

FAP2292 Física para Engenharia Elétrica III

LABORATÓRIO

Nome: \_\_\_\_\_ Nº USP:

Companheiros:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**1**

**R**

**EXPERIÊNCIA 3 O Osciloscópio didático**

**Parte A**

**O Cinescópio**

**ATENÇÃO!!!**

A tensão de aceleração dos elétrons é da ordem de alguns quilovolts, num cinescópio utilizado em osciloscópios (pode chegar a dezenas de quilovolts, num cinescópio para televisão colorida). Proceda com cautela, portanto, para não provocar acidentes. Você receberá o arranjo experimental com a ligação de alta tensão já montada.

**1** \_\_\_\_\_ Principais componentes do osciloscópio didático \_\_\_\_\_ ◇

Seu osciloscópio tem número:

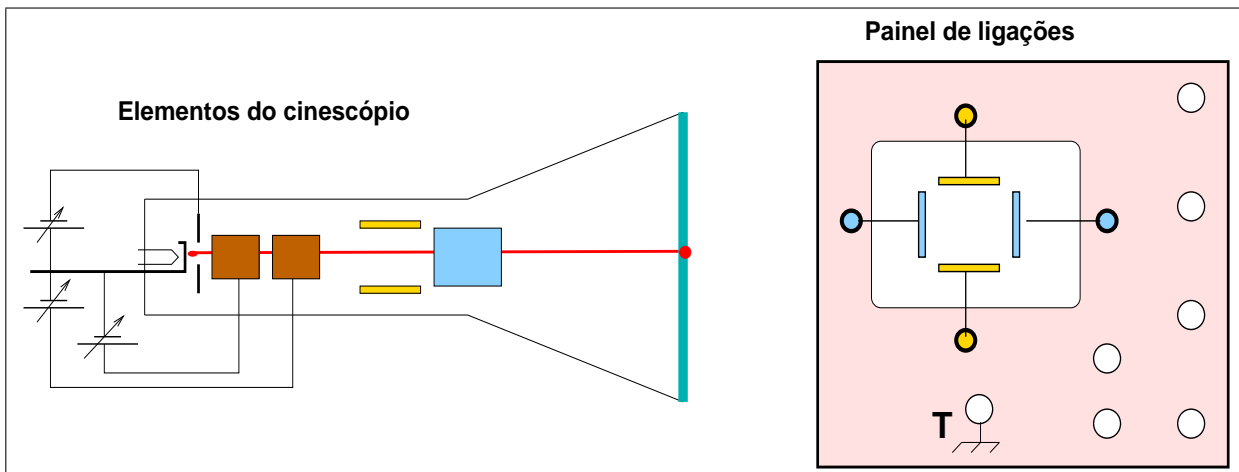


Figura 3.1: Elementos principais do cinescópio e o painel frontal de conexões do osciloscópio didático do laboratório.

- Identifique os elementos do cinescópio (TRC) na figura 3.1.

|                                 |                                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| <b>F:</b> Filamento             | <b>K:</b> Catodo                  |
| <b>A<sub>1</sub>:</b> 1°Anodo   | <b>A<sub>2</sub>:</b> 2°Anodo     |
| <b>DV:</b> Defletores Verticais | <b>DH:</b> Defletores Horizontais |
| <b>EL:</b> Feixe de elétrons    | <b>GC:</b> Grade de controle      |

- Identifique os terminais e controles do painel do TRC na figura 3.1.

|                                |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|
| <b>DV:</b> Deflexão Vertical   | <b>I:</b> Intensidade           |
| <b>DH:</b> Deflexão Horizontal | <b>F:</b> Foco                  |
| <b>AC:</b> Fonte AC            | <b>R:</b> Regulagem da fonte DC |
| <b>DC:</b> Fonte DC            | <b>AT:</b> Alta tensão          |

- Identifique as tensões de controle do TRC figura 3.1.

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| <b>V<sub>I</sub></b> | Intensidade          |
| <b>V<sub>F</sub></b> | Foco                 |
| <b>V<sub>A</sub></b> | Tensão de aceleração |

*Responda:* Por que a tensão de controle da intensidade do feixe é negativa em relação ao catodo, enquanto a tensão de aceleração é positiva?

---



---



---



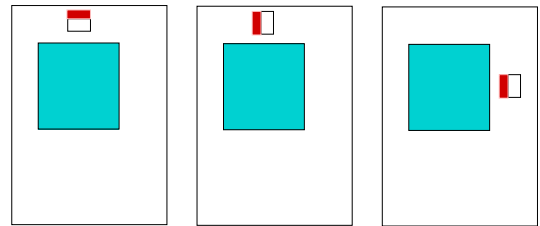
---

## 2 \_\_\_\_\_ Operação do osciloscópio didático \_\_\_\_\_ ◇

- Antes de ligar o osciloscópio coloque o potenciômetro de alta tensão no **mínimo** (totalmente virado no sentido anti-horário).
- Verifique se os terminais **DV** e os terminais **DH** estão todos ligados no terminal terra. Desta forma, todas as placas estarão ao mesmo potencial e o feixe eletrônico deverá ser observado como um ponto luminoso próximo do centro da tela.
- Ligue o osciloscópio e ajuste a alta tensão  $V_A$  para aproximadamente 800 V. Os terminais para medida dessa tensão estão localizados no painel traseiro do aparelho e um voltímetro já deve estar conectado para a sua leitura.
- Ajuste a intensidade e o foco do feixe eletrônico de forma a obter o menor ponto luminoso possível observado confortavelmente. Um ponto luminoso muito forte poderá queimar o material luminescente da tela, principalmente se ele permanecer imóvel por muito tempo.
- Se o ponto luminoso não estiver exatamente no centro da tela, isto se deve à força do campo magnético da terra que desvia o feixe eletrônico. Para corrigir, utilize um dos ímãs fornecidos (o sem numeração) para centralizar o feixe na tela, fixando o ímã no painel traseiro com fita adesiva numa posição que deve ser encontrada por tentativa. **Cuidado** para não esbarrar no terminal de alta tensão existente nesse painel.

### 3 Interação do feixe eletrônico com um ímã

- Coloque o ímã n<sup>o</sup>..... em cada uma das três posições indicadas na figura ao lado.
- Marque com um X a face colorida do ímã em cada caso.
- Marque com uma seta o sentido de deslocamento do ponto luminoso.
- Faça o diagrama vetorial ( $\vec{F}, \vec{v}, \vec{B}$ ) correspondente.



Responda: Qual é o polo da face colorida do ímã?

Norte

Sul

### 4 Determinação da sensibilidade do TRC

A sensibilidade  $S$  de um cinescópio é um parâmetro que indica quanto o ponto luminoso se desloca na tela, para cada volt aplicado às placas defletoras. Ela depende das dimensões do tubo, das placas defletoras e da tensão de aceleração  $V_A$ .

Responda: O que você espera que aconteça com a sensibilidade do TRC se aumentarmos a tensão de aceleração  $V_A$ ?

---



---



---

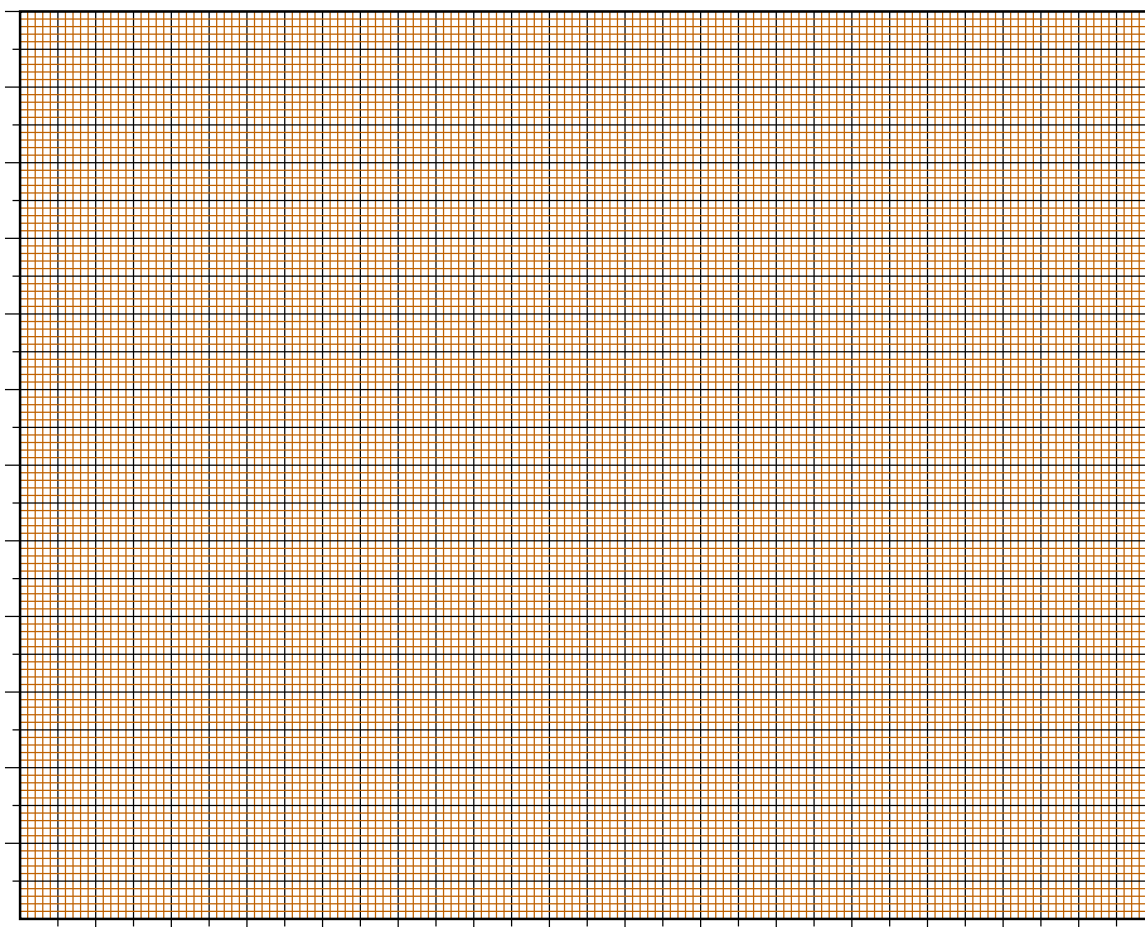


---

- Neste experimento vamos determinar a sensibilidade da deflexão horizontal do TRC (a deflexão vertical possui sensibilidade diferente). Para tanto, todas as placas de deflexão devem estar aterradas exceto a placa **DH direita**, que deve ser ligada ao terminal da fonte DC.
- Ligue um multímetro digital entre os terminais **DH direita** e **Terra**
- A tensão aplicada às placas defletoras ( $V_{\text{defl}}$ ) deve ser medida com um multímetro digital, conectado aos terminais **DH** do painel do cinescópio.
- Vamos agora escolher dois valores para a tensão de aceleração  $V_A$ : 800 V e 1100 V e determinar os correspondentes valores da sensibilidade. É normal que tanto a regulagem como a centralização do ponto luminoso mudem cada vez que alteramos a alta tensão, obrigando-nos a refazer os ajustes de intensidade e foco.
- Para cada valor de  $V_A$ , meça a tensão aplicada na placa de deflexão para vários deslocamentos do ponto luminoso, percorrendo horizontalmente toda a tela, desde valores negativos até positivos de  $D$ . É mais fácil ajustar a posição do ponto luminoso em lugares pré-determinados a cada centímetro e medir a tensão de deflexão do que fixar a tensão e ler a posição do ponto luminoso na tela. (Preencha a tabela 3.1.)
- Gráfico:** Faça um gráfico da tensão de deflexão ( $V_{\text{defl}}$ ) em função do deslocamento  $D$  para os três valores de  $V_A$ , usando um único sistema de eixos. Determine graficamente a sensibilidade  $S$ , colocando suas contas e resultados na própria folha do gráfico.

|   | Tensão de aceleração, $V_A$ | 800 V                 | 1100 V                |
|---|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
|   | Deflexão ( $D$ ) (cm)       | $V_{\text{defl}}$ (V) | $V_{\text{defl}}$ (V) |
| 1 | -4,0                        |                       |                       |
| 2 | -3,0                        |                       |                       |
| 3 | -2,0                        |                       |                       |
| 4 | -1,0                        |                       |                       |
| 5 | 0                           |                       |                       |
| 6 | 1,0                         |                       |                       |
| 7 | 2,0                         |                       |                       |
| 8 | 3,0                         |                       |                       |
| 9 | 4,0                         |                       |                       |

Tabela 3.1: Valores da tensão de deflexão para diferentes valores de tensão de aceleração do feixe de elétrons.



A sensibilidade de um TRC também pode ser determinada a partir de seus fatores geométricos segundo  $S_G = (L\ell)/(2dV_A)$ , onde  $\ell$  é a largura da placa defletora,  $d$  é a separação das placas e  $L$  representa a distância entre as placas e a tela.

□ Anote as dimensões necessárias para o cálculo de  $S_G$ , que lhe serão fornecidas.

- Largura da placa defletora horizontal  $\ell_h = \dots \pm \dots$
- Separação entre as placas  $d_h = \dots \pm \dots$
- Distância entre as placas e a tela  $L_h = \dots \pm \dots$

□ Determine os valores experimentais da sensibilidade  $S$  a partir dos dados apresentados na Tabela 3.1. Calcule os respectivos valores geométricos  $S_G$  para construir a tabela abaixo. O fator de deflexão  $G$  é definido como o inverso do valor experimental  $S$ , ou seja, a tensão necessária para deslocar o ponto luminoso por unidade de comprimento.

|              | 800V | 1100V |
|--------------|------|-------|
| $S$ (cm/V)   |      |       |
| $S_G$ (cm/V) |      |       |
| $G$ (V/cm)   |      |       |

• Compare o valor da sensibilidade do TRC obtida pelo método gráfico ( $S$ ) com o valor teórico calculado a partir de seus dados geométricos ( $S_G$ ). Comente eventuais discrepâncias.

---



---



---



---



---

## Parte B

## A razão carga-massa do elétron

### 1 Preparação

- Preencha a tabela 3.2, com os dados geométricos do solenóide e do TRC.

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Comprimento do Solenóide                  | $C = \dots \pm \dots \text{ cm}$    |
| Diâmetro do Solenóide                     | $\Phi = \dots \pm \dots \text{ cm}$ |
| Número de espiras                         | $N = \dots \pm \dots$               |
| Distância entre as placas e a tela do TRC | $L_h = \dots \pm \dots \text{ mm}$  |

Tabela 3.2: Parâmetros do solenóide e do TRC.

- Afaste qualquer ímã das proximidades do TRC e, com auxílio de uma bússola, oriente o solenóide na direção Norte-Sul (paralelo ao campo magnético da terra).
- Certifique-se de que o cinescópio esteja bem no centro do solenóide ao longo de todo seu comprimento, onde o campo magnético produzido por ele é mais uniforme.
- Ligue o cinescópio e escolha uma alta tensão de aceleração  $V_A$  abaixo de 1000 V. Ajuste o foco e a intensidade para permitir uma visualização nítida do ponto luminoso na tela.

$$V_A = \dots \pm \dots \text{ V}$$

- Aterre os terminais **DV** e o terminal **DH esquerdo**. Ligue a fonte de sinal alternado ao terminal **DH direito**, e aplique uma tensão com amplitude  $V_m$  suficiente para que você possa observar uma reta luminosa na tela. (Mantenha o potenciômetro da corrente no máximo, e controle a corrente através do solenóide pelo potenciômetro de tensão.)
- Ligue a fonte de alimentação do solenóide e aumente a sua corrente gradativamente. Observe na tela que a reta gira e diminui de comprimento. Esta trajetória corresponde a projeção da trajetória helicoidal do feixe eletrônico no plano da tela. Quando a reta se reduzir a um ponto, os elétrons de todas as velocidades presentes no feixe deram **uma volta completa** (um passo da hélice) antes de atingir a tela.

### 2 Medida de $e/m$

- Determine a corrente no solenóide correspondente à situação descrita acima (uma volta completa dos feixes). Repita este procedimento 3 vezes para cada sentido da corrente do solenóide e calcule o valor médio nos dois casos.

|           |  |  |  |   |
|-----------|--|--|--|---|
| $I^+$ (A) |  |  |  | $\langle I^+ \rangle = \dots \pm \dots \text{ A}$ |
| $I^-$ (A) |  |  |  | $\langle I^- \rangle = \dots \pm \dots \text{ A}$ |

No caso da corrente medida  $I^+$  o módulo do campo que atua sobre o feixe corresponde à *soma* do campo magnético produzido pelo solenóide,  $B_{sol}^+$ , com o campo da Terra,  $B_T$ . No outro caso, da corrente medida  $I^-$ , o módulo do campo total corresponde à *diferença* entre o campo magnético produzido pelo solenóide,  $B_{sol}^-$  e o campo da Terra. Portanto, podemos obter o valor procurado para o módulo do campo necessário ao foco do feixe de elétrons pela média:

$$B = \frac{B_{sol}^+ + B_{sol}^-}{2}$$

- Aproveitando a oportunidade, *estime* o campo magnético da Terra no laboratório. (Não se assuste com o erro que afeta a medida — isto apenas significa que este *não* é o melhor procedimento para esta medida!)
- Preencha a tabela abaixo com base nas dimensões do solenóide e dos valores de  $\langle I^+ \rangle$  e  $\langle I^- \rangle$  obtidos anteriormente.

|   |
|---|
| $B_{sol}^+ = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ T}$ |
| $B_{sol}^- = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ T}$ |
| $B_T = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ T}$       |
| $B = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots \text{ T}$         |

- Determine então o valor experimental da razão carga-massa do elétron, utilizando o valor do campo magnético  $B$  encontrado, da tensão de aceleração  $V_A$  e das características geométricas do TRC.

$$(e/m)_{\text{exp}} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \times 10^{\dots\dots\dots} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$$

- Compare seu valor com o valor da razão carga-massa para o elétron, obtido por meio de espectroscopia:

$$(e/m)_{\text{teo}} = (1,76 \pm 0,03) \times 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$\text{Desvio: } \left| \frac{(e/m)_{\text{teo}} - (e/m)_{\text{exp}}}{(e/m)_{\text{teo}}} \right| \times 100 = \dots\dots\dots\%$$

- Compare o valor da razão carga/massa do elétron obtida experimentalmente com seu valor teórico. Comente eventuais discrepâncias, indicando qual a principal fonte de erro desta experiência.

---



---



---



---



---