

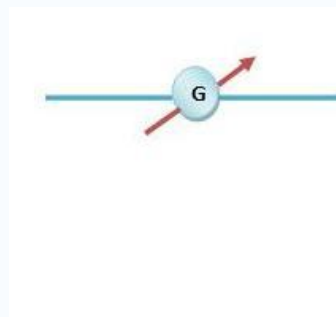
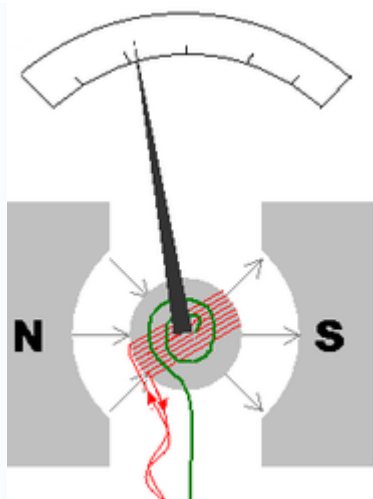
Aparelhos de medidas elétricas

Os aparelhos de medidas elétricas são instrumentos que fornecem uma avaliação da grandeza elétrica, baseando-se em efeitos físicos causados por essa grandeza. Vários são os efeitos aplicáveis, tais como: forças eletromagnéticas, forças eletrostáticas, efeito Joule, efeito termoelétrico, efeito da temperatura na resistência, etc...

1. Galvanômetro

Um galvanômetro consiste num instrumento de grande sensibilidade que permite a medição e detecção de correntes elétricas pouco intensas.

O tipo mais comum é o conhecido como de bobina móvel: uma bobina de fio muito fino é montada em um eixo móvel, e instalada entre os pólos de um ímã fixo. interage com o campo do ímã, e a bobina gira, movendo um ponteiro, ou agulha, sobre uma escala graduada. Como o movimento do ponteiro é proporcional à corrente elétrica que percorre a bobina, o valor da corrente é indicado na escala graduada. Através de circuitos apropriados, o galvanômetro pode ler outras grandezas elétricas, como tensão, resistência, potência, etc.



Galvanômetro

Galvanômetro de bobina móvel

- Fio transportando a corrente a ser medida
- Mola de retorno

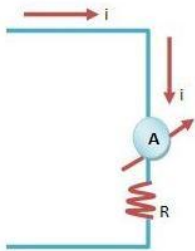
O multímetro, o principal instrumento de teste e reparo de circuitos eletrônicos, consiste basicamente de um galvanômetro, ligado a uma chave selectora, uma bateria e vários resistores internos, para optarmos pelo seu funcionamento como amperímetro, ohmímetro ou voltímetro. Os multímetros com galvanômetro são chamados de *multímetros analógicos*, em oposição aos *multímetros digitais*, que possuem um mostrador de cristal líquido.

2. Amperímetro



O **amperímetro** é um instrumento utilizado para fazer a medida da intensidade da corrente elétrica. Suas características são:

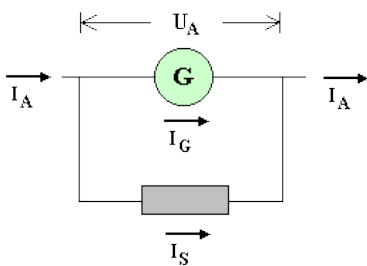
1. Deve ser associado em série ao trecho em que se quer medir a corrente



2. Deve possuir uma resistência interna muito pequena comparada às do circuito.

3. No amperímetro ideal a resistência interna deve ser nula.

O amperímetro analógico nada mais é do que um galvanômetro adaptado para medir correntes de fundo de escala maiores que a sua corrente de fundo de escala, do galvanômetro, I_{GM} . Por isso, é necessário desviar a sobrecorrente, formando um divisor de corrente com o galvanômetro em paralelo com uma resistência denominada *shunt* (desvio) R_S . Ou seja, para que um galvanômetro seja usado como amperímetro, deve-se reduzir sua resistência interna, o que é obtido associando-se em paralelo a este galvanômetro uma baixa resistência.



Amperímetros podem medir correntes contínuas ou alternadas. Dependendo da qualidade do aparelho, pode possuir várias escalas que permitem seu ajuste para medidas com a máxima precisão possível.

A medida da resistência interna do amperímetro é dada por:

$$R_{IA} = R_G \cdot R_S / (R_G + R_S)$$

Onde:

R_S é a resistência denominada *shunt* (desvio) R_S

R_G é a resistência interna do galvanômetro;

R_{IA} é a resistência interna do amperímetro.

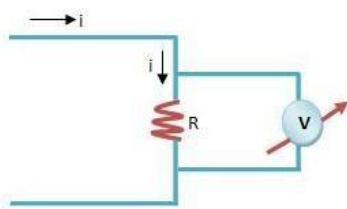
3. Voltímetro



O **voltímetro** é um aparelho que realiza medições de tensão elétrica em um circuito e exibe essas medições, geralmente, por meio de um ponteiro móvel ou um mostrador digital, de cristal líquido (LCD) por exemplo. A unidade apresentada geralmente é o volt.

Características

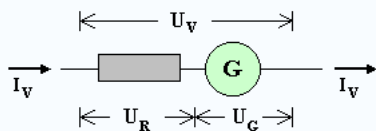
1. O voltímetro é associado em paralelo com a o trecho do circuito em que se quer medir a tensão



2. Para as medições serem precisas, é esperado que o voltímetro tenha uma resistência muito grande comparada às do circuito.

3. No voltímetro ideal, a resistência interna é infinita

Um galvanômetro pode ser modificado para que indique tensão, ou seja funcione como um voltímetro. Para isto é necessário associar em série ao galvanômetro uma elevada resistência interna cuja função é elevar a resistência minimizando o desvio de corrente.



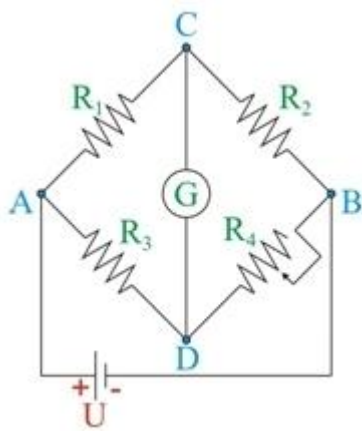
Voltímetros podem medir tensões contínuas ou tensões alternadas, dependendo das qualidades do aparelho.

4. Ponte de Wheatstone

A **ponte de Wheatstone** é um econômico e útil aparelho para medida de resistências elétricas. Foi inventado por Samuel Hunter Christie em 1833, porém foi Charles Wheatstone quem ficou famoso com o invento, tendo-o descrito dez anos mais tarde.

A 'ponte' de Wheatstone tradicional é um arranjo de resistores que não pode ser transformado em um resistor equivalente, como é o caso das associações comuns série, paralelo ou mista. A resolução do circuito deve ser feita, entre outras possibilidades, pelas aplicações das leis de Kirchhoff (que serão vistas mais tarde). A ponte é uma montagem que serve para descobrirmos o valor, com boa precisão de uma resistência elétrica desconhecida.

Ela consiste em dois ramos de circuito contendo dois resistores cada um e interligados por um galvanômetro. Todo conjunto deve ser ligado a uma fonte de tensão elétrica.



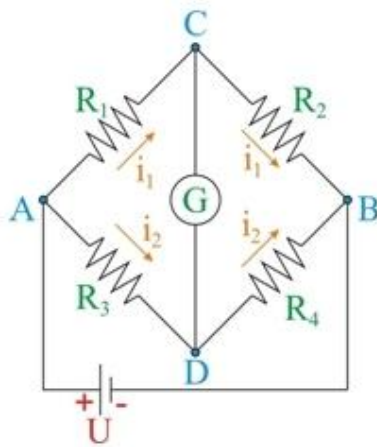
Note que o resistor R_4 é um reostato e, variando-se sua resistência, pode-se obter um ponto em que a indicação no galvanômetro fica nula, aí a ponte está equilibrada.

$$\text{equilíbrio} = \begin{cases} I_{DC} = 0 \\ I_{CD} = 0 \end{cases}$$

Quando essa situação é conseguida, os potenciais elétricos em A e B tornam-se iguais ($V_A = V_B$) ou seja, $U_{AB} = 0$ volts. Assim, como consequência, as diferenças de potenciais entre os terminais de R_1 e R_3 são iguais e, do mesmo modo, serão iguais entre si as diferenças de potenciais entre os terminais de R_2 (no caso, R_x , a resistência incógnita) e R_4 . Ou seja:

Com a ponte equilibrada:

$$\begin{aligned}U_{AC} &= R_1 \cdot i_1 \\U_{AD} &= R_3 \cdot i_2 \\U_{CB} &= R_2 \cdot i_1 \\U_{DB} &= R_4 \cdot i_2\end{aligned}$$



Como $U_{CB} = 0$

Temos:

$$\begin{cases} U_{AC} = U_{AD} \\ U_{CB} = U_{DB} \end{cases} \quad \begin{cases} R_1 \cdot i_1 = R_3 \cdot i_2 \\ R_2 \cdot i_1 = R_4 \cdot i_2 \end{cases}$$

Dividindo uma equação pela outra temos:

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

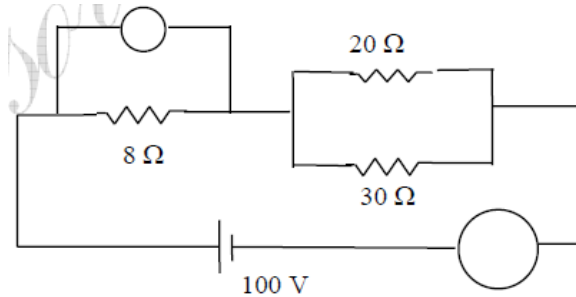
Sendo assim podemos concluir que na ponte equilibrada o produto entre os resistores opostos em relação à ponte é igual.

Acesse o link e terá um aple que permite determinar o valor de uma resistência desconhecida a partir do equilíbrio da Ponte de Wheatstone.

http://www.walter-fendt.de/ph14pt/wheatstone_pt.htm

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1. Observe atentamente o circuito abaixo. Cada círculo representa um aparelho ideal de medida elétrica, ligado **corretamente**.



a) Diga qual aparelho é um amperímetro e qual é um voltímetro. **JUSTIFIQUE**.

b) Determine **as leituras** (valores marcados) pelos aparelhos.

Resolução

a) O círculo menor é um voltímetro, ligado em paralelo, e o maior um amperímetro, visto que está em série.

b) $R_{eq} = 8 + (20 \text{ em paralelo com } 30) \Rightarrow R_{eq} = 20 \Omega$

$$1 / X = 1/20 + 1 / 30 \Rightarrow x = 12 \Omega$$

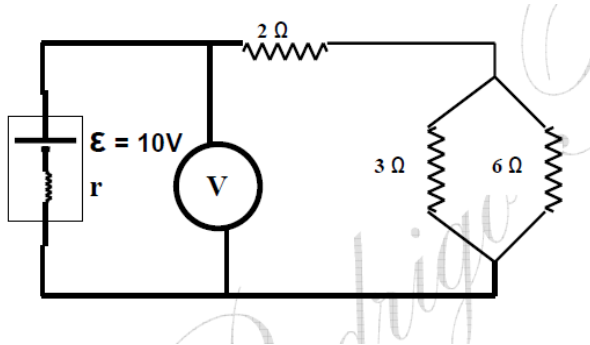
$$i = U / R = 100 / 20 = 5A.$$

A leitura do amperímetro é **5A**.

$$U = R i = 8 \cdot 5 = 40 V$$

A leitura do voltímetro é **40V**.

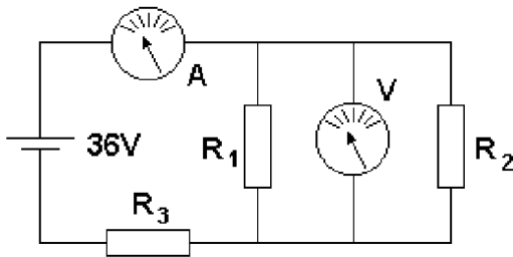
2. No circuito abaixo, a leitura do Voltímetro são 8 V. **CALCULE** a resistência interna do gerador



Resolução

6 em paralelo com 3 dão 2, mais dois são **4 Ω** no total. Se 4 Ω ficam com 8 V, os 2 V que faltam para completar os 10 V do gerador correspondem a **$r = 1\ \Omega$ (regra de três)**.

3. No circuito representado no esquema a seguir, os resistores R1, R2 e R3 têm valores iguais a 12 ohms.



De acordo com o esquema, **CALCULE** qual seria a leitura do amperímetro A, em amperes, e a leitura do voltímetro V, em volts.

Resolução

As resistências 1 e 2 são **iguais** e estão em **paralelo: Equivalente = 6 Ω** . Somado a 3, **em série**, total igual a **18 Ω** .

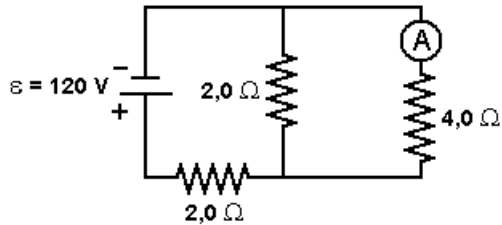
Como $U = R \cdot i$ temos $36 = 18 \cdot i$ ou seja, $i = 2\text{A}$. Esta é a leitura do amperímetro

O voltímetro está em **paralelo (mesma voltagem)** com **1 e 2**. Logo, lê a *voltagem* deles (**Equivalente = 6 Ω**):

$$U = Ri = 2 \cdot 6 = 12\text{ V}$$

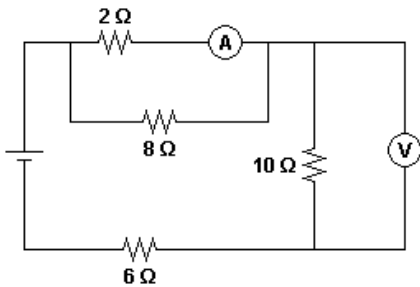
Exercícios

1. (Ufpe 2007) No circuito a seguir, determine a leitura do amperímetro A, em amperes, considerando que a bateria fornece 120 V e tem resistência interna desprezível.



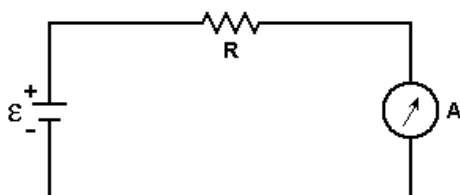
2. (Fatec 2006) No circuito esquematizado a seguir, o amperímetro ideal A indica 400mA.

O voltímetro V, também ideal, indica, em V,

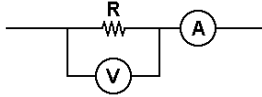


- a) 2 b) 3 c) 4 d) 5 e) 10

3. (Ufpe 2006) Uma bateria, de força eletromotriz " desconhecida e resistência interna desprezível, é ligada ao resistor R e a corrente medida no amperímetro é 3,0 A. Se um outro resistor de 10 ohms for colocado em série com R, a corrente passa a ser 2,0 A. Qual o valor de ddp, em volts?



4. (Unesp 2006) Um estudante utiliza-se das medidas de um voltímetro V e de um amperímetro A para calcular a resistência elétrica de um resistor e a potência dissipada nele. As medidas de corrente e voltagem foram realizadas utilizando o circuito da figura.



O amperímetro indicou 3 mA e o voltímetro 10 V. Cuidadoso, ele lembrou-se de que o voltímetro não é ideal e que é preciso considerar o valor da resistência interna do medidor para se calcular o valor da resistência R. Se a especificação para a resistência interna do aparelho é 10 k Ω , calcule

- a) o valor da resistência R obtida pelo estudante.
- b) a potência dissipada no resistor.

5. (Ufrn 2005) Numa das aulas de laboratório de Física, Zelita pôde aprofundar seus conhecimentos práticos de eletricidade, em particular aqueles envolvendo a lei de Ohm. Nessa aula, foram disponibilizados para ela os seguintes componentes elétricos: uma fonte de corrente, uma lâmpada de filamento montada em um soquete, fios elétricos, um amperímetro e um voltímetro.

A professora pediu que Zelita determinasse o valor da corrente elétrica que passa pela lâmpada e a diferença de potencial na lâmpada. Para isso, a professora fez uma montagem incompleta de um circuito e solicitou que Zelita conectasse corretamente o amperímetro e o voltímetro, de modo que eles pudessem registrar a corrente e a diferença de potencial na lâmpada. Após Zelita completar a montagem correta do circuito, ela fez a corrente da fonte variar entre 1,0 A e 4,0 A e registrou, para a corrente (I) e para a correspondente diferença de potencial (V) na lâmpada, os valores da figura 1. É dada também a expressão: $U = R \times I$, em que R é a resistência elétrica no trecho de circuito que está submetido à diferença de potencial U e por onde flui a corrente I.

Com base no exposto, atenda às solicitações seguintes.

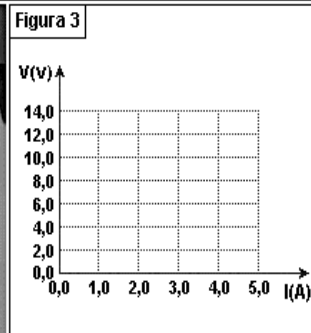
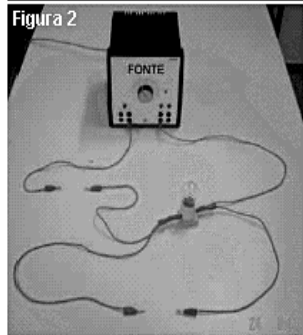
a) Na figura 2, está representada a montagem incompleta que a professora fez do circuito. Complete tal montagem inserindo corretamente o amperímetro e o voltímetro. Para isso, represente nessa figura o amperímetro por A e o voltímetro por V. Justifique por que você os inseriu nos respectivos locais que escolheu para tal.

b) A partir dos dados da figura 1, trace o gráfico $U(V) \times I(A)$ no sistema cartesiano (figura 3).

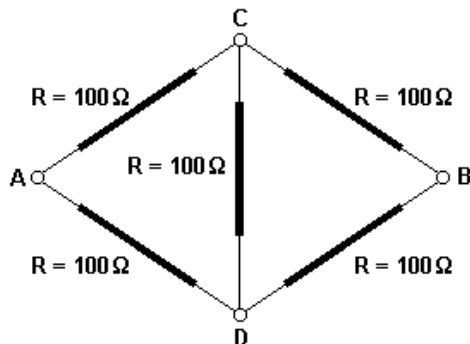
c) Analise o gráfico e explique-o usando os conceitos de resistor ôhmico e não-ôhmico.

Figura 1

Corrente (I) e Diferença de potencial (V)	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4
I(A)	1,0	2,0	3,0	4,0
V(V)	1,0	2,0	4,0	12,0



6. (Puc-rio 2005) Cinco resistores idênticos, de resistência $R=100\Omega$, estão colocados como na figura, ligados por condutores aos pontos A, B, C e D. Uma tensão de 120 V é aplicada nos terminais A e B.

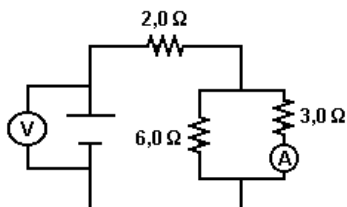


a) Calcule a diferença de tensão entre os pontos C e D.

b) Calcule a diferença de tensão entre os pontos A e C. Calcule a corrente no resistor que conecta A e C.

c) Calcule a corrente total que passa entre A e B

7. (Pucpr 2005) No circuito esquematizado na figura, o voltímetro e o amperímetro são ideais. O amperímetro indica uma corrente de 2,0 A.



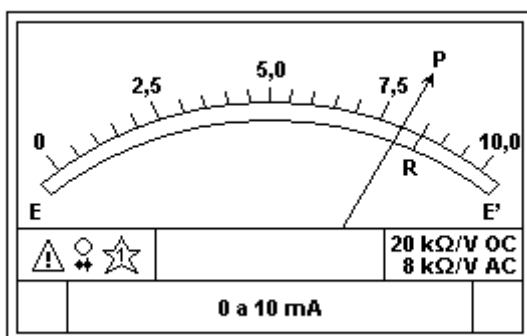
Analise as afirmativas seguintes:

- I. A indicação no voltímetro é de 12,0 V.
- II. No resistor de $2,0 \Omega$ a tensão é de 9,0 V.
- III. A potência dissipada no resistor de $6,0 \Omega$ é de 6,0 W.

Está correta ou estão corretas:

- a) somente I e III
- b) todas
- c) somente I
- d) somente I e II
- e) somente II e III

8. (Ufrs 2005) Certo instrumento de medida tem um ponteiro P cuja extremidade se move sobre uma escala espelhada EE', graduada de 0,0 a 10,0 mA. Quando se olha obliquamente para a escala - o que é um procedimento incorreto de medida -, o ponteiro é visto na posição indicada na figura a seguir, sendo R sua reflexão no espelho.



Se a leitura do instrumento for feita corretamente, seu resultado será

- a) o valor de 7,5 mA.
- b) um valor entre 7,5 mA e 8,0 mA.
- c) o valor de 8,0 mA.
- d) um valor entre 8,0 mA e 8,5 mA.
- e) o valor de 8,5 mA.

GABARITO

1. A corrente no amperímetro será $1/3$ da corrente I_E , ou seja $I_A = 36/3 = 12A$

2. D

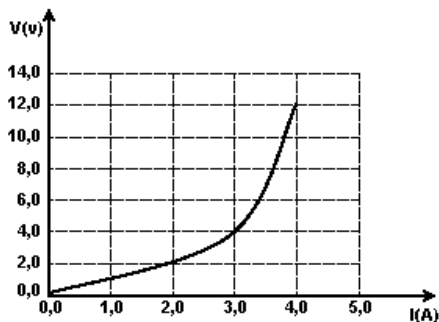
3. $U = 60$ volts

4. a) $5 \text{ k}\Omega$ b) $2 \times 10^{-2} \text{ W}$

5. a) I - O amperímetro deve ser ligado em série com o ramo do circuito onde está ligada a lâmpada.

II - O voltímetro deve ser ligado em paralelo com a lâmpada.

b)



c) A partir do gráfico, podemos afirmar que, para correntes menores que 2 amperes, a lâmpada apresenta comportamento de um resistor ôhmico, pois a diferença de potencial na mesma varia linearmente com a corrente.

Porém, para correntes maiores que 2 amperes, o comportamento da diferença de potencial na lâmpada deixa de ser linear, e esta passa a ter comportamento de um resistor não ôhmico.

6. a) A figura representa uma ponte de Wheatstone em equilíbrio e desta forma a diferença de tensão entre os terminais C e D deve ser nula.

b) A ddp entre A e C deve ser a metade daquela entre A e B, na medida em que a ddp entre C e B deve ser a mesma que entre A e C. Assim ambas são metade da ddp entre A e B. Ou seja, a ddp entre A e C é de 60V. Como $V_{AC} = R i_{AC}$ é $i_{AC} = V_{AC}/R = 60/100 = 0,60 \text{ A}$.

c) A corrente pelo percurso ACB deve ser de mesma intensidade da do percurso ADB. Portanto a corrente total deve ser $2 \times 0,60 = 1,20 \text{ A}$.

7.A

8.D

