



ISPTEC

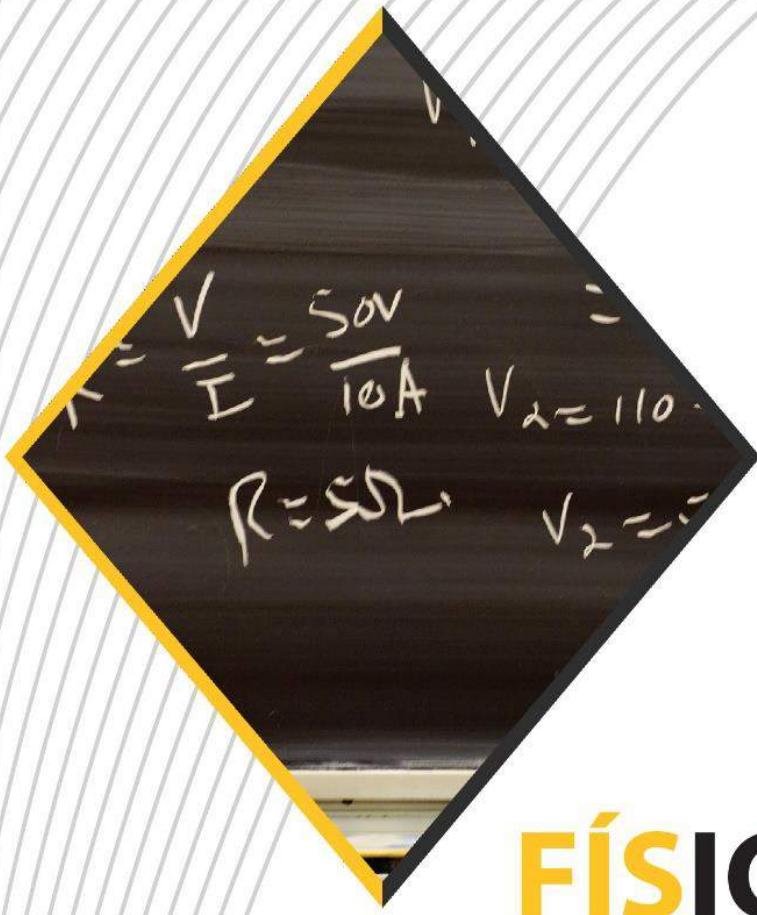
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE TECNOLOGIAS E CIÊNCIAS

SEBENTA

EXAME DE ACESSO 2017

ENGENHARIAS E GEOCIÊNCIAS





FÍSICA

DEPARTAMENTO
DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS

FICHA TÉCNICA

Título: Exame de Acesso 2016 - Engenharias e Tecnologias

Língua Portuguesa - Autores: Rita Dala, Ana Vasconcelos e João Bento.

Língua Inglesa - Autores: José Augusto, Sansão Norton e Théophile Wadigesil.

Matemática - Autores: Cláudio Bernardo, Francisco Gil, Leopoldina Paz

Colaboradores - Walter Pedro, Luísa Vega, Paulo Kaminda, Joaquim Bumba, Valdik Fonseca, Paulo Teka, Cláudia Matoso, Valdick Jaime, Manuel Cabenda, António Delgado, Alexis Carrasco, Cândido João e Odayla Perez.

Física - Autor: Karl Krush.

Química - Autores: Kátia Gabriel, Domingos Santana, Júlio Kuende, Martha Molina, Magata Nkuba, Mário Rey, Mónica Francisco e Letícia Torres.

Colaborador - Miguel Clemente.

Editores - Kátia Gabriel, Emanuel Tunga e Cláudio Bernardo.

Capas e Separadores - Assessoria de Comunicação e Imagem

Morada

Av. Luanda Sul, Rua Lateral Via S10

Talatona - Luanda - Angola

Telefone:+244 226 690 417

Email: sebentas@isptec.co.ao

© 2015

INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE
TECNOLOGIAS E CIÊNCIAS - ISPTEC

PREFÁCIO

Esta sebenta foi elaborada por uma equipa de Professores do Instituto Superior Politécnico de Tecnologias e Ciências (ISPTEC) de diversas áreas de conhecimento, com o propósito de auxiliar os candidatos no estudo dos conteúdos específicos avaliados nos Exames de Acesso, realizados por esta instituição. Os conteúdos aqui descritos são as principais referências para candidatos que pretendem ingressar no ensino superior pois, abarcam os conhecimentos mínimos necessários para frequentar os Cursos de Engenharia desta instituição que é caracterizada pelos processos de ensino e aprendizagem com qualidade e rigor alicerçados na investigação, inovação e extensão universitária.

A sebenta contém conteúdos de quatro (4) disciplinas distribuídos da seguinte forma:

Língua Portuguesa: Tipo de texto; Categorias narrativas; Língua e comunicação; Ortografia; Lexicologia; Verbos e tipos de conjugação.

Matemática: Conjuntos numéricos; Potenciação e radiciação; Equações algébricas; Desigualdades algébricas; Exponenciais e logaritmos; Trigonometria; Geometria no plano; Noções básicas de derivadas.

Física: Mecânica; Fundamentos da termodinâmica; Eletricidade.

Química: Teoria atómica; Símbolos e fórmulas químicas; Soluções e unidades de concentração; Cálculo estequiométrico; Cinética, química e equilíbrio químico; Teorias ácido-base; Trocas de energia em reações químicas; Hidrocarbonetos.

Cada disciplina referida aborda, de forma resumida, os conteúdos programáticos do Ensino Médio de Angola, na área de Ciências Exatas.

Para consolidar esses conteúdos, são apresentados exercícios resolvidos que permitem a orientação e suporte dos candidatos na resolução de outros exercícios propostos.

Nesta perspectiva, o ISPTEC lança esta sebenta como material com valor acrescentado para suportar os estudos realizados pelos candidatos na compreensão dos temas abordados no percurso do ensino médio.

CAPÍTULO 1 - MECÂNICA

1.1 Fundamentos de Força e Movimento

1.1.1 Medição e Unidades de Medida

A Física é uma ciência que mede.

Grandezas de Física: \Leftrightarrow Atributos mensuráveis de corpos, de fenómenos da natureza

Exemplos:

Comprimento de um corpo L

Corrente I dentro de um fio de cobre

Intensidade do campo magnético no espaço entre os pólos de um íman.

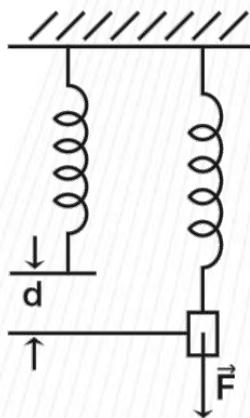
Medir: \Leftrightarrow Comparação da grandeza a medir com uma unidade pré definida

Exemplo:

Comparar o comprimento do corpo com o metro e determinar, quantas vezes o corpo contém o metro. O resultado pode ser uma fração.

O Procedimento de Medir depende da aplicação de qualquer lei física.

Exemplo: Medir forças \rightarrow Aplicação da Lei de Hooke



Alongamento d da mola ~ Força F aplicada

$$\Rightarrow |F| = k \cdot d, \text{ } k \text{ é constante e depende da mola}$$

Aparelhos de Medir: são calibrados em unidades (ou frações das unidades) do atributo a medir.

Resultado da Medição: **Grandeza da Física = Valor (número) x Unidade**

Unidades:

A Indústria e o Comércio precisam de certos estandartes comuns (unidades) como por exemplo a navegação, o transporte e a comunicação.

Os sistemas de saúde e a segurança dependem de medições precisas. A precisão de uma medição pode-se definir como:

Precisão: \Leftrightarrow Diferença entre o valor medido e o valor verdadeiro ($X_m - X_r$)

Convenção do Metro:

No ano 1875 dezassete países chegaram a um acordo em Paris para definir novas unidades para medir as grandezas de distância (comprimento) e massa.

⇒ Foram preparadas um “Metro Padrão” e uma peça da massa de um Quilograma de uma liga de Pt – Ir (tem uma expansão térmica pequena).

⇒ Início de “Système International d’Unités” e de Laboratórios nacionais de calibração.

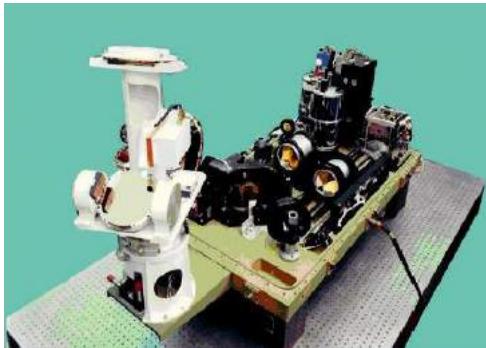
Definição: Calibração: \Leftrightarrow Os resultados dos aparelhos de medir são comparados com os padrões ou constantes da física.

Tabela 20 - Unidades básicas (Unidades SI)

Unidade	Atributo
Metro (m)	Comprimento L
Quilograma (kg)	Massa m
Segundo (s)	Tempo t
Ampere (A)	Corrente eléctrica I
Kelvin (K)	Temperatura termodinâmica
Mol (mol)	Quantidade de substância
Candela (cd)	Intensidade luminosa

Definição do “Metro”:

O metro é o comprimento do trajecto percorrido pela luz, no vazio, durante um intervalo de tempo de $1 / 299\,792\,458$ do segundo (17º CGPM - 1983 - Resolução 1).



Para medir comprimentos por meio de "comprimentos de onda" emprega-se um interferómetro.



A velocidade da luz no vácuo é definida como uma constante da natureza:

$$C_0 = 299\,792\,458 \text{ m/s.}$$

- **Definição do “Segundo”:**

1 Segundo = 1s é 9 192 631 770 vezes a duração do período da radiação emitida e absorvida pela transição entre dois níveis da estrutura hiperfina do estado atómico fundamental do isótopo ^{133}Cs .

- **Definição do “Quilograma”:**

1 Quilograma = 1 kg é a massa do protótipo do quilograma.

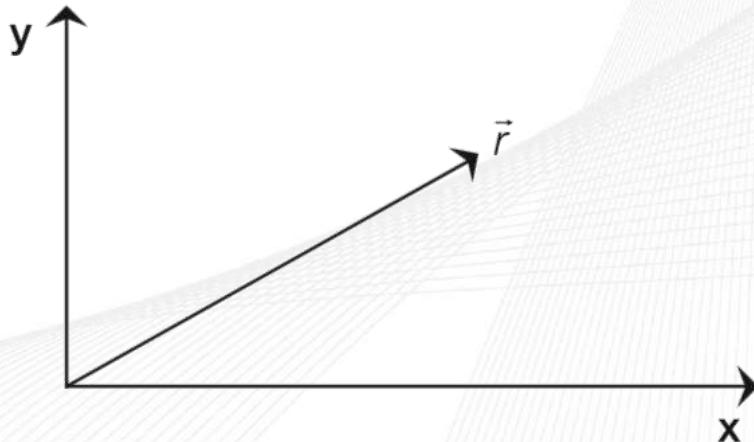
As definições das outras unidades são tratadas junto com os respectivos conteúdos da física onde são aplicadas.

1.1.2 Cinemática

Para descrever os fenómenos da mecânica precisamos algumas ferramentas da matemática.

Uma destas ferramentas é a álgebra vectorial.

Vectores são objectos da matemática, que têm uma magnitude (módulo), uma direcção e um sentido. São representados por setas.

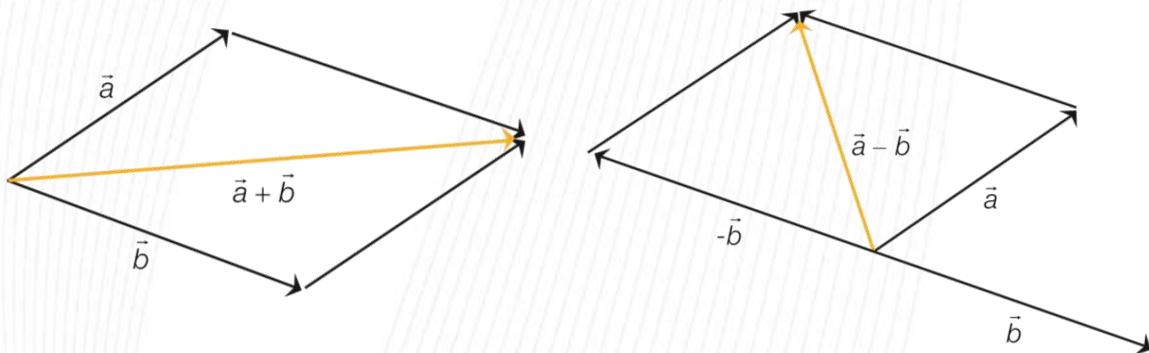


A magnitude da seta indica o valor e a inclinação a direcção.

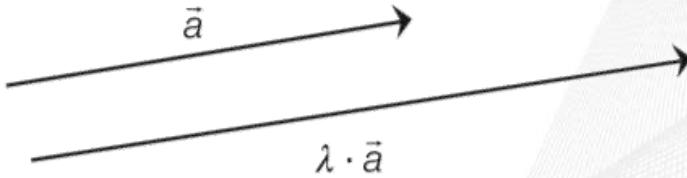
Cálculo com Vectores:

Os desenhos seguintes mostram as operações de adição, substracção de vectores e da multiplicação de um vector por um escalar.

a) Adição e subtracção de Vectores



b) Multiplicação de um Vector com $\lambda \in \mathbb{R}$:

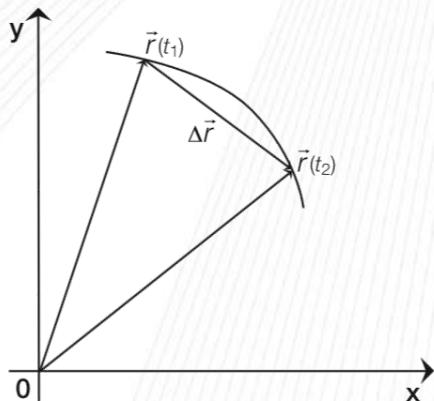


Voltamos para a cinemática e observamos um corpo pontual com massa m:

O vector \vec{r} define a posição do corpo no espaço.

Os vectores $\vec{r}(t_1)$ e $\vec{r}(t_2)$ indicam as posições nos tempos t_1 e t_2 , respectivamente.

\Rightarrow Distância percorrida durante o tempo $\Delta t = t_2 - t_1 : \Delta \vec{r} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1)$



Velocidade:

Para descrever a variação da posição do corpo com o tempo, o término “velocidade” é útil.

Velocidade média \bar{v} :

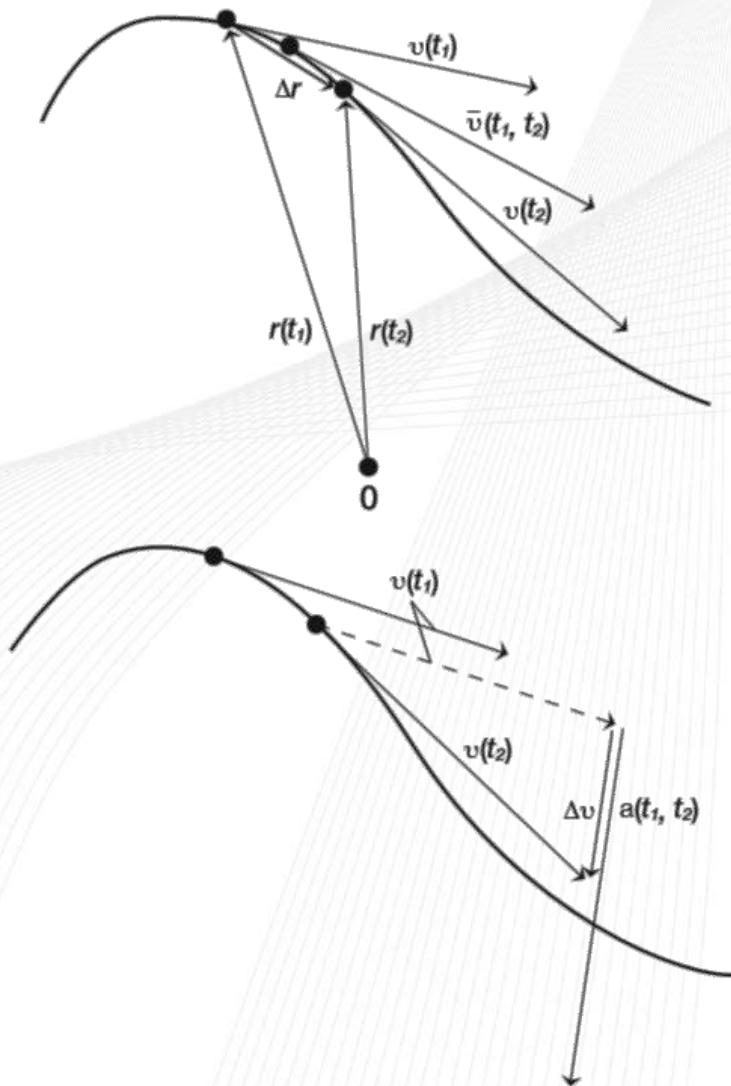
$$\bar{v}(t_1, t_2) = \frac{\vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1)}{t_2 - t_1}$$

Velocidade instantânea \vec{v} :

$$\vec{v}(t) = \lim_{t_2 \rightarrow t_1} \frac{\vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1)}{t_2 - t_1}$$

O símbolo “lim” indica a aproximação de t_2 para $t_1 = t$. Este tipo de expressão chama-se derivação $dr(t)/dt$. Será tratada no fim do primeiro semestre na disciplina Calculo 1.

O desenho explica a situação mais explícita:



Em cima: construção da velocidade, a partir da trajectória.

Em baixo: construção da aceleração a partir dos vectores velocidade.

Assim podemos concluir:

Velocidade: \Leftrightarrow Variação da posição (deslocamento) em função do tempo

Aceleração:

Para descrever a variação da velocidade com o tempo precisa-se o termo “aceleração”:

Aceleração média:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}(t_2) - \vec{v}(t_1)}{t_2 - t_1}$$

Aceleração instantânea:

$$\vec{a}(t) = \lim_{t_2 \rightarrow t_1} \frac{\vec{v}(t_2) - \vec{v}(t_1)}{t_2 - t_1}$$

Em analogia com a definição da velocidade a aceleração é definida como:

Aceleração: ⇔ Variação da velocidade em função do tempo

Agora já temos as ferramentas necessárias para descrever alguns tipos de movimentos

Movimentos especiais:

A. Movimento rectilíneo e uniforme:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 = \text{const.}, \vec{a} = 0$$

⇒ A distância percorrida durante o tempo t é $\vec{s} = \vec{v} \cdot t$.

Exemplo:

Um carro anda com uma velocidade de 100 km/h. A distância percorrida durante duas horas é:

$$\Rightarrow s = 100 \text{ km/h} \times 2 \text{ h} = 200 \text{ km.}$$

B. Movimento com aceleração constante:

$$\vec{a} = \text{const} \Rightarrow \vec{v} = \vec{a} \cdot t \Rightarrow \vec{s} = \frac{1}{2} \vec{a} \cdot t^2$$

Exemplo:

Um carro acelera de 0 km/h para 100 km/h em 5 s.

A aceleração calcula-se:

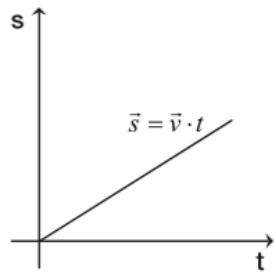
$$\vec{v} = \vec{a} \cdot t \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{v}}{t} = \frac{100 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{5\text{s}} = \frac{100 \cdot 1000\text{m}}{3600\text{s} \cdot 5\text{s}} = \frac{20\text{m}}{3,6\text{s}^2} = 5,55 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

A distância percorrida durante a fase de aceleração é:

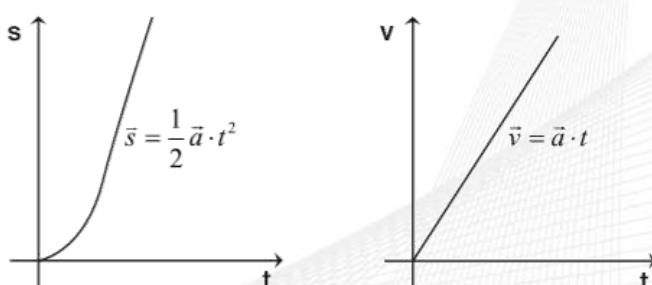
$$s = \frac{1}{2} \vec{a} \cdot t^2 = \frac{5,55 \text{ m}}{2 \text{ s}^2} \cdot (5\text{s})^2 = \frac{5,55\text{m} \cdot 25\text{s}^2}{2\text{s}^2} = 69,375\text{m}$$

Sumário:

Movimento uniforme

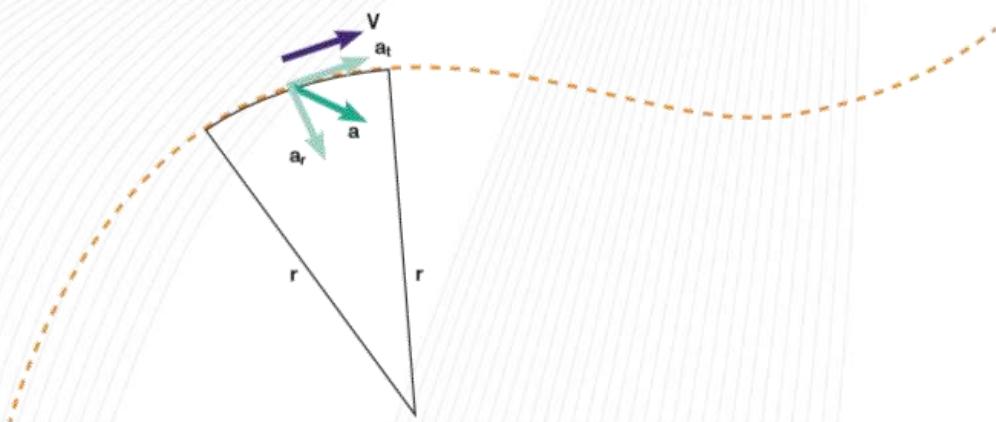


Movimento com aceleração constante



Unidades: Distância [s] = m, Velocidade [v] = $\frac{m}{s}$, Aceleração [a] = $\frac{m}{s^2}$

Caso geral: Movimento curvilíneo



⇒ A cinemática descreve o movimento de corpos com as funções vectoriais $r(t)$ (trajectória), $v(t)$ (velocidade) e $a(t)$ (aceleração).

Mas o que causa o movimento, velocidade e aceleração?

Por isso precisamos da Dinâmica. A Dinâmica descreve as causas do movimento.

1.1.3 Dinâmica

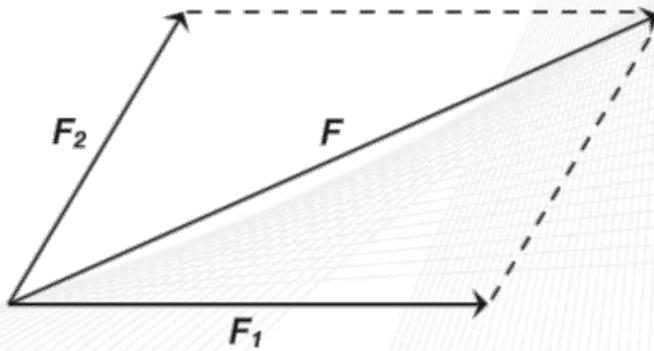
A Dinâmica descreve as causas da velocidade e da aceleração. Precisamos das seguintes Grandezas Físicas:

- Força F
- Massa (inerte) m

A força é uma grandeza vectorial. Como já sabemos do cálculo com vectores:

⇒ A adição de forças funciona via paralelograma de forças:

Paralelograma de Forças



As leis de Newton:

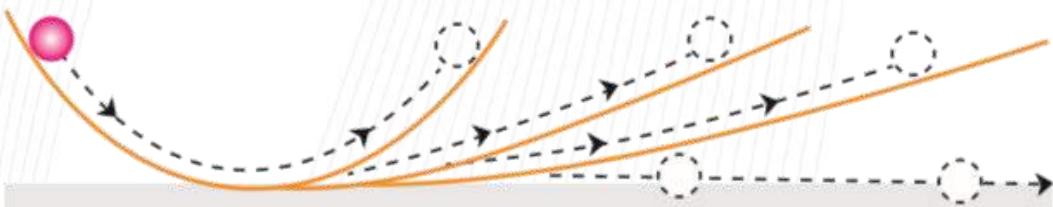
O físico Inglês Isaac Newton formulou no ano 1686 três leis que representam o fundamento da Dinâmica:

1) Primeira lei de Newton (chamada também Princípio de inércia):

Um corpo liberto da acção de forças move-se rectilínea e uniformemente.

$$\mathbf{F} = \mathbf{0} \Rightarrow \mathbf{v} = \text{const.}$$

Explicação: Ignoramos o atrito. Alteramos o ângulo de inclinação do contentor da bola até $\alpha = 0$ (ver a figura em baixo).



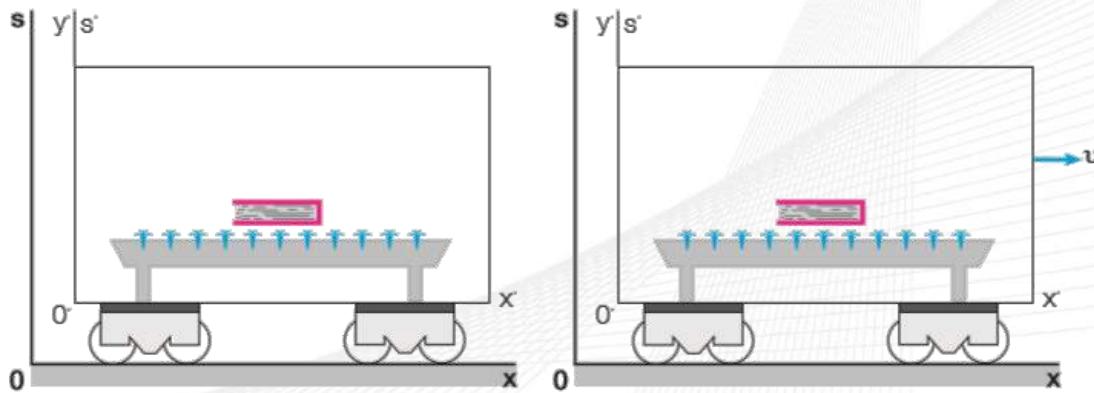
⇒ A bola move-se até ao infinito quando o ângulo da inclinação é zero e o atrito é ignorado.

Consequência:

Não existem diferenças entre sistemas, que se movem com uma velocidade $v=0$ e sistemas, que se movem com $v = \text{constante} \neq 0$

Exemplo:

Um livro é depositado sobre uma mesa com almofada de ar dentro de um comboio. O comboio anda com a velocidade $v \neq 0$.



⇒ O livro move-se á mesma velocidade do comboio (sistema de inércia) relativamente a um observador fora do comboio.

2) Segunda lei de Newton (Chamada também lei fundamental da Dinâmica):

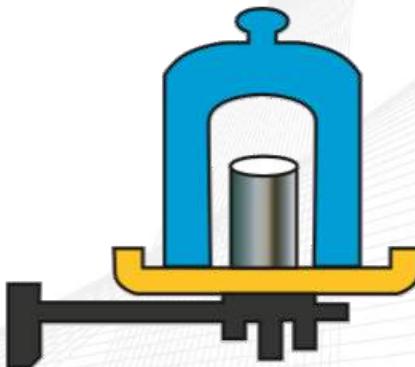
Se uma força F actua sobre um corpo de massa m , comunica-se-lhe a aceleração $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$

Este axioma serve como definição da grandeza "força". Cada corpo resiste ao seu movimento via sua massa m .

As unidades da massa e da força são definidos da seguinte maneira:

Kilograma (Kg)
Modelo de Quilograma

O quilograma é a unidade de massa e é igual à massa do protótipo internacional do quilograma (3º CGPM - 1901 - pág. 70 das actas)

MASSA

ACELERAÇÃO de 1 m/s²

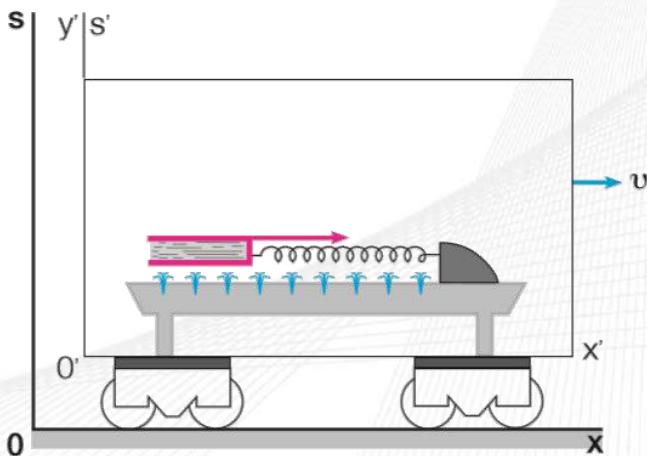
A unidade SI de força é o Newton (N). Um Newton é a força que aplicada a uma massa de um quilograma, lhe daria uma aceleração de 1 metro por segundo quadrado.

$$1\text{N} = 1\text{ Kg} \cdot \text{m/s}^2$$

Unidade SI: $[F] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$, N = Newton

Exemplo 1

Consideremos o mesmo comboio como descrito na página anterior.
Mas: A velocidade $v \neq$ constante \Rightarrow existe uma aceleração $a \neq 0$.



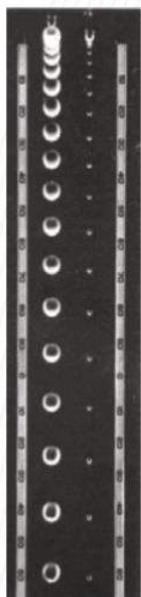
\Rightarrow O livro sofre uma força $F = m \cdot a$, que é compensada com a força da mola.

Exemplo 2

O peso de um corpo é tratado como uma força.
Força gravítica G \Rightarrow aceleração gravítica g, com $g = 9,81\text{m/s}^2 = \text{constante}$.

\Rightarrow Altura h caída: $h = \frac{1}{2}g \cdot t^2$

\Rightarrow h é independente da massa m.



As imagens de uma máquina fotográfica da alta velocidade mostram a independência da altura percorrida pela massa: A esfera maior cai com a mesma velocidade como a esfera

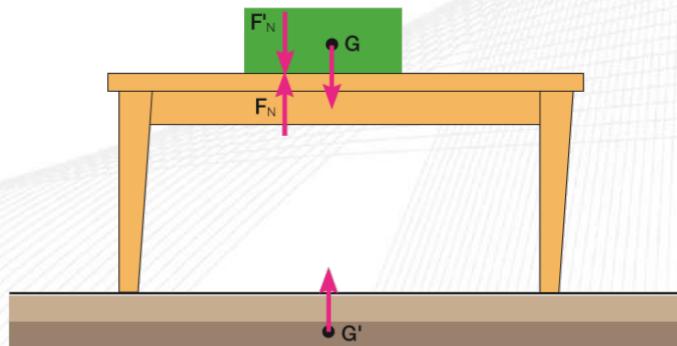
pequena.

3) Terceira lei de Newton (Chamada também lei de accão e reacção)

Quando a força F que actua sobre um corpo tem origem num outro, actua sobre o ultimo uma força igual e contrária – $-F$.

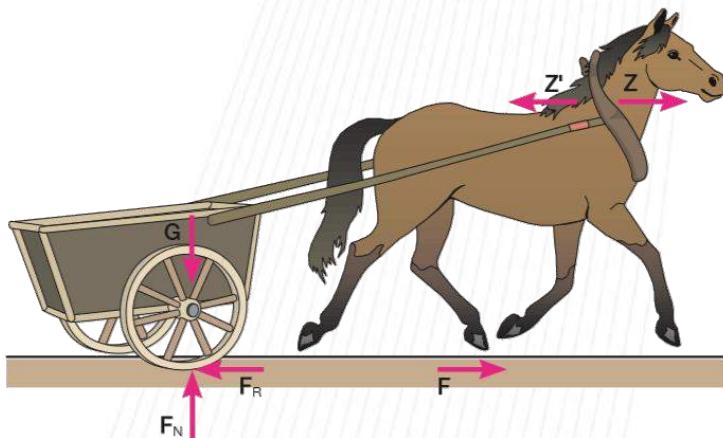
Exemplos

a) Corpo em cima de uma mesa



O peso do corpo provoca uma deformação elástica (tipo mola) da mesa. Esta deformação provoca uma força F_N com direcção contrária à deformação, que compensa o peso F'_N .

b) Cavalo com carrinho



O cavalo puxa o carrinho com uma força $F > F_R$ (força de atrito).

O peso G é compensado com a reacção do pavimento da rua F_N .

Exemplos quantitativos:

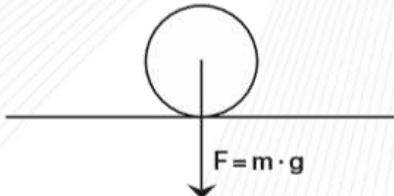
1) A massa (peso) máxima de um Volkswagen Golf é 1680kg. Calcula a força necessária para acelerar o carro para 50km /h em 5s.

Solução: $\vec{F} = m\vec{a}$

$$a = \frac{\frac{50}{h} \cdot \frac{km}{h} - 0 \cdot \frac{km}{h}}{5s} = \frac{50000m}{3600s \cdot 5s} = 2,777 \frac{m}{s^2}$$

$$\Rightarrow F = 2,777 \cdot 1680 \frac{kg \cdot m}{s^2} = 4666,67N$$

2) Um corpo tem a massa de 5 kg.



Calcula a força que o corpo exerce no suporte.

Solução: $\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow F = m \cdot g$, g = valor de aceleração da gravidade = $9,81 \text{ m/s}^2$.

$$\Rightarrow F = 5 \cdot 9,81 \frac{kg \cdot m}{s^2} = 49,05N$$

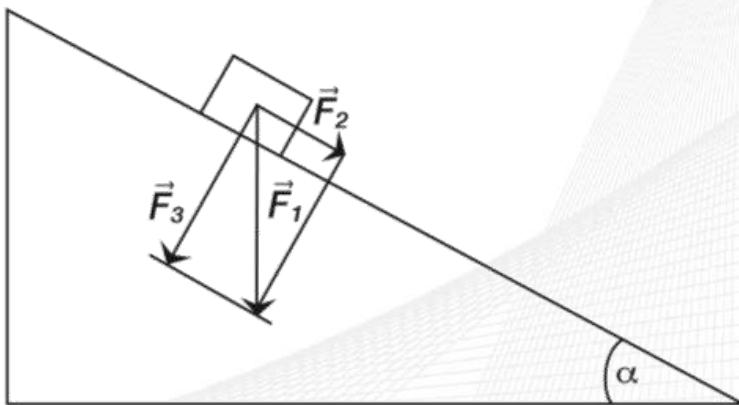
3) O corpo do exercício 2) cai de uma altura de 3m. Calcula a velocidade no momento do impacto.

Solução:

$$s = \frac{1}{2}g \cdot t^2 \Rightarrow \frac{2s}{g} = t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3m}{9,81 \frac{m}{s^2}}} = \sqrt{0,61s^2} = 0,78s$$

$$v = g \cdot t = 9,81 \cdot 0,78s \cdot \frac{m}{s^2} = 7,67 \frac{m}{s} \Rightarrow v = 7,67 \text{ m / s}.$$

- 4) Um corpo com $m = 10\text{ kg}$ escorrega numa rampa (plano inclinado) com uma inclinação $\alpha = 30^\circ$ para baixo.



Calcula a força F_2 que empurra o corpo.

Solução: O peso \vec{F}_1 pode ser descomposto por uma força paralela ao plano inclinado \vec{F}_2 e uma força perpendicular \vec{F}_3 .

$$\text{Geometria} \Rightarrow \text{sen}\alpha = \frac{F_2}{F_1} = \frac{F_2}{m \cdot g} \Rightarrow F_2 = m \cdot g \cdot \text{sen}\alpha = 10 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 49,05\text{N}.$$

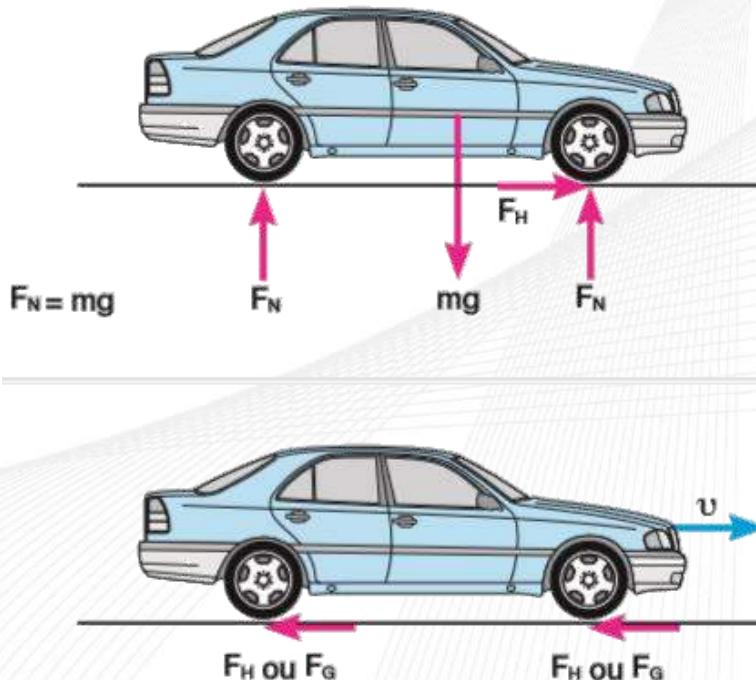
Atrito

Quando um corpo se desliza a força de atrito sobre o corpo tem o sentido contrário a velocidade. O atrito é proporcional a força perpendicular ao plano de contacto com o corpo.

Se o corpo se desliza:

⇒ O atrito provoca uma aceleração negativa.

⇒ O atrito trava o movimento.

Exemplo


F_H = Atrito com os travões não bloqueadas (p.e. com ABS)

$\Rightarrow F_H = \mu_H \cdot F_N$ com μ_H = coeficiente de atrito estático

$$\mu_H = 0,5m = 1680kg \Rightarrow F_H = 0,5 \cdot m \cdot g = 0,5 \cdot 1680kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 8240,4N = 8,24kN$$

F_H = Atrito com os travões bloqueadas (p.e. sem ABS)

$\Rightarrow F_G = \mu_G \cdot F_N$, com μ_G coeficiente de atrito dinâmico.

Usualmente $F_G < F_H$.

Exemplo

$$\mu_G = 0,3$$

$$m = 1680 \text{ kg} \Rightarrow F_G = 0,3 \cdot m \cdot g = 0,3 \cdot 1680kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 4944,24N = 4,94kN$$

1.2 Trabalho e Energia

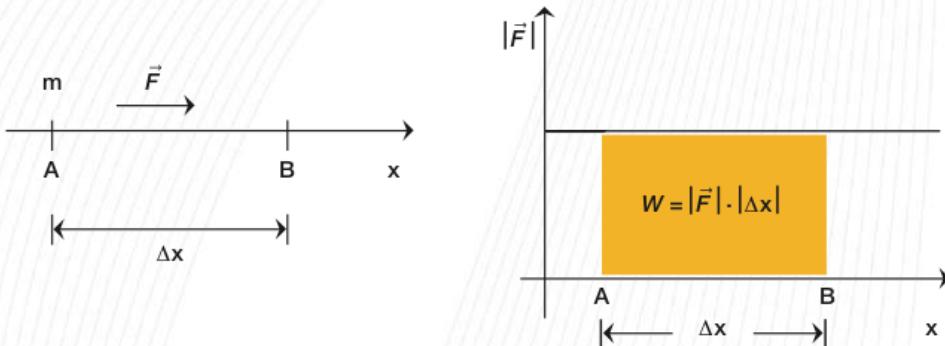
O conceito físico de trabalho desenvolveu-se a partir do estudo da transmissão de forças por meio de alavancas, planos inclinados, cordas e roldanas. Verifica-se que, mediante uma relação adequada, se pode até “ganhar força”, i.e., que é necessário empregar uma força menor do que aquela que, por fim, actua sobre o corpo a mover, mas tem de se percorrer com o ponto de aplicação desta força um trajecto maior que difere do trajecto do lastro, do mesmo factor de que diferem as forças.

⇒ “Ganhar força ao custo do caminho”.

⇒ Existe uma grandeza que, numa transmissão de forças, permanece constante.

Definição do “Trabalho”:

Uma força \vec{F} é aplicada num corpo com a massa m e o corpo é deslocado de A para B (distância Δr):



O trabalho W necessário para mover o corpo contra a força \vec{F} ao longo de Δx é definido da maneira seguinte:

Definição: Trabalho $W := \left| \vec{F} \right| \cdot \left| \vec{\Delta r} \right|$ com a Unidade: $N \cdot m = J = \text{Joule}$.

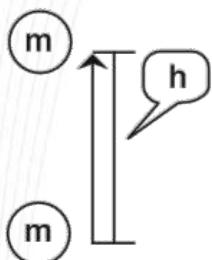
Em palavras: **Trabalho**: ⇔ **Força na direcção do movimento vezes distância**.

Exemplos

- a) Uma pessoa usa um aspirador no qual exerce uma força constante de 50 N para limpar a sala. A direcção da força aplicada faz um ângulo de 30º com a superfície da sala, como se ilustra na figura. Calcula o trabalho realizado pela força de 50 N, sabendo que o aspirador se desloca 3,0 m em linha recta.



Dados	Resolução
$ \vec{F} = 50 \text{ N}$	Aplicas a expressão matemática
$ \Delta r = 3,0 \text{ m}$	$ W = \vec{F} \cdot \Delta r \cdot \cos \alpha$ sendo
$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 30^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 0,87$ $ W(\vec{F}) = 50\text{N} \cdot 3,0\text{m} \cdot 0,87$ $ W(\vec{F}) = + 130,5 \text{ J}$
	Foram transferidos para o aspirador 130,5 J.



- b) Um corpo da massa m é levantado de uma altura h . A força (o peso) e a direcção do movimento são paralelas. $\Rightarrow W = m \cdot g \cdot h$

Definição da “Energia”:

Para executar trabalho precisa-se energia. Assim podemos definir:

Energia: ⇔ Capacidade de executar trabalho

Quando levantamos por exemplo um corpo da massa m de uma altura h , o corpo tem uma capacidade de executar o trabalho $W = m \cdot g \cdot h$, a energia potencial (energia da posição). Quando deixamos cair o corpo da altura h , a energia potencial é transformada pela energia de movimento (energia cinética).

Geral:

O trabalho ou a energia respectiva E calcula-se, lembrando as fórmulas para a força F e a distância s como:

$$E = \vec{F} \cdot \vec{s} = m \cdot \vec{a} \cdot \frac{1}{2} \vec{a}t^2 = \frac{1}{2}m(\vec{a}t)^2 = \frac{1}{2}mv^2$$

Com F = força, s = distância, a = aceleração, v = velocidade

O resultado chama-se Energia Cinética (= a capacidade, que tem o corpo por causa do movimento, de executar trabalho).

$$\Rightarrow \text{Energia cinética: } E_{cin} = \frac{1}{2}mv^2$$

Voltamos para o exemplo da queda dos grãos e calculamos a energia cinética no momento do impacto do corpo:

$$\begin{aligned} h &= \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t^2 = \frac{2h}{g} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \\ v &= gt \Rightarrow v = g \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} \\ \Rightarrow E_{cin} &= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m \cdot (g\sqrt{\frac{2h}{g}})^2 = \frac{1}{2}mg^2 \frac{2h}{g} = m \cdot g \cdot h \end{aligned}$$

⇒ No momento do impacto a energia cinética do corpo tem o mesmo valor como a energia potencial na altura h .

Tabela 21 - Diferentes tipos da energia nas diferentes posições

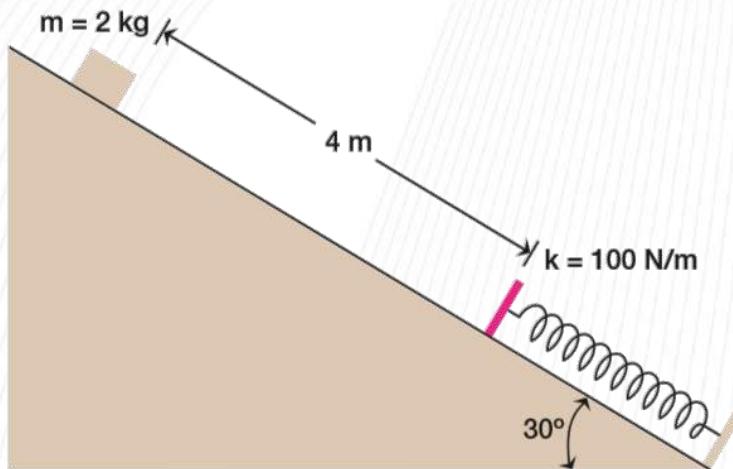
Posição	Energia cinética	Energia potencial	$E_{cin} + E_{pot}$
$y = h$	0	$m \cdot g \cdot h$	$m \cdot g \cdot h$
$y = 0$	$\frac{1}{2}mv^2 = m \cdot g \cdot h$	0	$m \cdot g \cdot h$

$$\Rightarrow E_{pot} + E_{cin} = E = \text{Const. Lei da conservação da energia}$$

A soma da energia potencial e da energia cinética é constante. A energia potencial pode ser transformada para energia cinética e contrário.

Aplicação:

A energia potencial de uma mola é: $E_{pot} = \frac{1}{2}kx^2$, com k = constante da mola, x = alongamento ou diminuição do comprimento da mola

Exemplo:


Calcula a diminuição do comprimento da mola.

Solução: Energia potencial no inicio: $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$

Geometria $\Rightarrow \sin \alpha = h/4m \Rightarrow h = 4m \cdot \sin 30^\circ = 1/2 \cdot 4m = 2m$

$$\Rightarrow E_{pot} = 2 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m} = 39,24 \text{ J}$$

Esta energia é transformada para energia cinética e depois para a energia potencial da mola.

$$\Rightarrow E_{pot\ mola} = \frac{1}{2}kx^2 = 39,24 \text{ J}$$

Sebenta Exclusiva para o Exame de Acesso 2017

$$\Rightarrow x^2 = \frac{2 \cdot 39,24 \text{ J} \cdot m}{100 \text{ N}} \Rightarrow x = \sqrt{0,7848 \text{ m}} = 0,885 \text{ m}$$

Para descrever a capacidade de executar um trabalho W durante um intervalo de tempo Δt definido, o termo “Potencia P” é útil:

Potencia: \Leftrightarrow Trabalho (Energia) por tempo

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

Unidade: $[P] = J/s = W$ (Watt), Unidade antigo: $1\text{cv} = 735\text{ W}$

Exemplo 1:

Um carro tem 75 cv. Tem uma massa de 1t. Que energia é necessário para utilizar o carro com a potência máxima durante uma hora?

Solução:

$$1\text{cv} = 735\text{ W}$$

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow E = P \cdot t = 75 \cdot 735\text{W} \cdot 1\text{h} = 55125 \frac{\text{J} \cdot \text{h}}{\text{s}} = 55125 \cdot 3600 \frac{\text{J} \cdot \text{s}}{\text{s}} = 198 \cdot 10^6 \text{J} = 198\text{MJ}$$

Exemplo 2

O carro do exemplo 1 anda com uma velocidade de 150 km/h durante uma hora. Que energia é necessária quando o atrito é $\mu = 0,02$?

Solução:

Força (atraito) e distância são paralelos.

$$\Rightarrow E = F \cdot \Delta x = \mu \cdot m \cdot g \cdot \Delta x = 0,02 \cdot 1000\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 150 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 1\text{h} = 29430000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 29,43\text{MJ}$$

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS DA TERMODINÂMICA

A Termodinâmica resume-se numa frase:

O calor é o movimento desordenado das moléculas.

Assim a Termodinâmica descreve fenómenos da temperatura e do calor:

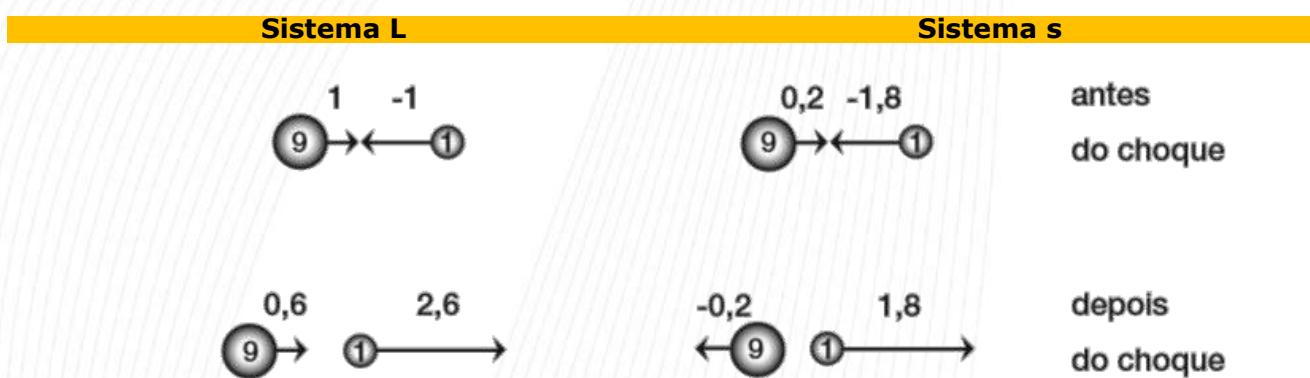
Termodinâmica → temperatura, calor

Observando um gás dentro de uma caixa de volume V (por exemplo: $V = 1 \text{ m}^3$)

Calor: \Leftrightarrow movimento desordenado das moléculas do gás

2.1 Definição da Temperatura e Pressão

As moléculas ao sofrerem choques modificam as suas velocidades como indicado na figura em baixo.



Partículas de massas diferentes modificam as suas velocidades nos choques até adquirirem, em média, a mesma energia cinética (Sistema L = sistema do laboratório, Sistema S = sistema do centro de massas).

- ⇒ Todos os tipos de partículas adquirem, em média, a mesma energia cinética.
- ⇒ O valor da energia cinética média descreve o equilíbrio termodinâmico do sistema.

Assim podemos definir a Temperatura de um sistema em equilíbrio:

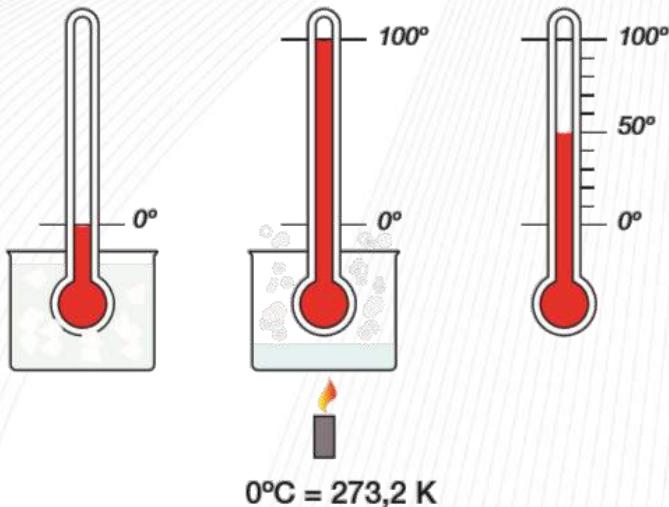
A temperatura T é uma medida da energia cinética média das moléculas:

$$\bar{E} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{3}{2} kT, \text{ com } k = 1,381 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \quad (\textbf{Constante de Boltzmann})$$

A unidade da temperatura é o Kelvin: [T] = 1 K.

A escala de Celsius é definida via ponto de fusão e ponto de evaporação de água:

Pontos fixos 0º e 100º da escala celsius.



Diferenças da temperatura das duas escalas são iguais: $[\Delta T] = 1 \text{ K} = 1^\circ\text{C}$.

Definição da Temperatura ⇒ Valores da velocidade média de alguns gases na $T = 0^\circ\text{C}$:

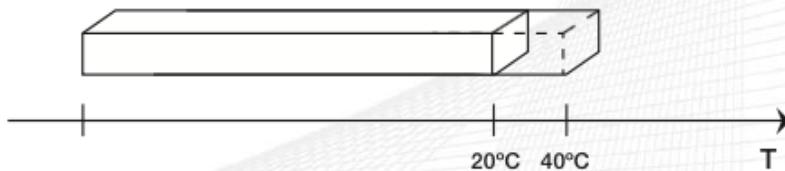
Tabela 22 - Valores da velocidade média de alguns gases

Gás	Velocidade média das moléculas (m/s)
H ₂	1 839
N ₂	493
Cl ₂	310

Termómetro:

Dispositivos para medir temperaturas chamam-se termómetros. Como já explicado na parte da Mecânica desta sebenta, precisamos de uma lei da física para definir um procedimento de medir uma grandeza física como a temperatura. Neste caso, utilizamos a lei da expansão térmica de substâncias:

O comprimento l de um sólido depende da temperatura T .



A dilatação térmica Δl calcula-se: $\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$,

com Δl = alteração do comprimento, l_0 = comprimento inicial,

ΔT = alteração da temperatura, α = coeficiente de dilatação (depende do material)

Exemplo 1

Material	α/K^{-1}
Al	$24 \cdot 10^{-6}$
Gelo	$51 \cdot 10^{-6}$
Vidro de janela	$9 \cdot 10^{-6}$
Vidro Pyrex	$3,2 \cdot 10^{-6}$
Diamante	$1,2 \cdot 10^{-6}$
Grafite	$7,9 \cdot 10^{-6}$
Cobre	$17 \cdot 10^{-6}$
Aço	$11 \cdot 10^{-6}$

⇒ A dilatação térmica de um sólido ou de um líquido pode ser utilizada para medir a temperatura:
 Para a calibração de termómetros utiliza-se os pontos de fusão e de evaporação conhecidos de várias substâncias.

Este método também pode ser aplicado para substâncias líquidas como mercúrio ou álcool (→ termómetro de mercúrio).

Exercício

Uma ponte de aço é construída. Tem um comprimento l_0 de 1000m na temperatura de 10°C . Que comprimento terá na temperatura 40°C .

Solução:

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T = 11 \cdot 10^{-6} K^{-1} \cdot 1000m \cdot (40^\circ C - 10^\circ C) = \frac{11 \cdot m \cdot 30K}{1000K} = 0,33m = 33cm$$

⇒ O comprimento da ponte aumenta em 33 cm.

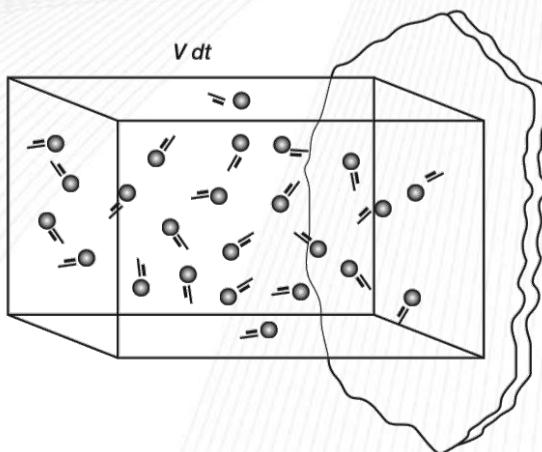
A pressão do gás

A Pressão representa o segundo parâmetro da Termodinâmica. A Temperatura é ligada à energia cinética, assim como a Pressão é ligada a força.

Definição:

Pressão p := Força transmitida pelas moléculas nas paredes de um contentor / área da Parede.

Unidades: $[p] = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ (Pascal), Unidade antiga: $1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ (atmosfera)

A pressão de um gás nasce do embate das moléculas

2.2 Equação de Estado dos Gases Ideais

A equação de estado dos gases ideais descreve a correlação entre o volume V , a pressão p e temperatura T de um gás. É útil para prever tendências quando um parâmetro (volume, pressão ou temperatura) é variado.

Equação de estado dos gases ideais $p \cdot V = k \cdot N \cdot T$

com N = numero das moléculas do gás, k = Constante de Boltzmann.

Em moles: $pV = nRT$ com n = número das moles;

$$R = N_A \cdot k = 8,31 JK^{-1} mol^{-1} = 0,08206 Latmmol^{-1} K^{-1}$$

= Constante dos gases, L = Litro

⇒ Quando o volume é comprimido, a pressão vai aumentar ($T = \text{const}$) e vice-versa.

Estas equações só podem ser aplicadas exactamente para os gases nobres. Mas também representam uma boa aproximação para outros gases.

Exercícios 1

Calcula o volume de um mole de uma substância na $T = 0^\circ\text{C}$, $p = 1 \text{ atm}$,
Utiliza $1 \text{ atm} = 1,013.10^5 \text{ N/m}^2$.

Solução:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{1\text{mol} \cdot 0,0821\text{L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 273\text{K}}{1\text{atm}} = 22,4\text{L}$$

Exercício 2

Uma quantidade de gás tem um volume $V = 2 \text{ L}$ na temperatura de 30°C na $p = 1 \text{ atm}$. O gás é comprimido para $V = 1,5 \text{ L}$ na temperatura de 60°C . Calcula a pressão.

Solução:

$$V_1 = 2 \text{ L} \wedge p_1 = 1 \text{ atm} \wedge T_1 = 30^\circ\text{C} \Rightarrow V_1 \cdot p_1 = k \cdot N \cdot T_1$$

$$V_2 = 1,5 \text{ L} \wedge p_2 = x \text{ atm} \wedge T_2 = 60^\circ\text{C} \Rightarrow V_2 \cdot p_2 = k \cdot N \cdot T_2$$

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

$$\Rightarrow p_2 = \frac{T_2 \cdot V_1}{T_1 \cdot V_2} p_1 = \frac{333\text{K} \cdot 2\text{L}}{303\text{K} \cdot 1,5\text{L}} \cdot 1\text{atm} = 1,47\text{atm}$$

2.3 Capacidade Calorífica

Para aquecer um corpo da temperatura T_1 à temperatura T_2 a energia Q é necessária:

$$\Rightarrow Q = v \cdot C \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot \Delta T$$

com C = Capacidade calorífica, c = capacidade calorífica específica, $\Delta T = T_2 - T_1$, v = número de moles, m = massa.

Tabela 23 - Capacidade calorífica específica e molar de alguns elementos a 20º C

Elemento	c em J Kg-1 K-1	Massa atómica relativa	C em J mol-1 K-1
Li	3386	6,94	23,4
Be	1756	9,02	15,9
diamante C	502	12,01	5,9
Mg	1003	24,32	24,7
Si	710	28,06	20,1
K	752	39,10	28,8
Fe	460	55,85	25,5
Ag	234	107,88	25,1
W	134	183,92	24,7
Pb	130	207,21	26,8
Al	900		24,3
Cu	386		24,5
Agua	4185		

Unidades de Q: [Q] = 1 J (Joule), Unidade antiga: 1 cal = 4,184 J (caloria)

⇒ 1 cal é necessário para aquecer 1 g agua de 1ºC.

Exercício 1

Qual é a energia necessária para aquecer 3 kg de cobre de 20ºC?

Solução:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 3\text{kg} \cdot 386\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1} \cdot 20\text{K} = 23186\text{J} = 23,186\text{kJ}$$

Exercício 2

Um corpo de Al tem uma massa de 2 kg. A temperatura inicial é 10ºC. São fornecidos 36 kJ calor. Qual é a temperatura final?

Solução:

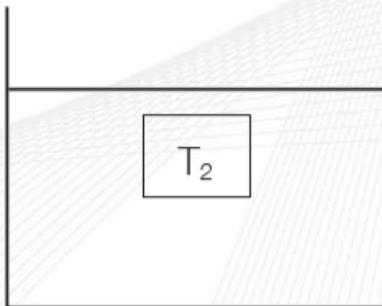
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{m \cdot c} = \frac{36 \text{ kJ}}{2 \text{ kg} \cdot 900 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} = 20 \text{ K}$$

$$\Rightarrow T_f = 30^\circ\text{C}$$

O Calorímetro

Para determinar a capacidade calorífica de um material, um corpo deste material é aquecido para uma temperatura T e depositado em um banho de água.

O corpo aquece a água de T_{c1} para T_2 .



O corpo fornece a energia $Q = m \cdot c \cdot (T - T_2)$ para a água.

$$\Rightarrow \text{A energia recebida é } Q_{rec} = m_a \cdot c_a \cdot (T_2 - T_{c1}) + m_c \cdot c_c \cdot (T_2 - T_{c1})$$

Água	Contentor
------	-----------

$$\text{Conservação da energia} \Rightarrow m \cdot c \cdot (T - T_2) = m_a \cdot c_a \cdot (T_2 - T_{c1}) + m_c \cdot c_c \cdot (T_2 - T_{c1})$$

Exemplo

600g de sucata de chumbo são aquecidas para 100°C . São depositadas num contentor de Alumínio com massa de 200g. O contentor contém 500g de água. A temperatura inicial do calorímetro é de $17,3^\circ\text{C}$. A capacidade calorífica específica do Alumínio é $0,900 \text{ kJ/(kg.K)}$.

A temperatura final do calorímetro é 20°C .

Calcule a capacidade calorífica específica de Pb.

Solução:

Aumento da temperatura de água: $\Delta T_A = 20^\circ\text{C} - 17,3^\circ\text{C} = 2,7\text{K}$.

\Rightarrow Energia recebida da água: $Q_A = m_A \cdot c_A \cdot \Delta T_A = 0,5 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ/(kg.K)} \cdot 2,7\text{K} = 5,64 \text{ kJ}$

Energia recebida do contentor: $Q_C = m_C \cdot c_C \cdot \Delta T_C = 0,2 \text{ kg} \cdot 0,900 \text{ kJ/(kg . K)} \cdot 2,7\text{K} = 0,486 \text{ kJ}$

Energia fornecida pela sucata: $Q_{Pb} = m_{Pb} \cdot c_{Pb} \cdot \Delta T_{Pb} = 0,6 \text{ kg} \cdot c_{Pb} \cdot 80\text{K} = 48 \text{ kg . K . } c_{Pb}$

Conservação da energia $\Rightarrow Q_{Pb} = Q_A + Q_C \Rightarrow c_{Pb} = 6,13 \text{ kJ/(48 kg . K)} = 0,1277 \text{ kJ/(kg . K)}$

2.4 Máquinas Térmicas e Princípio da Termodinâmica

2.4.1 Disponibilidade da Energia

A Energia fica conservada (lei de conservação da energia).

\Leftrightarrow Num sistema fechado (p.e. nosso universo) a energia não é gasta, só pode ser transformada de uma forma para outra.

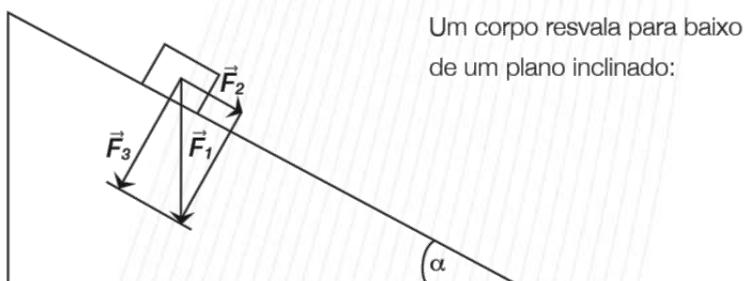
Mas porque temos de poupar energia?

A lei de conservação da energia (primeiro princípio da Termodinâmica) não descreve a realidade completamente.

Existem energias mais valiosas que outras:

A Energia cinética pode ser convertida para calor a 100%. O processo contrário não é possível a 100%.

Exemplo 1



Energia cinética \rightarrow calor

↑
Atrito

O corpo e o plano inclinado ficam mais quentes. A energia potencial é transformada para energia cinética que pode completamente ser transformada para calor.

Mas o processo inverso ("O corpo sobe o plano inclinado. Este corpo com o plano inclinado ficam mais frios.") não acontece.

Exemplo 2

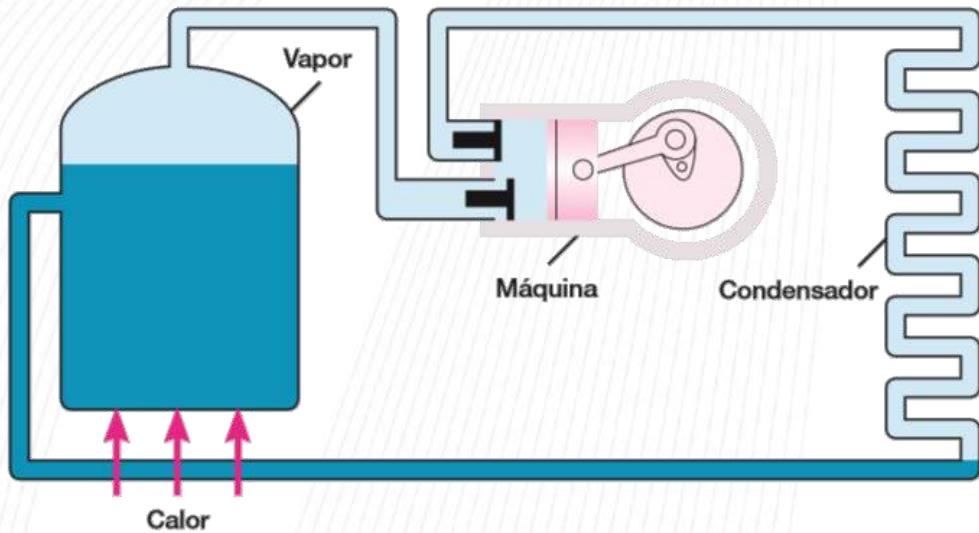
Dois corpos têm temperaturas diferentes. Juntando os corpos transfere-se energia do corpo mais quente para o corpo mais frio até as temperaturas dos dois corpos se igualarem.

O processo inverso não acontece.

⇒ Existem processos irreversíveis.

2.4.2 Máquinas Térmicas

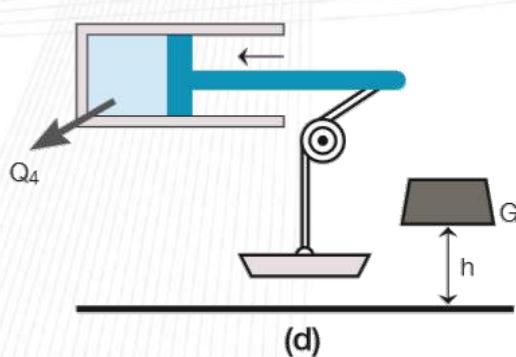
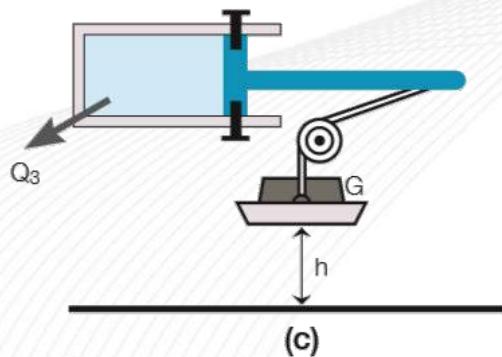
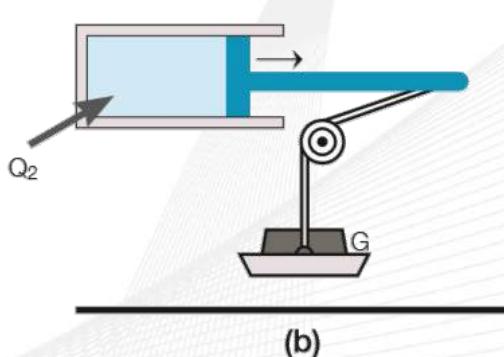
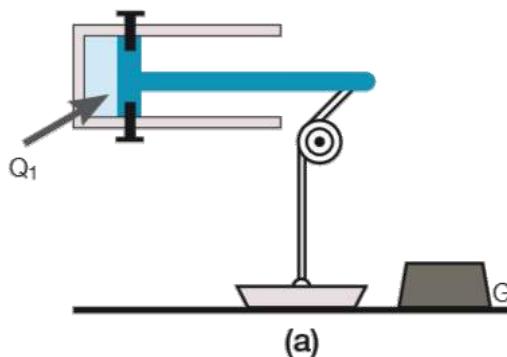
Máquina a vapor: transforma calor → energia mecânica



A água de caldeira é vaporizada na temperatura de $\approx 500^{\circ}\text{C}$. O vapor de alta pressão executa trabalho no pistão e expande o vapor.

⇒ A temperatura do vapor baixa e o vapor condensa no condensador. A água volta para a caldeira.

As figuras seguintes mostram cada passo do ciclo de uma máquina a vapor:

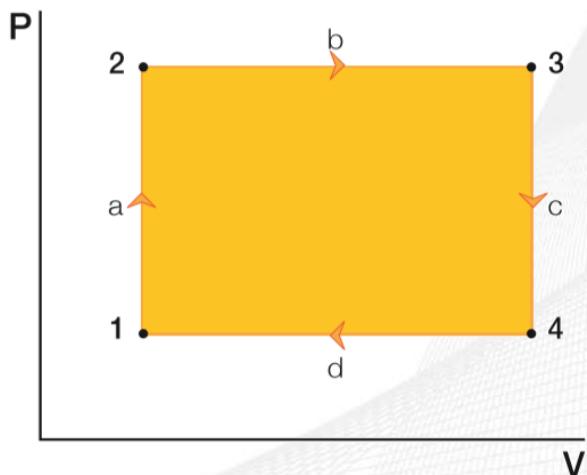


- a) O gás é aquecido. O volume fica constante (o pistão é fixado).
 ⇒ A pressão aumenta de P_1 para P_2 .

- b) O peso G compensa a pressão do pistão. A energia térmica Q_2 é fornecida e a pressão fica constante (por causa do peso).
 ⇒ O gás expande.
 ⇒ O peso é levantado para a altura h .

- c) O pistão é fixado e a energia térmica Q_3 é tirada até a pressão ter o valor P_1 .

- d) O peso é tirado e o gás é comprimido com pressão constante até ocupar o volume V_1 . A energia térmica Q_4 é tirada. O gás está outra vez no estado inicial.



Energia térmica fornecida: $Q_{\text{forn}} = Q_1 + Q_2$

Energia térmica tirada: $Q_{\text{tir}} = Q_3 + Q_4$

Conservação da energia

⇒ **Trabalho mecânico:** $W = m \cdot g \cdot h = Q_{\text{forn}} - Q_{\text{tir}} = Q_1 + Q_2 - Q_3 - Q_4$

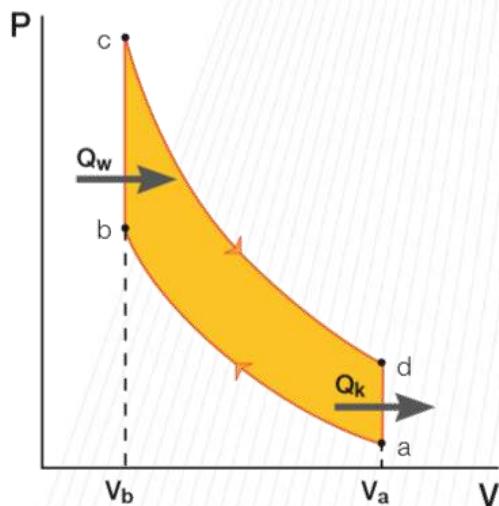
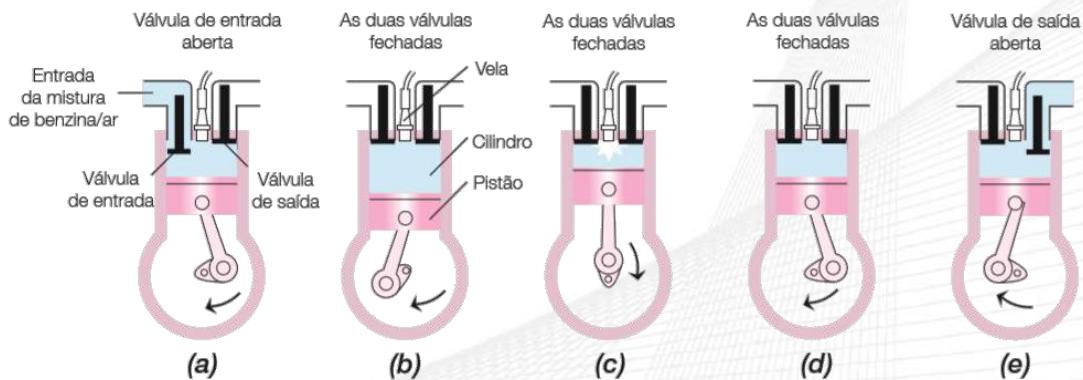
A área dentro do rectângulo 1 2 3 4 do diagrama P - V representa o trabalho fornecido durante um ciclo.

Motores de Explosão

Maquinas a vapores produzem o calor externamente. Motores de explosão produzem o calor dentro do volume de trabalho.

A figura seguinte mostra o funcionamento de um motor de quatro tempos:

Funcionamento de um motor de quatro tempos:



A mistura de benzina / ar entra no cilindro no ponto a e é comprimida até b. Durante a ignição é fornecida a energia térmica Q_W , que provoca um aumento da temperatura e da pressão (b → c). O volume fica constante.

Depois o volume expande e a pressão baixa (c → d).

Durante o arrefecimento (d → a) a energia térmica Q_K é tirada. O novo ciclo começa.

⇒ **O trabalho feito pela máquina:** $W = Q_W - Q_K$

O quociente do trabalho feito pela máquina e a energia fornecida chama-se eficiência.

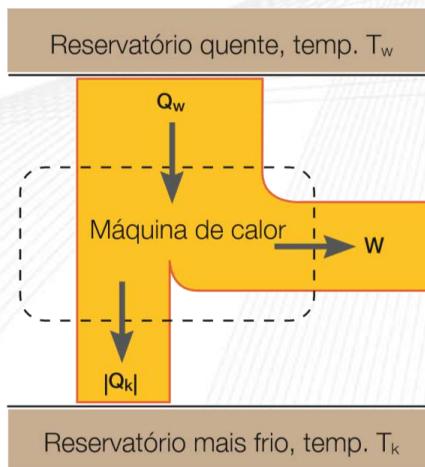
$$\text{Eficiência: } \varepsilon := \frac{W}{Q_w} = \frac{Q_w - Q_k}{Q_w} = 1 - \frac{Q_k}{Q_w}$$

Exemplos

$$\varepsilon (\text{Maquina a vapor}) = 0,4$$

$$\varepsilon (\text{Motor}) = 0,5$$

Resumo:



A energia Q_w é tirada de um depósito de uma temperatura maior e a energia Q_k é fornecida para um depósito de uma temperatura mais baixa, quando a máquina está a executar o trabalho W .

Exercício 1

Uma máquina tira a energia de 200J de um depósito quente, executa um trabalho W e fornece 160J de calor para o depósito frio. Calcula a eficiência ε .

Solução: $\varepsilon = 0,20$

Exercício 2

A eficiência de uma máquina é 0,35.

- Quanto trabalho é executado, quando 150J de calor são tirados de um depósito quente?
- Quanto calor é fornecido a cada ciclo para o depósito frio?

Solução: a) 52,5 J, b) 97,5 J.

CAPÍTULO 3 - ELECTRICIDADE

3.1 Condutores em Equilíbrio Electrostático

A Electrodinâmica é junto com a Mecânica, o segundo pilar independente da Física Clássica. Descreve os fenómenos da electricidade, que podem ser separados em fenómenos eléctricos e fenómenos magnéticos. Os fenómenos eléctricos estão ligados com um atributo da matéria que se chama carga eléctrica. Os fenómenos magnéticos são causados por carga eléctrica em movimento. A carga eléctrica é um atributo da matéria parecido como a massa.

3.1.1. Carga eléctrica

A carga eléctrica é positiva ou negativa. A carga mais pequena que pode ser isolada é a carga do electrão e . Existem partículas elementares chamadas Quarks com carga $-1/3$ e, mas principalmente não são isoláveis e não tem aplicações nas engenharias, por agora. A unidade da carga eléctrica é o Coulomb (C).

A carga do electrão é uma constante fundamental da física: $e = 1,602 \cdot 10^{-19} C$

Cargas q_1 e q_2 do mesmo signo provocam forças repulsivas, cargas com signo diferente provocam forças atractivas:

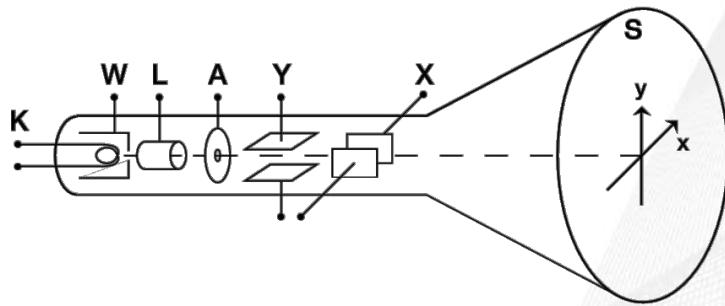


A lei de Coulomb descreve estas forças em dependência da distância r :

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}, \text{ com } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \cdot 10^9 N \cdot m^2 / C^2$$

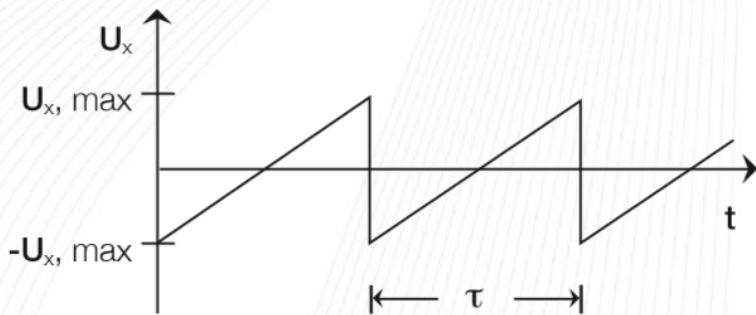
⇒ A força F aumenta quando r diminui, F diminui quando r aumenta.

⇒ A força F aumenta quando as cargas q_1 ou q_2 aumentam e vice-versa.

Aplicação: Osciloscópio


Electrões saem do filamento K e são acelerados e focados via forças de Coulomb das cargas eléctricas dos dispositivos W, L e A. As cargas eléctricas nas placas Y e X (Condensadores) provocam um desvio do raio electrónico no ecrã S. Assim pode-se visualizar a dependência temporal de sinais eléctricos.

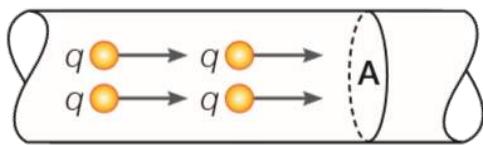
Para produzir imagens visíveis, aplica-se nas placas X um sinal da forma “dente de serra”:



Assim a forma do sinal repete-se periodicamente no ecrã cada período do tempo τ .

3.1.2. Corrente Eléctrica e Movimento de Carga

Cargas eléctricas em movimentos representam uma corrente eléctrica I. Correntes aparecem usualmente em materiais condutores (condutores eléctricos), por exemplo em cabos de cobre.



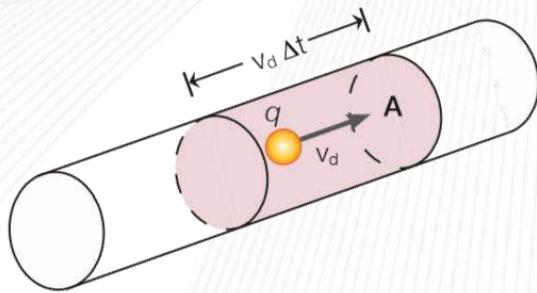
Quando a quantidade de carga ΔQ passa á área A no tempo Δt a corrente I é definida

como:

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

Unidade: [I] = 1A (Ampere) = 1 C/s

A carga móvel em metais consiste de electrões com carga $q = e$, que se movem com a velocidade v_d dentro do fio.



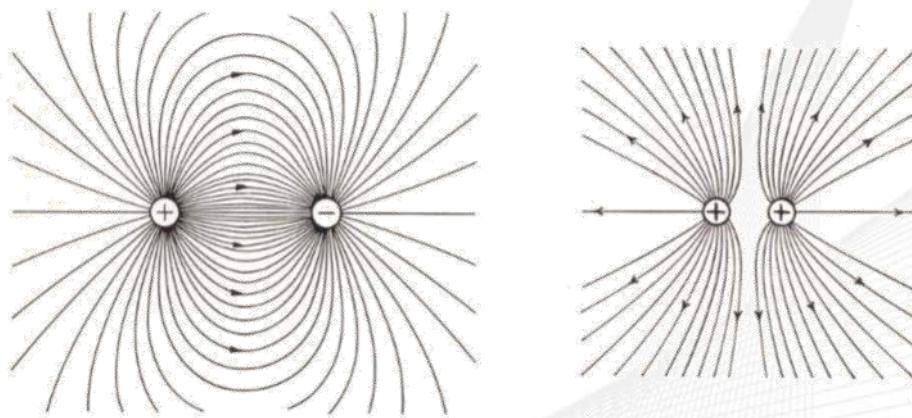
Para um movimento de carga q dentro de um filamento, uma força F é necessário:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}, \text{ com } \vec{E} = \text{campo eléctrico}$$

A última equação define o campo eléctrico \vec{E} :

Def.: Um campo eléctrico é uma zona onde corpos dotados de carga eléctrica sofrem a acção de forças.

Campos eléctricos são visualizados via “linhas de campo eléctrico”. As linhas do campo eléctrico descrevem o valor (densidade das linhas) e a direcção do campo eléctrico:



A energia potencial de uma carga eléctrica pode-se definir em analogia com a energia potencial de um corpo da massa m : A força gravítica é substituída pela força de Coulomb. A energia potencial da carga q no ponto a é E_{pa} , no ponto b é E_{pb} .

Definimos o potencial eléctrico φ usando as equações seguintes:

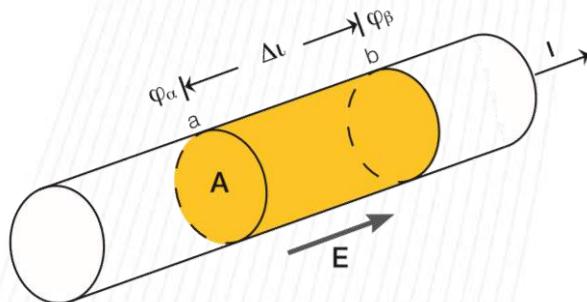
$$E_{pa} = q \cdot \varphi_a \wedge E_{pb} = q \cdot \varphi_b$$

⇒ **Definição: O potencial de uma carga q no sítio a é:**

$$\varphi_a = \frac{E_{pot,a}}{q}$$

Unidade: $[\varphi] = 1 \frac{J}{C} = 1 \frac{kg \cdot m \cdot s^2 \cdot m}{A \cdot s} = 1 \frac{kg \cdot m^2 \cdot s}{A} = 1 \text{ Volt}$

Assim podemos definir uma grandeza muito utilizada nas aplicações, a tensão eléctrica U entre os dois pontos a e b :



Definição: A tensão eléctrica $U := \varphi_a - \varphi_b$,

Unidade: $[U] = 1V = 1\text{Volt}$

⇒ Tensões eléctricas só existem entre dois pontos diferentes.

Lembrando as definições do campo eléctrico ($E = F / q$) e do potencial ($\varphi_a = \frac{E_{pot.a}}{q}$)

$$\Rightarrow U = (F \cdot \Delta l) / q = (F/q) \cdot \Delta l$$

$$\Rightarrow U = E \cdot \Delta l.$$

3.1.3. A Lei de Ohm

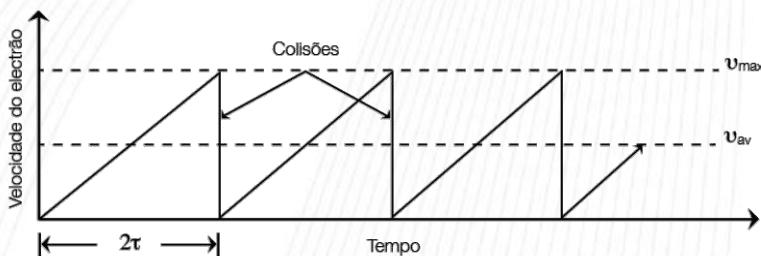
Bons condutores eléctricos são materiais com cargas eléctricas quase livres. As cargas podem-se mover como partículas livres que só são travadas por choques que sofrem com os átomos ou iões do material. A lei de Ohm descreve o transporte da carga eléctrica dentro destes materiais.

Para provocar um movimento de portadores de carga aplicamos um campo eléctrico \vec{E} .

\Rightarrow Aplicação de uma força $\vec{F} = m\vec{a} = e\vec{E}$ nos electrões.

\Rightarrow A aceleração dos electrões com $\vec{a} = \frac{e\vec{E}}{m_e}$ durante o tempo 2τ do intervalo entre dois choques

\Rightarrow A velocidade dos electrões aumenta de acordo com $v = a \cdot t$ (ver diagrama em baixo).



Os choques provocam uma paragem imediata dos electrões para $v = 0$.

\Rightarrow Os electrões circulam no material com uma velocidade média v_{av} .

Resumo:

\Rightarrow Um campo eléctrico \vec{E} aplicado num condutor provoca uma corrente eléctrica I .

\Rightarrow Uma tensão eléctrica $U = E \cdot d$ aplicada num condutor provoca uma corrente I .

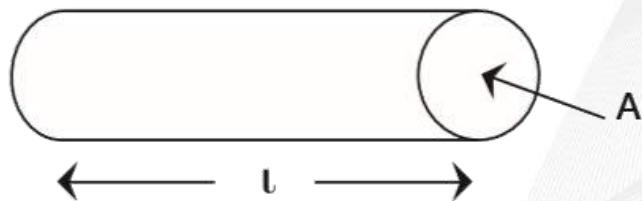
\Rightarrow **Lei de Ohm: $U = R \cdot I$.**

À constante de proporcionalidade chama-se Resistência $R = \frac{\rho l}{A}$

ρ = resistência específica (resistividade).

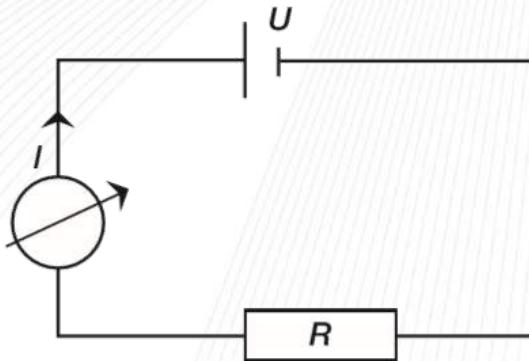
Unidades: $[R] = 1V/A = 1\Omega$ (Ohm), $[\rho] = 1\Omega \cdot m$.

Cabo:



A resistência específica ou resistividade ρ depende do material. "A" e "l" são a secção recta e o comprimento do condutor respectivamente.

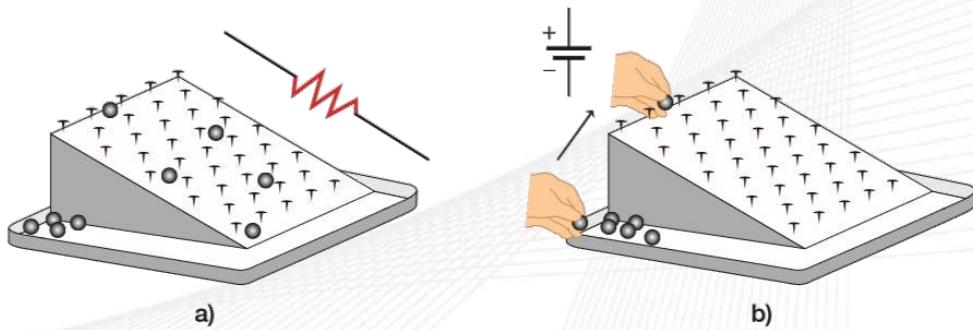
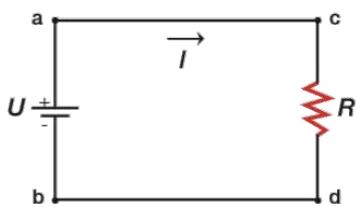
Com estas ferramentas (Definições e leis) podemos agora descrever circuitos eléctricos de corrente contínua.



O desenho em cima representa o circuito eléctrico mais simples. A resistência R é ligada por uma fonte de tensão U , por exemplo uma bateria. A intensidade de corrente I é medida utilizando um Amperímetro simbolizado com

A tensão U provoca uma corrente I , que passa pela resistência R . As ligações são assumidas com resistência nula. Dentro da bateria a carga eléctrica Q corre de um potencial baixo para um potencial alto.

A função da resistência pode ser imaginada com a analogia mecânica indicada em baixo:



Lembrando as definições da energia potencial eléctrica, da tensão, da corrente eléctrica e do teorema da conservação da energia:

⇒ O trabalho executado, quando as cargas (electrões) passam pela resistência R é:

$$W = U.Q = U.I.t$$

⇒ A Potencia é calculada como: **P = U.I**

Esta situação é análoga a esferas que rodam sob um plano inclinado (imagem em cima):

a) A energia potencial é transformada para energia cinética que é transformada para energia calorífica por intermédio dos choques com os preços.

b) A criança que deposita as esferas outra vez para cima muda a energia química para energia potencial (função da bateria).

c) Todo comeca outra vez de inicio → (a), ate a crianca parar (A bateria esta vazia).

Exercício 1

Calcula a resistência de um fio de cobre com um comprimento de 1 m e uma área A de 1 mm^2 .

Utiliza $\rho(Cu) = 1,6 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$

$$\text{Solução: } R = \frac{\rho l}{A} = \frac{1,6 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm} \cdot 1\text{m}}{1\text{mm}^2} = \frac{1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-2} \Omega \cdot \text{m}^2}{10^{-6} \text{m}^2} = 1,6 \cdot 10^{-2} \Omega = 0,016 \Omega$$

Exercício 2

Uma resistência com $R = 100 \Omega$ é ligada numa fonte de tensão com $U = 220\text{V}$ (ver penúltimo circuito antes desta página). Calcula a intensidade de corrente I.

Solução: Lei de Ohm: $U = R \cdot I$

$$\Rightarrow I = U/R = 220\text{V} / 100 \Omega = 2,2 \text{ A.}$$

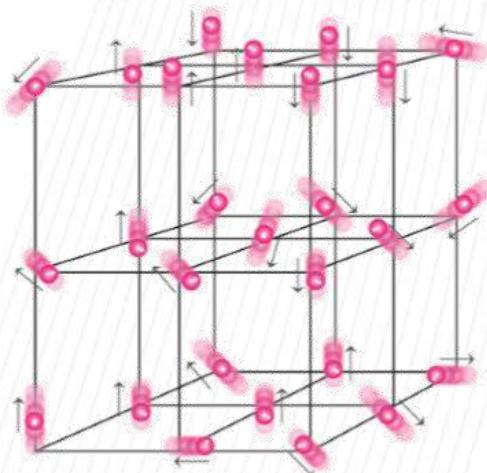
Dependência da Resistência com a Temperatura

Como sabemos da Termodinâmica, uma temperatura $T > 0 \text{ K}$ provoca movimento de partículas.

\Rightarrow Os átomos ou iões de sólidos fazem movimentos periódicos à volta da posição de repouso. Estas vibrações aumentam com a temperatura.

\Rightarrow A probabilidade de choques entre electrões de condução e os iões da rede do sólido aumenta e pára o movimento dos electrões da condução.

\Rightarrow A resistência eléctrica nos metais aumenta com a temperatura.



Resultados experimentais $\Rightarrow \rho(T) = \rho_0 (1 + \alpha T)$, com T = temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

A Tabela em baixo mostra a resistividade específica de alguns metais com os respectivos coeficientes da temperatura.

Tabela 24 - Resistividade e coeficiente de temperatura

Metal	Resistividade eléctrica a 0°C, $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	Coeficientes de temperatura α_t , $^{\circ}\text{C}^{-1}$
Alumínio	2,7	0,0039
Cobre	1,6	0,0039
Ouro	2,3	0,0034
Ferro	9	0,0045
Prata	1,47	0,0038

Exercício 1:

Calcular o aumento da resistência de um filamento de cobre com $A=1\text{mm}^2$ e $l=1\text{m}$, quando a temperatura sobe de 20°C para 40°C

Solução:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \Rightarrow R(20^{\circ}\text{C}) = \frac{\rho(20^{\circ}\text{C}) \cdot l}{A} \quad R(40^{\circ}\text{C}) = \frac{\rho(40^{\circ}\text{C}) \cdot l}{A}$$

$$R(40^{\circ}\text{C}) - R(20^{\circ}\text{C}) = (\rho(40^{\circ}\text{C}) - \rho(20^{\circ}\text{C})) \frac{l}{A} = \rho_0 \cdot \alpha \cdot (40^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) \cdot \frac{1\text{m}}{10^{-6}\text{m}^2}$$

$$= 1,6 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm} \cdot 0,0039^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20^{\circ}\text{C} \cdot 10^6 \text{m}^{-1} = 1,25 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Exercício 2:

Calcular a velocidade média dos electrões dentro de um filamento de cobre com um raio de 0,815mm. A corrente é 1 A

Solução: Assumpção: temos 1 electrão de condução por átomo de cobre.

$$\Rightarrow \text{Número de átomos de cobre por volume } n_a = \frac{\rho \cdot N_A}{M}$$

com ρ = densidade de cobre, M = 1 Mole de Cobre, N_A = Número de Avogadro.

$$\rho (\text{Cu}) = 8,93 \text{ g/cm}^3, M = 63,5 \text{ g/Mole}$$

$$\Rightarrow n_a = \frac{8,93 \text{ g/cm}^3 \cdot 6,22 \cdot 10^{23} \text{ átomos/mole}}{63,5 \text{ g/mole}} = 8,47 \cdot 10^{22} \text{ átomos/cm}^3$$

$$\Rightarrow n = 8,47 \cdot 10^{22} \text{ electrões/cm}^3 = 8,47 \cdot 10^{28} \text{ electrões/m}^3$$

(densidade de electrões de condução)

$$I = v_d \cdot A \cdot n \cdot e \Rightarrow v_d = \frac{I}{A \cdot n \cdot e} = \frac{1 \text{ A}}{\pi \cdot (0,000815 \text{ m})^2 \cdot 8,47 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}$$

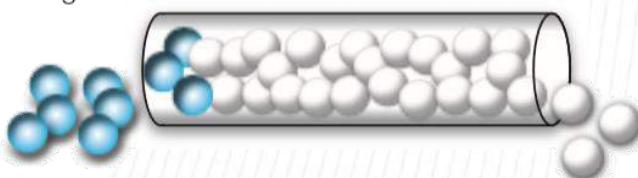
$$= 3,54 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

\Rightarrow A velocidade média dos electrões da condução é muito pequena

Explicação:

Os electrões fornecidos pela bateria empurram os electrões de condução de cobre que se movem para direita.

Análogo:



\Rightarrow A grande velocidade de transmissão eléctrica de mensagens não se deve ao deslocamento dos electrões no condutor, mas à velocidade de propagação do campo eléctrico no interior e na periferia do condutor, que é igual à velocidade da luz.

Fontes químicas de corrente:

Consideramos um metal na solução de íões próprios. Há dois efeitos possíveis:

- Os íões carregam o metal positivo até a força repulsiva ser suficientemente grande.
- Os íões são atraídos pelas moléculas de água e saem do metal indo para a solução.

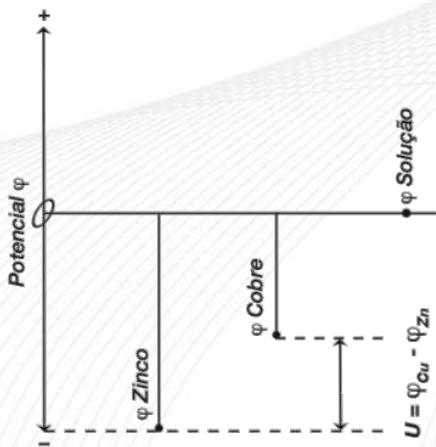
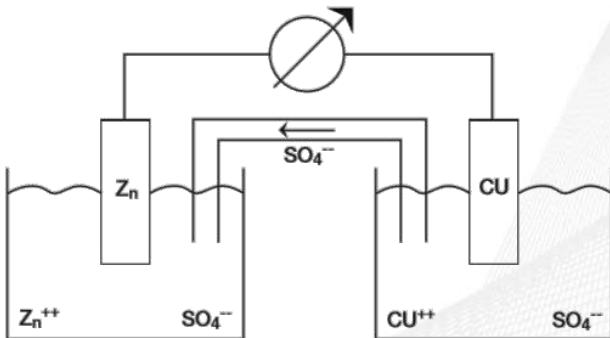
O metal é carregado negativamente com relação à solução até o equilíbrio ser atingido.

A Tabela em baixo mostra as energias de ligação dos electrões de cada elemento em equilíbrio. As diferenças dos potenciais são definidas relativamente de um eléctrodo de platina num ácido com 1g H⁺ / Litro.

Tabela 25 - Energias de ligação dos electrões de cada elemento em equilíbrio

Átomo	Ião	Potencial (Volt)
K	K ⁺	-2,93
Ca	Ca ²⁺	-2,87
Na	Na ⁺	-2,71
Mg	Mg ²⁺	-2,37
Al	Al ³⁺	-1,66
Mn	Mn ²⁺	-0,76
Fe	Fe ²⁺	-0,44
Sn	Sn ²⁺	-0,14
Pb	Pb ²⁺	-0,13
H ₂	H ⁺	0,00
Cu	Cu ²⁺	+0,35
Ag	Ag ⁺	+0,81
Hg	Hg ⁺	+0,85
Au	Au ⁺	+1,50
Pt	Pt ⁺	+1,60
Zn	Zn ²⁺	-0,74
Sb	Sb ³⁺	+0,2

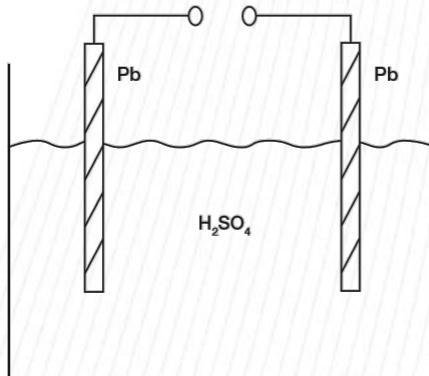
Aplicação: Elemento de Daniell



A tensão de um elemento galvânico é a diferença entre as tensões dos electrodos relativamente ao electrólito.

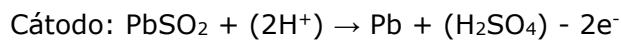
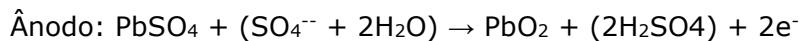
⇒ A tensão entre os electrodos é $U = + 0,34 \text{ V} - (- 0,74 \text{ V}) = 1,1 \text{ V}$

Acumulador de chumbo



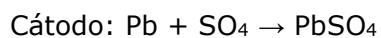
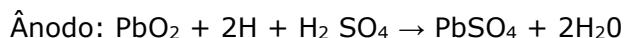
Nas placas de chumbo forma-se uma camada de PbSO_4 quando são mergulhados no ácido sulfúrico

Aplicação de uma tensão externa ⇒ Carregamento



O ânodo fica negativo, o cátodo positivo. ⇒ Uma tensão eléctrica $U \approx 2\text{V}$.

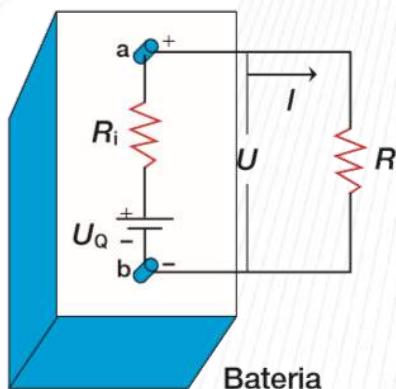
Ligaçāo dos dois pólos ⇒ Descarregamento



⇒ Os eléctrodos voltam para o estado inicial (Pb com uma camada de PbSO_4).

Resistência Interna:

Baterias e Acumuladores tem uma resistência interna R_i :



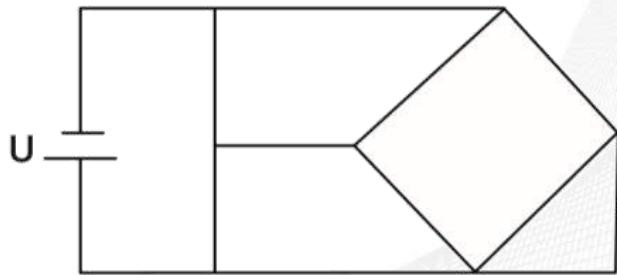
Lei de Ohm: $\mathbf{I} \cdot \mathbf{R} = \mathbf{U} = \mathbf{UQ} - \mathbf{I} \cdot \mathbf{R}_i$

⇒ A tensão nos terminais da bateria torna-se menor quando a corrente aumenta.

3.1.4. As Leis de Kirchhoff, Cálculo de Redes Eléctricas

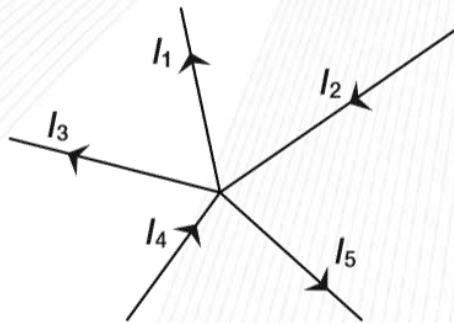
As Leis de Kirchhoff permitem a determinação das voltagens e correntes de circuitos eléctricos com varias resistências eléctricas (redes eléctricas).

Esquema de uma rede eléctrica



Regra dos nós de Kirchhoff:

A soma de todas as correntes em cada uma das ramificações que desembocam nos nós é nula.

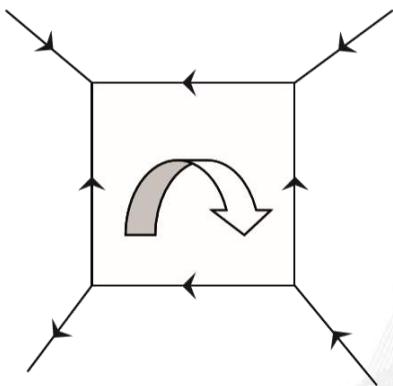


$$\text{Conservação da carga eléctrica} \Rightarrow (-I_1) + I_2 + (-I_3) + I_4 + (-I_5) = 0$$

Considerar como positivas as correntes que convergem para o nó. Considerar negativas as de sentido oposto.

Regra das Malhas, de Kirchhoff:

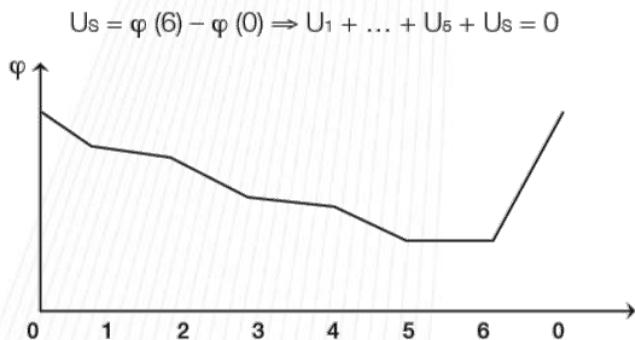
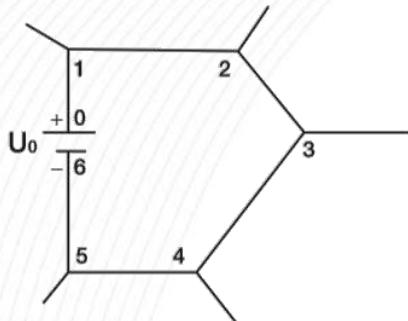
A tensão total ao longo de uma malha fechada de um circuito, i.e. a soma de todas as quedas de tensão em cada um dos elementos de que a malha é constituída é nula:



Conservação da Energia $\Rightarrow U_1 + U_2 + U_3 + \dots = 0$

Fontes de tensão entram com valores negativos na soma.

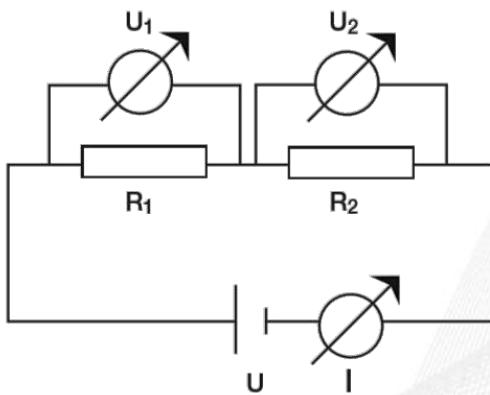
Exemplo: Ver esquema em baixo. O potencial de cada nó i da malha é $\varphi(i)$



Aplicações das Leis de Kirchhoff:

Ligaçāo de resistēncias em sērie:

Ligamos duas resistências R_1 e R_2 em sērie numa fonte de tensão U . As tensões que caiem sobre as resistências e a corrente I que passa no circuito são medidas como indicado no desenho em baixo.



Lei de Ohm:

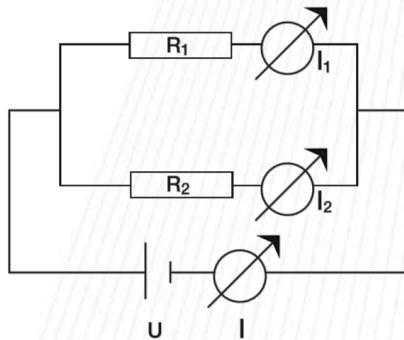
$$U_1 = R_1 \cdot I$$

$$U_2 = R_2 \cdot I$$

$$\begin{aligned} \text{Regra das malhas de Kirchhoff } &\Rightarrow U = U_1 + U_2 = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I = (R_1 + R_2) I \\ &\Rightarrow U = R_{\text{tot}} \cdot I, \text{ com } R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 \end{aligned}$$

Assim podemos substituir duas resistências em séries por uma resistência com valor da soma das duas.

Ligaçāo de resistências em paralelo:



Lei de Ohm:

$$U = R_{\text{tot}} \cdot I \Rightarrow I = U / R_{\text{tot}}$$

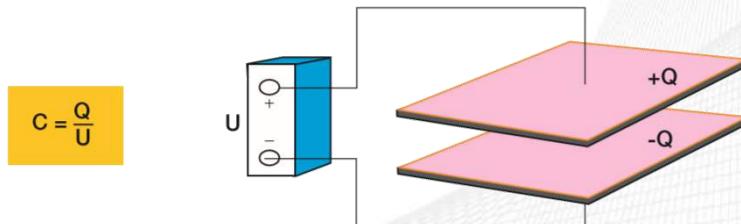
$$U_1 = R_1 \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = U_1 / R_1$$

$$U_2 = R_2 \cdot I_2 \Rightarrow I_2 = U_2 / R_2$$

$$\begin{aligned} \text{Regras dos nós de Kirchhoff } &\Rightarrow U_1 = U_2 = U \wedge I = I_1 + I_2 \quad \Rightarrow \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ &\Rightarrow U / R_{\text{tot}} = U_1 / R_1 + U_2 / R_2 \end{aligned}$$

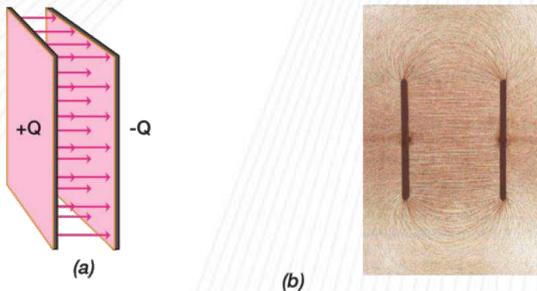
3.1.5 O Condensador

Condensadores são componentes eléctricos que servem para armazenar carga e energia eléctricas. A capacidade C descreve a quantidade da carga Q, que o condensador pode armazenar, quando uma tensão U é aplicada. A geometria mais fácil de um condensador é mostrada na imagem em baixo:



Unidade: [C] = 1 C/V = 1 F (C = Coulomb, F = Farad)

As cargas eléctricas nas placas do condensador criam um campo eléctrico E, que é homogéneo entre as placas.



A capacidade de um condensador de placas descreve-se como:

$$C = \frac{Q}{U} = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}, \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} F/m$$

A = área das placas, d = distância das placas e ϵ_0 = constante dielétrica.

Exercício

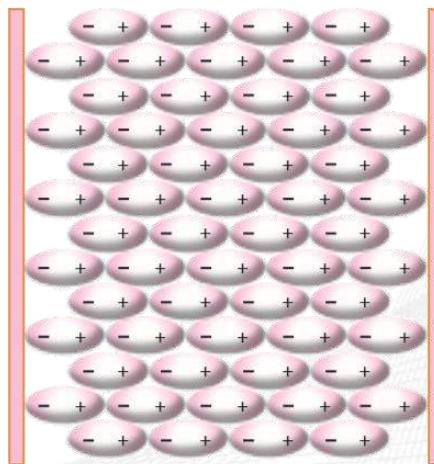
As placas de um condensador têm as dimensões de 10cm x 10cm. d = 1mm.

- Calcula a capacidade.
- Que quantidade de carga passa de uma placa para outra quando uma tensão de 12V é aplicada?

O Dielétrico

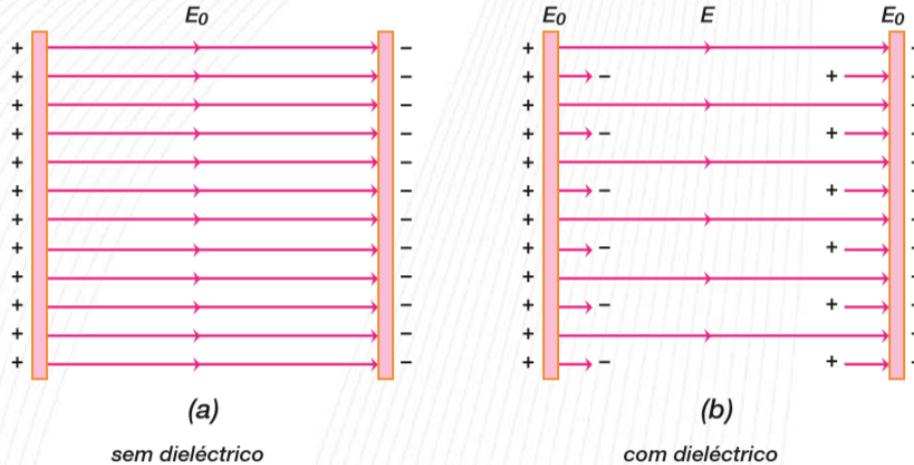
Depositamos um isolante entre as placas de um condensador. O campo eléctrico polariza o

material do isolante. Os dipolos são orientados como indicado na figura em baixo:



No interior do isolante as cargas são compensadas. As cargas nas superfícies causam um campo eléctrico contrário ao campo exterior.

⇒ O campo eléctrico E entre as placas é reduzido



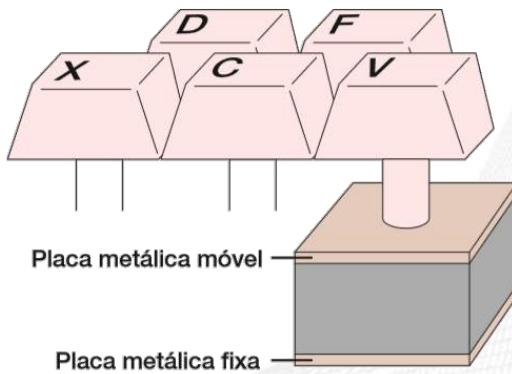
⇒ Podemos escrever E como: $E = \frac{E_0}{\epsilon_r}$

$$\text{Lembrando de que } U = E.d \Rightarrow U = E.d = \frac{E_0 \cdot d}{\epsilon_r} = \frac{U_0}{\epsilon_r}$$

$$\Rightarrow C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{U_0 / \epsilon_r} = \epsilon_r \frac{Q}{U_0}$$

$$\Rightarrow C = \epsilon_r \cdot C_0 \Rightarrow C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{U_0}$$

Aplicação:



Quando uma pessoa toca uma tecla, a distância entre as placas metálicas é variada. A variação da capacidade provoca um sinal eléctrico que é detectado.

Armazenamento de Energia Eléctrica:

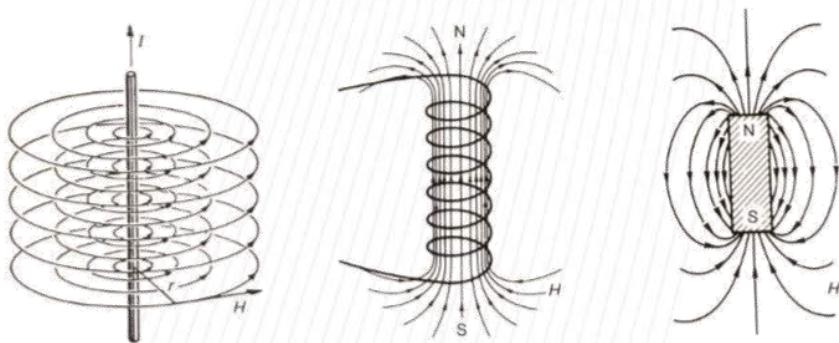
As cargas armazenadas nas placas de um condensador têm uma energia potencial eléctrica.

Este energia E pode ser escrita como:

$$E = \frac{1}{2} CU^2$$

3.2 Campos Magnéticos

Conhecemos Campos Magnéticos dos materiais magnéticos (ou mais correcto materiais ferro magnéticos) e Campos Magnéticos provocados por correntes eléctricas. Já no ano 1820 o físico francês Ampere mencionou a hipótese, de que o magnetismo de materiais também é provocado por correntes eléctricas: de correntes atómicas internas. Esta hipótese foi confirmada e assim pode-se dizer de que **Campos Magnéticos são gerados por carga eléctrica em movimento**.



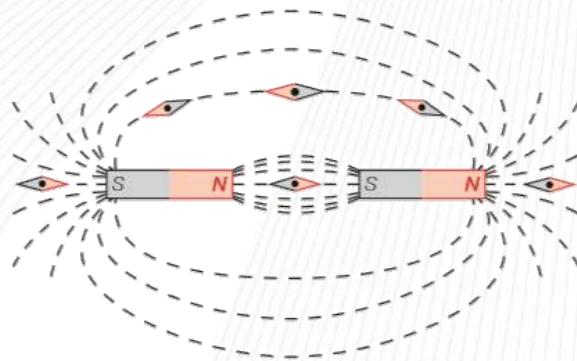
Campos Magnéticos gerados por um condutor eléctrico, uma bobina e um magnete permanente.

O campo magnético é definido em analogia com o campo eléctrico:

Definição: Um campo magnético é uma zona onde uma força é aplicada sobre um magnet. Magnetes têm sempre um pólo norte e um pólo sul. Os dois pólos não podem ser separados.

Como o campo eléctrico, o campo magnético é uma grandeza vectorial. Também as forças entre pólos magnéticos mostram atributos muito similares às forças de Coulomb entre cargas eléctricas:

- A aproximação de dois pólos norte e dois pólos sul provoca forças repulsivas.
- A aproximação de um pólo norte e um pólo sul resulta em forças atractivas (ver também a imagem em baixo).



Linhos de campo magnético de dois magnetes permanentes e o efeito do campo magnético no alinhamento de ímanes de teste.

As forças magnéticas alinham os dipolos magnéticos (magnetes permanentes de teste, ímanes) em direcção do campo magnético.

Tratamos agora os campos magnéticos gerados por condutores eléctricos:

3.2.1 Campo magnético de um condutor

Quando se passa uma corrente eléctrica I num condutor filamentar como indicado na imagem da página anterior, um campo magnético concêntrico é gerado. O valor do campo H depende da intensidade de corrente I e da distância radial r do condutor:

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

Por razões históricas existem dois tipos de campo magnéticos: H e B.

Existe a relação seguinte entre eles:

$$\vec{B} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \vec{H}$$

Com $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{V \cdot s}{A \cdot m}$ = permeabilidade do vácuo

μ_r = Permeabilidade relativa (depende do material)

Parecido como um campo eléctrico, um campo magnético B provoca uma força F que actua sobre cargas eléctricas q. Mas ao contrário do caso do campo eléctrico, esta força só actua em cargas em movimento ($v \neq 0$) e a direcção da força não é colinear com \vec{B} .

F chama-se Força de Lorentz:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

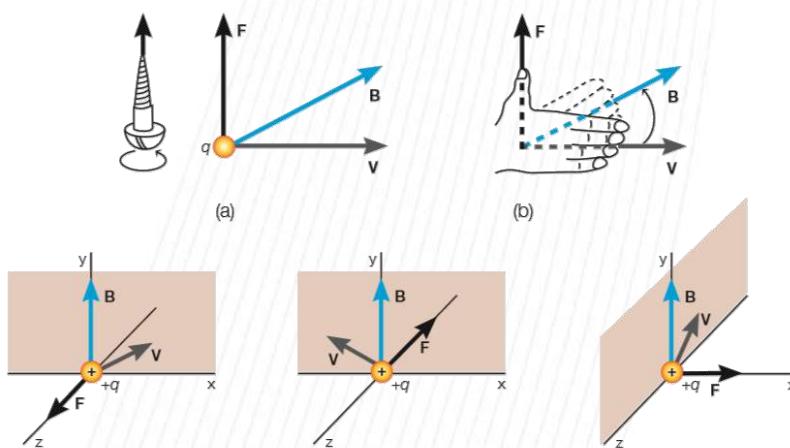
com v = velocidade da carga q.

O valor deste produto vectorial calcula-se de acordo com a equação:

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha$$

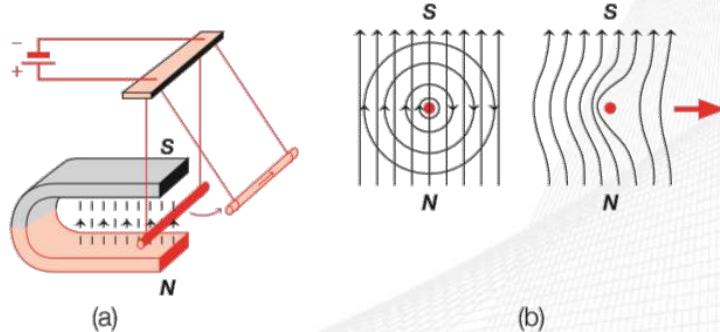
α = Ângulo entre velocidade v da carga eléctrica e campo magnético B.

A direcção da Força de Lorentz é indicada nas imagens seguintes:



Aplicação: Baloíço de Lorentz

Uma corrente passa por um condutor dentro de um campo magnético

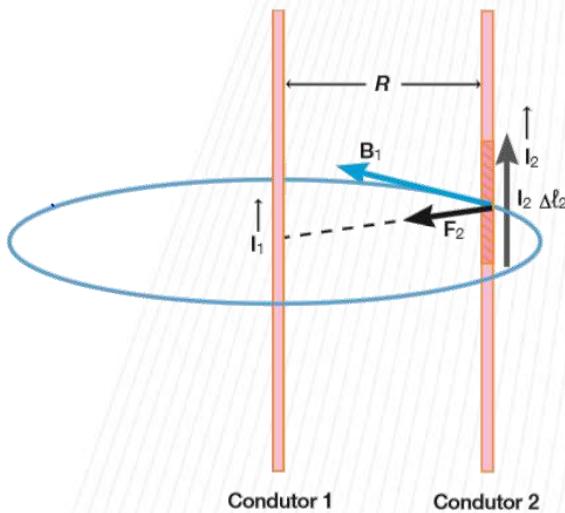


O fio condutor é afastado para o lado logo que por ele passe uma corrente. Invertendo o sentido da corrente também se inverte o sentido de afastamento.

Definição de Ampere

Para definição da unidade SI de Ampere utiliza-se a seguinte experiência:

As correntes I_1 e I_2 passam por dois condutores paralelos como indicado na figura em baixo.



$I_1 \Rightarrow$ campo magnético $B_1 \Rightarrow$ força $F_2 = B_1 \cdot I_2 \cdot \Delta l_2$ no condutor 2

↑

↑

Cargas em movimento

Força de Lorentz

↓

↓

$I_2 \Rightarrow$ campo magnético $B_2 \Rightarrow$ força $F_1 = B_2 \cdot I_1 \cdot \Delta l_1$ no condutor 1.

Assumimos:

$$I_1 = I_2 = I \text{ e } \Delta\ell_1 = \Delta\ell_2 = \Delta\ell$$

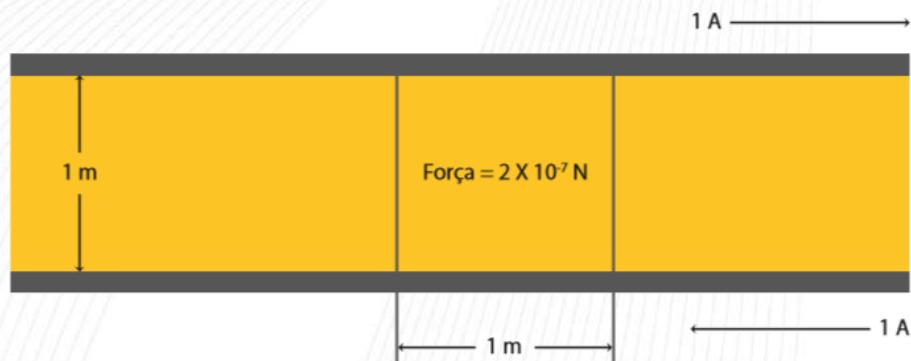
$$\Rightarrow B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot R} = B_2 = B \Rightarrow F_1 = F_2 = F$$

$$\Rightarrow \text{Resulta em uma força atractiva } F = \frac{\mu_0 \cdot I^2}{2\pi \cdot R} \Delta\ell \text{ entre os dois condutores.}$$

O valor desta força é utilizado para definir o "Ampere":

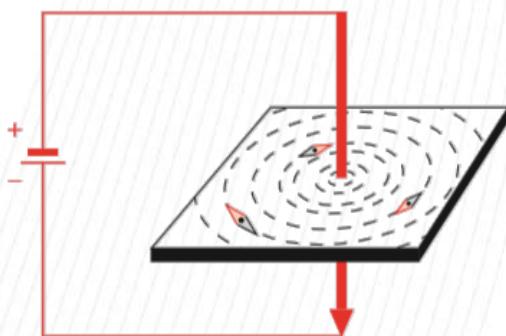
1 A (Ampere):

Intensidade de uma corrente constante que, mantida em dois condutores paralelos, rectilíneos, de comprimento infinito, de secção circular desprezável e colocados à distância de 1 metro um do outro, no vácuo, produziria entre estes condutores uma força igual a 2×10^{-7} N por metro de comprimento.

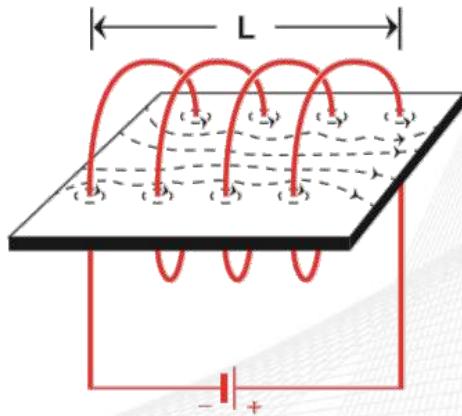


3.2.2 Campo Magnético de uma Bobina

Lembramos o campo magnético de um condutor:

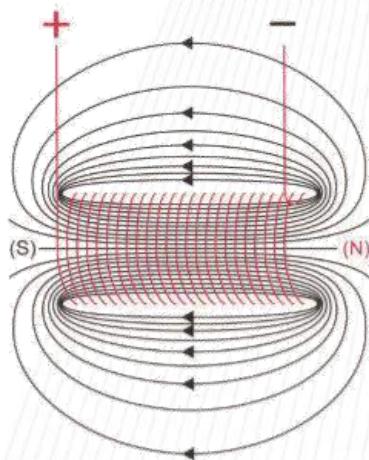


A partir da sobreposição dos campos magnéticos de cada espira podemos construir o campo magnético H dentro de uma bobina comprida:



$$\Rightarrow H = \frac{nI}{L} \quad \text{Com } n = \text{número das espiras, } L = \text{comprimento da bobina.}$$

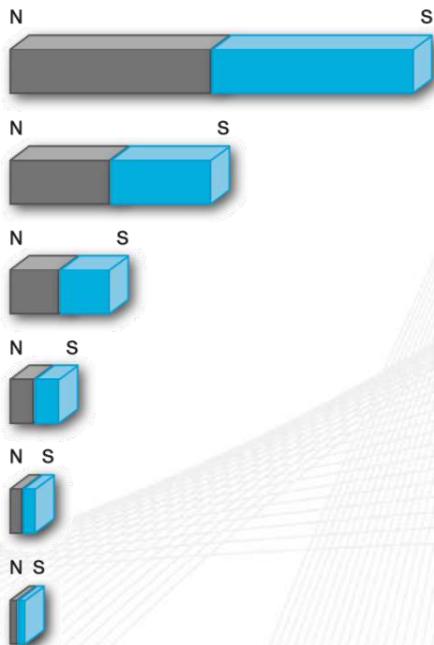
As equações, que descrevem os campos magnéticos de um condutor eléctrico assim como o campo magnético de uma bobina são confirmados experimentalmente. As fórmulas destes campos serão deduzidas com mais rigor na disciplina da física 3 no terceiro semestre.



A força entre duas cargas eléctricas e a força entre dois polos magnéticos podem ser tratadas similarmente. Por exemplo as duas forças são proporcionais r^{-2}

Consideramos algumas diferenças:

Cargas eléctricas podem ser separadas. Os dois pólos magnéticos não podem ser separados:

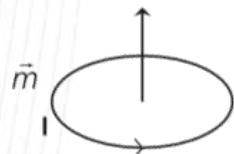


⇒ Cada fragmento de um magnete é por sua vez um magnete com pólo norte e pólo sul.

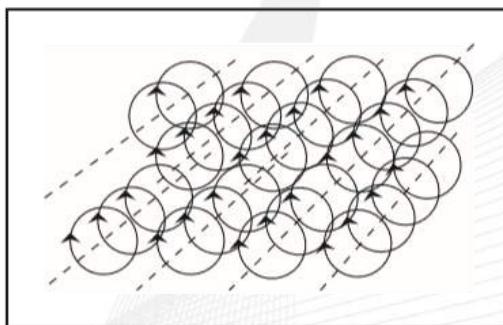
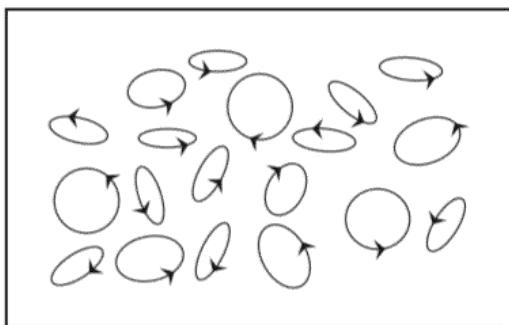
Explicação: O magnetismo dos magnetes permanentes é causado pelo movimento dos electrões da valência (momentos magnéticos) dos átomos do cristal:

Os electrões da valência formam correntes circulares que são alinhadas do campo magnético externo.

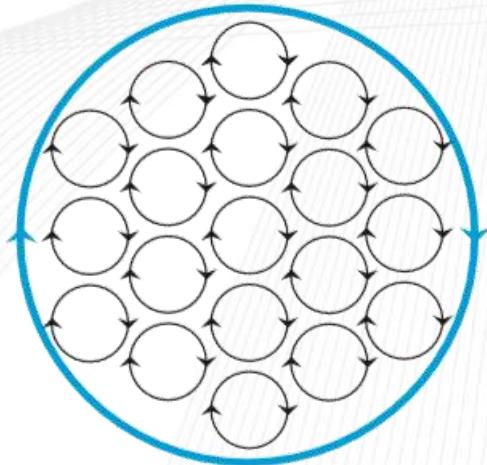
Momento Magnético: $\vec{m} = I \cdot \vec{A}$ com I = corrente, A = área



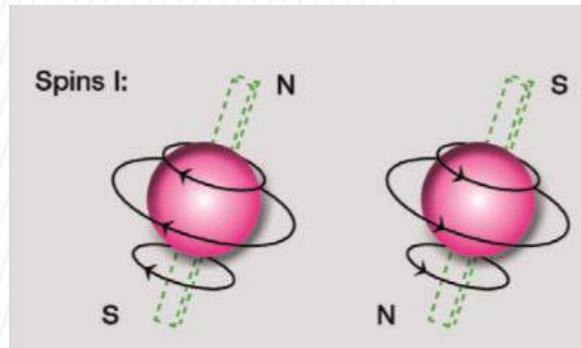
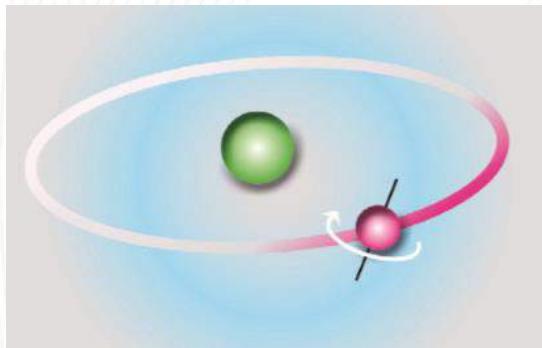
O campo magnético alinha as correntes elementares:



⇒ Pela sobreposição forma-se uma corrente circular forte, que provoca o campo magnético, que dentro do material se chama "Magnetização" M.



No movimento circular dos electrões dentro dos átomos adiciona-se uma rotação em volta de eixo próprio de electrão: O Spin I.

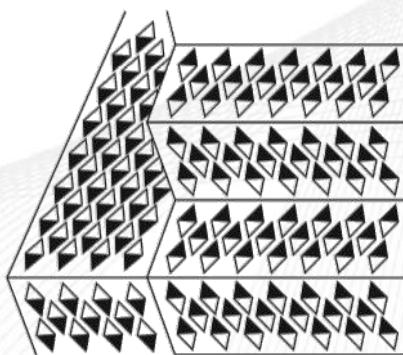


Dos três tipos principais do magnetismo da matéria, só o ferro magnetismo tem aplicações significantes.

3.2.3 Ferro Magnetismo

Os materiais ferro magnéticos mais utilizados são ferro (Fe), níquel (Ni) e cobalto (Co). Foi confirmado empírica e teoricamente que os magnetes elementares destes materiais são os spins dos electrões da condução (electrões quase livres dentro do sólido, que são responsáveis pela condução eléctrica).

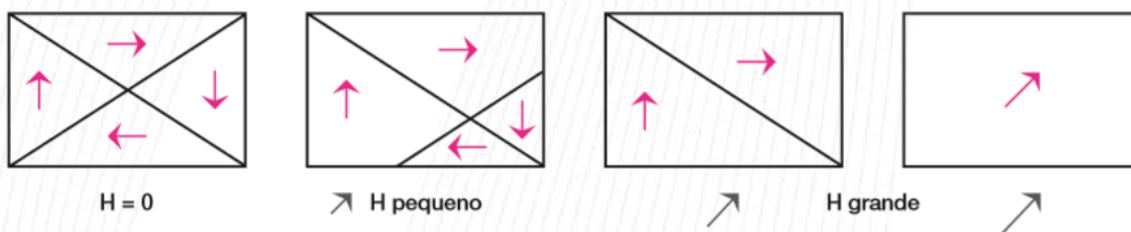
Já sem campo magnético externo existem zonas com os magnetes elementares ordenadas (domínios magnéticos).



Sem campo magnético H externo os domínios são orientados num circuito fechado:

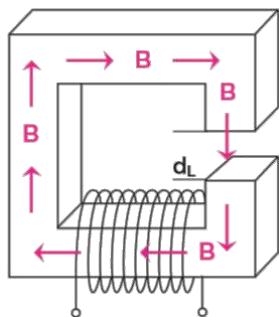
$$H = 0 \Rightarrow M = 0$$

As imagens em baixo mostram o desenvolvimento da estrutura dos domínios quando o campo magnético externo H é aumentado:

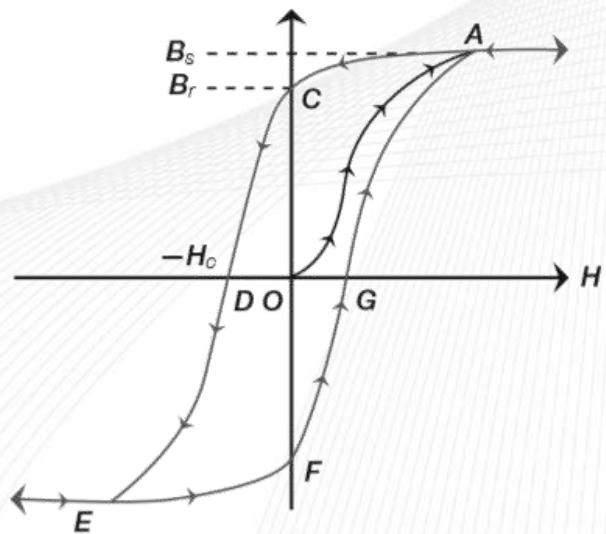


Exemplo

O campo magnético H é produzido por uma bobina. O núcleo de ferro é magnetizado (os magnetes elementares são alinhados como indicado na imagem em cima).



Assim resulta o diagrama de magnetização dependente do campo magnético externo da bobina



Quando o campo magnético externo H aumenta, cada vez mais momentos magnéticos são alinhados na direcção de H . A magnetização entra na saturação, quando todos os magnetos elementares são alinhados. Esta curva chama-se “Curva de Histerese” porque o processo da magnetização não é reversível: A magnetização não é zero quando o campo magnético externo é desligado e quando H é reduzido a curva de M é diferente da curva quando H sobe.

3.2.4 Indução Magnética

Aprendemos que uma corrente eléctrica provoca um campo magnético.

Corrente eléctrica $I \Rightarrow$ Campo magnético \vec{B}

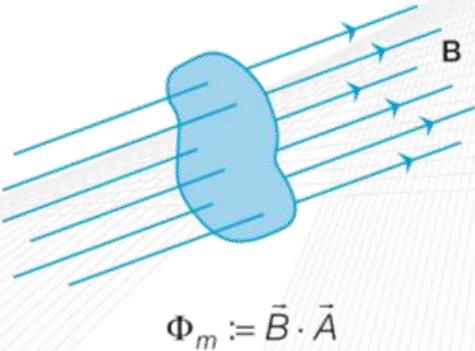
O contrário também é correcto?

Experiência:

Tira a ficha eléctrica de um aquecedor eléctrico da tomada quando o aparelho está em funcionamento.

⇒ Uma faísca aparece.

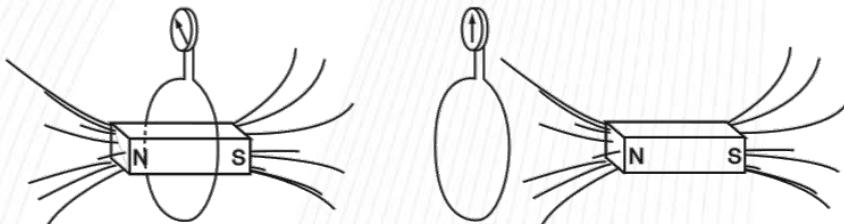
A razão da faísca aparecer é uma variação do campo magnético, que provoca (induz) uma tensão eléctrica. Um parâmetro útil para deduzir a lei de indução é o **Fluxo Magnético** Φ_m :



Fluxo Magnético: \Leftrightarrow Campo Magnético vezes área perpendicular.

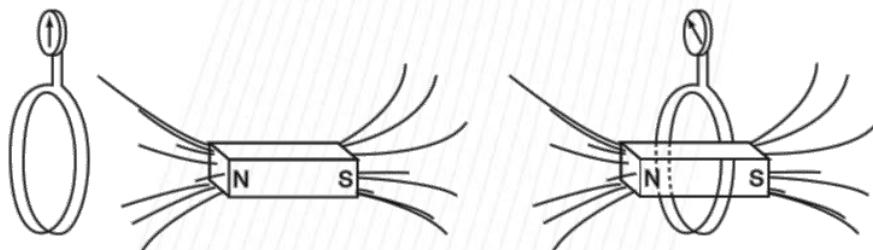
As imagens seguintes mostram uma série de experiências, que servem para deduzir a

Lei de Indução:

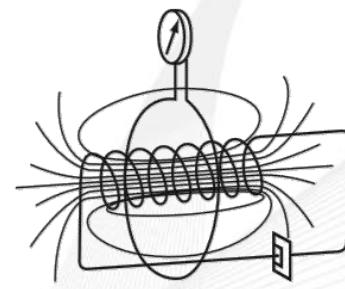
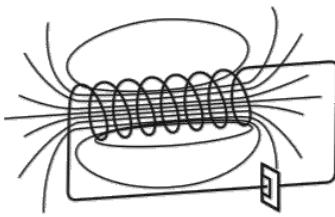
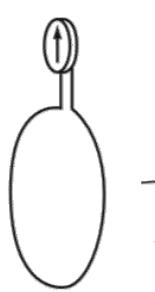


Se introduzirmos rapidamente a barra magnética na espira circular, o galvanómetro balístico acusa um impulso indutivo.

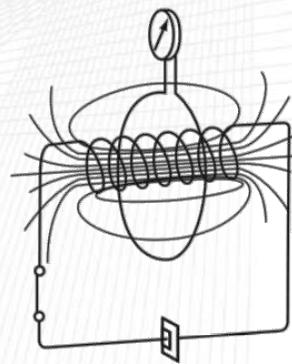
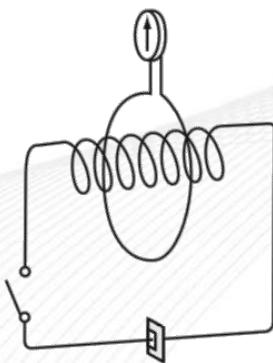
Um galvanómetro é um aparelho de medir tensões eléctricas.



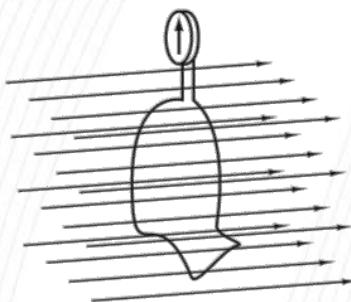
Se a espira for dupla, o desvio do galvanómetro balístico também duplica.



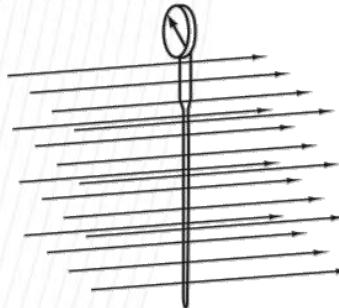
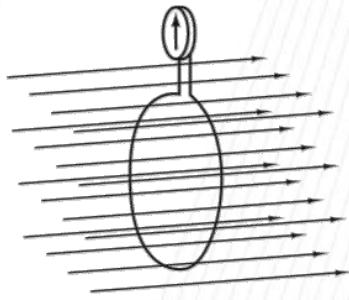
Uma bobina percorrida por uma corrente induz do mesmo modo que a barra magnética ao ser introduzida na espira.



O fechar do circuito provoca um desvio da agulha do galvanómetro no mesmo sentido do desvio que se observaria se se introduzisse a bobina na espira.



A rotação da espira no campo magnético também produz uma indução.



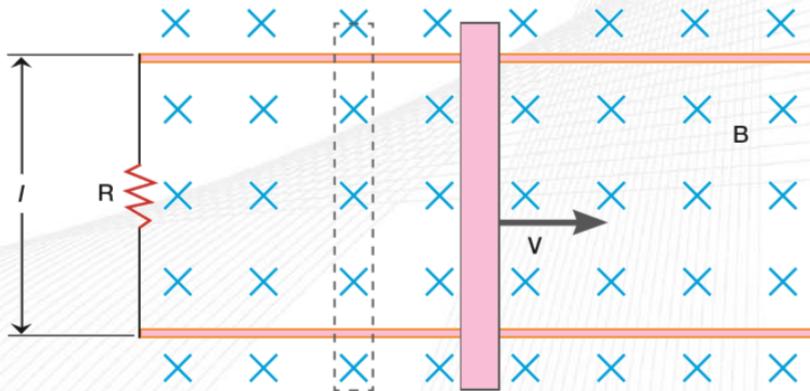
... tal como uma variação da área limitada pela mesma espira.

⇒ **Tensão induzida:** $U = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ = Variação do fluxo magnético por tempo Δt

Lei de Indução

Aplicação:

O fluxo magnético pode ser variado devido ao movimento de um condutor dentro de um campo magnético. A barra móvel é um condutor eléctrico (ver imagem em baixo).



Fluxo Magnético: $\Rightarrow \Phi = I.v.t.B$

Lei da Indução: $\Rightarrow U = I.v.B$

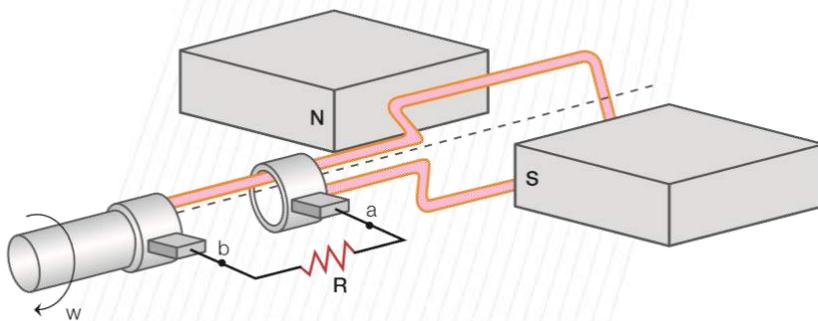
Exercícios

Uma barra de 40 cm de comprimento move-se com uma velocidade de 12 m/s perpendicularmente a um campo magnético de 3000 G. Calcula a tensão induzida.

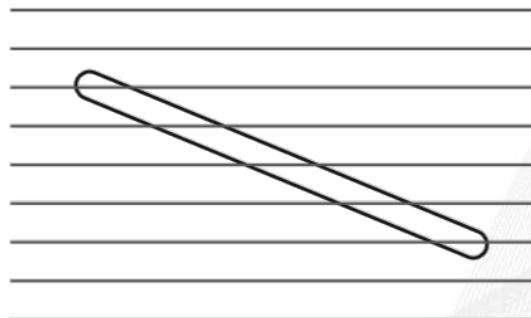
Solução: $U = 1,44V$

Aplicação: O Gerador

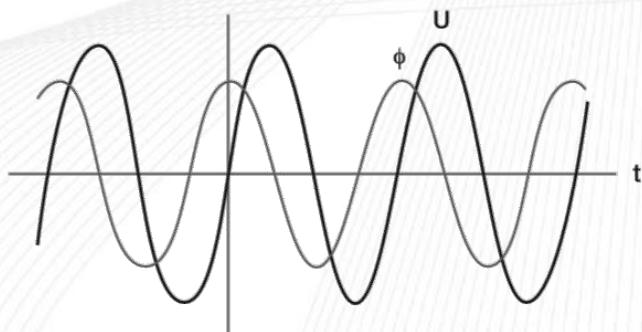
Um gerador é uma máquina que transforma trabalho mecânico para energia eléctrica.



A tensão eléctrica induzida pode ser aplicada a uma resistência R.



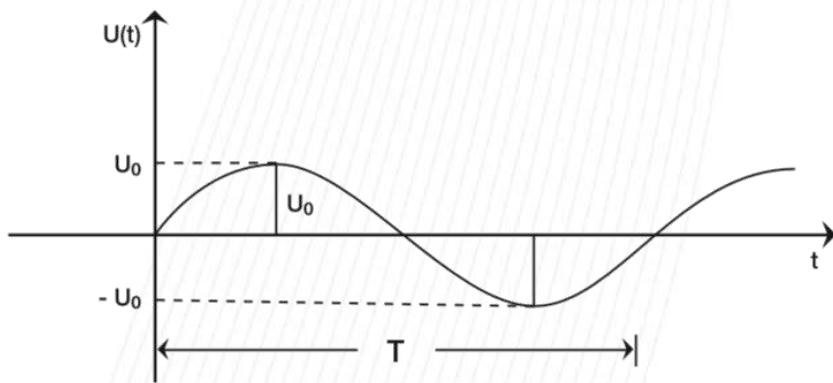
$$\phi = \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = AB \cos \alpha$$



Lei da indução $\Rightarrow U = B \cdot A \cdot \sin \alpha = B \cdot A \cdot \sin(\omega \cdot t)$ (tensão alternada)

Com $\omega = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{T}$, f = frequência, T = período do tempo (tempo que a bobina móvel faz para completar uma volta)

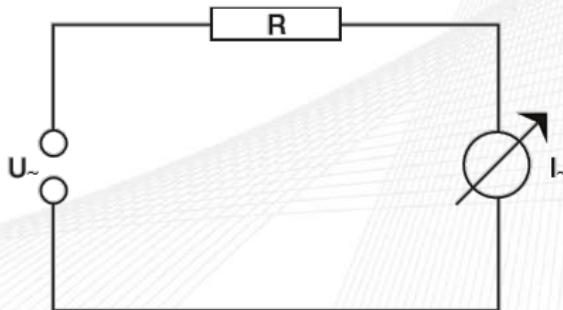
A tensão alterna varia a polaridade periodicamente. A tensão alterna da nossa rede eléctrica é produzida via indução.



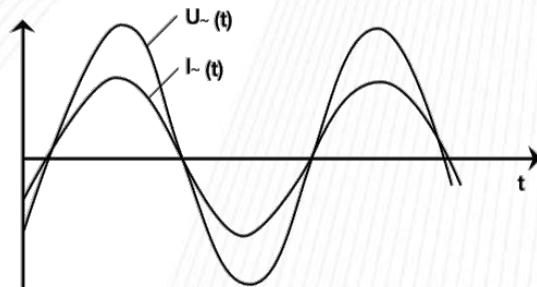
$$U(t) = U_0 \cdot \sin(\omega t), \text{ com } U_0 = 311V, f = 50Hz$$

Tensão efectiva: $U_{ef} := \frac{U_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_{ef} = 220V$

Observamos uma resistência ohmica:



Aplicamos a lei de Ohm: $U(t) = R \cdot I(t)$



$$I(t) = \frac{U_0}{R} \sin(\omega \cdot t + \varphi) = I_0 \sin(\omega \cdot t + \varphi) \text{ com } I_0 = \frac{U_0}{R}$$

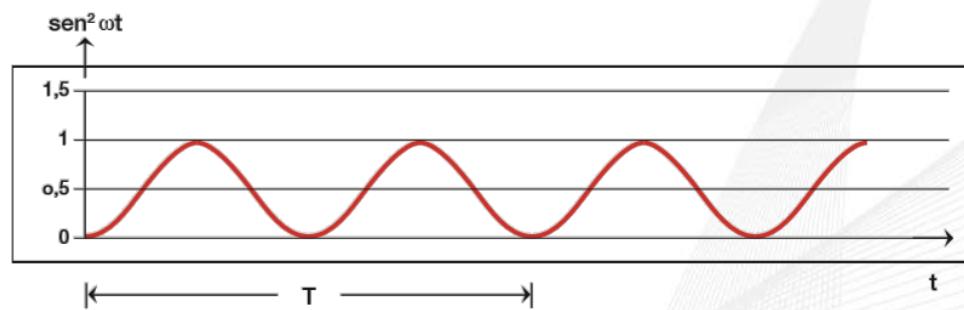
Lembramos das definições da tensão eléctrica e da potência eléctrica:

A tensão eléctrica $U := \varphi a - \varphi b = E \cdot \Delta l$.

$$\Rightarrow \text{Potência} = P = \text{Energia / tempo} = U \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta t} = U \cdot I$$

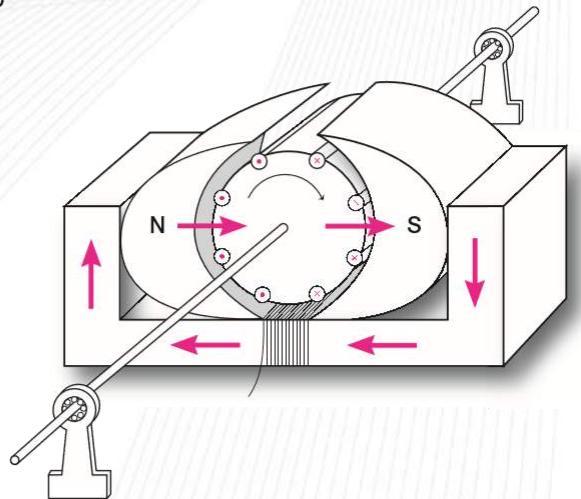
Unidade: $[P] = 1 V \cdot A = 1 W$ (Watt)

$$\Rightarrow P = U(t) \cdot I(t) = U_0 \cdot I_0 \cdot \sin^2(\omega t)$$



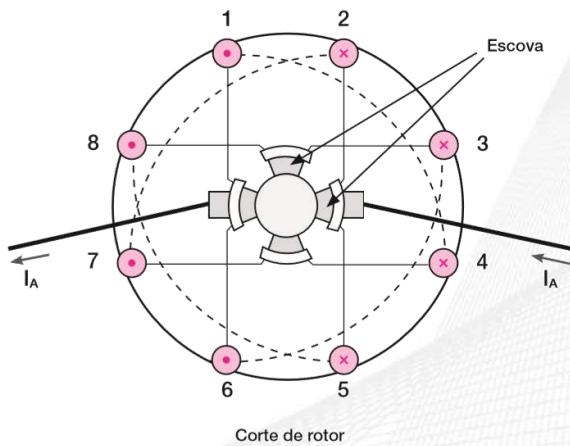
$$\Rightarrow \text{Potência média: } \bar{P} = \frac{1}{2} U_0 \cdot I_0 = U_{ef} \cdot I_{ef} \Leftrightarrow U_{ef} \frac{U_0}{\sqrt{2}} \wedge I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

Motor Eléctrico



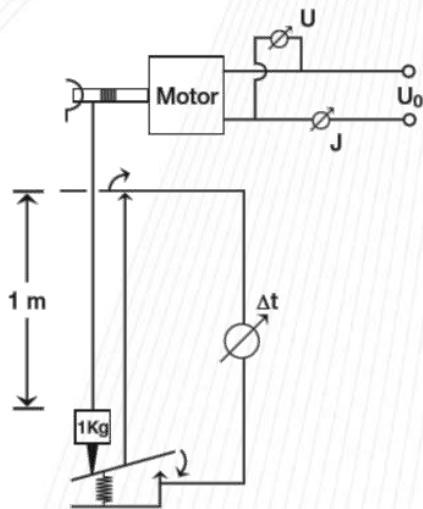
Um motor eléctrico é um gerador inverso. Consiste em uma parte móvel (o rotor) e uma parte fixa (o estator).

O estator e o rotor são ligados em paralelo ou em série por intermédio das escovas de fios de cobre.



As escovas contactam os segmentos do comutador, que varia a direcção da corrente das espiras do rotor.

Experiência: O peso de 1 kg é levantado 1 m com um motor eléctrico.



O motor trabalha primeiro sem peso. Corrente I_1 e tensão U_1 são determinadas. Depois o peso é levantado. A corrente I_2 e a tensão U_2 são medidas, como o tempo t necessário para levantar o peso.

Resultado: $U_1 = U_2 = U = 215V$

$$I_1 = 67,5 \text{ mA}$$

$$I_2 = 85 \text{ mA}$$

$$t = 2,66 \text{ s}$$

⇒ A variação da corrente $\Delta I = 17,5 \text{ mA}$,

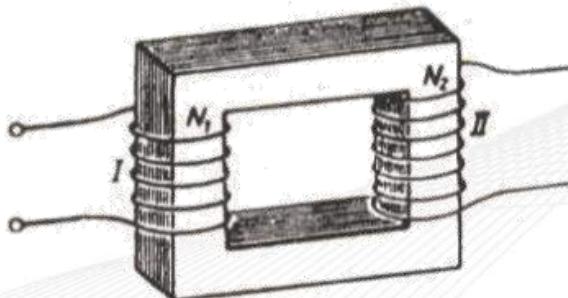
⇒ Energia eléctrica gasta para levantar o peso:

$$W_{el} = P \cdot t = 215V \cdot 0,0175 A \cdot 2,66s = 10,0 \text{ Ws}$$

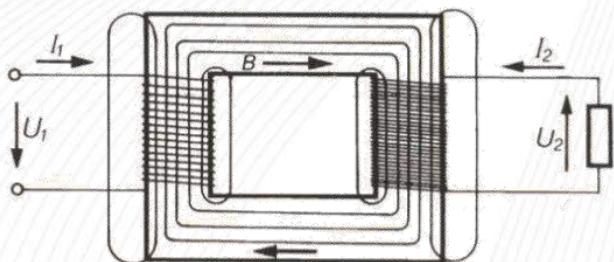
Energia potencial: $E_{pot}=1\text{kg} \cdot 1\text{m} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} = 9,81\text{N.m} = 9,81\text{wW}$

⇒ A energia eléctrica é transformada completamente para energia potencial.

O Transformador



Transformador



Tensões, correntes, campo e fluxo no transformador.

Um transformador é utilizado para variar a amplitude de uma corrente alterna sem modificar a sua frequência.

Lei da Indução: $U_1 = N_1 \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \wedge U_2 = -N_2 \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

(o fluxo magnético é a mesma nas duas bobinas)

$$\Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = -\frac{N_1}{N_2}$$

Exercício 1

Uma campainha funciona com 6V e uma corrente de 0,4 A. Para utilizar a tensão de rede (230V) um transformador com um circuito primário de 2000 espiras é implementado. a) Calcula o número das espiras de circuito secundário. b) Determina a corrente no circuito primário.

- a)** Calcula o número das espiras de circuito secundário.
- b)** Determina a corrente no circuito primário.

Solução:

$$\text{a)} N_2 = N_1 \frac{U_{2\text{eff}}}{U_{1\text{eff}}} = 2000 \cdot \frac{6V}{230V} = 52$$

$$\text{b)} \text{Potência } P_1 = P_2 \Rightarrow U_{1\text{eff}} \cdot I_{1\text{eff}} = U_{2\text{eff}} \cdot I_{2\text{eff}} \Rightarrow I_{1\text{eff}} = \frac{U_{2\text{eff}}}{U_{1\text{eff}}} \cdot I_{2\text{eff}} = \frac{6V \cdot 0,4A}{230V} = 0,01A$$

Exercício 2

Uma ligação de alta tensão tem uma resistência de $0,02 \Omega / \text{km}$. Calcula a perda da potência quando 200kW são transferidos para uma cidade de 10km distância para $U = 230V$ e $U = 4,4kV$.

Solução: a) $R = 0,02 \Omega / \text{km} \cdot 10\text{km} = 0,2 \Omega$.

$$I_{\text{eff}} = \frac{\bar{P}}{U_{\text{eff}}} = \frac{200000W}{230V} = 870A$$

Perda: $\bar{P}_R = I_{\text{eff}}^2 \cdot R = 151kW$

$$\text{b)} I_{\text{eff}} = \frac{200kW}{4,4kV} = 45A$$

Perda: $\bar{P}_R = 414W$

⇒ É favorável de transportar energia eléctrica utilizando tensões altas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Física; C. Gerthsen, Kneser, H. Vogel, Fundação Calouste Gulbenkian, 2. Edição, 1998
2. Das Neue Physikalische Grundpraktikum (O novo Laboratório da Física); H.J. Eichler, H.-D. Kronfeldt, J. Sahm; Springer-Verlag, 2001
3. Physik II, Elektromagnetische Wechselwirkungen (Física II, Interacções Electromagnéticas), Skriptum (Sebenta);
4. Prof. Althoff, Prof. Knop; Universidade Bona, 1970
5. Physik; Paul A. Tipler, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg-Berlin, Ed.1,2000