

Aula 2  
Curvas Características  
Potência e temperatura de uma lâmpada de filamento

Manfredo H. Tabacniks  
agosto 2007

3 assuntos a serem discutidos

- Forma e procedimento de uma medida
- Qualidade dos dados
- Reprodutibilidade de um experimento
- O real e o ideal: multímetro
  - Como conhecer as limitações?
  - Como escolher entre diferentes opções?
  - O grande e o pequeno
- A lâmpada
  - O inesperado
  - Como investigar mais a fundo?

A. Saito, agosto 2007

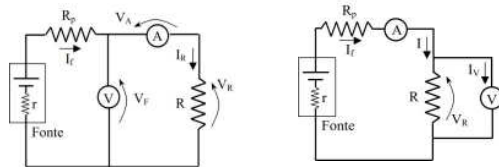
Multímetro real vs. ideal

- Em um multímetro ideal
  - $R_V = \infty$
  - $R_A = 0$
  - $i_c = \text{constante}$
- Em um multímetro real isto não ocorre
- Devemos avaliar qual é a condição de uso mais próxima do ideal.
- Se não for possível, devemos conhecer as características do circuito e corrigir os dados.

A. Saito, agosto 2007

Nosso experimento

Dois circuitos distintos que, em situações ideais, seriam idênticos

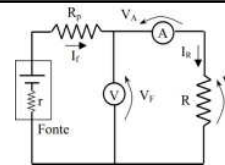


Em que situação um é mais adequado que o outro?

A. Saito, agosto 2007

Circuito 5.a

A corrente medida é a própria corrente no resistor  $R$



$$i = i_A = i_R$$

? Mas a tensão medida é a soma das tensões em  $R$  e  $A$

$$V = V_A + V_R$$

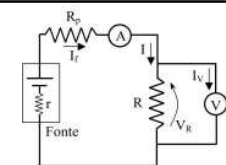
? Assim

$$R_{medido} = \frac{V}{i} = \frac{V_A + V_R}{i} \Rightarrow R_{medido} = R_A + R$$

A. Saito, agosto 2007

Circuito 5.b

A tensão medida é a própria tensão no resistor  $R$



$$V = V_R$$

? Mas a corrente medida é a soma das correntes em  $R$  e  $V$

$$i = i_V + i_R$$

Assim

$$R_{medido} = \frac{V}{i} = \frac{V}{i_R + i_V} \Rightarrow \frac{1}{R_{medido}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}$$

A. Saito, agosto 2007

Comparação

Se  $R \gg R_A$ , o primeiro circuito é mais adequado

Se  $R \ll R_V$ , o segundo circuito é mais adequado.

Mas o que é pequeno e o que é grande?

$$R_{medido} = R_A + R$$

$$\frac{1}{R_{medido}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}$$

A. Salsade, agosto 2007

### Como separar grande e pequeno?

Podemos medir experimentalmente  
Realizamos vários experimentos, similares aos que foram feitos até observar desvios (resíduos) incompatíveis com o esperado

Resolver teoricamente  
Sabemos resolver o circuito teoricamente, mas incluir efeitos experimentais (incertezas) tornam as deduções muito trabalhosa.

Simulações  
O meio do caminho.

A. Salsade, agosto 2007

### O que é uma simulação?

A. Salsade, agosto 2007

### Vamos simular o circuito 5.b

Dados de entrada  
 $V_{fonte}$ ,  $r$   
 $R_p$ ,  $R_A$ ,  $R$  e  $R_V$

Conhecimentos teóricos

$$i = \frac{V}{R_{TOTAL}} \quad R_{TOTAL} = r + R_p + R_A + \frac{1}{1/R + 1/R_V}$$

$$V = V_{fonte} - V_r - V_{RP} - V_{RA} = V_{fonte} - i(r + R_p + R_A)$$

Conhecimentos experimentais

$$\sigma_V = 0.8\% \cdot V \quad \sigma_i = 0.8\% \cdot i$$

A. Salsade, agosto 2007

### Baixar .xls do site

A. Salsade, agosto 2007

### Simulação detalhada

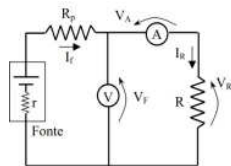
Fazendo uma simulação mais detalhada  
A única diferença é considerar uma distribuição Gaussiana de incertezas ao invés de uniforme

Gráfico do resíduo médio em função de  $R$  mostra o limite

A. Salsade, agosto 2007

Tarefa extra para o relatório

+1 ponto na nota de relatório para o grupo que fizer a simulação no caso do circuito 5.a  
Incluir apêndice com descrição detalhada da simulação e gráfico (similar ao 5.b)



A. Saide, agosto/2007

e a lâmpada ?



A. Saide, agosto/2007

## A lâmpada

Medidas de resistência mostram que:

$$R \sim 10-15 \Omega$$

Contudo, segundo o fabricante, a lâmpada funciona em

$$V = 110 \text{ V e } P = 100 \text{ W}$$

Se usamos  $P = V^2/R$  obtemos:

$$R_n = 121 \Omega$$

Porque a discrepância?

Elemento resistivo de tungstênio (W) dentro de um bulbo com gás inerte

Aumentar a vida útil do filamento

Potência transferida para o filamento

$$P = V i$$

Como esta potência é utilizada

Produção de luz e calor

Isto afeta as características da lâmpada? Como?

A. Saide, agosto/2007

## O problema a ser investigado

Transferimos potência elétrica ( $P = V i$ ) para a lâmpada.

Como esta energia é utilizada?

**Existe uma relação entre a potência e a temperatura da lâmpada?**

## Metodologia

Queremos estudar  $P \times T$

**Como medir  $P$  ?**

Utilizando o nosso conhecimento de circuitos elétricos:  $P = V i$

**Como medir  $T$  ?**

Termômetro ? A temperatura do filamento é a mesma do invólucro da lâmpada?

Há outras alternativas ?

Encontrar a resistividade do W em função da temperatura: *internet*

A. Saide, agosto/2007

## Dependência da resistência do tungstênio com a temperatura do filamento

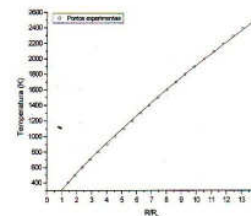
Fórmula empírica, obtida a partir de dados experimentais

$$\frac{R}{R_0} = \left( \frac{T}{T_0} \right)^{1,24}$$

$R$  = resistência do filamento na temperatura  $T$

$R_0$  = resistência do filamento na temperatura  $T_0$

$T_0$  = temperatura ambiente pode depender da fabricação



A. Saide, agosto/2007

## Determinando a temperatura do filamento

Dados:

Resistência do filamento  $R(V, I)$  e

$R_0$  ( $R$  numa temperatura dada)

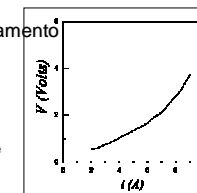
Medir o valor de  $R$  para cada condição de potência fornecida.

Determinar a curva característica da lâmpada.

O valor de  $R$  vem de  $R = V / i$

Determinar a temperatura correspondente para cada resistência elétrica

Usar a dependência de  $R$  com a temperatura  
Determinar  $R_0$  (achar uma condição em que  $R$  e a temperatura são bem conhecidos)



A. Saide, agosto/2007

## Determinando a temperatura do filamento

### Obtendo o valor da resistência em uma temperatura conhecida.

#### Ohmímetro

A potência do ohmímetro é realmente baixa para assegurar que a lâmpada não esquentou?

#### Extrapolação da curva para correntes muito pequenas

Como fazer? Qual a precisão deste procedimento?

#### Realizar medidas em correntes realmente baixas

Como limitar a corrente? Utilizando um resistor elevado em série?

A. Suiide, agosto 2007

## Objetivo aula 2

### Determinar a dependência funcional $P(T)$ para o filamento de uma lâmpada de filamento ( $U_n = 30V$ )

#### Metodologia recomendada

#### Obter a curva característica da lâmpada.

A partir dos valores nominais de tensão e potência, determinar qual o melhor circuito a ser utilizado (5.a ou 5.b). Determinar o valor do resistor de proteção para este caso.

#### Determinar $R_f(T_f)$ (e comparar os métodos)

- usando um ohmímetro
- fazendo a curva característica com baixa corrente elétrica, usando um resistor de proteção de 2-3 k $\Omega$ . A lâmpada é ôhmica em baixas correntes?
- extrapolar para 0V a curva característica.

A. Suiide, agosto 2007

## Atividades da semana (entregar até 20/8/07)

1. A curva característica da lâmpada e para cada ponto:
  - a potência fornecida pela fonte
  - a resistência da lâmpada
  - a temperatura do filamento.

2. O gráfico de ( $P \times T$ ) em escalas adequadas e uma expressão funcional que correlaciona as duas grandezas.

Lembre-se que existem outras escalas além da escala linear.

A. Suiide, agosto 2007