

Prática 1: INTRODUÇÃO AOS CIRCUITOS ELÉTRICOS

Objetivos

Nesta prática faremos alguns experimentos simples sobre circuitos elétricos abordando os seguintes conteúdos: circuitos em série e em paralelo, leis de Kirchhoff e resistência equivalente. Você vai aprender a montar circuitos simples (utilizando fios, pilha ou fonte de tensão, lâmpadas, resistores) e a medir as correntes e tensões.

Introdução

Trabalharemos com dois tipos de fonte de energia elétrica: as de origem eletroquímica (pilhas e baterias) e as de origem física (alternadores, dínamos, usinas termo ou hidroelétricas e células solares).

Estas fontes de energia elétrica podem nos fornecer corrente e tensão elétrica de dois modos distintos: contínua ou alternada.

Logicamente, para estabelecermos correntes elétricas utilizaremos componentes elétricos tais como resistências, capacitores, indutores e associações dos mesmos, os quais serão apresentados no decorrer do curso. Para medirmos as grandezas corrente e tensão elétrica utilizaremos os seguintes instrumentos: amperímetro, voltímetro e osciloscópio. Nesta primeira prática usaremos apenas fontes de tensão contínua, resistores, amperímetro e voltímetro.

Nota didática

O roteiro desta prática foi feito visando o aluno que não tem conhecimento prévio, tanto teórico quanto prático, do assunto. Os conceitos teóricos de circuitos elétricos, circuitos em série e em paralelo, etc. serão introduzidos ao longo do roteiro. Os experimentos serão feitos em ordem crescente de dificuldade e complexidade. Pretendemos que o estudante desenvolva os conceitos físicos e habilidades de raciocínio científico, paulatinamente, através de experimentos. Para tal, é importante que todos os estudantes do grupo leiam atentamente o roteiro, seguindo a ordem sugerida. É importante que sejam discutidas e registradas por escrito todas as questões ou experimentos segundo a ordem proposta no roteiro (quando houver divergência de opinião entre os estudantes do grupo, isto deverá ser registrado). As dúvidas relativas a cada experimento ou seção devem ser esclarecidas (através de discussões entre o grupo e/ou monitoradas por um instrutor) antes de dar prosseguimento aos outros experimentos.

O **relatório** consiste na resposta a todas as questões apresentadas ao longo do roteiro assim como outros dados, tabelas, gráficos, etc. assim como observações que o grupo julgar pertinente as discussões e justificativas apresentadas. Ele deve ser feito ao longo da prática. Não é necessário descrever o que já está descrito no roteiro prática nem

copiar as Figuras do roteiro, pois supõe-se que o leitor (o professor) tenha o roteiro da prática em mãos durante a leitura do relatório.

Experimentos

I. Circuitos simples

A. Examinem a lâmpada incandescente (*Figura 01*). Dois fios ligam o filamento do bulbo a sua base. Onde estes fios são conectados?



Figura 1-Lâmpada

B. Montem o circuito da Figura 2, utilizando uma fonte de tensão variável, ajustada para $\sim 10\text{V}$. Observem como o brilho da lâmpada pequena (de “tape”) varia quando a tensão é variada entre 0 e 10V.

Observação: se tiverem dúvida, peçam ajuda de um instrutor. (professor, técnico ou monitor).

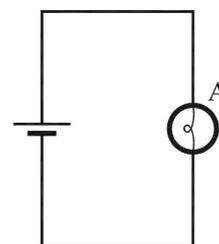


Figura 2 –
Circuito com uma lâmpada.

Modelo

Baseando-se em nossas observações faremos as seguintes pressuposições (hipóteses):

1. Num circuito completo existe um fluxo de um terminal da bateria, através de todo o resto do circuito, retornando ao outro terminal da bateria e através dela (um circuito fechado). A partir de agora, chamaremos este fluxo de corrente elétrica.
2. No caso de lâmpadas idênticas, o brilho das lâmpadas pode ser usado como um indicador da magnitude (valor) da corrente que atravessa a lâmpada: quanto maior o brilho da lâmpada, maior é a corrente.

Com estes pressupostos desenvolveremos um modelo que utilizaremos para explicar o comportamento de circuitos simples. A construção de um modelo científico é um processo passo a passo no qual se deve especificar apenas o número mínimo de atributos necessários para explicar os fenômenos a serem considerados.

II. Circuitos em série

Montem um circuito com duas lâmpadas idênticas, colocadas uma após a outra como mostrado na Figura 3. Lâmpadas conectadas desta maneira são ditas estar *em série*. Use $V \sim 10\text{V}$.

A. Comparem o brilho das duas lâmpadas, ou seja, o brilho da primeira lâmpada é maior, menor ou aproximadamente igual ao da

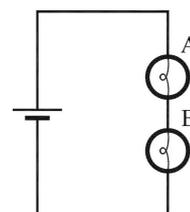


Figura 3

segunda lâmpada?

obs: considerem apenas grandes diferenças de brilho, pois, eventualmente pequenas diferenças de brilho podem ser notadas devido ao fato das duas lâmpadas "idênticas" não serem, na realidade, exatamente iguais. Para se certificar disto, vocês podem inverter a posição das lâmpadas.

Usando os pressupostos feitos no modelo para a corrente elétrica, respondam:

1. A corrente é "gasta" na primeira lâmpada, ou a corrente através das lâmpadas é a mesma? Justifiquem sua resposta.
2. Com base *apenas* em suas observações, é possível dizer a direção do fluxo através do circuito? Justifiquem sua resposta.

B.

1. Comparar (maior, menor ou igual) o brilho de cada uma das lâmpadas do circuito em série (Figura 3), com o brilho da lâmpada do circuito da Figura 2.

A partir dos pressupostos do nosso modelo para a corrente elétrica, respondam:

2. Como a corrente através de uma lâmpada no circuito de uma única lâmpada se compara à corrente nesta mesma lâmpada quando ela é conectada em série com uma segunda lâmpada? Expliquem.
3. Qual a implicação de sua resposta à questão 2 sobre a corrente na fonte (ou através da fonte) nos dois casos (lâmpada única e duas lâmpadas em série). Expliquem.

C. Vocês podem pensar na lâmpada como um obstáculo ou *resistência* ao fluxo da corrente no circuito.

1. Usando este raciocínio, se forem adicionadas mais lâmpadas em série no circuito a resistência total iria aumentar, diminuir ou permanecer a mesma que antes?
2. Como a corrente através da fonte irá variar (aumentar, diminuir ou permanecer a mesma) se o número de lâmpadas conectadas em série aumentar ou diminuir?

III. Circuitos em paralelo

Montem o circuito da Figura 4 com duas lâmpadas idênticas, com seus terminais conectados conjuntamente, tal como mostrado. Lâmpadas conectadas desta maneira são ditas estar *em paralelo*.

(Use $V \sim 10V$).

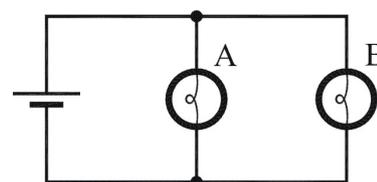


Figura 4

A.

1. Comparem o brilho das duas lâmpadas do circuito e registre.
2. A partir de suas observações, o que vocês podem concluir sobre a corrente em cada lâmpada?
3. Descrevam o comportamento da corrente no circuito todo. Como a corrente através da bateria se divide e recombina na junção dos dois ramos das duas lâmpadas em paralelo?

B.

1. O brilho de cada lâmpada do circuito com duas lâmpadas em paralelo (Fig. 4) é maior, igual ou menor do que no caso de uma do circuito de uma única lâmpada (Fig.2)?
2. Comparem a corrente através da fonte conectada a uma única lâmpada com o caso das duas lâmpadas em paralelo. Expliquem, baseando-se em suas observações.

C.

1. Como a corrente através da fonte irá variar (aumentar, diminuir ou permanecer a mesma) se o número de lâmpadas conectadas em paralelo aumentar ou diminuir?
2. O que vocês podem inferir a respeito do comportamento da resistência total do circuito com o aumento do número de lâmpadas em paralelo?
3. Concluindo, a corrente através da fonte depende do número de lâmpadas do circuito e do modo no qual elas estão conectadas?
4. No circuito de duas lâmpadas em paralelo, retire uma das lâmpadas. Isto muda significativamente a corrente no outro ramo do circuito que contém a outra lâmpada?

A característica de uma **fonte ideal** é que todos os ramos conectados em paralelo através dela são independentes um dos outros (a corrente em cada ramo é independente da dos outros).

IV. Corrente e resistência

A. O circuito (Figura 5), contém três lâmpadas idênticas, uma fonte ideal e uma chave de resistência desprezível. Utilize o modelo que desenvolvemos para:

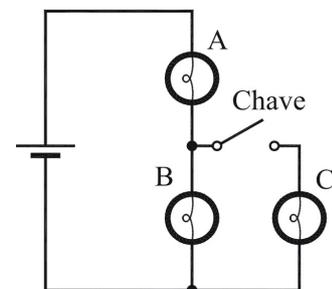


Figura 5

1. Prever o brilho relativo das lâmpadas quando a chave está fechada (registre por escrito).
2. Prever como o brilho da lâmpada A muda quando a chave está aberta (registre por escrito).
3. Agora monte o circuito (com $V \sim 15V$) e verifique suas previsões. Para cada circuito acima, compare a corrente nas lâmpadas.

V. Curto-circuito

A. O circuito ao lado possui três lâmpadas idênticas associadas em série e uma chave.

1. Prever o que ocorre com o brilho das lâmpadas **A**, **B** e **C** quando a chave é fechada.
2. Agora monte o circuito (com $V \sim 10V$) e verifique suas previsões.

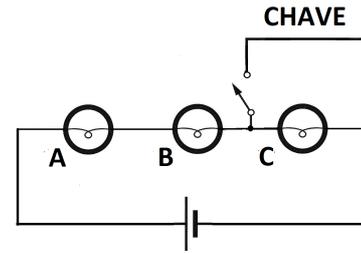


Figura 6

Em funcionamento normal uma resistência (ou lâmpada), como na Figura ao lado, recebe uma corrente que passa pelo circuito **ABCDEF**. Se fecharmos a chave, de modo que haja contato elétrico entre os pontos **B** e **E**, uma nova corrente será estabelecida, passando apenas pelo circuito **ABEF** (praticamente nenhuma corrente passará pela lâmpada). Como este circuito é constituído apenas por fios, sua resistência é praticamente nula e, então, a intensidade da corrente torna-se muito elevada e pode danificar a fonte de tensão (ou pilha).

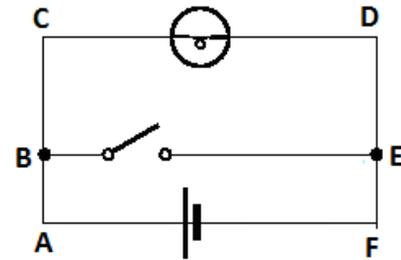


Figura 7

**NÃO REPRODUZA O
CURTO-CIRCUITO
DA FIGURA ACIMA!**

Quando isso ocorre, dizemos que está havendo um curto-circuito nos pontos **B** e **E**. Por extensão, toda vez que dois pontos de um circuito qualquer são ligados por um fio de resistência praticamente nula, dizemos que estamos estabelecendo um curto-circuito entre esses pontos. Por exemplo, no experimento anterior (das lâmpadas **A**, **B** e **C**) colocamos a lâmpada **C** em curto-circuito quando a chave é fechada.

B. A Figura ao lado nos mostra um circuito com três lâmpadas idênticas. Prediga o que acontecerá em cada uma das situações descritas a seguir.

1. Suponha que a lâmpada **C** seja removida. O que ocorrerá com o brilho das lâmpadas **A** e **B**? Explique seu raciocínio.
2. Se um fio for ligado entre os pontos **1** e **2**, ocorrerão mudanças no brilho das lâmpadas **A**, **B** e **C**? Explique seu raciocínio.
3. Suponha agora que o fio esteja conectado entre os pontos **2** e **3**. O que acontecerá ao brilho de cada lâmpada? Explique seu raciocínio.
4. Realize os experimentos propostos (1-3) e verifique suas previsões. Use $V \sim 10V$.

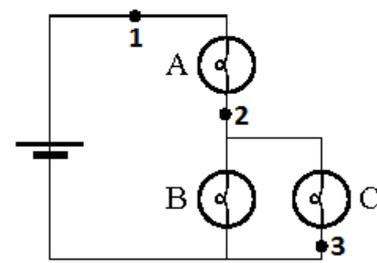


Figura 8

VI. Medida de correntes elétricas

Nos módulos anteriores utilizamos o brilho de uma lâmpada como um indicador de corrente. Supusemos que quanto maior o brilho, maior seria a corrente elétrica através da lâmpada. Esta suposição foi usada para prever o brilho das lâmpadas em vários circuitos.

Note que nossa suposição não menciona que o brilho seja proporcional a corrente (ou nenhuma relação matemática mais específica). A seguir começaremos um estudo mais quantitativo dos circuitos elétricos.

Primeira lei de Kirchhoff:

*Num **circuito fechado** há uma trajetória contínua corrente de um dos terminais da bateria, ao longo de todo o circuito, até o outro terminal.*

Baseados em suas observações, vocês perceberam que a corrente não é “gasta” no circuito. A **conservação da corrente** é um princípio fundamental válido para todos os circuitos fechados.

Para fazer medidas de corrente elétrica usaremos um instrumento **Amperímetro**¹, que permite a passagem de corrente através dele, sem alterar significativamente a resistência do circuito. Quando colocado em série no circuito o amperímetro mede a corrente em unidade de Ampère. Muitas vezes é mais conveniente trabalharmos com unidades menores, como miliampère (**mA**) = $1\text{A}/10^3$, microampère (**μA**) = $1\text{A}/10^6$, etc.

Atualmente, usamos um instrumento bastante versátil chamado de **multímetro** porque ele pode atuar tanto como amperímetro, como voltímetro (para medir tensão), ohmímetro (para medir resistência elétrica), etc. Inicialmente iremos usar o multímetro como amperímetro e depois usaremos suas outras funções.

Nos experimentos feitos até aqui era impossível saber a direção da corrente elétrica apenas observando brilho das lâmpadas. Seguiremos a convenção usual que supõe que o fluxo de corrente ocorre do terminal positivo (+) da fonte, normalmente indicado pela cor vermelha, para o terminal negativo (-) da fonte ou bateria, normalmente indicado por preto. Os amperímetros analógicos devem ser conectados neste sentido, pois caso contrário podem ser danificados. O símbolo para amperímetro é:

Note que um dos terminais do amperímetro é marcado com + (positivo) e o outro – (negativo).

¹ Homenagem ao cientista francês André-Marie Ampère (1775 – 1836)

A. Montem o circuito Figura 9, utilizando uma fonte de tensão ajustada para $\sim 10\text{V}$, uma lâmpada e um multímetro ajustado para funcionar como amperímetro, na escala de 200mA .

Observação: Peça assistência de um instrutor antes de ligar o circuito. Note que cada função do multímetro exige um tipo específico de conexão.

Façam a medida da corrente, ou seja, registrem o valor indicado no amperímetro.

Observem o que ocorre se os terminais da fonte forem trocados (invertidos).

B. Qual deverá ser o valor da corrente no circuito da Figura 10? Façam a medida, comparem o valor da corrente dos dois circuitos (Fig. 9 e 10) e discutam os resultados.

Obs: é importante considerar a incerteza das medidas.

C. Montem o circuito da Figura 11 com uma fonte, um amperímetro, uma chave em série com dois resistores iguais ($R = 220\Omega$) em paralelo. Meçam o valor da corrente.

obs: usualmente representa-se um resistor com o símbolo.



D. Com o mesmo amperímetro, meçam o valor da corrente em cada resistor. Para isso, desloque um dos terminais do resistor para “outro” ponto na placa, ligando o amperímetro entre esse ponto e o de onde você retirou o resistor. Comparem os valores obtidos com o do item C (lembrem-se da incerteza de cada medida e sua propagação).

O experimento anterior ilustra que a corrente pode mudar em pontos do circuito onde vários elementos estão conectados. Estes pontos, tais como os pontos A e B da Figura 12, são chamados de *nós*. A identificação dos nós é uma etapa importante no desenho de circuitos já montados.

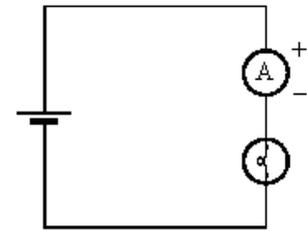


Figura 9

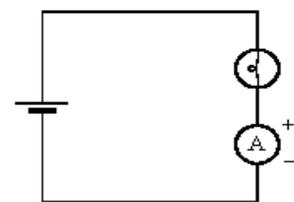


Figura 10

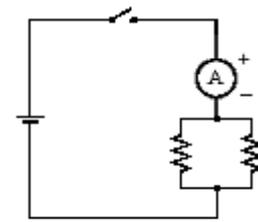


Figura 11

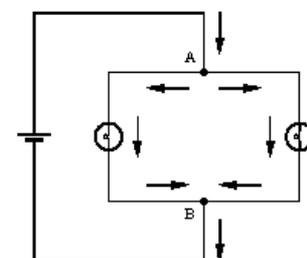


Figura 12

O diagrama anterior, da figura 12, ilustra o caso de um nó conectado a três fios, ou três vias (vide pontos A e B no diagrama). Geralmente, os condutores (fios) são representados por linhas e os nós (junções das linhas) podem ser representados de diversas formas:

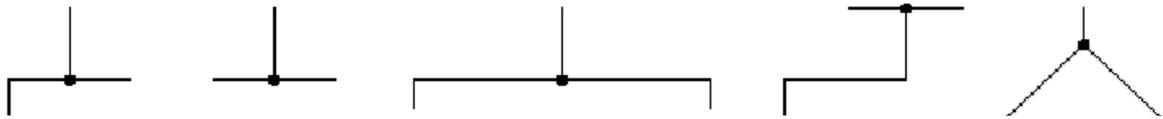


Figura 13 – Diagrama esquemático de nós

Os diagramas da Figura 14, também ilustram a conservação da corrente. Deve-se considerar que i_1 e i_2 estão entrando no nó, enquanto as outras correntes saem do nó; logo:

$$i_1 + i_2 = i_3 + i_4 + i_5$$

A corrente total que sai do nó é igual à corrente total que entra no nó, ou seja:

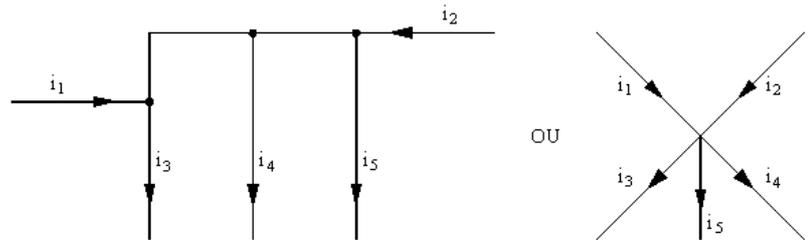


Figura 14

A soma algébrica das correntes num determinado nó é zero!

Expressar a primeira lei de Kirchhoff, tal como enunciado acima, equivale a atribuir o sinal positivo para a corrente entrando no nó e o sinal negativo para a corrente que sai do nó, ou vice-versa.

VII. Diferença de Potencial

A. Montem o circuito da Figura 15 e, com o auxílio de um **voltímetro**², meçam a diferença de potencial na lâmpada (V_L) e na fonte de tensão (V_F). O indicador da fonte deve estar ajustado para ~ 10V.

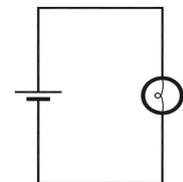


Figura 15

Comparem os valores medidos V_L e V_F .

Aumentem um pouco (até ~20%) o valor da tensão (ou diferença de potencial) da fonte e observem como varia o brilho da lâmpada. Diminuem um pouco o valor da tensão e observem novamente o que ocorre. Quando a tensão da fonte aumenta a corrente no circuito se altera? Como? Justifiquem.

B. Adicionem mais uma lâmpada em série ao circuito anterior tal como mostrado na Figura 16 (o valor da tensão da fonte deve ser o mesmo daquele do caso A).

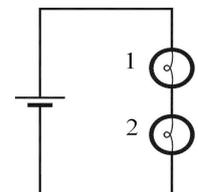


Figura 16

Comparem o valor das correntes através das lâmpadas L_1 e L_2 , comparando-as com o caso A (Fig.15) de uma única lâmpada. Chamem estas correntes de i_1 , i_2 e i_A , respectivamente.

² Homenagem ao cientista italiano Alessandro Volta (1745 – 1827)

C. Meçam a diferença de potencial em cada elemento do circuito (V_F , V_1 e V_2).

Obs: o valor de V_F deve ser mantido constante nos casos A e B

1. Classifiquem (ordenando em ordem crescente) o valor das diferenças de potencial através das lâmpadas V_1 e V_2 , comparando-as com o caso A de uma única lâmpada (V_A).
2. Como se comparam as classificações de brilho e diferenças de potencial?

D – meçam as diferenças de potencial da fonte e de cada lâmpada no caso do circuito da Figura 17, com duas lâmpadas em paralelo.

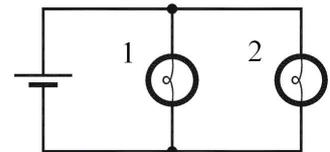


Figura 17

1. Classifiquem o valor das diferenças de potencial em cada elemento;
2. Classifiquem o brilho das lâmpadas; iii) Como 1. e 2. se comparam?

E. Baseando-se nas medidas e observações, respondam às seguintes perguntas:

1. A *corrente através* da fonte depende do circuito a qual ela está conectada? Expliquem.
2. A *diferença de potencial* da fonte depende do circuito a qual ela está conectada? Expliquem.

VIII. Lei de Ohm

A. **Resistor** - monte circuito da Figura 18, utilizando uma fonte de tensão contínua variável, $R = 220\Omega$ e dois multímetros que serão usados como voltímetro (V), um amperímetro (A).

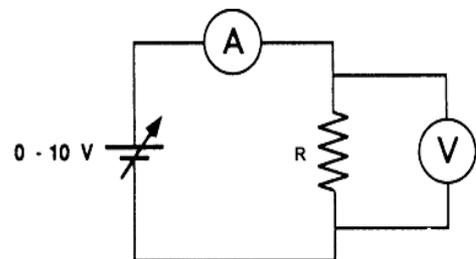


Figura 18

1. meçam a dependência da corrente (I) com a tensão (V). Façam pelo menos ~ 5 medidas variando V entre 0 e 10 V. Coloquem os dados numa tabela.

2. Façam um gráfico em papel milimetrado com $I(\text{mA})$ no eixo y versus $V(\text{V})$ no eixo x . O comportamento do gráfico $I \times V$ é linear?

3. Usando o gráfico, determinem o valor da resistência do resistor R , usando a lei de Ohm: $V_R = RI$.

4. Meçam o valor de R , desconectado do circuito, com um *ohmímetro* e comparem seu valor com resultado obtido através do gráfico.

B. Lâmpada.

1. meçam a corrente em uma lâmpada para $V=10$ (tal como feito no experimento V.A).
2. repetir a medida no caso $V=5V$.
3. Meçam o valor da resistência da lâmpada, desconectado do circuito, com um *ohmímetro*.
4. A partir destes dados, o que vocês podem inferir sobre o comportamento $I \times V$ da lâmpada, ele é linear? Este comportamento é semelhante ao do resistor (parte A)? O que é semelhante, o que é diferente?
2. A lei de Ohm é válida para a lâmpada? O que pode estar ocorrendo?
3. Façam a medida detalhada e o gráfico de $I \times V$ da lâmpada (tal com feito no item A para o resistor)

Lista de materiais para esta prática.

- 3 lâmpadas incandescentes (6V)
- Fonte de tensão variável (0 - 15V, 1A)
- 2 multímetros digitais
- Resistores (dois de 220Ω)
- 6 cabos banana - banana
- Placa de circuitos

Exercícios

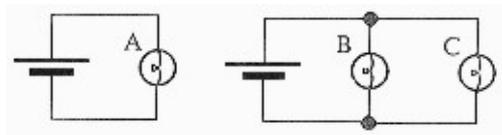
1). Neste exercício, três estudantes fizeram os seguintes prognósticos com as respectivas explicações das luminosidades relativas das lâmpadas A, B e C.

Identifique qual estudante, se algum deles, fez o raciocínio incorretamente, e determine o que está errado em seu raciocínio.

Estudante 1 “B e C brilharão menos que A. A lâmpada A fica com toda a corrente da bateria mas a lâmpada B e C a dividem.”

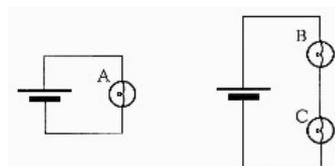
Estudante 2 “A, B e C brilharão todas igualmente. Todas têm a mesma voltagem através delas”

Estudante 3 “A, B e C brilharão igualmente. Cada uma tem a mesma resistência, e cada uma está conectada diretamente através da bateria, assim cada lâmpada tem a mesma quantidade de corrente através dela. Então elas são igualmente brilhantes.”



2). Neste exercício, três estudantes fizeram previsões (ou prognósticos) com explicações sobre luminosidades relativas das lâmpadas A, B e C.

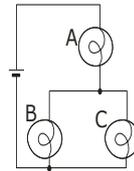
Identifique qual estudante, se algum deles, está raciocinando incorretamente, e determine o que está errado em seu raciocínio.



- Estudante 1 “B e C brilharão menos que A. B e C tem a corrente dividida enquanto A tem toda ela..”
- Estudante 2 “B e C brilharão igualmente mas menos que A. B e C dividem a voltagem da bateria enquanto A tem toda ela.”
- Estudante 3 “A é mais brilhante que B e B é mais brilhante que C. B gasta um pouco da corrente, assim menos corrente passará para C e A fica com toda a corrente, assim brilhará mais.”

3)

- a. Faça um prognóstico sobre a luminosidade relativa das lâmpadas no circuito ao lado. Justifique.
- b. O que acontecerá com o brilho das lâmpadas A e B se a lâmpada C for desrosqueada (desconectada do circuito). Explique seu raciocínio.
- c. Considere as seguintes argumentações de dois estudantes:

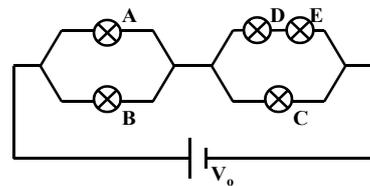


- Estudante 1 “Desrosqueando a lâmpada C se remove um trajetória (caminho) para a corrente. Assim a resistência do circuito aumenta e a corrente através da bateria e das lâmpadas que ficaram diminui. Assim as lâmpadas A e B brilharão menos.”
- Estudante 2 “Eu concordo que a lâmpada A brilhará menos, mas eu discordo sobre a lâmpada B. Antes de você desrosquear a lâmpada C, somente parte da corrente através da lâmpada A fluía para a lâmpada B. Posteriormente, toda a corrente através da lâmpada A flui através da lâmpada B. Assim a lâmpada B será mais brilhante.”

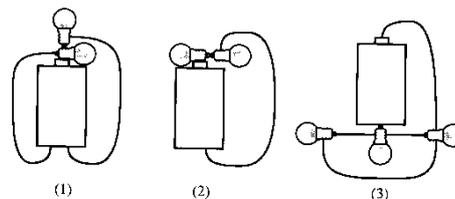
Você pode dizer que os estudantes deram a resposta completa? Justifique.

4)

No circuito ao lado A, B, C, D, e E representam lâmpadas idênticas. Classifique as lâmpadas em ordem crescente de luminosidade.

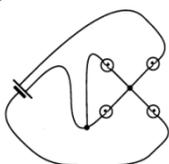


5):Faça o diagrama correspondente a cada um dos circuitos ao lado.

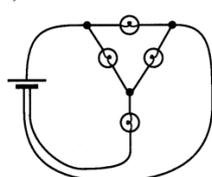


6) Os dois circuitos a) e b) abaixo estão desenhados de uma maneira não usual. Faça o diagrama correspondente a estes circuitos.

a)

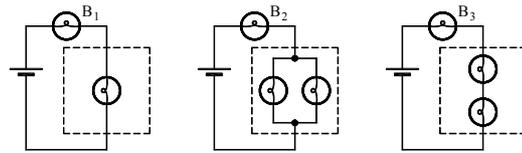


b)



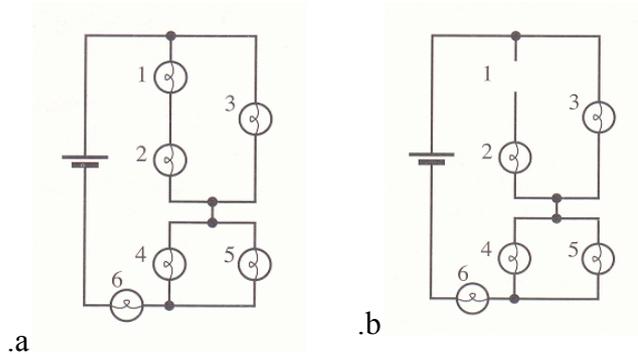
Os circuitos a) e b) podem ser representados por algum dos diagramas 1 – 4 (vide acima à direita)?

7) – preveja o brilho relativo das lâmpadas B_1 , B_2 e B_3 nos circuitos ao lado.



8) Nos circuitos ao lado considere que a bateria é ideal, todas as lâmpadas são iguais e se comportam aproximadamente como resistores.

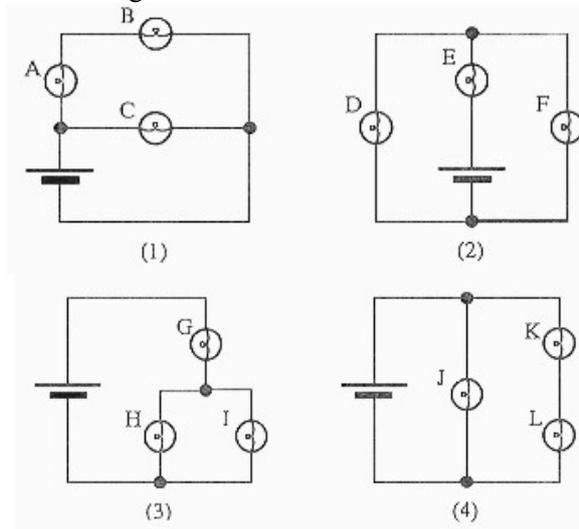
- i) classifique as lâmpadas (1 – 6) no circuito a) em ordem crescente de brilho. Justifique sua resposta.
- ii) idem para a tensão nas lâmpadas.



Suponha agora que a lâmpada 1 é removida do circuito (Fig.b).

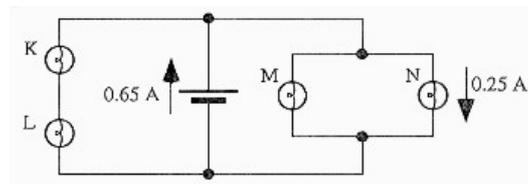
- iii) o brilho da lâmpada 2 aumenta, diminui ou permanece o mesmo? Justifique sua resposta
- iv) idem para as lâmpadas 6 e 3.

9) a. Quais dos diagramas de circuitos abaixo podem ser utilizados para representar o mesmo circuito físico; isto é, quais circuitos têm as mesmas conexões elétricas? Para dar esta decisão você pode achar útil redesenhar alguns dos circuitos.

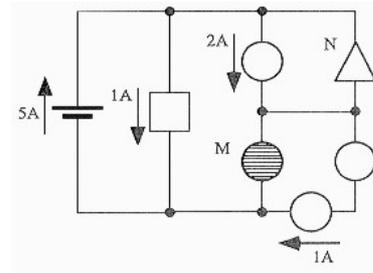


b. Quantos circuitos diferentes estão representados pelos diagramas acima? Em cada caso identifique as ligações em série e paralelo das lâmpadas e circuitos de lâmpadas.

10).O circuito ao lado consiste de uma bateria e quatro lâmpadas idênticas. As setas indicam a direção assumida pela corrente através de certos elementos. Encontre a corrente através de cada lâmpada.

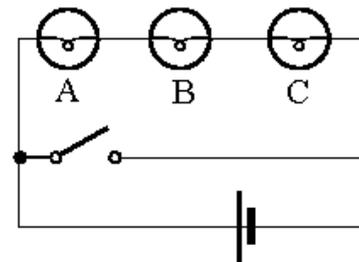


11). O circuito ao lado contém diversos elementos elétricos diferentes. (As diferentes formas representam tipos diferentes de elementos)
 Encontre a corrente através dos elementos M e N.



12. O circuito ao lado possui três lâmpadas idênticas associadas em série e uma chave de resistência desprezível.

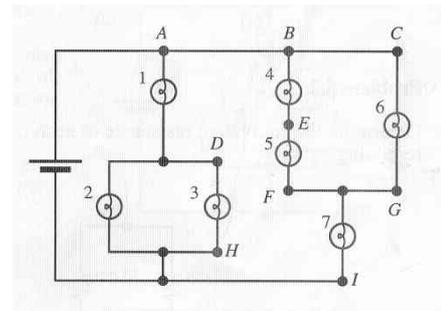
Preveja o que ocorre com o brilho das lâmpadas A, B e C quando a chave é fechada.



14. No circuito ao lado considere que as lâmpadas são idênticas e a bateria como sendo ideal. Classifique o brilho (luminosidade) das lâmpadas (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7).

(escreva, por exemplo, $B_1 > B_2 > B_3 > B_4 > B_5 = B_6 = B_7$, onde B_i indica o brilho da lâmpada i).

Justifique sua resposta.



Respostas.

- 1.) Estudante 1.
- 2.) Estudante 3.
- 3.) a.) $A > B = C$.
 b.) O brilho de B aumenta e o de A diminui.
- c.) Estudante 2 possui a resposta mais completa.
- 4.) D e E, C, A e B.
- 7.) B2 é o mais forte, seguido de B1 e então B3.
- 8.) i.) 1 e 2, (3, 4 e 5) e 6 ii.) mesma ordem iii.) 2 se apaga iv.) 3 aumenta e 6 diminui
- 9.) a.) $1 = 4$ e $2 = 3$ b.) 2

10.) $M = 0,25A$ K e $L = 0,15$

11.) $N = 2A$; $M = 3A$

12.) A, B e C se apagam

13.) $B1 > B2 = B3 > B7 > B6 > B4 = B5$