

#### 4. CAPACITOR VARIÁVEL E DIELÉTRICOS

##### INTRODUÇÃO

O capacitor é um dos componentes eletrônicos mais fundamentais em circuitos elétricos, como a resistência e a indutância.

Os capacitores são constituídos de duas placas condutoras separadas por materiais isolantes. As placas metálicas dos capacitores são carregadas com cargas opostas e com o mesmo valor em módulo, criando o campo elétrico saindo da placa carregada positivamente e indo para a carregada negativamente, com uma diferença de potencial entre as placas e as equipotenciais perpendiculares ao campo elétrico e entre as placas metálicas (Figura 3.1). As placas metálicas de área  $A$  são separadas por uma distância  $d$  de forma que o valor de  $d$  é muito menor que o comprimento e largura das placas. Com esta consideração, pode-se desprezar os efeitos de borda do capacitor.

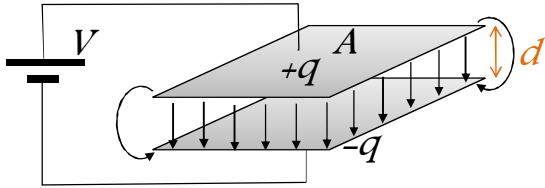


Figura 4.1: Esquema simplificado das linhas de campo formada entre as placas de um capacitor plano de placas paralelas.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad 4.1$$

onde  $\sigma$  é a densidade superficial de carga e  $\epsilon_0$  é a permissividade elétrica no vácuo. Como a densidade de carga é a quantidade de carga por área, pode-se reescrever a equação 4.1 da seguinte maneira:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon_0 A} \quad 4.2$$

Lembrando que a diferença de potencial entre as placas será:

$$V \equiv V_+ - V_- = \int_{placa+}^{placa-} \vec{E} \cdot d\vec{s} = E_0 d \quad 4.3$$

Portanto, juntando a equação 2 com a 3 teremos que:

$$V \equiv E_0 d = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d = \frac{d}{\epsilon_0 A} q = \frac{1}{C_0} q \quad 4.4$$

Cuja constante de proporcionalidade entre a diferença de potencial com a carga das placas metálicas é dependente das características geométricas das placas e da distância. Assim, o inverso desta constante de proporcionalidade é chamada de capacitância ( $C$ ).

Desta forma, para capacitores de placas planas e paralelas, a capacitância está expressa na equação 4.5.

$$C_0 = \frac{A\epsilon_0}{d} \quad 4.5$$

Sendo a unidade de medida para capacitância chamada de Faraday (F), onde

$$[1F] = \frac{[1C]}{[1V]} \quad 4.6$$

Na prática são usados múltiplos de faraday, sendo pF, nF,  $\mu$ F e mF são os mais empregados.

Entre as placas do capacitor pode ser inserido um isolante que contenha dipolos elétricos, chamados de dielétricos. Ao submeter os dipolos elétricos a um campo externo, induz o alinhamento destes dipolos formando uma densidade superficial de carga que irá criar um campo elétrico interno ( $\vec{E}_{int}$ ) se opondo ao campo o que gerou ( $\vec{E}_0$ ).

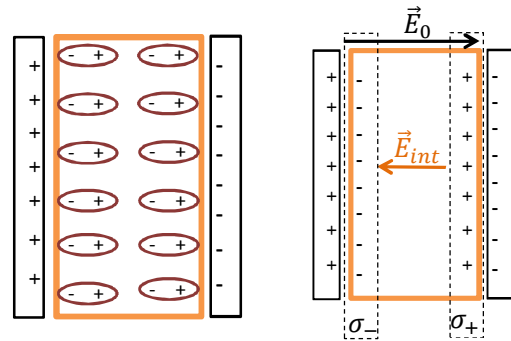


Figura 4.2: Esquema de um capacitor com dielétrico entre as placas metálicas a) esquema demonstrativo do alinhamento de dipolo, b) formação das densidades superficiais de carga e o campo elétrico interno gerado.

Neste caso o campo elétrico resultante é:

$$E = E_0 - E_{int} = \frac{E_0}{k} \quad 4.7$$

Onde  $k$  é a constante dielétrica do material empregado.

A partir da equação 4.3 pode ser reescrita em termos do campo elétrico resultante entre as placas, assim, a equação será:

$$V = Ed = \frac{E_0 d}{k} \quad 4.8$$

E como  $V = \frac{q}{C}$ , pode-se substituir na equação 4.8, obtendo-se:

$$V = \frac{q}{C} = \frac{V_0}{k} \quad 4.9$$

Assim a capacitância com dielétrico será dado por:

$$C = k \frac{q}{V_0} = kC_0 = k\epsilon_0 \frac{A}{d} \quad 4.10$$

Possibilitando obter a permissividade do dielétrico deste capacitor.

## ROTEIRO

### OBJETIVOS

O objetivo geral desta prática é estudar as propriedades intrínsecas de capacitores.

Como objetivos específicos serão determinar a dependência da capacitância em função da distância. A variação da capacitância em função da adição de dielétricos entre as placas metálicas.

### EQUIPAMENTOS

- Capacitor variável com escala de distância (Leybold didactic)
- Capacímetro digital;
- Discos de cartolina;
- Discos de Espuma Vinílica Acetinada (EVA) (etileno acetato de vinila);
- Cabos de conexão;
- Papel milimetrado.

### 1º Experimento – Permissividade elétrica do Ar

#### **OBSERVAÇÃO:**

**NUNCA FORCE A ROSCA SEM FIM DO PACAPITOR VAIÁVEL CASO OCORRA O ENDURECIMENTO DO MESMO.**

**O Capacitor variável tem um parafuso lateral de possibilita deslizar a placa móvel em relação ao corpo deslizante. O ENDURECIMENTO significa que a rosca do suporte móvel chegou ao seu limite. Deve-se retornar um pouco a rosca sem fim e soltar o parafuso lateral, após, empurre o disco até encostar no outro disco, e finalize com o aperto do parafuso lateral novamente.**

**Caso haja alguma dúvida, pergunte ao professor ou ao técnico do laboratório.**

**ATENÇÃO: CUIDADO COM O MAL CONTATO NOS TERMINAIS DO CAPACITÍMETRO, este poderá ocasionar erros de medida.**

Inicialmente, meça a área do capacitor variável antes de ligar qualquer equipamento no mesmo.

Após, conecte o capacitor variável ao capacitímetro (multímetro em modo de

capacímetro) na escala de 2nF como representado na Figura 4.3.

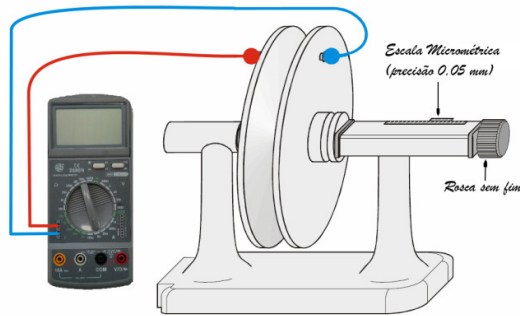


Figura 4.3: Esquema de ligação do capacitor variável ao capacímetro.

Varie a distância das placas do capacitor e meça a capacitância do mesmo. Construa uma tabela com os resultados obtidos.

Faça um gráfico da capacitância em função da distância das placas e discuta o gráfico obtido.

Com os resultados obtidos no primeiro experimento, faça a linearização da curva e obtenha a permissividade elétrica do Ar.

## 2º Experimento – Constante dielétrica do papelão e do EVA

Para efetuar as medidas, repita procedimento do experimento 1, mas adicionando as lâminas de dielétricos entre as placas do capacitor como ilustrado na Figura 4.4.

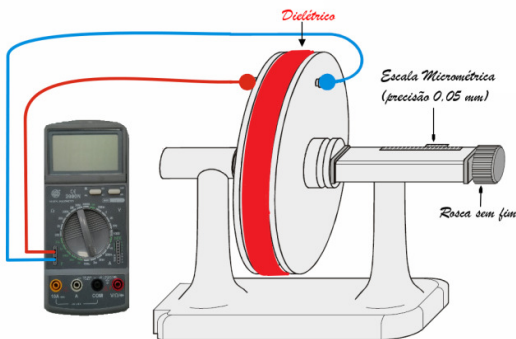


Figura 4.4: Esquema de ligação do capacitor variável com dielétrico entre as placas metálicas.

Monte uma nova tabela para os resultados obtidos para o capacitor com o papel entre as placas metálicas e outra tabela utilizando o EVA.

Faça a linearização dos resultados obtidos e determine as constantes dielétricas do papel e do EVA.

Compare com a Tabela 2 e discuta a diferença entre os resultados obtidos e tabelados.

Tabela 2: Constante dielétrica, rigidez dielétrica de materiais diversificados.

Material	Constante dielétrica	Rigidez dielétrica (KV/mm)	Estado da matéria
Ar	1,00054	0,8	Gás
Acetato de celulose	3,3 a 3,9	9,8 a 23,6	Sólido
Vidro	7,6 a 8	7,8 a 9,8	Sólido
Mica	5,4	150 a 220	Sólido
Papel	3	7,8	Sólido
Parafina	2,1	?	Sólido
Poliestireno	2,6	>20	Sólido
Porcelana	5,1 a 5,9	1,6 a 4	Sólido
Quartzo	3,8	39,4	Sólido
Teflon	2,1	>40	Sólido
Vácuo	1	infinito	n/a
Água	76,5 a 80		Líquido
Policarbonato	2,9-3,2	15-70	Sólido
Policloreto de vinila (PVC)	s/ dado	18	Sólido
Polietileno de alta densidade	2,28	>22	Sólido
Polietileno de baixa densidade	2,28	>20	Sólido
Vinil	2,8 a 4,5	?	Sólido
Etileno acetato de vinila	2,8	21	Sólido