



Conecte-se com a lei de Ohm



Fornecido pelo TryEngineering - www.tryengineering.org
Clique aqui para dar seu feedback sobre esta lição

Foco da lição

Demonstrar a lei de Ohm, usando multímetros digitais. São apresentadas atividades práticas divertidas que demonstram a lei de Ohm. Os professores usam multímetros digitais para coletar dados que são plotados em gráficos, para demonstrar que tensão e corrente estão relacionadas por funções lineares para resistores comuns e por funções de potência para lâmpadas elétricas.

Resumo da lição

São apresentadas atividades práticas divertidas que demonstram a lei de Ohm ($E = R \times I$). Os professores usam multímetros digitais para coletar dados que são plotados em gráficos, para demonstrar que tensão e corrente estão relacionadas por funções lineares para resistores comuns e por funções de potência para lâmpadas elétricas.

Faixa etária

10-18.

Objetivos

- ✦ Aprender sobre a lei de Ohm.
- ✦ Ser capaz de usar um multímetro digital para coletar dados.
- ✦ Explorar os conceitos de tensão e corrente.

Resultados esperados para os alunos

Como resultado das atividades, os estudantes devem desenvolver uma compreensão de:

- ✦ Lei de Ohm.
- ✦ Relação entre tensão, corrente e resistência em um circuito elétrico.
- ✦ Medição, plotagem de dados e confecção de gráficos.
- ✦ Fiação e construção básica de um multímetro digital para a coleta de dados.

Lei de Ohm: introdução

O que é a lei de Ohm?

A lei de Ohm é uma equação matemática que explica o relacionamento entre tensão, corrente e resistência em circuitos elétricos. Ela é definida pela seguinte fórmula:

$$E = R \times I$$

E = Tensão (A tensão é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um fio condutor. A tensão é medida em volts e pode ser obtida em várias fontes, tais como tomadas da rede elétrica e pilhas.)

I = Corrente (A corrente é medida em ampères. A corrente é constituída de partículas carregadas que fluem da fonte de tensão até um ponto de terra, através de um material condutor.)

R = Resistência (A resistência é a oposição que um corpo material oferece à passagem de uma corrente elétrica. A resistência é medida em ohms. Exemplos de itens com resistência são lâmpadas elétricas e chuveiros elétricos.)

Atividades da lição

A atividade consiste em usar uma bateria de tensão nominal de 6 volts (constituída de quatro pilhas de 1,5 volt de tensão nominal cada, conectadas em série), para:

- ✦ Conduzir corrente através de um elemento de um circuito simples e medir e registrar a corrente e a tensão através do elemento, à medida que o número de pilhas funcionando na bateria é variado de uma a quatro pilhas.
- ✦ Plotar no gráfico pontos que representem as tensões e correntes registradas.
- ✦ Desenhar uma curva de “melhor ajuste” através dos pontos de dados do elemento testado.
- ✦ Repetir o processo para dois ou três diferentes elementos de circuito resistores.
- ✦ Comparar as curvas e fazer observações sobre a natureza das curvas de cada elemento.

São fornecidos seis materiais impressos para o professor:

- ✦ Folha de informações da lei de Ohm.
- ✦ Orientações passo a passo do plano de aula.
- ✦ Apêndice 1: Sugestões de fontes para os materiais.
- ✦ Apêndice 2: Instruções de montagem do testador de continuidade.
- ✦ Apêndice 3: Fotos e diagramas de compartimento de pilhas alternativo, para uma única pilha.
- ✦ Apêndice 4: Atividade opcional de isolantes e condutores.

Dois materiais impressos para o aluno são fornecidos, para leitura antes da atividade:

- ✦ Folha de informações da lei de Ohm.
- ✦ Procedimentos passo a passo.

Recursos/Materiais

Consulte as folhas de trabalho do aluno e documentos de recursos do professor anexos.

Alinhamento a grades curriculares

Consulte a folha de alinhamento curricular anexa.

Recursos na internet

- ✦ TryEngineering (www.tryengineering.org).
- ✦ Museu virtual do IEEE (www.ieee-virtual-museum.org).
- ✦ Padrões para a Educação Tecnológica da Associação Internacional de Educação de Tecnologia (www.iteawww.org/TAA/PDFs/ListingofSTLContentStandards.pdf).
- ✦ Compêndio McREL de Padrões e Marcas de Referência (www.mcrel.org/standards-benchmarks). Uma compilação dos padrões atuais do currículo K-12 (ensino fundamental e médio) dos EUA, em formatos pesquisável e navegável.
- ✦ Princípios e Padrões para a Matemática Escolar do Conselho Nacional de Professores de Matemática dos EUA (www.nctm.org/standards).
- ✦ Padrões Educacionais de Ciência dos EUA (www.nsta.org/standards).
- ✦ Lei de Ohm (www.ohmslaw.com).

Leituras recomendadas

- ✦ Ohm's Law, Electrical Math and Voltage Drop Calculations, de Tom Henry. ISBN: 0945495269.
- ✦ A Short History of Nearly Everything, de Bill Bryson. Editora: Broadway. ISBN: 0767908171.

Atividade escrita opcional

- ✦ Identificar exemplos de resistores em casa. Fazer uma lista de exemplos de itens com resistência que podem ser encontrados em uma cozinha.

Referências

Ralph D. Painter
Seção da Costa Oeste da Flórida do IEEE
URL: <http://ewh.ieee.org/r3/floridawc>

Conecte-se com a lei de Ohm



Para professores: Alinhamento a grades curriculares

Nota: Todos os planos de aula deste conjunto são alinhados ao National Science Education Standards dos EUA (produzidos pelo National Research Council e endossados pela National Science Teachers Association) e, se aplicável, ao Standards for Technological Literacy da International Technology Education Association e ao Principles and Standards for School Mathematics do National Council of Teachers of Mathematics.

◆ Padrões Educacionais de Ciências dos EUA, 5ª a 8ª séries (idades de 10 a 14 anos)

CONTEÚDO PADRÃO A: ciência como investigação

Como resultado das atividades, os estudantes devem desenvolver:

- ✦ As habilidades necessárias para realizar investigação científica.
- ✦ Compreensão sobre a investigação científica.

CONTEÚDO PADRÃO B: ciências físicas

Como resultado das atividades, os estudantes devem desenvolver uma compreensão de:

- ✦ Transferência de energia.

◆ Padrões Educacionais de Ciências dos EUA, 9ª a 12ª séries (idades de 15 a 18 anos)

CONTEÚDO PADRÃO A: ciência como investigação

Como resultado das atividades, os estudantes devem desenvolver:

- ✦ As habilidades necessárias para realizar investigação científica.
- ✦ Compreensão sobre a investigação científica.

CONTEÚDO PADRÃO B: ciências físicas

Como resultado das atividades, os estudantes devem desenvolver uma compreensão de:

- ✦ Interações entre matéria e energia.

◆ Padrões para a Educação Tecnológica - todas as idades

Projeto

- ✦ Padrão 10: Os estudantes desenvolverão uma compreensão do papel da busca de erros, pesquisa e desenvolvimento, invenção e inovação e experimentação na solução de problemas.

O mundo projetado

- ✦ Padrão 16: Os estudantes desenvolverão uma compreensão e serão capazes de selecionar e usar tecnologias de energia e alimentação de energia.

◆ Princípios e Padrões para a Matemática Escolar (idades de 10 a 14 anos)

Padrões de medição

- Aplicar técnicas, ferramentas e fórmulas apropriadas para determinar medidas.
 - ✦ Usar referenciais comuns para selecionar métodos apropriados para estimar medidas.

◆ Princípios e Padrões para a Matemática Escolar (idades de 14 a 18 anos)

Padrões de medição

- Compreender atributos mensuráveis de objetos e as unidades, sistemas e processos de medição.
 - ✦ Tomar decisões sobre as unidades e escalas que são apropriadas para situações-problema envolvendo medições.
- Aplicar técnicas, ferramentas e fórmulas apropriadas para determinar medidas.
 - ✦ Analisar precisão, exatidão e erro aproximado em situações de medição.
 - ✦ Usar análise dimensional para verificar os cálculos de medições.

Conecte-se com a lei de Ohm



Para professores:

Recursos do professor - folha de informações da lei de Ohm

O que é a lei de Ohm?

A lei de Ohm é uma equação matemática que explica o relacionamento entre tensão, corrente e resistência em circuitos elétricos. Ela é definida pela seguinte fórmula:

$$E = R \times I$$

E = Tensão (A tensão é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um fio condutor. A tensão é medida em volts e pode ser obtida em várias fontes, tais como tomadas da rede elétrica e pilhas.)

I = Corrente (A corrente é medida em ampères. A corrente é constituída de partículas carregadas que fluem da fonte de tensão até um ponto de terra, através de um material condutor.)

R = Resistência (A resistência é a oposição que um corpo material oferece à passagem de uma corrente elétrica. A resistência é medida em ohms. Exemplos de itens com resistência são lâmpadas elétricas e chuveiros elétricos.)

O resistor é o mais simples dos três elementos de circuito passivos.

Existem três elementos de circuitos elétricos passivos: o capacitor, que armazena energia na forma de um campo elétrico; o indutor, que armazena energia na forma de um campo magnético; e o resistor, que dissipa energia, em vez de armazená-la. Este exercício trabalha apenas com o resistor, o mais simples dos três elementos de circuito passivos. Porém, dois tipos de resistores serão testados, a saber, resistores lineares, que possuem resistência constante ou fixa, e a lâmpada elétrica, que possui resistência não linear, que varia com a quantidade de corrente que passa por ela.

A tradição prevalece na notação.

Enquanto o uso de "R" para representar resistência seja bastante intuitivo, o uso de "E" e "I" para representar a tensão e a corrente que atravessa o resistor derivam da tradição. "E" significa "força eletromotriz", o termo original para a quantidade que tende a empurrar cargas elétricas através de um circuito. Atualmente é comum referir-se à força eletromotriz simplesmente como "tensão" ou "voltagem", seja de uma fonte, tal como uma pilha, ou do potencial desenvolvido através de um resistor pelo qual uma carga está passando. Da mesma forma, nos primórdios do desenvolvimento das teorias sobre eletricidade, a quantidade de carga passando por um circuito em um dado período era chamada de "intensidade", uma quantidade que atualmente é chamada de "corrente" ou, às vezes, "amperagem". Para nossos propósitos, nós vamos nos referir à quantidade "E" que impulsiona a carga através do resistor de "tensão" e à quantidade "I", a quantidade de carga que passa por um resistor em um dado tempo, de "corrente". A lei de Ohm define a resistência como a tensão através do elemento dividida pela corrente que flui pelo elemento.

$$E = R I \quad \text{Lei de Ohm}$$

$$R = E / I \quad \text{Definição de resistência pela lei de Ohm}$$

Conecte-se com a lei de Ohm



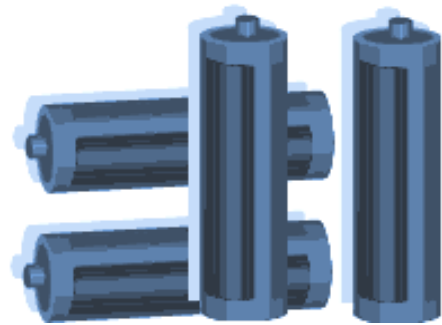
Para professores:

Recursos do professor - orientações passo a passo da aula

Resumo da lição

A atividade consiste em usar uma bateria de tensão nominal de 6 volts (constituída de quatro pilhas de 1,5 volt de tensão nominal cada, conectadas em série), para:

- ✦ Conduzir corrente através de um elemento de um circuito simples e medir e registrar a corrente e a tensão através do elemento, à medida que o número de pilhas funcionando na bateria é variado de uma a quatro pilhas.
- ✦ Plotar no gráfico pontos que representem as tensões e correntes registradas.
- ✦ Desenhar uma curva de “melhor ajuste” através dos pontos de dados do elemento testado.
- ✦ Repetir o processo para dois ou três elementos de circuito diferentes.
- ✦ Comparar as curvas e fazer observações sobre a natureza das curvas de cada elemento.



Equipamento

Três elementos de circuito que funcionam bem são um resistor de 47 ohms, um resistor de 100 ohms e uma lâmpada elétrica de lanterna nº 40 (valores nominais de 6,3 volts, 150 mA). O equipamento ilustrado aqui faz uso de um testador de continuidade, que consiste em um compartimento de pilhas de 4 pilhas AA conectadas em série, com um soquete para lâmpada miniatura de rosquear. O fio aberto do compartimento de pilhas e o fio aberto do soquete para lâmpada são terminados em duas pequenas chapas planas de latão. Os objetos cuja continuidade será testada são usados para fechar o intervalo estreito entre as chapas de latão. Instruções completas sobre como montar o testador de continuidade são dadas no apêndice 1.

No entanto, a atividade funciona da mesma forma se forem usadas pilhas tamanho C ou D em compartimentos de quatro pilhas ou em compartimentos de uma pilha conectados em série, conforme a necessidade. Diagramas esquemáticos e fotografias dos arranjos alternativos usando-se compartimentos de pilhas individuais são mostrados no apêndice 2.

Embora a atividade possa ser feita com um único multímetro, ela fica melhor se houver dois multímetros disponíveis em cada bancada de trabalho. Um multímetro é colocado na escala de 200 miliampères, para medir a corrente através do elemento de circuito sendo testado, e um segundo multímetro na escala de 20 volts, para medir a queda de tensão através do elemento de circuito sendo testado. Pode ser usado praticamente qualquer modelo de multímetro digital ou analógico. Além disso, três ou quatro garras de teste tipo “jacaré”, ou “jumpers”, são necessários para fazer todas as interconexões. Detalhes completos sobre o equipamento e os custos estimados são fornecidos no apêndice 3.

Para professores:
Orientações passo a passo do plano de aula
(continuação)

Coletar dados e plotar as curvas

Siga as instruções passo a passo dadas na folha de trabalho do aluno para coletar os dados e plotar as curvas $E \times I$ para a lâmpada elétrica e um ou dois resistores fixos. Uma imagem de um gráfico e da folha de dados com dados típicos de um aluno para a lâmpada e os resistores é mostrada na figura 4.

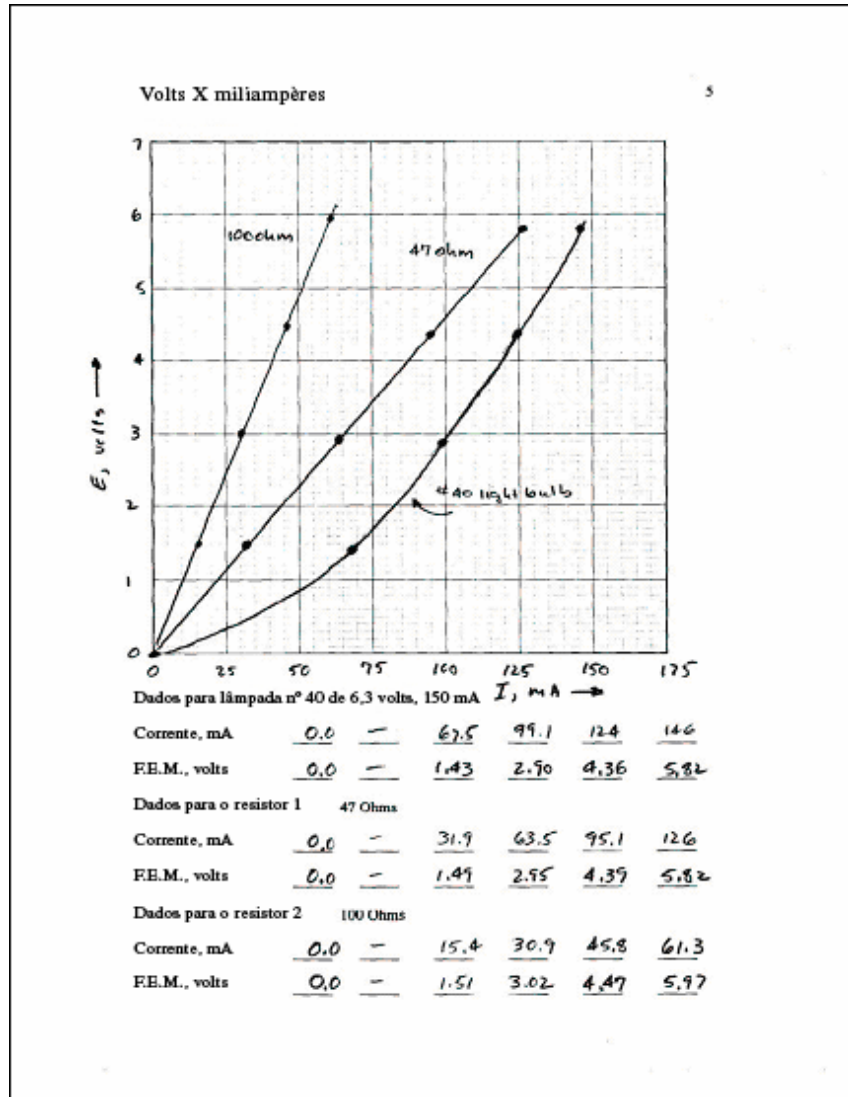


Figura 4

Uma vez que os estudantes tenham capturado os dados e plotados as curvas nos gráficos, eles podem começar a fazer observações sobre o relacionamento entre as tensões através dos resistores e as correntes que passam pelos resistores. Peça que os alunos realizem as atividades de descobertas das páginas a seguir. Dependendo dos seus alunos, as atividades de descoberta podem ser feitas individualmente, em equipes ou como um exercício que envolva a turma toda. Os valores usados como exemplo para a atividade de descoberta a seguir foram tirados dos dados típicos de um aluno mostrados na figura 4.

Para professores:
Orientações passo a passo do plano de aula
(continuação)

Descobrimo o exemplo da lei de Ohm:

1. Desenhe uma linha horizontal em seu gráfico em $E = 5$ volts e faça linhas verticais para baixo, das interseções com a linha horizontal até as curvas dos resistores de 100 ohms e 47 ohms, conforme mostrado na figura a seguir.

Registre os valores, em miliampères, de I_{100} e I_{47} nas lacunas abaixo e então converta esses valores para ampères, multiplicando-os por $1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}$.

$$I_{100} = \underline{52} \text{ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \underline{0,052} \text{ ampères.}$$

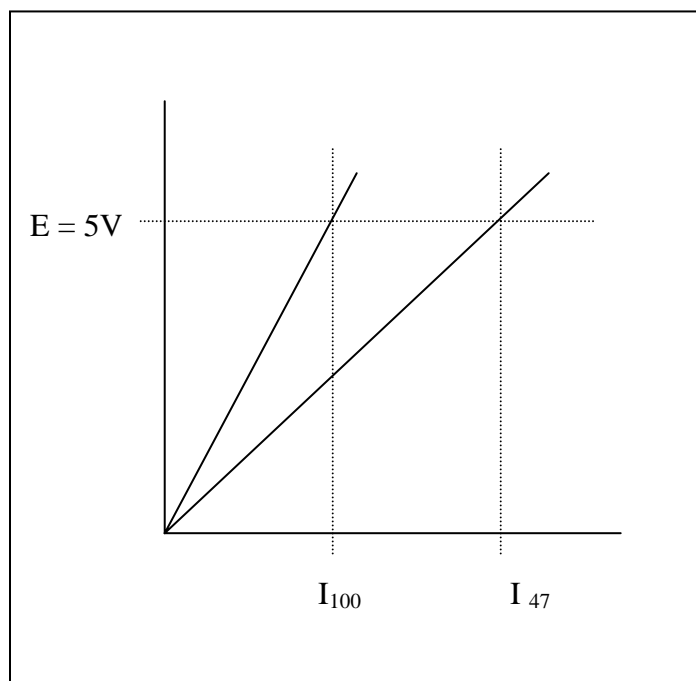
$$I_{47} = \underline{108} \text{ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \underline{0,108} \text{ ampères.}$$

2. Usando os valores em ampères de I_{100} e I_{47} , calcule as resistências R_{100} e R_{47} .

$$R_{100} = 5 \text{ V} / I_{100} = 5 \text{ V} / 0,052 \text{ A} = \underline{96} \text{ ohms.}$$

$$R_{47} = 5 \text{ V} / I_{47} = 5 \text{ V} / 0,108 \text{ A} = \underline{46} \text{ ohms.}$$

Como os valores calculados para R_{100} e R_{47} na questão 3 acima se comparam aos valores nominais de 100 e 47 ohms dos resistores?



Conecte-se com a lei de Ohm

Desenvolvido pelo IEEE como parte do TryEngineering
www.tryengineering.org

Para professores:

Orientações passo a passo do plano de aula (continuação)

Evidentemente, a resistência de um resistor fixo a inclinação de uma reta que define a relação entre tensão e corrente. Outra forma de dizer isso é observar que a tensão através do resistor é proporcional à corrente que passa pelo resistor. A resistência é a constante de proporcionalidade entre tensão e corrente.

3. Escreva as equações de $E \times I$ para resistores fixos.

As equações da reta dos gráficos de $E \times I$ podem ser escritas substituindo-se os valores de R_{100} e R_{47} derivados dos dados acima.

Para o resistor de 100 ohms:

$$E = R_{100} I = (\underline{\quad 96 \quad} \text{ ohms}) I$$

E para o resistor de 47 ohms:

$$E = R_{47} I = (\underline{\quad 46 \quad} \text{ ohms}) I$$

Coloque um valor de 0,050 A (50 miliampères) nas equações acima e calcule as tensões resultantes para os resistores de 100 e 47 ohms.

Para o resistor de 100 ohms:

$$E = R_{100} 0,050 \text{ A} = \underline{\quad 96 \quad} \text{ ohms} \times 0,050 \text{ A} = \underline{\quad 4,8 \quad} \text{ volts.}$$

Da mesma forma, para o resistor de 47 ohms:

$$E = R_{47} 0,050 \text{ A} = \underline{\quad 46 \quad} \text{ ohms} \times 0,050 \text{ A} = \underline{\quad 2,3 \quad} \text{ volts.}$$

Plote esses dois pontos em seus gráficos, para confirmar que os pontos ficam sobre ou muito próximos das retas correspondentes aos resistores de 100 ohms e 47 ohms.

Pares ordenados a plotar:

Ponto de dados do resistor de 100 ohms: 50 mA, 4,8 V

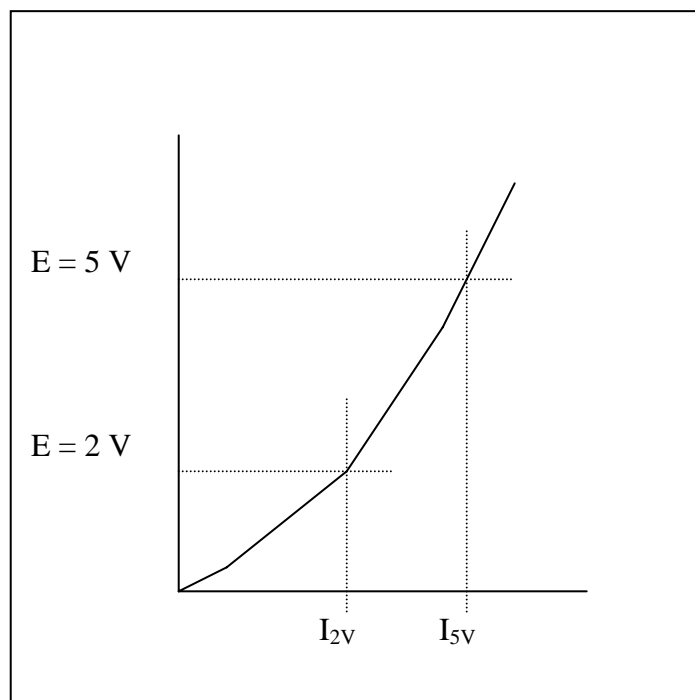
Ponto de dados do resistor de 47 ohms: 50 mA, 2,3 V

Para professores:
Orientações passo a passo do plano de aula
(continuação)

4. Escreva uma equação de $E \times I$ para a lâmpada elétrica.

Considere agora o caso da lâmpada elétrica. Como a curva $E \times I$ da lâmpada elétrica não é uma linha reta, como é definida a resistência para ela? Na verdade, a resistência da lâmpada elétrica é definida como a relação entre a tensão e a corrente, da mesma forma que para os resistores fixos. No entanto, a atividade a seguir demonstrará que a resistência não é mais um valor fixo.

A curva $E \times I$ de uma lâmpada elétrica é mostrada na figura abaixo. Desenhe duas linhas horizontais que façam interseção com a curva em $E = 5 \text{ V}$ e at $E = 2 \text{ V}$ e faça duas linhas verticais para baixo nos pontos de interseção, lendo então os valores de I_{2V} e I_{5V} na escala de miliampères.



Registre os valores, em miliampères, de I_{2V} e I_{5V} nas lacunas abaixo e então converta esses valores para ampères, multiplicando-os por $1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}$.

$$I_{2V} = \underline{83} \text{ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \underline{0,083} \text{ ampères.}$$

$$I_{5V} = \underline{136} \text{ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \underline{0,136} \text{ ampères.}$$

Para professores:
Orientações passo a passo do plano de aula
(continuação)

Usando os valores em ampères de I_{2V} e I_{5V} , calcule as resistências R_{2V} e R_{5V} .

$$R_{2V} = 2 \text{ V} / I_{2V} = 2 \text{ V} / 0,083 \text{ A} = \underline{\quad 24 \quad} \text{ ohms.}$$

$$R_{5V} = 5 \text{ V} / I_{5V} = 5 \text{ V} / 0,136 \text{ A} = \underline{\quad 37 \quad} \text{ ohms.}$$

Fica evidente que os valores de R_{2V} e R_{5V} são significativamente diferentes, o que não deveria ser uma surpresa, já que a curva $E \times I$ da lâmpada elétrica não é uma linha reta. O processo de escrever uma equação que expresse o relacionamento entre tensão e corrente para a lâmpada elétrica é mais complexo do que simplesmente reconhecer que a resistência é a inclinação da reta de $E \times I$, como era o caso para resistores fixos. Usando-se qualquer um dos pontos de dados, pode-se derivar uma equação com a forma $E = k I^2$. No entanto, a curva geralmente passa pela origem e o ponto que foi usado para derivar o valor de k , mas outros pontos de dados podem cair a uma distância significativa da curva. Pode-se derivar equações polinomiais mais sofisticadas que passem através de todos os pontos de dados. No entanto, a matemática envolvida está além do escopo desta atividade.

Neste exemplo, o ponto de 124 mA, 4,36 V será usado para calcular o valor de k :

$$k = E / I^2 = 4,36 \text{ V} / (124 \text{ mA})^2 = 0,000284 \text{ volts}/(\text{mA})^2$$

Assim, o relacionamento entre tensão e corrente para a lâmpada elétrica pode ser aproximado pela equação abaixo, onde E é dado em volts, I em miliampères e k tem como unidade volts/(miliampères)².

$$E = k I^2 = 0,000284 \text{ volts}/(\text{mA})^2 I^2$$

Os dados reais da lâmpada elétrica e os dados de ajuste da curva são plotados em um gráfico comum, na página a seguir, para fins de comparação. Como exemplo, o primeiro ponto é calculado abaixo.

$$I = 67,5 \text{ mA}; \text{ portanto, } E = [0,000284 \text{ volts}/(\text{mA})^2](67,5 \text{ mA})^2 = 1,29 \text{ V}$$

$I, \text{ mA}$	<u>0,0</u>	<u>67,5</u>	<u>99,1</u>	<u>124</u>	<u>146</u>
$E = k I^2$	<u>0,0</u>	<u>1,29</u>	<u>2,78</u>	<u>4,36</u>	<u>6,04</u>

Para professores:
Orientações passo a passo do plano de aula
(continuação)

Curvas E x I para os dados medidos da lâmpada e ajuste de curva parabólica para a lâmpada

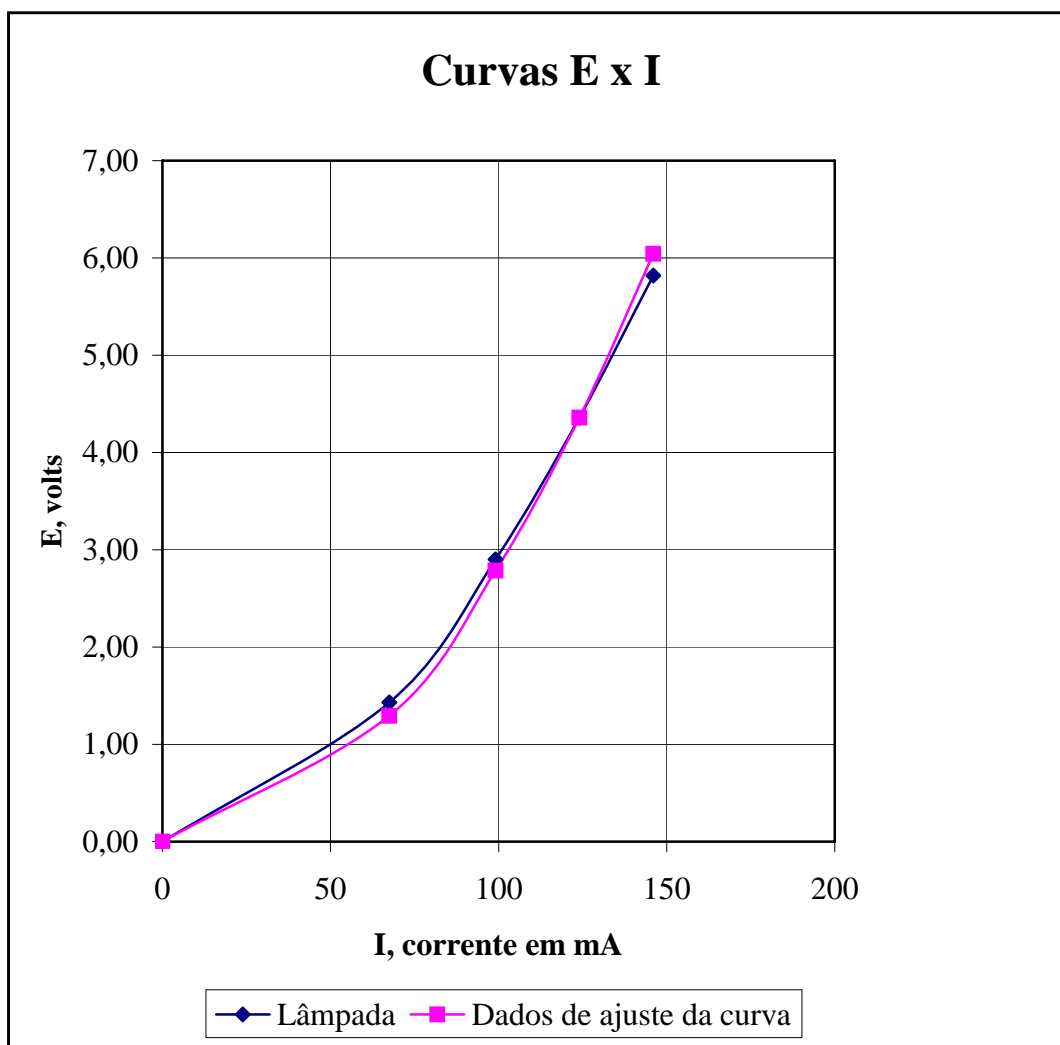
Dados para lâmpada nº 40 de 6,3 volts,
150 mA

I, corrente, mA	0	67,5	99,1	124	146
E, F.E.M., volts	0,00	1,43	2,90	4,36	5,82

$$k = E / I^2 = 4,36 \text{ V}/(124\text{mA})^2 = 0,000284 \text{ V}/\text{mA}^2$$

Ajuste de curva parabólica para dados de lâmpada nº 40
de 6,3 volts, 150 mA

I, corrente, mA	0	67,5	99,1	124	146
E, F.E.M., volts = $k I^2$	0,00	1,29	2,78	4,36	6,04



Para professores: Orientações passo a passo do plano de aula (continuação)

Fazendo a conexão matemática

A maioria dos alunos do ensino médio reconhecerá imediatamente que a equação $y = m x + b$ é a equação de uma reta no plano XY, que “m” é a inclinação da reta e que a reta passa pelo eixo dos Y no ponto “b”. Além disso, a maioria dos estudantes também reconhecerá que a equação $y = m x$ é um caso especial em que a reta passa pela origem do plano XY. No entanto, parece muito difícil, na maioria dos casos, que os estudantes reconheçam que a lei de Ohm, normalmente escrita como “ $E = R I$ ”, também é a equação de uma linha reta que passa pela origem de um plano, onde “E” é plotada no eixo vertical e “I” é plotada no eixo horizontal. Este exercício foi criado para ajudar o aluno a fazer a conexão entre os conceitos abstratos aprendidos em álgebra e as quantidades físicas da força eletromotriz (tensão) e corrente elétrica.

Para um resistor fixo, a lei de Ohm é a expressão simples da relação proporcional entre a força eletromotriz, em volts, e a corrente, em ampères. Normalmente a lei de Ohm é escrita da forma a seguir para circuitos de corrente contínua:

$$E = R I \quad \text{lei de Ohm}$$

Onde “E” é a força eletromotriz, expressa em volts, “I” é a corrente elétrica, em ampères, e R é a resistência, em ohms.

No caso de um resistor fixo comum, “R” é uma constante que expressa a proporcionalidade entre as variáveis “E” e “I”.

Se $E = y$, $I = x$ e $b = 0$, é facilmente visto que a equação tem a forma de $y = m x + b$ e que R é a inclinação da reta plotada no plano E-I.

Escrever a lei de Ohm com subscritos e usar R antes do I na fórmula enfatiza a correspondência entre E, R e I e y, m e x de uma equação linear.

$$E_y = R_m I_x$$

Calculadoras gráficas

Os dados de tensão e corrente dos resistores e da lâmpada elétrica podem ser digitados em uma calculadora gráfica, como a TI-83, para derivar uma equação linear ou quadrática de melhor ajuste. Usar calculadoras gráficas para analisar dados físicos é uma outra boa maneira de demonstrar aos alunos a conexão entre conceitos matemáticos abstratos e o “mundo real”.

Conecte-se com a lei de Ohm



Para professores:

Apêndice 1: Fontes e custo dos materiais necessários

Isenção de responsabilidade: As informações a seguir sobre fontes e custos são fornecidas para fins informativos e conveniência, não constituindo endosso de um fornecedor ou produtos em particular. A menção de qualquer produto por nome, modelo ou número de peça não é garantia da segurança ou adequação do produto correspondente a qualquer finalidade específica. Os custos mencionados são custos reais no final de 2003 nos EUA, com base na experiência pessoal do autor, sendo colocados aqui somente para fins referenciais. Nem o IEEE nem o autor se oferecem para vender qualquer um dos materiais por qualquer preço.

Informações de contato para alguns fornecedores dos materiais

- ✦ Omnitron Electronics (www.omnitronelectronics.com) 954-574-0345.
- ✦ Radio Shack (www.radioshack.com).

Lojas de componentes eletrônicos		Radio Shack	Para 30 bancadas de trabalho	
Descrição	Nº de peça da Radio Shack	Custo (US\$)	Qtd.	Custo (US\$)
Compartimento de pilhas, 4 pilhas AA	270-391A	1,69	30	50,70
Compartimento de pilhas, 1 pilha AA	270-401A	0,99		
Soquete para lâmpada de rosquear	272-357	1,59	30	47,70
Condutores 'jumper'	278-1156C pct. com 10	4,99		
Resistor, 1/2 watt, 47 ohms	271-1105 pct. com 5	0,99	6	5,94
Resistor, 1/2 watt, 100 ohms	271-1108 pct. com 5	0,99	6	5,94
Lâmpada nº 40, 6,3 volts, 150 mA	272-1128 pct. com 2	1,49	15	22,35
Fio, 22, 20 ou 18 AWG, trançado, qualquer cor	278-1225 pct. com 3	4,99	1	4,99
Multímetro digital	22-810	19,99		
Solda, 60-40, núcleo de resina	64-009E 0,8 mm diâmetro, 227 g	7,99		
Fornecedores on-line		Omnitron Electronics*		
Descrição	Nº de peça da Omnitron Electronics	Custo (US\$)		
Condutores 'jumper'	TL-6B pct. com 10	1,95	10	19,50
Multímetro digital	M-1004	3,95	60	237,00
* Preços para volumes de 25 unidades ou mais.				
Lojas de ferragens e de materiais de construção				
Descrição	Item	Custo (US\$)		
Chapas de latão, 1,25 x 5 cm	Stanley Classic Brassware 80-3770, pct. com 3			
Chapas de latão, 1,25 x 5 cm	Brainerd solid brass 50651, pct. com 4	1,97	15	29,55
Madeira, 2,5 x 15 cm nominal (tamanho real: 2 x 14 cm)	Tábua branca nº 2 de 1 pol. x 6 pol. x 8 pés	4,98	5	24,90
Pilhas AA	Ray-o-vac alcalina, pct. com 30 pilhas	9,97	4	39,88
Parafusos para madeira de cabeça chata nº 4, 1,25 cm comprimento	Pacote com 100	2,68	1	2,68
Parafusos para madeira de cabeça chata nº 4, 2 cm comprimento	Pacote com 100	2,51	1	2,51
Lixa, fina, grão 120	Pacote com 5 folhas	1,87	1	1,87
Total para 30 bancadas de trabalho				495,51
Custo por bancada de trabalho				16,52

Conecte-se com a lei de Ohm



Para professores:

Apêndice 2: Instruções de montagem do testador de continuidade v

As partes do testador de continuidade mostrado abaixo são montadas em uma placa de madeira de 15 cm de comprimento, cortada de uma tábua de 2,5 x 15 cm nominais (2 x 14 cm reais). As dimensões da placa e o posicionamento exato dos componentes não são críticos. O compartimento de pilhas é fixado à placa com dois parafusos para madeira de cabeça chata número 4, de 1,25 cm de comprimento. O soquete de lâmpada é preso à placa com dois parafusos para madeira de cabeça chata número 4, de 2 cm de comprimento. Os fios trançados 20 AWG são presos à placa com uma pistola de cola quente. As chapas de latão de 1,25 x 5 cm podem ser encontradas em lojas de materiais de construção, de ferragens e de materiais de escritório. Os fios são soldados às chapas de latão com solda de núcleo de resina 60-40. Informações adicionais sobre os materiais podem ser encontradas no apêndice 1.

Compartimento de pilhas,
para quatro pilhas AA

Soquete para lâmpada
miniatura de rosquear



Chapas de latão

Fio trançado 20 AWG

Conecte-se com a lei de Ohm

Desenvolvido pelo IEEE como parte do TryEngineering
www.tryengineering.org

Página 15 de 29

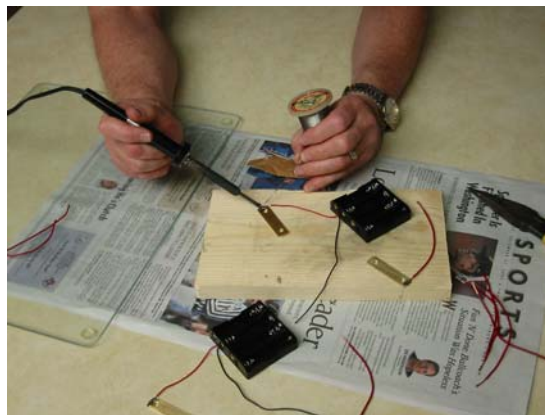
Para professores:

Apêndice 2: Instruções de montagem do testador de continuidade (continuação)

As chapas de latão são cobertas com um verniz de acabamento, para prevenir a perda de brilho. No entanto, esse revestimento é não-condutor e, por isso, precisa ser completamente removido das chapas. Além disso, o verniz deve ser removido para facilitar fazer as conexões de solda. Uma lixa fina (grão 120) faz um bom trabalho de remoção do verniz de acabamento.



As soldas podem ser feitas com um ferro de solda pequeno, de 25 watts. A conexão dos fios com as chapas de latão são feitas antes da montagem das chapas e do compartimento de pilhas na placa.



As peças antes da montagem são mostradas na foto à direita.



Conecte-se com a lei de Ohm

Desenvolvido pelo IEEE como parte do TryEngineering
www.tryengineering.org

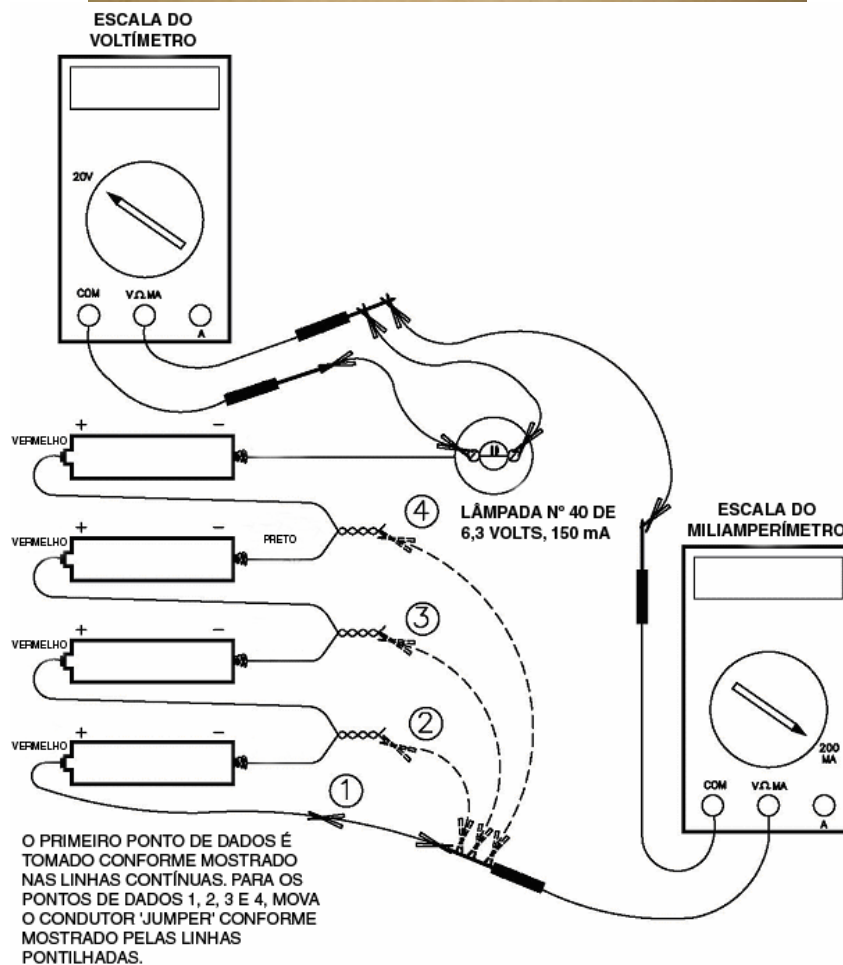
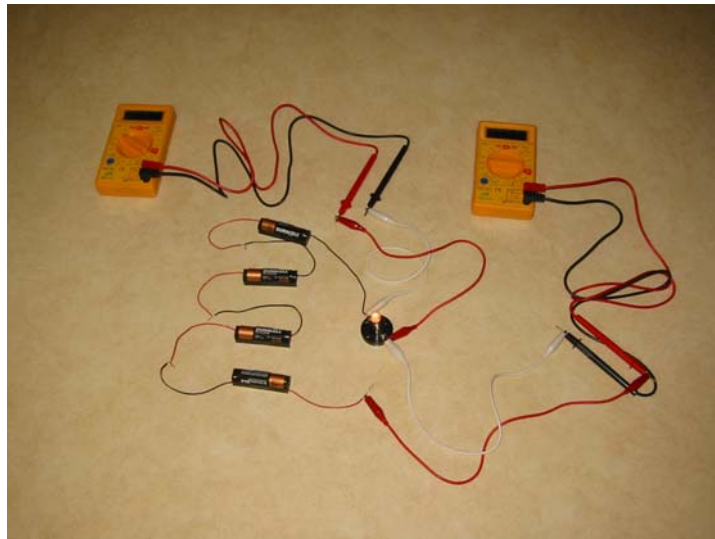
Página 16 de 29

Conecte-se com a lei de Ohm



Para professores:

Apêndice 3: Fotos e diagramas de compartimento de pilhas alternativo, para uma única pilha

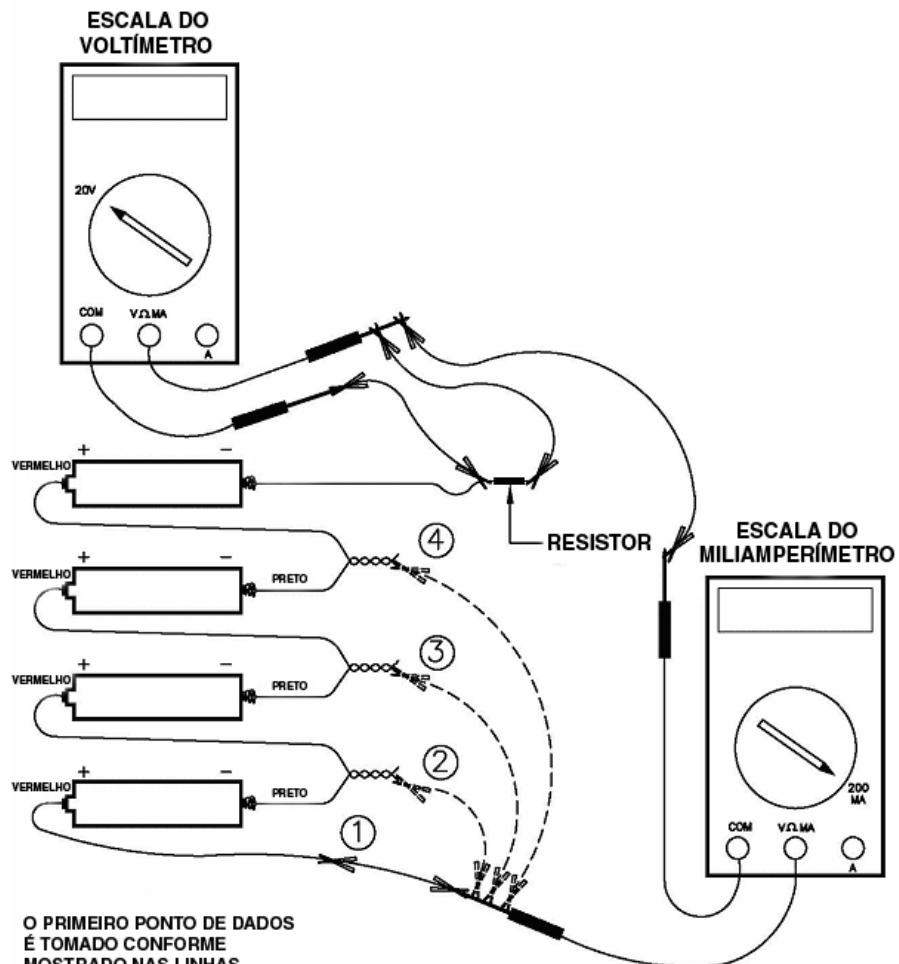


Conecte-se com a lei de Ohm

Desenvolvido pelo IEEE como parte do TryEngineering
www.tryengineering.org

Página 17 de 29

Para professores:
Apêndice 3: Fotos e diagramas de compartimento de pilhas alternativo, para uma única pilha (continuação)



O PRIMEIRO PONTO DE DADOS É TOMADO CONFORME MOSTRADO NAS LINHAS CONTÍNUAS. PARA OS PONTOS DE DADOS 1, 2, 3 E 4, MOVA O CONDUTOR 'JUMPER' CONFORME MOSTRADO PELAS LINHAS PONTILHADAS.

Conecte-se com a lei de Ohm



Para professores:

Atividade extra opcional

Apêndice 4: Atividade de isolantes e condutores

A atividade de isolantes e condutores é uma boa introdução à atividade de lei de Ohm ou para uma discussão da natureza de condutores, isolantes e semicondutores. O quadro de condutividade é uma ferramenta de sala de aula muito útil para diversas idades, do ensino elementar ao médio.

Os estudantes recebem uma coleção de materiais, que devem separar em condutores e semicondutores. Para a separação inicial, condutor é qualquer material que faz com que a luz acenda, mesmo que fracamente, e não-condutor é qualquer material para o qual nenhuma indicação de luz é vista.



Materiais sugeridos:

- ✦ Não-condutores: Papel, palito de madeira (pode ser de picolé), elástico, canudinho de refrigerante e corda.
- ✦ Condutores: Diodo retificador (p. ex. Radio Shack 276-1141 de 3 A, 50 V), resistor de 1/2 watt, 47 ohms, resistor de 1/2 watt, 100 ohms, grafite de lápis ou lapiseira, papel-alumínio, modas, prego de aço, fio de cobre.

Para professores:
Atividade extra opcional
Apêndice 4: Atividade de isolantes e condutores
(continuação)

Depois que a separação inicial é feita, deve-se pedir que os estudantes dividam os materiais condutores em dois grupos: o grupo 1 incluirá aqueles materiais que fazem a luz acender fortemente, e o grupo 2 será para aqueles materiais para os quais a luz é perceptivelmente mais fraca. Os materiais do grupo 1 incluirão aqueles constituídos de metais comuns, tais como alumínio, cobre e ferro.

Os materiais do grupo 2, aqueles que conduzem eletricidade bem o suficiente para acender a lâmpada, mas não permitem que ela brilhe com a mesma intensidade que os condutores metálicos, incluem o resistor de 47 ohms, o resistor de 100 ohms, o diodo e o grafite de lápis ou lapiseira.

Peça para que seus alunos comparem o brilho da lâmpada quando operada em série com o resistor de 47 ohms ao brilho da mesma quando colocada em série com o resistor de 100 ohms. Dependendo de o quanto as pilhas estão nova, o filamento da lâmpada pode mal acender quando em série com o resistor de 100 ohms.

O diodo é o único material que conduz em um sentido, mas não no outro. Uma discussão de como o diodo funciona é uma boa introdução para uma discussão sobre os semicondutores.

O grafite de lápis é outro material muito interessante. É importante deixar claro para os estudantes que um grafite de lápis ou lapiseira não contém nenhum metal, mas apenas uma forma de carbono chamada de grafita ou grafite (daí o nome). O fato que diamantes também são feitos totalmente de átomos de carbono, mas são bons isolantes, é uma demonstração clara de que os materiais devem suas propriedades de condução elétrica não apenas aos tipos de átomos presentes, mas também ao arranjo dos átomos em uma estrutura cristalina em particular.

A razão pela qual o grafite do lápis recebe esse nome é a presença de carbono em forma de grafite em sua composição. A grafita é um bom exemplo de condutor não metálico. A grafita também é um excelente lubrificante, que pode suportar altas temperaturas. Como a grafita é escorregadia, mas não pegajosa, como o óleo lubrificante, ele é usada como lubrificante em fechaduras e correntes de bicicleta. A combinação das propriedades lubrificantes e condutoras da grafita também a torna um excelente material para contatos elétricos deslizantes. Por exemplo, "escovas" de grafita são usadas para transmitir corrente elétrica a armaduras rotativas de motores elétricos, tais como aquelas usadas em motores de arranque de automóveis, aspiradores de pó, furadeiras elétricas e outros eletrodomésticos.

Conecte-se com a lei de Ohm



Recurso do aluno

Folha de informações da lei de Ohm.

O que é a lei de Ohm?

A lei de Ohm é uma equação matemática que explica o relacionamento entre tensão, corrente e resistência em circuitos elétricos. Ela é definida pela seguinte fórmula:

$$E = R \times I$$

E = Tensão (A tensão é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um fio condutor. A tensão é medida em volts e pode ser obtida em várias fontes, tais como tomadas da rede elétrica e pilhas.)

I = Corrente (A corrente é medida em ampères. A corrente é constituída de partículas carregadas que fluem da fonte de tensão até um ponto de terra, através de um material condutor.)

R = Resistência (A resistência é a oposição que um corpo material oferece à passagem de uma corrente elétrica. A resistência é medida em ohms. Exemplos de itens com resistência são lâmpadas elétricas e chuveiros elétricos.)

O resistor é o mais simples dos três elementos de circuito passivos.

Existem três elementos de circuitos elétricos passivos: o capacitor, que armazena energia na forma de um campo elétrico; o indutor, que armazena energia na forma de um campo magnético; e o resistor, que dissipa energia, em vez de armazená-la. Este exercício trabalha apenas com o resistor, o mais simples dos três elementos de circuito passivos. Porém, dois tipos de resistores serão testados, a saber, resistores lineares, que possuem resistência constante ou fixa, e a lâmpada elétrica, que possui resistência não linear, que varia com a quantidade de corrente que passa por ela.

A tradição prevalece na notação.

Enquanto o uso de "R" para representar resistência seja bastante intuitivo, o uso de "E" e "I" para representar a tensão e a corrente que atravessa o resistor derivam da tradição. "E" significa "força eletromotriz", o termo original para a quantidade que tende a empurrar cargas elétricas através de um circuito. Atualmente é comum referir-se à força eletromotriz simplesmente como "tensão" ou "voltagem", seja de uma fonte, tal como uma pilha, ou do potencial desenvolvido através de um resistor pelo qual uma carga está passando. Da mesma forma, nos primórdios do desenvolvimento das teorias sobre eletricidade, a quantidade de carga passando por um circuito em um dado período era chamada de "intensidade", uma quantidade que atualmente é chamada de "corrente" ou, às vezes, "amperagem". Para nossos propósitos, nós vamos nos referir à quantidade "E" que impulsiona a carga através do resistor de "tensão" e à quantidade "I", a quantidade de carga que passa por um resistor em um dado tempo, de "corrente". A lei de Ohm define a resistência como a tensão através do elemento dividida pela corrente que flui pelo elemento.

$$E = R I \quad \text{Lei de Ohm}$$

$$R = E / I \quad \text{Definição de resistência pela lei de Ohm}$$

Conecte-se com a lei de Ohm



Folha de trabalho do aluno Procedimento passo a passo

Supondo-se que a lâmpada número 40 seja o primeiro elemento de circuito a ser testado, organize o equipamento conforme mostrado na figura 1 ou na disposição alternativa mostrada no apêndice 2.

É muito importante assegurar que o multímetro que esteja conectado através do soquete de lâmpada esteja ajustado para a escala de 20 volts antes de se conectar o multímetro ao circuito. Se o multímetro conectado ao soquete de lâmpada estiver ajustado para uma escala de corrente, será criada uma condição de curto-circuito que normalmente queimará o fusível do multímetro. Da mesma forma, é importante que o multímetro usado para medir corrente seja ajustado para uma escala de 200 miliampères ou mais alta, antes que ele seja conectado ao circuito. Do contrário, a corrente puxada pode queimar o fusível do multímetro.

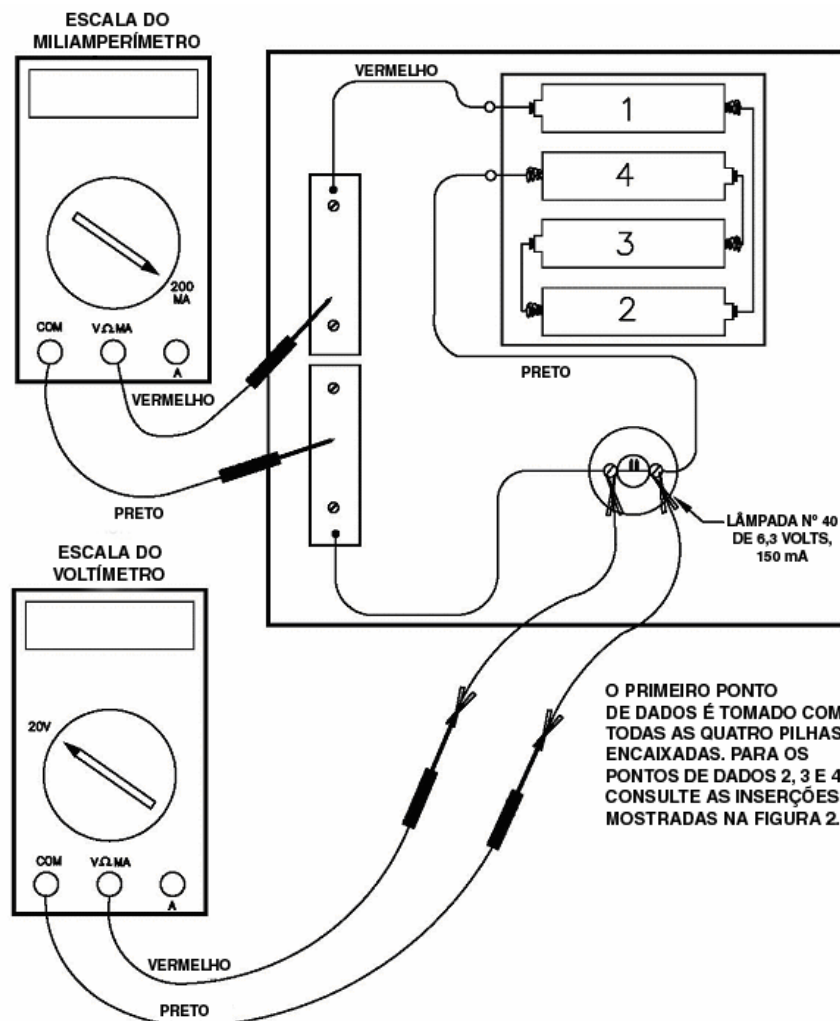


Figura 1

Folha de trabalho do aluno

Procedimento passo a passo (continuação)

Coletando os dados

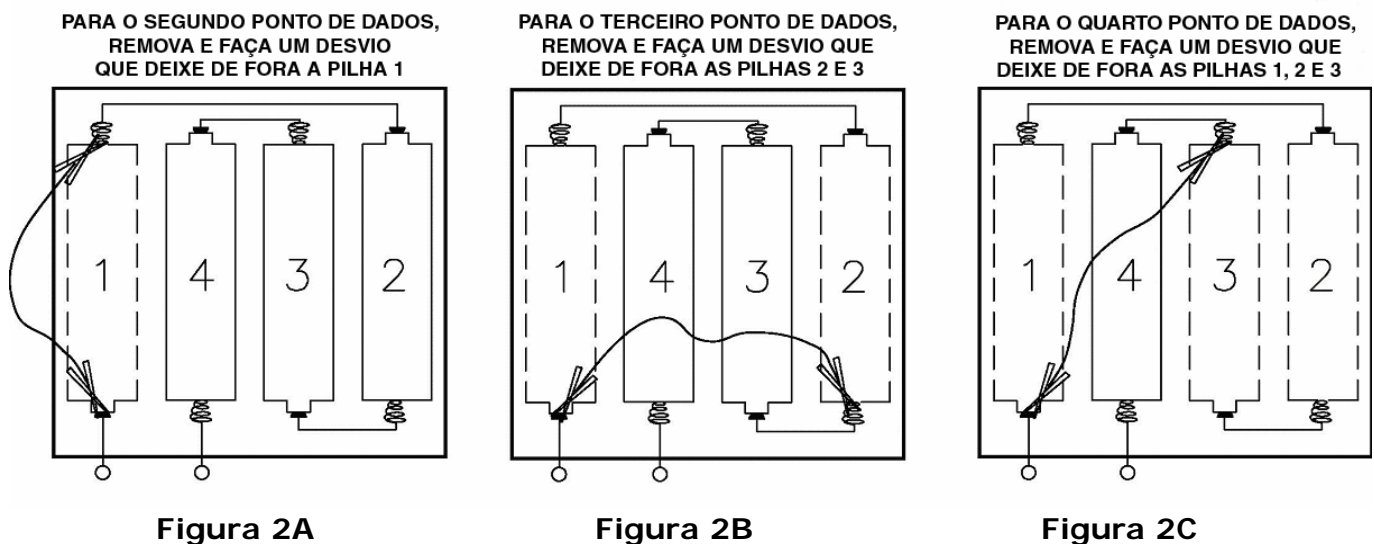
Com todas as quatro pilhas no compartimento de pilhas, meça e registre na folha de dados a tensão e corrente através da lâmpada elétrica para o primeiro ponto de dados.

Remova e desvie da pilha número 1, conforme mostrado na figura 2A, deixando três pilhas no compartimento de pilhas. Novamente meça e registre na folha de dados a tensão e a corrente através da lâmpada, para obter um segundo ponto de dados.

Agora, remova e desvie das pilhas 1 e 2, deixando apenas duas pilhas no compartimento de pilhas, conforme mostrado na figura 2B. Mais uma vez meça e registre na folha de dados a tensão e a corrente através da lâmpada, para obter um terceiro ponto de dados.

Por fim, remova e desvie das pilhas 1, 2 e 3, deixando apenas uma única pilha no compartimento de pilhas, conforme mostrado na figura 2C. De novo vez meça e registre na folha de dados a tensão e a corrente através da lâmpada, para obter um quarto ponto de dados.

Como obviamente não haverá corrente através da lâmpada se não houver pilhas no compartimento de pilhas, pode-se lançar um quinto ponto de dados com corrente zero e tensão zero.

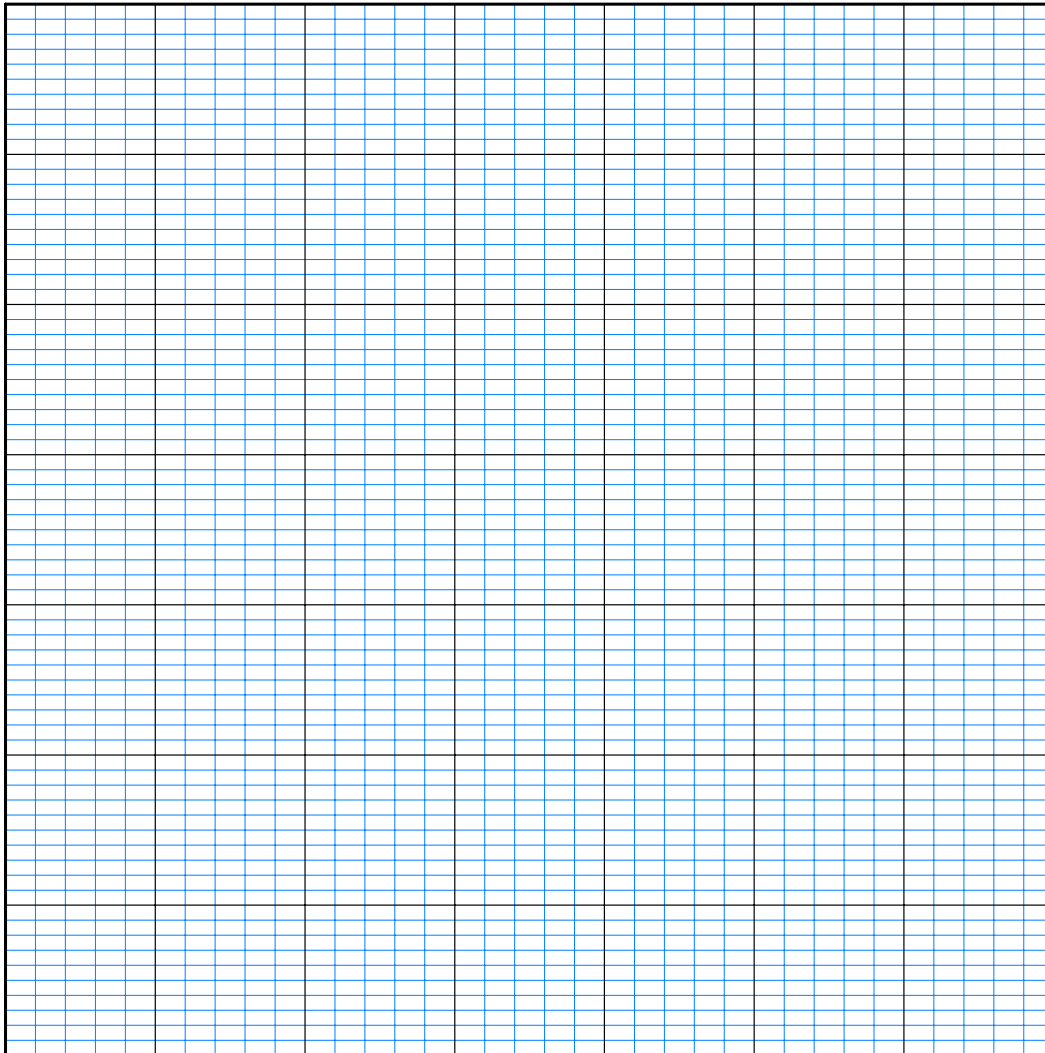


Plote os pontos no gráfico e desenhe a curva

Use uma folha de papel de gráfico com a corrente, em miliampères, no eixo horizontal, e a tensão, em volts, no eixo vertical, conforme mostrado na página a seguir. Uma escala horizontal conveniente é de 0 a 175 miliampères e uma escala vertical conveniente é de 0 a 7 volts. Plote os cinco pontos de dados obtidos para a lâmpada e desenhe uma curva de "melhor ajuste" através dos pontos.

Folha de trabalho do aluno
Procedimento passo a passo (continuação)

E em volts X I em miliampères



Dados para lâmpada nº 40 de 6,3 volts, 150 mA

I, corrente, mA 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

E, F.E.M., volts 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

Dados para o resistor 1 47 ohms

I, corrente, mA 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

E, F.E.M., volts 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

Dados para o resistor 2 100 ohms

I, corrente, mA 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

E, F.E.M., volts 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

Folha de trabalho do aluno

Procedimento passo a passo (continuação)

Testando os resistores

Medir e registrar os dados para cada um dos resistores é essencialmente o mesmo que para a lâmpada elétrica. Os detalhes exatos para conectar o resistor no circuito são mostrados na figura 3.

No entanto, assegure-se de remover a lâmpada do soquete, para que nada da corrente desvie do resistor e sobrecarregue o miliamperímetro. Não remover a lâmpada do soquete quando o resistor também está no circuito pode fazer com que o fusível do miliamperímetro queime.

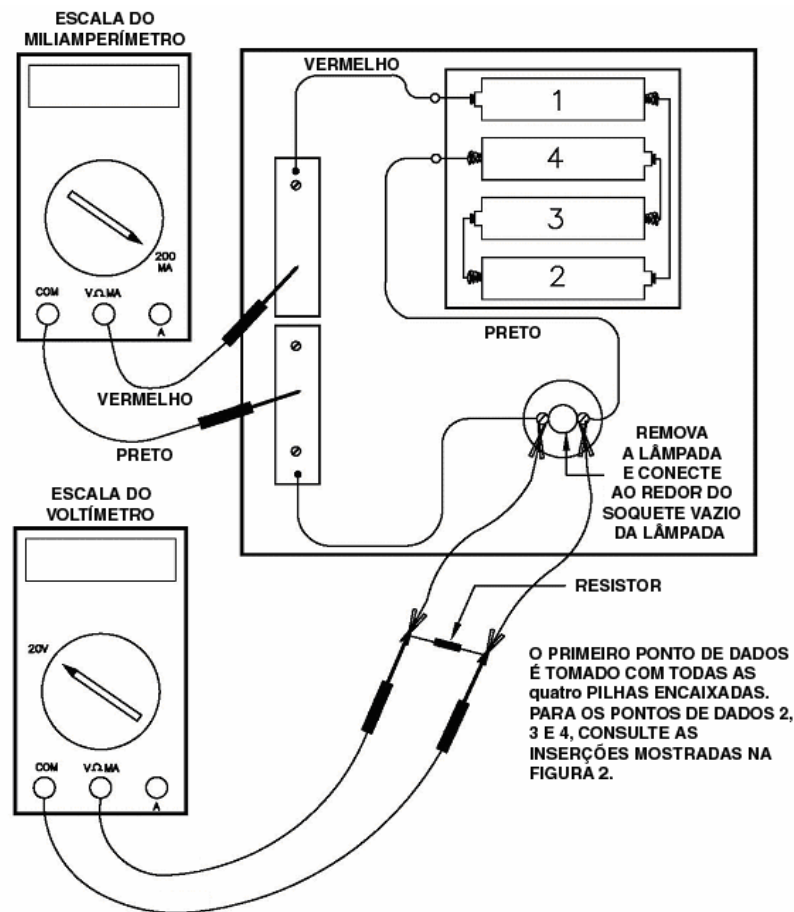


Figura 3

Uma vez que o primeiro ponto de dados do resistor seja medido e registrado, prossiga removendo e desviando uma pilha por vez, para obter o segundo, terceiro e quarto pontos de dados para o resistor. O procedimento para remover e desviar as pilhas é o mesmo que foi usado para a lâmpada elétrica, mostrado nas figuras 2A, 2B e 2C, acima. O quinto ponto de dados é lançado como zero miliampères e zero volts, da mesma forma que no caso da lâmpada. Os dados de ambos os resistores e da lâmpada podem ser registrados na mesma folha de dados e papel de gráfico, para fácil comparação das curvas de cada elemento.

Folha de trabalho do aluno

Procedimento passo a passo (continuação)

Descobrimo a lei de Ohm

1. Desenhe uma linha horizontal em seu gráfico em $E = 5$ volts e faça linhas verticais para baixo, das interseções com a linha horizontal até as curvas dos resistores de 100 ohms e 47 ohms, conforme mostrado na figura a seguir.

Registre os valores, em miliampères, de I_{100} e I_{47} nas lacunas abaixo e então converta esses valores para ampères, multiplicando-os por $1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}$.

$$I_{100} = \text{_____ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \text{_____ ampères.}$$

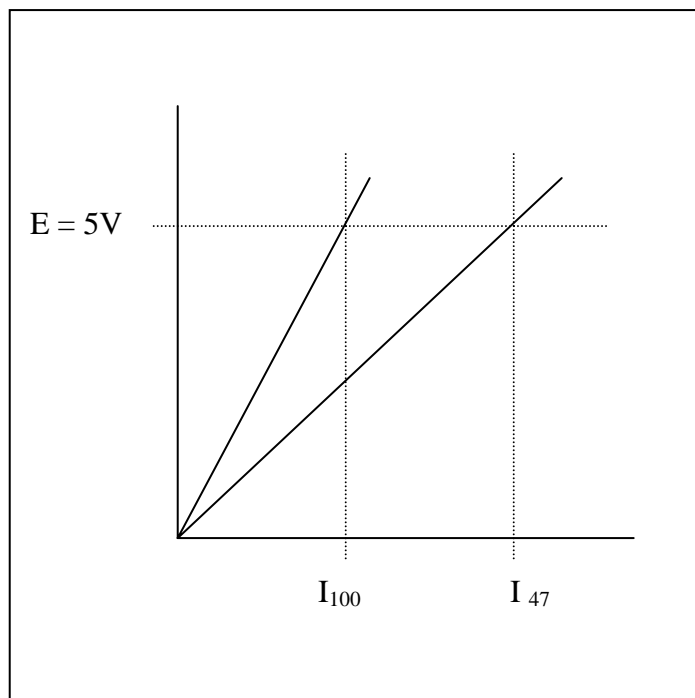
$$I_{47} = \text{_____ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \text{_____ ampères.}$$

2. Usando os valores em ampères de I_{100} e I_{47} , calcule as resistências R_{100} e R_{47} .

$$R_{100} = 5\text{V} / I_{100} = \text{_____ ohms.}$$

$$R_{47} = 5\text{V} / I_{47} = \text{_____ ohms.}$$

Como os valores calculados para R_{100} e R_{47} na questão 3 acima se comparam aos valores nominais de 100 e 47 ohms dos resistores?



Folha de trabalho do aluno

Procedimento passo a passo (continuação)

Evidentemente, a resistência de um resistor fixo a inclinação de uma reta que define a relação entre tensão e corrente. Outra forma de dizer isso é observar que a tensão através do resistor é proporcional à corrente que passa pelo resistor. A resistência é a constante de proporcionalidade entre tensão e corrente.

3. Escreva as equações de $E \times I$ para resistores fixos.

As equações da reta dos gráficos de $E \times I$ podem ser escritas substituindo-se os valores de R_{100} e R_{47} derivados dos dados acima.

Para o resistor de 100 ohms:

$$E = R_{100} I = (\text{_____ ohms}) I$$

E para o resistor de 47 ohms:

$$E = R_{47} I = (\text{_____ ohms}) I$$

Coloque um valor de 0,050 A (50 miliampères) nas equações acima e calcule as tensões resultantes para os resistores de 100 e 47 ohms.

Para o resistor de 100 ohms:

$$E = R_{100} 0,050 \text{ A} = \text{_____ ohms} \times 0,050 \text{ A} = \text{_____ volts.}$$

Da mesma forma, para o resistor de 47 ohms:

$$E = R_{47} 0,050 \text{ A} = \text{_____ ohms} \times 0,050 \text{ A} = \text{_____ volts.}$$

Plote esses dois pontos em seus gráficos, para confirmar que os pontos ficam sobre ou muito próximos das retas correspondentes aos resistores de 100 ohms e 47 ohms.

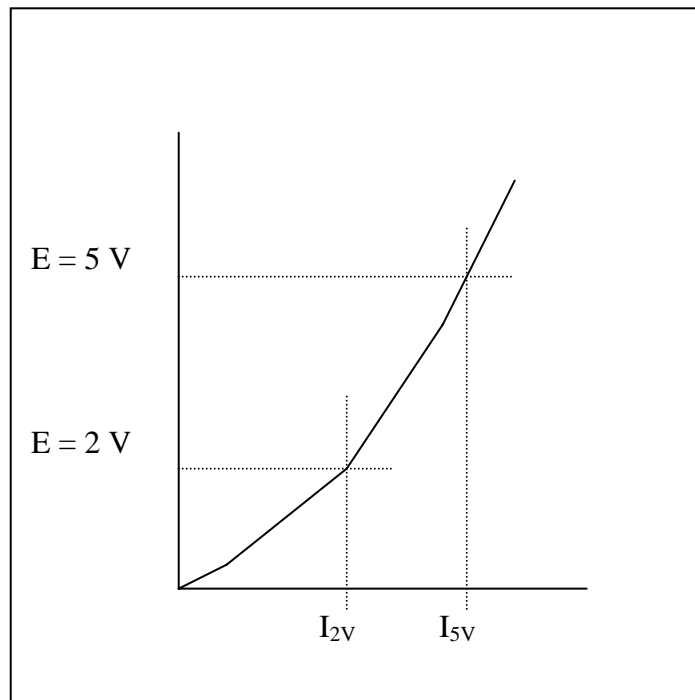
Folha de trabalho do aluno

Procedimento passo a passo (continuação)

4. Escreva uma equação de $E \times I$ para a lâmpada elétrica.

Considere agora o caso da lâmpada elétrica. Como a curva $E \times I$ da lâmpada elétrica não é uma linha reta, como é definida a resistência para ela? Na verdade, a resistência da lâmpada elétrica é definida como a relação entre a tensão e a corrente, da mesma forma que para os resistores fixos. No entanto, a atividade a seguir demonstrará que a resistência não é mais um valor fixo.

A curva $E \times I$ de uma lâmpada elétrica é mostrada na figura abaixo. Desenhe duas linhas horizontais que façam interseção com a curva em $E = 5 \text{ V}$ e em $E = 2 \text{ V}$ e faça duas linhas verticais para baixo nos pontos de interseção, lendo então os valores de $I_{2\text{V}}$ e $I_{5\text{V}}$ na escala de miliampères.



Registre os valores, em miliampères, de $I_{2\text{V}}$ e $I_{5\text{V}}$ nas lacunas abaixo e então converta esses valores para ampères, multiplicando-os por $1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}$.

$$I_{2\text{V}} = \text{_____ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \text{_____ ampères.}$$

$$I_{5\text{V}} = \text{_____ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \text{_____ ampères.}$$

Folha de trabalho do aluno

Procedimento passo a passo (continuação)

Usando os valores em ampères de I_{2V} e I_{5V} , calcule as resistências R_{2V} e R_{5V} .

$$R_{2V} = 2 \text{ V} / I_{2V} = 2 \text{ V} / \underline{\hspace{2cm}} \text{ A} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ ohms.}$$

$$R_{5V} = 5 \text{ V} / I_{5V} = 5 \text{ V} / \underline{\hspace{2cm}} \text{ A} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ ohms.}$$

Fica evidente que os valores de R_{2V} e R_{5V} são significativamente diferentes, o que não deveria ser uma surpresa, já que a curva $E \times I$ da lâmpada elétrica não é uma linha reta. O processo de escrever uma equação que expresse o relacionamento entre tensão e corrente para a lâmpada elétrica é mais complexo do que simplesmente reconhecer que a resistência é a inclinação da reta de $E \times I$, como era o caso para resistores fixos. Usando-se qualquer um dos pontos de dados, pode-se derivar uma equação com a forma $E = k I^2$. No entanto, a curva geralmente passa pela origem e o ponto que foi usado para derivar o valor de k , mas outros pontos de dados podem cair a uma distância significativa da curva. Pode-se derivar equações polinomiais mais sofisticadas que passem através de todos os pontos de dados. No entanto, a matemática envolvida está além do escopo desta atividade.

Use seus dados para o ponto perto de 4,5 volts para calcular um valor para k :

$$k = E / I^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V} / (\underline{\hspace{2cm}} \text{ mA})^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V} / \text{ mA}^2$$

Use seu valor calculado de k para gerar uma curva $E \times I$ prevista para a lâmpada elétrica. Para conveniência, use os mesmos valores de corrente que você mediu em seu teste de lâmpada, para calcular valores previstos de tensão através da lâmpada.

I , mA 0 _____ _____ _____ _____

$E = k I^2$ 0 _____ _____ _____ _____

Plote a curva $E \times I$ prevista para a lâmpada sobre seu gráfico original, para fins de comparação. A curva prevista reproduz com precisão os dados de teste ao longo da faixa de operação da lâmpada elétrica?