Cap 5: Corrente e Resistência

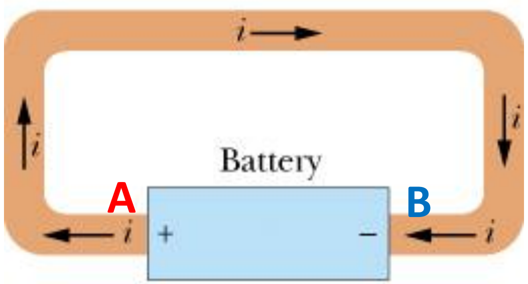
Corrente e densidade de corrente elétrica

Resistência e Lei de Ohm

Efeito Joule

1- **Corrente elétrica:** movimento “ordenado” de portadores de carga

(a)

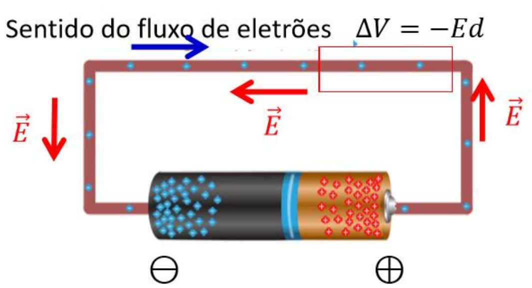


(b)

Aprendemos que todos os pontos dentro e na superfície de um material condutor estão ao mesmo potencial elétrico,
logo **não há movimento ordenado de carga**, ou seja, **não há corrente elétrica**.

No entanto se criássemos uma ddp entre 2 pontos, colocando uma bateria, então os pontos A e B (na figura) teriam potenciais diferentes ($\Delta V_{AB}=V_B-V_A=V_{bateria}$).
Assim, ocorreria movimento de carga num determinado sentido.
Este movimento de carga “ordenado” denomina-se corrente elétrica.

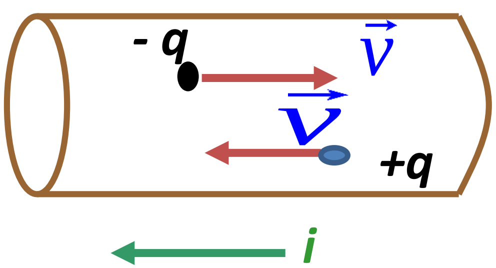
Existindo $\Delta V(\neq 0)$, significa que existe $\vec{E}$, ou seja as cargas vão sentir uma $\overrightarrow{F}\,(= q\vec{E})$ e consequentemente vão mover-se: existe $q\vec{E} = m\,\vec{a}$, e $\vec{v} = \overrightarrow{vo} + \vec{a}t$

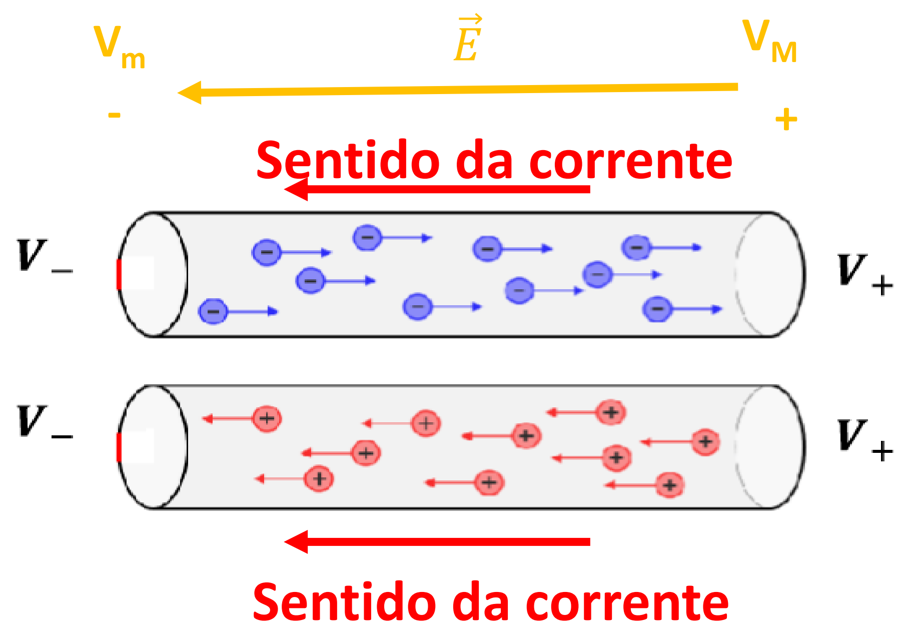


Sentido da corrente

É convencional escolher o sentido da corrente como o sentido do movimento das **cargas positivas**.
Desta forma a corrente elétrica é representada por um seta que tem o mesmo sentido que a velocidade de uma **carga positiva** que se está a deslocar.

Assim, no caso dos materiais condutores (nos quais os portadores de carga são eletrões), o sentido da corrente é o oposto ao do movimento de carga.





$$\vec{F} = q\vec{E}$$

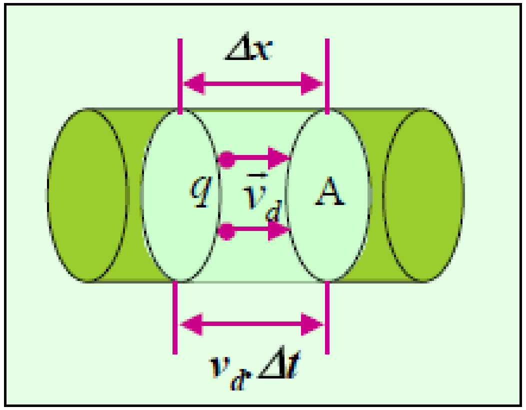
2- Intensidade de corrente elétrica

Corrente eléctrica ou corrente: Movimento "ordenado" de portadores de carga

Há uma corrente eléctrica sempre que houver um movimento de cargas do mesmo sinal num certo sentido (ou de sinais diferentes em sentidos opostos).

Suponhamos que as cargas se movem ⊥ a uma superfície de área A, como na figura:

A **intensidade de corrente** é igual à taxa de passagem da carga através dessa superfície.



- Se ΔQ for a quantidade de carga que passa através desta área, no intervalo de tempo Δt ⇒ a corrente média é:

$$\boxed{I_{med} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}}$$

- Se a taxa de passagem de carga variar com o tempo ⇒ a corrente irá variar com o tempo: definindo-se a ***corrente instantânea*** como:

$$\boxed{I = \frac{dq}{dt}}$$

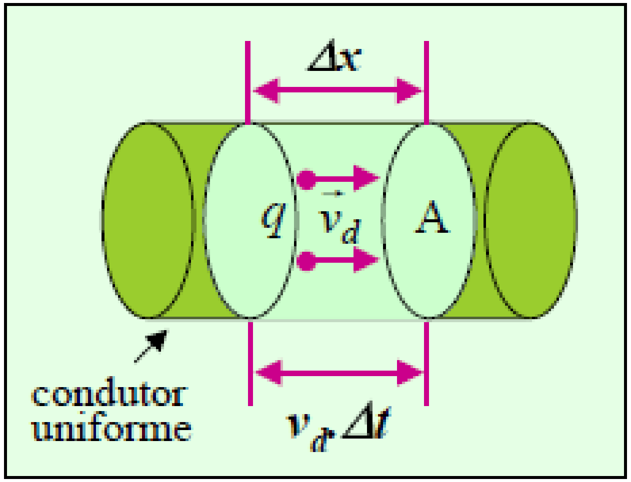
Unidade SI → ampere (A)

$$\boxed{1A = \frac{1C}{1s}}$$

?Como se relaciona a Intensidade de corrente com o movimento das partículas carregadas?

$$I_{med} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Consideremos um elemento de volume
$\Delta \boldsymbol{x.A}$
num material condutor uniforme:



- Se ***n*** é o número de portadores de carga móveis por unidade de volume

O número de portadores (cargas móveis) nesse elemento de volume é → $\boldsymbol{n\ (A\ \Delta x)}$

Então, a carga $\Delta \boldsymbol{Q}$ nesse elemento de volume é:

número de cargas × carga de cada partícula,

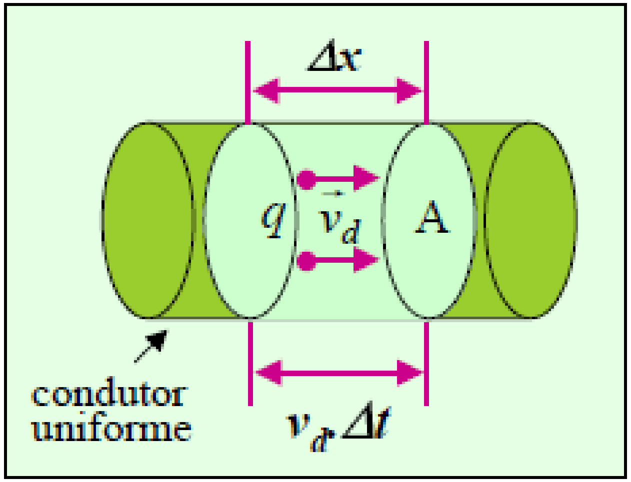
ou seja: $\Delta Q = (n\ A\ \Delta x)q$

Se os portadores de carga se movem com uma velocidade v_d

$\Rightarrow$ então

a distância que percorrem, no intervalo de tempo Δt, é:

$$\Delta x = v_d \, \Delta t$$



Logo, como $\Delta Q = (n \, A \, \Delta x) q$

$$\Delta Q = (n \, A \, \Delta x) q \xrightarrow{(\Delta x = v_d \, \Delta t)} \Delta Q = (n \, A \, v_d \Delta t) q$$

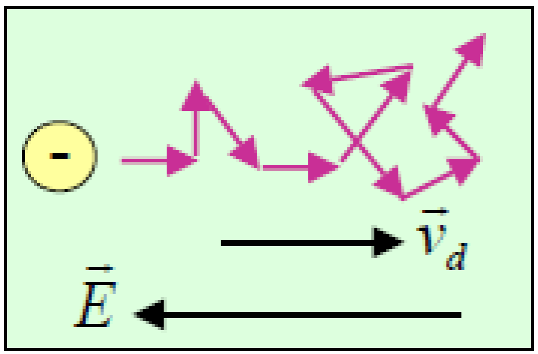
$$\boxed{I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = n \, q \, v_d \, A}$$

Relaciona **I** (macroscópico) com v_d e n (microscópico)

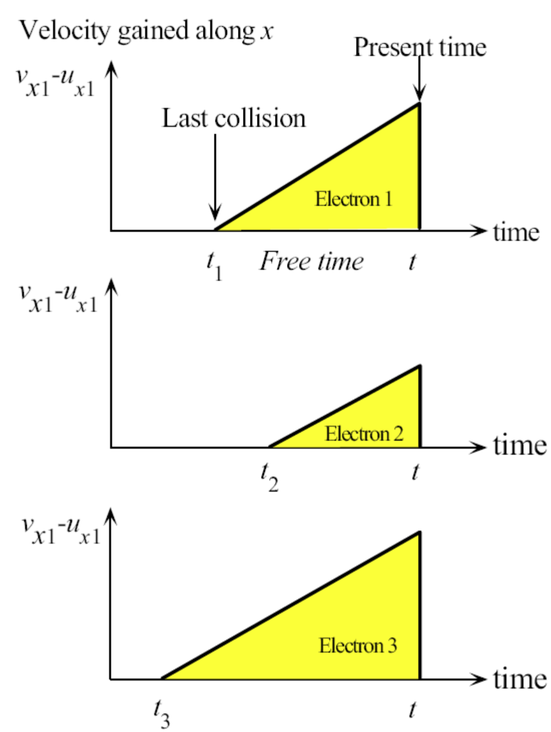
v_d-velocidade média dos portadores de carga

Na realidade v_d é a velocidade **média** dos portadores de carga, denominada velocidade de migração (**deriva-drift**).

Porque no movimento dos portadores ocorrem sempre colisões com os átomos/iões do metal



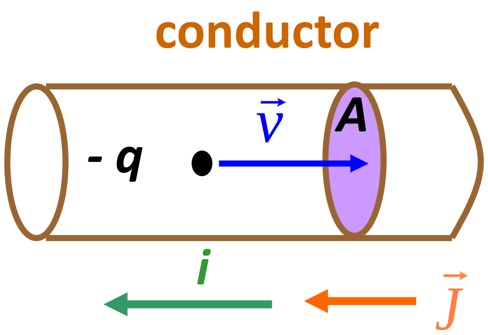
$\vec{E}$



- Condutor sem aplicação de $\vec{E} \Rightarrow$ e- têm movimento aleatório. Não há corrente
- Se se aplica ΔV ou seja $\vec{E} \Rightarrow$ cada ***e-*** sente uma $\vec{F}$ e assim uma corrente irá fluir

3- Densidade de corrente (grandeza vetorial)

→ **Definição:** A densidade de corrente, ***J*,** é a corrente por unidade de área (em geral *J* é uma grandeza vetorial):



$$\boxed{J = \frac{i}{A}}$$

Unidade SI → ampere (A)/m^2

A densidade de corrente**, J**, assim como a corrente, tem

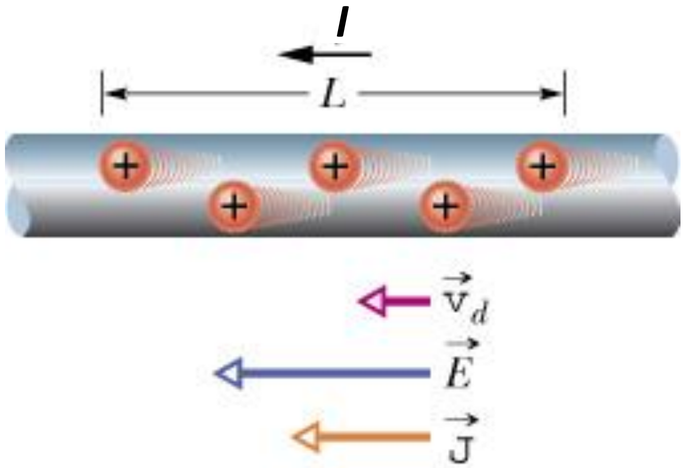
- o sentido do movimento das ***cargas***, no caso dos portadores (+),
- e sentido oposto no caso dos portadores (-)

Num condutor, há uma densidade de corrente, $\vec{J}$**,** e um campo eléctrico, $\vec{E}$, quando se mantém uma diferença de potencial aos seus terminais.

?Como se relaciona a densidade de corrente com o movimento das partículas carregadas?

Consideremos um condutor de área de secção recta ***A***, com uma corrente ***I***.

→ A densidade de corrente, ***J*** **,** é a corrente por unidade de área.



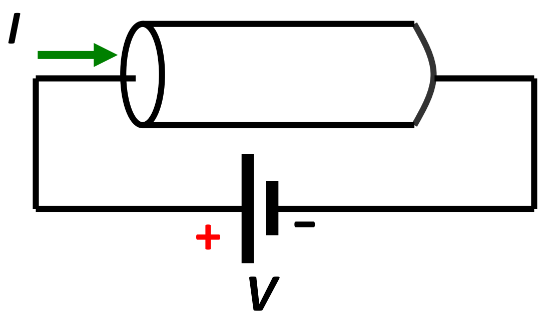
$$I = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right) = n\ q\ v_d\ A \quad \Rightarrow \quad \boxed{J = \frac{I}{A} = n\ q\ v_d} \qquad SI: \left(\frac{A}{m^2}\right)$$

Esta expressão só é válida se:

-*J* for uniforme e

- se a superfície for ⊥ à direcção da corrente

4- Resistência e Lei de Ohm



4.1-Resistência

Aplicando uma diferença de potencial aos terminais de um condutor (ver figura), uma intensidade de corrente i irá fluir no condutor.

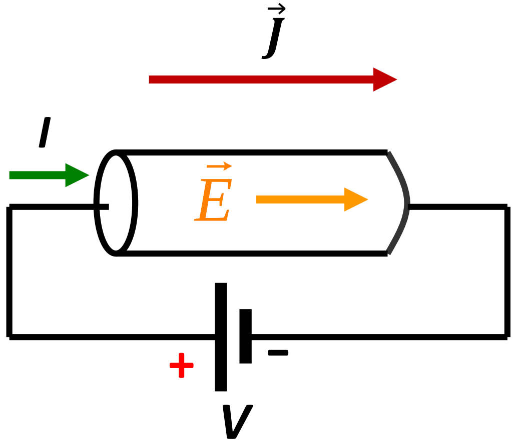
Define-se resistência do condutor como sendo:

$$\mathbf{R} = \frac{V}{I}$$

cuja unidade é ohm (símbolo Ω)

PS: Um condutor cuja função é fornecer uma especifica resistência é conhecido como **resistência** e o símbolo é

4.2-Resistividade de um condutor (ρ)



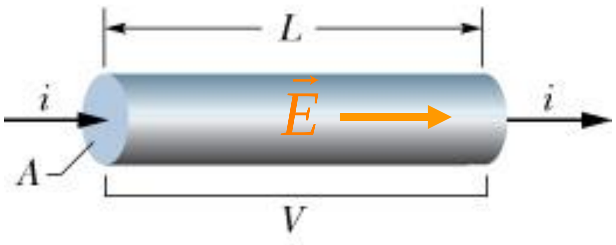
A resistividade, **ρ (Ω m),** é uma propriedade do material que depende do tipo de átomos e relaciona a densidade de corrente e o campo elétrico:

$$\vec{J} = \frac{\vec{E}}{\rho} = \sigma \vec{E}$$

σ (Ω^{-1} m^{-1}) é a condutividade elétrica e é o inverso da resistividade.

4.3-Resistividade e resistência

Aplicando os conhecimentos que já temos, obtém-se a relação entre resistividade e resistência:



$$\Delta V^{*-**} = -\int_{*}^{**} \vec{E}.d\vec{r} = -Ed^{*-**}$$

Se E uniforme e se E//dr

$$|\Delta V^{*-**}| = Ed^{*-**}$$

Pela figura:

(relação entre d.d.p e módulo do campo elétrico)

E=V/L

Pela teoria:

J= I/A e J = E/ρ

$$\rho = E/J = \frac{V/L}{I/A} = \frac{V\ A}{I\ L} = R\,\frac{A}{L}$$

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

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

→ Todo material ohmico tem uma ρ característica que depende das propriedades do material e da temperatura.

→ Por outro lado R depende duma geometria simples e da ρ

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

se	então
$2.l \Rightarrow$	$2.R$
$2.A \Rightarrow$	$R/2$

4.4- Lei de Ohm

A **Lei de Ohm** diz que, em muitos materiais (entre os quais, a maior parte dos metais), a razão entre **J (ou intensidade de corrente: J=I/A)** e **E (ou diferença de potencial: V=Ed)** é uma constante, **σ**, que é independente do campo elétrico (**E , ou seja de V)** que origina a corrente.

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

$$\mathbf{R} = \frac{V}{I} \quad \text{ou} \quad \mathbf{V = R\,I}$$

σ é a condutividade do material

R é a resistência do material

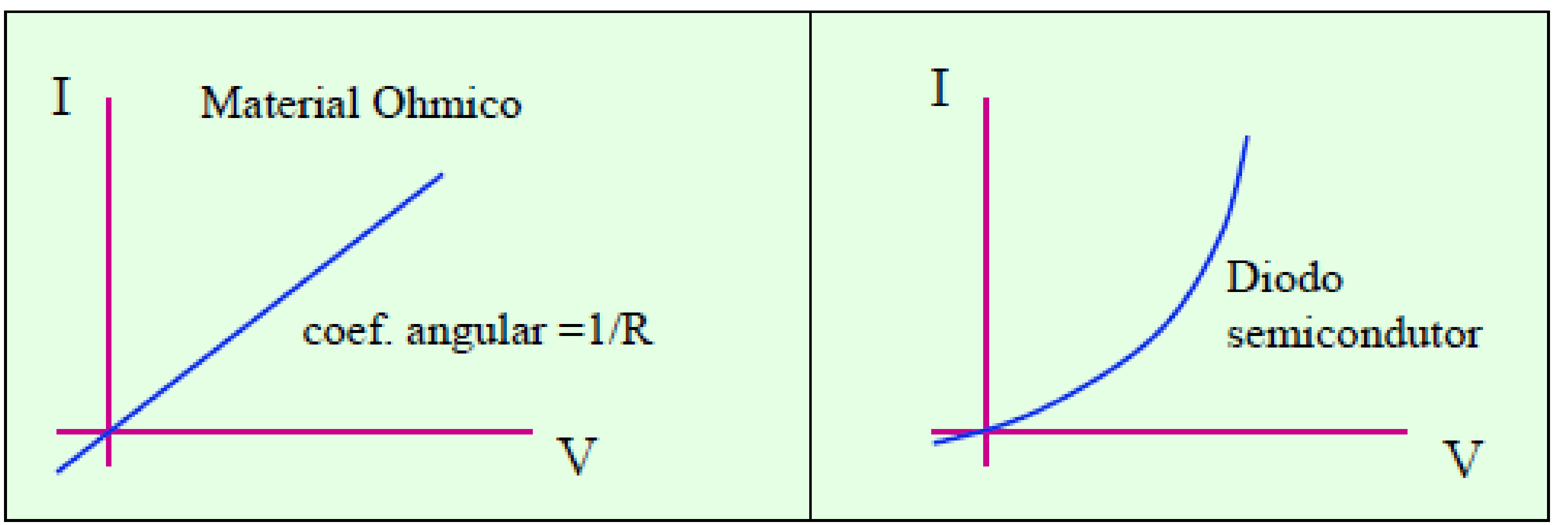
Os materiais que obedecem à Lei de Ohm denominam-se materiais ohmicos.

A Lei de Ohm não é uma lei fundamental da natureza, mas uma relação empírica, válida somente para certos materiais e dentro de certos limites da tensão aplicada.

- Materiais ohmicos: relação linear entre I e V sobre um grande intervalo de V aplicada .

  O coeficiente angular da curva de I contra V, na região linear, a o valor de R.

- Materiais não ohmicos: relação não linear entre I e V (Ex.: o diodo, transístores...) a respectiva operação de muitos dispositivos electrónicos modernos dependem da maneira particular com que "violam" a Lei de Ohm.



4.5 –Efeito da temperatura na resistividade e resistência

A resistividade do material aumenta com a temperatura da seguinte forma:

Este aumento em ρ é devido ao aumento da amplitude de vibração dos átomos/iões em torno da sua posição de equilíbrio no material, com o aumento da temperatura.

$$\rho(T) = \rho_0[1 + \alpha\,(T - T_0)]$$

Coeficiente de expansão térmico ($^{o}C^{-1}$)

Valor de ρ a T_0

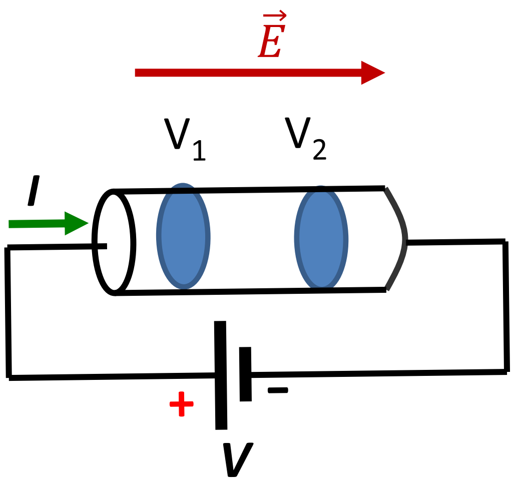
Se a temperatura não originar variação de comprimento nem de espessura:

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

$$R(T) = R_0[1 + \alpha\,(T - T_0)]$$

5- Energia nos circuitos elétricos: Efeito Joule

Uma corrente elétrica num condutor (fluxo "ordenado" de carga num condutor) corresponde a uma transformação contínua de **energia elétrica** em **energia térmica** no interior do condutor.



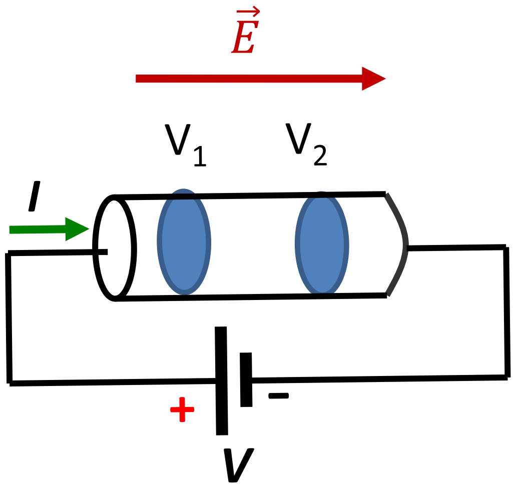
Pensemos numa carga positiva a mover-se (sentido de I).

- A carga positiva está a deslocar-se no sentido de V_1 para V_2, ou seja de um **V maior para um V menor** (sentido de $\vec{E}$)

- Logo a *energia potencial da carga* está a diminuir ($V=E_{pot}/q$)

A perda de E_{pot} (elétrica) aparece como um aumento de E_{cin}, (campo conservativo) que é transferida para o condutor como energia térmica, pelas colisões das cargas com os iões.

Será????



Durante um certo intervalo de tempo (Δt) passa pela área A1 (onde o potencial é V_1) a carga ΔQ.

Nesse ponto a energia potencial, E_{pot}, da carga é:
$E_{pot1} = \Delta Q\, V_1$

Ora, nesse mesmo Δt passa uma quantidade de carga igual pela área A2 (onde o potencial é V_2). Neste ponto a $E_{pot2} = \Delta Q\, V_2$

Como $V_2 < V_1$ isto implica que para a carga,

$$E_{pot2} < E_{pot1}$$

A **variação de E_{pot}** da carga, ou seja, a perda de E_{pot} da carga entre esses 2 pontos é:

$$\Delta E_{pot} = \Delta Q\ (V_2 - V_1)$$

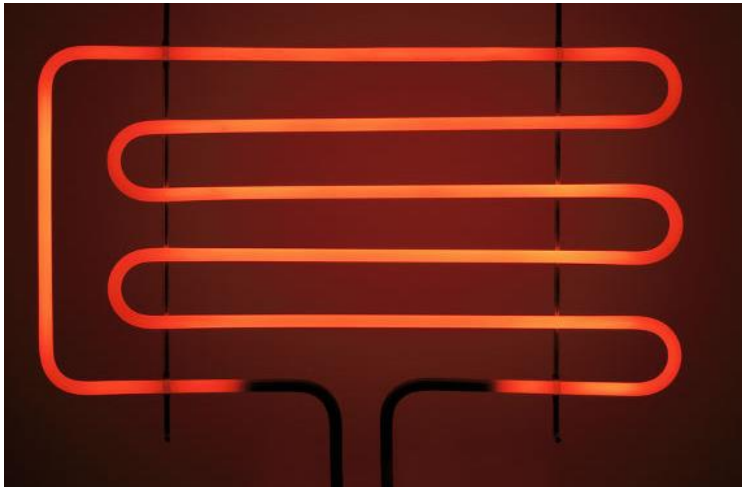
$$\Delta E_{pot} = \Delta Q\ (-V) \quad \text{pois} \quad \mathbf{V_2 < V_1}$$

$$-\Delta E_{pot} = \Delta Q\ V$$

A **taxa de perda** da E_{pot} é:

$$-\frac{\Delta Epot}{\Delta t} = -\frac{dEpot}{dt} = \frac{\Delta Q\ V}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} V = I\ V = P\ (W)$$

onde P é a potencia em **Watt (W)** e representa a perda de energia por unidade de tempo



RESUMO:

1- **Corrente elétrica**: movimento "ordenado" de carga: Movimento só existe se existir uma força, ou seja um campo elétrico, ou seja, se existir uma diferença de potencial entre 2 pontos.

2- **Intensidade de corrente** (I)

$$\boxed{I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} = (n\ q\ v\ A)}$$

q- carga (C), t-tempo (s) ; I -Ampére (A=C/s))

3- A quantidade de carga por unidade de tempo e Área é a **densidade de corrente**:

$$\boxed{J = \frac{\Delta Q}{\Delta A \Delta t} = \frac{I}{\Delta A}\ (\mathrm{SI: A/m^2}) = (n\ q\ v)}$$

ΔA – elemento de área (m^2)

4- Lei de Ohm :
Experimentalmente verifica-se que a **Intensidade de corrente elétrica (I) é proporcional à diferença de potencial (V)** aplicada aos terminais do condutor onde esta circula.

$$I \propto V$$

5- Esta constante de proporcionalidade denomina-se Resistência (R :SI Ω-ohm)

$$I = \frac{1}{R} V$$

$$V = R\, I$$

$$J = \sigma E$$

6- Resistência

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

ρ – resistividade do material (Ωm), A- área (m^2), l-comprimento (m)

$$R(T) = R_0[1 + \alpha\,(T - T_0)]$$

7- Potência dissipada

$$P\ (W) = \ V\ I$$