

1 Objetivos

- Determinar experimentalmente a permissividade elétrica do vácuo (ϵ_0) utilizando um condensador de placas paralelas com ar entre as placas.
- Determinar a permissividade relativa (ϵ_r) de um ou mais materiais dielétricos finos (por exemplo, papel de celulose, polímeros, entre outros).
- Verificar experimentalmente a relação entre a capacidade de um condensador e a distância entre placas: $C \propto \frac{1}{d}$.

2 Introdução teórica

Quando se aplica uma diferença de potencial entre dois condutores, é criado no espaço entre eles um campo elétrico. Esse campo faz com que as cargas elétricas se movam até se acumularem nas superfícies dos condutores (positivo de um lado, negativo do outro), i.e., uma separação de cargas. Um condensador é um dispositivo que é capaz de armazenar carga elétrica. A capacidade elétrica C é definida por

$$C = \frac{Q}{V}$$

onde Q é a carga armazenada ($+Q$ na placa carregada positivamente e $-Q$ na placa carregada negativamente) e V a diferença de potencial. Para um condensador de placas paralelas, desprezando efeitos de borda, a capacidade é dada por

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

sendo A a área efetiva de sobreposição das placas, d a distância entre as placas, $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$ a permissividade do vácuo e ϵ_r a permissividade elétrica relativa do material.

No caso do ar, $\epsilon_r \approx 1$ pelo que é possível determinar experimentalmente ϵ_0 .

Utilizando apenas ar entre as placas do condensador, pretende-se verificar a dependência da capacidade elétrica com a distância entre placas e determinar experimentalmente a permissividade elétrica do vácuo.

Segurança: Não toque no condensador durante as medições, uma vez que o corpo humano introduz capacidades parasitas que afetam os resultados experimentais.

3 Atividade experimental

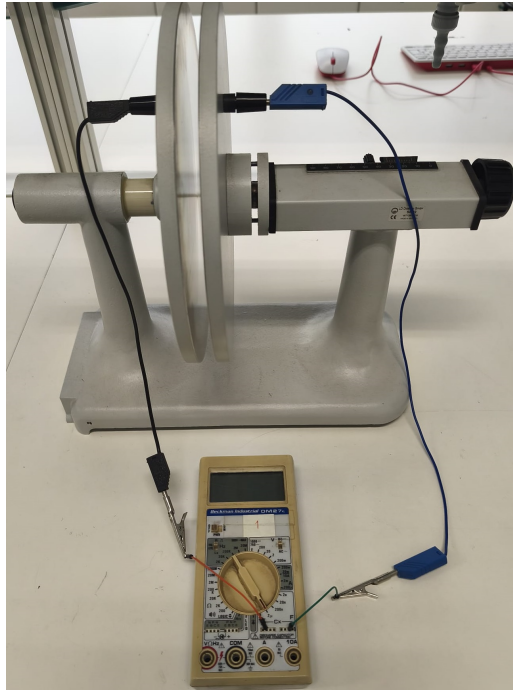


Figura 1 - Montagem experimental

A atividade divide-se em duas partes.

3.1 Experiência 1 – Determinação da permitividade elétrica do vázio ϵ_0

Pretende-se estudar a variação da capacidade elétrica de um condensador de placas paralelas em função da distância entre as placas e determinar experimentalmente a permitividade elétrica do vázio ϵ_0 .

Mantendo apenas ar entre as placas:

- medir a capacidade para diferentes distâncias entre placas;
- verificar a dependência de C em relação a d . Escolha um incremento inicial de 1 mm. Depois pode alterar.
- linearizar a relação através da transformação logarítmica

3.2 Experiência 2 – Determinação da permitividade relativa de dielétricos ϵ_r

Pretende-se determinar a permitividade relativa de materiais dielétricos finos. Para cada material:

- medir a espessura;
- inserir o material entre as placas do condensador;
- medir a capacidade elétrica;
- determinar a permissividade relativa ;
- comparar os valores obtidos com os valores encontrados na literatura.

4 Material necessário

- Condensador de placas paralelas Leybold;
- capacitímetro digital (menor divisão 0,001 nF ou 0,01 nF);
- micrómetro ou craveira;
- folhas de papel de celulose; folhas de polímero;
- régua.

5 Procedimento

5.1 Experiência 1 – Determinação de ε_0

- Meça o diâmetro das placas do condensador;
- determine a área de cada placa;
- meça a capacidade;
- ligue o capacitímetro ao condensador;
- ajuste a distância entre as placas para, sugestão: $d = 0,5; 0,7; 1,0; 1,2, \dots, 10$ mm;
- para cada distância: meça a capacidade;
- garanta que não existem objetos condutores próximos das placas durante as medições.

5.2 Experiência 2 – Determinação de ε_r

- Meça a espessura dos materiais usados para intercalar nas placas do condensador;
- ajuste a distância entre placas para coincidir aproximadamente com a espessura (e) da amostra ($d \approx e$);
- meça a capacidade com o ar;
- introduza completamente a folha entre as placas e se necessário cortar de acordo com o contorno;
- meça a capacidade $C(\text{material})$.

6 Tratamento dos dados experimentais

6.1 Experiência 1 – Condensador com ar ε_0

6.1.1 Representação inicial

$d / ______ \quad C(ar) / ______$

Organize os dados numa tabela na forma:

... ..

Análise exploratória dos dados

- Represente graficamente os valores experimentais da capacidade em função da distância entre placas. $C = f(d)$.
- Descreva qualitativamente a evolução da capacidade quando a distância entre as placas aumenta.
- O gráfico obtido sugere uma relação linear entre as variáveis (C e d)? Justifique.

6.1.2 Investigação de Modelos

Pretende-se determinar qual o modelo matemático mais compatível com os dados experimentais.

Hipótese I: Admita que a capacidade elétrica é inversamente proporcional à distância entre placas.

- Mostre que esta hipótese pode ser escrita na forma $y = a_0 + a_1x$ e identifique a variável x .

$$d / \text{---} \quad C \text{---} \quad \frac{1}{d} / \text{---}$$

- Construa a tabela na forma:

...

- Utilizando o ficheiro método dos mínimos quadrados (*MMQ2*) explorado na disciplina de Física Experimental, efetue o ajuste linear e determine: $a_0 \pm \mu_{a_0}$ e $a_1 \pm \mu_{a_1}$.
- A teoria prevê alguma condição particular para a ordenada na origem?
- Analise se o resultado experimental é compatível com essa previsão.
- Determine um valor experimental de ε_0 .

Hipótese II: Admita que a relação entre as variáveis pode ser descrita por uma lei de potência: $C = kd^m$, com k e m constantes desconhecidas

- Que operação matemática poderá ser aplicada aos dois membros da equação de modo a transformar uma lei de potência numa relação linear?
- Aplique essa operação e reescreva a equação na forma geral de uma reta $y = a_0 + a_1x$.
- Identifique as novas variáveis x e y .
- Identifique os parâmetros $a_0 \pm \mu_{a_0}$ e $a_1 \pm \mu_{a_1}$ em função das constantes físicas do modelo.
- Determine um valor experimental de ε_0 .

6.1.3 Experiência 2 – Determinação da permissividade relativa ε_r

- Construa uma tabela na forma:

Material	$e / \text{---}$	$C(ar) / \text{---}$	$C(material) / \text{---}$	ε_r
Papel				
Plástico				
...	...	...	...	...

- Estabeleça a expressão: $\varepsilon_r = \frac{C_{material}}{C_{ar}}$.
- Determine ε_r para cada material.

7 Questões de discussão

7.1 Análise dos modelos

- A partir do modelo do condensador de placas paralelas, duas representações lineares podem ser construídas: $C = f(1/d)$ e $\ln C = f(\ln d)$. Qual das linearizações permite testar mais diretamente a previsão teórica relativa à dependência funcional entre C e d ?
- O valor experimental do declive é compatível com a previsão teórica $a_1 = -1$? Justifique utilizando a respetiva incerteza.

7.2 Determinação de ε_0

- Qual das linearizações permite determinar mais diretamente ε_0 ? Justifique.
- Compare os dois valores experimentais obtidos para ε_0 .
- Determine os intervalos experimentais associados a cada resultado.
- Verifique se os intervalos apresentam sobreposição.
- Com base nessa análise, conclua se os dois métodos conduzem a resultados compatíveis.
- Caso existam diferenças significativas, proponha possíveis causas experimentais.
- Os valores obtidos para ε_0 são compatíveis com o valor tabelado?

7.3 Determinação de ε_r

- Porque aumenta a capacidade do condensador quando se introduz um dielétrico entre as placas?
- Qual dos materiais estudados apresentou maior valor de ε_r ?
- Os valores obtidos são compatíveis com os valores encontrados na literatura?