

Difração de Elétrons

Introdução

Em 1926 foi sugerido por Louis de Broglie que partículas poderiam se comportar como ondas, sendo seu momento (mv) inversamente proporcional ao comprimento de onda associado (λ). Desta forma, efeitos de difração podem ser observados para um feixe de elétrons, por exemplo, passando por uma grade suficientemente “fina”. Um cálculo usando a equação de de Broglie mostra que elétrons acelerados através de uma diferença de potencial de 4 kV possuem um comprimento de onda associado de 0,02 nm. Em 1912, Max von Laue sugeriu que o processo de construção de grades de difração “finas” era influenciado pela própria granularidade do material utilizado e que, portanto, a própria granularidade do material poderia ser utilizada como grade. Sir Lawrence Bragg utilizou a rede cúbica do NaCl para calcular o seu espaçamento interatômico. Assumindo que a estrutura do carbono seja cúbica, um cálculo similar pode ser realizado e seu espaçamento interatômico pode ser determinado através da difração de elétrons através de uma rede desse material.

Formulação do experimento

O comprimento de onda de de Broglie, λ , associado a uma partícula é dado por:

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (1)$$

onde h é a constante de Planck e mv o momento da partícula.

Assumindo que um elétron parta do repouso e se movimente através de uma região com uma diferença de potencial, a conservação de energia de uma partícula requer que a variação na sua energia cinética mais potencial elétrica seja igual a zero, já que não há trabalho realizado por forças externas. Assim, pode-se escrever, assumindo $V_0 = 0$ e $mv_0 = 0$:

$$eV_f = \frac{1}{2}mv_f^2 \quad (2)$$

Substituindo-se (2) em (1), tem-se:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emV_f}} = 1,23 \cdot V_f^{-1/2} \text{ nm} \quad (3)$$

Para efeitos de difração em uma grade, pode-se escrever:

$$\lambda = d \sin \theta \quad (4)$$

em que d é o espaçamento da grade.

Para a difração de elétrons por uma rede de carbono (condição de baixo ângulo):

$$\lambda = d \cdot \theta \quad (5)$$

O ângulo θ pode ser calculado por uma relação geométrica através da Figura 1.

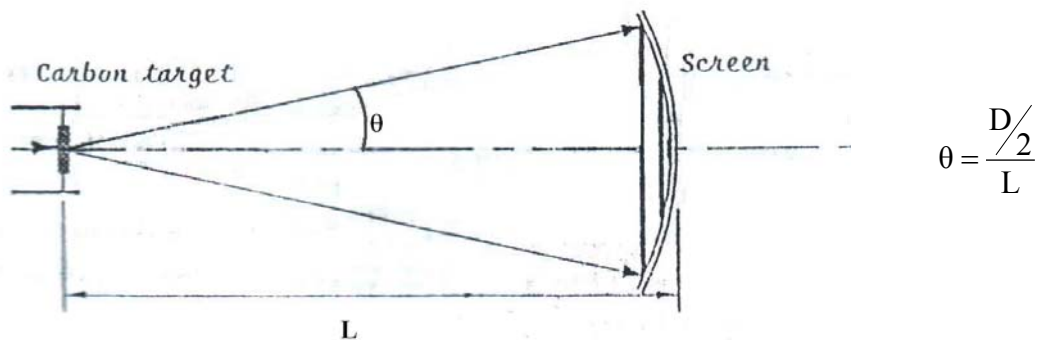


Figura 1: Esquema para determinação do ângulo θ

Substituindo θ e rearranjando-se as equações (3) e (5), tem-se:

$$d = \frac{1,23 \cdot 2L \cdot V_f^{-1/2}}{D} \quad (6)$$

Desta forma, através da observação e medida do padrão de difração de elétrons por um alvo de carbono, pode-se obter o espaçamento interatômico dos átomos desse material.

Objetivos

Observação do padrão de difração de elétrons por átomos de carbono e determinação do espaçamento interatômico desses átomos em uma rede.

Materiais e Métodos

O Tubo TEL.2555 produz um feixe estreito de elétrons através de um cátodo aquecido em um bulbo evacuado. Neste bulbo, o feixe de elétrons é direcionado para uma grade em que

uma fina camada de carbono foi depositada; ao penetrar através do alvo de carbono, o feixe é difratado e esse efeito pode ser visualizado na tela luminescente depositada na superfície do bulbo através da formação de dois anéis correspondendo à separação dos átomos de carbono, (0,123 e 0,213 nm),. A Figura 2 mostra um esquema do tubo TEL.2555 e as suas especificações de tensão e corrente são dadas na Tabela 1.

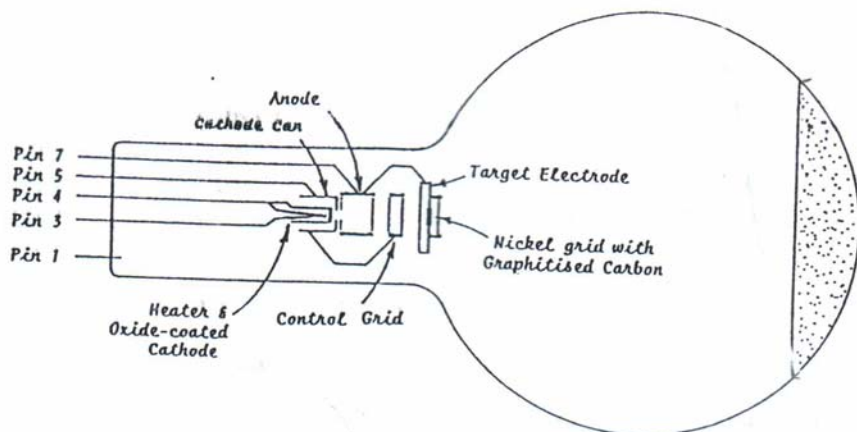


Figura 2 - Esquema do tubo TEL.2555

Tabela 1 – Especificações de tensão e corrente para o tubo TEL.2555

Tensão do filamento	V_F	5 a 7 V_{DC}
Tensão no ânodo	V_A	2500 a 5000 V_{DC}
Corrente no ânodo	I_A	0,15 mA a 4000 V (máximo de 0,20 mA) Não deixar o tubo ligado por muito tempo em 4000 V, pois a corrente tende a subir de forma brusca!!!

No seu experimento, o tubo TEL.2555 estará conectado a um circuito similar ao mostrado na Figura 3.

Meça a distância do alvo de carbono (na abertura da saída do canhão de elétrons) até a tela luminescente da forma mais exata possível. Essa distância deve ser da ordem de 0,13 m.

Ligue a alimentação do cátodo e espere, aproximadamente, um minuto para que o filamento atinja estabilidade térmica. Aplique uma tensão no ânodo e observe o padrão de difração formado na tela luminescente do bulbo. Meça os diâmetros dos anéis interno e externo (cuidado: a superfície do bulbo não é plana e você deve levar isso em consideração para essas medidas). Repita esse procedimento para um intervalo de tensão no ânodo entre 2,5 a 4 kV (veja as notas de segurança no final do roteiro).

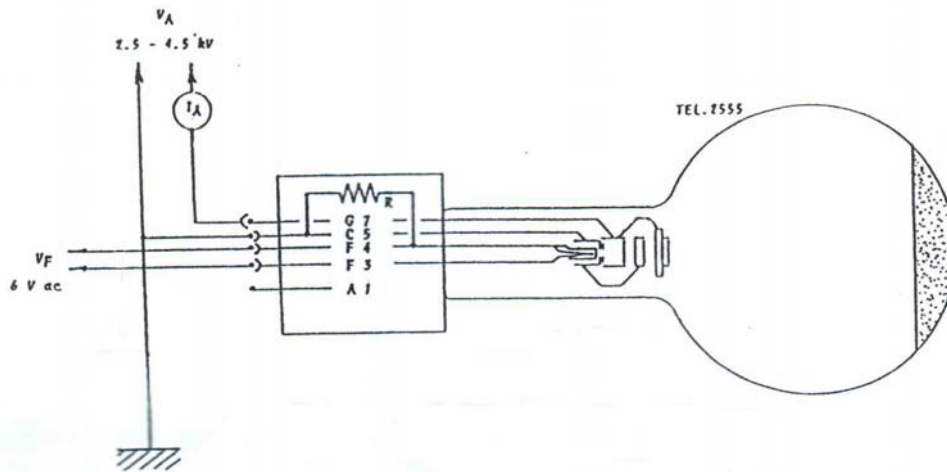


Figura 3 – Diagrama do circuito montado com o tubo TEL.2555.

Encontre os espaçamentos interatômicos do carbono e compare-os com os valores previstos.

A hipótese de que os átomos de carbono se arranjam em uma estrutura cúbica é verdadeira?

Notas de segurança

- 1) Não deixar o tubo ligado por muito tempo em 4 kV, pois a corrente tende a subir de forma brusca.
- 2) Correntes muito elevadas farão com que o alvo seja superaquecido (e se torne avermelhado). Inspeccione o alvo periodicamente durante o experimento e, lembre-se de que um minuto de espera tem que ser observado para a estabilização da temperatura do cátodo **antes** que a tensão no ânodo seja aplicada.
- 3) A corrente no ânodo **nunca** deve exceder 0,2 mA. Monitore essa corrente.