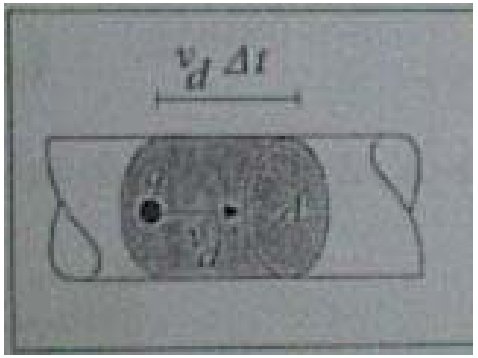
24 – CORRENTE ELÉTRICA

- **<u>1. DEFINIÇÃO DE CORRENTE ELÉTRICA:</u>**



- **<u>Definição:</u>**

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

Onde:

I : **é a corrente que circula no fio;**

Δt*:* **é o tempo;**

ΔQ*:* **é a carga elétrica que passa num tempo Δt.**

Orientação: mesmo sentido do movimento de cargas positivas (eg. Feixe de prótons acelerados, eletrólise, etc.) ou contrário ao movimento de cargas negativas (elétrons em condutores).

Unidade: Ampere (A), onde 1 A = 1 C/S

- **<u>2. CORRENTE E O MOVIMENTO DE CARGAS</u>**

- **Seja:**

n – número de cargas elétricas livres por unidade de volume num condutor;

Vd – a velocidade média de deslocamento das cargas elétricas;

Vd.Δt – o espaço percorrido pelas cargas elétricas em Δt;

A – área da seção transversal reta do condutor.

Então:

Vd.Δt.A – é o volume.

Logo:

$\Delta Q = q.n.Vd.\Delta t.A$ - é a carga elétrica no volume.

$$I = \frac{n.q.Vd.\Delta t.A}{\Delta t} = n.q.Vd.A$$

<u>Densidade de Corrente</u> (J): é a corrente por unidade de área.

$$J = \frac{I}{A} = n.q.Vd \quad \textbf{ou} \quad \boxed{J = n.q.Vd}$$

Se a corrente for devida a mais de um tipo de carga elétrica (como no caso de uma eletrólise):

$$\boxed{J = \sum_i n_i.q_i.Vd_i}$$

Se J for constante ou não-constante sobre a área A, a corrente I pode ser determinada, respectivamente, por:

$$\boxed{I = J.\hat{n}.A} \quad \textbf{ou} \quad \boxed{I = \int J.\hat{n}.dA}$$

Onde $\hat{n}$ é o vetor unitário e normal a área A.

EXEMPLO: Qual a velocidade de migração dos elétrons num fio de cobre de raio 0,0814 cm, no qual há uma corrente de 1 A?

Solução:

Cálculo do número de elétrons por unidade de volume no cobre (admite-se que tenha um elétron para cada átomo).
N – número de Avogadro: $6{,}02.10^{23}$
d – densidade do cobre: 8,92 gramas/cm³;
MM – massa molecular: 63,5 gramas/mol.

Logo:

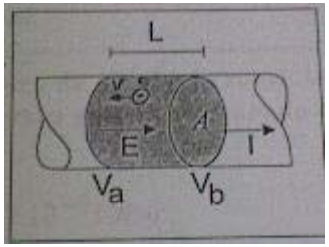
$$n = \frac{N.d}{MM} = \frac{6{,}02.10^{23}\ \text{át/mol}.8{,}92\text{g/cm}^3}{63{,}5\ \text{g/mol}} = 8{,}46.10^{22}\ \text{átomos /cm}^3$$

Daí:

$$Vd = \frac{I}{A.n.e} = \frac{1\text{C/s}}{\pi.(0{,}0814\text{cm})^2.8{,}46.10^{22}\ \text{át/cm}^3.\ 1{,}6.10^{-19}\ C} = 3{,}55.10^{-3}\ cm/s$$

- <u>LEI DE OHM E RESISTÊNCIA ELÉTRICA</u>

- **A corrente elétrica num condutor ocorre com o movimento de cargas negativas (livres) indo do menor potencial para o maior potencial;**

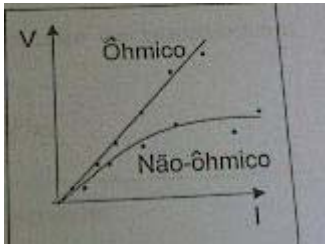


- **A corrente elétrica tem o mesmo sentido do campo elétrico;**

- **Temos que:** $\Delta V = Va - Vb = L.E$

- **<u>Lei de Ohm:</u> na maior parte dos materiais condutores a diferença de potencial é proporcional a corrente, e a constante de proporcionalidade é chamada resistência (R)**

$$\Delta V = RI \quad \textbf{ou} \quad \boxed{R = \frac{\Delta V}{I}}$$



- ***Unidade de R no SI*:** **1 Ohm (Ω) = 1 V/A**

  Obs: é uma lei relativa a propriedade de certos materiais condutores (não é lei fundamental como as leis de Newton);

- **Nos materiais ôhmicos, a resistência é proporcional ao comprimento e inversamente proporcional a área da seção reta do fio. A constante de proporcionalidade chama-se resistividade ρ (em Ω.m) e o inverso da resistividade é a condutividade σ.**

$$R = \rho . \frac{L}{A} \quad \textbf{ou} \quad R = \frac{1}{\sigma} . \frac{L}{A} \quad \textbf{ou} \quad \rho = \frac{1}{\sigma}$$

- **A resistividade (e a condutividade) varia , aproximadamente de forma linear, com a temperatura da forma:**

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha(t - 20^{o} C)]$$

onde:

ρ_{20} **- resistividade do material a 20ºC**

α - coeficiente de temperatura da resistividade

t - temperatura Celsius do condutor

EXEMPLO: Calcular a resistência por metro de um fio de cobre 14 a 20º C e o campo elétrico e a queda de tensão por metro quadrado quando é percorrido por uma corrente de 1 A.

<u>Solução:</u>

Da tabela de resistividade a 20ºC: $\rho = 1{,}7.10^{-6}\,\Omega / cm$

Logo: $\frac{R}{L} = \frac{\rho}{A} = \frac{1{,}7.10^{-6}\,\Omega / cm}{\pi d^2/4} = \frac{1{,}7.10^{-6}\,\Omega / cm}{\pi (0{,}163cm)^2/4} = 8{,}13.10^{-5}\,\Omega / cm$

Por outro lado, a queda de tensão por unidade de comprimento (igual ao campo elétrico) é:

$$E = \frac{\Delta V}{L} = \frac{R}{L} I = 8{,}13.10^{-3}\,A.\Omega / cm = 8{,}13^{-3}\,V / m$$

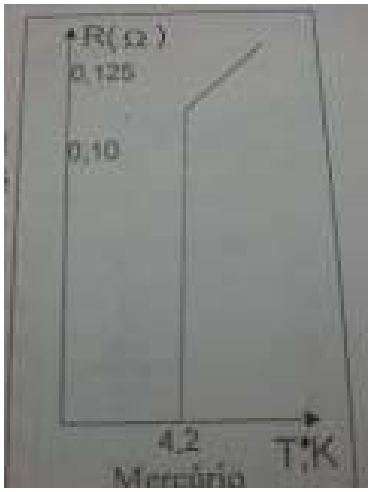
- **Lei de Ohm em termos da densidade de corrente:**

$$V = E.L = RI = R(A.J) = \rho \frac{L}{A}(AJ) = \rho.L.J$$

ou

$$\boxed{\boldsymbol{J} = \frac{1}{\rho}\boldsymbol{E} = \sigma \boldsymbol{E}}$$

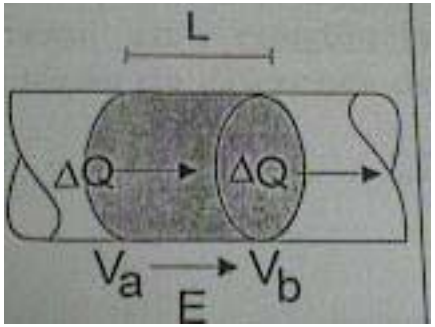
- **<u>Supercondutividade:</u> (descoberto em 1911 pelo físico holandês H. Kamerlingh Onnes) é o fenômeno em que a resistividade é nula (transporte de energia sem perdas) em certos metais quando se atinge uma temperatura muito baixa, chamada de *temperatura crítica* (em torno de 0,1ºK para o háfnio e 9,2ºK para o nióbio). Pesquisa-se buscar ligas metálicas com temperatura crítica maiores (Nb_3Ge com 23ºK).**



4. ENERGIA NOS CIRCUITOS ELÉTRICOS

•No caso de corrente elétrica, a energia elétrica é convertida em energia térmica devido as colisões dos elétrons com a rede cristalina do condutor, o que mantém a velocidade de migração constante.

•No movimento de cargas (positivas vão do maior para o menor potencial e negativas o inverso), a perda de energia potencial pode ser vista como:



$$-\Delta W = \Delta Q.(Va - Vb) = \Delta Q.V$$

Logo, a taxa de perda de energia será:

$$P = \frac{-\Delta W}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} . V = I.V$$

Onde:

P - perda de <u>potência</u> no condutor, unidade: 1 Watts(W) = 1V.A

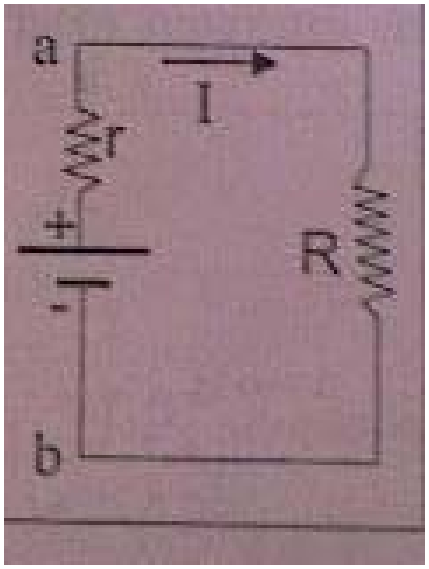
- perda de energia por unidade de tempo
- dissipação de potência(por efeito Joule - calor)

I - corrente no condutor

Considerando que V = R.I, então:

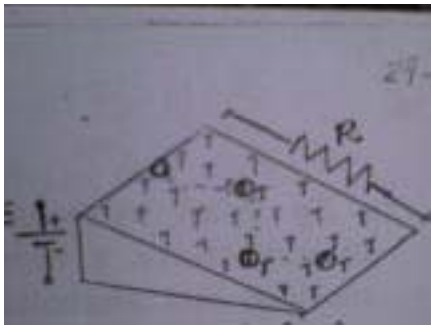
$$P = V.I = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

- **O suprimento de energia se dá por uma fonte de força eletromotriz(ou fonte de f.e.m. que realiza trabalho sobre as cargas elétricas e que pode ser uma bateria, gerador, etc.). Na fonte f.e.m. a corrente flui do potencial mais baixo para o mais alto(cuja diferença de potencial é ε – unidade: Volt).**



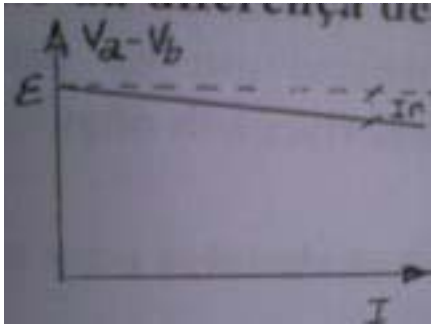
- **A energia fornecida pela fonte f.e.m. é:**

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\Delta Q.\varepsilon}{\Delta t} = \varepsilon.I$$



- **Uma bateria real comporta-se com o se tivesse uma resistência internar (vide figura), ie, ocorre uma diminuição da diferença de potencial entre os seus terminais.**

$$Va - Vb = \varepsilon - I.r = I.R$$



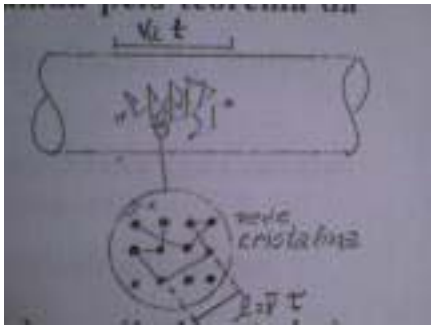
Ou

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

5 MODELO CLÁSSICO DE CONDUÇÃO ELÉTRICA

- **Modelo clássico proposto por P. Drude, 1900, e desenvolvido por Hendrik A. Lorentz, 1909.**
- **Teoria clássica relaciona condutividade e resistividade ao movimento dos elétrons e é útil no entendimento da condução elétrica (mas foi substituida por teoria de Mecânica quântica).**
- **O cobre tem um elétron livre por átomo e a disposição dos íons de cobre é chamada de rede cristalina.. Na ausência de campo elétrico os elétrons se movem como moléculas de gás(choques). A velocidade média quadrática pode ser calculada pelo teorema da equipartição da energia(cap 16):**

$$v_{mq} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$



K - constante de Boltzmann ($1{,}38.10^{-23}\ J/K$)

T – Temperatura(°K)

m – massa (Kg)

No caso de T = 300 °K, Vmq = $1{,}17.10^{5}\ m/s$ **(superior a cálculo anterior)**

Obs: na mecânica quântica esta equação não é válida(cálculo complicado).

Ex:V ≈ $1{,}6.10^{6}\ m/s$ **pela mecânica quântica.**

- **Na presença de campo externo E, elétrons sofre força qE e aceleração qE/m (o que obrigaria a variar a velocidade de migração). Mas, pela leide Ohm, a velocidade tem que ser constante. Por outro lado, a densidade $J = nqv_d = \sigma E$ é proporcional à velocidade de migração e ao campo elétrico. No modelo clássico, devido às colisões, superposto ao movimento térmico caótico do elétron, existe uma lenta migração dos elétrons na direção da força elétrica qE.**

- **Assumindo que após um choque o elétron sai de uma velocidade 0 até $v = (qE\Gamma)\div(m)$ (aceleração) após um tempo Γ, e se utilizarmos para a velocidade de migração V_d, então:**

$$J = nqv_d = nq(qE\,\Gamma) \div (m) = (nq^2\,\Gamma E) \div (m) = \sigma E$$

logo, a condutividade e resistividade são dadas por:

$$\sigma = (nq^2\,\Gamma) \div (m) \text{ e } \rho = (m) \div (nq^2\,\Gamma)$$

Se o percurso médio, dado em função da velocidade média, é:

$$L = \bar{v}\,\tau$$

então:

$$\sigma = (nq^2 l) \div (m\,\bar{v}) \text{ e } \rho = (m\,\bar{v}) \div (nq^2 l)$$

<u>Daí a condutividade e resistividade são independentes do campo elétrico E.</u>

A velocidade média <<< velocidade média quadrática(que envolve também agitação térmica).

Logo, o campo elétrico não tem efeito sobre velocidade média.

Anderson camara