

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
PRÓ - REITORIA DE ENSINO DE PÓS - GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS – GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF

PRODUTO EDUCACIONAL

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE ELETRODINÂMICA
BÁSICA PARA O ENSINO MÉDIO BASEADAS EM MEDIAÇÃO**

JOAQUIM MARQUES DA SILVA NETO

Orientador: Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges

TERESINA

2022

1 APRESENTAÇÃO

Neste produto educacional, apresentaremos uma sequência didática com atividades experimentais que visam contribuir para o processo de ensino e de aprendizagem de Eletrodinâmica básica no ensino médio. Nele, o professor atua como mediador, contribuindo na aplicação da sequência, bem como para que seus objetivos sejam alcançados. Este produto educacional, resulta do trabalho de conclusão do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Piauí – MNPEF – Pólo 26 – UFPI.

O produto educacional foi desenvolvido tendo como base a teoria da aprendizagem de Vygostky (2007) no que diz respeito ao uso de instrumentos, levando em consideração a interação social. Segundo este autor, desenvolvimento da aprendizagem ocorre por meio das interações sociais entre alunos e professores, pois essa interação possibilita a geração de novos conhecimentos. Assim, considera que a aprendizagem se trata de uma experiência social que pode ser mediada através do uso de instrumentos, como as atividades deste produto educacional.

Essa proposta visa atender a necessidade de levar a experimentação para o ensino de Física no Ensino Médio, fazendo com que estudantes possam trabalhar de maneira colaborativa. E, com a mediação do professor, se possa proporcionar melhoras no processo de ensino e de aprendizagem. Dessa maneira, procuramos com esse produto educacional, dinamizar as aulas de Física, saindo do tradicionalismo predominante durante algum tempo.

O objetivo geral desse produto educacional é possibilitar aos alunos do 3º Ano do Ensino Médio a aprendizagem da Eletrodinâmica básica através da mediação com o uso dessa sequência didática. E com objetivos específicos, tais como:

- Identificar o conhecimento prévio dos alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual de ensino no município de Teresina acerca do conceito de Eletrodinâmica básica por meio de um questionário.

- Utilizar com atividades experimentais para o ensino de circuitos elétricos
como ferramenta didática mediadora no processo de ensino aprendizagem dos conceitos físicos relacionados a Eletrodinâmica.
- Analisar os significados produzidos pelos alunos do 3º ano do Ensino Médio na aplicação do produto educacional envolvendo os conceitos de Eletrodinâmica mediado por atividades experimentais para o ensino de circuitos elétricos.

2 SEQUÊNCIAS DO PRODUTO EDUCACIONAL

A seguir, são apresentadas a sequência didáticas como atividades educacionais experimentais para o desenvolvimento do ensino de eletrodinâmica básica.

Sequência Didática 1

Resistência elétrica de um resistor: Valor Nominal e valor medido, tolerância e desvio percentual

(Use o multímetro na função Ohmímetro)

O que iremos aprender nesta prática

- Medir de resistências elétricas de resistores usando o multímetro;
- As diferenças entre as escalas usadas neste instrumento de medida;

Objetivos

- Utilizar a função ohmímetro para medidas de resistência elétrica;
- Comparar se existe ou não diferenças entre o valor nominal e o valor medido com o multímetro de resistências elétricas de um resistor.

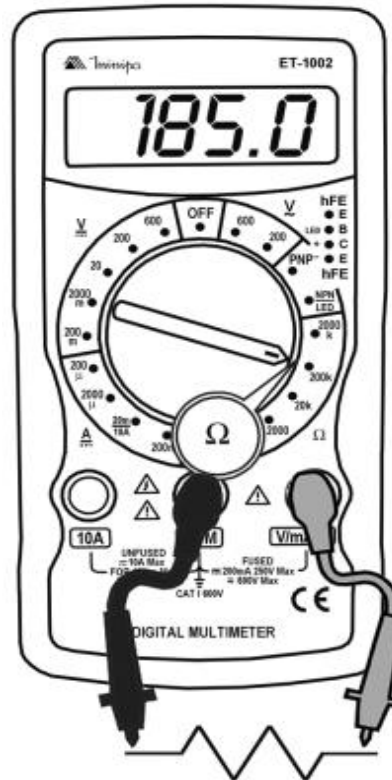
Material utilizado

- 1 Multímetro na função ohmímetro;
- 5 resistores.

Fundamentos

Multímetro ou multiteste é um instrumento de medidas elétricas multifuncional, isto é, agrega vários dispositivos de medidas elétricas em um só dispositivo. O ohmímetro é um deste instrumento agregados ao multímetro que tem como função medir resistência elétrica. Nesta prática, você deverá definir esta função ohmímetro através do posicionamento correto da chave central do multímetro. Veja a figura 1.

Figura 1. Multímetro na função ohmímetro



Fonte: Manual Prático para o uso do multímetro, 2022.

Parte prática

1. Usando o quadro de código cores (disponível em anexo), determine os valores nominais das resistências elétricas dos resistores bem como as suas correspondentes tolerâncias (anote os resultados na tabela).
2. Em seguida usando o multímetro na escala apropriada realize as medidas de resistência elétrica de cada resistor (anote os resultados na tabela).
3. Calcule o desvio percentual entre o valor nominal V_n e o valor medido V_m , de acordo com a equação abaixo (anote na tabela 1).

$$\Delta R\% = \frac{|V_n - V_m|}{V_n} \times 100$$

Tabela 1. Valor Nominal e Valor Medido

Resistor	Valor Nominal	Tolerância	Valor Medido	$\Delta R\%$
R1				
R2				
R3				
R4				
R5				

Questões:

1. Como podemos formalizar um conceito de resistência elétrica?

2. Qual a função do resistor no circuito elétrico?

3. Qual o motivo da diferença entre a leitura nominal e a medida feita com o ohmímetro?

Sequência Didática 2

Medidas de diferença de potencial elétrico (ddp) em baterias

(Use o multímetro na função voltagem)

O que aprenderemos

- Conceito de bateria.
- Fazer medidas de diferença de potencial (ddp) elétrico usando baterias isoladas, ligadas em série e ligadas em paralelo.

Objetivos

- Avaliar a diferença de potencial equivalente ddp_{eq} (ΔV_{eq}) quando duas ou mais baterias são conectadas (em série ou em paralelo).

Material utilizado

- 4 pilhas comuns (V ~1,5 Volts)
- Suportes para pilhas
- 1 Multímetro (na função voltagem)

Fundamentos

Uma **bateria** pode ser considerada uma “bomba” de carga, como se estivesse levando carga positiva, do terminal negativo para o terminal positivo*. A função de uma **bateria** é manter uma diferença de potencial (ddp) que permite o fluxo de cargas no circuito de um potencial mais elevado (o terminal positivo) para o potencial menos elevado (o terminal negativo), algo parecido com uma bomba d’água que eleva o volume de água para um potencial gravitacional mais elevado (a caixa d’água) a partir de um potencial menos elevado (baixo). Neste sentido, a **bateria não** é uma fonte de cargas elétricas assim como uma bomba d’água não é uma fonte de água.

Baterias também são consideradas fontes de força eletromotriz (*fem*) ou fontes de *fem*, isto é, fontes de energia que realizam trabalhos sobre os

portadores de cargas que nelas entram, transportando-as do terminal negativo V_- para o terminal positivo V_+ . A fem da bateria é igual à diferença de potencial (ddp) entre os seus terminais positivo e negativo, $\Delta V = V_+ - V_-$.

Baterias (tamanho AAA, AA, C ou D) são comumente utilizadas em lâmpadas de lanternas, brinquedos, controles remotos, entre outros dispositivos portáteis e fornecem uma ddp de 1,5 volt quando novas.

Figura 2. Quatro Baterias



Fonte: Arquivos do autor, 2022.

O voltímetro na sua função voltagem é o instrumento que mede a diferença de potencial (ddp) entre os terminais de uma bateria.

Quando você disponibiliza de duas ou mais baterias, estas podem ser conectadas (associadas) de duas maneiras diferentes: em **série** ou em **paralelo**.

Associação em série

Diz-se que duas ou mais baterias estão **associadas em série** quando o terminal positivo de uma está ligado ao terminal negativo de outra.

A ddp resultante, também chamada, *ddp equivalente* (ΔV_{eq}), é obtida pela soma as ddp individuais. Por exemplo, se V_1 , V_2 e V_3 são as ddp das Baterias B_1 , B_2 e B_3 , respectivamente, então

$$V_{eq} = V_1 + V_2 + V_3$$

Associação em paralelo

Diz-se que duas ou mais baterias estão **associadas em paralelo** quando os terminais positivos das baterias estão conectados entre si e os terminais negativos conectados entre si. A ddp resultante, também chamada, *ddp equivalente* (ΔV_{eq}), é obtida pela soma dos inversos das ddp individuais. Por exemplo, se V_1 , V_2 e V_3 são as ddp das Baterias B₁, B₂ e B₃, respectivamente, então

$$\frac{1}{V_{eq}} = \frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} + \frac{1}{V_3}$$

Parte prática I: associação de baterias em série

1. Faça uma associação em série de três baterias. Use o suporte indicado.

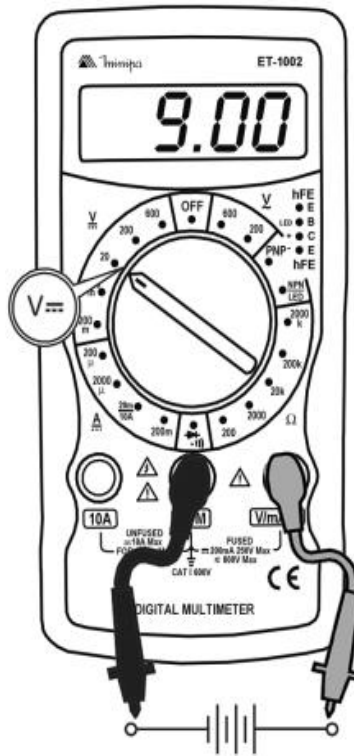
Figura 3. Suporte com pilhas associadas em série.



Fonte: Arquivos do autor, 2022.

2. Use o multímetro na função voltagem na escala adequada. (Veja fig. 4)

Figura 4. Multímetro na função voltagem



Fonte: Manual Prático para o uso do multímetro, 2022.

3. Meça a ddp de cada bateria individualmente.
4. Defina uma escala adequada para as medidas de ddp_{eq} das associações em série das baterias.
5. Calcule as ddp_{eq} das associações em série usando a equação correspondente e compare com os valores medidos.

Tabela 2. Valores para as ddp

	Baterias	P ₁	P ₂	P ₃	Valor calculado
Medidas de ddp	ddp (individuais)				
	ddp_{eq} (2 Baterias)				
	ddp_{eq} (3 Baterias)				

Parte prática II: associação de baterias em paralelo

1. Faça uma associação em paralelo de pilhas usando o suporte indicado, veja figura 5.

Figura 5. Suporte com pilhas associadas em Paralelo.



Fonte: Arquivos do autor, 2022.

2. Use o multímetro na função voltagem e selecione a escala adequada.
3. Meça a ddp de cada bateria individualmente.
4. Defina uma escala adequada para as medidas de ddp_{eq} das associações em paralelo das baterias.
5. Calcule as ddp_{eq} das associações em paralelo usando a equação correspondente e compare com os valores medidos.

Tabela 3. Valores para as ddps em paralelo

	Baterias	P ₁	P ₂	P ₃	Valor calculado
Medidas de ddp	ddp (individual)				
	ddp_{eq} (2 Bat)				
	ddp_{eq} (3 Bat)				

Questões

1. O que você conclui quando compara os valores das ddp_{eq} medidas com os valores das ddp_{eq} calculadas?

2. Que tipo de associação de baterias se constrói quando se pretende obter uma ddp_{eq} que é a soma das ddp individuais?

3. Que tipo de associação de baterias se constrói quando se pretende obter uma ddp_{eq} que é a soma dos inverso das ddp individuais?

Sequência Didática 3

Medidas de diferença de Potencial (ddp)

(Uso o multímetro na função voltagem)

O que aprenderemos

- Aprenderemos a fazer medidas de diferença de potencial (ddp) elétrico em terminais de dispositivos inseridos em um circuito elétrico simples.
- Fazer medidas de grandezas elétricas usando o multímetro em diferentes configurações;
- As propriedades deste instrumento de medidas elétricas.

Objetivos

- Utilizar o multímetro na função voltagem para medidas de ddp em circuitos elétricos simples.
- Reconhecer símbolos usados no estudo da eletricidade.

Material utilizado

- 1 Multímetro;
- 2 Resistores
- 1 Fonte de Tensão (ddp = 9 Volts)

Fundamentos

Tensão é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos de circuito, cuja unidade de medida é o volt (V). Existem dois tipos de tensão, a tensão contínua e a tensão alternada. Estas são representadas, respectivamente, por V_{DC} e V_{AC} . Neste prática, estudaremos apenas a tensão contínua, V_{DC} .

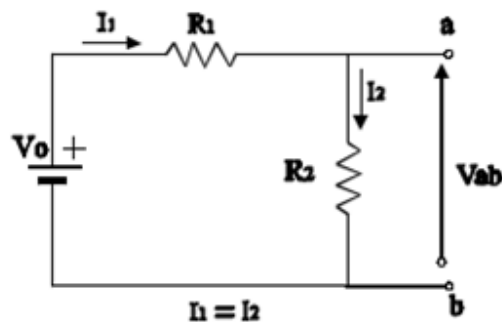
A tensão contínua é aquela que não muda de polaridade com o tempo, isto é, apresenta um pólo sempre positivo e outro sempre negativo. Como

exemplo, tomemos uma pilha comum que entre seus pólos apresenta uma tensão (diferença de potencial elétrico) de 1,5V.

O voltímetro ideal é aquele que possui resistência interna infinita (∞) não interferindo no circuito, quando conectado em paralelo com os pontos entre os quais se deseja medir a tensão. Na prática, porém, possui resistência interna cujo valor varia conforme estrutura.

Veja o exemplo seguinte onde se deseja medir a tensão entre os pontos a e b, no circuito da figura 4.

Figura 6. Circuito com resistores ligados em série.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Observação: Para medir a tensão entre os dois pontos, em um circuito, devemos sempre conectar os terminais do voltímetro a esses pontos sem interromper o circuito (ligação em paralelo).

Figura 7. Simbologia



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Parte prática

Considere o circuito da Figura 4, com o resistor R_1 fixo faça a medida da diferença de potencial ddp entre os pontos A e B para os diferentes resistores R_2 e anote na tabela 4.

Tabela 4. Valores para resistores em série

Resistor (R_1)	Resistor (R_2)	V_{ab} (V)
1K Ω	470 Ω	
	680 Ω	
	820 Ω	
	1K Ω	
	1K Ω	

Questões

1. O que ocorre para que a diferença de potencial em R_1 seja diferente de R_2 ?

2. Quando a diferença de potencial de R_1 será a mesma de R_2 ?

3. Quando a diferença de potencial da fonte será igual a diferença de potencial em R_1 e R_2 ?

Sequência Didática 4

Medidas de Corrente elétrica

(Uso o multímetro na função amperímetro)

O que aprenderemos

Nesta aula prática aprenderemos;

- A fazer diferentes medidas de grandezas elétricas usando o multímetro;
- As diferenças entre as escalas usadas neste instrumento de medida para a medição da corrente elétrica.
- As propriedades deste instrumento de medidas elétricas em relação a voltagem.

Objetivos

- Utilizar o amperímetro para medir corrente elétrica em pequenos circuitos;
- Apresentar as diferentes escalas usadas no multímetro para se medir corrente elétrica.
- Reconhecer toda a simbologia usada no estudo das correntes elétricas.

Material utilizado

- 1 Multímetro;
- Resistores;
- 1 Fonte de Tensão (ddp = Volts)

Fundamentos

Corrente elétrica é o movimento ordenado de elétrons em um meio condutor, sendo sua unidade ampère [A], tendo como submúltiplos:

Miliampère (mA) : $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$

Microampère (μA) : $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$

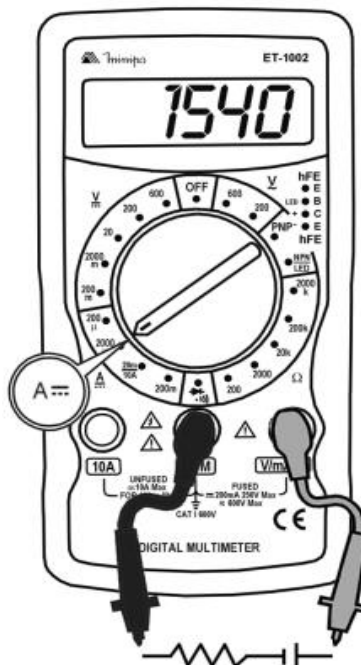
Nanoampère (nA) : $1\text{nA} = 10^{-9}\text{A}$

Há dois tipos de corrente, contínua e alternada, conforme características na sua geração. Nesta experiência estudaremos a corrente

contínua, que é resultante da aplicação de uma tensão contínua em uma carga resistiva.

O amperímetro é o instrumento utilizado para medidas de corrente e que também faz parte do multímetro. Na figura 5 temos uma representação do multímetro com a função do amperímetro.

Figura 8. Multímetro na função amperímetro

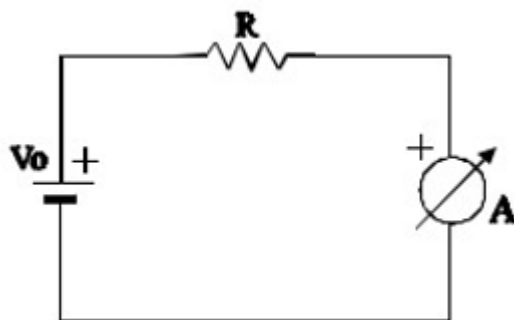


Fonte: Manual Prático para o uso do multímetro, 2022.

Para efetuarmos uma medida de corrente, ele deve circular pelo instrumento. Para tanto é preciso interromper o circuito e intercalar o amperímetro, ou seja, deve ser colocado em série, observando a polaridade correta.

O amperímetro ideal é aquele que possui resistência interna nula, não influenciando no circuito a ser medido. Na prática, possui resistência interna de baixo valor, conforme características de sua estrutura.

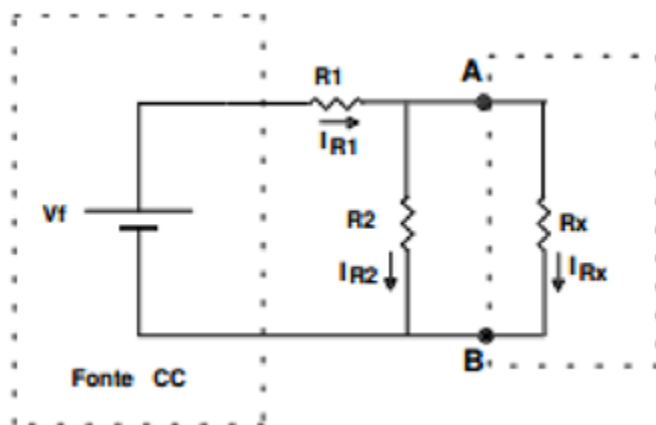
Figura 9. Circuito com resistor em série com um amperímetro



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

:

Figura 10. Circuito com resistor em série com dois resistores em paralelo.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Figura 11. Simbologia do Amperímetro.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Parte prática

Considere o circuito da figura 7, com $V_f = 5V$, construa esse mesmo circuito na placa *protoboard* de acordo com as especificações pedidas, realize as medidas até completar a tabela 5.

Tabela 5. Valores para corrente elétrica

Resistor (R_1)	Resistor (R_2)	Resistor (R_x)	Corrente (I_1)	Corrente (I_2)	Corrente (I_x)
1K Ω	1K Ω	470 Ω			
1K Ω	1K Ω	680 Ω			
1K Ω	1K Ω	820 Ω			
1K Ω	1K Ω	1K Ω			
1K Ω	1K Ω	1K2 Ω			

Questões

1) O que ocorre para que a corrente elétrica em R_1 seja diferente de R_2 ?

2) Quando o valor da corrente elétrica em R_1 será o mesmo valor da corrente elétrica em R_2 ?

3) Quando o valor da corrente elétrica gerada na fonte será o mesmo valor da corrente elétrica que passara em R_1 e em R_2 ?

Sequência Didática 5

Lei de Ohm

O que aprenderemos

Nesta aula prática aprenderemos;

- A fazer diferentes medidas de grandezas elétricas usando o multímetro;
- O comportamento da corrente elétrica quando submetida a diferentes resistências elétricas.
- A relação entre tensão (ddp) e corrente elétrica.

Objetivos

- Utilizar o amperímetro para medir corrente elétrica em pequenos circuitos;
- Mostrar a relação entre corrente e tensão elétrica.
- Apresentar e discutir a Lei de Ohm.

Material utilizado

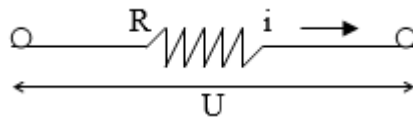
- 1 Multímetro;
- Resistor (1k Ω).
- Fonte de Tensão (5V, 10V, 20V)

Fundamentos

Quando estudamos circuitos elétricos de corrente contínua, a expressão algébrica $U = R \cdot i$ (onde a tensão elétrica U é igual a resistência R vezes a corrente elétrica i), esta expressão é conhecida como Lei de Ohm. Foi determinada pelo físico Alemão George Simon Ohm após o estudo de experimentos com corrente elétrica na matéria. Nessa expressão a resistência elétrica é descrita como sendo proporcional a tensão aplicada e inversamente proporcional à corrente elétrica. Ou seja, a resistência elétrica de um material está relacionada ao quanto o material se opõe à passagem de corrente elétrica.

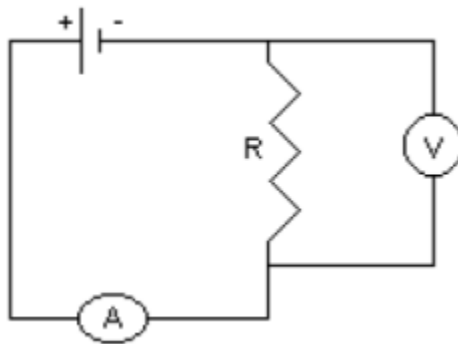
No esquema da Figura 5.1 é mostrado que a resistência representa a tensão elétrica entre dois pontos do condutor por unidade de corrente.

Figura 12. Lei de Ohm.



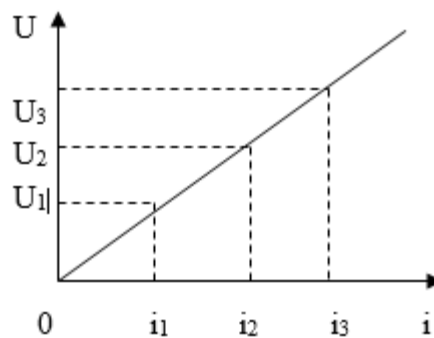
Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Figura 13. Esquema para medidas elétricas para a Lei de Ohm.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Figura 14. Curva característica de um resistor ôhmico.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

$$\frac{U}{i} = \frac{U_1}{i_1} + \frac{U_2}{i_2} + \frac{U_3}{i_3}$$

$$U = R \cdot i$$

Parte prática

1. Considere o circuito da figura 8, com $V_f = 5V$, monte na placa *protoboard* esse circuito e faça as medidas de corrente elétrica para essa placa. Em seguida substitua a fonte por outra com $V_f = 10V$ e repita sua medida de corrente elétrica, e mais uma vez substitua a fonte por outra de $V_f = 20V$ e faça as suas medidas de corrente elétrica. Todas as medidas devem ser registradas na tabela abaixo.

Tabela 6. Valores para a corrente elétrica

	$R_1 (\Omega)$	$R_2 (\Omega)$	$R_3 (\Omega)$
Ddp (V)	i_1 (mA)	i_2 (mA)	i_3 (mA)

2. Construa o gráfico U_{xi} e verifique se ele se comporta.

Questões

1) Qual a relação entre a corrente elétrica e a tensão elétrica em um resistor ôhmico?

2) Como é o gráfico da tensão versus corrente elétrica para um condutor ôhmico?

3) Em um condutor ôhmico quando aumentar o valor da tensão elétrica, o que vai ocorrer com a corrente elétrica?

Sequência Didática 6

Associação de Resistores em Série

O que aprenderemos nesta aula

- Fazer diferentes medidas de grandezas elétricas usando o multímetro.
- Sobre o comportamento da corrente elétrica através de resistores ligados em série em um circuito contendo uma fonte de ddp.
- Sobre o comportamento da diferença de potencial elétrico (ddp) em dispositivos ligados em série em um circuito do uma fonte de ddp.

Objetivos

- Utilizar o voltímetro para medir ddp em resistores em série.
- Utilizar o amperímetro para medir corrente elétrica que atravessa os resistores.
- Mostrar a relação entre corrente, tensão elétrica(ddp) e potência elétrica.
- Discutir a Lei de Ohm: $V= Ri$

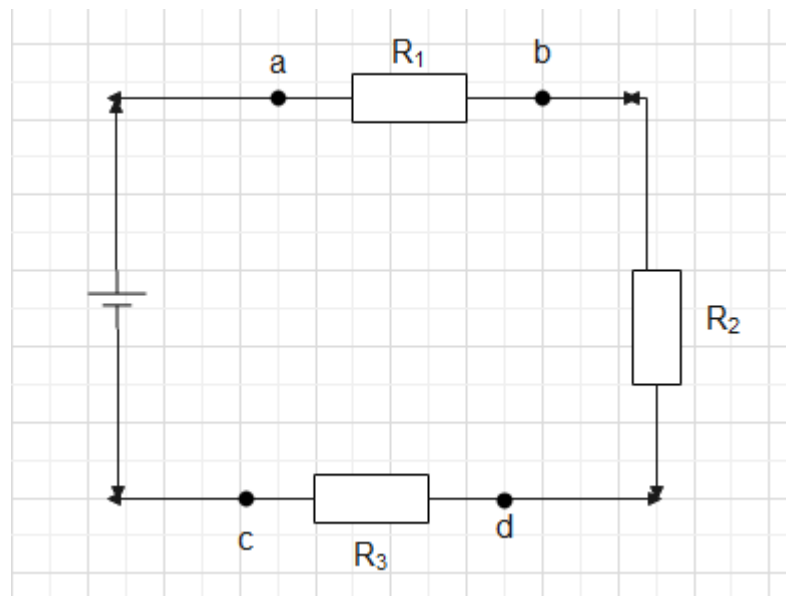
Material utilizado

- 1 Multímetro.
- Resistores ($1k\Omega$, $2k\Omega$, $4k\Omega$).
- Fonte de ddp de 9 Volts (bateria).
- Protoboard.

Fundamentos

Quando resistores são ligados em série em um circuito alimentado por uma fonte de ddp (bateria) haverá um único caminho para a corrente elétrica produzida.

Figura 15. Resistores em série.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Ao passo que as **diferenças de potencial elétrico** (ddp) nos terminais de cada resistor vai caindo em relação a ddp disponibilizada pela bateria (fonte de ddp). Portanto, o somatório das ddp de cada resistor corresponde à ddp fornecida pela fonte, isto é,

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

A lei de Ohm estabelece que a relação entre a corrente elétrica (i), a ddp (V) e a resistência (R) para um elemento resistivo do circuito é dada por

$$U = R \cdot i$$
$$i \cdot R = i_1 R_1 + i_2 R_2 + \dots + i_n R_n$$

Em um circuito com elementos resistivos ligados em série, a corrente é a mesma para todos os componentes do circuito

$$i_1 R_1 = i_2 R_2 = \dots = i_n R_n$$

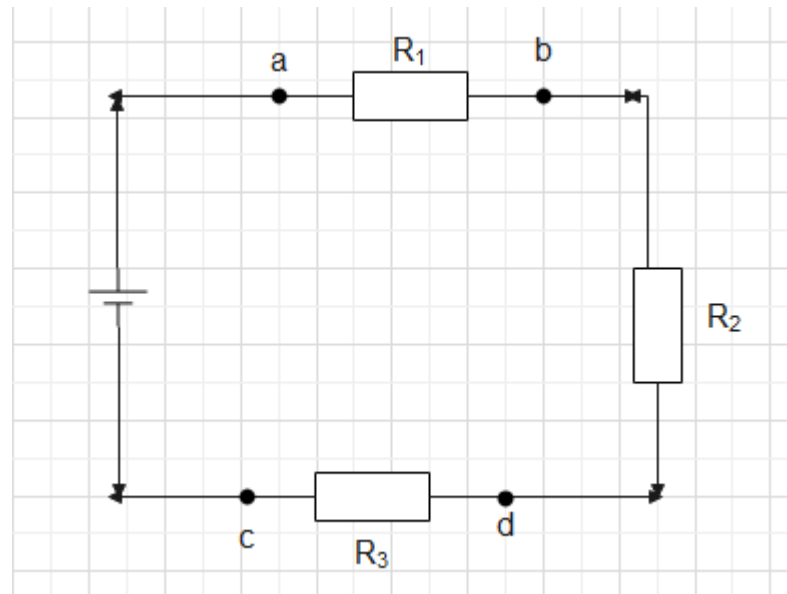
Portanto, a resistência equivalente será

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Parte prática

1. Usando o *protoboard*, monte o circuito conforme esquema abaixo.

Figura 16. Circuito em série para ser montado.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

2. Configurando o multímetro na função voltagem para medidas de ddp
 - a. Defina a função do multímetro para a medida ddp de corrente contínua (CC).
 - b. Defina a escala mais adequada para medida de ddp.
3. Meça a ddp fornecida pela bateria, conectando as pontas de prova do multímetro aos pontos **a** e **d** (saída da fonte). Registre o valor.
4. Meça a ddp nos terminais de cada resistor conectando as pontas de prova do multímetro aos pontos **a** e **b** ($V_{ab} = V_1$), **b** e **c** ($V_{bc} = V_2$), **c** e **d** ($V_{cd} = V_3$), anotando em cada caso os valores das ddp de cada resistor.

Tabela 7. Valores de ddp

V_{bat}	V_1	V_2	V_3	Cálculo da ddp total V_{total}

5. Configurando o multímetro na função de amperagem para medidas de corrente elétrica.
 - a. Defina a função do multímetro para a medir corrente elétrica contínua (CC).
 - b. defina a escala mais adequada para as medidas de corrente elétrica.
6. Interrompa o circuito nos pontos **a**, **b**, **c** e **d**, e meça as correntes elétricas utilizando o multímetro na função amperímetro CC.

Tabela 8. Valores de corrente elétrica

i_a	i_b	i_c	i_d

7. Calcule, a partir das tensões e da corrente medida, o valor de cada resistência:

$$R_1 = \frac{V_1}{i} =$$

$$R_{eq} = \frac{V_n}{i} =$$

$$R_2 = \frac{V_2}{i} =$$

$$R_3 = \frac{V_3}{i} =$$

Some as resistências, encontradas experimentalmente, e compare com o resultado obtido na soma dos valores nominais das mesmas. Responda se os valores das duas somas são iguais?

Questões

1) Em um circuito em série com dois resistores, qual a relação entre a corrente elétrica gerada pela fonte e a corrente elétrica que passa em R_1 e R_2 ?

2) Em um circuito em série com dois resistores, qual a relação entre a tensão elétrica na fonte e a tensão elétrica nos terminais de R_1 e R_2 ?

3) Em um circuito em série com dois resistores, qual a relação entre a resistência equivalente e as resistências R_1 e R_2 ?

Sequência Didática 7

Associação de Resistores em Paralelo

O que aprenderemos nesta aula

- Como a corrente se comporta em um circuito com resistores em paralelo;
- Como a ddp se comporta em um circuito com resistores ligados em paralelo;
- A definição da lei de ohm e da lei de Kirchoff (lei dos nós).

Objetivos

- Medir corrente e ddp em um circuito com resistores ligados em paralelo;
- Mostrar a relação entre corrente e ddp em um circuito paralelo: Lei de Ohm
- Determinar a resistência equivalente em um circuito com resistores em paralelo.

Material necessário

- 1 multímetro (na função voltagem);
- 3 resistores (1k Ω , 2k Ω , 4k Ω);
- 1 fonte de ddp (bateria de 9V)

Fundamentos

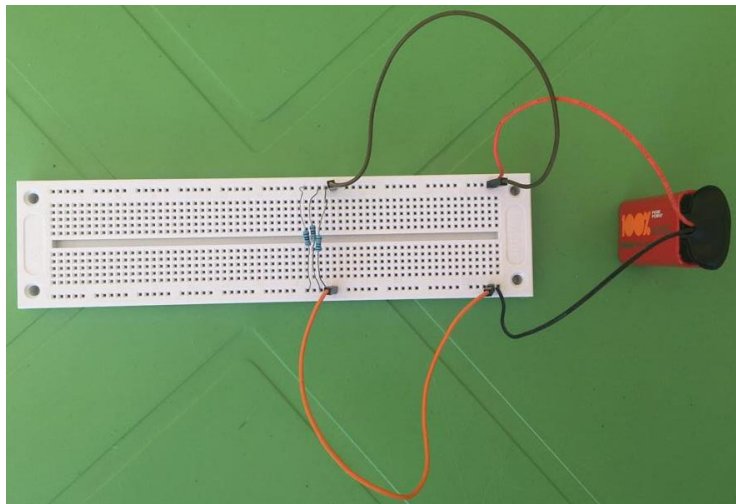
Para que haja uma *associação de resistores em paralelo*, cada um dos terminais de todos os resistores é conectados entre si, formando o que se chama de nó. No exemplo a seguir, a conexão de três resistores fez surgir os nós A e B no circuito. Por conseguinte, foram criadas também três malhas M_1 , M_2 e M_3 nas quais irão percorrer as correntes elétricas i_1 , i_2 , e i_3 , respectivamente.

Lei de Kirchoff: De acordo com as leis de **Kirchoff**, a soma de todas as correntes que saem a um nó, por exemplo, no nó A do circuito, deve ser igual à corrente total que chega nesse mesmo nó (essa lei é uma consequência do **princípio de conservação da carga elétrica**).

Parte prática

1. Sobre um protoboard, monte o circuito com resistores ligados em paralelo conforme ilustra o esquematizado abaixo.

Figura 17. Medidas de diferença de potencial ddp (V).



Fonte: arquivos do autor, 2022.

2. No multímetro, defina a função voltagem e a escala apropriada para as medidas.
3. Meça, a ddp entre os pontos **a** e **b** (tensão total V_{total} entre os terminais da bateria) fornecida ao circuito pela bateria. Registre na Tabela.
4. Em seguida, meça a ddp entre os pontos a_1 e b_1 , a_2 e b_2 , a_3 e b_3 . Registre.

Tabela 9. Valores de ddp

V_1	V_2	V_3	V_{TOTAL}

5. No multímetro mude para a função **amperagem** e defina uma escala apropriada.
6. Agora interrompa o circuito em um nó, de modo a poder medir a corrente total e, em seguida, as correntes i_1 , i_2 , e i_3 que atravessam os resistores R_1 , R_2 e R_3 , respectivamente. Registre.

Tabela 10. Valores de corrente elétrica

i_1	i_2	i_3	i_{TOTAL}

7. **Aplicando a lei de Ohm:** Calcule, a partir das ddp(s) e das correntes elétricas medidas, o valor de cada resistência e registre.

$$R = \frac{V_1}{i_1}$$

$$R = \frac{V_3}{i_3}$$

$$R = \frac{V_2}{i_2}$$

$$R = \frac{V}{i_t}$$

8. Faça o mesmo cálculo da resistência equivalente, usando agora os valores nominais das resistências. Compare os valores medidos e os valores calculados.

Tabela 16. Valores de Resistência

R_1	R_2	R_3	$R_{EQUIVALENTE}$

Questões

1) Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a corrente elétrica gerada pela fonte e a corrente elétrica que passa em R_1 e R_2 ?

2) Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a tensão elétrica na fonte e a tensão elétrica nos terminais de R_1 e R_2 ?

3) Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a resistência equivalente e as resistências R_1 e R_2 ?

Sequência Didática 8

Carga e Descarga de Capacitores

O que aprenderemos nesta aula

- Fazer diferentes medidas de tensão usando o multímetro.
- Sobre o comportamento da tensão dentro de um circuito com um capacitor e um resistor.
- Como se mede o tempo de carga e descarga de um capacitor.

Objetivos

- avaliar através de um gráfico a tensão elétrica no capacitor durante seu tempo de carga.
- avaliar através de um gráfico a tensão elétrica no capacitor durante seu tempo de descarga.
- medir a constante de tempo de um circuito RC.

Material utilizado

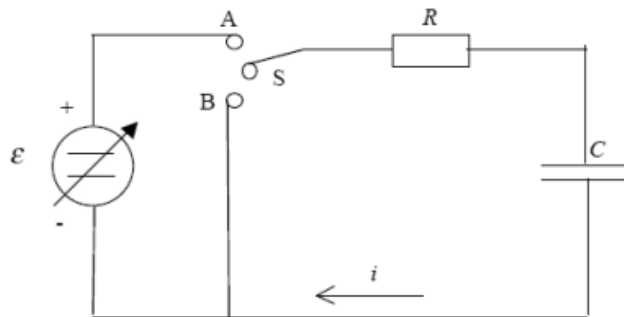
- 1 Multímetro.
- Resistor (1k Ω , 2k Ω ,4k Ω).
- Fonte de ddp de 9 Volts (bateria).
- Protoboard.
- Capacitor (470 μ F)

Fundamentos

Um capacitor é um dispositivo que permite o armazenamento de cargas elétricas. Deste modo, como carregado, produz uma diferença de potencial elétrico (ddp) que pode ser utilizada posteriormente. Para demonstrar a carga de capacitores, utilizamos um circuito formado por uma associação em série de um capacitor © e uma resistência elétrica (R). O circuito é alimentado por uma fonte de tensão de corrente contínua (bateria de 9V) e possui uma chave

liga-desliga que comuta entre os dois ramos do circuito, conforme ilustrado na figura abaixo. No instante em que a chave comutadora S estiver na posição A, o capacitor começa a ser carregado através da corrente i , que circula pela resistência R , com a fonte previamente ajustada a um valor de tensão nominal.

Figura 18. Circuito RC



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Pela Lei de Kirchoof

$$V(R) + V(C) = \text{constante} = \dot{\epsilon}$$

Durante o processo de carga do capacitor as equações estarão em função do tempo:

$$\text{Tensão no capacitor: } V_C(t) = \dot{\epsilon} (1 - e^{-t/RC})$$

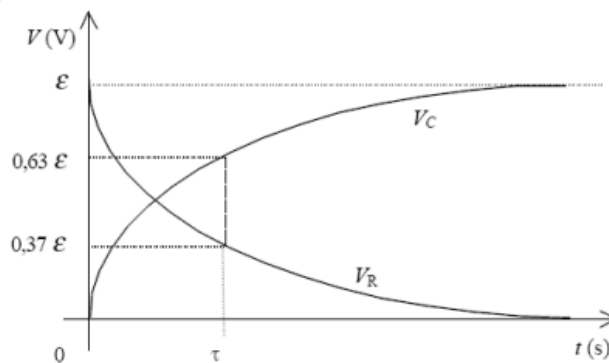
$$\text{Tensão no resistor: } V_R(t) = \dot{\epsilon} \cdot e^{-t/RC}$$

$$\text{Carga elétrica: } q = q_0(1 - e^{-t/RC}) = C \dot{\epsilon} (1 - e^{-t/RC})$$

$$\text{Corrente no circuito: } i(t) = i_0 \dot{\epsilon} \cdot e^{-t/RC}$$

O gráfico de tensão no capacitor e no resistor em função do tempo durante o processo de carga é mostrado a seguir:

Figura 19. Curva da carga e descarga do capacitor.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

A quantidade $t = RC$ é denominada de constante de tempo capacitiva do circuito e tem unidade de tempo. Uma constante de tempo é igual ao tempo necessário para carregar um capacitor a 63 % de sua tensão final. Em geral, pode-se considerar um capacitor carregado depois de decorrido um tempo da ordem de cinco constantes de tempo porque, neste caso, $V_C = 99,3\%$ de ϵ , por exemplo.

A corrente no circuito também varia de acordo com o tempo, para $t = 0$, temos seu valor dado pela Lei de Ohm. A corrente não se mantém constante durante a carga, porque, à medida que o capacitor vai carregando, fica maior a repulsão elétrica à entrada de novas cargas.

Parte Prática: Carga do Capacitor

1. Faça a montagem do circuito do esquema utilizando o capacitor e o resistor fornecidos. O terminal (+) do capacitor é o borne vermelho. O voltímetro digital deverá ser conectado inicialmente ao capacitor, observando a polaridade. Como o capacitor suporta no máximo 25V, utilize uma escala do voltímetro maior que este valor.

4. Descarregue o capacitor fechando a chave em B. Conecte o voltímetro digital nos terminais do resistor e anote os valores de tensão V_R , medidos em seus terminais, tal como foi feito no item precedente.

Descarga do capacitor

1. Monte o circuito da figura 16, utilizando os mesmos componentes da primeira parte.
2. Para iniciar o processo de descarga, acionando simultaneamente o cronômetro. Anote os valores da tensão V_C usando o mesmo intervalo de tempo da parte anterior.
3. Conecte o voltímetro nos terminais do resistor e repita o procedimento do item precedente, anotando V_R . Como o sentido da corrente no resistor durante a descarga é contrário ao sentido da corrente durante a carga, esta tensão V_R é negativa. Por isso, na tabela V_R é negativo para o processo de descarga.

Tabela 13. Voltagem para a descarga do capacitor

V_c	t

TERCEIRA PARTE: Análise Gráfica

1. Em papel milimetrado, faça o gráfico $V_C \times t$ para este processo. (Construa de tal modo que neste mesmo gráfico possa ser colocada mais uma curva!)

2. No mesmo gráfico já construído coloque a curva para a descarga do capacitor.
3. A partir dos gráficos, determine o valor experimental da constante de tempo, RC (veja observações a seguir), primeiro para o processo de carga e então para o de descarga do capacitor.
4. Do valor obtido para RC e do valor da resistência interna V_R do voltímetro obtido anteriormente, calcule o valor experimental da capacitância C e compare-o com o indicado no próprio capacitor.

Questões

01). Em um circuito com o resistor e um capacitor, durante o processo de carga desse capacitor, como a corrente elétrica se comporta?

02). Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a tensão elétrica na fonte e a tensão elétrica nos terminais de R_1 e R_2 ?

03). Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a resistência equivalente e as resistências R_1 e R_2 ?

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A didática das ciências.** 4. ed. Campinas: Papirus, 1995. 132 CAPECCHI, M.C.M. Aspectos da Cultura Científica em Atividades de Experimentação nas Aulas de Física. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação: Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

BONJORNO, CLINTON, EDUARDO PRADO E CASEMIRO. **Física: eletromagnetismo, física moderna, 3º ano – 3.ed – São Paulo : FTD, 2016.**

COLEÇÃO GRANDES PENSADORES. **Revista Nova Escola.** São Paulo: Abril. Vol.2 p. 92-94, 2008.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física.** São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de ciências.** 2. ed. São Paulo: Cortez, 1994. 208 p.

GUIMARÃES, OSVALDO. **Física ensino médio, Vol. 03, 1ª Ed** Editora ática.

LIMA, Inácio M. de; GERMANO, M. G. **Experimentos demonstrativos e ensino de Física: uma experiência na sala de aula.** *XX Simpósio Nacional de Ensino de Física.*

PERUZZO, JUCIMAR. **A Física Através de Experimentos: Eletromagnetismo, Física Moderna e Ciências Espaciais.** V.III / Jucimar Peruzzo. Irani (SC): 2013.

RAMALHO, NICOLAU E TOLEDO. **Os Fundamentos da Física, Vol. 03, 7ª Ed.** Editora Moderna;

REGO, T. C. VYGOTSKY: **uma perspectiva histórico-cultural da educação.** Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1995.

SANTOS, Jessica F. M. dos; COSTA, Gláucia G. G.; CATUNDA, Tomaz. **Análise da inserção de atividades investigativas nas aulas experimentais em um curso de eletricidade e magnetismo no ensino superior.** *XX Simpósio Nacional de Ensino de Física.*

Anexo 1. Código de Cores dos Resistores

ponto:ciência

$R = 5600 \Omega, +/- 1\%$
 $R = 5,6 \cdot 10^3 \Omega$
 $R = 5,6 \text{ K}\Omega$

COR	1ª Faixa (Número)	2ª Faixa (Número)	3ª Faixa (zeros ou Pot. de 10)	4ª Faixa (Tolerância)
Preto	—	0	—	—
Marrom	1	1	0 ($\times 10^1$)	1%
Vermelho	2	2	00 ($\times 10^2$)	2%
Laranja	3	3	000 ($\times 10^3$)	—
Amarelo	4	4	0000 ($\times 10^4$)	—
Verde	5	5	00000 ($\times 10^5$)	—
Azul	6	6	000000 ($\times 10^6$)	—
Violeta	7	7	—	—
Cinza	8	8	—	—
Branco	9	9	—	—
Ouro	—	—	x 0,1 ($\times 10^{-1}$)	5%
Prata	—	—	x 0,01 ($\times 10^{-2}$)	10%

Código de cores dos resistores

Fonte: Ponto Ciência, 2020.