



Física Experimental III

Notas de aula: <http://www.dfn.if.usp.br/~suaide>

LabFlex: <http://www.dfn.if.usp.br/curso/LabFlex>

Aula I

Prof. Alexandre Suaide

Ramal: 7072

Ed. Oscar Sala (Pelletron), sala 246



Experiência I – Circuitos C.C.

- Investigar a emissão de luz de uma lâmpada elétrica comum.
 - Como uma lâmpada funciona?
 - Como convertemos energia elétrica em luminosa? Quais os fenômenos físicos envolvidos?
- Para isso precisamos entender algumas técnicas experimentais e relembrar alguns conceitos físicos.



Cronograma

- **Aula 1**
 - Familiarizar com técnicas de medidas elétricas.
 - Investigar o papel do instrumento de medida no resultado experimental
- **Aula 2**
 - Estudar o circuito pilha + lâmpada
 - Curvas características. Condição de operação
- **Aula 3**
 - Investigar relação entre potência dissipada e temperatura da lâmpada
- **Aula 4**
 - Dependência da temperatura com espectro de emissão de radiação.



Alguns conceitos importantes

- Potencial elétrico
- Corrente elétrica
- Energia e potência
- Resistência elétrica
 - Lei de Ohm
- Medindo tensões, correntes e resistências.

Campo elétrico

- Força coulombiana entre duas cargas

$$\vec{F}(q_1, q_2) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

- Força aplicada a uma carga devido à interação com várias cargas diferentes

$$\vec{F}(q) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$

Campo elétrico

- Em analogia ao campo gravitacional podemos dizer que a carga q sofre uma força devido ao campo elétrico resultante da presença das outras cargas:

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

- O campo elétrico, neste caso, vale:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$

O potencial elétrico

- Forças conservativas podem ser escritas através de um potencial, de tal modo que o campo de uma força conservativa é dado por:

$$\vec{E} = -\nabla \cdot V$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \hat{x} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{y} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{z}$$

- Unidades:
 - Potencial elétrico \rightarrow Volt (V)
 - Campo elétrico \rightarrow V/m (Volt por metro)

Corrente elétrica

- Cargas em movimento geram corrente.
- Define-se a corrente elétrica como sendo a quantidade de carga que atravessa uma secção transversal de um meio por unidade de tempo

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$

- Unidade: Ampere. $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$

Energia e potência

- Define-se potência como sendo a taxa de realização de trabalho, ou seja:

$$P = \frac{dW}{dt} = V \cdot i$$

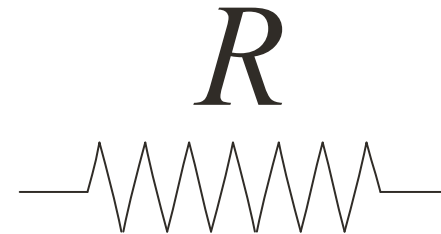
- Dois casos distintos
 - Potência negativa \rightarrow Fornecendo energia.
 - Potência positiva \rightarrow Absorvendo energia.
- Unidade: Watt: $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$

Resistência de um material

- Corrente elétrica
 - Elétrons livres se movendo em um condutor
 - Interação com outros elétrons e átomos do material
 - Resistência à movimentação das cargas

- Resistência elétrica

$$R = \frac{V}{i}$$



- Unidade Ω (Ohm) | $\Omega = \text{V/A}$

Lei de Ohm

- Estabelece que a resistência elétrica

$$R = \frac{V}{i}$$

deve ser constante para um determinado material. Esta resistência não deve depender da tensão ou corrente no circuito utilizado, bem como de outras variáveis, como temperatura. Neste caso diz-se que o resistor é ôhmico.

Potência absorvida por um resistor

- Em um resistor

$$R = \frac{V}{i}$$

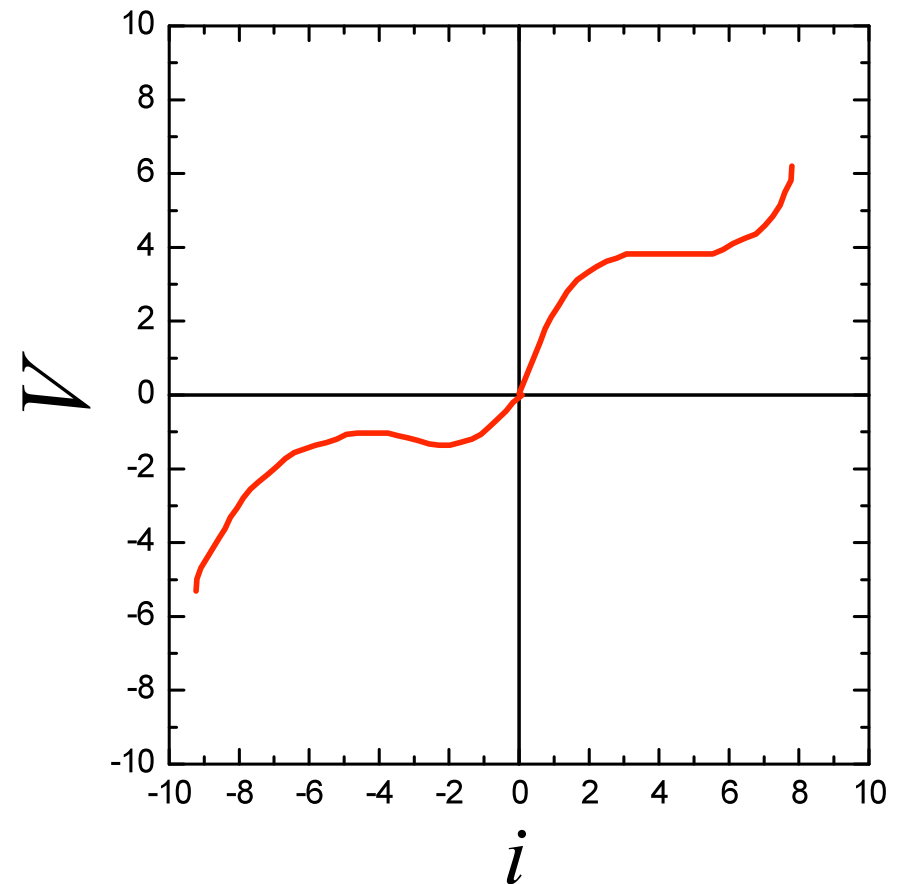
- Deste modo, podemos calcular a potência absorvida como sendo:

$$P = V \cdot i$$

$$P = R \cdot i^2 \quad \text{ou} \quad P = \frac{V^2}{R}$$

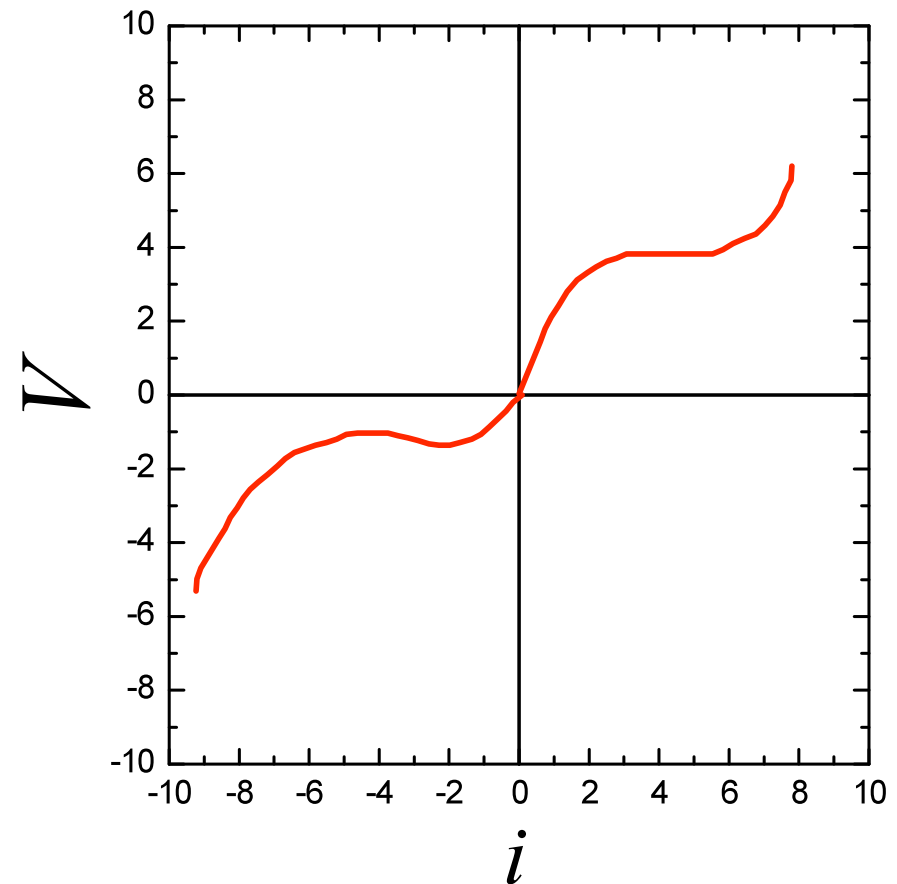
Curvas características

- O que é?
 - É um gráfico, característico de cada elemento, que estabelece qual a corrente que flui pelo elemento como função da tensão aplicada
 - Em geral, gráfico de $V \times i$ para Físicos
 - Técnicos, engenheiros preferem $i \times V$



Curvas características

- Pontos importantes
 - $i = 0$ para $V = 0$
 - Não há corrente se não há tensão aplicada
- Resistência do elemento
 - $R = V/i$
- Resistência dinâmica
 - $R = dV/di$
 - Relevância prática

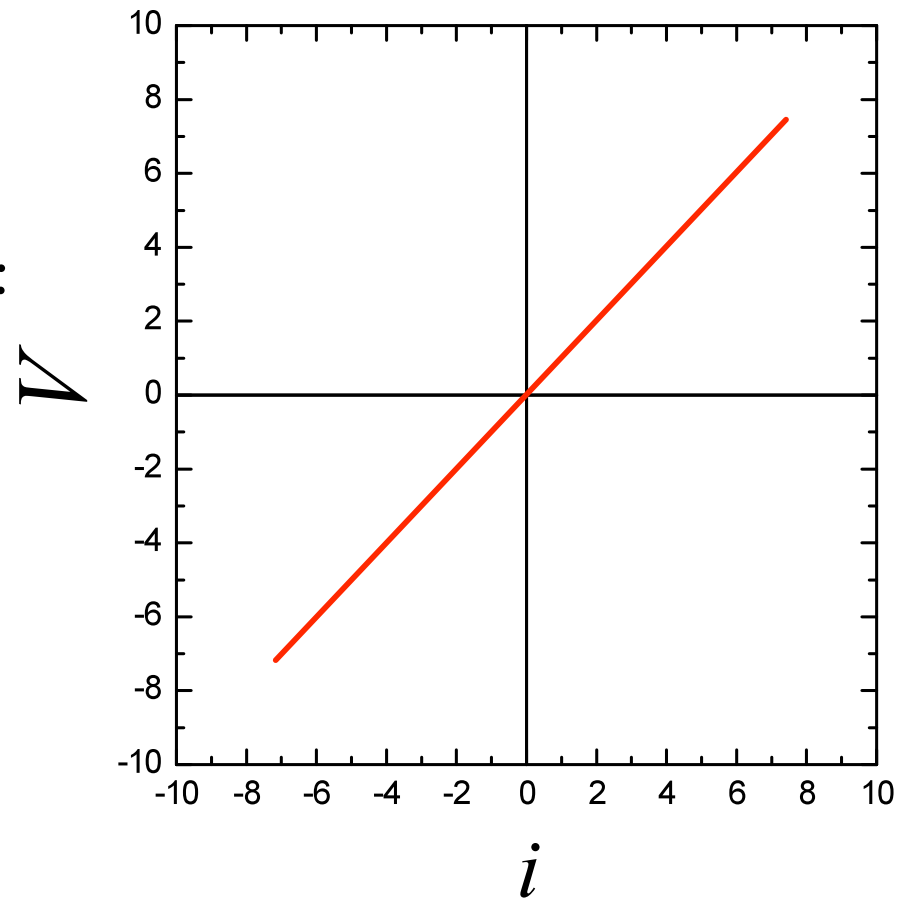


Exemplo: resistor ohmico

- No caso do resistor ohmico,
 - $R = V/i = \text{const.}$, ou seja:

$$V = R \cdot i$$

- Curva característica
 - Reta
 - Resistência dinâmica = resistência





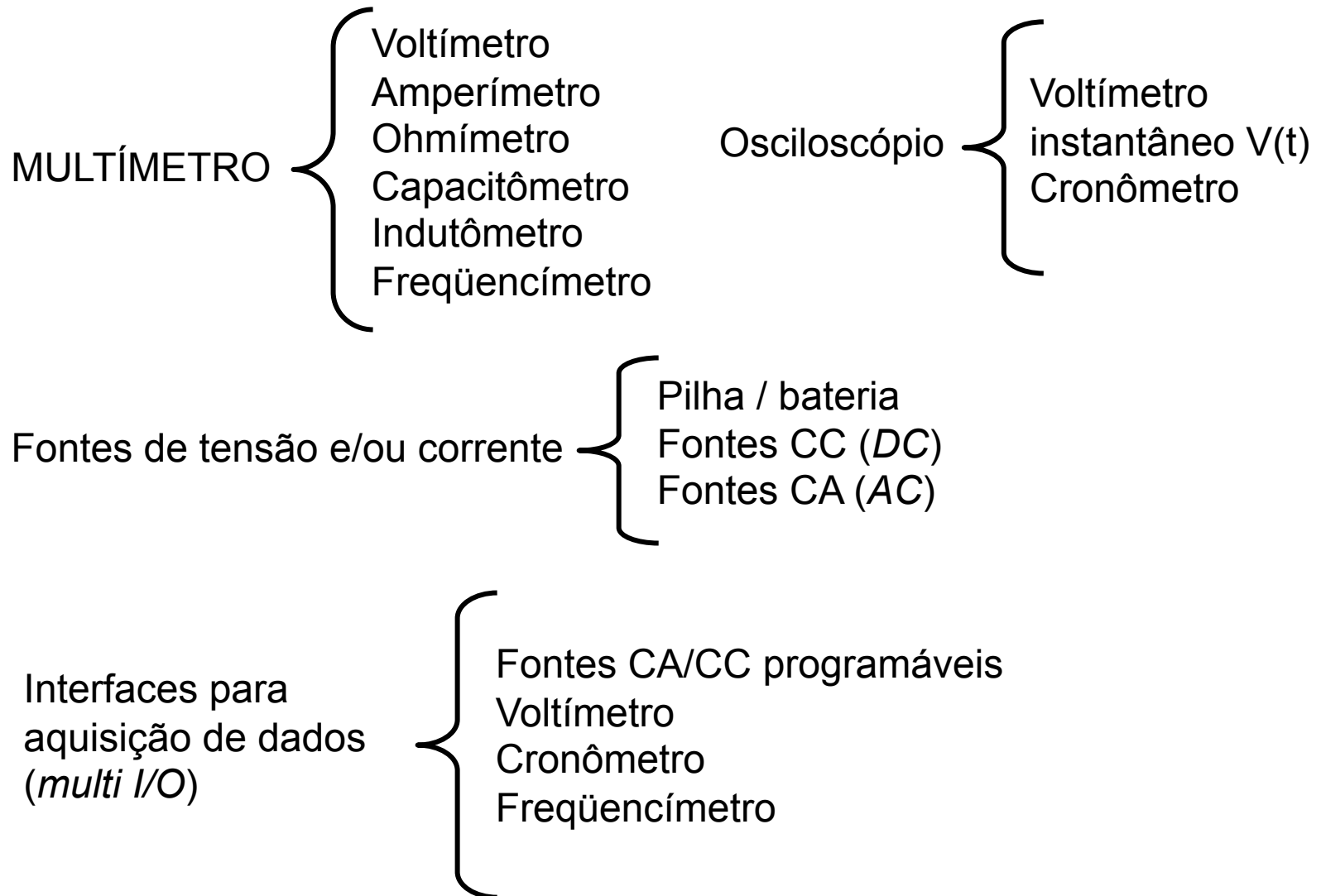
Os objetivos desta semana

- Se familiarizar com equipamentos do laboratório
 - Como realizar medidas elétricas
 - Fontes, multímetros, computador, etc.
- Medir as características de alguns componentes simples
 - Resistor, lâmpada, pilhas, chuveiro elétrico, etc.
- Estudar a influência dos instrumentos de medidas utilizados

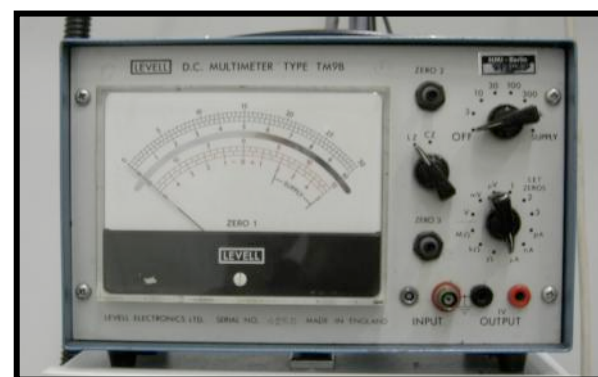
Como medir eletricidade?

- **Muitas técnicas**
 - **Balanças de correntes**
 - Medem a força entre dois fios utilizando uma balança mecânica
 - **Balanças eletrostáticas**
 - Medem a carga entre dois objetos utilizando uma balança mecânica
 - **Amperímetros/voltímetros/osciloscópios/etc.**
 - Instrumentos utilizados para medir correntes, tensões elétricas, etc.
 - Muito utilizado em situações práticas do dia-a-dia

Instrumentos básicos de um laboratório de eletrônica



Multímetro



Utilizando um multímetro

- Porta COM (comum)
 - Utilizada sempre
- As outras portas dependem do que vai medir (V, Ω , mA, etc)
- Olhe o seletor para saber o que está medindo
 - Cuidado com tensão (e corrente) contínua e alternada!
- HOLD, trava a leitura



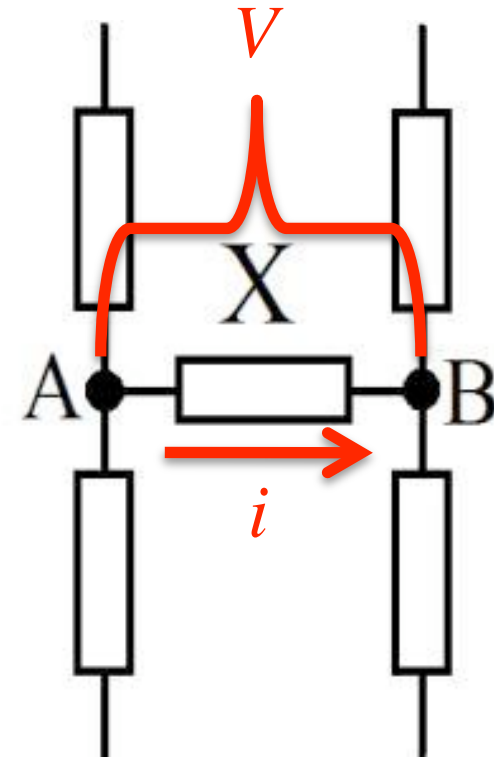
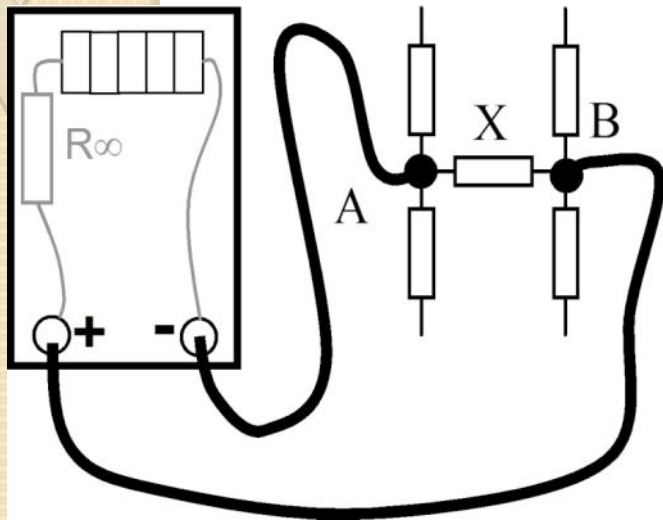
Fazendo a leitura

- Fiquem atentos com a escala utilizada
- Olhem os Algarismos disponíveis na tela, os Algarismos podem mudar com o valor medido.
- Fiquem atentos para a precisão (incerteza) do instrumento
 - Olhem o manual
 - Depende do modelo e da escala utilizada!

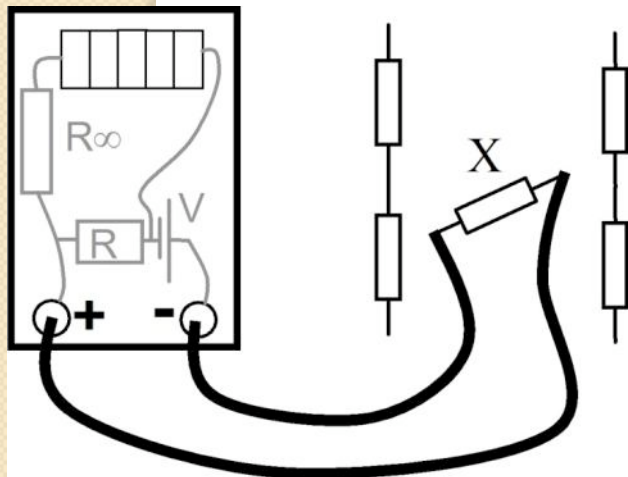


Utilizando um multímetro

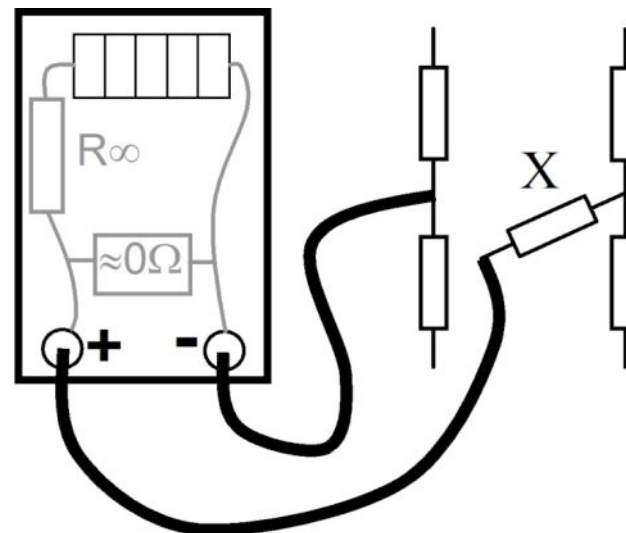
Voltímetro



Ohmímetro

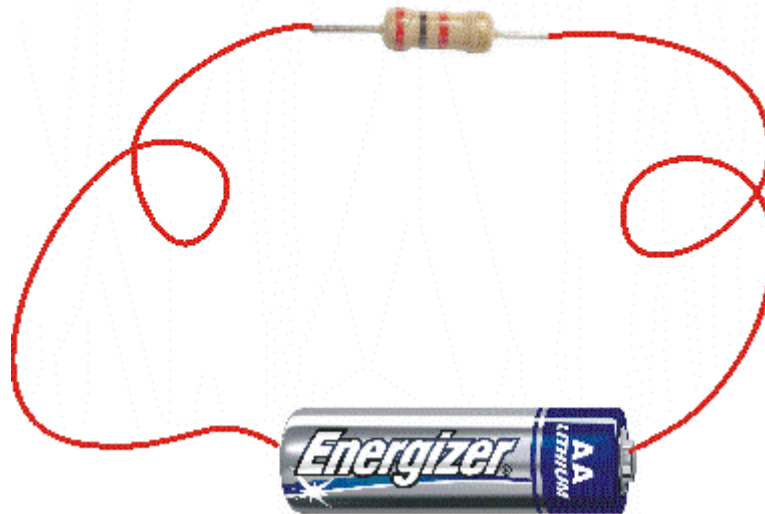


Amperímetro



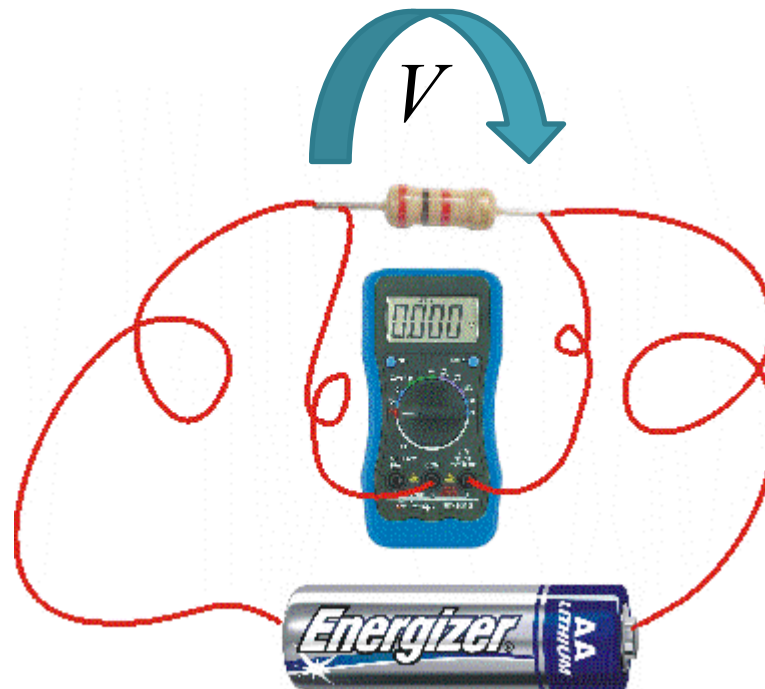
Medindo correntes e tensões em circuitos simples

- Seja um circuito elétrico simples composto de uma pilha e um resistor.
 - Como medimos a tensão no resistor e a sua corrente com um multímetro?



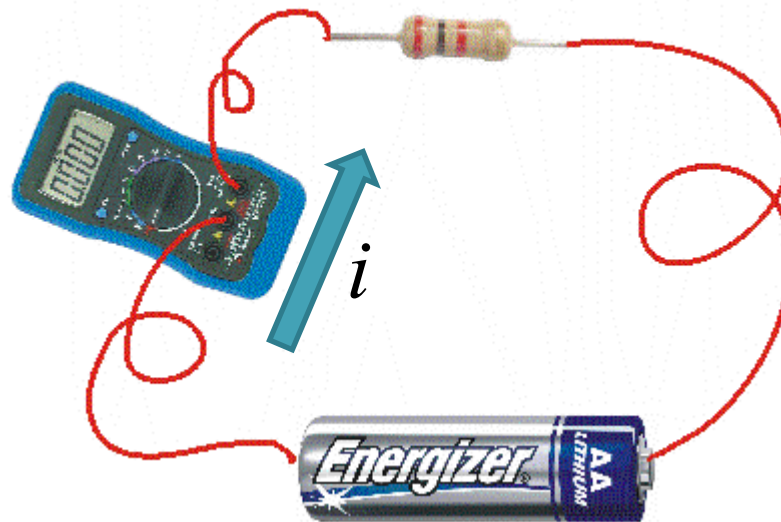
Medindo tensão

- O Voltímetro deve ser colocado em paralelo ao elemento que se quer medir a tensão



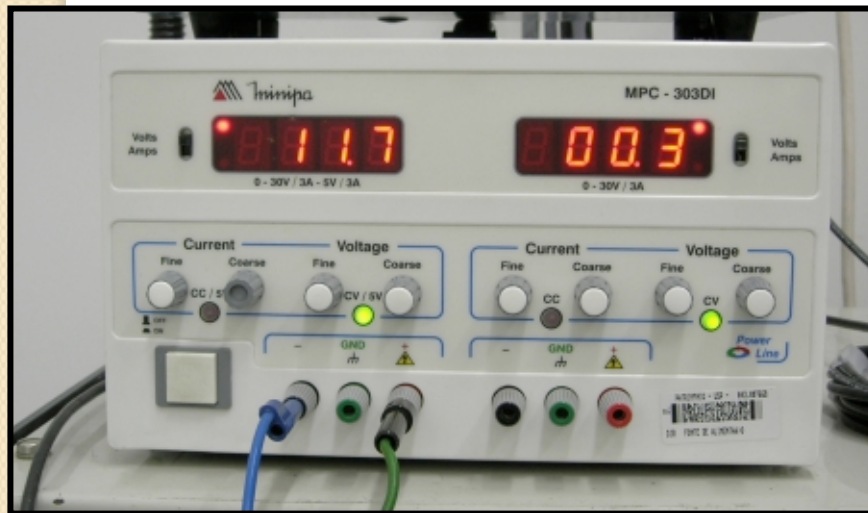
Medindo corrente

- O Amperímetro deve ser colocado em série ao elemento que se quer medir a corrente



Quem é a nossa pilha?

DC - Direct Current - Tensão/Corrente contínua
Modo tensão (regula V, I depende do circuito)
Modo corrente (regula I, V depende do circuito)

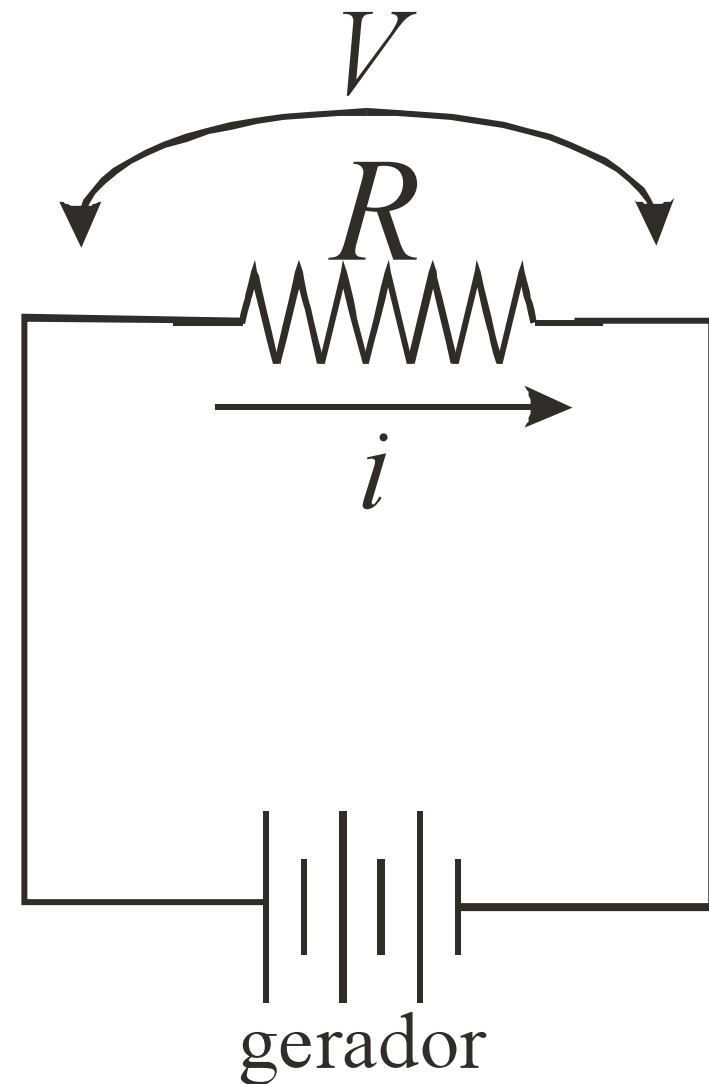


Atividades da semana (parte I)

- Realizar medidas elétricas de elementos simples:
 - Tensão elétrica de uma pilha A ou AA
 - Resistência elétrica de:
 - Chuveiro elétrico
 - Resistor comercial simples
 - Lâmpada comum de 60W (ou 100W), 127V
 - Resistência entre as mãos
 - Diodo simples (nas duas polaridades)
 - LDR (no escuro e no claro)
- Comparar com valores nominais
 - Ou calcular valores esperados a partir de valores nominais
 - **Apresentar resultados em uma tabela apropriada e discutir.**

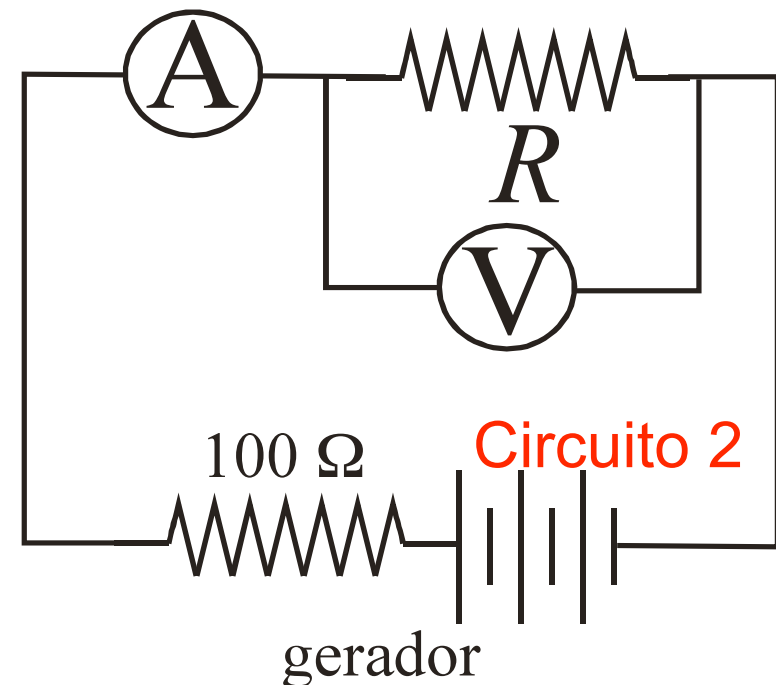
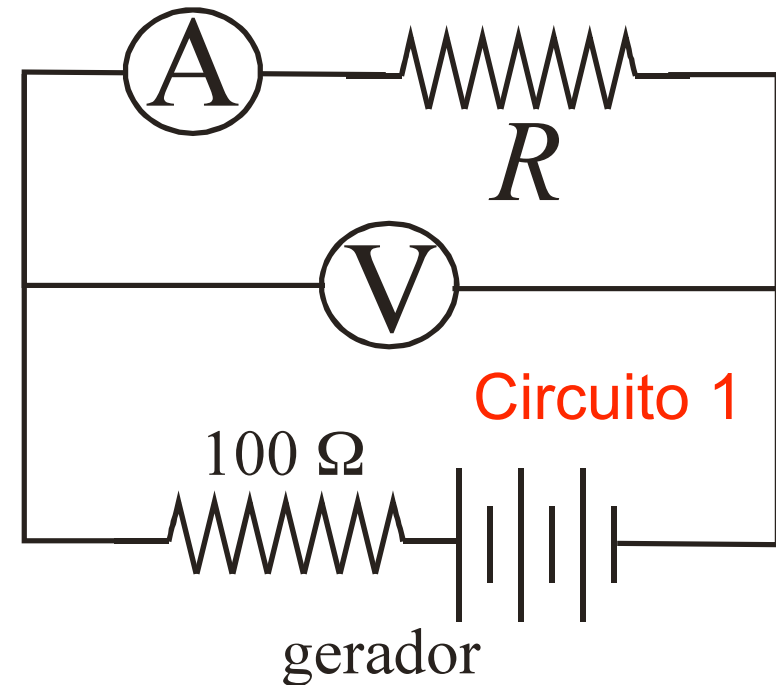
Medindo curvas características

- Utilizando um circuito elétrico simples
 - Mede-se a tensão elétrica sobre o resistor
 - Mede-se a corrente que flui sobre o mesmo
 - Faz-se o gráfico apropriado



Na prática

- Utiliza-se um voltímetro para medir a tensão no resistor
- E um amperímetro para medir a corrente no resistor
- O resistor de $100\ \Omega$ é para limitar a corrente no circuito
 - Cheque qual é a corrente máxima, neste caso
- Duas opções de circuito elétrico
 - Qual é melhor?



Atividades da semana (parte II)

- Medir a curva característica de dois resistores ôhmicos simples (gráfico de $V \times i$)
 - R grande e R pequeno (resistores pintados de preto).
 - Realizar medidas com tensão entre 0 e 20 V
 - Ajustar dados obtidos a retas apropriadas e comparar os valores experimentais de resistência elétrica com o esperado
 - Apresentar gráficos apropriados (circuitos 1 e 2) para cada resistor, os ajustes obtidos e discutir.
 - 4 conjuntos de dados

Atividades da semana: extra

- Com as medidas de resistências realizadas a partir das curvas características com os circuitos 1 e 2, é possível determinar as resistências internas do voltímetro e amperímetro utilizados.
- Obtenha as resistências internas do voltímetro (R_V) e amperímetro (R_A) e compare-as com as fornecidas pelo fabricante (manual)

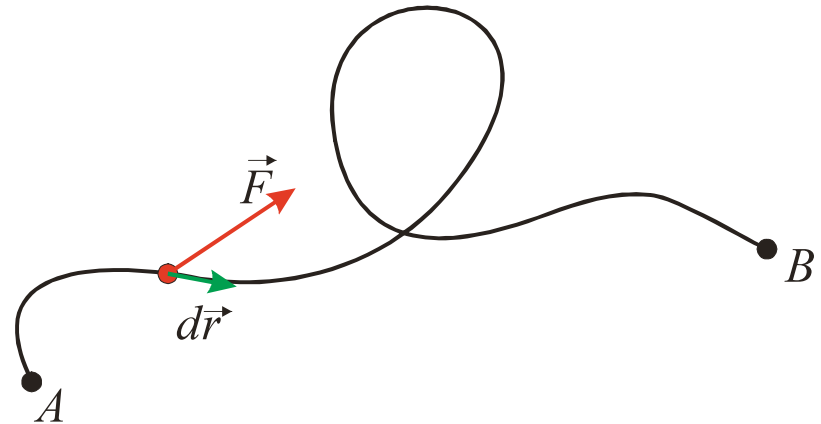


Extras

Trabalho de uma força

- Partícula sobre a ação de uma força.
- O trabalho realizado por esta força para deslocar a partícula do ponto A ao ponto B pelo caminho s é:

$$W = \int_s \vec{F} \cdot d\vec{r} = \Delta K$$



ΔK = variação da energia cinética

(teorema do trabalho-energia, ver Moysés I)

Potência elétrica

- No caso de corpos sujeitos a forças elétricas

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = i \frac{dW}{dq}$$

- Quem é dW/dq ?
 - Precisamos calcular o trabalho exercido pelo campo elétrico para mover uma carga.

Quem é dW/dq ?

- Vamos calcular o trabalho realizado por um campo elétrico sobre uma carga.

$$W = \int_s \vec{F} \cdot d\vec{r} = \Delta K$$

- A força elétrica vale:

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

- Assim, o trabalho realizado por esta força é:

$$W = q \int_s \vec{E} \cdot d\vec{r} = \Delta K$$

Quem é dW/dq ?

- Mas também sabemos que:

$$\vec{E} = -\nabla V$$

- Assim temos que:

$$W = -\int_s \nabla V \cdot d\vec{r}$$

- A integral de linha de um campo conservativo é o seu próprio potencial (ver Cálculo III, Guidorizzi)

$$W = -q(V_B - V_A) = qV$$

Potência elétrica

Em circuitos elétricos o sinal é decidido se o componente fornece ou absorve energia

- Potência em um componente elétrico:

$$P = i \frac{dW}{dq} = i \frac{d(qV)}{dq} = Vi \frac{dq}{dq} = Vi$$

- A potência elétrica (absorvida ou produzida) é sempre o produto da tensão aplicada e a corrente gerada

$$P = Vi$$