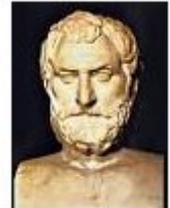


Eletricidade

O estudo da eletricidade originou-se de algumas observações realizadas aparentemente no século VI a.C., quando gregos teriam identificado os primeiros fenômenos elétricos. Ao que tudo indica, **Tales de Mileto** (624/5 AC – 556/8 AC), um filósofo, após ter atritado um pedaço de âmbar com pele de animal, verificou que o primeiro passou a atrair objetos leves, tais como a pena de uma ave.



Tales de Mileto



William Gilbert

Por alguns séculos, o estudo da eletricidade não evoluiu quase nada. No século XVI, **William Gilbert** (1544 – 1603), um médico inglês, verificou que não somente o âmbar, mas diversas substâncias se eletrizavam ao serem atritadas. Como em grego a palavra âmbar é *elektron*, ele chamou esses materiais de **elétricos**. Daí nasceu também o nome de **eletricidade** para esse ramo da Física.

O francês **Du Fay** verificou que havia dois tipos de eletricidade, seguinte experiência:

- Ao atritar o âmbar com um pedaço de lã, este se eletrizava e pedaço de âmbar igualmente eletrizado.
- Do mesmo modo, ao atritar o vidro com um pedaço de lã, este se repelia outro pedaço de vidro igualmente eletrizado.
- No entanto, o vidro eletrizado atraía o âmbar eletrizado. Assim se eletricidade do vidro de **vítrea** e a das demais substâncias de eletricidade



Du Fay

fazendo a repelia outro eletrizava e nomeou a **resinosa**.



Benjamin Franklin

Benjamin Franklin (1706 – 1790), um importante cientista do século XVIII, foi quem nomeou de **positiva** a eletricidade vítrea e de **negativa** a resinosa.

O modelo atômico e a carga elétrica

Sabemos hoje que a matéria é constituída por átomos e que estes, por sua vez, são formados por três tipos de partículas elementares: prótons, elétrons e nêutrons. Segundo o modelo atômico atual, podemos distinguir no átomo duas regiões distintas: um núcleo central e uma região que o envolve, a eletrosfera. O núcleo é uma região muito compacta, onde estão os prótons e os nêutrons. Na eletrosfera estão os elétrons, girando ao redor do núcleo numa trajetória não conhecida.



Átomo

Das partículas que constituem o átomo, o elétron foi a primeira a ser descoberta: em 1897; o próton foi descoberto em 1919, e o nêutron só em 1932. Em todos os átomos, o número de prótons é igual ao de elétrons. No entanto, o átomo de um elemento químico é diferente do átomo de outro elemento químico. Em cada um, encontramos uma quantidade particular de prótons e elétrons, que é o seu número atômico. Por exemplo:

- Um átomo de cobre tem 29 prótons e 29 elétrons.
- Um átomo de alumínio tem apenas 13 prótons e 13 elétrons.

Carga Elétrica

A carga elétrica é uma propriedade física fundamental que determina alguns fenômenos físicos e químicos. Existem dois tipos de carga, positiva e negativa, que em equilíbrio não são perceptíveis. Quando há tal igualdade ou equilíbrio de cargas em um corpo, diz-se que está eletricamente neutro, ou seja, está sem nenhuma carga líquida para interagir com outros corpos. Um corpo está carregado quando possui uma pequena quantidade de carga desequilibrada ou carga líquida. Objetos carregados interagem exercendo forças uns sobre os outros.

Todas as partículas elementares eletrizadas possuem diferentes cargas elétricas em valor absoluto. As partículas elementares são o próton, o elétron e o nêutron.



Unidade de medida

A unidade de medida de carga elétrica no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o **Coulomb (C)**, que recebeu este nome em homenagem ao físico francês **Charles Augustin de Coulomb** (1736-1806).

Pela **Lei de Coulomb**, duas cargas elétricas pontuais de 1 Coulomb separadas de um metro exercem uma sobre a outra uma força de 9×10^9 N, isto é, aproximadamente o peso de 900 000 toneladas, pois como a carga de uma partícula atômica é muito pequena ($1,6 \times 10^{-19}$ C) são necessários aproximadamente $6,25 \times 10^{18}$ elétrons para obter-se a carga total de 1 Coulomb. O Coulomb é, portanto, uma unidade de ordem de grandeza elevada para exprimir quantidades de cargas estáticas e utilizam-se geralmente seus submúltiplos microcoulomb (μC) ou nanocoulomb (nC).

microcoulomb $1\mu\text{C} = 10^{-6}$ C
 nanocoulomb $1\text{nC} = 10^{-9}$ C
 picocoulomb $1\text{pC} = 10^{-12}$ C

A carga elétrica do próton foi denominada carga elétrica elementar e seu valor é representado pelo símbolo **e**. Experimentalmente, determinou-se o valor de carga elétrica elementar:

$$e = 1,69774 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Para um conjunto de n elétrons, dizemos que a quantidade de eletricidade **Q** desse conjunto vale:

$$Q = -n \cdot e$$

Do mesmo modo, um conjunto de n prótons apresenta uma quantidade de eletricidade vale:

$$Q = +n \cdot e$$

Eletrização

Estudaremos três processos básicos de eletrização de corpos: o atrito, o contato e um que é decorrência da indução eletrostática.

- Eletrização por atrito

Ao atritarmos entre si duas substâncias diferentes, elas se eletrizam com cargas elétricas de sinais opostos. Isso se verifica com isolantes ou condutores de eletricidade. Como exemplo, esfreguemos um pano de lã sobre um pedaço de vidro. Este cederá elétrons para a lã e, desse modo, ficará eletrizado positivamente, enquanto a lã, negativamente.

- Eletrização por contato

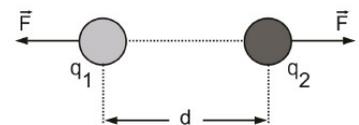
Para eletrizarmos um corpo metálico, podemos fazer uso de um outro corpo previamente eletrizado, encostando um no outro. Se encostarmos uma esfera de alumínio (neutra) em outra esfera de alumínio eletrizada negativamente, haverá passagem de elétrons da esfera eletrizada para a esfera neutra e, ao final, estarão ambas negativas. Na eletrização por contato os corpos ficarão com cargas elétricas de mesmo sinal.

- Eletrização por indução

A indução eletrostática é um fenômeno de separação de cargas elétricas de sinais contrários em um mesmo corpo. Esse tipo de eletrização ocorre quando aproximamos um corpo eletrizado de outro corpo neutro.

A Lei de Coulomb

No decorrer do século XVIII o acúmulo de experiências sobre fenômenos elétricos tornou evidente que o progresso da Eletrostática dependia da determinação quantitativa da força elétrica que corpos carregados exercem entre si. As experiências sobre esses fenômenos foram feitas por Coulomb em 1785 revelaram que:



- A intensidade da força entre os corpos eletrizados varia com o inverso do quadrado da distância entre eles e é diretamente proporcional ao produto dos valores absolutos das cargas.

- A constante de proporcionalidade k depende do meio que envolve os corpos eletrizados. Quando o meio é o vácuo, k , é denominado constante eletrostática e seu valor determinado experimentalmente, sendo $k \cong 9 \cdot 10^9$ unidades do SI.

A força exercida sobre uma carga é determinada pela expressão :

$$|F| = \frac{k \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{d^2} \quad [N]$$

, onde :

$K =$ Constante de Coulomb ou constante eletrostática $\cong 9 \cdot 10^9$ $[N \cdot m^2/C^2]$

CAMPO ELÉTRICO

Os efeitos elétricos que ocorrem nas proximidades de cargas elétricas são atribuídos à existência de um campo elétrico. Vejamos um exemplo concreto: se aproximarmos um dos nossos braços da tela de um televisor ligado, notaremos que seus pêlos ficam eriçados. Isso mostra que as cargas elétricas da tela do televisor geram um campo elétrico. Uma esfera eletrizada também gera à sua volta um campo elétrico. Podemos detectá-lo usando uma carga elétrica puntiforme como carga de prova. Assim que ela for colocada nas proximidades da esfera, surgirá nela uma força de origem elétrica, demonstrando a presença do campo elétrico. O campo elétrico possui intensidade, direção e sentido, ou seja, é uma grandeza vetorial.

$$E = \frac{k \cdot Q}{d^2} \quad [N/C] \text{ ou } [V/m] \text{ (SI)}$$

Módulo do campo elétrico

Usando a definição de campo elétrico é possível demonstrar que, num ponto P qualquer, o módulo campo elétrico, gerado por uma carga elétrica puntiforme Q, é dado por:

$$|E| = \frac{|F|}{Q} \quad [N/C]$$

Geralmente ao movimentarmos uma carga de prova por um campo elétrico, observamos que, em pontos diferentes, a carga de prova fica sujeita a diferentes intensidades de força elétrica.

Nessa expressão, $|F|$ é a força elétrica sobre a carga de prova (Q), no ponto considerado. No Sistema Internacional, temos: F em Newton (N), Q em Coulomb (C) e E em Newton/Coulomb (N/C).

Direção e sentido do campo elétrico

Para representar a direção e o sentido do campo elétrico, usamos duas formas: o vetor campo elétrico ou linhas orientadas, denominadas linhas de força. Quando o campo elétrico for criado por cargas elétricas **positivas**, ele terá, por convenção, um sentido de **afastamento**. Quando o campo elétrico for criado por cargas elétricas **negativas**, ele terá, por convenção, um sentido de **aproximação**.

Potencial elétrico

Potencial elétrico é a medida do nível de energia potencial associada a um ponto do campo elétrico, ou a capacidade que um corpo energizado tem de realizar trabalho, ou seja, atrair ou repelir outras cargas elétricas. Com relação a um campo elétrico interessa-nos a capacidade de realizar trabalho, associada ao campo em si, independentemente do valor da carga q colocada num ponto desse campo. Para medir essa capacidade, utiliza-se a grandeza potencial elétrico.

Para obter o potencial elétrico de um ponto, coloca-se nele uma carga de prova q e mede-se a energia potencial adquirida por ela. Essa energia potencial é proporcional ao valor de q. Portanto, o quociente entre a energia potencial e a carga é constante.

Esse quociente chama-se potencial elétrico do ponto. Ele pode ser calculado pela expressão:

$$V = \frac{E_p}{q} \quad [J/C] = [V]$$

ou

$$V = k \cdot \frac{Q}{d} \quad [J/C] = [V]$$

, onde

V é o potencial elétrico,
Ep a energia potencial e q é a carga.

A unidade no S.I. é J/C = V (volt)

Tensão elétrica

Tensão elétrica é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos. Sua unidade de medida é o volt, em homenagem ao físico italiano **Alessandro Giuseppe Volta** (1745 - 1827). Por outras palavras, a tensão elétrica é a "força" responsável pela movimentação de elétrons. O potencial elétrico mede a força que uma carga elétrica experimenta no seio de um campo elétrico, expressa pela lei de Coulomb, portanto a tensão é a tendência que uma carga tem de ir de um ponto para o outro. Normalmente toma-se um ponto que se considera de tensão zero e mede-se a tensão do resto dos pontos relativos a este.



Alessandro Giuseppe Volta
(1745 - 1827)

Para facilitar o entendimento da tensão elétrica pode-se fazer um paralelo desta com a pressão hidráulica. Quanto maior a diferença de pressão hidráulica entre dois pontos, maior será o fluxo, caso haja comunicação entre estes dois pontos. O fluxo (que em eletrodinâmica seria a corrente elétrica) será assim uma função da pressão hidráulica (tensão elétrica) e da oposição à passagem do fluido (resistência elétrica).

Corrente elétrica

Na Física, corrente elétrica é o fluxo ordenado de partículas portadoras de carga elétrica. Sabe-se que, microscopicamente, as cargas livres estão em movimento aleatório devido à agitação térmica.

Apesar desse movimento desordenado, ao estabelecermos um campo elétrico na região das cargas, verifica-se um movimento ordenado que se apresenta superposto ao primeiro. Esse movimento recebe o nome de movimento de deriva das cargas livres.

Raios são exemplos de corrente elétrica, bem como o vento solar, porém a mais conhecida, provavelmente, é a do fluxo de elétrons através de um condutor elétrico, geralmente metálico.

O símbolo convencional para representar a intensidade de corrente elétrica (ou seja, a quantidade de carga Q que flui por unidade de tempo t) é o I , original do alemão Intensität, que significa intensidade.

$$I = \frac{Q}{t} \quad [C/s] = [A]$$



André Marie Ampère

A unidade padrão no SI para medida de intensidade de corrente é o Ampère [A], em homenagem ao matemático e físico francês **André Marie Ampère** (1775 - 1836).

Uma corrente elétrica igual a 1 [A] indica uma quantidade de carga igual a 1 Coulomb [C] circulando no tempo de 1 segundo [s].

Exercícios

01. (UNITAU) Numa secção reta de um condutor de eletricidade, passam 12 C a cada minuto. Nesse condutor, a intensidade da corrente elétrica, em ampères, é igual a:
 - a) 0,08
 - b) 0,20
 - c) 5,0
 - d) 7,2
 - e) 12

02. Pela secção reta de um fio, passam $5,0 \cdot 10^{18}$ elétrons a cada 2,0s. Sabendo-se que a carga elétrica elementar vale $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, pode-se afirmar que a corrente elétrica que percorre o fio tem intensidade:
 - a) 500 mA
 - b) 800 mA
 - c) 160 mA
 - d) 400 mA
 - e) 320 mA

03. O filamento incandescente de uma válvula eletrônica, de comprimento igual a 5cm, emite elétrons numa taxa constante de $2 \cdot 10^{16}$ elétrons por segundo e por centímetro de comprimento. Sendo o módulo da carga do elétron igual a $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, qual intensidade da corrente emitida?

04. Para uma corrente elétrica de intensidade constante e relativamente pequena (alguns ampéres), qual o valor mais próximo do módulo da velocidade média dos elétrons que compõem a nuvem eletrônica móvel, em um condutor metálico?
- a) 300.000km/s
 - b) 340m/s
 - c) 1m/s
 - d) 1cm/s
 - e) 1mm/s
05. (UNISA) A corrente elétrica nos condutores metálicos é constituída de:
- a) Elétrons livres no sentido convencional.
 - b) Cargas positivas no sentido convencional.
 - c) Elétrons livres no sentido oposto ao convencional.
 - d) Cargas positivas no sentido oposto ao convencional.
 - e) Íons positivos e negativos fluindo na estrutura cristalizada do metal.
06. (UNITAU) Numa secção transversal de um fio condutor passa uma carga de 10 C a cada 2,0s. A intensidade da corrente elétrica neste fio será de:
- a) 5,0mA
 - b) 10mA
 - c) 0,50A
 - d) 5,0A
 - e) 10A
07. Uma corrente elétrica de intensidade 16A percorre um condutor metálico. A carga elétrica elementar é $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C. O número de elétrons que atravessam uma secção transversal desse condutor em 1,0 min é de:
- a) $1,0 \cdot 10^{20}$
 - b) $3,0 \cdot 10^{21}$
 - c) $6,0 \cdot 10^{21}$
 - d) 16
 - e) $8,0 \cdot 10^{19}$
08. (AFA) Num fio de cobre passa uma corrente contínua de 20A. Isso quer dizer que, em 5,0s, passa por uma secção reta do fio um número de elétrons igual a:
- a) $1,25 \cdot 10^{20}$
 - b) $3,25 \cdot 10^{20}$
 - c) $4,25 \cdot 10^{20}$
 - d) $6,25 \cdot 10^{20}$
 - e) $7,00 \cdot 10^{20}$
09. (FATEC) Sejam as afirmações referentes a um condutor metálico com corrente elétrica de 1A:
- I. Os elétrons deslocam-se com velocidade próxima à da luz.
 - II. Os elétrons deslocam-se em trajetórias irregulares, de forma que sua velocidade média é muito menor que a da luz.
 - III. Os prótons deslocam-se no sentido da corrente e os elétrons em sentido contrário.
- É(são) correta(s):
- a) I
 - b) I e II
 - c) II
 - d) II e III
 - e) I e III
10. (UFMG) Uma lâmpada fluorescente contém em seu interior um gás que se ioniza após a aplicação de alta tensão entre seus terminais. Após a ionização, uma corrente elétrica é estabelecida e os íons negativos deslocam-se com uma taxa de $1,0 \times 10^{18}$ íons / segundo para o pólo A. Os íons positivos deslocam-se, com a mesma taxa, para o pólo B. Sabendo-se que a carga de cada íon positivo é de $1,6 \times 10^{-19}$ C, pode-se dizer que a corrente elétrica na lâmpada será:
- a) 0,16A
 - b) 0,32A
 - c) $1,0 \times 10^{18}$ A
 - d) nula
 - e) n.d.a.

Condutores e isolantes

Em determinados meios materiais as cargas elétricas se movimentam com relativa facilidade e são denominadas de **elétrons livres**. São os condutores de eletricidade.

Quando as cargas elétricas encontram dificuldade para se movimentar, dizemos que o meio é isolante, e nesse caso a quantidade de elétrons livres no material é muito pequena, ou seja, a característica de um material em ser condutor ou isolante está relacionada com a quantidade de elétrons livres presentes no mesmo. Os materiais condutores, na sua maioria, são metais, possuindo um grande número de elétrons livres. É exemplo, além dos metais, (ouro, prata, cobre, alumínio, bronze, etc.) é o grafite, que é um material condutor não metálico.

Nos materiais isolantes, como a borracha, o vidro, a lã, os plásticos, a carga elétrica tem enorme dificuldade para se movimentar e, por isso, eles são considerados isolantes.

Os materiais mais utilizados para aplicações elétricas são :

- Cobre - Fios e cabos elétricos.
- Alumínio - Fios e cabos elétricos (possui resistividade maior do que a do cobre, mas devido ao seu menor custo e peso é muito utilizado em cabos de redes de distribuição de energia elétrica).
- Ouro - Conectores eletrônicos muitas vezes recebem um banho de ouro, pois é um material que dificilmente sofre oxidação, melhorando o contato entre os componentes.
- Prata, níquel e cromo - Utilizados em contatos elétricos (relés, contadores e chaves comutadoras) devido à sua alta dureza (resistem bem ao atrito) e alto ponto de fusão (suportam altas temperaturas).
- Bronze - (Liga de estanho + cobre) Suportes e estruturas de sustentação em redes de distribuição elétrica.
- Latão - (Liga de zinco + cobre) conectores elétricos (plugues, tomadas, interruptores, etc.).

- Papel e algodão - Materiais isolantes usados em componentes elétricos/eletrônicos, normalmente impregnados por óleo mineral ou resina. Foram muito utilizados antigamente como isolantes de fios e cabos elétricos, mas foram substituídos por serem materiais inflamáveis.
- Óleo mineral - Usado para isolar e refrigerar equipamentos elétricos em redes de distribuição de energia elétrica. Impede a abertura de arco-voltáico em transformadores, reguladores de tensão, seccionadores, etc.
- PVC - (cloreto de polivinila) Isolante de fios e cabos elétricos. Especificado para temperaturas de até 70 °C.
- XLPE - (Cross-Linked Poly-Ethylene) Polietileno reticulado. Isolante de fios e cabos elétricos. Especificado para temperaturas de até 90 °C. Utilizado em cabos de média tensão (MT).
- EPR - (EthenPropeen-Rubber) Borracha sintética de etileno-propileno. Isolante de fios e cabos elétricos. Especificado para temperaturas de até 105 °C. Utilizado em cabos de média tensão (MT).

Unidades de medida de grandezas físicas

Uma das maiores necessidades durante o estudo da física é medir e representar suas grandezas, porém, muitas vezes, a unidade utilizada é grande demais ou pequena demais diante do valor obtido na medição. Isso resulta em valores numéricos absurdamente grandes ou pequenos. Imagine escrever a distância entre estrelas em **metros**, ou então, o diâmetro de células utilizando a mesma unidade. Nesses casos torna-se necessário ajustar a unidade ao valor numérico obtido, ou então utilizar uma unidade de medida mais adequada.

Um recurso muito utilizado é a conversão das unidades, utilizando seus múltiplos e submúltiplos. Na tabela abaixo podemos observar os principais múltiplos e submúltiplos utilizados na física:

	Símbolo	Nome	Potência	Equivalência	
Múltiplo	T	Tera	10^{12}	1.000.000.000.000	trilhão
	G	Giga	10^9	1.000.000.000	bilhão
	M	Mega	10^6	1.000.000	milhão
	K	Quilo	10^3	1.000	mil
Un. Fundam.			10^0	1	Um
Submúltiplo	m	mili	10^{-3}	0,001	milésimo
	μ	micro	10^{-6}	0,000001	milionésimo
	n	nano	10^{-9}	0,000000001	bilionésimo
	p	pico	10^{-12}	0,000000000001	trilionésimo

Observe que a diferença entre cada uma das linhas da tabela é sempre mil (1000 ou 10^3), ou seja, cada valor é mil vezes menor do que o valor imediatamente abaixo, ou seja, para converter um valor para um múltiplo acima basta dividir o valor abaixo por mil ou deslocar a sua vírgula 3 casas para a esquerda.

Exemplo - : 5.700 m (unidade fundamental) = $5,7 \text{ Km}$ (quilômetros)

É importante salientar que o valor numérico representado sempre será o mesmo, mudando apenas a sua forma de representação, já que:

$$5.700.000 \text{ mm} = 5.700 \text{ m} = 5,7 \text{ Km.}$$

Podemos também utilizar a respectiva potência de base 10:

$$5.700.000 \text{ mm} = 5,7 \times 10^6 \text{ mm} = 5,7 \times 10^3 \text{ m} = 5,7 \times 10^0 \text{ Km} \text{ ou } 5,7 \text{ Km}$$

Observe que cada vez que subimos na tabela, subtraímos 3 unidades no expoente da base 10. Para descer basta fazer o processo inverso :

Exemplo - : $0,00034 \text{ m}$ ou $0,00034 \times 10^0 \text{ m} = 0,34 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,34 \text{ mm} = 340 \times 10^{-6} \text{ m} = 340 \mu\text{m}$

Exercícios

- | | |
|--|--|
| 1) $0,0058 \text{ A} = \text{_____ mA} = 580 \cdot 10 \text{ — A}$ | 17) $38 \text{ mV} = \text{_____ V} = 38 \cdot 10 \text{ — V}$ |
| 2) $0,13 \text{ uF} = \text{_____ nF} = 130 \cdot 10 \text{ — F}$ | 18) $330 \text{ KpF} = \text{_____ uF} = 330 \cdot 10 \text{ — F}$ |
| 3) $27 \text{ uA} = \text{_____ A} = 27 \cdot 10 \text{ — A}$ | 19) $138000 \text{ V} = \text{_____ KV} = 138 \cdot 10 \text{ — V}$ |
| 4) $85 \text{ mV} = \text{_____ V} = 850 \cdot 10 \text{ — V}$ | 20) $0,0000049 \text{ A} = \text{_____ uA} = 49 \cdot 10 \text{ — A}$ |
| 5) $470 \text{ KpF} = \text{_____ uF} = 470 \cdot 10 \text{ — F}$ | 21) $0,0006 \text{ mA} = \text{_____ nA} = 6 \cdot 10 \text{ — A}$ |
| 6) $13800 \text{ V} = \text{_____ KV} = 138 \cdot 10 \text{ — V}$ | 22) $2,8 \text{ mV} = \text{_____ uV} = 280 \cdot 10 \text{ — V}$ |
| 7) $47 \text{ pF} = \text{_____ nF} = 47 \cdot 10 \text{ — F}$ | 23) $680 \text{ KpF} = \text{_____ nF} = 68 \cdot 10 \text{ — F}$ |
| 8) $0,15 \text{ mA} = \text{_____ A} = 150 \cdot 10 \text{ — A}$ | 24) $2,354 \text{ A} = \text{_____ mA} = 23,54 \cdot 10 \text{ — A}$ |
| 9) $0,0000033 \text{ A} = \text{_____ uA} = 33 \cdot 10 \text{ — A}$ | 25) $1,7 \text{ MW} = \text{_____ KW} = 17 \cdot 10 \text{ — W}$ |
| 10) $5,128 \text{ A} = \text{_____ mA} = 51,28 \cdot 10 \text{ — A}$ | 26) $94,3 \text{ MHz} = \text{_____ KHz} = 943 \cdot 10 \text{ — Hz}$ |
| 11) $3,7 \text{ MW} = \text{_____ KW} = 370 \cdot 10 \text{ — W}$ | 27) $1,21 \text{ GW} = \text{_____ MW} = 121 \cdot 10 \text{ — W}$ |
| 12) $165 \text{ mA} = \text{_____ A} = 16,5 \cdot 10 \text{ — A}$ | 28) $1330000 \text{ mV} = \text{_____ V} = 133 \cdot 10 \text{ — V}$ |
| 13) $0,00023 \text{ A} = \text{_____ mA} = 230 \cdot 10 \text{ — A}$ | 29) $0,0000001 \text{ F} = \text{_____ uF} = 1 \cdot 10 \text{ — F}$ |
| 14) $0,22 \text{ uF} = \text{_____ nF} = 220 \cdot 10 \text{ — F}$ | 30) $0,0000000022 \text{ GHz} = \text{_____ Hz} = 220 \cdot 10 \text{ — Hz}$ |
| 15) $27 \text{ uA} = \text{_____ A} = 27 \cdot 10 \text{ — mA}$ | 31) $125 \text{ mA} = \text{_____ A} = 125 \cdot 10 \text{ — A}$ |
| 16) $2,5 \text{ MW} = \text{_____ KW} = 25 \cdot 10 \text{ — W}$ | 32) $0,06 \text{ A} = \text{_____ mA} = 60 \cdot 10 \text{ — A}$ |

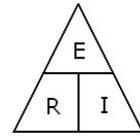
Primeira Lei de Ohm

A primeira Lei de Ohm afirma que, A corrente elétrica (I) em um corpo condutor é inversamente proporcional à sua resistência (R) e diretamente proporcional à tensão aplicada (E).

$$I = \frac{E}{R} \quad \text{ou} \quad E = R \cdot I$$

Onde:

E : representa a tensão (ddp).
R: a resistência do resistor ou condutor.
I: corrente elétrica.



Triângulo da Lei de Ohm

A resistência (R) é uma constante de proporcionalidade que tem como unidade do SI o ohm (Ω), em homenagem ao físico George Simon Ohm que propôs a lei. Uma outra unidade também muito utilizada é a condutância (G), que nada mais é do que o inverso da resistência \mathcal{R} , ou o recíproco da mesma. Sua unidade de medida é chamada de Siemens, também sendo chamada de mho ou Ω^{-1} (pelo fato de ser o inverso da resistência). É definida da seguinte forma:

$$G = \frac{1}{R} \quad [S] \quad \text{ou} \quad [\Omega^{-1}]$$

Georg Simon Ohm nasceu em Erlangen, Alemanha em 1789. Trabalhou em diversos experimentos envolvendo a eletricidade e, na grande maioria, desenvolvia seus próprios equipamentos. Em 1827 estabeleceu a relação descrita acima e conhecida até hoje como a 1ª Lei de Ohm. Ohm faleceu em 6 de Julho de 1854 em Munique.



Georg Simon Ohm

Segunda lei de Ohm

Esta lei descreve as grandezas que influenciam na resistência elétrica de um condutor, conforme cita seu enunciado:

A resistência de um condutor homogêneo de seção transversal constante é proporcional ao seu comprimento e da natureza do material de sua construção, e é inversamente proporcional à área de sua seção transversal. Em alguns materiais também depende de sua temperatura.

Sendo expressa por:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Onde:

ρ = resistividade, depende do material do condutor e de sua temperatura.

l = largura do condutor

A= área da seção transversal.

Como a unidade de resistência elétrica é o ohm (Ω), então a unidade adotada pelo SI para a resistividade é.

$$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \quad \text{ou} \quad [\Omega \cdot \text{m}]$$

Nos materiais metálicos, a resistividade tende a aumentar com o aumento da temperatura, pois, com o aumento da vibração dos átomos, torna-se mais difícil a travessia das cargas pela sua estrutura.

O aumento da resistividade pode ser calculado pela expressão mostrada abaixo:

$$\rho_f = \rho_0 (1 + \alpha \Delta\theta)$$

Onde:

ρ_f = Resistividade do material à temperatura desejada.

ρ_0 = Resistividade do material a 20 °C (tabelada).

α = Coeficiente de temperatura. [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]

$\Delta\theta$ = Variação de temperatura em relação à tabela.

Eletricidade Básica

A tabela abaixo mostra as características de resistividade (ρ), condutância (G) e coeficiente de temperatura dos principais materiais utilizados para fins elétricos.

Características dos principais condutores (20 °C)			
Material	$\rho - \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	Condut. - S.m/mm ²	$\alpha - ^\circ\text{C}^{-1}$
Alumínio	0,0292	34,2	0,0039
Bronze	0,067	14,9	0,002
Cobre puro	0,0162	61,7	0,00382
Cobre duro	0,0178	56,1	0,00382
Cobre recoz.	0,0173	58,1	0,00382
Constantan	0,5	2	0,00001
Estanho	0,115	8,6	0,0042
Grafite	13	0,07	0,0005
Ferro puro	0,096	10,2	0,0052
Latão	0,067	14,9	0,002
Manganina	0,48	2,08	0
Merúrio	0,96	1,0044	0,00089
Nicromo	1,1	0,909	0,00013
Níquel	0,087	10,41	0,0047
Ouro	0,024	43,5	0,0034
Prata	0,00158	62,5	0,0038
Platina	0,106	9,09	0,0025
Tungstênio	0,055	18,18	0,0041
Zinco	0,056	17,8	0,0038

Exercícios

- 1) Determine a área de seção transversal de um fio de alumínio de 30 Km cuja resistência elétrica é igual a 333,6 Ω a 20 °C.

Como a temperatura é de 20 °C, então utilizaremos o valor da resistividade da tabela $\rho = 0,0292 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

Cuidado! Não se esqueça de converter o comprimento para metro.

$$R = \frac{\rho L}{A} \rightarrow A = \frac{\rho L}{R} = \frac{0,0292 \cdot 30000}{333,6} \quad \cdot \quad A = 2,63 \text{ mm}^2$$

- 2) Determine o comprimento de um fio de cobre de seção igual a 1 mm² cuja resistência elétrica é igual a 5 Ω a 20 °C.

$$R - L = 289 \text{ m}$$

- 3) Considerando um condutor de cobre de 50 Km de comprimento, seção transversal de 1,0 mm² a 60 °C, determine:

- a) A resistividade a 60 °C
 b) A resistência a 20 °C
 c) A resistência a 60 °C

$$\Delta\theta = \theta_F - \theta_0, \text{ então}$$

$$\Delta\theta = 60 - 20$$

$$\Delta\theta = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Cobre : $\rho = 0,0173 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (20 °C)
 $\alpha = 0,0038 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

a) $\rho_F = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$
 $\rho_F = 0,0173 \cdot (1 + 0,0038 \cdot 40)$

$\rightarrow \rho_F = 0,0173 \cdot (1 + 0,152)$
 $\rho_F = 0,0173 \cdot 1,152$

b) $R = \frac{\rho L}{A} = \frac{0,0173 \cdot 50000}{1}$

c) $R = \frac{\rho L}{A} = \frac{0,0199 \cdot 50000}{1}$

Cuidado! Primeiro multiplique

$$\rho_F = 0,0199 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

$$R = 865 \Omega$$

$$R = 995 \Omega$$

- 4) Considerando um condutor de alumínio de 35 Km de comprimento, seção transversal 2,5 mm² a 80 °C, determine:

- a) A resistividade a 80 °C
 b) A resistência a 20 °C
 c) A resistência a 80 °C

Alumínio: $\rho = 0,0292 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (20 °C)
 $\alpha = 0,0039 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

$$R - \rho_{80} = 0,0360 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} - R_{20} = 408 \Omega - R_{80} = 504 \Omega$$

Potência e Energia

O conceito físico de energia está relacionado com a capacidade de realizar trabalho, ou seja, efetuar alguma modificação no meio, como transformações mecânicas, térmicas, etc. Então, para realizar qualquer modificação no meio que nos cerca é necessário algum tipo de energia. A unidade de medida de energia utilizada no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o Joule [J]. Além do Joule, são utilizadas outras unidades como a caloria [cal], quilocaloria [kcal], Btu (British Thermal Unit), etc. Uma caloria [cal] de energia é capaz de aquecer 1 g de água em 1 °C. A dieta média de um indivíduo adulto requer aproximadamente 2500 Kcal.

Podemos utilizar as relações : 1 cal \cong 4,186 J 1 Btu \cong 1055 J

A idéia de potencia esta relacionada com a transformação de energia. Um certo equipamento será mais potente quanto maior for a sua capacidade de transformar energia por unidade de tempo. A unidade de medida de energia no SI é o Watt [W] em homenagem ao escocês **James Watt** (1736 – 1819), inventor da máquina a vapor. Devido ao referencial da época, as unidades de potencia eram comparações com a força dos cavalos utilizados na tração animal.



James Watt

1 HP (Horse Power) \cong 746 W 1 CV (Cavalo Vapor) \cong 736 W

Podemos estabelecer então a relação de potência:

$$P = \tau \cdot t$$

Onde,

P = Potencia em Watts [W]

τ = Trabalho ou Energia em Joules [J]

t = tempo em segundos [s]

Potência Elétrica

A maioria dos equipamentos elétricos de alta potência faz a transformação da energia elétrica em calor (Resistores) ou em energia mecânica (motores elétricos). A potência elétrica é diretamente proporcional à tensão e à corrente em um determinado equipamento. Dessa forma:

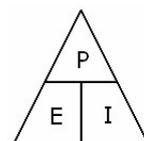
$$P = E \cdot I$$

Onde,

P = Potencia em Watts [W]

E = Tensão elétrica em Volts [V]

I = Corrente elétrica em Ampéres [A]



Triângulo de Potência

Combinando a Lei de Ohm com a relação de potência, podemos conseguir outras duas expressões:

Sabendo que $V = R \cdot I$ e que $I = E/R$ (Lei de Ohm) substituímos essas relações na expressão de potência, obtendo:

$$P = \frac{E^2}{R}$$

$$P = R \cdot I^2$$

Essas duas expressões são bastante úteis quando possuímos o valor da resistência e não temos o valor da tensão ou da corrente, permitindo que seja feito apenas um cálculo para chegar ao valor da potência elétrica.

Exercícios

1. (Direito.C.L. -97) Considerando uma lâmpada incandescente, de 60 watts e 120 volts, todas as afirmativas estão corretas, exceto:

- a. a lâmpada converte em 1,0h cerca de $2,2 \times 10^5$ joules de energia elétrica em luz e calor
- b. a resistência elétrica da lâmpada acesa vale $2,4 \times 10^2 \Omega$.
- c. a potência elétrica dissipada pela lâmpada, sob uma tensão de 90 volts, é menor do que 60 watts.
- d. a resistência da lâmpada é a mesma, quer esteja acesa, quer esteja apagada.
- e. a intensidade da corrente, na lâmpada acesa, é de 0,50 A.

2. (Direito.C.L. -96) Uma barra de certo metal tem resistência R. Se fundirmos esta barra e, com o mesmo material, construirmos outra, de comprimento duplo, ela terá uma resistência:

- a. R/2
- b. R
- c. 2R
- d. 4R
- e. 8R

3. (UNIPAC 97) Com um fio de material ôhmico e 3,5 m de comprimento pode-se construir uma resistência elétrica de 10,5W . Se utilizarmos 7,0 m deste mesmo fio e o submetermos a uma diferença de potencial de 42 volts, pode-se afirmar que será percorrido por uma corrente igual a:

- a. 1,0A
- b. 2,0A
- c. 3,0A
- d. 4,0A

4. (UFMG 97) Uma lâmpada fluorescente contém em seu interior um gás que se ioniza após aplicação de alta tensão entre seus terminais. Após a ionização, uma corrente elétrica é estabelecida e os íons negativos deslocam-se com uma taxa de $1,0 \times 10^{18}$ íons/segundo.

Sabendo-se que a carga de cada íon positivo é de $1,6 \times 10^{-19}$ C, pode-se dizer que a corrente elétrica na lâmpada será:

- a. 0,16 A
- b. 0,32 A
- c. $1,0 \times 10^{18}$ A
- d. nula.

5. (FUNREI 97) Um chuveiro elétrico, ligado em 120V, é percorrido por uma corrente elétrica de 10A, durante de 10 minutos. Quantas horas levaria uma lâmpada de 40W, ligada nesta rede, para consumir a mesma energia elétrica que foi consumida pelo chuveiro?

- a. 6 horas
- b. 5 horas
- c. 4 horas
- d. 3 horas

6. (PUC RS 98) Um condutor elétrico tem comprimento L, diâmetro D e resistência elétrica R. Se duplicarmos seu comprimento e diâmetro, sua nova resistência elétrica passará a ser

- a. R
- b. 2R
- c. R/2
- d. 4R
- e. R/4

7. (PUC RS 98) Se a resistência elétrica de um chuveiro é reduzida à metade, mantendo-se constante a vazão, a temperatura da água

- a. aumenta, porque aumenta a corrente.
- b. aumenta, porque diminui a corrente.
- c. diminui, porque diminui a corrente.
- d. permanece a mesma, porque a potência não foi alterada.
- e. permanece a mesma, porque a tensão não foi alterada.

8. (PUC RS 98) Um automóvel possui uma bateria de 12V de força eletromotriz . Quando a chave de ignição do automóvel é acionada, a bateria fornece uma corrente elétrica de 60A, durante 2s, ao motor de arranque. A energia fornecida pela bateria, em joules, é de

- a. 360
- b. 720
- c. 1000
- d. 1440
- e. 2000

9. (UFMG 99). Duas lâmpadas foram fabricadas para funcionar sob uma diferença de potencial de 127 V. Uma delas tem potência de 40 W, resistência R_1 e corrente i_1 . Para a outra lâmpada, esses valores são, respectivamente, 100 W, R_2 e i_2 .

Assim sendo, é **CORRETO** afirmar que

- a. $R_1 < R_2$ e $i_1 > i_2$.
- b. $R_1 > R_2$ e $i_1 > i_2$.
- c. $R_1 < R_2$ e $i_1 < i_2$.
- d. $R_1 > R_2$ e $i_1 < i_2$.

10. (UFMG 99) A figura mostra um cabo telefônico. Formado por dois fios, esse cabo tem comprimento de 5,00 km.



Constatou-se que, em algum ponto ao longo do comprimento desse cabo, os fios fizeram contato elétrico entre si, ocasionando um curto-circuito. Para descobrir o ponto que causa o curto-circuito, um técnico mede as resistências entre as extremidades **P** e **Q**, encontrando $20,0 \Omega$, e entre as extremidades **R** e **S**, encontrando $80,0 \Omega$.

Com base nesses dados, é **CORRETO** afirmar que a distância das extremidades **PQ** até o ponto que causa o curto-circuito é de

- a. 1,25 km.
- b. 4,00 km.
- c. 1,00 km.
- d. 3,75 km.

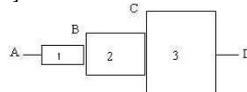
11. Um ferro elétrico de resistência R consome uma potência elétrica P quando ligado a uma rede de 220V. Para que outro ferro ligado a uma rede de 110V consuma a mesma potência P , ele deve ter resistência R' tal que

- a. $R/4$
- b. $R/2$
- c. R
- d. $2R$
- e. $4R$

12. Uma lâmpada tem as seguintes especificações: 127 V - 100 W. Se esta lâmpada é acesa durante 30 dias, 24 horas por dia, a energia elétrica consumida será:

- a. 100 kwh
- b. 86,4 kwh
- c. 127 kwh
- d. 72 kwh
- e. 12,7 kwh

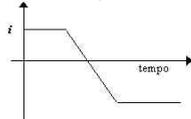
13. (PUC MG 98) Um condutor é formado por três seções cilíndricas de mesmo comprimento e raios, respectivamente, R , $2R$ e $3R$.



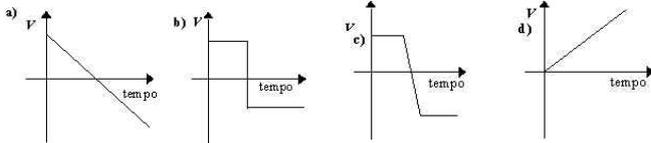
Sendo V_{AD} a diferença de potencial aplicada ao conjunto e i_1 , i_2 e i_3 as correntes em cada seção, é **CORRETO** dizer que:

- a. $i_1 = i_2 = i_3$, $V_{AB} = V_{BC} = V_{CD}$
- b. $i_1 > i_2 > i_3$, $V_{AB} > V_{BC} > V_{CD}$
- c. $i_1 = i_2 = i_3$, $V_{AB} > V_{BC} > V_{CD}$
- d. $i_1 = i_2 = i_3$, $V_{AB} < V_{BC} < V_{CD}$
- e. $i_1 < i_2 < i_3$, $V_{AB} < V_{BC} < V_{CD}$

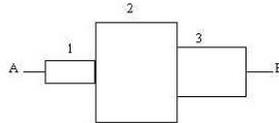
14. (PUC MG 98) O gráfico abaixo representa a variação de uma corrente i que passa através de um condutor ôhmico.



Nesse caso o gráfico da diferença de potencial V em função do tempo é:



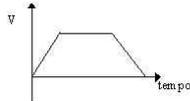
15. (PUC MG 98) Um condutor é formado por três seções cilíndricas de mesmo comprimento e raios, respectivamente, R , $2R$ e $3R$.



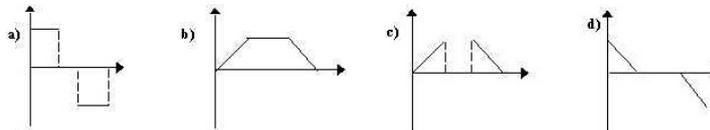
Se V_{AB} a diferença de potencial aplicada ao conjunto e P_1 , P_2 e P_3 as potências dissipadas em cada seção, é **CORRETO** dizer que:

- a. $P_1 = P_2 = P_3$
- b. $P_3 > P_2 > P_1$
- c. $P_1 > P_3 > P_2$
- d. $P_2 > P_3 > P_1$
- e. $P_1 > P_2 > P_3$

16. (PUC MG 98) Um condutor ôhmico é submetido a uma diferença de potencial que varia em função do tempo como mostrado no gráfico abaixo:



Nessas condições, assinale a opção cujo gráfico representa a variação da corrente (eixo vertical) com o tempo (eixo horizontal):



17. (UFJF 2000) Uma lâmpada é fabricada para dissipar a potência de **100W** quando alimentada com a d. d. p. de **120V**. Se a lâmpada for ligada numa d. d. p. de **127 V**, então:

- a. a potência dissipada aumentará cerca de 12%;
- b. a corrente que a percorre não mudará;
- c. a sua resistência elétrica diminuirá cerca de 18%;
- d. a corrente que a percorre diminuirá, mantendo a potência inalterada.

18. (UFJF 99) Um chuveiro elétrico ligado a uma d. d. p. de 110 V possui uma resistência de comprimento L . O mesmo chuveiro, ligado à mesma d. d. p., mas com a resistência de comprimento $L/2$ terá uma potência dissipada

- a. 4 vezes maior;
- b. 4 vezes menor;
- c. 2 vezes maior;
- d. 2 vezes menor.

19. (UFMG 98) A conta de luz de uma residência indica o consumo em unidades de kWh (quilowatt-hora). kWh é uma unidade de

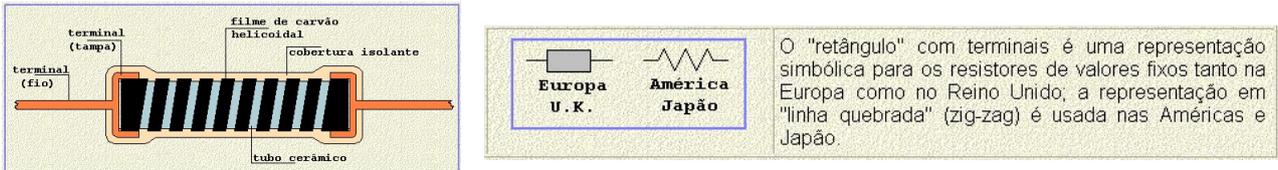
- a. energia.
- b. corrente elétrica.
- c. potência.
- d. força.

Resistores

Resistores são componentes elétricos/eletrônicos que tem basicamente duas finalidades :

- Limitação de corrente em circuitos eletrônicos
- Transformação de energia elétrica em calor por efeito Joule (geralmente denominados "resistências").

Os resistores podem ser construídos com diversos materiais diferentes, conforme a sua utilização. A ilustração mostra detalhes construtivos de um resistor de filme de carbono (carvão):



Durante a construção, uma película fina de carbono (filme) é depositada sobre um pequeno tubo de cerâmica. O filme resistivo é enrolado em hélice por fora do tubinho $\frac{3}{4}$ tudo com máquina automática $\frac{3}{4}$ até que a resistência entre os dois extremos fique tão próxima quanto possível do valor que se deseja. São acrescentados terminais (um em forma de tampa e outro em forma de fio) em cada extremo e, a seguir, o resistor é recoberto com uma camada isolante. A etapa final é pintar (tudo automaticamente) faixas coloridas transversais para indicar o valor da resistência.

Resistores de filme de carbono (popularmente, resistores de carvão) são baratos, facilmente disponíveis e podem ser obtidos com valores de (+ ou -) 10% ou 5% dos valores neles marcados (ditos valores nominais).

Resistores de filme de metal ou de óxido de metal são feitos de maneira similar aos de carbono, mas apresentam maior acuidade em seus valores (podem ser obtidos com tolerâncias de (+ ou-) 2% ou 1% do valor nominal).

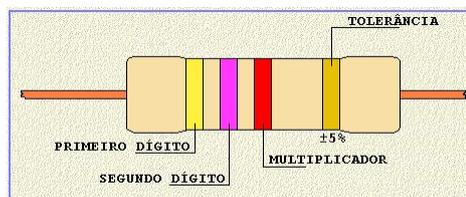
Há algumas diferenças nos desempenhos de cada um desses tipos de resistores, mas nada tão marcante que afete o uso deles em circuitos simples.

Resistores de fio, são feitos enrolando fios finos, de ligas especiais, geralmente níquel/cromo também chamado de nicromo ou NiCr, sobre uma barra cerâmica. Eles podem ser confeccionados com extrema precisão ao ponto de serem recomendados para circuitos e reparos de multitestes, osciloscópios e outros aparelhos de medição. Alguns desses tipos de resistores permitem passagem de corrente muito intensa sem que ocorra aquecimento excessivo e, como tais, podem ser usados em fontes de alimentação e circuitos de corrente bem intensas.

Código de cores para Resistores

Os resistores utilizados em circuitos eletrônicos possuem um código de cores para representar as suas características. Esse código, representado por anéis coloridos, informa a resistência e a tolerância do valor ôhmico através da cor e da posição do anel. O código de cores para resistores de quatro anéis é mostrado abaixo:

- Primeiro anel → Primeiro dígito do valor ôhmico.
- Segundo anel → Segundo dígito do valor ôhmico.
- Terceiro anel → Fator de multiplicação do valor ôhmico.
- Quarto anel → Tolerância do valor ôhmico.



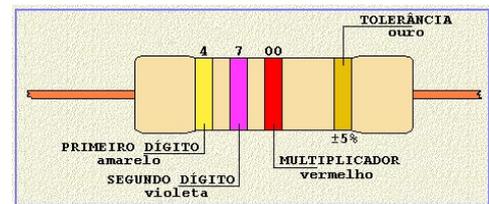
As cores utilizadas no código e seus significados são mostrados na tabela abaixo:

Cor	1º e 2º dígitos Algarismos	3º dígito Fator de multiplicação	4º dígito Tolerância
Preto	0	x 1	-
Marrom	1	x 10	1 %
Vermelho	2	x 100	2 %
Laranja	3	x 1.000	-
Amarelo	4	x 10.000	-
Verde	5	x 100.000	-
Azul	6	x 1.000.000	-
Violeta	7	-	-
Cinza	8	-	-
Branco	9	-	-
Ouro	-	x 0,1 (÷ 10)	5 %
Prata	-	x 0,01 (÷ 100)	10 %
Sem cor	-	-	20 %

Exemplo de utilização :

Observe o resistor representado abaixo. O grupo de anéis mais próximo da extremidade começa com um anel amarelo, seguido por violeta e vermelho, e um pouco mais distanciado vem o quarto anel de cor dourada (ouro)

- Primeiro anel → Amarelo = 4 (algarismo)
- Segundo anel → Violeta = 7 (algarismo)
- Terceiro anel → Vermelho = x100 (Fat. Multip.)
- Quarto anel → Ouro = 5 % (tolerância)



Portanto, nosso resistor tem resistência ôhmica igual a 4700Ω ou $4,7 \text{ K}\Omega$ ou ainda $4\text{K}7$ com tolerância igual a 5 %. Isso significa que sua resistência ôhmica pode variar de $4700 \Omega \pm 5 \%$, ou seja, de 4465Ω a 4935Ω .

Associação de Resistores

Uma resistência comporta-se em um circuito elétrico como um obstáculo para a circulação da corrente elétrica. Ao associarmos resistências em um circuito podemos aumentar o obstáculo ou criar rotas alternativas para a circulação da corrente, reduzindo a resistência total. Estudaremos agora as possíveis associações com resistores e os efeitos provocados aos circuitos elétricos.

Associação série: Os resistores estão ligados em série quando existe apenas um caminho para a circulação da corrente elétrica conforme mostra a figura abaixo:

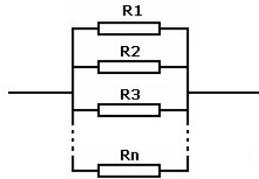


Observe que uma corrente elétrica deverá vencer os obstáculos impostos por todos os resistores, sendo que quanto maior for o número de resistores, mais difícil será a circulação da corrente elétrica.

Nesse caso, a corrente total do circuito será igual em todos os resistores e a tensão sobre cada um deles será proporcional à sua resistência. O valor da resistência total ou resistência equivalente (R_e) será a somatória das resistências Ôhmicas de todos os resistores.

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Associação em Paralelo : Os resistores estão ligados em paralelo quando existem vários caminhos para a circulação da corrente elétrica conforme mostra a figura abaixo:



Nesse caso, haverá vários caminhos para a circulação da corrente, de forma que a resistência total do circuito diminui quanto maior for o número de resistências associadas em paralelo. A tensão sobre todos os resistores é a mesma, enquanto que a corrente que circula por cada resistor será inversamente proporcional à sua resistência. O valor da resistência total ou resistência equivalente (R_e) será o inverso da somatória das condutâncias de todos os resistores

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Casos particulares : Existem duas situações particulares nas quais podemos simplificar essa expressão. São elas :

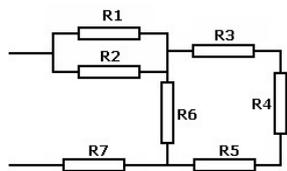
- Resistores de mesmo valor -

$$R_e = \frac{R}{n}$$

- Apenas dois resistores associados -

$$R_e = \frac{R_1 \times R_2}{(R_1 + R_2)}$$

Associação mista : É quando encontramos em um mesmo circuito resistências associadas em série e em paralelo. Para obter o valor da resistência equivalente (R_e) podemos efetuar os cálculos das associações série e paralelo separadamente.

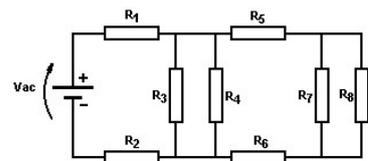


Exercícios

1) Dado o circuito abaixo, determine :

- A resistência equivalente do circuito
- A corrente total do circuito
- As quedas de tensão em R_1 e R_2
- As Potências dissipadas por em R_1 e R_2

Dados:
$R_1 = 16 \Omega$
$R_2 = 12 \Omega$
$R_3 = 30 \Omega$
$R_4 = 40 \Omega$
$R_5 = 6 \Omega$
$R_6 = 10 \Omega$
$R_7 = 40 \Omega$
$R_8 = 60 \Omega$
$V_{ac} = 100 V$



Respostas - a - 40Ω - b - $2,5 A$ - c - $V_{r1}=40 V$, $V_{r2}=30 V$ - d - $P_1= 100 W$, $P_2= 75 W$

Anotações :