



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

Olimpíadas de Física 2016

Seleção para as provas internacionais

Prova Experimental B

21/maio/2016

Olimpíadas de Física 2016
Seleção para as provas internacionais
Prova Experimental B

Magnetron

Duração da prova: 2 h

1 Material

- Válvula díodo EZ80
- Solenoide
- Multímetros
- Fios de ligação

2 Objetivos

Determinar a razão e/m para o electrão usando um magnetron.

3 Descrição

Um magnetron é uma válvula electrónica (díodo) onde um feixe de electrões se move no vácuo sob a ação combinada de um campo elétrico, que acelera os electrões, e de um campo magnético que encurva a sua trajectória. Nestas trajectórias curvas os electrões emitem radiação de microondas, sendo o magnetron um dos dispositivos mais comuns para a produção de radiação electromagnética nesta zona do espectro, por exemplo nos fornos de microondas que usamos para aquecer ou cozinhar alimentos.

Num magnetron, os electrões são produzidos por um eléctrodo metálico (cátodo) que é aquecido a altas temperaturas por contacto com um filamento que está ao rubro devido à passagem de uma corrente elétrica. Os electrões são libertados do cátodo aquecido (efeito termiônico) e são acelerados até um outro eléctrodo (ânodo) que se encontra a um potencial positivo em relação ao cátodo. Os dois eléctrodos, ânodo e cátodo, são concêntricos, sendo o raio do ânodo r_a muito maior do que o do cátodo r_c .

Na ausência de campo magnético os electrões deslocam-se radicalmente do cátodo para o ânodo. Colocando a válvula electrónica no interior de um solenoide que produz no seu interior um campo magnético \vec{B} paralelo ao eixo do solenoide e dos dois eléctrodos, os electrões passarão a descrever trajectórias circulares. Quando o raio de curvatura dessas trajectórias é inferior a metade da distância entre o cátodo e o ânodo, os electrões já não atingem o ânodo. Assim, se estabelecermos uma certa corrente entre o cátodo e o ânodo e monitorizarmos essa corrente

à medida que aumentamos o valor do campo magnético, veremos que há um campo magnético crítico B_c para o qual essa corrente diminui acentuadamente. Este campo crítico pode ser determinado da seguinte forma.

A velocidade adquirida pelos electrões devido à tensão de aceleração entre o ânodo e o cátodo pode ser obtida pela conservação da energia:

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU, \quad v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad (1)$$

A força de Lorentz que atua sobre os electrões é $F = evB$. Assim, para o campo crítico, que ocorre para um raio de curvatura $R = r_a - r_c \sim r_a$,

$$evB_c = \frac{mv^2}{r_a/2}. \quad (2)$$

Substituindo nesta expressão v dado pela eq. (1), e usando uma manipulação algébrica simples, obtemos a seguinte relação:

$$\frac{e}{m} = \frac{8U}{B_c^2 r_a^2} \quad (3)$$

Assim, medindo o campo crítico em função da tensão de aceleração num magnetrão é possível determinar a relação carga/massa do electrão.

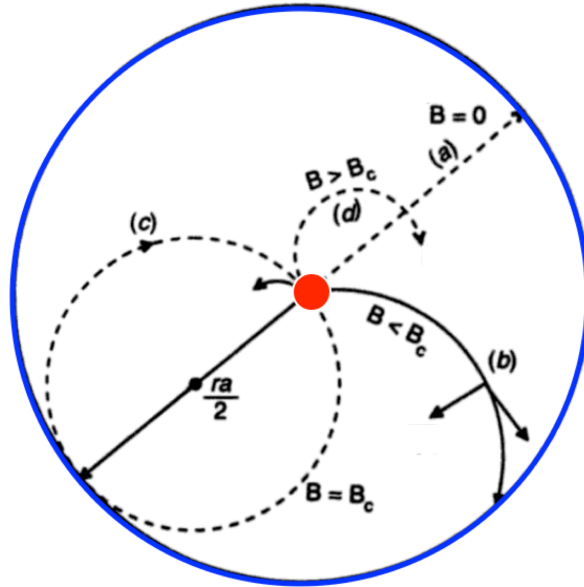


Figura 1: Trajetórias dos electrões no magnetrão para vários valores do campo magnético. a) $B = 0$; b) $B < B_c$; c) $B = B_c$; $B > B_c$. A vermelho está representado o cátodo e a azul o ânodo.

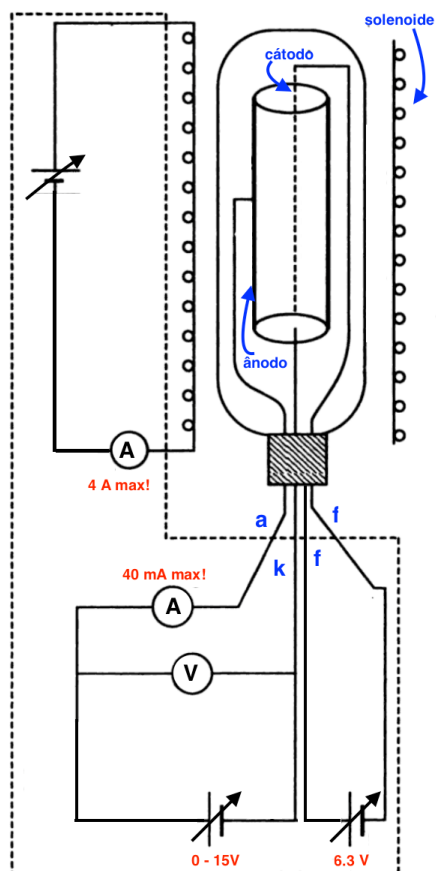


Figura 2: Circuito elétrico do magnetrão.

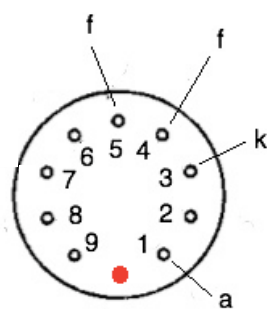


Figura 3: Ligações eléctricas no suporte do magnetrão.

4 Execução

Advertência

Nesta experiência vai trabalhar com aparelhos elétricos que podem debitar correntes apreciáveis. Tenha todo o cuidado para evitar curto-circuitos!

Durante a experiência o solenoide vai atingir temperaturas elevadas que podem provocar queimaduras!

1. Monte o circuito da figura 2. Antes de ligar as fontes de alimentação verifique com cuidado as ligações.
2. Aplique ao filamento (f-f na fig. 2) uma corrente até ao valor máximo de 6,3 V, de forma a que a corrente no filamento seja de 0,6 A. Se a fonte que alimenta o filamento for regulável, suba devagar a tensão ajustando-a à medida que o filamento aquece até atingir a corrente de 0,6 A.
3. Aplique uma tensão de aceleração entre o ânodo e o cátodo de 15 V. Registe o valor da corrente entre o ânodo e o cátodo.
4. Ligue a fonte de alimentação do solenoide. À medida que aumenta a corrente no solenoide (até um valor que não poderá exceder 4 A!), registe o valor da corrente entre o ânodo e o catodo em função do valor da corrente no solenoide. Registe os dados numa tabela.
5. Repita o procedimento para outras tensões de aceleração compreendidas entre 7,5 e 15 V.

5 Análise dos dados

1. A partir dos dados recolhidos, represente os gráficos da corrente entre o ânodo e o cátodo em função do campo magnético B do solenoide. O campo magnético no interior do solenoide é proporcional à corrente, sendo a constante de proporcionalidade fornecida com o solenoide.
2. A partir dos gráficos obtenha o valor do campo crítico para cada tensão de aceleração usada.
3. A partir dos dados, e sabendo que o raio do ânodo é $r_a = 5,0$ mm, obtenha o valor experimental para a relação e/m e uma estimativa da incerteza experimental do valor obtido.