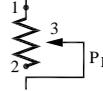


TABELA DOS SÍMBOLOS DOS ELEMENTOS UTILIZADOS NOS EXPERIMENTOS

	Fonte de Tensão		Gerador de Onda Quadrada
	Fonte de Tensão Variável		Gerador de Onda Senoidal
	Fonte de Tensão Alternada		Transformador
	Pilha		Lâmpada
	Pilha, Bateria		Resistor
	Terra		Potenciômetro
	Chave		LDR (Light Dependent Resistor)
	Chave de Contato (Push Button)		Diodo
	Amperímetro		LED (Light Emitting Diodo)
	Voltímetro		Capacitor
	Ohmímetro		Supercapacitor
	Frequencímetro		Capacitor Eletrolítico
	Capacímetro		Indutor

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, resistência, corrente, curto circuito, diferença de potencial e lei de Ohm, Leis de Kirchhoff e resistência equivalente. Você irá aprender a montar circuitos simples (utilizando fios, pilha ou fonte de tensão, lâmpadas, resistores) e a medir as correntes, tensões e resistências.

Introdução

Trabalharemos com dois tipos de fonte de energia elétrica: as de origem eletroquímica (pilhas e baterias) e as de origem física (alternadores, dínamos, células solares e usinas termo ou hidroelétricas). Estas fontes de energia podem nos fornecer corrente e tensão elétrica de dois modos distintos: contínua ou alternada.

Para estabelecermos condições para o estudo de correntes elétricas, utilizaremos componentes elétricos tais como: resistências, capacitores, indutores. Serão realizadas diferentes associações (de resistores e capacitores), as quais serão abordadas no decorrer do curso. Para medirmos as grandezas "corrente elétrica" e "tensão elétrica", utilizaremos os seguintes instrumentos: amperímetro, voltímetro e osciloscópio. Nesta primeira prática usaremos apenas fontes de tensão contínua, resistores, amperímetro e voltímetro.

EXPERIMENTOS

I. Circuitos Simples

I.1 Experimento: Examinem a lâmpada incandescente (Fig.1.1). Dois fios ligam o filamento do bulbo à sua base. Onde, nesta base, os fios, que são ligados diretamente ao filamento, são conectados? Indiquem em um diagrama.

Figura 1.1 - Lâmpada



Fonte: Elaborada pelo compilador.

Previsão: registrem por escrito as suas previsões e/ou do grupo e justificativas.

I.2 Como vocês podem acender uma lâmpada com apenas: uma lâmpada, um pedaço de fio e uma pilha? (Elementos da Fig.1.2)

Figura 1.2 - Materiais utilizados: uma pilha, uma lâmpada e um pedaço de fio.



Fonte: Elaborada pelo compilador.

Sem fazer o experimento, esquematizem pelo menos 4 arranjos diferentes.
(Façam os desenhos)

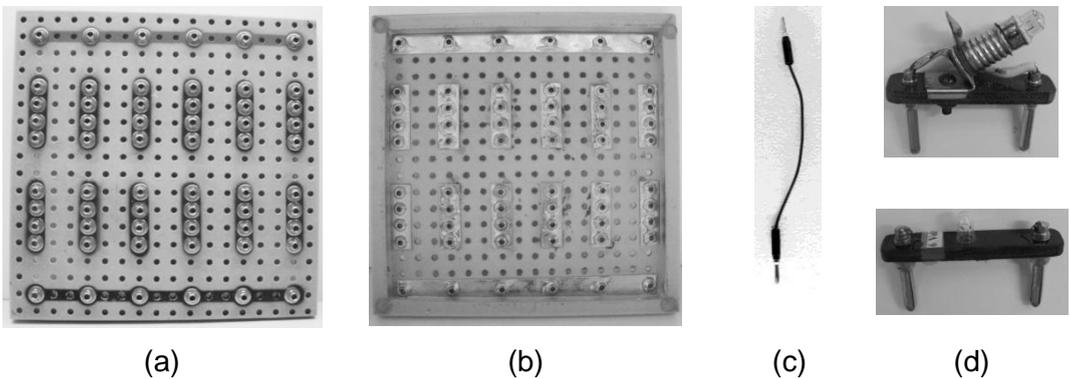
I.3 Experimento: Montem os esquemas propostos e verifiquem experimentalmente se suas previsões estavam corretas.

CUIDADO para não colocar a pilha em curto-circuito. Na dúvida, peça ajuda a um instrutor (professor, técnico ou monitor).

Vocês, agora, irão começar a montar circuitos elétricos, cada vez mais complexos, utilizando a placa de montagem mostrada na Figura 1.3. A placa contém linhas que indicam que estes furos estão conectados entre si por

chapas metálicas (que se comportam como fios condutores de resistência praticamente nula). Estas chapas podem ser vista no verso (a parte de trás da placa) tal como ilustrado na Fig.1.3(b). A placa contém furos apropriados para o uso de conectores chamados de banana (Fig. 1.3(c)). A Fig.1.3(d) ilustra duas lâmpadas com conectores apropriados para a placa.

Figura 1.3 - (a) frente da placa de montagem; (b) verso da placa de montagem; (c) fio condutor ligado a dois conectores banana; (d) conectores apropriados para a placa, com a possibilidade da montagem de duas lâmpadas neles.



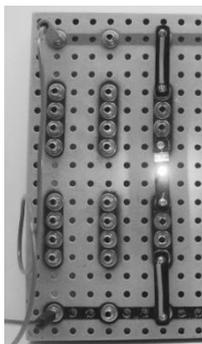
Fonte: Elaborada pelo Compilador

Tanto no topo quanto na base, há uma barra horizontal ligando seis furos em sequência. Posteriormente, vocês verão que a fonte deve ser ligada nas barras de acordo com uma convenção: terminal positivo (+) na barra vermelha e terminal negativo (-) na barra preta (vide Fig.1.4(a)).

Na Fig.1.4(b) temos a Fonte de Tensão a ser utilizada. Ela é um modelo “DC Power Supply HY3003D”, da Politerm. Contem dois mostradores digitais, de corrente (*Current*) e de tensão (*Voltage*). Do lado esquerdo (*Current*), possui dois cursores (um para ajuste fino e outro para ajuste grosso) que possibilita regular a corrente máxima que a fonte pode fornecer. Do lado direito (*Voltage*), possui outros dois cursores que regulam a tensão

que a fonte pode fornecer entre os terminais (+) e (-). O usual é utilizar cabo vermelho ao terminal (+) (marcado, na fonte, com a cor vermelha) e cabo preto ao terminal (-) (marcado com a cor preto).

Figura 1.4 - (a) Lâmpada conectada através da placa a uma Fonte de tensão; (b) Fonte de tensão Politerm



(a)



(b)

Fonte: Elaborada pelo Compilador

Importante:

1) ao montarem qualquer circuito, examinem com atenção todas as ligações antes de conectá-lo à fonte de alimentação. Por exemplo, **NUNCA** conectem o terminal positivo da fonte ao terminal negativo da mesma, sem que haja um dispositivo entre eles.

2) ao utilizarem a fonte de alimentação, certifiquem-se de seguir os seguintes passos:

Com a mesma **desligada:**

(a) zerar todos os cursores (girar todos os botões no sentido anti-horário);

(b) conectar os cabos (fios vermelho e preto) nas saídas da fonte (terminais (+) e (-), respectivamente).

ANTES de ligar a fonte (botão POWER):

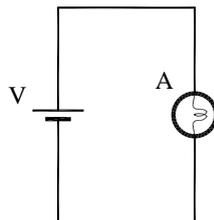
Certifique-se que os cabos NÃO estão em CURTO-CIRCUITO.

Brevemente vocês estarão aptos a montarem diversos circuitos. Vamos começar com um circuito muito simples.

Experimento: Montem o circuito da Fig.1.5, utilizando uma lâmpada incandescente (**A**), uma fonte de tensão variável (Fig.1.4(b)), ajustada para **-6V** e uma placa de montagem (Fig. 1.3(a)).

Obs.: Volt (**V**) é a unidade usada no sistema MKS para a diferença de potencial ou tensão elétrica.

Figura 1.5 - Circuito com uma lâmpada



Fonte: Elaborada pelo Compilador

CUIDADO: como esta é sua primeira montagem, antes de ligar a fonte, peça para um instrutor (professor, técnico ou monitor) conferir o circuito e ligar a fonte.

I.4 Observem o que ocorre com o brilho da lâmpada se qualquer um dos contatos elétricos do circuito for interrompido.

Investigando diferentes materiais

Tanto no experimento 2 quanto no 4 acendemos a lâmpada, conectando-a a uma fonte de tensão (pilha ou fonte) através de materiais metálicos, fios ou as chapas no verso da placa. Os materiais metálicos são bons condutores de corrente elétrica. Grosseiramente podemos classificar os materiais em dois grupos: condutores e isolantes.

I.5 Previsões: “Como você pode fazer para descobrir se um material é condutor ou isolante utilizando apenas o circuito da Fig. 1.5?”

I.6 Experimento: A Fig.1.6 ilustra um suporte com dois conectores “jacaré” usados para inserir um pedaço de grafite no circuito.

Figura 1.6 - Suporte com conectores jacaré



Fonte: Elaborada pelo Compilador

Façam o teste usando um pedaço de papel, papel alumínio, prego (ferro), parafuso (latão), plástico, um clips, uma moeda, vidro, grafite, etc. Classifiquem os materiais como condutores ou isolantes:

Tabela 1.1 - Classificação dos materiais como Condutores ou Isolantes

Condutores	Isolantes

MODELO

(Leiam antes de prosseguir)

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

1. Num circuito completo, existe um **fluxo** de um terminal da bateria (ou fonte), percorrendo 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**.

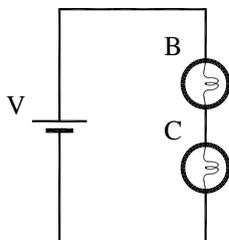
2. No caso de lâmpadas idênticas, o **brilho** das lâmpadas pode ser usado como um indicador da magnitude (valor) da **corrente** que atravessa a lâmpada: quanto maior o brilho da lâmpada, maior é a corrente.

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

Experimento: Montem um circuito com duas lâmpadas idênticas (6V), colocadas uma após a outra, como mostrado na Fig.1.7. Usem **V~6V**. As lâmpadas conectadas desta maneira são ditas estarem em série.

Figura 1.7 - Esquema do circuito com duas lâmpadas em série



Fonte: Elaborada pelo Compilador

II.1 Comparem o brilho das duas lâmpadas B e C, ou seja, o brilho de B é maior, menor ou aproximadamente igual ao brilho de C?

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. Na dúvida, perguntem a um instrutor.*

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

II.2 A corrente é "gasta" na primeira lâmpada, ou a corrente através das lâmpadas é a mesma? Justifiquem a resposta.

II.3 Com base apenas em suas observações, é possível dizer a direção do fluxo através do circuito? Justifiquem a resposta.

II.4 Comparar (maior, menor ou aproximadamente igual) o brilho de cada uma das lâmpadas do circuito em série (Fig.1.7), com o brilho da lâmpada do circuito da Fig.1.5.

II.5 Como a corrente através da lâmpada **A** (Fig.1.5) se compara à corrente na lâmpada **B** (Fig.1.7)? Expliquem.

II.6 Baseado em sua resposta à questão **2**, como se comparam as correntes da fonte (que sai da fonte de tensão) nos dois casos (Fig.1.5 e Fig.1.7). Expliquem.

Obs.: *É importante sempre lembrar que a corrente elétrica é um fluxo e por isso escrevemos corrente através da lâmpada (ou da fonte, etc.). Na linguagem coloquial também se usa “corrente na lâmpada” ou “corrente da lâmpada”.*

II.7 Como a corrente da fonte irá variar (aumentar, diminuir ou permanecer a mesma) se o número de lâmpadas conectadas em série aumentar?

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

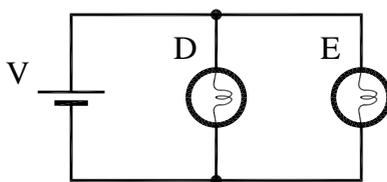
II.8 Usando este raciocínio, se forem adicionadas mais lâmpadas em série no circuito a resistência total iria aumentar, diminuir ou permanecer a mesma que antes?

III. Circuitos em Paralelo

Experimento: Montem o circuito da Fig.1.8 com duas lâmpadas idênticas (6V), com seus terminais conectados conjuntamente, tal como mostrado.

Usem $V \sim 6V$. Lâmpadas ligadas desta maneira são ditas estarem *em paralelo*.

Figura 1.8 - Esquema do circuito com duas lâmpadas em paralelo



Fonte: Elaborada pelo Compilador

III.1 Comparem o brilho (maior, menor ou aproximadamente igual) das duas lâmpadas do circuito e registrem.

III.2 A partir de suas observações, como se comparam as correntes através das lâmpadas **D** e **E** (Fig. 1.8)?

III.3 Descrevam o comportamento das correntes em todo o circuito da Fig.1.8. Como a corrente da fonte se divide e recombina na junção dos dois ramos das duas lâmpadas em paralelo (**D** e **E**)?

III.4 O brilho das lâmpadas **D** e **E** (Fig.1.8) é maior, igual ou menor do que o brilho de **A** (Fig.1.5)?

III.5 Comparem a corrente da fonte conectada a uma única lâmpada (Fig.1.5) com a corrente da fonte na Fig.1.8 (duas lâmpadas em paralelo). Expliquem, baseando-se em suas observações.

III.6 Como a corrente da fonte irá variar (aumentar, diminuir ou permanecer a mesma) se o número de lâmpadas conectadas em paralelo aumentarem? E se diminuir?

III.7 O que vocês podem inferir¹ a respeito do comportamento da resistência total do circuito com o aumento do número de lâmpadas em paralelo?

III.8 Concluindo: a corrente da fonte depende do número de lâmpadas do circuito e do modo no qual elas estão conectadas?

Uma **fonte ideal** mantém sempre a mesma tensão entre seus terminais independentemente do que está conectado a ela, por exemplo, uma, duas ou três lâmpadas conectadas em série ou paralelo. Uma característica de uma **fonte ideal** é que todos os ramos conectados em paralelo através dela são

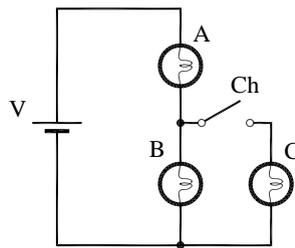
¹ Inferir = deduzir por meio de raciocínio, tirar uma conclusão a partir de fatos, observações, etc.

independentes uns dos outros (a corrente em cada ramo é independente da dos outros).

IV. Corrente e Resistência

O circuito da Fig.1.9 contém três lâmpadas idênticas, uma fonte ideal e uma chave de resistência desprezível.

Figura 1.9 - Esquema do circuito com três lâmpadas



Fonte: Elaborada pelo Compilador

Previsões: registrem por escrito as suas previsões e/ou do grupo e justificativas, a respeito das questões abaixo:

IV.1 Classifique o brilho das lâmpadas **A**, **B** e **C** com a chave aberta.

IV.2 Classifique o brilho das lâmpadas **A**, **B** e **C** com a chave fechada.

IV.3 Quando se fecha a chave, o brilho de cada lâmpada (**A**, **B** e **C**) aumenta, diminui ou não se altera.

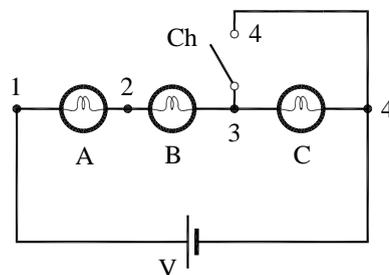
IV.4 Experimento: Montem o circuito da Fig.1.9 (com **V~6V**) e verifiquem experimentalmente se suas previsões estavam corretas. Para cada situação no circuito acima (chave aberta ou fechada) comparem a corrente nas lâmpadas (**A**, **B** e **C**).

Obs.: *Notem que a chave na Fig.1.9 pode ser simplesmente um cabo banana-banana*

V. Curto-circuito

O circuito da Fig.1.10 possui três lâmpadas idênticas (6V) associadas em série, uma fonte ideal de resistência desprezível e uma chave.

Figura 1.10 - Esquema do circuito com três lâmpadas em série



Fonte: Elaborada pelo Compilador

V.1 Previsões: registrem por escrito as suas previsões e/ou do grupo e justificativas. O que ocorre com o brilho das lâmpadas **A**, **B** e **C** quando a chave (Ch) é fechada?

V.2 Experimento: Agora montem o circuito (com **V~6V**). Suas previsões estavam corretas? Justifiquem.

Em funcionamento normal uma resistência (ou lâmpada), como na Fig.1.10, recebe uma corrente que passa pelo circuito **1-2-3-4**. Se fecharmos a chave, de modo que haja contato elétrico entre os pontos **3** e **4**, uma nova corrente será estabelecida, passando apenas pelo circuito **1-2-4** (praticamente nenhuma corrente passará pela lâmpada **C**).

Quando isso ocorre, dizemos que está havendo um curto-circuito nos pontos **3** e **4**. 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. Assim, no experimento colocamos a lâmpada C em curto-circuito quando a chave é fechada.

VI. Medida de Correntes Elétricas

Até o momento, supusemos que o brilho aumenta quando a corrente elétrica através da lâmpada aumenta, ou seja, utilizamos o brilho de uma lâmpada como um indicador qualitativo da corrente. Note que nossa suposição não menciona que o brilho seja proporcional à corrente (ou nenhuma relação matemática específica). A seguir começaremos um estudo quantitativo dos circuitos elétricos.

Para fazer medidas de corrente elétrica usaremos o Amperímetro² (Fig.1.11), um instrumento que permite a passagem de corrente através dele, sem alterar significativamente a resistência do circuito. Quando colocado (em

² Homenagem ao cientista francês André-Marie Ampère (1775 – 1836)

série) no circuito, o amperímetro mede a corrente em unidade de Ampère. Muitas vezes é mais conveniente trabalharmos com unidades menores, como miliampère (mA) = 10^{-3} A, microampère (μA) = 10^{-6} , etc.

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

Figura 1.11 - Multímetro a ser usado como Amperímetro



Fonte: Elaborada pelo Compilador

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 ou bateria (normalmente indicado pela cor vermelha)

para seu terminal negativo (-) (normalmente indicado por preto). Os amperímetros devem ser conectados neste sentido, pois caso contrário podem ser danificados. O símbolo para amperímetro é: 

Notem que, normalmente, este símbolo indica os terminais do amperímetro, e é marcado com + (positivo) e o outro - (negativo). Em geral há dois terminais positivos diferentes, indicados por **A**, para a escala em Ampéres, e **mA** para a escala em miliampéres. O terminal negativo está indicado por **COM**, ou terminal comum, porque é usado no amperímetro, no voltímetro e no ohmímetro.

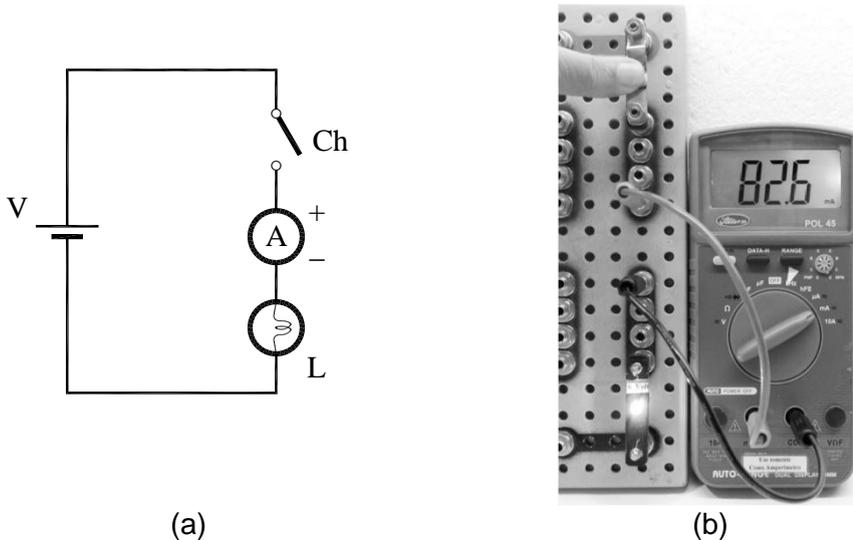
Experimento: Montem o circuito Fig.1.12(a) com a fonte desligada ou desconectada. Para isso, utilizem uma fonte de tensão, uma lâmpada e um multímetro conectado como Amperímetro (em série), na escala de **mA**. Como Amperímetro, usem o multímetro **Politem POL-45** na escala **mA** com os terminais **COM** e **mA** (Fig.1.12(b))

CUIDADO a conexão errada do amperímetro pode danificar o instrumento. Peçam assistência de um instrutor **antes** de ligar o circuito. Note que cada função do multímetro exige um tipo específico de conexão.

Obs.: Lembrem-se que o Amperímetro deve estar ligado **em série** com o dispositivo o qual se deseja medir a corrente.

Peçam auxílio a um instrutor se tiverem dúvidas sobre a montagem do circuito.

Figura 1.12 - (a) Esquema do circuito utilizando o Amperímetro; (b) Foto da montagem do circuito, onde o Amperímetro indica $I=82,6\text{mA}$ com a chave fechada.



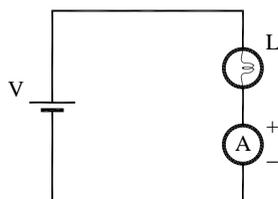
Fonte: Elaborada pelo Compilador

VI.1 Ajustem a tensão da fonte para $V\sim 6V$, fechem a chave e façam a medida da corrente, ou seja, registrem o valor indicado no amperímetro. Não se esqueçam de indicar a **unidade da medida** (A, mA, μA , etc.)

VI.2 Observem e registrem o que ocorre se os terminais da fonte forem trocados (invertidos).

Experimento: Montem o circuito da Fig.1.13 mantendo o mesmo valor da tensão da fonte usada na Fig.1.12.

Figura 1.13 – Circuito com Amperímetro em série com uma lâmpada



Fonte: Elaborada pelo Compilador

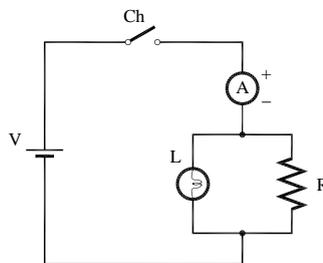
VI.3 Façam a medida e comparem com a corrente do circuito anterior (Fig.1.12).

Obs.: Lembrem-se da imprecisão devido à incerteza das medidas.

Experimento: Montem o circuito da Fig.1.14 com uma fonte ($V \sim 6V$), uma chave, um amperímetro e um resistor ($R = 220\Omega$) em paralelo a uma lâmpada.

Obs.: Usualmente representa-se um resistor (R) com o símbolo: 

Figura 1.14 - Circuito com Amperímetro em série com uma lâmpada em paralelo a uma resistência



Fonte: Elaborada pelo Compilador

VI.4 Fechem a chave e anotem o valor da corrente indicada no amperímetro.

Notem que esta é a corrente de saída da fonte, i_F .

VI.5 Previsões: registrem por escrito as suas previsões e/ou do grupo e justificativas. No circuito da Fig.1.14, o amperímetro foi colocado de tal forma a determinar a corrente de saída da fonte. Suponham agora, que vocês desejam medir apenas a corrente no resistor R (i_R), como deve ser colocado o

amperímetro? Façam um esboço do diagrama deste circuito no espaço abaixo.

VI.6 Experimento: Montem o circuito do diagrama proposto, e meçam i_R .

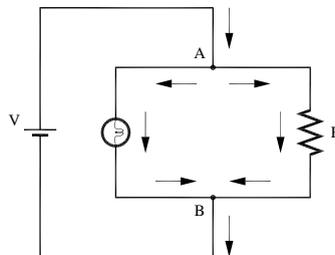
Obs: *em caso de dúvida, consulte um instrutor para não danificar os instrumentos.*

VI.7 Repitam os itens **5** e **6** para medir a corrente na lâmpada, i_L .

VI.8 Qual a relação esperada entre i_F , i_R e i_L ? Seus resultados experimentais confirmam isto?

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 Fig.1.15, são chamados de **nós**. A identificação dos nós é uma etapa importante no desenho de circuitos.

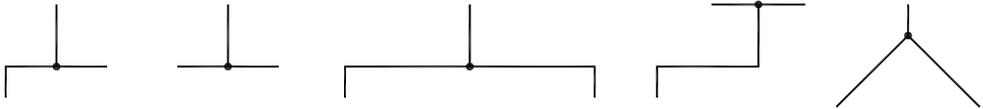
Figura 1.15 - Circuito com distribuição de corrente



Fonte: Elaborada pelo Compilador.

Na Fig.1.15 é representado 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 (Fig.1.16) de diversas formas:

Figura 1.16 – Formas diversas de representação dos nós



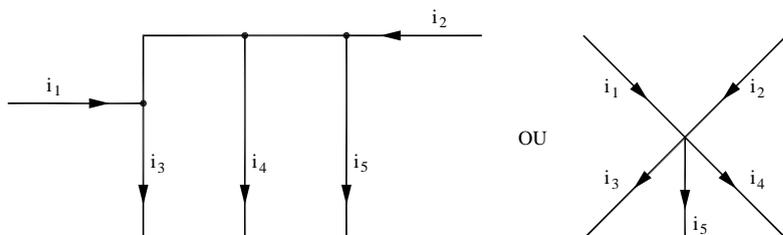
Fonte: Elaborada pelo Compilador

Num **circuito fechado** há uma trajetória contínua, ou seja, a corrente de um dos terminais da bateria percorre todo o circuito até o outro terminal. Baseado 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, conhecido como a **lei das correntes de Kirchhoff** ou **Lei dos Nós**.

Os diagramas da Fig.1.17, 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:

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

Figura 1.17 – Diagramas ilustrando a conservação da corrente



.Fonte: Elaborada pelo Compilador

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

A soma algébrica das correntes num determinado nó é zero!

Expressar a **lei das correntes 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

O voltímetro é usado para medir a **diferença de potencial** (**ddp**) entre dois pontos, também denominada de **voltagem** ou **tensão**.

Como **Voltímetro**³ (Fig.1.18), utilizaremos o multímetro Minipa ET-2082A.

Figura 1.18 – Ilustração do Voltímetro



Fonte: Elaborada pelo Compilador

Importante – ao contrário do amperímetro, o voltímetro deve ser conectado em paralelo ao componente a ser medido (no caso a fonte). Se, por engano, vocês conectarem o amperímetro no lugar do voltímetro na configuração da

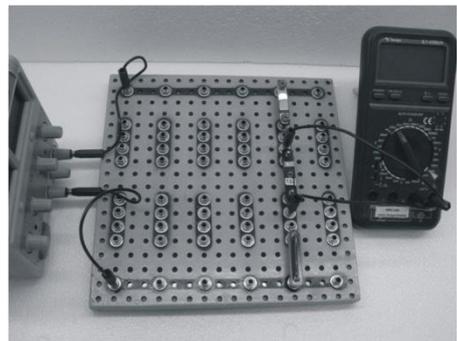
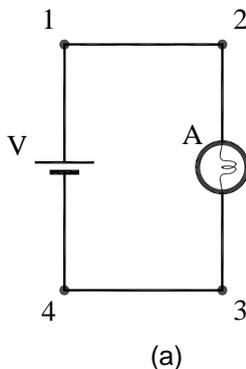
³ Homenagem ao cientista italiano Alessandro Volta (1745 – 1827)

Fig.1.19, possivelmente vão danificar o amperímetro e a fonte. Ou seja, é preciso ter sempre CUIDADO no uso do multímetro!!!

Experimento: Montem o circuito da Fig.1.19(a), utilizando uma lâmpada (**A**), uma chave (Ch), uma fonte de tensão (**V ~ 6 V**), uma placa de montagem e um Voltímetro .

Obs.: Usem o multímetro na escala **20 V** com os terminais **COM** e **V**.

Figura 1.19 – (a) Circuito com uma lâmpada; (b) Foto da montagem do circuito



Fonte: Elaborada pelo Compilador

Medida da tensão da fonte (V): A tensão da fonte é a ddp entre os pontos (1) e (4), $V=V_{14} = V_1-V_4$, com a chave aberta. Para medi-la deve-se conectar os pontos (1) e (4) aos terminais **V(+)** e **COM(-)**, respectivamente (Fig.1.19(a)).

Medida da tensão da Lâmpada (V_A): A tensão da lâmpada é a ddp entre os pontos (2) e (3), $V_A = V_{23} = V_2 - V_3$. Para se medir a ddp entre os pontos (2) e (3) deve-se conectá-los aos terminais **V(+)** e **COM(-)**, respectivamente na Fig.1.19(a).

VII.1 Meçam e registrem na Tabela 1.2 os valores obtidos das tensões V_{14} , V_{41} , V_{23} , V_{34} , no circuito da Fig. 1.19(a).

Tabela 1.2 - Valores obtidos nas medidas do circuito de uma lâmpada

V_{14}	V_{41}	V_{23}	V_{34}

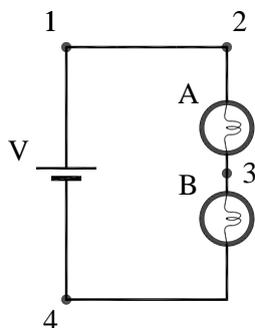
Obs.: notem que $V_{41} = - V_{14}$.

No caso acima, segundo a linguagem coloquial, denomina-se V_{14} como a tensão da fonte (**V**). Analogamente falamos a tensão no resistor, etc. Nunca diga a tensão através do resistor, pois isto não tem sentido físico.

Muitas vezes usa-se um ponto do circuito como referência, ao qual se atribui a tensão zero. Normalmente este ponto é o terra do circuito. Por exemplo, no circuito da Fig.1.19(a) podemos definir o ponto (3) da lâmpada com $V_3=0$ e neste caso $V_1 = V_2 \cong 6V$ e $V_3 = V_4=0$.

Experimento: Montem o circuito da Fig.1.20, utilizando duas lâmpadas (**A**) e (**B**) em série, uma chave (Ch), uma fonte de tensão (**V ~ 6 V**) e um Voltímetro.

Figura 1.20 – Circuito com duas lâmpadas em série



Fonte: Elaborada pelo Compilador

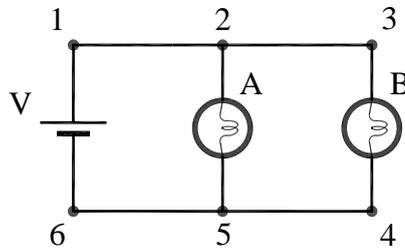
VII.2 Meçam e registrem na Tabela 1.3 os valores obtidos das tensões V_{14} , V_{23} , V_{34} e $V_{23}+V_{34}$ no circuito da Fig. 1.20.

Tabela 1.3 - Valores obtidos nas medidas com a chave aberta e com a chave fechada no circuito de duas lâmpadas em série

V_{14}	V_{23}	V_{34}	$V_{23}+V_{34}$

Experimento: Montem o circuito da Fig.1.21, utilizando duas lâmpadas (A) e (B) em paralelo, uma chave (Ch), uma fonte de tensão ($V \sim 6 V$) e um Voltímetro .

Figura 1.21 – Circuito com duas lâmpadas em paralelo



Fonte: Elaborada pelo Compilador

VII.5 Meçam e registrem na Tabela 1.4 os valores obtidos das tensões V_{16} , V_{25} e V_{34} no circuito da Fig. 1.21.

Tabela 1.4 - Valores obtidos nas medidas com a chave aberta e com a chave fechada no circuito de duas lâmpadas em paralelo

V_{16}	V_{25}	V_{34}

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

VII.6 Como se comparam as tensões na lâmpada do circuito da Fig 1.19(a) e em cada lâmpada da Fig. 1.21?

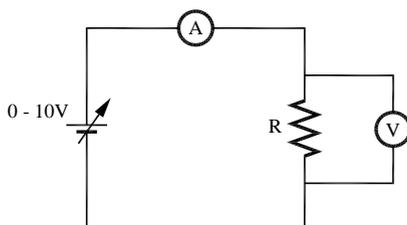
VII.7 A diferença de potencial da fonte depende do circuito ao qual ela está conectada? Expliquem.

VIII. Lei de Ohm

RESISTOR

Experimento: Montem o circuito da Fig.1.22, utilizando uma fonte de tensão contínua variável, R_x (valor desconhecido) e dois multímetros que serão usados um como voltímetro (**V**) e um como amperímetro (**A**).

Figura 1.22 – Circuito com uma resistência, uma fonte variável e um Amperímetro e um Voltímetro.



Fonte: Elaborada pelo Compilador

VIII.1 Meçam a dependência da corrente (**I**) com a tensão (**V**), variando **V** entre **0** e **6 V**, aproximadamente. Coloquem os dados na Tabela 1.5.

Tabela 1.5 -Valores de **I(mA)** e **V(Volt)** medidos em um resistor.

I (mA)	V (Volt)		

VIII.2 Façam um gráfico em papel milimetrado com a tensão (**V**) no eixo **y** (em Volts) *versus* a corrente (**I**) no eixo **x** (em **mA**). O comportamento do gráfico **V x I** é linear?

VIII.3 Usando o gráfico, determinem o valor da resistência do resistor **R_x**, usando a lei de Ohm: **V_R = R.I**.

Obs.: Olhar no Apêndice como calcular o coeficiente angular da reta (no final da apostila, na parte “II. Gráficos”).

VIII.4 Meçam o valor de R_{Ω} , desconectado do circuito, com um ohmímetro e comparem seu valor com resultado obtido através do gráfico.

VIII.5 Comparem o valor de R obtido em **VIII.3** com R_{Ω} obtido em **VIII.4**.

LÂMPADA.

VIII.6 Meçam a corrente em uma lâmpada para $V=6V$ usando o mesmo circuito da Fig.1.22, substituindo o resistor pela lâmpada.

VIII.7 Repitam a medida no caso $V=3V$.

VIII.8 Meçam o valor da resistência da lâmpada, desconectada do circuito, com um ohmímetro.

VIII.9 Usando a Lei de Ohm, a partir dos dados obtidos em **VIII.6**, **VIII.7** e **VIII.8**, o que vocês podem inferir sobre o comportamento **V x I** da lâmpada? Ele é linear? Este comportamento é semelhante ao do resistor (parte A)? O que é semelhante e o que é diferente?

VIII.10 Façam a medida detalhada de **V x I** da lâmpada (tal como feito no item **VIII.1** para o resistor), coletando aproximadamente 15 valores e preenchendo a Tabela 1.6.

Obs.: Variem a tensão de tal modo a obter correntes entre **0 – 60mA**. Comecem com valores bem baixos de tensão, **~0,25V**.

Tabela 1.6- Valores de **I(mA)** e **V(Volt)** medidos em uma lâmpada.

I (mA)	V (Volt)

I (mA)	V (Volt)

I (mA)	V (Volt)

VIII.11 Façam o gráfico de **V x I** da lâmpada, utilizando o papel milimetrado. O comportamento desse gráfico é linear?

VIII.12 Comparem o comportamento observado em **VIII.2** e em **VIII.11**. O que é semelhante e o que é diferente?

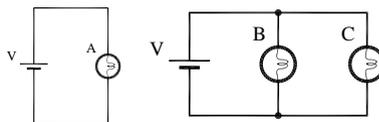
VIII.12 Concluindo: a lei de Ohm é válida para a lâmpada? Discutam.

Lista de materiais (prática 01)

- 1 pedaço de fio
- 3 lâmpadas incandescentes (6V)
- 2 lâmpadas de lanterna
- Resistor de 220Ω
- 2 pilhas 1,5V
- Fonte de tensão variável (0 - 15V, 1A)
- 2 multímetros digitais
- 1 chave
- Placa de circuitos, cabos banana – banana, etc.

Exercícios

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



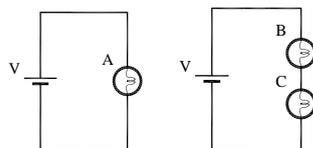
Identifique qual estudante, se algum deles, fez o raciocínio incorretamente, e determine o que está errado em seu raciocínio.

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.

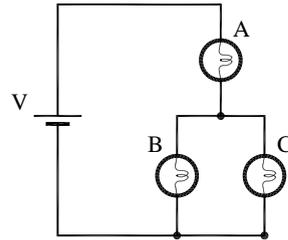
Estudante 1 “**B** e **C** brilharão menos que **A**. **B** e **C** têm a corrente dividida enquanto **A** tem toda ela.. “

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.



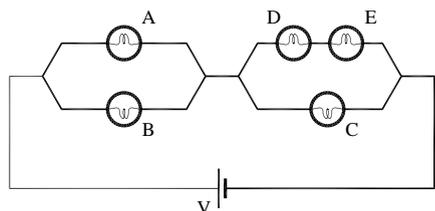
c. Considere as seguintes argumentações de dois estudantes:

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.”*

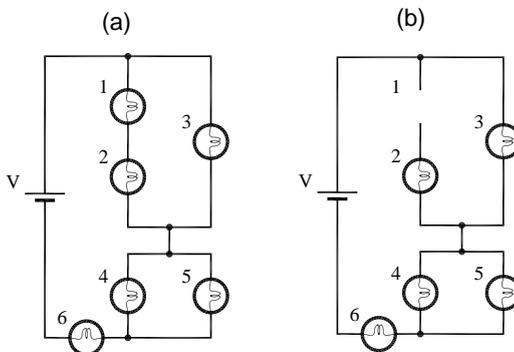
Você pode dizer que os estudantes deram a resposta completa? Justifique.

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



5) 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.



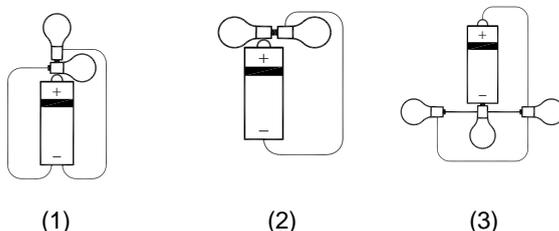
ii) idem para a tensão nas lâmpadas.

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

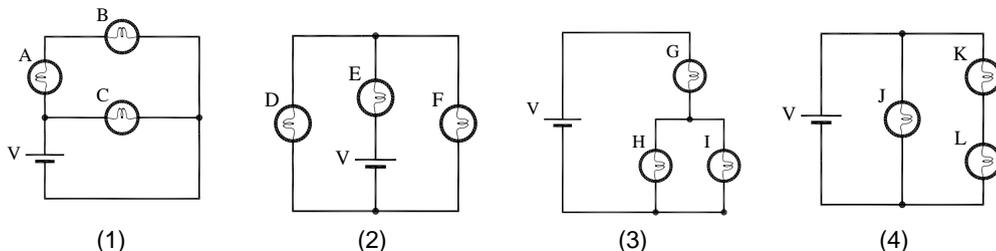
iii) o brilho da lâmpada 2 aumenta, diminui ou permanece o mesmo? Justifique sua resposta

iv) idem para as lâmpadas 6 e 3.

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



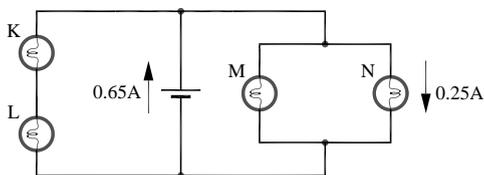
7) a. Quais dos diagramas de circuitos abaixo podem ser utilizados para representar o mesmo circuito físico; isto é, quais circuitos têm as mesmas conexões elétricas? Para dar esta decisão você pode achar útil redesenhar alguns dos circuitos.



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.

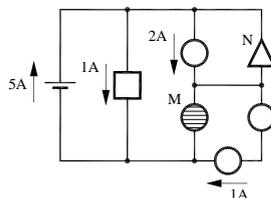
8) O circuito ao lado consiste de uma bateria e quatro lâmpadas idênticas. As setas indicam a direção assumida pela corrente através de certos elementos.

Encontre a corrente através de cada lâmpada.



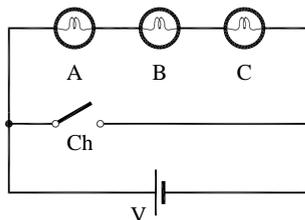
9) O circuito ao lado contém diversos elementos elétricos diferentes. (As diferentes formas representam tipos diferentes de elementos)

Encontre a corrente através dos elementos **M** e **N**.



10) 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.



Respostas dos Exercícios

1.) Estudante 1.

5.) i) 1 e 2, (3,4 e 5) e 6

2.) Estudante 3.

ii.) mesma ordem.

3.)a) $A > B = C$

iii.) 2 se apaga

b) O brilho de B aumenta e o de A diminui.

iv.) 3 aumenta e 6 diminui

c) Estudante 2 possui a resposta mais completa

7.) a) $1=4$ e $2=3$ b.) 2

4.)D e E, C, A e B.

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

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

10.) A, B e C se apagam