

Instituto de Física - USP
FGE0213 - Laboratório de Física III - LabFlex

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?

Multímetro real vs. ideal

Em um multímetro ideal

$$R_V = \text{infinito}$$

$$R_A = 0$$

$$i_\Omega = \text{constante}$$

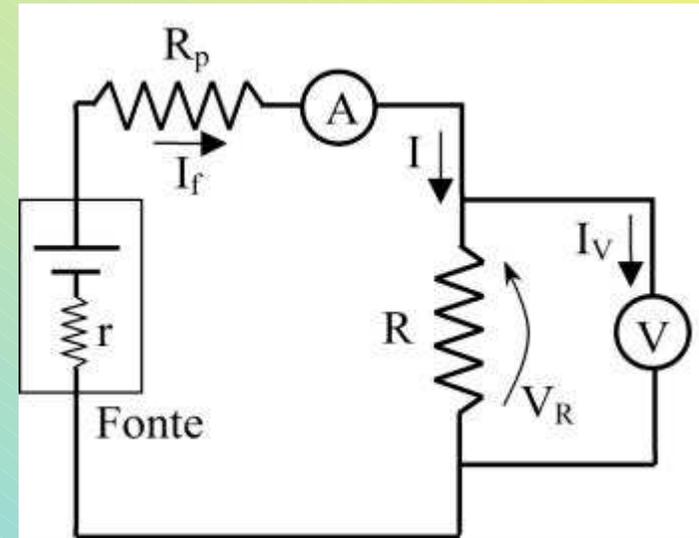
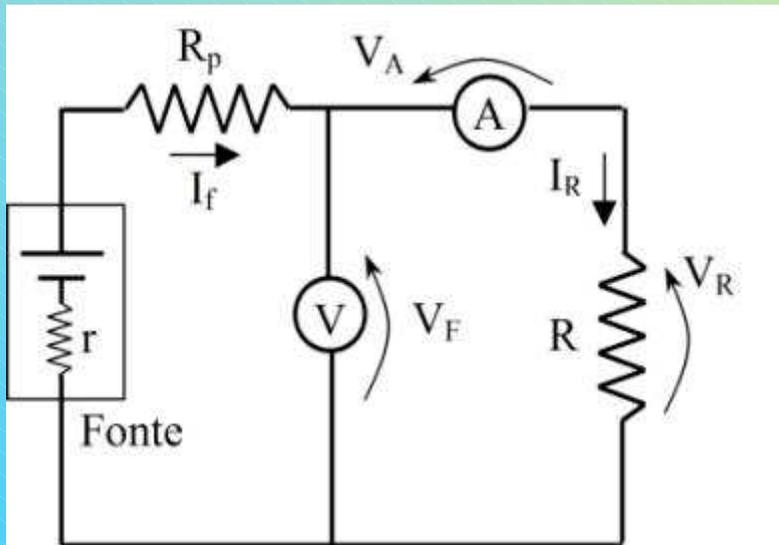
Em um multímetro real isto não ocorre

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.

Nosso experimento

Dois circuitos distintos que, em situações ideais, seriam idênticos

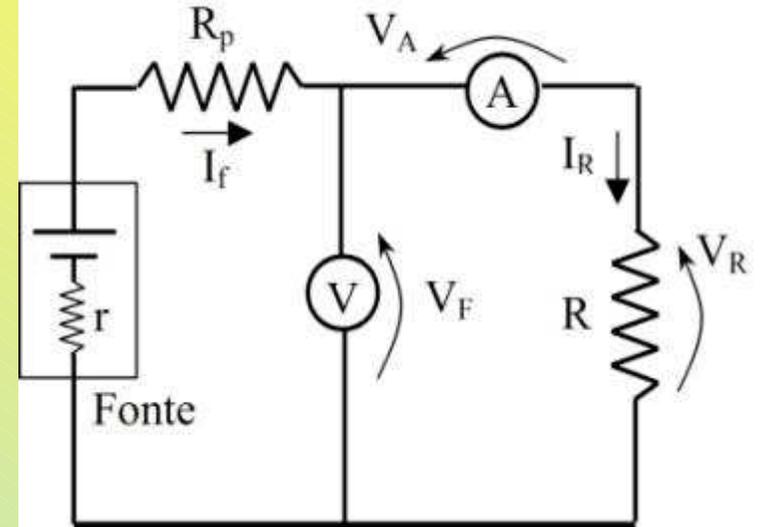


Em que situação um é mais adequado que o outro?

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

$$V = V_A + V_R$$

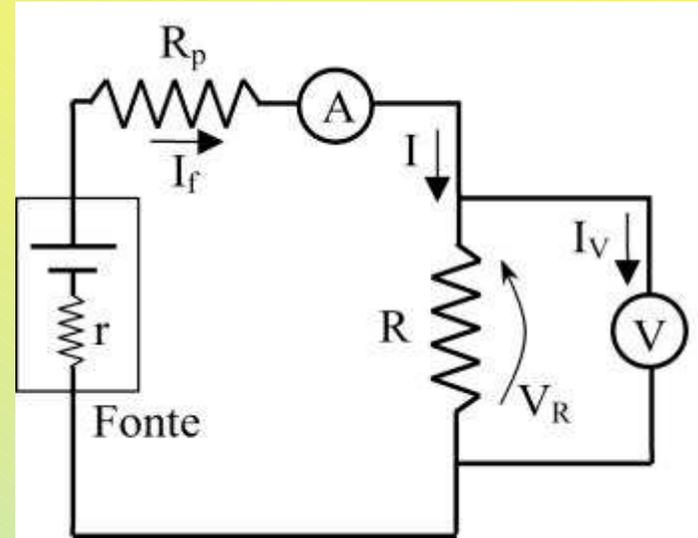
? Assim

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

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

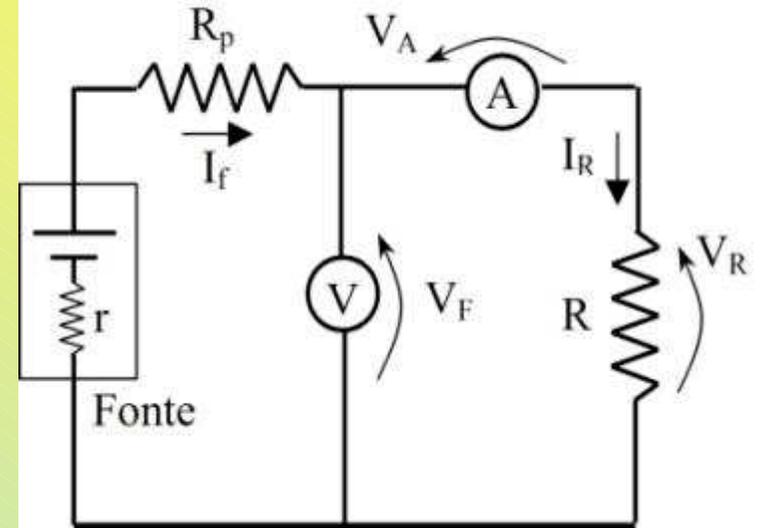
$$R_{medido} = \frac{V}{i} = \frac{V}{i_R + i_V} \Rightarrow \frac{1}{R_{medido}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}$$

Comparação

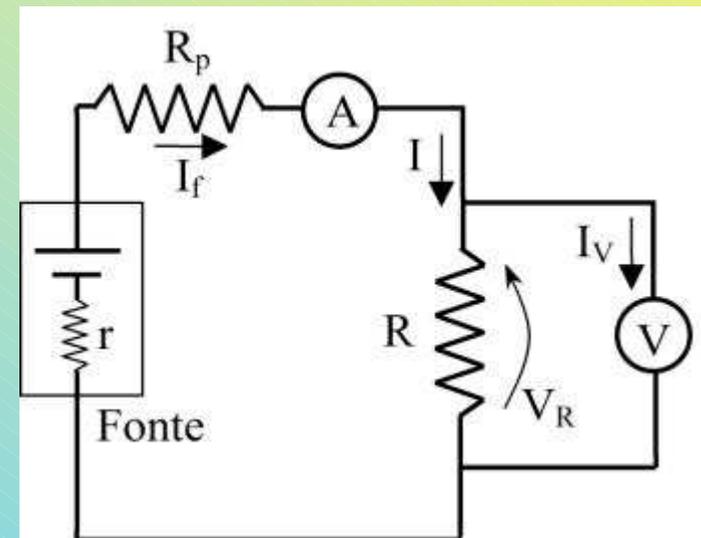
Se $R \gg R_A$, o primeiro circuito é mais adequado

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

Mas o que é pequeno e o que é grande?



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



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

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.

O que é uma simulação?

Conhecimento do experimento e características dos instrumentos de medida

Computação

Conhecimento teórico do fenômeno físico envolvido

SIMULAÇÃO



Experimento virtual

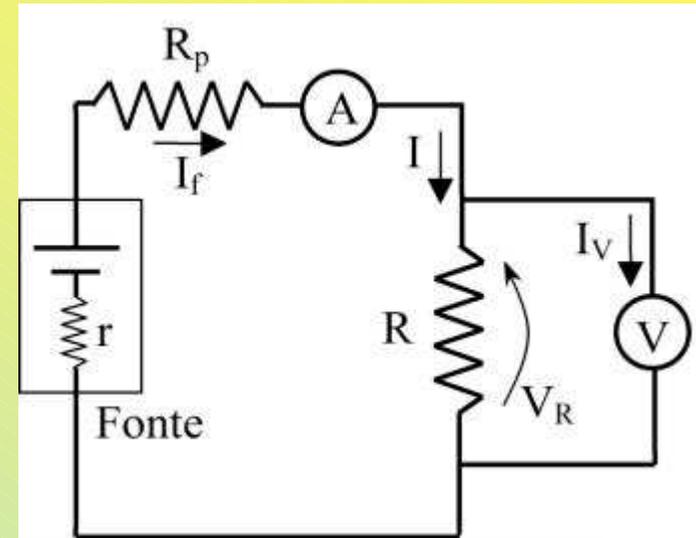
O computador pode ser usado como laboratório

Vamos simular o circuito 5.b

Dados de entrada

$$V_{\text{fonte}}, r$$
$$R_p, R_A, R \text{ e } R_V$$

Conhecimentos teóricos



$$i = \frac{V}{R_{TOTAL}}$$

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

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

Conhecimentos experimentais

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

Baixar .xls do site

simulacao - Microsoft Excel

Início Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibição

Colar Calibri 11 Fonte Alinhamento Número Estilo Células Edição

P14

Dados	Ω
$r =$	0
$R_P =$	47
$R_A =$	1
$R_V =$	1E+07
$R =$	1000
$R_{TOT} =$	1047,9

$$i = \frac{V}{R_{TOTAL}}$$

$$R_{TOTAL} = r + R_P + R_A + \frac{1}{1/R + 1/R_V}$$

$$V = V_{fonte} - i(r + R_P + R_A)$$

Experimento	Dados teóricos		Medidas realizadas				Valores esperados	
Vfonte (Volts)	i (A)	V (Volts)	i (A)	si (A)	V (Volts)	sV (Volts)	V (Volts)	Resíduo
1	0,000954	0,954194	0,000962	7,63E-06	0,946561	0,007634	0,961924	-2,0126
2	0,001909	1,908388	0,001924	1,53E-05	1,908388	0,015267	1,923848	-1,0126
3	0,002863	2,862582	0,002863	2,29E-05	2,839682	0,022901	2,862869	-1,0125
4	0,003817	3,816776	0,003787	3,05E-05	3,786242	0,030534	3,786621	-0,0124
5	0,004771	4,770971	0,004733	3,82E-05	4,809138	0,038168	4,733276	1,9876
6	0,005726	5,725165	0,00568	4,58E-05	5,679363	0,045801	5,679931	-0,0124
7	0,00668	6,679359	0,00668	5,34E-05	6,732794	0,053435	6,680027	0,9875
8	0,007634	7,633553	0,007634	6,11E-05	7,694621	0,061068	7,634316	0,9875
9	0,008589	8,587747	0,00852	6,87E-05	8,656449	0,068702	8,519897	1,9876
10	0,009543	9,541941	0,009467	7,63E-05	9,465606	0,076336	9,466552	-0,0124

Resultado Obtido	
Resíduo Médio =	5,725165

Plan1 Plan2 Plan3

Pronto 100%

Simulação detalhada

Fazendo uma simulação
mais detalhada

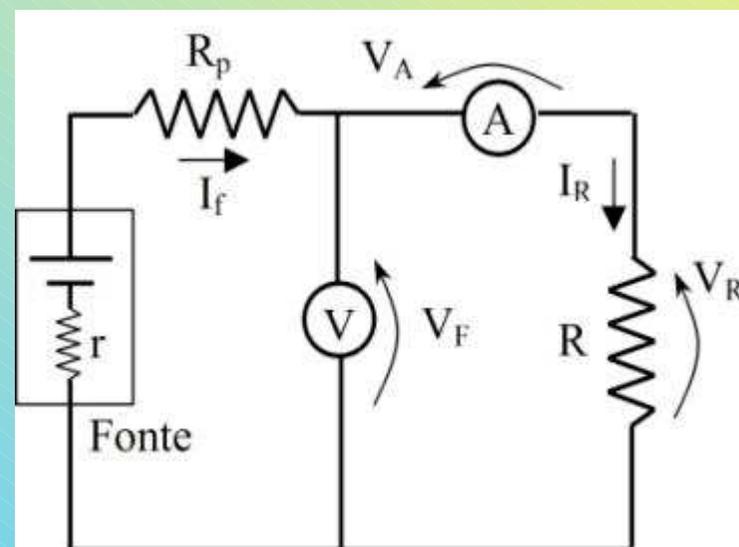
A única diferença é
considerar uma distribuição
Gaussiana de incertezas ao
invés de uniforme

Gráfico do resíduo médio
em função de R mostra o
limite

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)



e a lâmpada ?



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 usarmos $P = V^2/R$ 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?

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*

Dependência da resistência do tungstênio com a temperatura do filamento

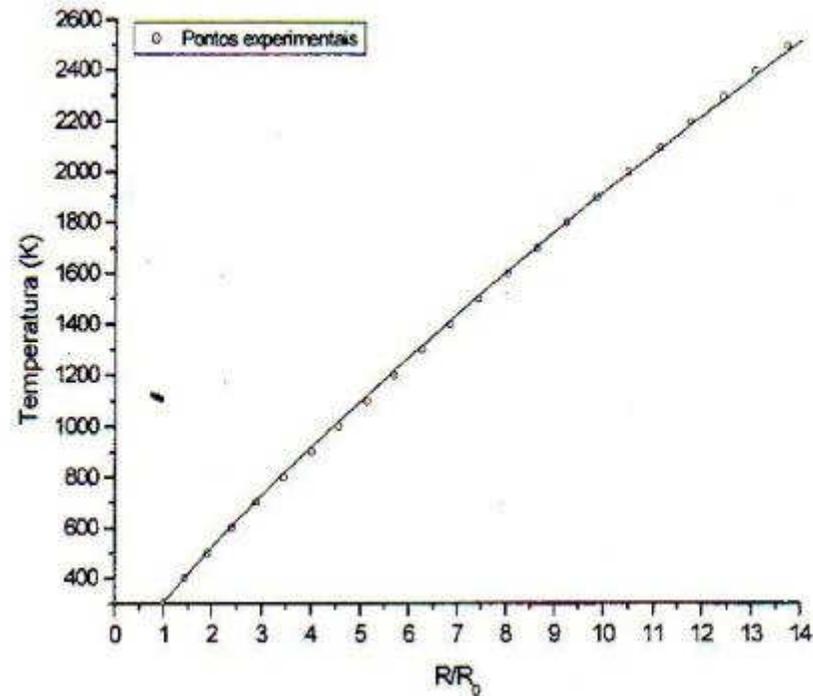
Fórmula empírica, obtida a partir de dados experimentais

$$\frac{R}{R_0} = \left(\frac{T}{T_0} \right)^{1.24}$$

R = resistência do filamento na temperatura T

R_0 = resistência do filamento na temperatura T_0

T_0 = temperatura ambiente
pode depender da fabricação



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.

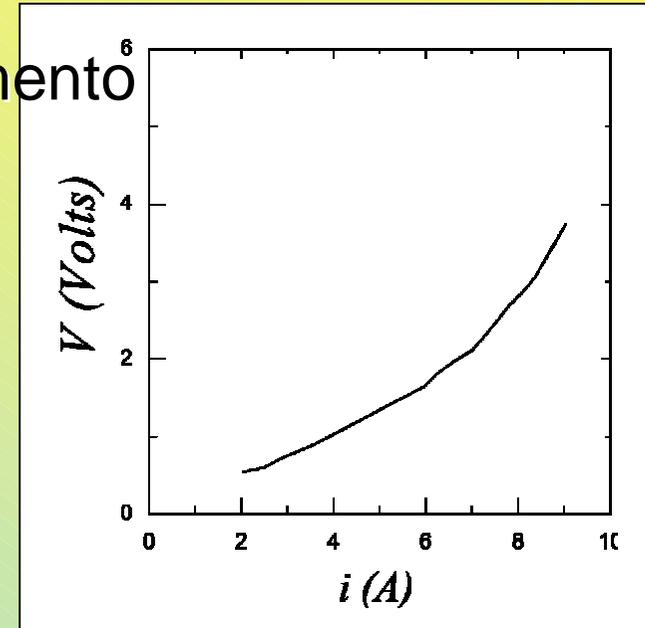
Determinar a curva característica da lâmpada.

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)



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?

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 $R_0(T_0)$ (e comparar os métodos)

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

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.