é  $8,31 \text{ J/K}\cdot\text{mol}$ , mas se utilizarmos de pressão e volume em atmosfera (atm) e litro (l) a constante assume outro valor,  $0,082 \text{ atm}\cdot\text{l/K}\cdot\text{mol}$ .



# TERMODINÂMICA

## PARTE 1

A termodinâmica é o ramo da física que estuda as relações entre a energia térmica e a energia mecânica, ou seja, estudo do calor e do movimento.

A temperatura está relacionada a agitação das moléculas de um gás e, para que as moléculas se movimentem é necessário que haja energia. A energia é a soma das energias existentes nas partículas. Calculamos pela equação:

$$U = \frac{3 \cdot n \cdot R \cdot T}{2}$$

$U$  é a energia interna do gás, é medido em joule (J).

$n$  é o número de mol da amostra de gás analisada, não possui unidade.

$R$  é a constante universal dos gases. O valor da constante é 8,31 J/K·mol.

$T$  é a temperatura do gás, em kelvin (K).

Calor é a energia térmica cedida ou recebida pelo gás. Quando um gás receber calor o sinal será positivo, caso o gás forneça calor o sinal será negativo.

Um gás pode realizar trabalho se o seu volume sofrer alteração. Quando o gás expande (aumenta o volume) o trabalho realizado pelo gás é positivo, quando o gás se comprime (reduz o volume) o trabalho realizado pelo gás é negativo. Podemos calcular como:

$$\tau = p \cdot \Delta V$$

$\tau$  é o trabalho realizado pelo gás, sua unidade é o joule (J).  
 $p$  é a pressão da amostra do gás, a unidade é o newton por metro quadrado (N/m<sup>2</sup>).  
 $\Delta V$  é a variação sofrida pelo gás, é medido em metro cúbico (m<sup>3</sup>).

# TERMODINÂMICA

## PARTE 2

### PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

A primeira lei da termodinâmica segue o princípio da conservação da energia, portanto, nenhuma energia é criada ou destruída.



A variação da energia interna de um gás é determinada pela diferença entre a quantidade de calor e o trabalho do gás trocados com o meio externo.

Matematicamente:

$$\Delta U = Q - \tau$$

$\Delta U$  é a variação da energia interna do gás,  $\Delta U = U_f - U_i$ .

$Q$  é o calor trocado com o meio externo.

$\tau$  é o trabalho realizado ou sofrido pelo gás. Todas grandezas devem estar na mesma unidade, no SI é o joule (J), mas é comum trabalharmos também com caloria (cal).

# TERMODINÂMICA

## PARTE 3

### SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

A segunda lei da termodinâmica é aplicada, principalmente em máquinas térmicas.

Máquinas térmicas são dispositivos que convertem energia térmica em energia mecânica.

O fluxo natural do calor é sempre da maior temperatura para a menor.

A segunda lei da termodinâmica nos mostra que é impossível construir uma máquina térmica que transforme integralmente o calor recebido em trabalho realizado.

Isso significa que nenhuma máquina térmica terá um rendimento de 100%, e podemos calcular esse rendimento com base no trabalho realizado ou nas trocas de calor envolvida:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_Q} = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q}$$

$\eta$  é o rendimento da máquina, normalmente expresso em porcentagem.

$\tau$  é o trabalho realizado pela máquina.

$Q_Q$  é o calor recebido da fonte de energia, também chamada de fonte quente.

$Q_F$  é o calor perdido ao longo do processo, também chamado de fonte fria.

# TERMODINÂMICA

## PARTE 4

### CICLO DE CARNOT

Nicolas Carnot revolucionou o conhecimento sobre máquinas térmicas ao demonstrar o máximo rendimento possível de se obter com uma máquina térmica que trabalha com ciclos entre duas fontes cujas temperaturas são diferentes e constantes.

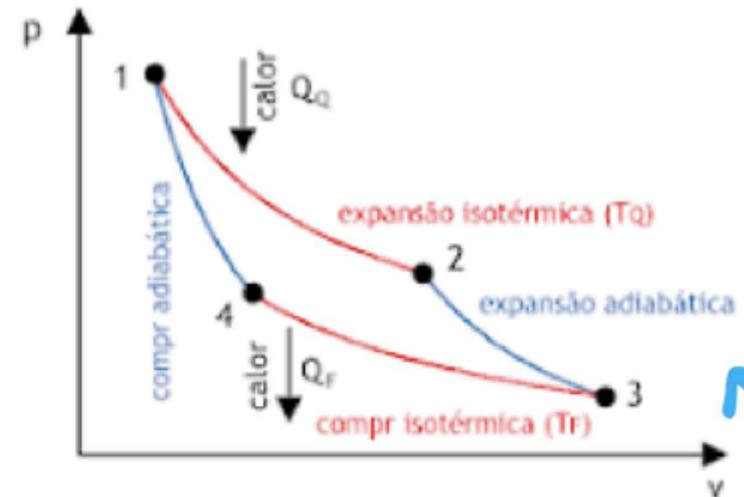
Carnot propôs dois postulados que provam que não é possível projetar uma máquina térmica de rendimento 100%.

**1º POSTULADO:** Nenhuma máquina operando entre duas temperaturas fixadas pode ter rendimento maior que a máquina ideal de Carnot operando entre essas mesmas temperaturas.

**2º POSTULADO:** Ao operar entre duas temperaturas, a máquina ideal de Carnot tem o mesmo rendimento, qualquer que seja o fluido operante.

Através da temperatura entre as fontes de calor conseguimos determinar o rendimento de uma máquina:

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$



O gráfico representa um ciclo ideal de uma máquina térmica, também conhecido como ciclo de Carnot. No gráfico a área formada entre as curvas representa o trabalho realizado pela máquina a cada ciclo. O ciclo consiste em uma expansão isotérmica seguido de expansão adiabática (sem trocas de calor), logo em seguida uma compressão isotérmica e finaliza com uma compressão adiabática.

$\eta$  é o rendimento da máquina, normalmente expresso em porcentagem.  $T_F$  é a temperatura de operação da fonte fria.

$T_Q$  é a temperatura de operação da fonte quente. A temperatura é medida em kelvin (K).

# MHS - MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

O MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (TAMBÉM CHAMADO DE MHS) É UM CASO PARTICULAR DO MOVIMENTO OSCILATÓRIO.

Todo MHS é um movimento cíclico e oscilatório, mas nem todo movimento oscilatório é um MHS.

O móvel realiza um movimento de "vai e vem" oscilando ao redor de uma posição inicial.

Exemplos de MHS: um pêndulo e uma mola oscilando com um corpo acoplado.

EQUAÇÃO DO MHS:

$$\{x(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \theta_0)\}$$

$x(t)$  representa a posição do corpo em um determinado instante, sua unidade é o metro (m).

$A$  é a amplitude, ou seja, a maior distância que se pode alcançar a partir da posição inicial, sua unidade é o metro (m).

$\omega$  é a velocidade angular, sua unidade é o radiano por segundo (rad/s).

$t$  é o instante de tempo que se quer analisar, sua unidade é o segundo (s).

$\theta_0$  é a fase inicial, ou seja, a posição angular do corpo no início do movimento, sua unidade é o radiano (rad).

Podemos calcular a velocidade angular ( $\omega$ ) do movimento através da fórmula:

$$\left\{ \omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f \right\}$$

$T$  é o período do movimento, sua unidade é o segundo (s).

$f$  é a frequência do movimento, sua unidade é o hertz (Hz).

Em um sistema massa mola, a amplitude (máxima deformação da mola) não terá influência sobre a duração do movimento.

Em um sistema composto por uma massa e uma mola oscilando ao redor de um ponto fixo podemos calcular o período através da fórmula:

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

$m$  é a massa do corpo que está acoplado a mola, sua unidade é o quilograma (kg).

$k$  é a constante elástica da mola, medida em newtons por metro (N/m).

## MOVIMENTO PENDULAR

O movimento pendular tem comportamento semelhante ao MHS para pequenas amplitudes angulares, em torno de  $10^\circ$ .



Em um movimento pendular a massa acoplada ao fio não interfere em seu período de oscilação. O que determina o seu período é o comprimento do fio e a gravidade do local.

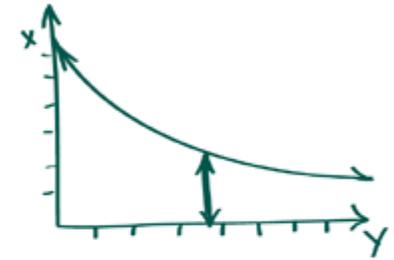
## MHS - MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

Quanto maior for o comprimento do fio mais lenta será a oscilação e maior será o período do movimento.

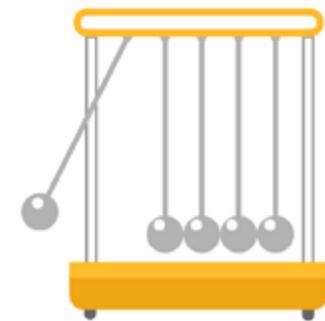


O período do movimento é calculado através da fórmula:

$$\left\{ T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \right\}$$



$T$  é o período de oscilação, sua unidade é o segundo (s).  
 $l$  é o comprimento do fio, sua unidade é o metro (m).  
 $g$  é a gravidade do local em que se encontra o pêndulo, sua unidade é o metro por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ).



São exemplos de ondas: luz, som, sinais de rádio...

Um pulso é uma perturbação que se propaga através de um meio sem que haja o transporte de matéria.

Uma onda é uma sucessão de pulso, ou seja, são perturbações periódicas que transmitem energia sem transportar matéria.

# ONDAS PERIÓDICAS

## PARTE 1



AS ONDAS SÃO CLASSIFICADAS ATRAVÉS DE TRÊS CRITÉRIOS:

### NATUREZA:

**Mecânica:** são ondas que necessitam de um meio para se propagar, por exemplo o som, as ondulações formadas numa superfície de águas calmas, um pulso que se transmite em uma corda...

**Eletromagnética:** são ondas que conseguem se propagar no vácuo como em alguns meios, por exemplo a luz, o sinal de Wi-Fi, micro-ondas, raio-X...

### DIMENSÕES:

**Unidimensional:** são ondas que se propagam em apenas uma direção, por exemplo uma mola oscilando uma massa.

**Bidimensional:** são ondas que se propagam em duas direções, em superfícies, por exemplo como a água em um lago calmo quando se joga uma pedra.

**Tridimensional:** são ondas que se propagam em todas as direções, por exemplo o som e todas as ondas eletromagnéticas.

### DIREÇÃO DE OSCILAÇÃO:

**Longitudinais:** são ondas que se propagam na mesma direção de sua oscilação, por exemplo as ondas sonoras.

**Transversais:** são ondas se propagam em direção perpendicular a direção de oscilação, por exemplo, um pulso em uma corda, o pulso gerado por uma gota que cai na superfície calma de um lago, todas as ondas eletromagnéticas.

# ONDAS PERIÓDICAS

## PARTE 2

A crista de uma onda é o ponto mais alto na representação de uma onda partindo do ponto central de equilíbrio e o vale é o ponto mais baixo. Vale e crista possuem o mesmo tamanho, mas a crista é a máxima oscilação positiva e o vale é a máxima oscilação negativa. A unidade de medida é o metro (m).

A amplitude é o tamanho do vale ou da crista, ou seja, é a maior oscilação que uma onda pode ter.

O comprimento de onda (representado por  $\lambda$ ) é a distância que uma onda percorre a cada ciclo completo, medida em metro (m).



A velocidade de propagação de uma onda depende do meio em que a onda está ocorrendo. Para calcular a velocidade de propagação de uma onda utilizamos a fórmula:

$$v = \lambda \cdot f$$

O período (representado por T) de uma onda é o tempo que dura uma oscilação completa, contendo uma crista e um vale. A unidade é o segundo (s).

A frequência é o número de oscilações que ocorrem em uma unidade de tempo. A unidade é o hertz (Hz).

Frequência e período são grandezas inversamente proporcionais:

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



# ONDAS PERIÓDICAS

## PARTE 3

$v$  é a velocidade em que a onda se propaga, sua unidade é o metro por segundo (m/s).

$\lambda$  é o comprimento de onda, medido em metro (m).

$f$  é a frequência da onda, a unidade é o hertz (Hz).

Caso a onda esteja oscilando em uma corda, para calcular a sua velocidade utilizamos a relação de Taylor:

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

$v$  é a velocidade em que a onda se propaga em uma corda, sua unidade é o metro por segundo (m/s).

$F$  é o módulo da força que traciona a corda, em newtons (N).

$\mu$  é a densidade linear da corda, que calculamos através da fórmula abaixo:

$\mu$  é a densidade linear da corda, a unidade é o quilograma por metro (kg/m).

$m$  é a massa da corda, sua unidade é o quilograma (kg).

$l$  é o comprimento da corda, medido em metro (m).



$$\mu = \frac{m}{l}$$

ACÚSTICA É O RAMO DA FÍSICA QUE ESTUDA O SOM.



O som é uma onda mecânica, longitudinal e tridimensional.



A frequência sonora que o ser humano é capaz de ouvir está entre 20 Hz e 20 kHz. Os animais têm capacidade de ouvir frequências diferentes.



Se a frequência de oscilação for inferior a 20 Hz chamamos de infrassom e se superior a 20 kHz chamamos de ultrassom.



A velocidade de propagação do som depende do meio em que ele está propagando. No ar, a uma temperatura de 20 °C, sua velocidade é aproximadamente 340 m/s.

# ACÚSTICA

## PARTE 1

CARACTERIZAMOS O SOM ATRAVÉS DE ALGUMAS QUALIDADES FISIOLÓGICAS:



A **ALTURA** do som está relacionada a sua frequência. Um som alto é um som agudo, de alta frequência, enquanto um som baixo é um som grave, de baixa frequência. Conseguimos variar a diferença de altura entre dois sons quando, por exemplo, tocamos duas notas diferentes em um instrumento musical.



A **INTENSIDADE** sonora é a intensidade com que percebemos esse som. É importante perceber que não há uma relação direta entre altura do som e intensidade. A intensidade é determinada pela amplitude da onda sonora.

**TIMBRE** é a característica sonora que nos permite distinguir onde o som gerado. Cada pessoa, cada instrumento musical, ou seja, cada fonte de onda, gera uma onda com características específicas. É o timbre que nos permite identificar de quem é a voz ouvida ou qual instrumento está sendo tocado.



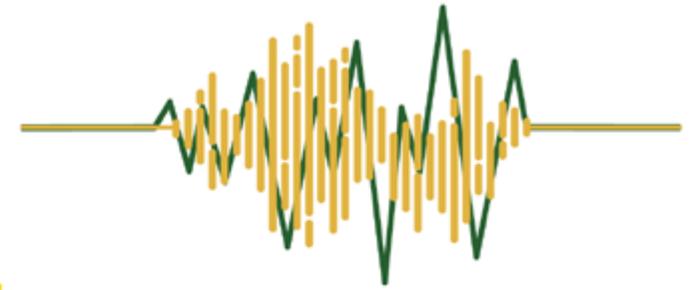
Conseguimos calcular a intensidade sonora em algum local quando conhecemos a potência da fonte emissora. Podemos aplicar a fórmula:

$$\left\{ I = \frac{P}{A} \right\}$$

$I$  é a intensidade sonora, medida em watts por metro quadrado ( $W/m^2$ ).  
 $P$  é a potência sonora que a fonte está emitindo, em watts ( $W$ ).

# ACÚSTICA

## PARTE 2



$A$  é a área da esfera gerada entre a fonte e o receptor.

Sua unidade é o metro quadrado ( $m^2$ ). A área pode ser calculada pela fórmula:

$$\left\{ A = 4\pi r^2 \right\}$$

$r$  é a distância entre a fonte sonora e o receptor, a sua unidade é o metro ( $m$ ).



A intensidade sonora mínima que conseguimos ouvir é  $10-12 \text{ W/m}^2$ , esse limiar normalmente é representada por  $I_0$ .

A variação na intensidade sonora que conseguimos perceber está em um intervalo muito grande, para facilitar a notação desse valor utilizamos o nível sonoro. Conseguimos calcular o nível sonoro utilizando a função logarítmica a seguir:



$$\left\{ \beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \right\}$$



$\beta$  é o nível sonoro. A unidade do nível sonoro comumente usada é o decibel (dB), mas sua unidade é o Bel. A presença do 10 multiplicando na fórmula é para fazer a conversão de Bel para decibel.

$I$  é a intensidade sonora percebida no local analisado, a unidade é watt por metro quadrado ( $\text{W/m}^2$ ). 10 é a limiar a de audição, para humanos  $10-12 \text{ W/m}^2$ .



A ótica é o ramo da física que estuda o comportamento da luz, dentro de ótica estudamos também os espelhos e lentes.

# ÓTICA

## PARTE 1

O princípio da independência dos raios de luz nos mostra que os raios de luz se propagam de forma independente uns dos outros. Se dois raios de luz se cruzam eles não se interferem.

AS FONTES DE LUZ SÃO CLASSIFICADAS DE DUAS FORMAS:

- as **FONTES PRIMÁRIAS** são os corpos que tem a capacidade de emitir luz própria como o Sol, por exemplo;

- as **FONTES SECUNDÁRIAS** são corpos que refletem a luz que recebem, por exemplo um espelho.

OS MEIOS POR ONDE A LUZ PROPAGA PODEM SER CLASSIFICADOS DE TRÊS FORMAS

- **TRANSPARENTES** que são meios que permitem a luz passar de forma regular, por exemplo uma película de vidro para celulares;

- **TRANSLÚCIDOS** são os meios que a luz atravessa mas de forma irregular, por exemplo no vidro leitoso (vidro com uma coloração branca, muito utilizado em janelas de banheiros);

- **OPACO** são meios que não permitem que a luz se propague, por exemplo uma parede.

A luz não faz curvas quando se propaga em meios homogêneos, ela sempre se propaga em linha reta é o que nos diz o princípio de propagação retilínea da luz.

O princípio de reversibilidade na propagação da luz demonstra que a trajetória da luz não depende do sentido de propagação, de forma mais simples, a luz vai e volta pelo mesmo caminho.

Ao interagir com superfícies a luz pode refletir, refratar ou ser absorvida.



# ÓTICA

## PARTE 2

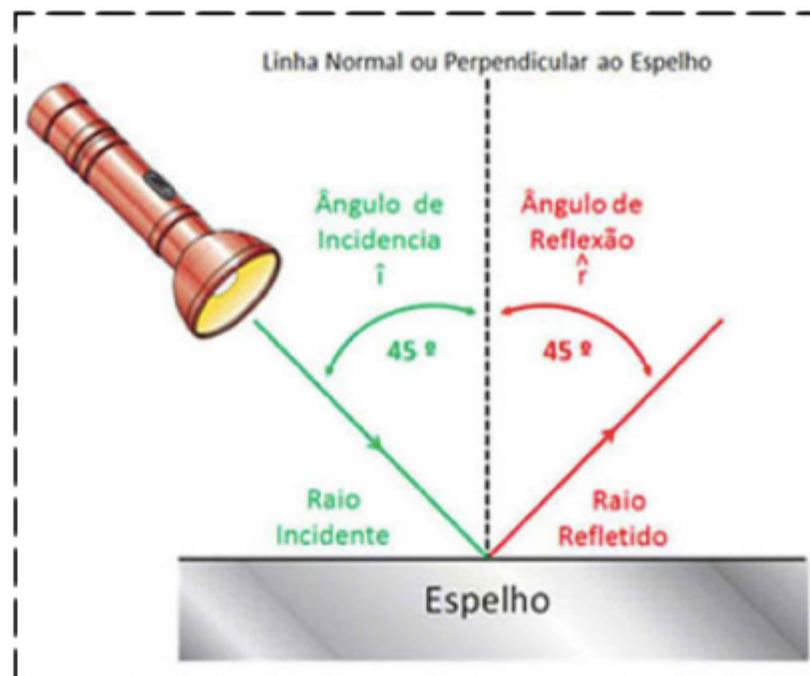


### REFLEXÃO DA LUZ

A reflexão é o processo em que a luz, ao encontrar com um meio diferente do que ela está, ela retorna ao seu meio de origem. Por exemplo quando a luz vai em direção a um espelho, ela retorna através do mesmo meio.

A primeira lei da reflexão enuncia que o raio de luz incidente em uma superfície, o raio refletido pela superfície e a reta normal a essa superfície estão todas num mesmo plano, ou seja, são coplanares.

A segunda lei da reflexão diz que o ângulo do raio de incidência e o ângulo do raio de reflexão são sempre iguais.



Chamamos de espelho plano uma superfície plana, polida e que possui uma grande capacidade de refletir os raios de luz que incide sobre ele.

Num espelho plano, a imagem formada está a mesma distância do o espelho que o objeto, se um objeto está a 5 cm do espelho a imagem também se forma a 5 cm do espelho. Por essa imagem se formar dentro do espelho dizemos que ela é virtual.

Em um espelho plano a imagem formada é direta e simétrica com o objeto mas enantiomorfa, ou seja, o sentido de direita e esquerda é invertido. E sempre do mesmo tamanho que o objeto.

# ÓTICA

## PARTE 3

### REFRAÇÃO DA LUZ

A refração é o nome que damos ao fenômeno de a luz mudar o seu meio de propagação.

Quando a luz muda o meio em que está se propagando ela se modifica. Quando refrata a frequência de uma luz não sofre alteração, mas para manter a sua frequência a velocidade se altera.

A facilidade ou dificuldade para a luz se propagar num meio que determina o quanto a sua velocidade vai modificar. Para isso utilizaremos o índice de refração, cada meio possui o seu próprio índice.

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



$n$  é índice de refração do meio em que a luz está se propagando. Não possui unidade.

$c$  é a velocidade da luz no vácuo, seu valor é constante e vale, aproximadamente,  $3 \cdot 10^8$  m/s.

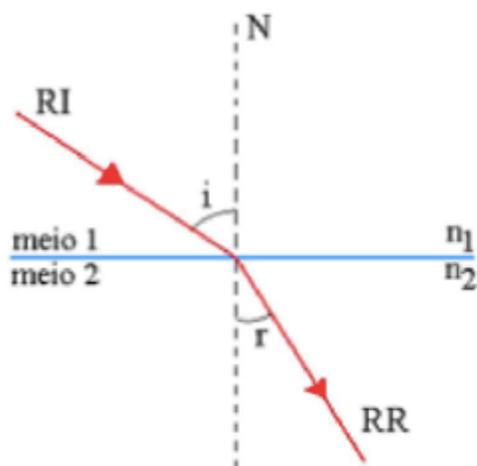
$v$  é a velocidade de propagação da luz no meio analisado, a unidade é o metro por segundo.

Assim como a reflexão a refração tem duas leis que a regem. A primeira lei diz quase o mesmo: o raio de luz incidente em uma superfície, o raio refratado pela superfície e a reta normal a essa superfície estão todas num mesmo plano, ou seja, são coplanares.

# ÓTICA

## PARTE 4

### REFLEXÃO DA LUZ



$n_1$  e  $n_2$  representam os índices de refração do meio 1 e meio 2.

$N$  é a reta normal ao diopetro.

$RI$  é o raio de luz incidente.

$RR$  é o raio de luz refratado.

$i$  é o ângulo formado entre o raio incidente e a normal.

$r$  é o ângulo formado entre o ângulo refratado e a normal.

A segunda lei, também conhecida como lei de Snell-Descartes, diz que: A razão entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração é constante para cada diopetro (dois meios homogêneos e transparentes) e para cada luz monocromática. Em termos matemáticos temos:

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$\theta_1, \theta_2$  são os ângulos que a luz forma nos meios 1 e 2 em relação a normal.

$v_1$  e  $v_2$  são as velocidades da luz nos meios 1 e 2, a unidade de velocidade é o metro por segundo (m/s).

$n_1$  e  $n_2$  são os índices de refração de cada meio.

$\lambda_1$  e  $\lambda_2$  são os comprimentos da onda em cada meio, a unidade é o metro (m).

# REFRAÇÃO DA LUZ



É A MUDANÇA NO MEIO DE PROPAGAÇÃO DA LUZ, CONSEQUENTEMENTE NA SUA MUDANÇA DE VELOCIDADE (REFRAÇÃO).



## ÍNDICE DE REFRAÇÃO:

Mede o grau de refringência do meio.



**REFRINGÊNCIA:** Resistência óptica à passagem de luz.



O vidro é mais refringente que a água (impõe maior resistência ótica à passagem de luz do que a água).



A velocidade de propagação da luz no vidro é menor do que da água, pois o vidro possui um maior índice de refração do que a água.

$$n_{\text{meio}} = \frac{c}{V_{\text{meio}}} \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$



O índice de refração diz quantas vezes a velocidade da luz naquele meio é menor do que a velocidade da luz no vácuo (C).



Qualquer índice de refração de qualquer meio será maior do que 1.



O esperado é que o índice de refração obedeça a seguinte ordem:

$$n_{\text{Sólidos}} > n_{\text{Líquidos}} > n_{\text{Gás}} > n_{\text{Vácuo}}$$

Quando a luz passa de um meio menos refringente (ar) para um mais refringente (água) o raio luminoso se aproxima da normal, pois a sua velocidade diminui.



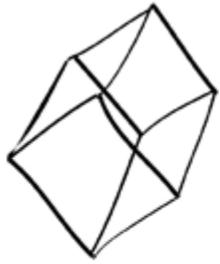
**INCIDÊNCIA OBLÍQUA:** O ângulo de incidência é um ângulo agudo.



**INCIDÊNCIA NORMAL:** É quando o raio de luz incide na própria normal. Nesse caso a luz passa sem sofrer desvios, pois ela já está em cima da normal. O ângulo de incidência é zero.



Contudo, mesmo na incidência normal, a luz sofre refração. Pois nesse caso a luz mudou de meio, seu índice de refração aumentou e sua velocidade diminuiu, não houve desvio, pois se trata de uma incidência normal.



## PARTE 2

# REFRAÇÃO DA LUZ



Como o seno é uma função crescente, não é preciso reverter a igualdade.



O funcionamento da fibra ótica parte da reflexão total. É feita por uma casca com menor índice de refração e um núcleo com maior índice de refração.

## LEI DE SNELL:



$$n_a \text{sen}(a) = n_b \text{sen}(b)$$

$$\frac{\text{Sen}(a)}{\text{Sen}(b)} = \frac{v_a}{v_b}$$



CONDIÇÕES PARA HAVER REFLEXÃO TOTAL: A luz se afastando da normal e o ângulo limite ser maior do que 1.

## REFLEXÃO TOTAL CONDIÇÕES:



$$\text{Sen}(i) \geq L_s$$

$$\text{Sen}(i) \geq \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}}$$

$$\text{Fibra ótica}$$
$$n_{\text{núcleo}} > n_{\text{casca}}$$

# ESPELHOS ESFÉRICOS

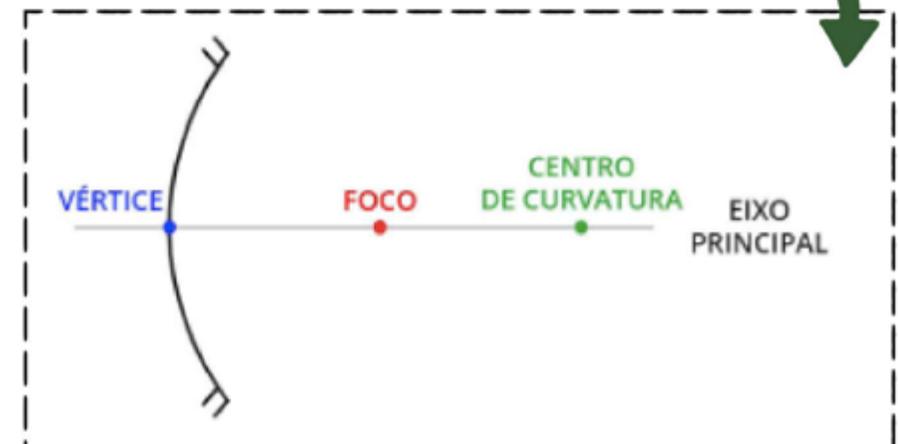
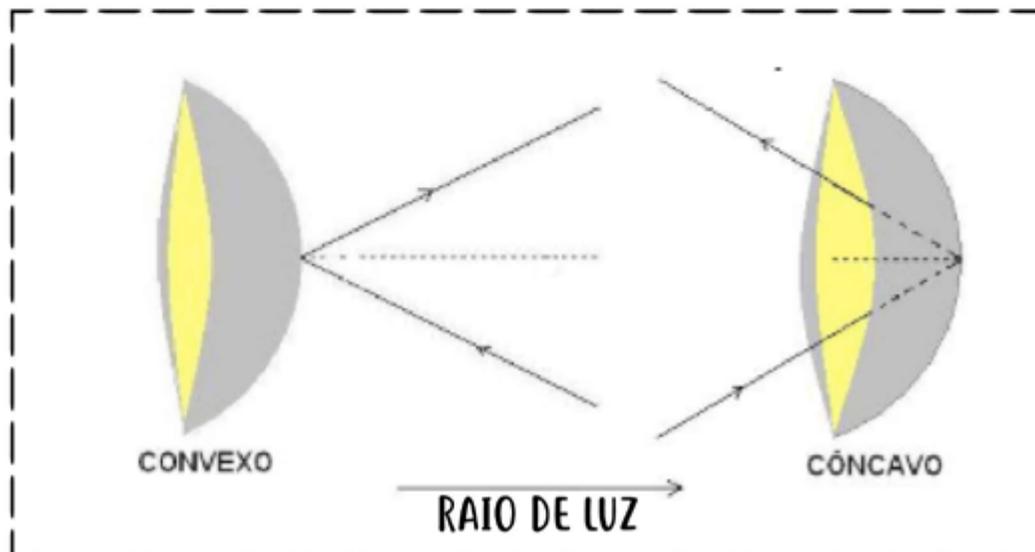
## PARTE 1

Os espelhos esféricos possuem algumas propriedades específicas. **UM ESPELHO É ESFÉRICO QUANDO ELE É FORMADO POR UMA CALOTA ESFÉRICA.**

Temos três pontos de grande importância no espelho esférico:

Classificamos os espelhos esféricos como côncavo ou convexo. Quando a luz reflete no interior da esfera, temos um espelho côncavo. Se a reflexão for do lado externo, o espelho é convexo.

- vértice (V): é a posição central do espelho.
- centro da curvatura (C): é o centro da esfera que o espelho faz parte.
- foco (F): é o ponto médio entre o centro da curvatura e o vértice.
- eixo principal (EP): é o eixo que liga o vértice ao centro da curvatura.



# ESPELHOS ESFÉRICOS

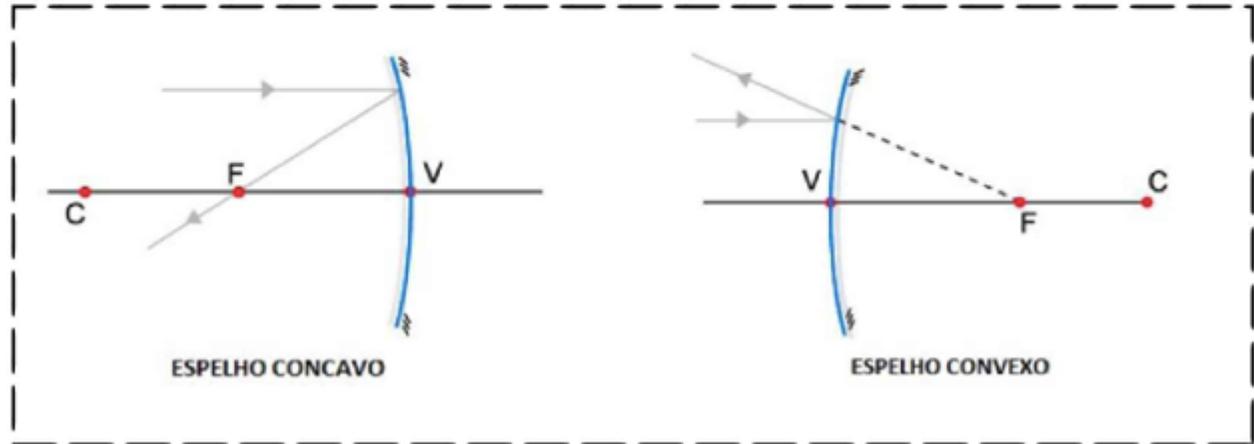
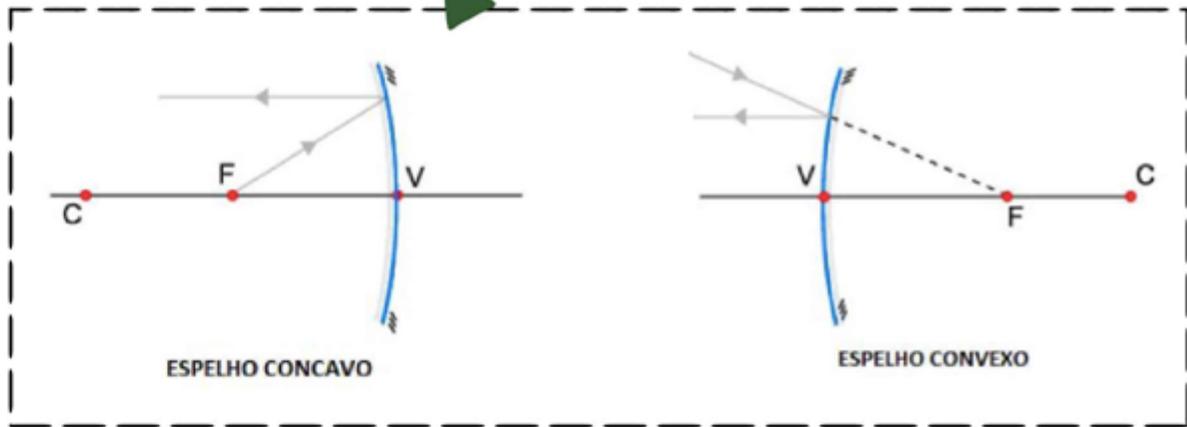
## PARTE 2

Repare que nas pontas da figura do espelho vemos riscos paralelos, a função desses riscos é identificar o lado opaco do espelho.

Todo raio que incide na direção do foco é refletido paralelo ao eixo principal.

Cada raio de luz que chega até o espelho tem um comportamento específico. Abaixo analisaremos os raios notáveis.

Todo raio incide paralelo ao eixo principal será refletido na direção do foco.



# ESPELHOS ESFÉRICOS

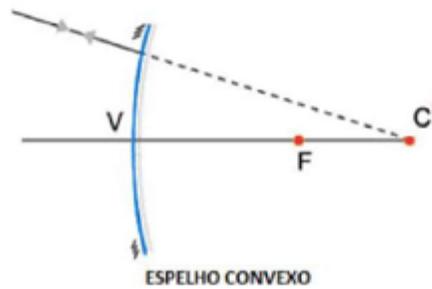
## PARTE 3

Todo raio que incide na direção do centro da curvatura é refletido sobre si mesmo.

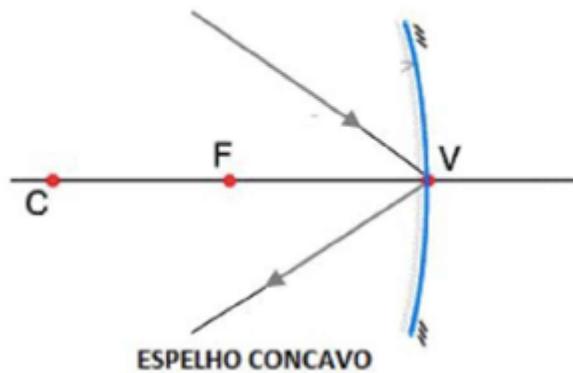
Todo raio que incide na direção do vértice do espelho reflete simetricamente em relação ao eixo principal.



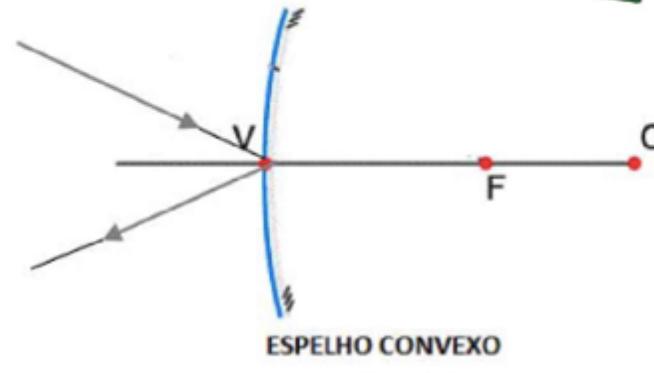
ESPELHO CONCAVO



ESPELHO CONVEXO



ESPELHO CONCAVO



ESPELHO CONVEXO



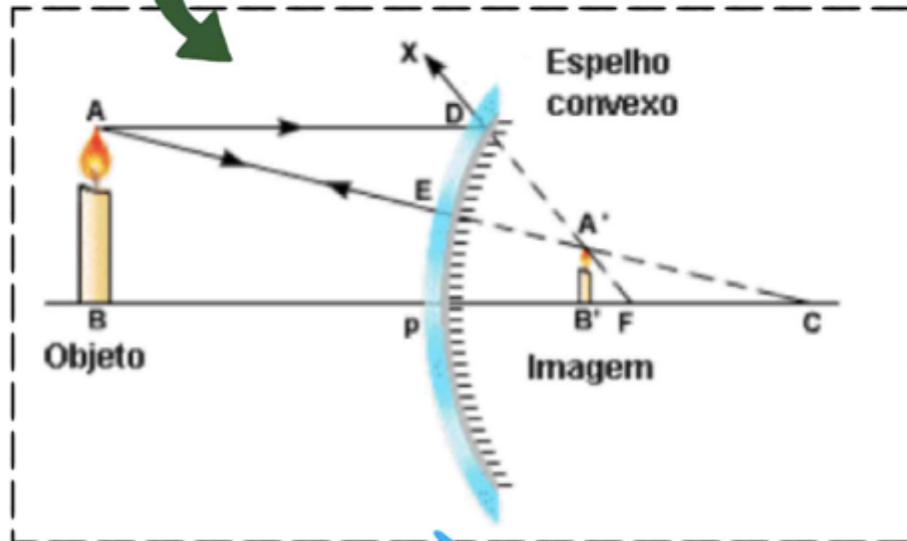
# ESPELHOS ESFÉRICOS

## PARTE 4

### CONSTRUÇÃO DA IMAGEM NO ESPELHO ESFÉRICO

Nos espelhos convexos as imagens formadas terão sempre as mesmas características, independente da distância entre o objeto e o espelho.

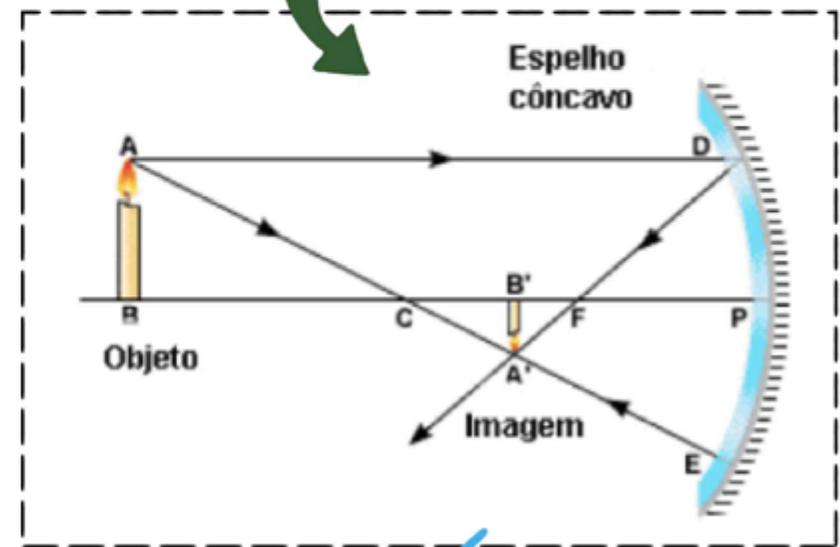
- Nas imagens abaixo o vértice é representado por P.



a imagem será sempre virtual, direta e reduzida

As próximas imagens serão para o espelho côncavo.

Objeto além do centro de curvatura.



Nesse ponto a imagem é real, invertida e reduzida. A imagem estará localizada entre o foco e o centro da curvatura.

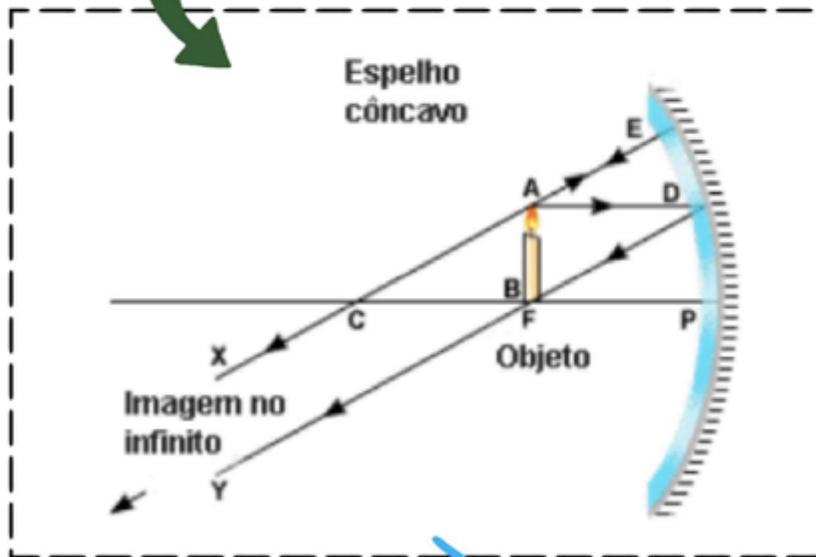
# ESPELHOS ESFÉRICOS

## PARTE 6

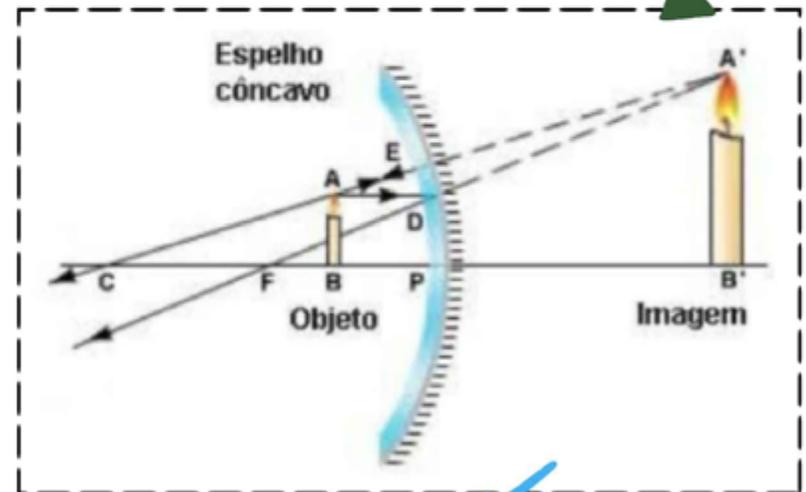
### CONSTRUÇÃO DA IMAGEM NO ESPELHO ESFÉRICO

Se o objeto estiver no foco, não haverá formação de imagem.

Objeto posicionado entre o foco e o vértice do espelho.



Nesse caso dizemos que a imagem é imprópria.

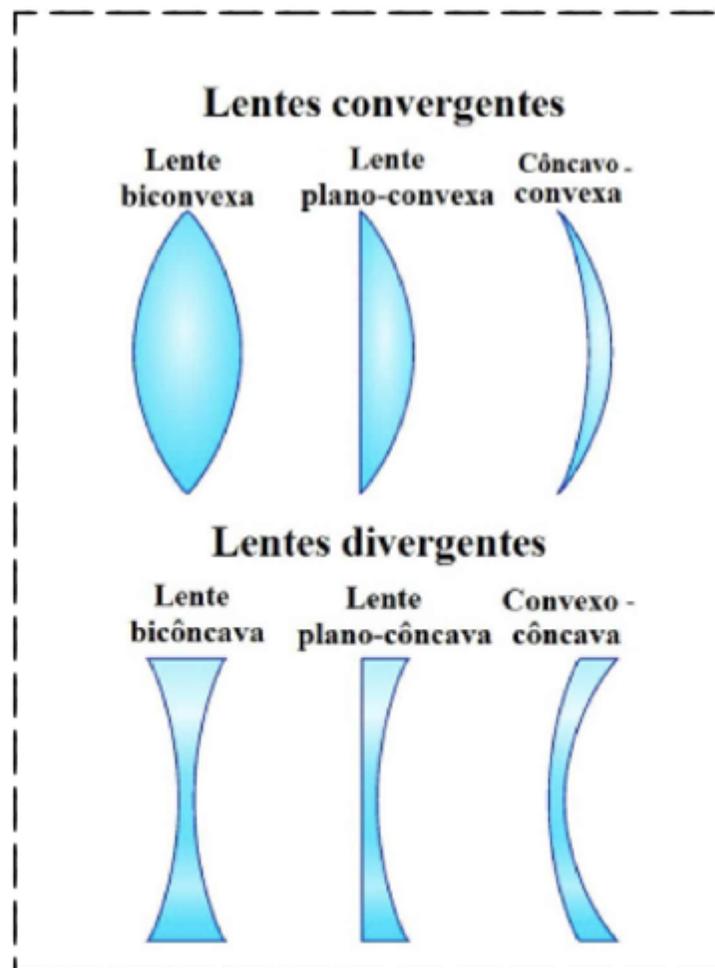


Nessa situação a imagem formada será virtual, direta e ampliada. Como a imagem é virtual, ela se forma dentro do espelho.

# LENTE ESFÉRICAS

## PARTE 1

Lentes são dispositivos óticos no geral transparentes. As lentes esféricas possuem uma de suas faces esférica e a outra face pode ser plana ou esférica.



De modo geral temos dois tipos de lentes: as convergentes, que são lentes com as bordas finas, e as divergentes, que são lentes com as bordas grossas.

As lentes possuem alguns pontos de destaque que necessitamos conhecer para fazer o estudo da lente.

- a lente é o elemento central da figura. Quando as setas apontam pra fora temos uma lente convergente, e se as setas apontam pra dentro a lente é divergente.

→ O é o centro ótico da lente.

F é o foco principal do objeto. Se localiza na metade da distância entre o ponto antiprincipal e a lente.

P é o foco principal da imagem.

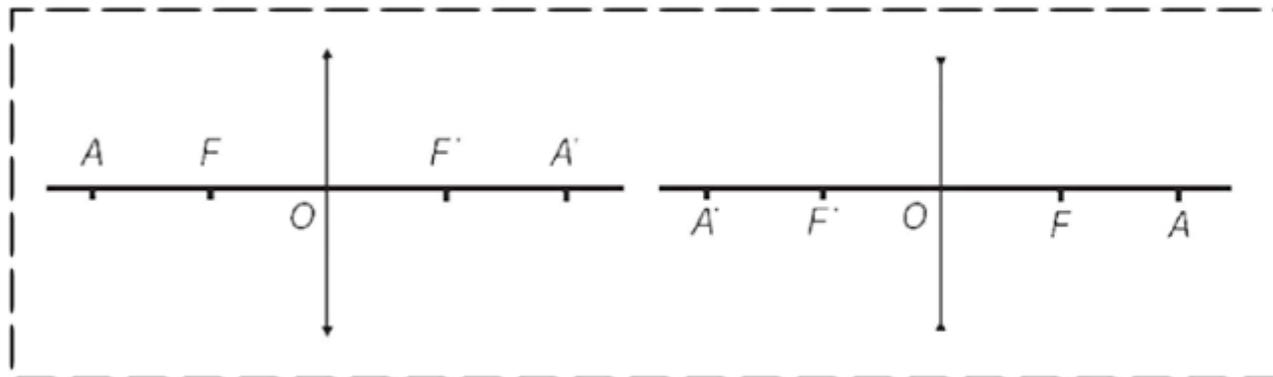
A (também representado por C) é o ponto antiprincipal do objeto (é equivalente ao centro da curvatura de um espelho).

A' (também representado por C') é o ponto antiprincipal da imagem.

Assim como ocorre nos espelhos, as lentes também possui alguns raios luminosos principais, os raios notáveis e as regras são bem semelhantes.

# LENTE ESFÉRICAS

## PARTE 2



# LENTE ESFÉRICAS

## PARTE 3

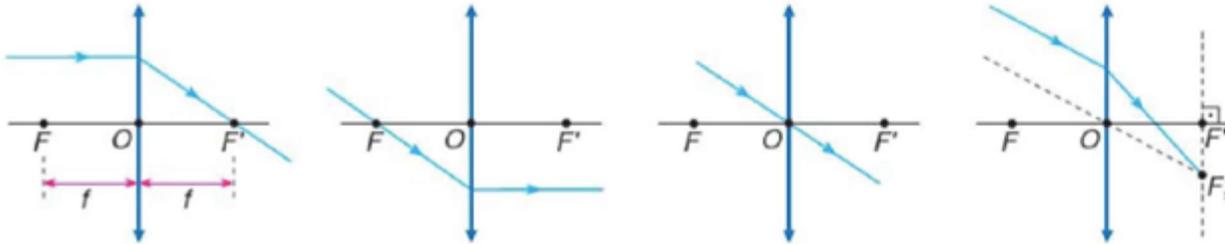
Todo raio que incide paralelo ao eixo principal será refratado na direção do foco.

Todo raio que incide na direção do foco é refratado paralelo ao eixo principal.

Todo raio que incide na direção do centro óptico é refratado sem sofrer desvios.

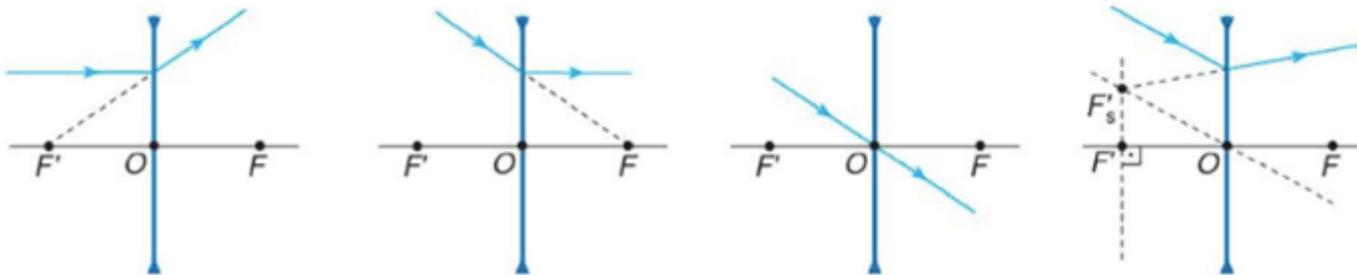
Todo raio que incide alinhado ao ponto antiprincipal do objeto é refratado na linha do antiprincipal da imagem.

### • Lente delgada convergente



$F$ : foco principal objeto;  $F'$ : foco principal imagem;  $O$ : centro óptico;  $f$ : distância focal

### • Lente delgada divergente

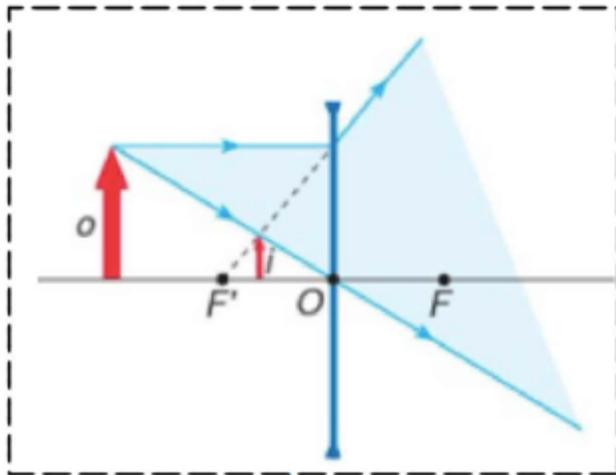


# LENTE ESFÉRICAS

## PARTE 4

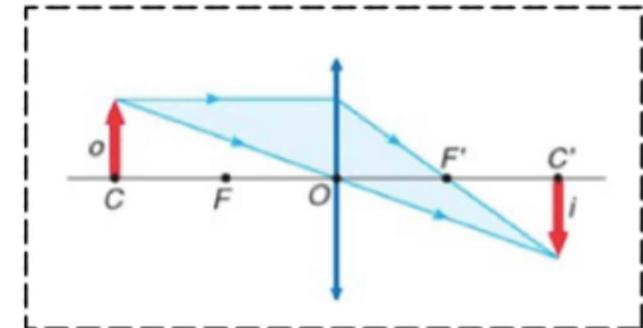
### FORMAÇÃO DA IMAGEM EM LENTE ESFÉRICAS

Em lentes divergentes o comportamento será o mesmo, indiferente da posição do objeto.



- A imagem será sempre virtual, direta e reduzida. Ela se formará sempre entre o foco do objeto e o centro óptico.

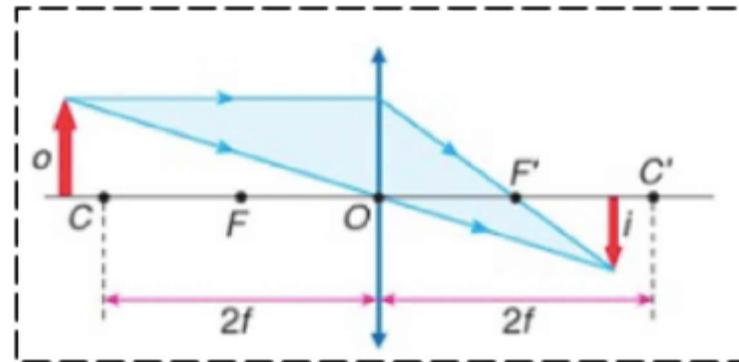
### OBJETO POSICIONADO NO PONTO ANTIPRINCIPAL.



- A imagem é real, invertida e do mesmo tamanho, localizada no antiprincipal da imagem.

As próximas imagens demonstram as situações para as lentes convergentes.

### OBJETO POSICIONADO ALÉM DO PONTO ANTIPRINCIPAL.

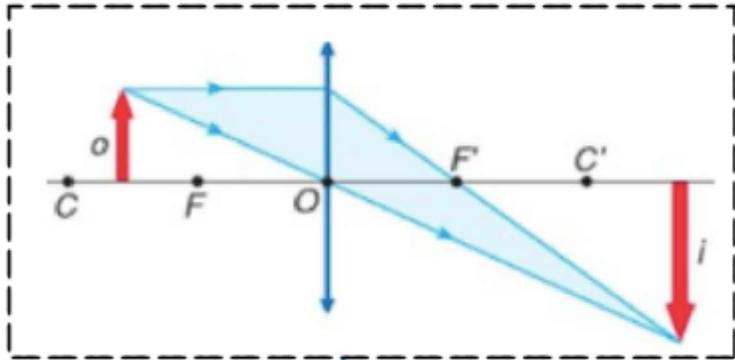


- A imagem é real, invertida e reduzida. Ela está localizada entre o antiprincipal e foco da imagem.

# LENTE ESFÉRICAS

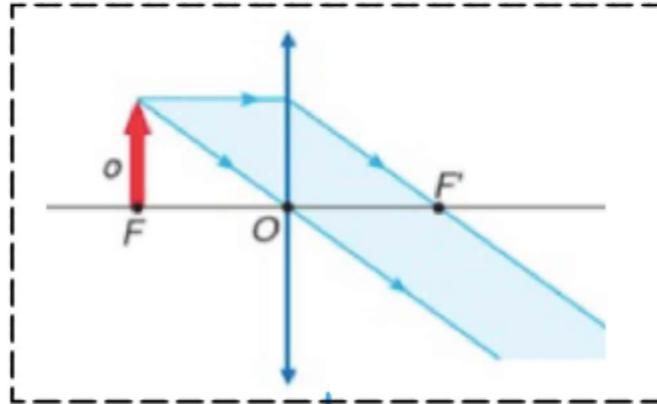
## PARTE 5

OBJETO POSICIONADO ENTRE O ANTIPRINCIPAL E O FOCO.



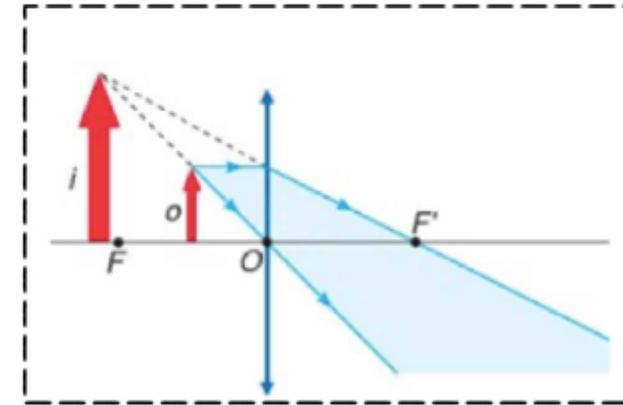
Nessa situação a imagem é real, invertida e ampliada, sua localização será além do antiprincipal da imagem.

OBJETO POSICIONADO NO FOCO.



Nessa situação não há imagem formada, dizemos que a imagem é imprópria.

OBJETO POSICIONADO ENTRE O FOCO E O CENTRO ÓTICO.



A imagem formada é virtual, direta e ampliada, ela estará posicionada entre o antiprincipal e o foco do objeto.



A terra é considerada uma esfera condutora.



A carga é dividida proporcionalmente ao raio, mas o raio da terra é muito grande.



**ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO:** Indução eletrostática consiste no aparecimento de "cargas induzidas". Como a aproximação de um corpo eletrizado a um metal.



Toda vez que houver indução eletrostática, haverá uma atração. Uma indução jamais causa uma atração para outros elementos, apenas nos metais.

# PARTE 1

# ELETRÓSTÁTICA I

## PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO.



**ELETRIZAÇÃO POR ATRITO:** Geralmente ocorre entre isolantes. É quando você esfrega um corpo no outro e há diferentes afinidades por elétrons.



**ELETRIZAÇÃO POR CONTATO:** Consiste em encostar um metal no outro para que o sistema encontre a sua nova situação de equilíbrio eletrostático.



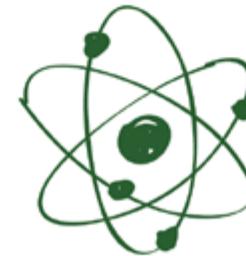
**EQUILÍBRIO ELETRÓSTÁTICO:** Ocorre entre metais.

A carga é diretamente proporcional ao raio.

$$V = \frac{K \cdot Q}{R}$$

$$q = n \cdot e$$

$$\text{Carga elementar} = 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ C}$$



O contato interno é calculado pela soma algébrica das cargas.



Quando um metal é ligado à terra ele fica neutro. Devido à grande proporção do raio terrestre.

## CONDUTORES ELÉTRICOS:

**CONDUÇÃO:** Devem haver portadores de carga elétrica e elétrons livres para se mover. Como na teoria do mar de elétrons da química.



Metais são ótimos condutores de eletricidade, os seus elétrons possuem mais mobilidade e estão menos presos ao núcleo.



**EFEITO DE BLINDAGEM:** Os elétrons mais externos não são atraídos pelo núcleo, porém, são repelidos por outros elétrons mais internos.

## PARTE 2

# ELETROSTÁTICA I

O equilíbrio eletrostático só vale para materiais condutores, não é válido para isolantes.



**LEI DE COULOMB:** Cálculo da força elétrica em cargas puntiformes

$$F_c = \frac{K \cdot Q \cdot q}{d^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$



A força de atração ou repulsão entre duas cargas puntiformes **sempre terão o mesmo módulo**, independente do seu valor de cargas.



## CAMPO ELÉTRICO:

$$E = \frac{\text{n}^\circ \text{linhas}}{\text{m}^2}$$

$$F_{el} = q \cdot E$$

$$E = \frac{K \cdot Q}{D^2}$$



## CAMPO ELÉTRICO UNIFORME:

$$E = \frac{\delta}{2\epsilon_0} = \left( \frac{Q}{A} \right) \cdot \frac{1}{2\epsilon_0}$$



## TRABALHO DA FORÇA ELÉTRICA

$$T_{Fe} = \frac{K \cdot Q \cdot q}{D_A} - \frac{K \cdot Q \cdot q}{D_B}$$



A LEI DE COULOMB TEM A FINALIDADE DE DETERMINAR A FORÇA DE INTERAÇÃO ENTRE DOIS CORPOS ELETRIZADOS.

A equação não faz distinção entre os sinais das cargas envolvidas, ela trabalha apenas com o módulo. Para determinar a orientação da força de interação entre as cargas elétricas utiliza-se a *lei de Du Fay*.



A força de interação entre duas cargas é diretamente proporcional ao módulo das cargas envolvidas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa e sofre interferência do meio em que as cargas estão:

$$\left\{ F = \frac{K|Q||q|}{d^2} \right\}$$



# LEI DE COULOMB

$F$  é a força de interação entre duas cargas elétricas. A força é dada em newton (N).

$|Q|$  e  $|q|$  são os módulos das cargas envolvidas, sua unidade é o coulomb (C).

$K$  é a constante eletrostática do meio, no ar e no vácuo o valor é fixo:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ .

Para outros meios o valor se modifica.

$d$  é a distância entre as duas cargas que estão interagindo, medida em metro (m).



A força que o corpo A aplica em B é igual a força que o corpo B aplica em A e possuem a mesma direção, o muda é apenas o sentido da força.



A constante eletrostática do meio é obtida através da rigidez dielétrica do meio e por isso sofre interferência da substância em que as cargas estão imersas.



A equação da lei de Coulomb nos permite calcular a força apenas entre duas cargas. Caso o sistema possua mais de duas cargas é necessário calcular a força entre os pares de partículas e depois encontrar a força resultante no corpo desejado.



**LEMBRETE: FORÇA É UMA GRANDEZA VETORIAL, PORTANTO AO SOMAR FORÇAS DEVEMOS LEVAR EM CONSIDERAÇÃO A DIREÇÃO E O SENTIDO.**

# CAMPO ELÉTRICO

O CAMPO ELÉTRICO TEM O PAPEL DE TRANSMITIR A INTERAÇÃO ENTRE CARGAS ELÉTRICAS, É ATRAVÉS ELE QUE SURGE A FORÇA ELÉTRICA.



O campo elétrico ( $E$ ) é um vetor que permite determinar o módulo de uma força que atua numa determinada carga. Conseguimos calcular através da equação:

$$\left\{ E = \frac{F}{q} \right\}$$



$E$  é o campo elétrico, medido em newton por coulomb ( $N/C$ ).

$F$  é a força que surge na carga elétrica que está no campo, sua unidade é o newton ( $N$ ).

$q$  é o valor da carga elétrica que está imersa no campo. A unidade de carga é o coulomb ( $C$ ).



O campo elétrico é composto por linhas de força. Essas linhas são representações imaginárias desenhadas para representar o comportamento do campo.

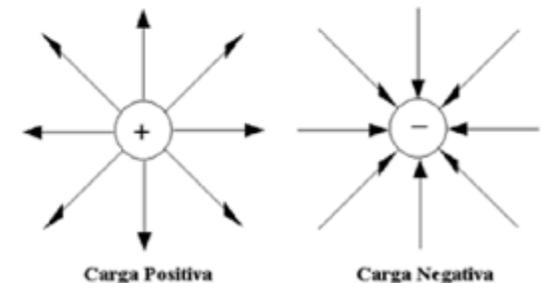
Quanto mais concentradas as linhas de força estiverem, mais intenso é o campo elétrico em na região.



As linhas de campo determinam a direção e sentido do campo, que é sempre tangente à linha de força.



As linhas de força não se tocam e sempre fluem da carga positiva para a carga negativa.



# CAMPO ELÉTRICO

Em cargas positivas as linhas de força estão sempre direcionadas para fora, enquanto que em cargas negativas as linhas são direcionadas para dentro das cargas, conforme figura.



Uma carga elétrica cria um campo elétrico ao seu redor que podemos calcular usando a equação a seguir:

$$\left\{ E = \frac{KQ}{d^2} \right\}$$

$E$  é o campo elétrico, em newton por coulomb (N/C).

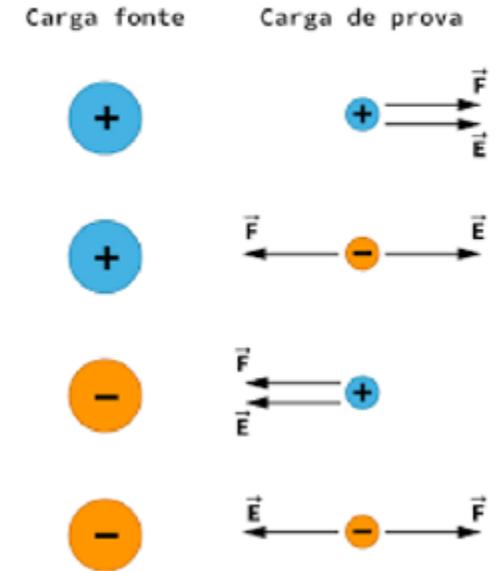
$K$  é a constante eletrostática do meio, a mesma estudada na lei de Coulomb, seu valor é  $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ .

$Q$  é a carga elétrica geradora do campo, medida em coulomb (C).

$d$  é a distância entre o ponto em que se está analisando o campo elétrico e a carga geradora, sua unidade é o metro (m).



Quando uma **carga positiva** é posta em um campo, a força que surge nela possui **mesma direção e sentido do campo elétrico**, se a carga for **negativa** a força será na mesma direção do campo mas em sentido **contrário**.



Em um ponto do espaço onde existe mais de um campo elétrico atuando, para encontrar o campo resultante naquele ponto **devemos fazer a soma vetorial de todos os campos que atuam no local**.

# POTENCIAL ELÉTRICO

Quando uma carga elétrica está em um campo elétrico, esta carga fica sujeita a uma força elétrica e, devido a esta força, essa carga adquire um potencial para realizar movimento.



A ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA É A ENERGIA ELÉTRICA ARMAZENADA EM UMA CARGA QUANDO ELA ESTÁ SUJEITA A AÇÃO DE UM CAMPO ELÉTRICO.



Podemos calcular a energia potencial através da fórmula:

$$E_{pe} = \frac{K \cdot Q \cdot q}{d}$$

- $E_{pe}$  é a energia potencial elétrica, sua unidade é o joule (J).
- $K$  representa a constante eletrostática do meio, no ar e no vácuo a constante vale  $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ .
- $Q$  é a carga geradora do campo elétrico.
- $q$  é a carga de prova que está submetida a ação deste campo elétrico. A carga é medida em coulomb (C).
- $d$  é a distância entre as cargas, a unidade é o metro (m).



Quando uma força elétrica movimentar uma carga elétrica, dizemos então que esta carga sofre uma **variação** na sua energia potencial.

## POTENCIAL ELÉTRICO

É através do potencial elétrico que conseguimos determinar a capacidade de uma carga armazenar energia elétrica.



O potencial elétrico é uma grandeza escalar que determina a energia armazenada em um corpo eletrizado, imerso em um campo elétrico, em relação a sua carga elétrica.

# POTENCIAL ELÉTRICO

Calculamos o potencial elétrico através da equação:

$$V = \frac{E_{pe}}{q}$$



$V$  é o potencial elétrico, medido em volt (v).

$E_{pe}$  é a energia potencial elétrica, em joule (J).

$q$  é a carga elétrica, sua unidade é o coulomb (C).



Podemos determinar o potencial elétrico gerado por uma carga:

$$V = \frac{K \cdot Q}{d}$$

$V$  é o potencial elétrico, sua unidade é o volt (V).

$K$  representa a constante eletrostática do meio, no ar e no vácuo a constante vale  $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ .

$Q$  é a carga geradora do campo elétrico, com a unidade em coulomb (C).

$d$  é a distância entre a carga e o potencial gerado.



Devido a ação das linhas de força, uma carga elétrica positiva cria um potencial elétrico positivo, enquanto uma carga elétrica negativa cria um potencial negativo.

Se quisermos calcular o potencial gerado por várias cargas em um ponto, basta calcular o potencial gerado por cada uma e após isso somar todos eles.

## DIFERENÇA DE POTENCIAL (D.D.P.)

Quando uma carga elétrica é submetida a um campo elétrico essa carga elétrica pode se movimentar devido a ação da força elétrica.

# POTENCIAL ELÉTRICO



Quando uma carga sofre uma diferença de potencial a sua energia também varia. Assim, podemos calcular o trabalho realizado pela força elétrica:

$$\tau = q \cdot U_{AB}$$



$\tau$  é o trabalho da força elétrica, sua unidade é o joule (J).  
 $q$  é a carga elétrica que está sendo deslocada, a unidade é o coulomb (C).  
 $U_{AB}$  é a diferença de potencial entre os pontos ocupados pela carga elétrica, medida em volt (v).



$$U_{AB} = V_A - V_B$$



$U_{AB}$  é a diferença de potencial entre dois pontos distintos, sua unidade é o volt (v).  
 $V_A$  e  $V_B$  é o potencial em dois pontos distintos em um campo elétrico, a unidade é o volt (v).

Quando uma carga elétrica se movimenta ao longo de um campo elétrico, se aproximando ou afastando dos polos geradores de potencial, a sua energia potencial está variando e, por consequência, o seu potencial.



A DIFERENÇA DE POTENCIAL, DDP OU TENSÃO ELÉTRICA, É OBTIDA ATRAVÉS DA SUBTRAÇÃO DO POTENCIAL DE UMA CARGA EM DOIS PONTOS DISTINTOS EM UM CAMPO ELÉTRICO. PORTANTO:

# ELETRODINÂMICA

A ELETRODINÂMICA É O RAMO QUE TRATA DA MOVIMENTAÇÃO DOS ELÉTRONS, OU SEJA, A CORRENTE ELÉTRICA. PODEMOS DEFINIR A CORRENTE ELÉTRICA COMO A MOVIMENTAÇÃO ORDENADA DE CARGAS ELÉTRICAS EM UM CONDUTOR.



A corrente circula num determinado sentido mas há uma convenção que diz o contrário. Para o sentido de circulação da corrente temos:



▲ **SENTIDO CONVENCIONAL:** diz-se que cargas positivas fluem do polo positivo para o negativo, esse sentido de circulação foi definido com base em comparações com a movimentação da água e outros fluidos.

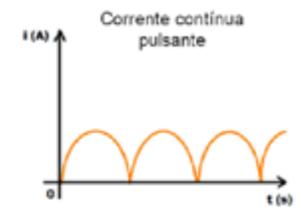
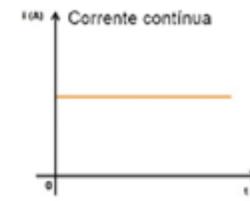
▲ **SENTIDO REAL:** após alguns anos e estudos verificou que, na realidade, o sentido do fluxo de elétrons é do polo negativo para o polo positivo.



Em relação a polaridade da corrente elétrica podemos classificá-la de duas formas:

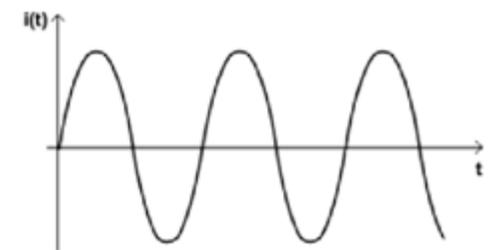


▲ **CORRENTE CONTÍNUA (CC OU DC):** é a uma corrente elétrica que possui polaridade constante, os elétrons fluem sempre no mesmo sentido, os polos não mudam. **É IMPORTANTE DESTACAR QUE A CORRENTE CONTÍNUA PODE SER PULSANTE** (valor variável) mas de polaridade sempre constante. Esse tipo corrente é encontrada em baterias de um modo geral.



▲ **CORRENTE ALTERNADA (CA OU AC):** é uma corrente que a polaridade sofre variação de polaridade em ciclos. Ou seja, os polos ficam alternando entre positivo e negativo a todo momento.

A frequência determina quantas variações ocorrem. Esse tipo de corrente é o mais utilizado nos sistemas de transmissão de energia, assim como na tomada de sua residência.



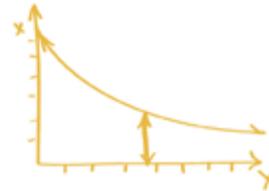
# ELETRODINÂMICA



Como a corrente está relacionada ao número de elétrons que circula em um condutor, para calcularmos a sua intensidade utilizamos a carga elétrica:



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

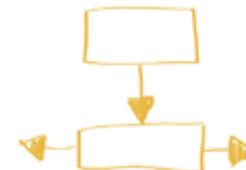


$I$  é a intensidade da corrente elétrica, sua unidade é o ampère (A)  $1 A = 1 C/s$ .  
 $\Delta Q$  é quantidade de carga elétrica que fluiu através do condutor, a carga é medida em coulomb (C).  
 $\Delta t$  é o tempo decorrido para fluir certa quantidade de carga elétrica, a unidade é o segundo (s).

O corpo humano é muito sensível a corrente elétrica e mesmo uma corrente baixa já pode causar danos irreversíveis. A tabela abaixo relaciona o valor da corrente com o efeito causado:

	Corrente elétrica	Dano biológico
I	Até 10 mA	Dor e contração muscular
II	De 10 mA até 20 mA	Aumento das contrações musculares
III	De 20 mA até 100 mA	Parada respiratória
IV	De 100 mA até 3 A	Fibrilação ventricular que pode ser fatal
V	Acima de 3 A	Parada cardíaca, queimaduras graves.

Duran, J. E. R. Biofísica - Fundamentos e aplicações. São Paulo; Pearson Prentice Hall, 2003. p. 178. [Adaptado].



A RESISTÊNCIA ELÉTRICA É A PROPRIEDADE QUE OS MATERIAIS TÊM DE DIFICULTAR A PASSAGEM DA CORRENTE ELÉTRICA.



Todo material possui resistência elétrica, mesmo os condutores elétricos possuem baixa resistência.



Quando a corrente elétrica circula em uma resistência o material é aquecido, a esse efeito damos o nome de efeito Joule.



Alguns resistores não seguem as leis de ohm, e a esses componentes damos os nomes de resistores não-ôhmicos.

## PARTE 1

# RESISTORES E LEIS DE OHM

George Simon Ohm foi um físico alemão que descobriu a forma de calcular a resistência elétrica dos materiais e postulou duas leis.



## PRIMEIRA LEI DE OHM

Em seus experimentos, Ohm percebeu que a relação entre a diferença de potencial aplicada num material e a corrente que circula por ele são grandezas diretamente proporcionais.

A razão entre a diferença de potencial e a corrente elétrica tem um valor, essa constante é a resistência elétrica:

$$R = U \cdot I$$



$R$  é a resistência elétrica, sua unidade é o ohm ( $\Omega$ ).

$U$  é a diferença de potencial entre os terminais do resistor, sua unidade é o volt (V).

$I$  é a intensidade da corrente elétrica, medida em ampère (A).



# RESISTORES E LEIS DE OHM

## SEGUNDA LEI DE OHM

É possível determinar a resistência elétrica de um componente através de suas características físicas.



Quanto maior o comprimento de um fio, maior é a sua resistência elétrica. A resistência elétrica é diretamente proporcional ao comprimento.



Quanto maior a seção transversal do condutor, menor é sua resistência. A área da seção reta do condutor é inversamente proporcional a resistência. Observe que algumas questões trabalham com o raio, quando isso acontece é necessário calcular a área do condutor.

Cada tipo de material possui a sua oposição à passagem da corrente elétrica. Em geral, metais são bons condutores de eletricidade.



O coeficiente de resistividade elétrica é o valor da resistência do material com um metro de comprimento, um milímetro quadrado de área da seção reta, medido a uma temperatura de 20 °C.



Calculamos a resistência de um condutor através da equação:

$$\left\{ R = \frac{\rho \cdot l}{A} \right\}$$



- $R$  é a resistência elétrica, sua unidade é o ohm ( $\Omega$ ).
- $\rho$  é o coeficiente de resistividade elétrica, sua unidade é o ohm-metro quadrado ( $\Omega \cdot m^2$ ) mas em algumas tabelas o valor pode ser medido em ohm milímetro quadrado ( $\Omega \cdot mm^2$ ).
- $l$  é o comprimento do condutor, ele é medido em metro (m).
- $A$  é a área da seção transversal do condutor. A unidade de medida é o metro quadrado ( $m^2$ ), podendo também ser usada em milímetro quadrado.

Devemos observar a unidade do coeficiente para determinar qual unidade será usada.

# CIRCUITOS ELÉTRICOS

TEMOS UM CIRCUITO ELÉTRICO QUANDO COMPONENTES ELÉTRICOS SÃO LIGADOS EM UMA FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE FIOS POSSIBILITANDO UM CAMINHO FECHADO PARA A CORRENTE ELÉTRICA PODER CIRCULAR.



Um circuito básico é composto por uma fonte de energia, fios de ligação e resistores associados.

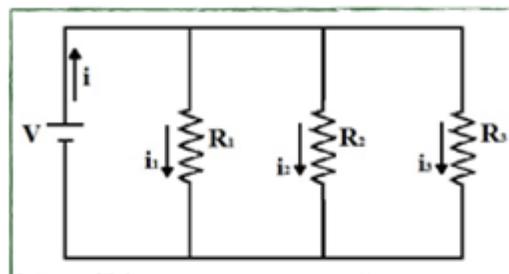


Podemos associar resistores de duas formas: em série ou em paralelo.



## CIRCUITOS COM RESISTORES ASSOCIADOS EM PARALELO

O circuito é um paralelo quando dois, ou mais, resistores têm os seus terminais ligados aos mesmos pontos elétricos.



No esquema acima temos três resistores associados, mas a associação não tem limite de componentes.

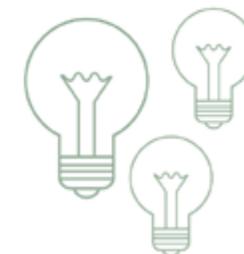
Nesse tipo de associação os resistores possuem a mesma diferença de potencial e cada resistor possui a sua corrente. Para calcular a corrente de cada resistor aplicamos a 1ª LEI DE OHM.



Se um dos componentes de uma associação em paralelo para de funcionar, os demais componentes continuam funcionando normalmente.



A associação em paralelo é a mais utilizada. Nas residências temos todas as lâmpadas e tomadas ligadas em paralelo.





Para calcular a resistência equivalente ao circuito utilizamos a equação a seguir:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



$R_{eq}$  é a resistência equivalente ao circuito.

$R_1$ ,  $R_2$  e  $R_n$  representam as resistências dos resistores. A resistência é medida em ohm ( $\Omega$ ).



A associação em paralelo é regida pela 1ª LEI DE KIRCHHOFF: toda corrente que flui para um nó é igual a soma das correntes que dele se afastam. Por isso, em um paralelo a corrente total é a soma da corrente de cada um dos componentes.

## PARTE 2

# CIRCUITOS ELÉTRICOS

$$I_t = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

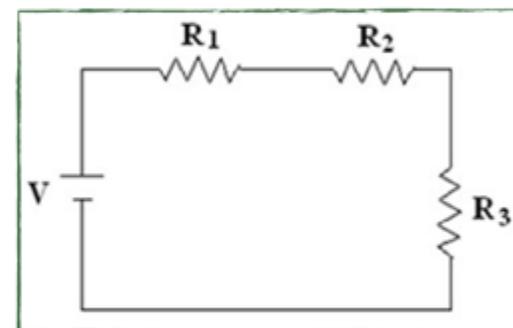
$I_t$  é a corrente total que sai da fonte de energia.

$I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_n$  representa a intensidade da corrente elétrica em cada componente. A corrente elétrica é medida em ampère (A).



### CIRCUITOS COM RESISTORES ASSOCIADOS EM SÉRIE

Num circuito associado em série os resistores são ligados em sequência, um após o outro.



No esquema acima temos três resistores associados, mas a associação não tem limite de componentes.



Na associação em série todos os resistores são percorridos pela mesma corrente, pois só há um caminho para ela circular. Para calcularmos a diferença de potencial em cada componente devemos aplicar a 1ª lei de Ohm.



Como a corrente só possui um caminho de circulação, caso um dos componentes interrompa o circuito, a associação para de funcionar completamente.



A associação em série não é muito utilizada, um exemplo de aplicação de séries são as lâmpadas de natal (as que não são feitas com LED). É comum que uma parte das lâmpadas pare de funcionar, pois temos ali uma série e, quando uma das lâmpadas estraga, todas param de funcionar.

## PARTE 3

# CIRCUITOS ELÉTRICOS

Para calcularmos a resistência equivalente a uma série, devemos somar todas as resistências:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



A associação em série é regida pela 2ª LEI DE KIRCHHOFF: a soma das quedas de tensão (diferença de potencial) dos componentes de uma associação em série é igual à queda de tensão aplicada em seus terminais externos.

$$U_t = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$



$U_t$  é a diferença de potencial da fonte de energia.

$U_1, U_2, U_n$  representa a diferença de potencial em cada componente. A diferença de potencial é medida em volt (v).

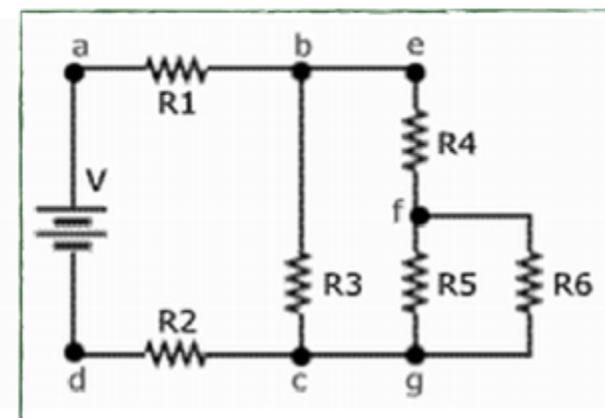


## ASSOCIAÇÕES MISTAS DE RESISTORES

Na associação mista temos características da associação em série e da associação em paralelo.



Cada associação deve ser dividida em associações menores e solucionada em partes.



# GERADORES E RECEPTORES

SÃO DISPOSITIVOS QUE TEM A FINALIDADE DE TRANSFORMAR OUTROS TIPOS DE ENERGIA EM ENERGIA ELÉTRICA, POR EXEMPLO PILHAS QUE TRANSFORMAM ENERGIA QUÍMICA EM ENERGIA ELÉTRICA, USINAS HIDRELÉTRICAS QUE TRANSFORMAM A ENERGIA MECÂNICA DAS ÁGUAS EM ENERGIA ELÉTRICA.

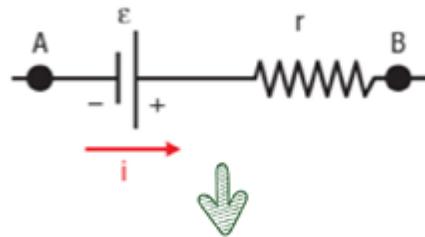


É nos geradores elétricos que surge a **força eletromotriz** necessária para que um circuito elétrico funcione.

Os geradores reais possuem uma **resistência interna** que transformam parte da energia gerada em calor. O gerador real não consegue fornecer para o circuito toda a energia transformada pois uma parcela dessa energia gerada é dissipada na sua resistência interna.



Um gerador é representado pela figura a seguir:



Para determinar a diferença de potencial disponível entre seus terminais AB usando a equação:

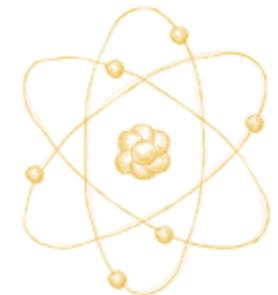
$$U_{AB} = \epsilon - I \cdot r$$

$U_{AB}$  é a diferença de potencial entre os terminais externos do gerador, sua unidade é o volt (V).

$\epsilon$  é a força eletromotriz gerada, medida em volt (V).

$I$  é a corrente elétrica que circula no circuito, a unidade de medida é o ampère (A).

$r$  é a resistência interna do gerador, a resistência é medida em ohm ( $\Omega$ ).



# GERADORES E RECEPTORES

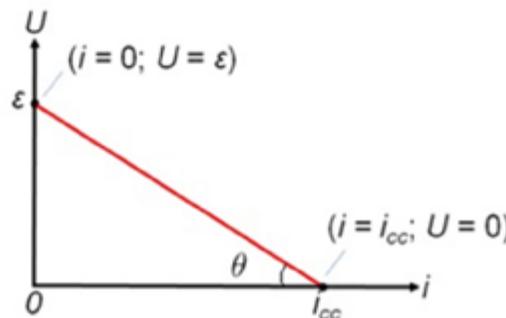
Devido à resistência interna, um gerador tem uma corrente limite que ele é capaz de fornecer ao circuito. Chamamos esse valor de **corrente de curto-circuito**. Podemos calcular a sua corrente máxima disponível através da equação:

$$I_{cc} = \frac{\epsilon}{r}$$



$I_{cc}$  é a corrente de curto-circuito, sua unidade é o ampère (A).  
 $\epsilon$  é a força eletromotriz gerada, medida em volt (V).  
 $r$  é a resistência interna do gerador, a resistência é medida em ohm ( $\Omega$ ).

Através do gráfico de um gerador real conseguimos extrair as características principais do gerador.



Devido a dissipação de energia existente no gerador real, podemos observar três potências envolvidas no processo:

$$P_{total} = P_{utilizada} + P_{dissipada} = \epsilon \cdot I$$

$$P_{utilizada} = U \cdot I$$

$$P_{dissipada} = r \cdot I^2$$

$P_{total}$  é a potência gerada pela força eletromotriz.

$P_{utilizada}$  é a parcela da potência total que efetivamente é fornecida para o circuito.

$P_{dissipada}$  é a parte da potência total que não é aproveitada pelo circuito pois foi dissipada pela resistência interna do gerador.

Em todos os casos a potência é medida em watt (W) ou joule por segundo (J/s).



Podemos determinar o rendimento de um gerador elétrico através de sua potência ou pela diferença de potencial e força eletromotriz:

$$\eta = \frac{U}{\epsilon} = \frac{P_{utilizada}}{P_{total}}$$



$\eta$  É O RENDIMENTO. O RENDIMENTO NÃO POSSUI UNIDADE DE MEDIDA, NORMALMENTE É APRESENTADO COMO PORCENTAGEM.

# GERADORES E RECEPTORES

## RECEPTORES ELÉTRICOS

SÃO EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS QUE UTILIZAMOS PARA TRANSFORMAR A ENERGIA ELÉTRICA EM OUTROS TIPOS DE ENERGIAS QUE SÃO ÚTEIS PARA O NOSSO DIA A DIA, POR EXEMPLO UM VENTILADOR QUE TRANSFORMA ENERGIA ELÉTRICA EM MECÂNICA, UMA LÂMPADA QUE TRANSFORMA ENERGIA ELÉTRICA EM ENERGIA LUMINOSA.

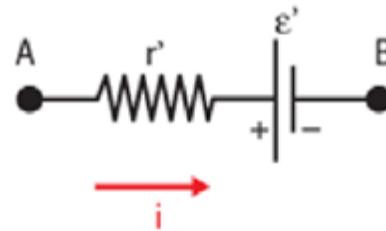


Os receptores produzem uma queda de tensão elétrica provocada pela sua força contraeletromotriz.



Assim como os geradores reais, os receptores reais também possuem uma resistência interna que dissipa parte da energia recebida pelos receptores.

Um receptor pode ser representado pela figura a seguir. Observe que o receptor é desenhado em posição contrária ao gerador.



Para determinarmos a diferença de potencial necessária nos terminais AB utilizamos a equação a seguir:

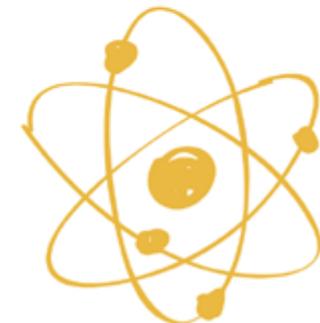
$$U' = \epsilon' - I \cdot r'$$

$U'$  é a diferença de potencial entre os terminais externos de um receptor elétrico, sua unidade é o volt (V).

$\epsilon'$  é a força contraeletromotriz, medida em volt (V).

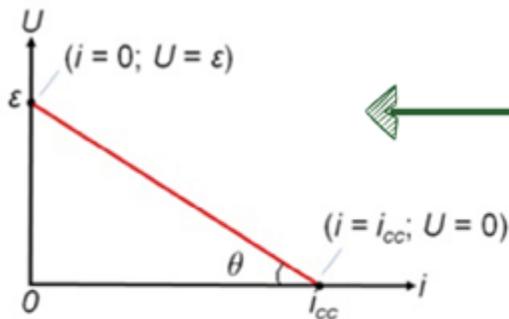
$I$  é a corrente elétrica que circula no circuito, a unidade é o ampère (A).

$r'$  é a resistência interna do receptor, sua unidade é o ohm ( $\Omega$ ).



# GERADORES E RECEPTORES

Abaixo temos o gráfico característico de um receptor elétrico. O retângulo demarcado representa a  $P_{utilizada}$  pelo receptor.



Devido a dissipação de energia existente no receptor real, podemos observar três potências envolvidas no processo:

$$P'_{total} = P'_{utilizada} + P'_{dissipada} = U' \cdot I$$

$$P'_{utilizada} = I \cdot \epsilon'$$

$$P'_{dissipada} = r' \cdot I^2$$



$P_{total}$  é a potência gerada pela força eletromotriz.

$P_{utilizada}$  é a parcela da potência total que efetivamente é fornecida para o circuito.

$P_{dissipada}$  é a parte da potência total que é não é aproveitada pelo circuito pois foi dissipada pela resistência interna do gerador.

Em todos os casos a potência é medida em watt (W) ou joule por segundo (J/s).

Podemos determinar o rendimento de um gerador elétrico através de sua potência ou pela diferença de potencial e força eletromotriz:

$$\eta = \frac{\epsilon'}{U'} = \frac{P'_{utilizada}}{P'_{total}}$$



$\eta$  É O RENDIMENTO. O RENDIMENTO NÃO POSSUI UNIDADE DE MEDIDA, NORMALMENTE É APRESENTADO COMO PORCENTAGEM.

Os capacitores (algumas vezes chamados de condensadores) são dispositivos elétricos que conseguem armazenar pequenas quantias de energia potencial elétrica.



Fisicamente falando os capacitores são componentes compostos por duas placas condutoras separadas por um dielétrico (material isolante).

Podemos calcular a capacitância através das propriedades físicas do capacitor:

$$\left\{ C = \frac{\epsilon \cdot A}{d} \right\}$$



A principal diferença entre o capacitor e as baterias está na capacidade de energia armazenada. Capacitores armazenam pequenas quantias enquanto baterias conseguem armazenar bastante energia. Outra diferença é que os capacitores conseguem fornecer valores bem altos de tensão elétrica, enquanto pilhas e baterias são mais limitadas.

# CAPACITORES

## PARTE 1

C representa a capacitância do capacitor, sua unidade é o farad (F).

Q é a carga elétrica armazenada no capacitor, a unidade é o coulomb (C).

U é a diferença de potencial entre os terminais do capacitor, medida em volt (v).



A capacitância é a razão entre a quantidade de carga elétrica que o capacitor consegue armazenar em relação à diferença de potencial dos seus terminais.



Calculamos a capacitância através da equação:

$$\left\{ C = \frac{Q}{U} \right\}$$

C representa a capacitância do capacitor, sua unidade é o farad (F).

$\epsilon$  é a constante de permissividade elétrica do dielétrico usado entre as placas, é uma constante que varia conforme o material utilizado, para o caso do ar e vácuo essa constante tem valor  $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ .

A é a área das placas condutoras, medida em metro quadrado ( $\text{m}^2$ ).

d é a distância entre as duas placas, a unidade é o metro (m).

Como o capacitor é um componente que tem a função de armazenar energia potencial elétrica, podemos usar as fórmulas abaixo para determinar a energia armazenada:

$$\left\{ E_{pe} = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{C \cdot U^2}{2} \right\}$$

# CAPACITORES

## PARTE 2

Q é a carga elétrica armazenada no capacitor, a unidade é o coulomb (C).

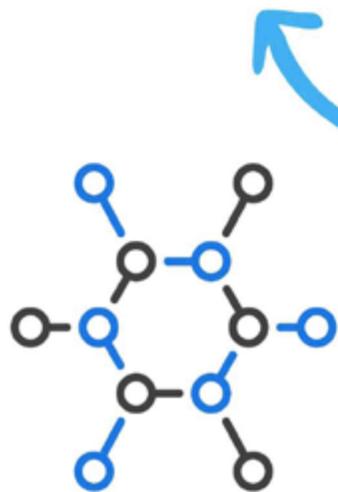
$E_{pe}$  é a energia potencial armazenada no capacitor, sua unidade é o joule (J).

U é a diferença de potencial entre os terminais do capacitor, medida em volt (v).

C representa a capacitância do capacitor, a unidade é o farad (F).



## ASSOCIAÇÃO EM PARALELO DE CAPACITORES



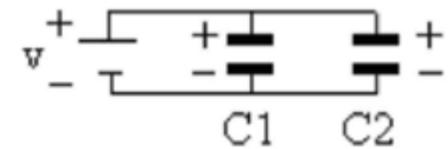
$C_{eq}$  é a capacitância equivalente à associação.

$C_1$ ,  $C_2$  e  $C_n$  representam as capacitâncias de cada capacitor. A capacitância é medida em farad (F)

O circuito é um paralelo quando dois, ou mais, capacitores têm os seus terminais ligados aos mesmos pontos elétricos.

# CAPACITORES

PARTE 3



Como essa é uma associação em paralelo, todos os capacitores recebem em seus terminais a mesma diferença de potencial. Devido a isso cada capacitor retém uma quantidade diferente de carga elétrica, isso ocorre porque cada componente é circulado por uma corrente diferente.

Para calcular a capacitância equivalente ao circuito devemos somar todos os capacitores associados em paralelo:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

## ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE DE CAPACITORES

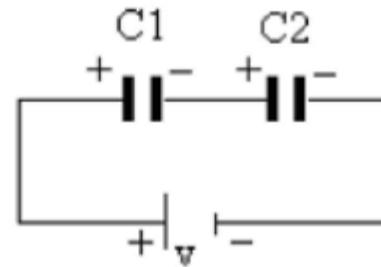


$C_{eq}$  é a capacitância equivalente à associação.

$C_1$ ,  $C_2$  e  $C_n$  representam as capacitâncias de cada capacitor. A capacitância é medida em farad (F).

- Observação: As fórmulas para a capacitância e resistência equivalente são “invertidas”. Para capacitores realizamos a soma na associação em paralelo enquanto para resistências utilizamos a soma na série.

Num circuito associado em série os capacitores são ligados em sequência, um após o outro.



Num circuito associado em série os capacitores são ligados em sequência, um após o outro.

- No esquema acima temos dois capacitores associados, mas a associação não tem limite de componentes.



Em uma associação em série a corrente tem apenas um caminho para circular, portanto todos os capacitores possuem a mesma carga elétrica. Com isso, cada capacitor terá a sua própria diferença de potencial entre os seus terminais.

# CAPACITORES

## PARTE 4

Para calcular a capacitância equivalente à associação em série de capacitores devemos aplicar a equação abaixo:

$$\left\{ \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \right\}$$



## PARTE 1

# CAMPO MAGNÉTICO

UM MATERIAL QUE POSSUI PROPRIEDADES MAGNÉTICAS É CHAMADO DE ÍMÃ.

Todo ímã é composto por dois polos, norte e sul. É impossível separar os polos de um ímã, mesmo se quebrar um ímã passa-se a ter dois ímãs menores com polo norte e sul cada um.



⇒ POLOS DE MESMO NOME SE REPELEM E POLOS DE NOMES DIFERENTES SE ATRAEM.



Apenas alguns materiais, chamados de ferromagnéticos (ferro, níquel, cobalto e ligas desses materiais), e outros ímãs são capazes de interagir com o campo magnético. Os demais materiais não sofrem nenhum tipo de influência.

A TERRA É UM ÍMÃ GIGANTE. O polo sul magnético da Terra se encontra próximo ao polo norte geográfico e o polo norte magnético se encontra próximo ao sul geográfico.



Um ímã pode ser natural ou artificial. O ímã artificial é criado através de um corrente elétrica. Existem também os eletroímãs.

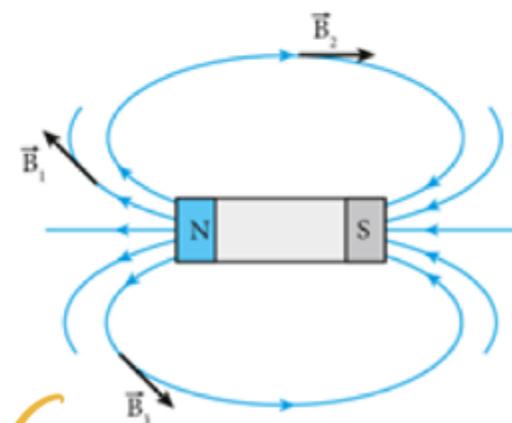


Quando uma corrente elétrica circula através de um condutor, ao redor desse condutor surge um campo magnético, perpendicular ao fluxo da corrente.

O campo magnético de um ímã é descrito por um vetor chamado indução magnética, representado pela letra B. Esse vetor é tangente às linhas de indução.



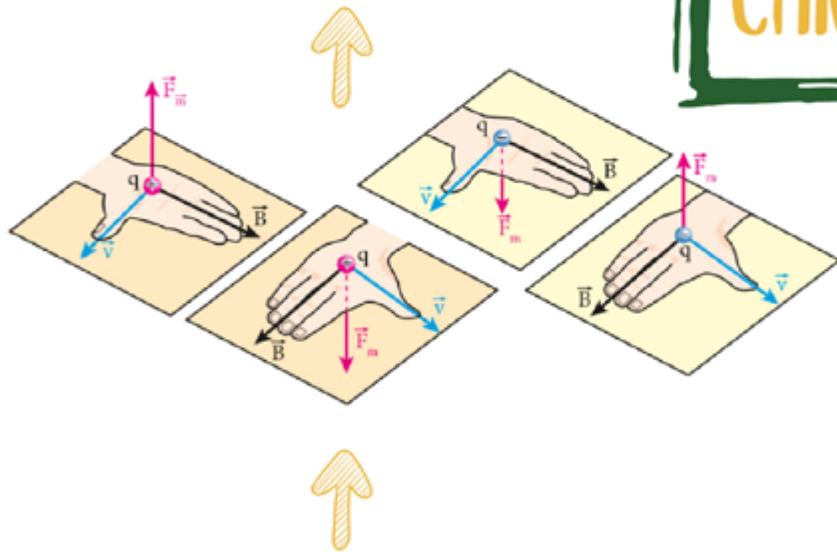
O campo magnético é composto por linhas de indução magnética. Essas linhas saem do polo norte do ímã e fluem para o polo sul de ímã e nunca se cruzam.



QUANTO MAIS LINHAS DE INDUÇÃO UMA REGIÃO POSSUI, MAIS INTENSO É O CAMPO MAGNÉTICO NAQUELE PONTO.



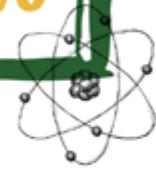
Para cargas positivas o sentido da força é “saindo” da palma da mão. Se a carga for negativa a força estará “entrando” na palma da mão.



Para determinar o sentido da força, vamos nos orientar através da mão direita. O polegar deve se orientar no sentido da velocidade da carga elétrica, os outros dedos no sentido das linhas de indução. A força será perpendicular a palma da sua mão, conforme figura abaixo.

## PARTE 2

# CAMPO MAGNÉTICO



Se uma carga elétrica atravessa perpendicularmente um campo magnético, essa carga elétrica fica sujeita a uma força magnética. Determinamos a força através da equação abaixo:

$$F_m = |q| \cdot B \cdot v \cdot \text{sen}\theta$$

$F_m$  é a força magnética. Essa força será perpendicular a velocidade ao campo, através da regra da mão direita determinaremos a sua direção e sentido. Força é medida em newton (N).

$|q|$  é o módulo da carga elétrica, o valor da força não depende do sinal da carga. A carga elétrica tem o coulomb (C) como unidade.

$B$  é a intensidade do vetor indução magnética, sua unidade é o tesla (T).

$v$  é a velocidade com que a carga elétrica percorre as linhas de indução, sua unidade é o metro por segundo (m/s).

$\theta$  é o ângulo formado entre as linhas de indução e a velocidade da carga elétrica.

Ímãs são compostos naturais que possuem domínios magnéticos. A força resultante em um ímã é diferente de zero. A magnetita é um tipo de ímã natural.

Um exemplo de ímã elementar é o átomo, que os seus elétrons possuem um momento dipolo, o giro do elétron em torno de si mesmo ou de um próton (conhecido como número quântico SPIN que mede a rotação do elétron).

Não é possível separar os pólos de um ímã, esse fenômeno é conhecido como princípio da inseparabilidade dos pólos.

# ELETROMAGNETISMO

## PARTE 1

O funcionamento de um ímã foi o embasamento para a criação das bússolas.

A terra é um ímã gigantesco devido ao seu deslocamento de cargas (magma).

O campo magnético do ímã sempre vai do Norte para o Sul.

O norte geográfico é o sul magnético. E o sul geográfico é o norte magnético.

O fenômeno da deflexão ocorre quando uma bússola é encostada em um ímã. A bússola vai sempre se alinhar ao campo e apontar no sentido do campo magnético  $B$ .



## FORÇA MAGNÉTICA SOBRE CARGAS:

A força é perpendicular ao tempo ao campo e a velocidade. O seu sentido é calculado pela regra da mão esquerda, basta indicar o seu polegar para o sentido da força resultante. Assim, você saberá o sentido do campo elétrico e da velocidade. **A força magnética é calculada através da seguinte relação:**

$$F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}$$

q: Carga  
V: Velocidade  
B: Campo Magnético

$$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} \text{ (cálculo do raio da trajetória)} \quad T = \frac{2\pi m}{q \cdot B} \text{ (cálculo do período)}$$

$$v = \frac{2\pi r \text{ (comprimento da circunferência)}}{T \text{ (período)}}$$



Força magnética de acordo com o ângulo da trajetória

Para um ângulo de  $180^\circ$  a força magnética é 0, pois o seno de  $180$  é nulo.

Para qualquer outro ângulo a força magnética é igual ao produto da carga, velocidade e campo elétrico e o seno do ângulo.

Para um ângulo de  $90^\circ$  o elétron entra em trajetória circular, e a força magnética é igual a força centrípeta.

$$m \cdot \frac{v^2}{r} = q \cdot v \cdot B$$

Com isso, é possível chegar as seguintes relações:



# ELETROMAGNETISMO

## PARTE 3

Fluxo magnético:

$$\phi = B.A.\cos\alpha$$

$$\text{Unidade: Weber}(b) \Rightarrow T.m^2$$

Campo elétrico em um fio retilíneo longo:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi d}$$

Unidade de campo elétrico(T)  $\Rightarrow$  Tesla

Campo elétrico em uma espirra circular:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2r}$$

Campo elétrico em um solenóide:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot i}{l}$$

n: Número espirras (voltas)  
l: Comprimento do solenóide

Força magnética sobre fios:

$$F_m = B \cdot i \cdot l \cdot \sin\theta$$

Força magnética sobre dois fios:

$$F_{m_{1,2}} = \frac{\mu_0 \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot D}$$

**LEI DE LENZ:** O sentido da corrente induzida é tal que se opõe à variação do fluxo que é produzido. Em uma usina hidrelétrica, a variação do campo magnético das bobinas produz uma corrente induzida. Sempre que houver uma variação nessa espirra (para mais ou para menos) irá gerar uma corrente elétrica.

**APROXIMAR UMA ESPIRRA A UM POLO MAGNÉTICO:**

O fluxo aumenta

**AFASTAR UMA ESPIRRA DE UM POLO MAGNÉTICO:**

O fluxo diminui.

**Lei de Faraday:** A força eletromotriz induzida de uma espirra pode ser associada à variação do fluxo e o tempo.

# FÍSICA MODERNA

**EFEITO FOTOELÉTRICO:** Os átomos absorvem os fótons e emitem elétrons.



Uma aplicação prática do efeito fotoelétrico é em portas automáticas de shoppings (célula sensível a infravermelho) e óculos de visão noturna.



A célula fotoelétrica está associada a **condução elétrica do metal**.



**POTENCIAL DE IONIZAÇÃO:** Menor quantidade de energia para que se possa arrancar um elétron de um átomo.

Metais com baixo potencial de ionização, como os metais alcalinos e metais alcalinos terrosos **são excelentes para o efeito fotoelétrico**.



Por isso as placas de células fotoelétricas são criadas a partir desses metais.



**FUNÇÃO TRABALHO DO METAL:** Quantidade mínima de energia a ser dada para o metal, para que se consiga arrancar elétrons dele.



Ao contrário da energia de ionização, a função trabalho do metal não serve só para átomos isolados.



**FÓTONS:** São partículas encontradas na luz.



**Não existe acúmulo de fótons** (fenômeno quantitativo). Existe um fóton para cada átomo e ponto.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Energia}_{\text{Cinética}} = h \cdot f - \phi \\ \text{Energia do fóton} = h \cdot f \\ \phi \rightarrow \text{Função trabalho do metal} \\ h \rightarrow \text{Constante de Planck} \end{array} \right.$$

# FÍSICA MODERNA

INTENSIDADE LUMINOSA:

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



CÁLCULO DA FREQUÊNCIA DE CORTE:

$$h \cdot f_c > \phi$$

$$f_c > \frac{\phi}{h}$$

A energia cinética dos elétrons independe da intensidade, depende da frequência. Lembre-se que se trata de um fenômeno quântico.



A DUALIDADE DA LUZ: A luz se comporta como onda (de forma contínua) e de forma corpuscular (luz formada por um feixe de partículas, grãos microscópios, denominados de fótons.



A cada ponto da frente de onda funciona com fonte secundária para novas ondas.



Maxwell provou que a luz não era apenas uma onda, mas sim uma **onda eletromagnética**. Pois as cargas elétricas aceleradas dão origem a esse tipo de onda.



A luz tem a mesma velocidade que uma onda eletromagnética.

