



## Mecânica e Campo Eletromagnético

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Ano letivo 2017/2018

---

### TRABALHO 4: CONDENSADOR DE PLACAS PARALELAS

#### Objetivos

- Estudar a relação entre a carga acumulada num condensador e a diferença de potencial entre as placas paralelas que o constituem.
- Estudar a relação entre a capacidade de um condensador de placas paralelas e a distância entre as mesmas.

## 1. INTRODUÇÃO

Quando se estabelece uma diferença de potencial  $V$  entre as duas placas de um condensador, a placa positiva adquire uma carga  $+Q$  e, a outra placa uma carga simétrica,  $-Q$ . Estas duas grandezas são proporcionais, a constante de proporcionalidade tem o nome de capacidade e é habitualmente representada pelo símbolo  $C$ :

$$Q = CV \quad (1)$$

No caso do condensador que vamos usar, as placas são circulares, com um diâmetro de 18 cm. Se mantivermos fixa a distância  $d$  entre as placas, com  $d$  muito mais pequeno que o diâmetro das placas, podemos dizer que é uma boa aproximação escrever a expressão da capacidade do condensador de placas paralelas como:

$$C_{//} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} \quad (2)$$

onde  $A$  é a área das placas,  $\epsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12}$  F/m é a permitividade do vazio, uma constante universal, e  $\epsilon_r$  é a permitividade relativa ou constante dielétrica relativa do material que enche o espaço entre as duas placas do condensador. Para o ar podemos considerar  $\epsilon_r = 1$ .



## 2. PREPARAÇÃO DO TRABALHO<sup>1</sup>

1. Faça estimativas do valor da capacidade do condensador de placas paralelas para distâncias entre as placas de 1mm e 5mm.
2. Relacione a tensão medida à saída do eletrómetro e a carga proveniente do condensador de placas paralelas.
3. Linearize a equação (1) de modo a obter a capacidade do condensador.
4. Linearize a equação (2) de modo a obter a constante dielétrica a partir das medidas de capacidade e distância entre armaduras.
5. Faça uma pesquisa para encontrar o valor da constante dielétrica do vidro acrílico (Plexiglass).
6. Tendo em consideração a expressão (2) deduza uma fórmula para calcular  $\epsilon_r$  a partir das capacidades do condensador com e sem meio dielétrico entre as placas.

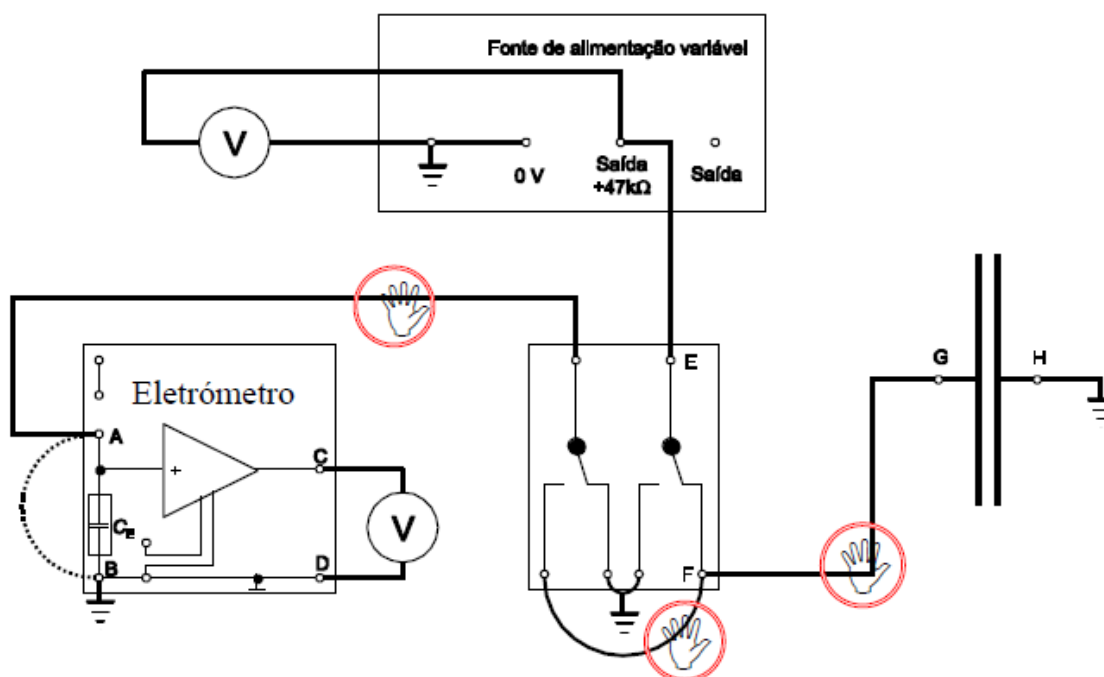
---

<sup>1</sup> Se tiver dúvidas consulte o docente

### 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

#### Parte 1

Na primeira parte deste trabalho, vamos aplicar uma diferença de potencial ao condensador, carregando-o, e depois medir a carga que ele acumulou. Repetindo a experiência para diferentes valores de  $V$ , iremos confirmar a relação de proporcionalidade e obter uma estimativa para o valor da capacidade.

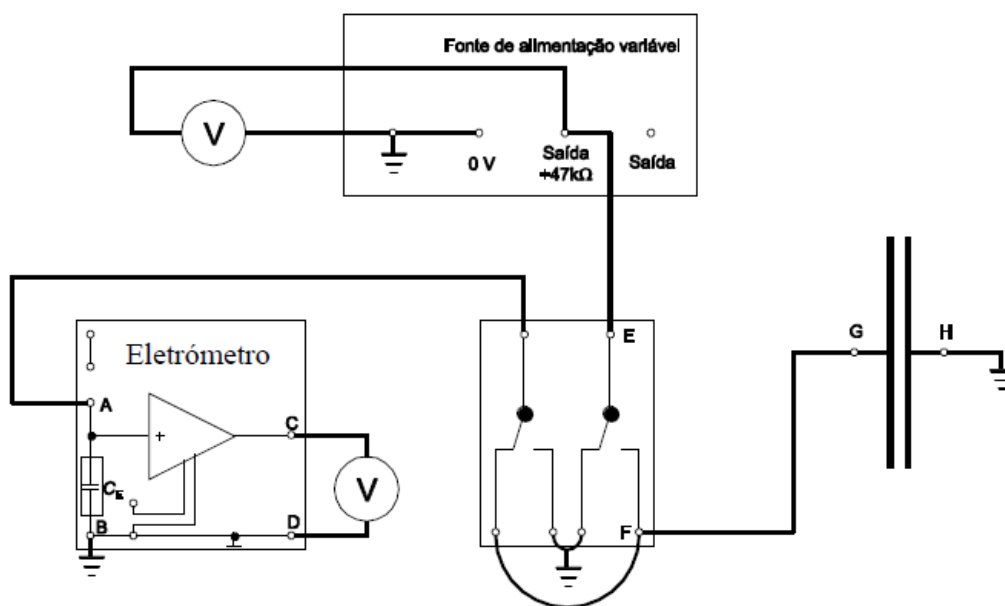


**Figura 1.** Esquema da montagem experimental para a Parte 1.

A Figura 1 representa a montagem experimental que deve estar sobre a sua bancada. As linhas mais grossas representam os cabos flexíveis de ligação. Verifique que tudo está corretamente ligado. Tome em atenção que nem todos os cabos estão representados: para simplificar a compreensão do esquema, os cabos que unem todos os quatro pontos ligados à terra não foram desenhados, mas têm que estar presentes ao longo da experiência.

O cabo representado a tracejado que curto-circuita os pontos A e B do eletrômetro está ali para o proteger; **retire-o para poder realizar a experiência**. Ligue à bancada o

transformador que fornece a alimentação do eletrômetro. As ligações sobre as quais se encontra o símbolo “I” não devem tocar em nenhum sítio, isto é, devem ter um percurso inteiramente aéreo. Para compreender porquê, toque com um dedo no isolamento de uma delas quando o interruptor estiver na posição representada na Figura 2 e verifique o que acontece.



**Figura 2.** Esquema da montagem experimental.

Coloque a placa de plástico (Plexiglass), de espessura igual a 3.0 mm, entre as placas do condensador, tentando obter um contato físico total entre as duas faces da placa de plástico e as duas faces internas do condensador, que assim ficam perfeitamente paralelas.

Confirme que a posição do interruptor é a representada na Figura 1, ligue a fonte de alimentação (ON) e escolha um valor de  $V$ . A figura mostra que a entrada do eletrômetro está curto-circuitada, pois o ponto A está ligado à terra através do interruptor. Sendo assim,  $C_E$  (10nF) está descarregado e a leitura na saída do eletrômetro é nula. Em contrapartida, ao condensador de placas paralelas foi aplicada uma diferença de potencial igual à da saída da fonte de alimentação, carregando-o com uma carga  $Q$ .

Em seguida, mude o interruptor para a posição indicada na Figura 2. A figura mostra que a saída da fonte de alimentação foi curto-circuitada pelo interruptor: em geral isto é algo que não se pode fazer com uma fonte de tensão, mas como estamos a usar uma saída protegida por uma resistência de 47 kW , esse problema não se coloca. O mais importante, contudo, é que ao mesmo tempo que foi desligado da fonte de alimentação, o terminal G do condensador entrou em contato elétrico com o ponto A, pelo que os dois condensadores ficaram ligados. Como  $C_E \gg C_{//}$  , admitimos que a carga passa integralmente do condensador de placas paralelas para o condensador do eletrómetro, e assim podemos medi-la com o voltímetro ligado à sua saída.

Desta forma, obtemos um par de medidas dos valores da tensão aplicada aos terminais do condensador de placas paralelas e da respetiva carga. Repetindo as ações indicadas nos dois parágrafos anteriores, para diferentes valores de diferença de potencial (sugestão: aproximadamente de 50 em 50V, até um máximo de 500V), poderemos representar graficamente a carga do condensador de placas paralelas em função da diferença de potencial.

Repita toda a experiência, agora sem a placa de plástico entre as placas do condensador. É muito importante que as placas se mantenham paralelas e à distância de 3 mm. Gaste algum tempo, se necessário, para ficar com a configuração mais perfeita possível. Tome em atenção que não pode tocar nas placas do condensador enquanto efetua medidas, pois iria descarregá-lo através do seu corpo. Quando terminar, desligue a alimentação do eletrómetro.

## Parte 2

Na segunda parte deste trabalho, vamos estudar a variação da capacidade do condensador de placas paralelas em função da distância entre as placas. O esquema elétrico do circuito é o mesmo da Parte 1. Mas agora as medidas vão ser realizadas para uma tensão constante da fonte: 250V. Iremos então variar a distância entre as placas do condensador entre os valores de 2 e 7 mm, com intervalos de 1 mm. Para definir com a melhor precisão possível a distância entre as placas utilizaremos um conjunto de 3 placas

isolantes com as espessuras de 2, 3 e 4 mm, respetivamente. Estas placas, sós ou associadas duas a duas, permitem obter todos os valores entre 2 e 7 mm. O procedimento para estabelecer uma determinada distância entre placas será semelhante ao já utilizado na Parte 1. Procura-se, assim, que as placas do condensador fiquem o mais apoiadas possível na ou nas placas isolantes e apertam-se os parafusos que fixam as placas do condensador. Em seguida, efetua-se a medida. Enquanto estiver a trabalhar manualmente com o condensador de placas, desligue a fonte de alimentação.

#### 4. ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

**Com base nesta secção, deverá preparar o relatório preliminar obrigatoriamente entregue ao docente no final da aula.**

##### Parte 1

Comece por tratar os resultados relativos ao condensador com ar entre as placas. A representação gráfica dos resultados deverá mostrar uma proporcionalidade entre as grandezas medidas. A constante de proporcionalidade é a capacidade do condensador: obtenha uma estimativa e respetivo erro para esta grandeza.

Compare criticamente com o valor que obtém a partir da expressão da capacidade do condensador de placas paralelas, utilizando os valores conhecidos das dimensões geométricas do condensador e considerando que a constante dielétrica relativa do ar é aproximadamente igual a 1.

O tratamento gráfico das medidas realizadas com o plástico entre as placas do condensador deverá indicar um maior valor da capacidade. Estime o valor da constante dielétrica relativa deste tipo de plástico.

Para a análise de dados requerida, comece por elaborar uma tabela com os dados da tensão aplicada, tensão lida no eletrómetro e o valor correspondente de carga elétrica, com e sem acrílico entre as placas do condensador.

## **Parte 2**

Para cada par de resultados experimentais ( $V_{el}$ ,  $d$ ), determine o valor de capacidade correspondente ( $C_{exp}$ ). Represente graficamente uma reta  $C_{id}(x) = \epsilon_r \epsilon_0 A x$ , com  $x = 1/d$ , e  $d$  entre 1 e 8 mm ( $A$  é a área das placas do condensador). Represente os pontos experimentais, também em função de  $x = 1/d$ . Tire conclusões. Pode efetuar uma regressão linear e estimar a constante dielétrica.

### **Procedimentos finais**

Deixe o equipamento ligado de acordo com a Figura 1, incluindo o cabo que liga A a B. Confirme que o transformador que alimenta o eletrómetro está desligado e que a fonte está na posição OFF. Não abandone o laboratório sem que o docente verifique o equipamento.

### **BIBLIOGRAFIA**

- [1] Alonso & Finn, *Física: um curso universitário*, vol. 1, 3ª edição, editora Edgard Blucher, São Paulo, 1972, pp. 487.
- [2] Serway, R. A., *Physics for Scientist and Engineers with modern Physics*, 2000, Saunder College Publishing

