# UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ DCET
# LABORATÓRIO DE FÍSICA III

**Atividade 1**
**ELETROSTÁTICA: CARGAS ELÉTRICAS**

## I. Introdução:

Qualquer corpo material é composto de uma quantidade muito grande de átomos constituídos por partículas subatômicas denominados prótons, elétrons e neutrons. Na perda ou aquisição de cargas um átomo ou molécula em situação de neutralidade, isto é, quando o número de prótons é igual número de elétrons, tornar-se eletricamente carregado. Como os elétrons podem se locomover de um átomo para outro, um corpo fica eletrizado se ganhar ou perder elétrons. A carga elétrica do corpo como um todo relaciona-se ao excesso de elétrons, quando carregado negativamente, ou ao excesso de prótons, quando carregado positivamente.

A eletrização de um corpo pode ser conseguida por atrito, contato ou indução. No primeiro caso, atrito, os corpos são mutuamente esfregados para que haja a transferência de elétrons de um para o outro e assim provocar uma eletrização dos dois corpos com cargas de sinais opostos. Na eletrização por contato, um corpo previamente carregado entra em contato com outro eletricamente neutro. Parte da carga do primeiro é transferida para este último que passa assim a ficar eletrizado com carga de mesmo sinal que aquela. Já na eletrização por indução o corpo carregado é colocado próximo ao corpo neutro, porém sem qualquer contato com ele. Mantendo-o nesta posição liga-se um fio terra ao corpo que se deseja carregar, cortando em seguida a ligação e afastando o que está carregado. O corpo neutro ficará então eletrizado com carga de sinal contrário ao do corpo previamente eletrizado. Por exemplo, ao atritar papel e seda, o papel adquire cargas positivas e a seda cargas negativas. Porém, ao atritar lã e papel, o papel adquire cargas negativas e a lã, cargas positivas.

## II. Atividade experimental:

A) Coloque sobre a mesa uma folha de papel ofício e sobre ela duas tiras de plástico, uma ao lado da outra;

Segure, com uma mão, uma de suas extremidades e com a outra, esfregue as tiras com papel higiênico;

Erga as duas tiras pelos extremos e aproxime suas faces uma da outra.

1. Descreva o que você observou ao aproximar as faces das tiras plásticas atritadas. E explique em termos de sinais de cargas elétricas.

2. Refaça a atividade anterior, atritando duas tiras de materiais

diferentes, uma de plástico e outra de papel.

3. Descreva o que você observou ao aproximar as tiras de plástico e de papel, ambas carregadas por atrito. Explique o fenômeno.

4. Com base em sua resposta à questão anterior, qual deverá ser o sinal da carga elétrica existente na tira de papel?

B) Friccione o bastão de PVC com algodão e aproxime o bastão aos pedacinhos de papel e de folha de alumínio. Toque nos bastões de PVC com a mão APENAS na extremidade marcada com fita adesiva! O suor da mão contém íons de sódio que formam um filme condutor na superfície do bastão e levam as cargas elétricas embora, prejudicando as experiências.

1. Por que os pedaços são atraídos pelo bastão (apesar de serem eletricamente neutros  utilize a lei de Coulomb e acompanhe a explicação com desenhos)?

2. Por que alguns pedaços são repelidos ao tocar no bastão?

3. Por que alguns permanecem presos ao bastão?

4. Por que, ao se aproximar o bastão do eletroscópio, o ponteiro se movimenta?

5. Por que, ao tocar o bastão no eletroscópio, o ponteiro sofre deflexão que permanece mesmo depois de afastar o bastão e tocando-se com o dedo no eletroscópio o ponteiro volta ao normal? Caso o eletroscópio apresentar outro comportamento, procure explicar o porquê.

**III. Questões:**

1. Considere um eletroscópio básico, uma esfera metálica ligada por um condutor a duas folhas metálicas delgadas, protegidas das perturbações causadas pelo ar por um recipiente de vidro. Quando um corpo eletrizado toca a esfera, as folhas, que normalmente pendem juntas, se afastam um da outra. Por quê?

2. É necessário que um corpo eletrizado realmente toque a esfera para que as folhas se afastem?

3. Estritamente falando, quando um corpo é eletrizado o que acontece com sua massa?

4. Em um cristal de sal de cozinha existem elétrons e íons positivos. Como a carga total dos elétrons se copara com a carga total de íons?

5. Um bastão negativamente eletrizado é trazido para perto de alguns pedacinhos de papel neutros. Os lados positivos das moléculas são atraídos para o bastão, enquanto os lados negativos

são repelidos. Como as cargas positiva e negativa nos lados opostos são de mesmo valor, por que as forças atrativa e repulsiva não se cancelam?

6. Esfregue vigorosamente um pente em seu cabelo ou uma peça de lã, e depois o coloque próximo à corrente de água que sai constantemente de uma torneira. A corrente de água será desviada?

7. Se os elétrons fossem positivos e os prótons negativos, a lei de Coulomb seria escrita da mesma maneira?

8. A constante de proporcionalidade k da lei de Coulomb tem um valor enorme quando usamos unidades comuns, enquanto que G na lei de Newton da gravitação é pequena. Isto indica a diferença de intensidade entre essas duas forças. Explique.

9. Por que um bom condutor de eletricidade é também um bom condutor de calor?

10. Como um íon atrai um átomo neutro?

11. O relâmpago é uma descarga elétrica entre uma nuvem e o solo eletrizado de maneira oposta. Sabe-se que a carga flui facilmente para, ou de, uma ponta de um condutor afiado. Esse princípio é a base do funcionamento de um pára-raio. Por quê? Explique o seu funcionamento.

11. Explique o funcionamento do gerador de van der Graaff.

IV. Bibliografia:

PEDRETTI, M. J., BEDRAN, M. L. Roteiro experimental de Física III Eletricidade e Magnetismo, ICE-UFJF, 2007.

# Universidade Estadual de Santa Cruz DCET
## Laboratório de Física III

Atividade 2
**ELETROSTÁTICA: CAMPO ELÉTRICO E POTENCIAL ELÉTRICO**

**I. Objetivos:** Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:
1. entender, na prática, o que é uma superfície equipotencial;
2. obter a confiiguração das linhas de força de um campo elétrico E a partir das correspondentes superfícies equipotenciais;
3. obter o campo elétrico E a partir das variações do potencial nos eixos x e y ;
4. descrever o comportamento do potencial elétrico e do campo elétrico no interior e na superfície de um condutor em equilíbrio eletrostático.

**II. Introdução:**
Imaginemos um espaço vazio livre de qualquer influência elétrica. Se a este espaço trazemos agora uma carga elétrica, toda a região em volta é perturbada pela sua presença. A essa perturbação chamamos *Campo Elétrico*.

O Campo Elétrico $\vec{E}(x,y,z)$ é uma grandeza vetorial definida como a força $\vec{F}(x,y,z)$ que uma carga de prova (muito pequena) sofre no ponto $P(x,y,z)$ divido pelo valor dessa carga.

Podemos calcular o Campo Elétrico em um ponto a partir da medidas do Potencial Elétrico. Define-se Potencial Elétrico como o trabalho necessário para trazer uma carga de prova q do infinito até a distância d da carga isolada Q (geradora do campo elétrico), dividido pela carga q.

O campo elétrico $\vec{E}(x,y,z)$ num determinado ponto $P(x,y,z)$ é o gradiente do potencial $V(x,y,z)$ neste mesmo ponto, a menos de um sinal.

$$\vec{E}(x,y,z) = -grad\,V(x,y,z) \qquad (1)$$

Observe que enquanto V é uma função escalar da posição, o campo E é uma função vetorial. O gradiente de V nada mais é do que a derivada do potencial V em relação às três direções x, y e z do espaço, multiplicada pelos correspondentes vetores unitários nestas direções, ou seja,

$$\vec{E} = -\frac{\partial V}{\partial x}\vec{i} - \frac{\partial V}{\partial y}\vec{j} - \frac{\partial V}{\partial z}\vec{k} \qquad (2)$$

No experimento a ser realizado traçaremos as linhas de força do campo eletrostático. Estas linhas nada mais são do que curvas que acompanham os vetores E em cada ponto do espaço, de modo que o vetor E seja sempre tangente à curva no ponto. O multiteste não pode medir diretamente o vetor E, mas sim diferenças de potencial. Por isso mediremos as linhas equipotenciais e a partir delas traçaremos as linhas de força do campo E. Conforme estabelecido

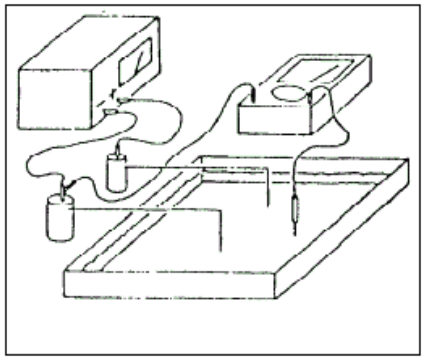
pela relação (2), as linhas de E são traçadas ortogonais as linhas equipotenciais. Devem partir da região de maior potencial para a de menor potencial.

**III. Atividades práticas:**

III.1 Obter a configuração do campo elétrico de um dipolo elétrico colocado numa cuba com água.

A experiência consiste em aplicar-se uma diferença de potencial de 10 V entre dois eletrodos submersos em água, como indicado na figura abaixo. Mede-se o potencial de vários pontos do líquido em relação a um dos eletrodos, fazendo-se num papel milimetrado um mapeamento da região medida e, então desenhando-se as superfícies equipotenciais. Considere o potencial do eletrodo negativo como sendo nulo.

A seguir traçam-se as linhas de força do campo eletrostático como ortogonais das equipotenciais. As linhas assim obtidas assemelham-se bastante às linhas de força geradas por duas cargas puntiformes de sinais opostos, separadas pela mesma distância que separa os eletrodos. Estas linhas de força descrevem apenas qualitativamente o campo E pois apenas indicam sua direção. A magnitude de E seria maior nas regiões onde as linhas estão mais próximas.



Para calcularmos o módulo de E devemos somar vetorialmente as derivadas do potencial segundo as três direções, conforme a relação definida pela equação (2). Este cálculo simplifica-se bastante sobre o eixo x [quando definido como a reta que une os dois eletrodos]. Por quê? Faça um gráfico do potencial ao longo deste eixo x, entre os dois eletrodos. Calcule agora a intensidade do vetor E em três pontos ao longo desse eixo. Com base no que aprendeu até agora, você tem condições de medir a intensidade do vetor campo elétrico em qualquer ponto. Que conjunto de medidas são necessárias para determinar a intensidade de E em um ponto qualquer no plano xy? Faça estas medidas e determine este valor.

III.2 Obter a configuração do campo elétrico de duas placas metálicas planas, paralelas, com cargas iguais e de sinais contrários.

Repita a experiência anterior utilizando eletrodos de placas paralelas.

III.3 Obter a configuração do campo elétrico de um cilindro metálico colocado no centro da região entre as placas do item anterior.

Coloque um cilindro metálico fechado na região entre os eletrodos de placas paralelas. Meça o potencial dentro e próximo ao lado externo do cilindro. Faça o mapa das linhas de corrente (ou força) próximo e dentro do condutor.

**IV. Procedimento experimental:**

Para cada um dos esquemas acima:

1 Com a fonte de tensão (contínua) constante, aplicar aproximadamente 10 V entre os condutores colocados na cuba.

2 Fixar a ponteira negativa do voltímetro no eletrodo negativo e, com a ponteira positiva (sempre na posição vertical!), localizar na água pontos que tenham a mesma tensão (voltagem, potencial) em relação à ponteira fixa, considerada agora como o potencial de referência.

Cuidados especiais: evitar curtos circuitos, isto é, contato entre os eletrodos positivo e negativo.

3 Assinale estes pontos no papel milimetrado e os una por uma linha tracejada de modo a visualizar a projeção da superfície equipotencial medida. Construa, desta forma, um conjunto de linhas equipotenciais.

4 A partir do conjunto de linhas equipotenciais, trace as correspondentes linhas de força do campo elétrico.

## V. Guia para o relatório:

Procure identificar e discutir todos os aspectos físicos importantes do experimento.

1 Apresente as três configurações do potencial e campo elétrico em papel milimetrado.

2 Faça um gráfico do potencial ao longo do eixo x, entre os dois eletrodos. Calcule intensidade do vetor E em três pontos nesse eixo.

3 Faça as medidas necessárias para determinar a intensidade de E de um ponto fora do eixo x e determine este valor.

4 Descreva V : (a) na superfície do cilindro; (b) no interior do cilindro.

5 Levando em consideração que o cilindro é condutor, analise o que ocorre com suas cargas livres quando ele é submetido à diferença de potencial imposta pelas placas paralelas.

6 Analise o comportamento das linhas de campo elétrico para a situação das partes 1 e 2 da experiência:

a) a qual sistema de cargas pode ser comparada cada uma delas?

b) qual a relação entre placas infinitas e as placas usadas no experimento? São equivalentes?

## VI. Bibliografia:

Textos de Laboratório Eletricidade e Magnestismo, F. POMPIGNAC et al.,IF-UFBA, 2001

Roteiros para Laboratório Eletricidade e Magnetismo, IF- UFRGS, www.if.ufrgs.br/fis01202/index_lab.html, página acessada em 25/08/2008.

# Universidade Estadual de Santa Cruz DCET
## Laboratório de Física III

Atividade 3
**GALVANÔMETRO: MEDIDAS ELÉTRICAS**

**I. Objetivos:** Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:
1. entender o princípio básico de funcionamento de um voltímetro;
2. realizar medidas de voltagem com o voltímetro e avaliar o erro na medida;
3. avaliar o efeito da resistência interna dos voltímetros nas medições;
4. montar circuitos elétricos básicos.

**II. Introdução:**

A maioria dos voltímetros mede a voltagem através de uma medida de corrente. Este tipo de voltímetro comporta-se eletricamente como um resistor de resistência r (chamada resistência interna do voltímetro). A voltagem aplicada nos terminais "COM" e "V" provoca então uma corrente (i=V/r) no voltímetro, cujo valor é registrado por um medidor de corrente chamado galvanômetro e que compreende a peça principal do voltímetro. O galvanômetro usa geralmente o fato que uma corrente elétrica numa espira condutora, em presença de um campo magnético, resulta num torque sobre a espira. Num galvanômetro este torque é mostrado como deflexão de um ponteiro, usando a lei de Hook com uma mola acoplada no condutor. Este tipo de voltímetro é chamado voltímetro analógico. Atualmente grande parte dos voltímetros utilizados em laboratório são digitais. Esses instrumentos funcionam com base na comparação da voltagem de entrada com padrões de voltagens internas.
Para obter uma boa medida de voltagem precisamos de um voltímetro cuja resistência interna seja muito maior que as resistências típicas do circuito. Para se construir um bom voltímetro deve-se usar um galvanômetro bem sensível, capaz de registrar correntes bem baixas e ligar em série com este galvanômetro uma resistência R bem alta.

Para os voltímetros digitais do nosso laboratório encontramos no manual a informação que o erro para todos os fundos de escala de voltagem DC ("Direct Current" = voltagem constante no tempo e não alternada) é de 0,5% da leitura mais o valor que corresponde à cifra 1 no dígito menos significativo.

**III. Procedimento experimental**

1) Monte o circuito da Fig. 1.

2) Transforme o multímetro em um voltímetro adequando a escala e a ligação dos terminais.

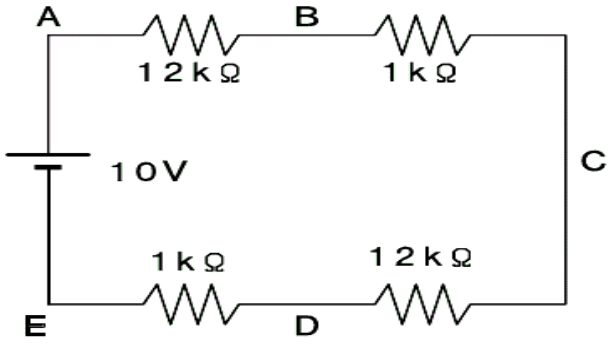



*Figura 1*

3) Ajuste a voltagem da fonte regulável com o voltímetro digital no valor de 10 V.

4) Meça as voltagens entre os pontos A e B, B e C, C e D, D e E, E e A. Use para cada medida o fundo de escala que permita maior precisão da medida.

5) A lei das malhas afirma que a soma destas voltagens é zero. Verifique com as suas medidas se esta afirmação é válida. Nesta tarefa é indispensável usar a avaliação de erro do resultado experimental. Cada uma das voltagens $V_{AB}$, $V_{BC}$, $V_{CD}$, $V_{DE}$ e $V_{EA}$ tem um erro experimental e a soma $V_{\Sigma} = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DE} + V_{EA}$ tem um erro correspondente.
Verifique se o valor teórico da soma, $0 = V_{\Sigma}$, coincide com o experimental.

6) Use a lei das malhas e a lei de Ohm para calcular a voltagem que deveria aparecer entre os pontos A e B. Neste valor teórico entram parâmetros experimentais: a voltagem de 10 V e as resistências de 12 kΩ e 1 kΩ. Portanto, neste caso, o valor teórico também tem erro experimental. Para determinar este erro você deve obter o erro dos resistores. Mostre suas contas com detalhes.

## IV. Bibliografia:

PEDRETTI, M. J., BEDRAN, M. L. Roteiro experimental de Física III Eletricidade e Magnetismo, ICE-UFJF, 2007.

# Universidade Estadual de Santa Cruz DCET

Laboratório de Física III

**Atividade 4**
**RESISTÊNCIA ELÉTRICA: LEI DE OHM**

**I. Objetivos:** Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:

1. distinguir entre um resistor linear e um resistor não linear;
2. determinar o valor de uma resistência elétrica indiretamente usando, para tal, um voltímetro e um amperímetro;
3. traçar a curva i × V para um resistor qualquer;
4. dizer em que condições é válida a lei de Ohm;
5. descrever o procedimento experimental necessário para determinar se um resistor é linear ou não.

**II. Introdução:**

A lei de Ohm afirma que o quociente V/I da voltagem aplicada num condutor e da corrente que se estabelece nele independe da voltagem aplicada. Para verificar esta lei experimentalmente podemos aplicar várias voltagens num condutor, medir os valores de V e I e representar os dados obtidos num gráfico I versus V. Os pontos experimentais devem então cair sobre uma reta que passa pela origem. Neste procedimento outros parâmetros experimentais como temperatura do condutor, campos magnéticos, estresse mecânico etc. devem ser mantidos constantes.

Frequentemente podemos encontrar ainda outra formulação da lei de Ohm: o quociente V/I = R é constante . Esta afirmação não é clara; o que significa constante? constante em relação a que? A resistência de um condutor, R = V/I, certamente depende de muitos fatores, por exemplo, da temperatura do condutor. A dependência da resistência com a temperatura torna, na prática, a verificação da lei de Ohm difícil. Se aumentarmos a voltagem suficientemente gera-se tanta energia térmica que fica difícil manter a temperatura constante no experimento. A elevação da temperatura provoca então um aparente desvio da lei de Ohm para altas voltagens. Em princípio este desvio seria evitável esfriando o condutor.

A lei de Ohm não é uma lei fundamental como a segunda lei de Newton ou as equações de Maxwell. Ela descreve razoavelmente bem o comportamento de uma grande classe de condutores num intervalo de campos elétricos entre 0 e $10^8$ V/m. Mas existem também condutores que definitivamente não obedecem a lei de Ohm, por exemplo os díodos e as lâmpadas de néon.

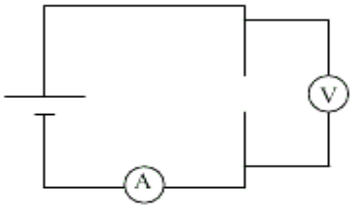
**III. Material necessário:**

- resistores;
- díodos;
- lâmpadas de filamento;
- multiteste;
- fonte contínua;

– cabos e conectores.

**IV. Procedimento Experimental:**

1)Monte o circuito da figura ao lado, que será usado para as tarefas 2 e 3.




2)Insira um resistor de 1kΩ no circuito e verifique a lei de Ohm, medindo a corrente e a tensão no resistor. Use pelo menos 21 voltagens entre -10V e + 10V. Faça um gráfico de tensão x corrente do resistor.

3)Troque o resistor por uma lâmpada incandescente de 12V e repita o procedimento da Tarefa 1 (Cuidado com a escala do amperímetro, a escala usada para o resistor não serve para a lâmpada). Você encontrará um desvio perceptível da lei de Ohm neste caso. Supondo que a lei de Ohm vale para o filamento da lâmpada, o que você pode concluir a partir dos dados sobre a dependência da resistência com a temperatura? Faça o gráfico desta medida na hora para poder julgar se você escolheu os valores da voltagem adequadamente! Este procedimento é aconselhável em geral na física experimental.

4)Verifique que a lei de Ohm definitivamente não vale para um diodo. Use voltagens entre 1,0 V e +0,7 V. Faça um gráfico para julgar se você usou um número adequado de pontos de medida. A voltagem será contada como positiva se o diodo estiver ligado na fonte como na figura. O traço horizontal na ponta do triângulo corresponde ao anel prateado que está desenhado no corpo do díodo. É altamente recomendável começar com a voltagem 0V e aumentar a voltagem cautelosamente!

**V. Bibliografia:**

PEDRETTI, M. J., BEDRAN, M. L. Roteiro experimental de Física III Eletricidade e Magnetismo, ICE-UFJF, 2007.

# Universidade Estadual de Santa Cruz DCET
## Laboratório de Física III

**Atividade 5**
**FORÇA ELETROMOTRIZ E RESISTÊNCIAS INTERNAS**

**I. Objetivos:**

1. Aprender o que é a força eletromotriz (fem);
2. entender, de que maneira a resistência interna de uma fonte influencia a sua fem em função da resistência do aparelho ;
3. entender, de que maneira os instrumentos de medição de voltagem e corrente, num circuito eletrico, influenciam o circuito e as próprias grandezas de medição.

**II. Introdução:**

As fontes de alimentação são de importância fundamental em qualquer circuito elétrico. Esta experiência explora os conceitos de força eletromotriz e resistência interna de uma fonte.
Além da resistência interna das fontes, instrumentos de medição introduzidos em circuitos também alteram os potenciais e as correntes no circuito, ou seja, as próprias grandezas de medição. Estas influências também são exploradas nesta experiência.

Para que um circuito elétrico exerça a sua função, ele precisa ser submetido a um potencial elétrico. Essa função é executada por fontes de alimentação, ou fontes de *força eletromotriz* (fem, símbolo $\mathcal{E}$). A escolha deste nome não é muito feliz, já que se trata de um potencial elétrico, e não de uma força. Um nome mais apropriado seria causa eletromotriz.

Uma fonte ideal forneceria sempre a mesma fem ao circuito, independente da resistência elétrica $R$ no circuito. Fontes reais, por outro lado, têm uma resistência interna $r$ que se adiciona à resistência do circuito:

$$R_{tot} = R + r,$$

desta forma, a diferença de potencial disponível para o circuito ($\Delta V$ )depende da resistência do circuito, ou seja, torna-se uma fração da fem $\mathcal{E}$ :

$$\Delta V = \mathcal{E} * R/(R+r).$$

Numa boa fonte de alimentação, a resistência interna é pequena, e $\Delta V$ chega perto de $\mathcal{E}$.

Além das fontes, instrumentos de medição também têm resistências internas que influenciam a resistência do circuito.

Amperímetros, por exemplo, têm uma resistência interna. Se não houvesse a resistência interna, a corrente fluiria através do amperímetro sem causar efeito nem medição nele. *A resistência interna é necessária para a medição.* Porém, a resistência interna do amperímetro aumenta a resistência total do circuito e, portanto, altera a corrente que ele deveria medir. Por isso, em bons amperímetros, a resistência interna é mantida pequena.

Voltímetros, por outro lado, são ligados em paralelo ao

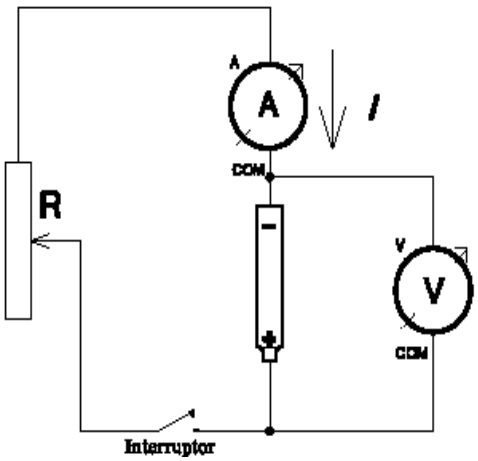
circuito e, para não influenciar a resistência do circuito, deveriam ter resistência *infinita*. Porém, se a resistência do voltímetro fosse infinita, não fluiria corrente através dele, e ele não mediria nada. Por isso, a resistência interna de um voltímetro é finita e influencia (reduz) a resistência do circuito e, portanto, altera o potencial que ele deveria medir. Voltímetros têm que ter resistência alta.

Os exemplos do amperímetro e do voltímetro ilustram bem uma propriedade geral de medições de grandezas na física: *É impossível medir uma grandeza física sem influenciá-la.*

**III. Material necessário:**

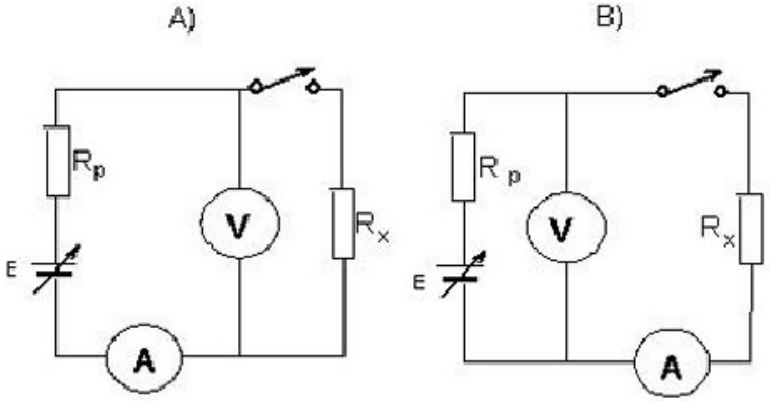
- fontes de fem (pilhas);
- resistores;
- multitestes;
- fonte contínua;
- cabos e conectores.

**IV. Procedimento Experimental:**




1) Monte o circuito da figura ao lado.
Variando a resistência *R* do potenciômetro, se varia a corrente *I* e a diferença de potencial *V*. Como deveria ser a curva *I* versus *V*?
Que significado tem o valor de *V* no ponto onde a curva cruza o eixo *V* (onde *I* é zero)? Que significado tem a inclinação da curva? Determine a fem e a resistência interna da pilha.

2) Os circuitos A e B mostrados abaixo são duas realizações do mesma experiência: A medição da resistência $R_x$ e da lei de Ohm como foi feito na atividade 4 (Aqui $R_p$ é uma resistência de proteção):




Se o amperímetro e o voltímetro fossem ideais (tivessem resistência interna nula e infinita, respectivamente), as curvas *I(V)* medidas em ambas as realizações da experiência seriam iguais. Diga, de que maneira a existência das resistências internas destes dois instrumentos de medição deveria modificar a curva *I(V)* em ambos os circuitos. Meça *I(V)* em ambos os casos. Dá pra determinar as resistências internas dos instrumentos através das suas medições?

**V. Bibliografia:**

HALLIDAY, RESNICK e KRANE, Física 3 (Quinta Edição), Rio de Janeiro, LTC, 2004.

PEDRETTI, M. J., BEDRAN, M. L. Roteiro experimental de Física III Eletricidade e Magnetismo, ICE-UFJF, 2007.

# Universidade Estadual de Santa Cruz DCET
## Laboratório de Física III

Atividade 6
**FONTES ELÉTRICAS: TESTE DE QUALIDADE DE UMA PILHA**

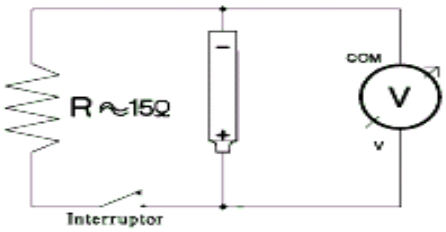
**I. Objetivos:** Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:
1. Comparar o tempo de descarga de algumas pilhas comuns;
2. Determinar a carga elétrica no circuito fornecida pela pilha.

**II. Introdução:**

Uma boa pilha deve ter uma resistência interna baixa. Além da resistência interna interessa naturalmente quanta carga pode ser aproveitada numa pilha. Neste experimento determinaremos a carga elétrica que podemos deixar circular num circuito até descarregar a pilha. Descarregar não é, na verdade, a palavra mais correta, pois não vamos gastar a pilha a tal ponto que a força eletromotriz dela desapareça por completo. Vamos usar uma pilha até o ponto que ela seria considerada para muitas aplicações uma pilha gasta. Arbitramos que vamos chamar a pilha de gasta quando a voltagem dela no circuito usado cai abaixo de 1,4 V. Esta determinação não corresponde necessariamente a um julgamento adequado. Nossa norma é mais motivada pelo fato que nossa experiência deve ser factível dentro da duração de uma aula experimental. Também a escolha do circuito é determinado por este critério e não corresponde necessariamente a melhor maneira de avaliar uma pilha.

A idéia da experiência é simples: vamos ligar um resistor R numa pilha até o momento que a voltagem caia até 1,4 V. A corrente que circula no circuito durante este tempo é monitorada e depois integrada no tempo. Alguns grupos devem fazer esta medida com uma pilha comum e outros com uma pilha alcalina. Depois podemos comparar os resultados e ver se o preço do Coulomb alcalino é mais caro ou mais barato que do Coulomb comum .

Figura 1




**III. Procedimento Experimental:**

Tarefa 1:
a) Monte o circuito da figura 1 com uma pilha nova. Não feche o interruptor (pino banana) por enquanto, para não gastar a pilha.
b) Meça o valor do resistor.
c) Meça a voltagem ainda com o interruptor aberto, para não gastar a pilha.
d) A experiência será feita medindo o tempo após fechar o circuito e a ddp correspondente da pilha. A ddp deve ser medida de 10 em 10 segundos no primeiro minuto e depois basta medir a cada minuto ou até com menos freqüência. Antes de fechar o interruptor, tenha certeza de que o procedimento adotado está claro, uma vez que o

processo de descarga da pilha é irreversível. É bom preparar no seu caderno de laboratório a tabela das medidas antes do início das medidas. A coleta de dados começa no tempo t = 0 s, que corresponde ao instante em que o interruptor foi fechado, e termina quando a voltagem cai abaixo de 1,4V.
e) Feche o interruptor, dê início na contagem de tempo no cronômetro e meça simultaneamente a voltagem da pilha. Termine quando a voltagem cai abaixo de 1,4V.
f) Queremos determinar a carga elétrica que circulou no circuito nesta experiência. Então temos que determinar a integral

$$Q=\int_{t_0}^{t_f} I(t)\,dt$$

a partir dos dados. Isto pode ser feito a partir de um gráfico I versus tempo, onde I é obtido dividindo as voltagens por R ou a partir do gráfico V versus tempo, determinando primeiramente a integral $\int_{t_0}^{t_f} V(t)\,dt$ e dividindo este valor por R. O segundo método é menos trabalhoso por que não precisa converter dados os dados em corrente. Elabore então um gráfico I versus t (ou se preferir V versus t).
g) Integre esta função para achar a carga total que circulou no circuito.
h) Com o valor da carga dessa experiência calcule quantos miligramas de zinco foram dissolvidas durante essa experiência.

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$$

Dados: massa molar do zinco = 65,37 g mol$^{-1}$ , número de Avogadro = 6,022 · $10^{23}$ mol$^{-1}$ , carga elementar = 1,602 · $10^{-19}$ C.
Alguns grupos de alunos devem fazer esta experiência com uma pilha de marca e outros com uma pilha barata.
j) Compare os valores de carga de uma pilha comum com uma alcalina e determine o preço do Coulomb.

Tarefa 2: Pesquise então as seguintes questões:
1) Se tivéssemos usado um resistor de 1 kΩ na tarefa 1 no lugar de 15 Ω a experiência teria levado muito mais tempo e as correntes teriam sido menores. Será que o valor da integral teria sido o mesmo?
2) Determine para os dois casos R = 15 Ω e R = 1 kΩ qual é a energia total dissipada no resistor durante a experiência.
3) Repita estas experiências com pilhas e diferentes marcas.
4) Meça a resistência interna de diferentes marcas. E compare os resultados.

**V. Bibliografia:**

PEDRETTI, M. J., BEDRAN, M. L. Roteiro experimental de Física III Eletricidade e Magnetismo, ICE-UFJF, 2007.

# Universidade Estadual de Santa Cruz DCET
## Laboratório de Física III

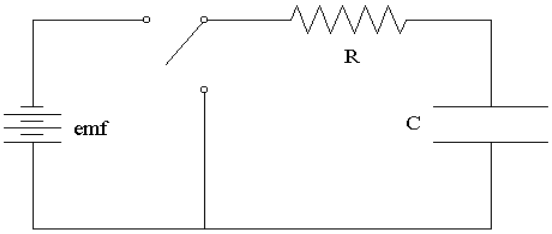
**Atividade 7**
**CIRCUITO RC: PROCESSO DE CARGA E DESCARGA**

**I. Objetivos:** Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:

1. determinar a constante de tempo de um circuito *RC* série nas situações de carga e descarga do capacitor;
2. determinar a capacitância de um capacitor através de um circuito *RC* série;
3. descrever os procedimentos experimentais necessários para as determinações anteriores.

**II. Introdução:**

Neste experimento vamos conhecer a dinâmica de uma combinação de resistor e capacitor chamada circuito *RC*. O circuito *RC* é de fundamental importância em circuitos eletrônicos. Isto se deve ao fato que tal combinação fixa uma constante de tempo e com isto determina a rapidez do circuito eletrônico.




Um capacitor é um sistema formado por duas placas condutoras (paralelas), separadas por uma distância *d*, capaz de reter carga elétrica. Em grande parte dos capacitores comerciais coloca-se um material diéletrico entre as placas paralelas de modo a aumentar a eficiência na retenção da carga. Existem dois tipos de diéletricos normalmente usados: os polarizados (eletrolítico, tântalo, etc) e os não-polarizados (ar, óleo, mica, etc). A capacitância *C* de um capacitor é definida como a relação entre a carga *Q* e a diferença de potencial $\Delta V$ nos seus terminais.

**III. Material necessário:**

- fonte de tensão;
- voltímetro;
- capacitor;
- resistor;
- placa de ligação;
- cronômetro;
- fixos e conectores.

CUIDADO: ATENTE PARA A POLARIDADE DO CAPACITOR E NÃO ULTRAPASSE A TENSÃO MÁXIMA INDICADA!

**IV. Procedimento experimental:**

Nesta etapa da atividade, você determinará a constante de tempo de um circuito *RC*, com o auxílio de um multímetro, observando os processos de carga e descarga do capacitor existente.

1) Anote o valor da resistência *R* e da resistência interna do voltímetro, para o fundo de escala utilizado.

2) Monte o circuito apresentado na figura ao lado.

3) Utilize tensão de 6 a 12 V, a depender da tensão máxima que o capacitor suporta.

4) Para o processo de carga (chave 1 ligada), meça o tempo para $\Delta V$ no capacitor variar de 0 V a 1 V, 0 V a 2 V, 0 V a 3 V, ... , 0 V a 10 V.

5) Desligue a fonte de tensão e inverta (a polaridade) os fios do voltímetro.

6) Desligue a chave 1 e ligue a chave 2. O capacitor irá descarregar. Meça o tempo para $\Delta V$ variar de 10 V a 9 V, 10 V a 8 V, 10 V a 7 V, ..., 10 V a 1 V.

**V. Atividades práticas:**

1) Construa uma tabela com os dados obtidos.

2) Em papel milimetrado e mono-log, faça os gráficos *V* versus *t* para estes dois processos.

3) A partir dos gráficos, determine o valor experimental da constante de tempo, *RC* , primeiro para o processo de carga e então para o de descarga do capacitor.

4) Discuta e avalie os erros sobre todas as medidas efetuadas.

**VI. Bibliografia:**

PEDRETTI, M. J., BEDRAN, M. L. Roteiro experimental de Física III Eletricidade e Magnetismo, ICE-UFJF, 2007.

POMPIGNAC, F. et al. Textos de Laboratório Eletricidade e Magnestismo,IF-UFBA, 2001

Roteiros para Laboratório Eletricidade e Magnetismo, IF-UFRGS, www.if.ufrgs.br/fis01202/index_lab.html, página acessada em 25/08/2008.

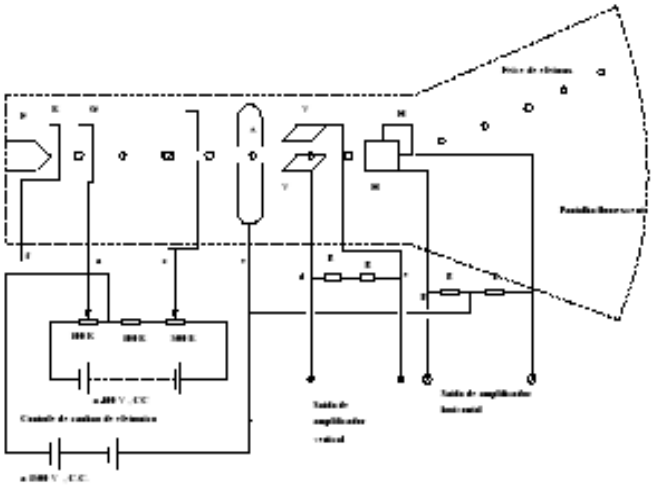
# Universidade Estadual de Santa Cruz DCET
## Laboratório de Física III

**Atividade 8**
**OSCILOSCÓPIO DE RAIOS CATÓDICOS E CIRCUITO RC PARTE II**

**I. Objetivos:** Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:

1. Usar um osciliscópio de raios catódicos;
2. Montar um circuito *RC* série;
3. determinar a capacitância do capacitor usado no circuito.

**II. Introdução:**



Na primeira parte deste experimento usamos geradores de potencial alternado para entender o funcionamento de um osciliscópio de raios catódicos. Um osciliscópio é um dispositivo para visualizar a evolução temporal de diferências de potencial elétrico, ou duas diferenças de potencial uma em função da outra. A figura ao lado mostra um diagrama esquemático do tubo de um osciliscópio. O funcionamento será explicado na sala de aula.

Na segunda parte da experiência usamos um osciliscópio para determinar a constante de tempo capacitiva $\tau_C = RC$ de um circuito *RC* (apresentado na experiência anterior) e a capacitância do capacitor usado no circuito.
O capacitor do circuito desta experiência tem uma capacitância muito menor do que no circuito da experiência anterior, resultando em uma constante de tempo capacitiva muito menor, o que impossibilita o uso de cronômetros para medí-la. Para alcançar a resolução temporal adequada para o circuito desta experiência, é necessário usar um osciliscópio.

**III. Material necessário:**

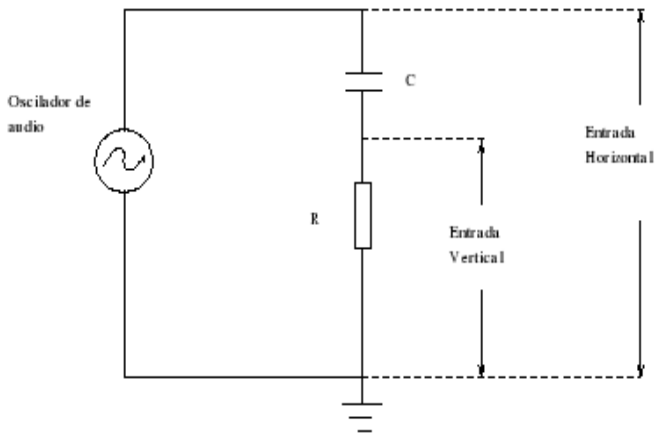
- fontes de tensão alternada;
- osciliscópio de raios catódicos;
- capacitor;
- resistor;
- placa de ligação;
- fixos e conectores.

**IV. Procedimento experimental:**

Na primeira etapa da atividade, ligamos duas geradores de tensão alternada num osciloscópio de raios catódicos, para visualizar as

oscilações de potencial elétrico gerados pelos geradores e conhecer as diferentes modas de funcionamento do osciloscópio, e aprender a usá-lo para fazer medidas quantitativas.
Medimos as frequências e amplitudes dos sinais gerados pelos geradores.
Também produzimos figuras de *Lissajous*, as figuras que surgem, quando se visualiza dois sinais (senoidais) um em função do outro.

Na segunda parte, determinamos a constante de tempo de um circuito *RC*, com o auxílio do osciloscópio, observando os processos de carga e descarga do capacitor.




1) Anote o valor da resistência *R*.
2) Monte o circuito apresentado na figura ao lado, o oscilador de audio sendo um gerador de tensão alternada e as entradas horizontal e vertical sendo as entradas um e dois do osciloscópio.
3) Utilize o sinal retangular do gerador como fonte de carga e descarga do capacitor.
4) Para o processo de carga meça o tempo para $\Delta V$ no capacitor variar de 0 V a uma fração de $1-e^{-1}$ do valor máximo (alcançado no final), o que corresponde à constante de tempo capacitiva $\tau_C$.
5) Para o processo de descarga meça o tempo para $\Delta V$ no capacitor variar do valor máximo (no começo) a uma fração de $e^{-1}$ deste valor, o que deve dar a mesma constante de tempo capacitiva $\tau_C$.
6) Repita as medidas com outros valores de resistência, ligando vários resistores de resistência *R* em paralelo e em série.

**V. Atividades práticas:**

1) Descreve o funcionamento do osciloscópio de raios catódicos.
2) Explique a aparência das figuras de Lissajous.
3) Determine o valor experimental da constante de tempo, $\tau_C$, para o processo de carga e para o de descarga do capacitor, e para as várias valores de resistência. Determine também a capacitância do capacitor para cada caso.
4) Discuta e avalie os erros sobre todas as medidas efetuadas.

**VI. Bibliografia:**

HALLIDAY, RESNICK e KRANE, Física 3 (Quinta Edição), Rio de Janeiro, LTC, 2004.

# Universidade Estadual de Santa Cruz DCET
## Laboratório de Física III

**Atividade 9**
**O CAMPO MAGNÉTICO**

**I. Objetivos:** Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:

1. Montar a experiência do tubo Teltron;
2. Medir a razão *e/m* entre a carga e a massa do elétron;

**II. Introdução:**

O tubo Teltron é um tipo de tubo de raios catódicos (similar ao tubo dentro de um osciloscópio) freqüentemente usado para demonstrar as propriedades de elétrons. Ele contem uma cátodo que emite elétrons. Após estarem acelerados por uma diferença de potencial alta, os eletrons batem numa tela fluorescente, onde é iluminado o trajetório dos elétrons. Aplicando campo elétrico e magnético na região da tela, dentro do caminho dos elétrons, se pode observar o efeito dos dois campos sobre o trajetório que os elétrons percorrem. Variando os campos de maneira que a força elétrica e a força magnética se cancelam, ou seja, que a força total sobre os elétrons (chamada de força de Lorentz) devido aos dois campos é zero, se pode calcular a razão *e/m* entre a carga e a massa dos elétrons.
Na nossa experiência aplicamos um campo elétrico vertical e um campo magnético horizontal produzido por uma bobina de Helmholtz, descrita no roteiro do segunda parte desta experiência.

**III. Material necessário:**

- fontes de tensão contínua e alternada;
- tubo Teltron;
- bobina de Helmholtz;
- fixos e conectores.

**IV. Procedimento experimental:**

1) Monte o experimento desenhado no quadro. Espere a permissão do professor antes de ligar as fontes.
2) Diga como vai ser o trajeto percorrido pelos eletrons a) sem campo aplicado, b) com o campo elétrico ligado, c) com o campo magnético ligado, e d) com ambos os campos ligados.
3) Ligue as fontes, aplique os campos, e, caso os trajetos observados difiram dos trajetos preditos, explique as diferenças.
4) Ajuste os campos de tal maneira que se pode medir a razão *e/m* dos elétrons.
5) Calcule *e/m* usando a fórmula para a força de Lorentz.

**VI. Bibliografia:**

HALLIDAY, RESNICK e KRANE, Física 3 (Quinta Edição),

Rio de Janeiro, LTC, 2004.
Roteiros para Laboratório Eletricidade e Magnetismo, IF- UFRGS, www.if.ufrgs.br/fis01202/index_lab.html, página acessada em 25/08/2008.

# Universidade Estadual de Santa Cruz DCET
Laboratório de Física III

Atividade 10
**FLUXO MAGNÉTICO: LEI DE FARADAY-LENZ**

## I. Objetivos:

1. verificar a Lei de Faraday-Lenz;
2. determinar a intensidade do fluxo magnético a partir da *fem* induzida em um circuito.

## II. Introdução:

Este experimento consiste na determinação da intensidade do vetor indução magnética de um ímã permanente através da aplicação da lei da indução de Faraday-Lenz. Esta lei nos diz que a força eletromotriz (*fem*) $\varepsilon$ induzida num circuito é igual à taxa de variação com o tempo do fluxo magnético $\Phi_B$ , através da área limitada pelo circuito:

$$\varepsilon = \frac{-d\,\Phi_B}{d\,t} \qquad (1)$$

O sinal negativo se refere ao sentido da força eletromotriz induzida, que num circuito fechado origina uma corrrente elétrica induzida, que tende sempre a se opor à variação da grandeza que a produziu.

O fluxo magnético através de uma superfície aberta ou fechada é definido como a integral de superfície da componente normal de B (vetor indução magnética) sobre a superfície.

$$\Phi_B = \int \vec{B}\,d\vec{S} \qquad (2)$$

Se aplicarmos a Eq. (1) a uma bobina de N espiras, aparecerá uma *fem* induzida em cada uma das espiras. Se a bobina tiver as espiras enroladas compactamente, de modo que a variação do fluxo magnético seja a mesma para todas as espiras, a *fem* induzida total será igual a

$$\varepsilon = \frac{-d\,(N\,\Phi_B)}{dt} \qquad (3)$$

## III. Atividade prática:

Para a determinação do vetor indução magnética de um ímã usando a lei de Faraday-Lenz, usaremos osciloscópio, ímã e bobina. Conectando-se os terminais da bobina ao osciloscópio devidamente ajustado, é possível observar a *fem* que será induzida quando o ímã é aproximado ou afastado da bobina. Centrando-se o ímã dentro da bobina, esta conterá em seu interior uma região de campo magnético aproximadamente uniforme. Retirando-se o ímã com uma certa velocidade, na tela do osciloscópio aparecerá um pico de tensão como função do tempo.

O significado físico da área sob a curva pode ser obtido a partir da lei de Faraday-Lenz:

$$-d\Phi_B=\frac{1}{N}\varepsilon\, dt\,,$$

$$-\int_{\Phi_0}^{\Phi_1} d\Phi_B=\frac{1}{N}\int_{t_0}^{t_1}\varepsilon\, dt\,, \qquad (4)$$

$$\Phi_0=\frac{1}{N}\int_{t_0}^{t_1}\varepsilon\, dt\,,$$

pois $\Phi_1=0$ , uma vez que o ímã não produz fluxo magnético detectável, quando fica totalmente fora das espiras.

IV. **Procedimento experimental:**

1. Centre o ímã dentro da bobina e retire-o com uma certa velocidade de modo a obter a curva $\varepsilon=\varepsilon(t)$ no osciloscópio.
2. Procure reproduzir a curva em papel milimetrado.
3. Obtenha um conjunto de 10 curvas numa folha de papel milimetrado.
4. Contando o número de milímetros quadrados, determine a área sob cada uma das 10 curvas obtidas experimentalmente.
5. A partir destes valores de $\Phi_0$ , obtenha os valores para B, supondo-o uniforme.
6. Diminua a velocidade na retirada do imã. O que ocorre com a curva? O fluxo medido $\Phi_0$ permanece inalterado?
7. Reduza pela metade o número de espiras. Descreva o que ocorre com fluxo medido.

**V. Bibliografia:**

Roteiros para Laboratório Eletricidade e Magnetismo, IF-UFRGS, www.if.ufrgs.br/fis01202/index_lab.html, página acessada em 25/08/2008.

# Universidade Estadual de Santa Cruz DCET

Laboratório de Física III Semestre 2008/2

Atividade 11

**REATÂNCIAS CAPACITIVA E INDUTIVA**

**I. Objetivos:**

1. Verificar a dependência da reatância de um capacitor com a capacitância;
2. Verificar a dependência das reatâncias capacitiva e indutiva com a freqüência de um sinal alternado.

**II. Introdução:**

Capacitores e indutores, cada um a seu modo, oferecem resistências à passagem de uma corrente elétrica variável no tempo. Se eles forem submetidos a uma tensão alternada senoidal do tipo $V = V_0 sen(\omega t)$ , por exemplo, essas resistências (denominadas de reatâncias) dependerão da freqüência angular $\omega = 2\pi f$ (onde f é a freqüência linear da tensão senoidal). Neste experimento, você irá analisar como é esta dependência, ou como as reatâncias capacitiva ($X_C$) e indutiva ($X_L$) dependem da freqüência f.

Quando uma tensão alternada V é aplicada a um capacitor C, podemos medir a tensão $V_C$ e a corrente $I_C$ no capacitor. A reatância capacitiva $X_C$ do capacitor é definida como sendo $X_C = V_C / I_C$ (ohms). A reatância indutiva $X_L$ é definida por $X_L = V_L / I_L$ e também é expressa em ohms.

Como citamos acima, se a tensão for do tipo $V = V_0 sen(\omega t)$ as reatâncias dependerão da freqüência.

**III. Procedimento Experimental:**

**a)** Selecione o gerador de funções para produzir uma tensão senoidal e ligue-o em série com R e C.

b) Varie a freqüência f e meça os valores de $V_R$ e $V_C$ usando um multímetro.

c) Registre as medidas na Tabela 1 e complete-a calculando os valores de $I_C = I_R = V_R / R$ e $X_C = V_C / I_C$.

d) Faça um gráfico de $\log X_C$ versus $\log \omega$ em papel log-log, a partir da Tabela 1. Pela análise deste gráfico, que relação deve existir entre $X_C$ e $\omega$ ?

e) Varie a capacitância e faça uma nova tabela, semelhante a anterior. Escolha uma freqüência conveniente (que dê um valor grande para $X_C$ e determine os respectivos valores para a reatância $X_C$, quando são acrescentados capacitores: C, 2C, 3C e 4C.

f) Faça um novo gráfico de $\log X_C \times \log C$ , determinando a dependência de $X_C$ **com C.**

**g)** Com base nos dois gráficos, diga qual é a relação analítica entre $X_C$ , C e $\omega$ ?

h) Repita a primeira experiência, substituindo o capacitor C por uma indutância L, efetuando as medidas necessárias para o preenchimento da Tabela 3.

i) A partir destes dados, ache a relação entre $X_L$ e $\omega$ , fazendo o gráfico de $\log X_L \times \log \omega$ .

j) A indutância L é um escalar que é proporcional a capacidade da bobina de se opor a uma variação de corrente. Com este conceito em mente e com o resultado do ítem anterior, você seria capaz de "induzir" a relação entre $X_L$ , L e $\omega$ ?

Tabela 1

| $f$ [Hz] | $\omega$ [rad/s] | $V_R$ [V] | $V_C$ [V] | $I_C = I_R = V_R/R$ [A] | $X_C = V_C/I_C$ [$\Omega$] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Tabela 2

| $C$ [F] | $\omega$ [rad/s] | $V_R$ [V] | $V_C$ [V] | $I_C = I_R = V_R/R$ [A] | $X_C = V_C/I_C$ [$\Omega$] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Tabela 3

| $f$ [Hz] | $\omega$ [rad/s] | $V_R$ [V] | $V_L$ [V] | $I_L = I_R = V_R/R$ [A] | $X_L = V_L/I_L$ [$\Omega$] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

## IV. Bibliografia:

Roteiros para Laboratório Eletricidade e Magnetismo, IF-UFRGS, www.if.ufrgs.br/fis01202/index_lab.html, página acessada em 25/08/2008.