

Leis de Kirchhoff e Força Eletromotriz

Painel
Elétrico CC

unidade 6

Material de apoio didático ao experimento Quadro Elétrico CC: Experimentação Remota Móvel para Educação Básica: Associações em série, paralelas e mistas em redes CC de Heck, Carine; SILVA, Juarez B.; COELHO, Karine dos Santos; ALVES, João Bosco Mota; CRISTIANO, Marta Adriana da S.; BILESSIMO, Simone M. S.; NICOLETE, Priscila C. está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.



Este manual, cada capítulo e suas imagens estão licenciados sob a licença Creative Commons -Atribuição-NãoComercial-Sem Derivados 4.0 Internacional. Uma cópia desta licença pode ser visualizada em <http://creativecommons.org.nz/licences/licences-explained/>. Ela define que este manual é livre para reprodução e distribuição, porém sempre deve ser citado o autor. Não deve ser usado para fins comerciais ou financeiros e não é permitido qualquer trabalho derivado. Se você quiser fazer algum dos itens citados como não permitidos, favor entrar em contato com os organizadores do manual.

O download em edição eletrônica desta obra pode ser encontrado em <http://www.rexlab.ufsc.br>.

Material de apoio didático ao experimento Quadro Elétrico CC: Experimentação Remota Móvel para Educação Básica: Associações em série, paralelas e mistas em redes CC / obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pelo Laboratório de Experimentação Remota (RExLab).

Araranguá – SC, Brasil, 2015

Elaboração de conteúdos

Carine Heck

Licenciada em física pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

João Bosco da Mota Alves

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Juarez Bento da Silva

Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Karine dos Santos Coelho

Mestre em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Marta Adriana da Silva Cristiano

Mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Priscila Cadorin Nicolete

Bacharela em Tecnologias da Informação e da Comunicação pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Simone Meister Sommer Bilessimo

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Edição

Carine Heck e Karine dos Santos Coelho

Design Gráfico

Isabela Nardi da Silva

Sumário Geral

Leis de Kirchhoff e Força Eletromotriz.....	4
Primeira Lei de Kirchhoff ou Lei dos Nós.....	4
Segunda Lei de Kirchhoff ou Lei das Malhas.....	6
Força Eletromotriz.....	6
Bibliografia Consultada.....	13

Leis De Kirchhoff E Força Eletromotriz

Gustavo Robert Kirchhoff (1824-1887), físico alemão natural de Königsberg, leste da Prússia (atualmente pertencente a Alemanha), estudou na universidade Königsberg onde foi discípulo de Neumann. Foi nessa época que começou a estudar eletromagnetismo. Trabalhou na Universidade de Breslau no ano de 1850, onde continuou suas pesquisas sobre mecânica dos sólidos.

Em 1854 foi para a Universidade de Heidelberg e além das pesquisas em eletricidade, juntamente com Robert Bunsen, descobriram os elementos químico césio e rubídio e fundaram a ciência da espectroscopia. Kirchhoff terminou sua carreira acadêmica na Universidade de Berlim como professor de física e matemática. Durante parte de sua vida fez uso de muletas e cadeira de rodas devido a um problema de saúde (deficiência motora).

Em 1845 Kirchhoff enunciou as leis que levam seu nome e que permitem o cálculo da corrente, tensão e resistência de um circuito elétrico.

Em algumas situações o conceito de resistência equivalente não é o suficiente para análise dos circuitos, principalmente aqueles que possuem mais de uma fonte de tensão. Para resolver esse tipo de circuito é necessário aplicar sobre ele duas leis conhecidas como lei de Kirchhoff.

Conceitos importantes:

- Nó é um ponto de encontro entre três ou mais fios;
- Ramo é um trecho delimitado do circuito entre dois nós;
- Malha são ramos de um circuito que formam um percurso fechado.

Exemplos de circuitos com uma malha e com duas malhas:

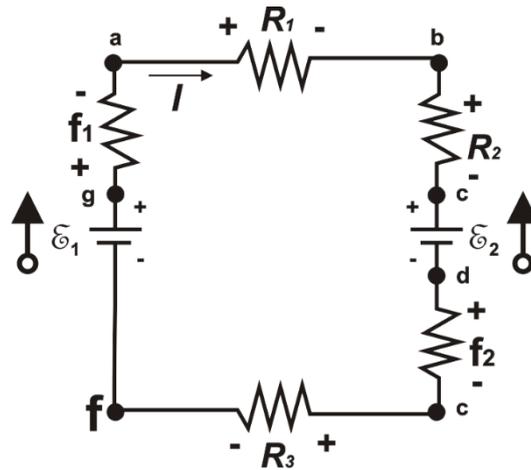


Figura 1

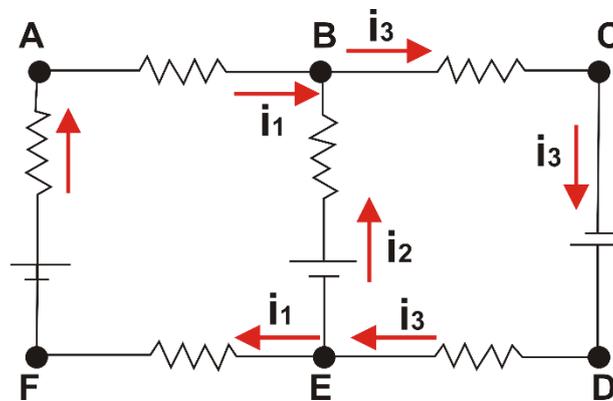


Figura 2

Primeira Lei de Kirchhoff ou Lei dos Nós

A 1ª Lei de Kirchhoff ou Lei dos Nós define que, “em qualquer junção (ponto de ramificação ou nó) em um circuito onde a corrente pode se dividir, a soma das correntes que chegam na junção ou nó deve ser igual à soma das correntes que saem da junção ou nó” (TIPLER; MOSCA, 2014).

Princípio da conservação da carga, a quantidade de carga em movimento permanece constante dentro do circuito.

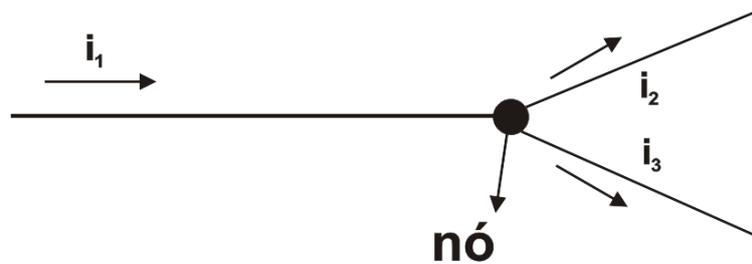


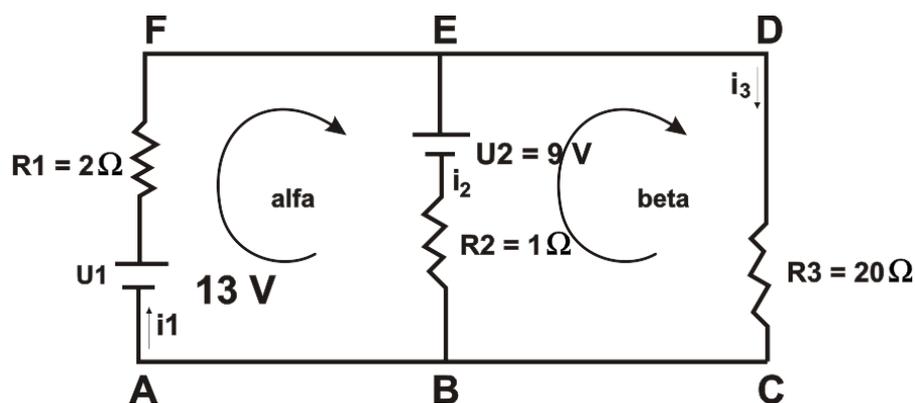
Figura 3

Em relação a figura acima, temos que: ($i_1 = i_2 + i_3$).

Segunda lei de Kirchhoff ou Lei das Malhas

A 2ª Lei de Kirchhoff ou Lei das Malhas define que, “ao percorrer qualquer malha fechada, a soma algébrica das variações no potencial ao longo da malha deve ser igual a zero” (TIPLER; MOSCA, 2014).

Primeiramente, adota-se um sentido de corrente para cada malha. Por exemplo, foi escolhido o sentido horário para a corrente elétrica conforme abaixo. Caso o resultado da corrente seja negativo este não será o sentido correto, e será necessário ter que adotar o sentido anti-horário. Lembrando que o valor não muda o que muda é o sinal.



Força Eletromotriz (fem) (ϵ)

A energia gerada por um gerador é obtida por meio da transformação de outras formas de energia, por exemplo, a energia química das pilhas em energia elétrica e assim estabelece uma corrente elétrica num circuito. Para

manter a corrente percorrendo um gerador elétrico é necessário realizar trabalho para movimentar as cargas.

Definição de Força Eletromotriz:

É a razão entre o trabalho W realizado pela bateria e a quantidade de carga q que a percorre.

$$\varepsilon = \frac{W}{q}$$

No SI o trabalho é medido em J (Joule) e a quantidade de carga em C (Coulombs), então a fem é medida em J/s, essa unidade é o Volt (V).

O que é um gerador de força Eletromotriz (fem)?

Para manter uma corrente estável em um circuito elétrico é necessário manter uma diferença de potencial entre as extremidades de um dispositivo chamado fonte de tensão ou gerador que fornece energia para o circuito. O gerador estabelece um campo elétrico em seus condutores e através da força elétrica devido ao campo, as cargas elétricas entram em movimento, fluindo no circuito uma corrente elétrica. O sentido das cargas é do polo positivo para o negativo, do potencial maior para o potencial menor, já no interior de uma pilha acontece ao contrário.

“Essa fonte de tensão é como uma “bomba” de cargas, um dispositivo que realiza trabalho sobre os portadores de cargas mantendo sempre uma diferença de potencial entre dois terminais, alimentando o circuito com energia elétrica” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

Exemplo: “Uma pilha ou bateria é um gerador de fem, pois utiliza a energia química, que é transferida para as cargas em forma de energia elétrica” (LUZ; ÁLVARES, 2014).

Matematicamente pode-se expressar a ddp entre os terminais de um gerador desse modo:

$$V_{AB} = \varepsilon - r \cdot i$$

Observando essa expressão pode-se notar que nem sempre a ddp e a fem, vão ter o mesmo valor. Nessa mesma expressão o termo $r \cdot i$ é a potência dissipada no interior do gerador, o que torna o valor da ddp menor que o valor da fem. Quando $r=0$ temos um gerador ideal, portanto $V = \varepsilon$.

OBS: os geradores transformam diferentes tipos de energia em energia elétrica, gerando uma diferença de potencial entre seus polos.

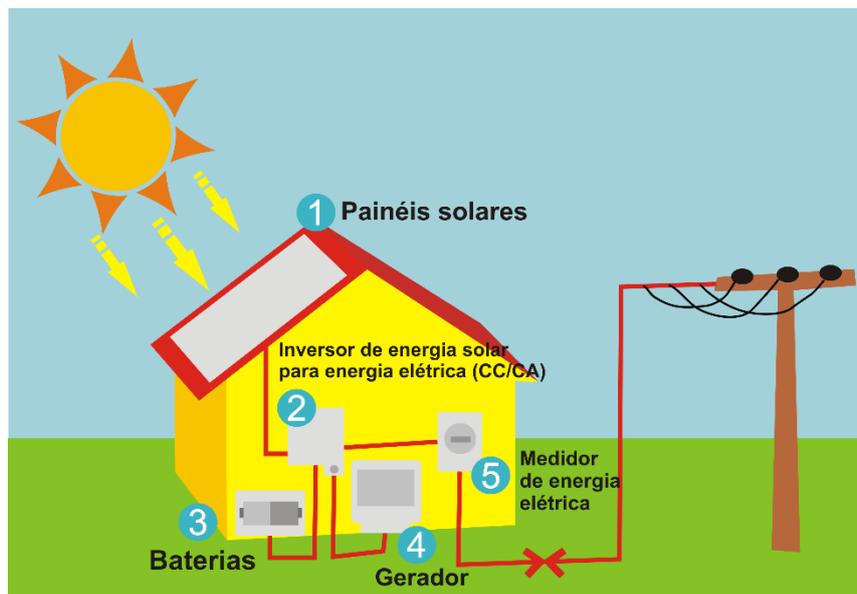


Figura 4



Figura 5



Figura 6

Usando a figura abaixo para explicar as Leis de Kirchoff:

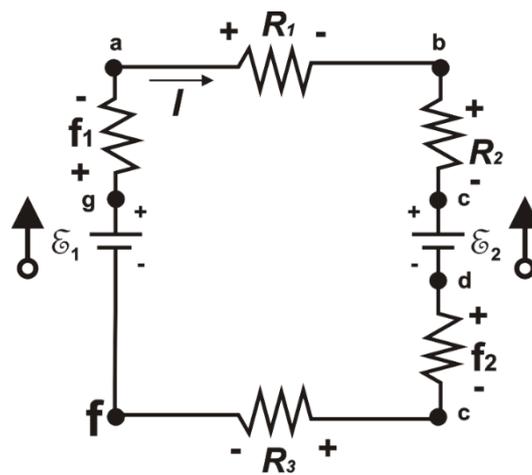


Figura 7

Aplicando a 2ª Lei

Aplicando a segunda Lei, Lei das Malhas. Adotar o sentido das malhas nesse caso é no sentido horário, separar os resistores das fontes. Portanto quando se encontra o lado positivo da fonte ela será negativa, caso encontre uma corrente indo para um lado oposto ela também será negativa.

Aplicando a primeira Lei. Lei dos Nós: $i_1 = i_2 + i_3$

Problema resolvido pela: (Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Departamento de Física, Física Geral B – Prof. Dr. Ricardo Luiz Viana).

De acordo com o circuito da figura acima:

$$\varepsilon_1 = V_1 = 12 \text{ V}$$

$$\varepsilon_2 = V_2 = 4 \text{ V}$$

$$r_1 = r_2 = 1 \Omega.$$

$$R_1 = R_2 = 5 \Omega$$

$$R_3 = 4 \Omega.$$

Calcule:

(a) a corrente na malha;

Adota um sentido de percurso horário na malha, e partindo do ponto a. Adota o sentido da corrente horário.

Resolução:

$$-i R_1 - i R_2 - \varepsilon_2 - i r_2 - i R_3 + \varepsilon_1 - i r_1 = 0$$

$$i = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2} = \frac{12 - 4}{5 + 5 + 4 + 1 + 1} = 0,5 \text{ A}$$

Como a corrente deu positiva, sabe-se que a escolha para o sentido de i foi correta (se i desse negativo, o sentido correto seria o oposto!).

OBS: Na bateria ε_1 a corrente vai do polo negativo para o positivo, ou seja, a bateria está se descarregando neste processo. Já na bateria ε_2 a corrente está indo do polo positivo para o negativo, de modo que a bateria está se carregando (isto é, operando no sentido reverso do processo eletroquímico).

(b) Para determinar a ddp entre a e b parte-se de a somando todas as ddp's encontradas no percurso (mantendo o sentido horário)

$$V_a - i R_1 - i R_2 - \varepsilon_2 - i r_2 = V_b$$

$$V_a - V_b = i R_1 + i R_2 + \varepsilon_2 + i r_2 = 0,5(5 + 5 + 1) + 4 = 9,5 \text{ V}$$

c) Para determinar a ddp entre a e f parte-se de a somando todas as ddp's encontradas no percurso (mantendo o sentido horário)

Resolução

$$V_a - i R_1 - i R_2 - \varepsilon_2 - i r_2 - i R_3 = V_f$$

$$V_a - V_f = i R_1 + i R_2 + \varepsilon_2 + i r_2 + i R_3$$

$$V_a - V_f = 0,5(5+5) + 4 + 0,5(1+4)$$

$$V_a - V_f = 0,5(10) + 4 + 2,5$$

$$V_a - V_f = 5 + 4 + 2,5$$

$$V_a - V_f = 11,5 \text{ V}$$

A ddp entre os pontos a e f (terminais da bateria 1) é 11,5 V, menor que a fem da bateria (12,0 V), pois na medida que a bateria se descarrega, parte da sua potência é dissipada na resistência interna.

d) Para determinar a ddp entre c e f parte-se de a somando todas as ddp's encontradas no percurso (mantendo o sentido horário)

$$V_c - \varepsilon_2 - i r_2 = V_f$$

$$V_c - V_e = \varepsilon_2 + i r_2$$

$$V_c - V_e = 4 + 0,5 \cdot 1$$

$$V_c - V_e = 4 + 0,5$$

$$V_c - V_e = 4,5 \text{ V}$$

A ddp entre os pontos c e e (terminais da bateria 2) é 4,5 V, maior, portanto, que a fem da bateria (4,0 V). Isso ocorre, pois a bateria 2 está, de fato, sendo carregada, ou seja, ela opera reversivelmente (de fato, a bateria 2

consome energia gerada pela bateria 1). Devido à sua resistência interna, uma bateria real não pode ser completamente reversível.

Bibliografia consultada

ARTUSO, Alysson Ramos; WRUBLEWSKI, Marlon. Física. Curitiba: Positivo, 2013. 3 v.

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Claudio Xavier da. Física aula por aula: Eletromagnetismo, Ondulatória, Física Moderna. 2. ed. São Paulo: Ftd, 2013. 3 v.

BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. Física: Eletricidade Física Moderna Análise Dimensional. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 448 p.

BONJORNO, José Roberto; BONJORNO, Regina de Fátima Souza Azenha; RAMOS, Clinton Mércio. Física História & Cotidiano: Caderno de Atividades. São Paulo: Ftd, 2004. 255 p. Coleção Delta.

BONJORNO, José Roberto et al. Física: Eletromagnetismo, Física Moderna. 2. ed. São Paulo: Ftd, 2013. 3 v.

EDIÇÕES SM (São Paulo). Angelo Stefanovits (Org.). Ser Protagonista: Física. 2. ed. São Paulo: Edições Sm, 2013. 439 p.

GASPAR, Alberto. Compreendendo a Física: Eletromagnetismo e Física Moderna. 2. ed. São Paulo: ática, 2014. 456 p.

GONÇALVES, Aurélio Filho; TOSCANO Carlos. Física: Interação e Tecnologia. 1ª ed. São Paulo: Leya, 2013. 215p.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física: Eletromagnetismo. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2007. 379 p. Ronaldo Sérgio de Biase.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. Física Contexto & Aplicações. São Paulo: Scipione, 2014. 400 p.

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto de et al. Conceitos e Contextos: pessoal, social, histórica, eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria. São Paulo: Ftd, 2013. 2 v.

MENEZES, Luís Carlos de et al. Coleção Quanta Física: Física 2º ano. São Paulo: Pd, 2010. 2 V.

SANTOS, Paulo José Sena. Física Básica D. 1º ed. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2009. 219 p.

SERWAY, Raymond A; JEWETT, John W Jr. Princípios da Física: Eletromagnetismo. 3º ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 3 v.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA Gene. Física para cientistas e engenheiros: Eletricidade e magnetismo, óptica. 6º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 530p.

TORRES, Carlos Magno A. et al. Física: Ciência e Tecnologia. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013. 3 v.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKE, Luiz Felipe. Física para o Ensino Médio: Eletricidade Física Moderna. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 416 p.