



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO



CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

LABORATÓRIO DE ELETRICIDADE

CADERNO DE EXPERIÊNCIAS

Prof. – Gervásio Cavalcante

2008

INTRODUÇÃO AO LABORATÓRIO

A disciplina Laboratório de Eletricidade faz parte da grade curricular do Curso de Engenharia de Computação da UFPA.

Ela consta, de 7 experimentos mais 2 avaliações, uma após a metade dos experimentos e uma final. Os experimentos são basicamente baseados em Fenômenos Eletrostáticos.

Cada experimento é abordado em um caderno, onde são descritos seus objetivos, o equipamento necessário à sua realização, um resumo da teoria fundamental para sua compreensão e o procedimento a ser adotado para realizá-lo. Além disso, são formuladas algumas questões ao aluno, que devem servir como instrumento de verificação do aprendizado. Também é deixado espaço para que o aluno escreva, sob orientação do professor, algumas conclusões sobre o que foi observado durante a realização do experimento e outras que podem ser tiradas a partir do que foi aprendido com a realização do mesmo.

REGRAS BÁSICAS A SEREM OBSERVADAS EM UM LABORATÓRIO

Ao se entrar em um laboratório é comum que a curiosidade natural do ser humano se sobreponha à razão e as mãos tentem usurpar a função dos olhos. Entretanto, deve-se refrear essa curiosidade e observar algumas regras básicas de segurança, para que se evitem acidentes, que podem provocar desde simples defeitos até a destruição total dos equipamentos e, pior ainda, ferimentos graves nas pessoas presentes.

Dessa forma sugere-se que as seguintes regras sejam seguidas à risca em qualquer laboratório.

1. Não toque em nada sem que tenha sido autorizado!
2. Não ligue qualquer aparelho se não necessitar utilizá-lo e se não souber como fazê-lo!
3. Antes de ligar qualquer equipamento à rede elétrica, verifique se a tomada tem o nível de tensão adequado!
4. Comunique imediatamente ao responsável, quaisquer defeitos nos equipamentos!
5. Não tente abrir ou consertar qualquer equipamento, sem que tenha o conhecimento necessário e esteja autorizado para tal!
6. Evite trabalhar sozinho no laboratório! Pode-se precisar de ajuda em caso de acidente.
7. Não fume! As partículas da fumaça prejudicam os equipamentos, além da brasa poder causar acidentes graves.
8. Não manuseie comidas ou bebidas enquanto estiver usando os equipamentos!
9. Mantenha as bancadas, ferramentas, materiais e equipamentos limpos e organizados!
10. Em caso de dúvida, pergunte sempre ao responsável!

DIMENSÕES E UNIDADES

Quando se trabalha com quantidades físicas é importante que se tenha o conhecimento de duas definições fundamentais na caracterização dessas quantidades. São elas a Dimensão e a Unidade.

Dimensão: define uma característica física.

As seis dimensões básicas são:

comprimento	L
massa	M
tempo	T
corrente elétrica	I
temperatura	T
intensidade luminosa	I

Unidade: define um padrão (ou referência) através do qual uma dimensão pode ser expressa numericamente.

No Sistema Internacional, as unidades fundamentais são:

metro	m
quilograma	kg
segundo	s
ampere	A
kelvin	k
candela	cd

Tão importantes quanto as unidades são os seus múltiplos e submúltiplos, que permitem que se trabalhe com valores adequados e numerais de fácil manuseio.

Os mais comuns são:

Múltiplos

E (exa) - 10^{18}

P (peta) - 10^{15}

T (tera) - 10^{12}

G (giga) - 10^9

M (mega) - 10^6

k (quilo) - 10^3

h (hecto) - 10^2

da (deca) - 10^1

Submúltiplos

a (atto) - 10^{-18}

f (femto) - 10^{-15}

p (pico) - 10^{-12}

n (nano) - 10^{-9}

μ (micro) - 10^{-6}

m (mili) - 10^{-3}

c (centi) - 10^{-2}

d (deci) - 10^{-1}

1ª Experiência - O Osciloscópio

I – Objetivo – Entender o comportamento, as funções e o manuseio do osciloscópio

O osciloscópio é um instrumento eletrônico largamente utilizado para medições elétricas. O componente principal do osciloscópio é o tubo de raio catódico (CRT), indicado na figura abaixo. Este tubo é muito utilizado para se obter uma exposição visual de informações eletrônicas também de outras aplicações como sistemas de radar, receptores de televisão, computadores, etc... O CRT é um tubo internamente à vácuo na qual elétrons são acelerados e desviados sob a influência de campos elétricos.

O feixe de elétrons é produzido por um conjunto chamado de canhão de elétrons, localizado na parte anterior e mais estreita do tubo. O conjunto é formado por um aquecedor (H), por um catodo (C) e por um anodo positivamente carregado (A). Uma corrente elétrica é mantida no aquecedor causando o aumento da temperatura no catodo. O catodo é aquecido o suficiente até saturar os elétrons ali contidos. O feixe de elétrons em alta temperatura atravessa o anodo por um orifício no centro do mesmo. Os elétrons sem distúrbio que conseguem atravessar o anodo pelo orifício seguem por uma linha reta até se encontrarem com a face do CRT. A tela na frente do tubo é feita de um material que emite luz visível quando bombardeada por elétrons. Isto resulta numa imagem visível na tela do CRT.

Os raios são desviados em várias direções por dois pares de placas colocadas ortogonalmente entre si. Para se entender como as placas de desvio operam, vamos considerar primeiro as placas de desvio horizontal. Circuitos elétricos externos são usados para controlar e modificar a quantidade de carga presente nestas placas, com carga positiva sendo colocada numa placa e negativa noutra. Com o aumento da carga injetada, aumenta-se também o campo elétrico entre as placas, que causa o desvio do feixe de elétrons de sua linha reta. A face do tubo é levemente fluorescente, e com desvio do feixe o efeito do movimento horizontal de imagens na tela é percebido devido a variação do campo elétrico. O aumento gradual de carga na placa de desvio horizontal acarreta o desvio do feixe do centro para o lado da tela (movimento horizontal).

As placas de desvio vertical agem da mesma forma, com a diferença que é criada não mas uma linha horizontal na tela e sim uma vertical. Na prática, as placas de desvio horizontal e vertical são usadas simultaneamente. As variações verticais e horizontais do feixe criam a imagem do sinal elétrico do dado circuito.

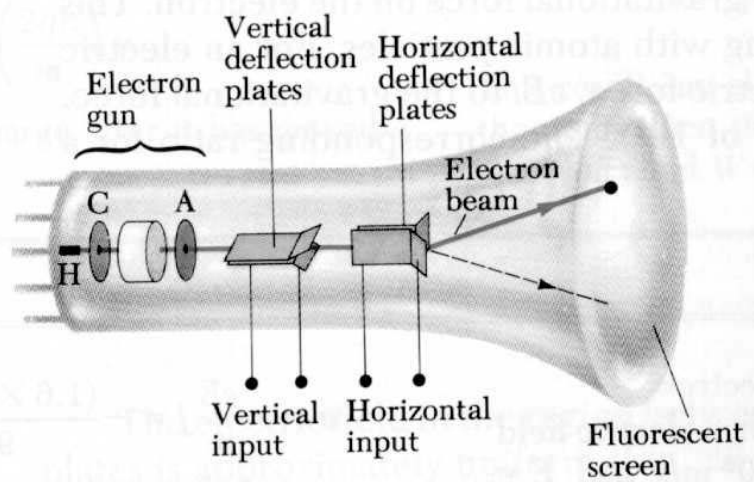


Figura - Tubo de raio catódico (CRT) de um osciloscópio

II – Material –

- Gerador de função
- Osciloscópio

III – Procedimento –

Apresentar as funções e manuseio do gerador e do osciloscópio.

IV – Conclusão –

V – Questões –

A partir do sinal senoidal analisado no osciloscópio, encontre:

- 1) A amplitude do sinal (A_o) “ou tensão de pico (V_p)” em volts.
- 2) A tensão pico à pico (V_{pp}) em volts.
- 3) O período do sinal (T) em segundos.
- 4) a frequência do sinal (f) em hertz.
- 4) A velocidade do sinal (v) em metros por segundo (sinal propagado em um condutor elétrico).
- 5) O comprimento de onda (λ) em metros.
- 7) A velocidade angular do sinal (ω) em rad/s.
- 6) Escreva a função do sinal - $F(t) = A_o \cos(\omega t + \phi)$, considerando a referência de fase igual a zero.

2ª Experiência – Eletrização por atrito

I – Objetivo – Demonstrar a existência de forças elétricas e cargas pela fricção de corpos não condutores. Observar a indução eletromagnética e a eletrização por atrito.

II – Material –

Apresentado por um vídeo (do MIT)

- 2 balões infláveis;
- 2 pedaços de fios isolantes;
- Régua de medição;
- Peça de lã.

Apresentado em sala de aula

- Pente de cabelo;
- Pequenos pedaços de papel;
- Balão inflável;
- Peça de Lã;

III – Procedimento –

Exemplo A (vídeo)

Pendurar dois balões cheios de ar em dois fios isolantes que são fixos num mesmo ponto. Friccionar os balões com seda e soltar os mesmos. Medir os dados abaixo e calcular o valor da carga contida num balão.

FIGURA - Repulsão de cargas

$l =$

$r =$

$g =$

$\epsilon_0 =$

$M =$

$q = \text{?????????}$

Qual o número de elétrons que oferecem esta carga?

Exemplo B

Friccionar várias vezes o pente no cabelo. Aproximar o pente a os pequenos pedaços de papel.

- O que aconteceu?
- Qual o porque disto?

Exemplo B

Friccionar o balão inflável com um pedaço de lã. Aproximar o balão da parede.

- O que aconteceu?
- Porque?

Obs. Conclusão da existência de dois estágios diferentes de eletrificação descoberta por Benjamin Franklin (século XVIII). E existem forças atrativas e repulsivas entre corpos com esses dados estágios.

$$F = \frac{|q_1||q_2|}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

IV – Conclusão –

V – Questões –

- 1) Após a eletrificação local do corpo isolante, a carga é espalhada por todo o corpo? Por quê?
- 2) Quando as roupas são retiradas no escuro, num dia seco, são observadas faíscas (são pelo menos escutadas). Explique o porque.
- 3) Explique, do ponto de vista atômico, por que as cargas são transferidas por elétrons.
- 4) Um pente carregado atrai pequenos pedaços de papel, mas quando tocados, são repelidos pelo pente. Por quê?
- 5) Porquê algumas roupas, depois de retiradas do secador de roupas, tem a tendência de grudar em seu corpo?
- 6) Quais as similaridades e as diferenças entre a Lei Universal da Gravitação de Newton $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ e a Lei de Coulomb $F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$.
- 7) Porquê, no vídeo, os balões foram levemente atraídos pelo corpo do professor e pela régua?
- 8) O ar condicionado facilita ou dificulta a experiência? Por quê?

PERGUNTAS EXTRAS SOBRE ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO

V – Questões –

- 1) Uma esfera metálica descarregada, suspensa por um fio metálico e isolante é tocada por uma barra de borracha carregada. Após a separação, a barra é novamente aproximada à esfera e a mesma é repelida. Por quê?
- 2) Explique o que significa um átomo neutro.
- 4) Quando os elétrons saíram da esfera metálica em direção à terra, quem estava eletricamente mais negativo? Quem possuía um maior potencial elétrico? Qual a direção da corrente elétrica?
- 5) Se um objeto A suspenso é tocado por um objeto B, o qual está carregado, podemos afirmar que o objeto A está carregado? Por quê?
- 6) Qual a diferença entre eletrificação de um objeto por indução e por condução?
- 7) Se um objeto metálico recebe uma carga positiva, sua massa aumenta, diminui ou permanece a mesma? E se recebe uma carga negativa?

3ª Experiência - Linhas de Campo Elétrico

I – Objetivo – Mostrar as linhas de campo elétrico e suas propriedades

$$E = \frac{F}{q_o}$$

O campo elétrico num ponto do espaço é definido como a força F agindo numa carga de prova colocada neste ponto dividido pela magnitude desta carga de prova q_o .

Apesar de não parecer, este campo é externo e independente da carga de prova. Ele é totalmente dependente da outra carga que age sobre o ponto onde a carga de prova está. Podemos até fazer q_o tender a zero sem causar problemas. A equação que melhor define o campo elétrico em V/m é:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_o r^2} \hat{r}$$

Uma forma conveniente de se visualizar o comportamento do campo elétrico é desenhar as linhas de campo que estão na mesma direção de E .

II – Material –

- Fonte DC;
- Medidor DC;
- Limalha de ferro.

III – Procedimento –

Testar duas cargas com magnitudes iguais, e depois com magnitudes diferentes. Analisar o comportamento das linhas de campo e a quantidade (visualmente) de linhas que sai da carga positiva e a quantidade que entra na carga negativa.

- O que aconteceu?
- Porque?

Obs1 - O vetor campo elétrico E é tangente às linhas de campo elétrico em cada ponto.

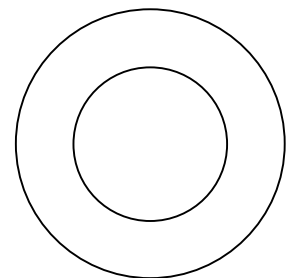
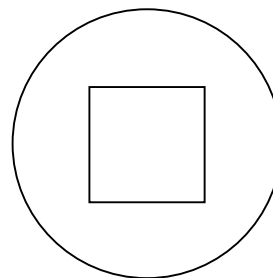
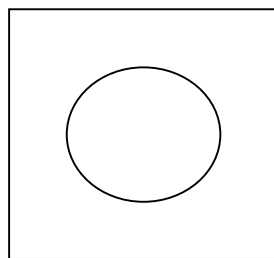
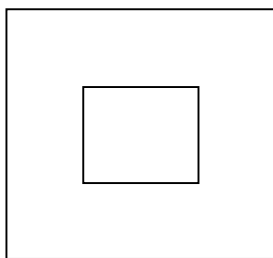
Obs2 - O número de linhas por unidade de área da superfície perpendicular às linhas é proporcional à força do campo elétrica nesta região. Então \vec{E} é grande quando as linhas de campo estão próximas e pequeno quando estão afastadas.

Obs3 – Para uma fonte ou um receptor paralelo, as linhas de campo saem e chegam ortogonalmente, já para circular, radialmente.

IV – Conclusão –

V – Questões –

- 1) É possível existir um campo elétrico num espaço vazio? Por quê?
- 2) Explique porque as linhas de campo não formam um percurso fechado.
- 3) Explique porque as linhas de campo elétrico nunca se cruzam.
- 4) Explique o que acontece com a magnitude do campo elétrico quando a distância entre a carga de prova tende a zero. E quando a distância entre a carga de prova e a carga geradora do campo tende a zero.
- 5) Se um elétron com velocidade v_0 numa direção x atravessar um campo elétrico numa direção y , perpendicular a x , qual será o tipo de trajetória deste elétron.
- 6) As placas metálicas abaixo são carregadas, sendo as externas positivamente e as internas negativamente (ou apenas potencial nulo), com um dielétrico colocado entre as estruturas externa e interna. Desenhe as linhas de campo atentando para o formato da linha e o sentido do campo. Obs: Suponha um total de 32 linhas para cada estrutura.



4º EXPERIÊNCIA

POTENCIAL ELÉTRICO E CAPACITOR DE PLACAS PARALELAS

Objetivos

Estudar a distribuição das linhas equipotenciais e de campo elétrico entre pares de condutores. Determinar a capacitância de capacitores de placas paralelas e verificar a influência dos parâmetros envolvidos, especialmente da permissividade elétrica. Familiarizar o aluno com medições de potencial e capacitância.

Equipamento

1. Base de montagem com quatro estruturas de pares de condutores de cobre com grafite entre eles.
2. Montagem de capacitores de placas paralelas quadradas de 20 cm de lado, em alumínio e cobre.
3. Diversos dielétricos.
4. Fonte de alimentação DC: 30 V/3 A.
5. Multímetro digital.
6. Ponte de medição RLC.
7. Cabos terminados com pinos banana.
8. Cabos terminados com pinos banana de um lado e garra jacaré do outro.
9. Calculadora.

Fundamentos Teóricos

Potencial Elétrico (eletrostático)

A diferença de potencial é definida como o trabalho realizado (por uma força externa) para mover uma carga positiva unitária de um ponto a outro em um campo elétrico:

$$V_{AB} = - \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{l}, \quad (1)$$

onde V_{AB} é a ddp entre os pontos A e B, ou seja, o trabalho para mover a carga unitária de B (inicial) para A (final).

A ddp é medida em joules/coulomb, ou, mais comumente, em volt.

Se o potencial em A for V_A e em B, V_B (ambos tendo o mesmo ponto de referência zero), então

$$V_{AB} = V_A - V_B. \quad (2)$$

Se a equação (1) for aplicada a um elemento de comprimento muito pequeno, ao longo do qual \vec{E} é essencialmente constante, pode-se escrever:

$$\Delta V = - \vec{E} \cdot \Delta \vec{l}, \quad (3)$$

ou, obtendo-se o limite,

$$\left. \frac{dV}{dl} \right|_{\max} = E. \quad (4)$$

Esta relação pode ser escrita mais convenientemente como

$$\vec{E} = -\nabla V. \quad (5)$$

Isto mostra duas características da relação entre \vec{E} e V em qualquer ponto:

1. A magnitude do campo elétrico é dada pelo valor máximo da taxa de variação do potencial com a distância;
2. O valor máximo é obtido quando o sentido de \vec{E} é oposto ao sentido no qual o potencial aumenta mais rapidamente.

A direção em que o potencial aumenta mais rapidamente é perpendicular às superfícies equipotenciais; conseqüentemente, \vec{E} deve ser perpendicular a essas superfícies.

Uma forma de obtenção do potencial em um ponto do espaço é através da Equação de Poisson

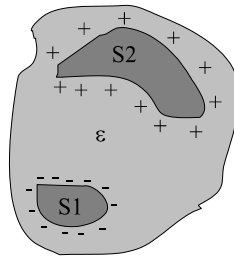
$$\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon}, \quad (6)$$

que, para meios sem fontes (porém com fontes nos contornos) transforma-se na Equação de Laplace

$$\nabla^2 V = 0. \quad (7)$$

Capacitores

Considere um sistema de dois condutores imersos em um meio dielétrico, conforme a figura abaixo. Sendo os condutores perfeitos, as suas cargas são distribuídas nas suas superfícies na forma de densidades superficiais de cargas. O fluxo elétrico é direcionado do condutor positivo para o negativo, existindo uma diferença de potencial V_0 entre eles.



Define-se a capacitância desse sistema como a razão entre as magnitudes da carga total em qualquer dos condutores e a diferença de potencial entre eles:

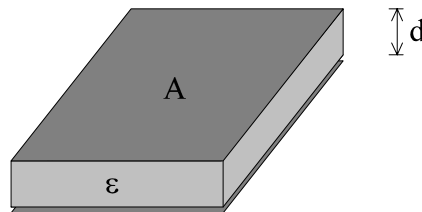
$$C = \frac{Q}{V_0}. \quad (8)$$

Geralmente, determina-se Q através da integral de superfície no condutor positivo e encontra-se V_0 integrando-se o campo elétrico entre os condutores:

$$C = \frac{\oiint_s \epsilon \vec{E} \cdot d\vec{s}}{-\int_-^+ \vec{E} \cdot d\vec{l}}. \quad (9)$$

A capacitância é independente do potencial e da carga, uma vez que sua razão é constante. Ela é somente função da geometria do sistema de condutores e da permissividade elétrica e é medida em farads (F), cuja definição é coulomb por volt.

Um dos sistemas de condutores mais simples é o caso de duas placas paralelas de áreas iguais a A , separadas por uma distância d (muito menor que as dimensões lineares das placas) e contendo um dielétrico de permissividade ϵ .



O campo elétrico e a distribuição de cargas são quase uniformes em todos os pontos não adjacentes às bordas, sendo que esta região contribui somente com uma pequena percentagem da capacitância total. Isso permite escrever:

$$Q = \rho_s A, \quad (10)$$

$$V_0 = \frac{\rho_s}{\epsilon} d, \quad (11)$$

$$C = \frac{Q}{V_0} = \frac{\epsilon A}{d}. \quad (12)$$

Rigorosamente, esta seria a capacitância de uma porção de um par de planos infinitos, com área A .

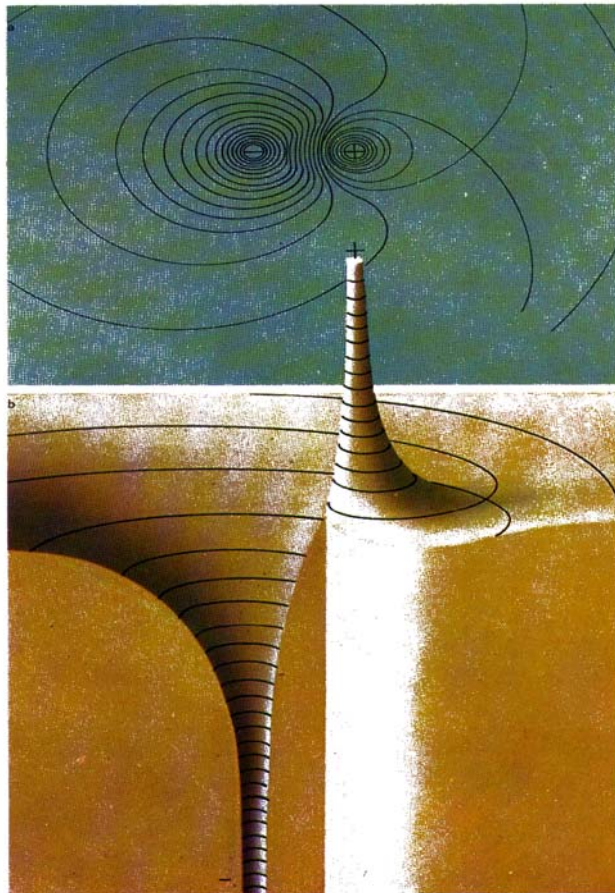
Procedimentos

1. Conectar os cabos com pinos banana à fonte DC e aos terminais da base de montagem com os pares de condutores.
2. Verificar se a fonte DC está na posição 0 V e ligá-la.
3. Posicionar as chaves do conjunto de forma a alimentar o par de condutores de número 1.
4. Ligar o multímetro na escala de voltímetro DC.
5. Fixar uma das pontas de prova do multímetro no condutor externo e percorrer o espaço entre os condutores com a outra ponta, verificando os valores da tensão medida.
6. Inverter a polaridade da fonte e verificar o resultado.
7. Posicionar as chaves do conjunto de forma a alimentar o par de condutores de número 2.
8. Repetir os itens 5 e 6.
9. Idem para os pares de condutores 3 e 4.
10. Desligar todos os equipamentos.
11. Conectar os cabos com pinos banana à ponte de medição RLC e suas extremidades com garras ao conjunto capacitor de placas paralelas.
12. Posicionar as placas a determinada distância e medir a capacitância.

13. Calcular a capacitância teórica e comparar os valores obtidos.
14. Variar a distância entre as placas e observar o resultado.
15. Repetir os itens 12 a 14 para os diversos tipos de dielétricos disponíveis.
16. Desligar os equipamentos.

Questões

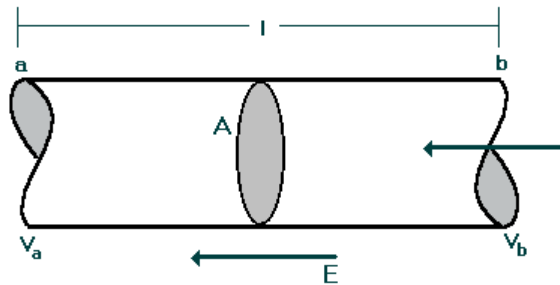
1. Qual a função básica de um capacitor?
2. Cite duas funções exercidas por capacitores nos circuitos elétricos!
3. Nos pares de condutores utilizados no experimento, as linhas de campo elétrico estão sempre mais concentradas em um dos condutores. Em qual e por que razão?
4. Por que se utilizou grafite entre os pares de condutores? Seria possível substituí-la por outro material? Em caso positivo, cite exemplos!
5. Qual o princípio de funcionamento da ponte de medição RLC?
6. Comente eventuais diferenças encontradas entre os valores de capacitância medidos e os calculados! A que causas essas diferenças podem ser atribuídas?
7. Explique o que é o dispositivo conhecido como Gaiola de Faraday e comente sua importância prática!
8. Comente a figura abaixo!



5ª Experiência - Resistores

I – Objetivo – Identificar a resistência de um resistor pelo código de cores

$$V_b - V_a = -\int_a^b E \cdot ds = E \int_0^l dx = E \cdot l$$
$$R = \rho \frac{l}{A}$$



II – Material –

- Resistores;

III – Procedimento –

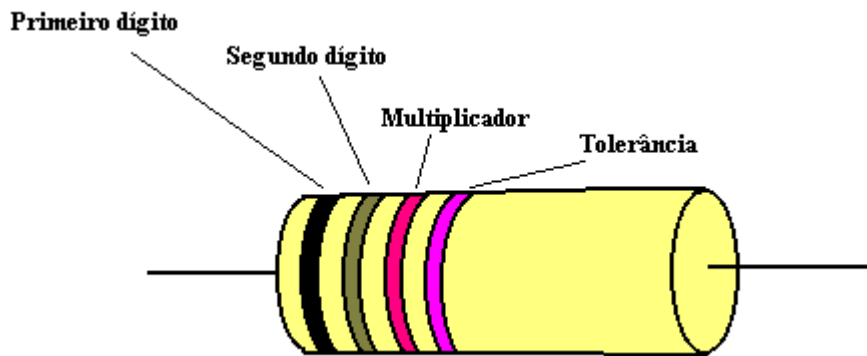


TABELA – CÓDIGO DE CORES PARA RESISTORES

COR	NÚMERO	MULTIPLICADOR	TOLERÂNCIA (%)
Preto	0	1	
Marrom	1	10^1	
Vermelho	2	10^2	
Laranja	3	10^3	
Amarelo	4	10^4	
Verde	5	10^5	
Azul	6	10^6	
Violeta	7	10^7	
Cinza	8	10^8	
Branco	9	10^9	
Ouro		10^{-1}	5 %
Prata		10^{-2}	10 %
Sem cor			20 %

IV – Conclusão –

V – Questões –

- 7) Dois condutores de mesmo comprimento e raios são conectados a mesma diferença de potencial. Um condutor possui o dobro de resistividade do outro. Qual condutor dissipará mais energia?
- 8) Quando lâmpadas incandescentes queimam, elas sempre o fazem logo após serem ligadas. Por quê?
- 9) Duas lâmpadas incandescentes operam em 110 V, mas uma delas dissipa uma potência de 25 W e a outra de 100 W. Qual delas possui uma maior resistência? Em qual delas a corrente é maior?

6ª EXPERIÊNCIA - CAMPO MAGNÉTICO

Objetivos

Observar a distribuição das linhas de campo magnético resultante da ação de ímãs permanentes e eletroímãs.

Equipamento

10. Bobinas
11. Ímãs
12. Limalha de ferro
13. Fonte de alimentação.

Fundamentos Teóricos

O campo magnético existe no espaço em torno de um ímã permanente ou de um fio conduzindo corrente elétrica. O módulo, a direção e o sentido do campo magnético são representados pelo vetor densidade de campo magnético B .

As linhas de campo magnético são representadas de forma que a direção do campo em qualquer ponto é dada pela tangente à linha de campo naquele ponto, e o número de linhas que atravessa perpendicularmente uma dada área determina a intensidade do campo magnético, ou seja, a intensidade do campo magnético é diretamente proporcional ao número de linhas que atravessa perpendicularmente uma dada área.

As linhas de campo magnético sempre formam curvas fechadas, ao contrário do campo elétrico onde as linhas começam e terminam em uma carga.

As linhas de campo magnético para um ímã em forma de barra são mostradas na figura 1. Observe que essas linhas são curvas fechadas passando através do ímã. As linhas de campo magnético se aglomeram próximo às extremidades do ímã, por isso concluímos que o campo magnético é mais intenso naquela região. Essas extremidades são chamadas de pólos do ímã, denominados norte, por onde saem as linhas de campo, e sul por onde entram essas linhas.

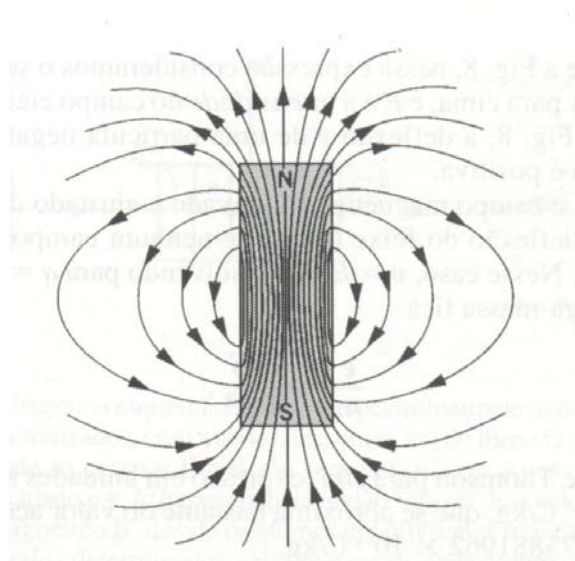


Figura 1. Linhas de campo magnético de uma barra imantada.

Pólos contrários se atraem (logo, pólo norte de um ímã atrai o sul de um outro), e pólos semelhantes se repelem. Uma bússola nada mais é que um ímã suspenso, com sua extremidade norte apontando para o norte geográfico.

Procedimentos

17. Ligue o eletroímã na fonte.
18. Posicione o eletroímã ao centro e sob a base
19. Espalhe a limalha sobre a base.
20. Ligue a fonte em 20 V.
21. Observe e interprete a disposição da limalha sobre a base.
22. Repita os procedimentos com eletroímã colocado em outras posições.
23. Substitua a fonte e o eletroímã pelos ímãs permanentes.
24. Observe e interprete a disposição da limalha sobre a base.

Questões

9. Se um elétron em movimento é desviado lateralmente ao passar por uma determinada região, podemos afirmar que existe em campo magnético nessa região?
10. Campos elétricos podem ser representados por superfícies equipotenciais. O mesmo se aplica a campos magnéticos? Explique
11. Um feixe de elétrons pode ser desviado tanto por um campo elétrico como por um campo magnético. Qual o melhor método? Qual o mais rápido?
12. Por que não definimos simplesmente o sentido do campo magnético pelo sentido da força magnética que atua sobre uma carga em movimento?
13. Cite duas maneiras de produzir campo magnético.
14. Cite três aplicações práticas que envolvam aplicação de campo magnético

7ª Experiência – Trabalho de Conclusão de Laboratório

O aluno deverá montar um experimento relacionado com a disciplina Eletricidade. O experimento é de livre escolha do aluno, apenas deverá submeter ao professor da disciplina para avaliar a compatibilidade com a mesma e a viabilidade técnica e financeira para a execução (neste último, exceção aos casos em que o aluno execute o experimento com recursos próprios).

Avaliação

1. Testes em classe - TC
2. Relatórios dos Experimentos - RExp
3. Trabalho de Conclusão de Laboratório - TCL

$$MédiaFinal = \frac{(TC + RExp + TCL)}{3}$$

Contato:

e-mail: gervasio@ufpa.br

Fone: 3201-7901.

<http://www.engcomp.ufpa.br>