

Relatório 5: Difração de Elétrons

Anna Beatriz R. Jaria

nº USP: 10732180

Resumo:

Neste experimento estudamos a difração de elétrons, onde nosso objetivo foi, além de estudá-la, relacioná-la com a difração de fótons para determinar o espaçamento interatômico de determinadas estruturas. Podemos dizer que tivemos resultados satisfatórios e com erros pequenos.

Introdução:

Louis de Broglie, em 1924, propôs que uma partícula poderia também apresentar um comportamento de onda, isto é, partículas materiais como o elétron poderiam atuar exibindo características ondulatórias, do mesmo modo que o fóton apresenta propriedades de matéria. Ele enunciou que ondas de matéria têm seu comprimento de onda inversamente proporcional ao seu momento linear, de modo que:

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

Onde h é a constante de Planck e $p = mv$ é o momento da partícula. Para esta conclusão, ele partiu do pressuposto que a relação de energia proposta por Planck era válida ($E = h\nu$, onde ν é a frequência de oscilação).

A partir da proposta de de Broglie, seria possível observar efeitos de difração para um feixe de elétrons quando estes atravessassem uma grade relativamente fina comparada ao tamanho do feixe, de forma que é possível mostrar que os elétrons acelerados por uma ddp, apresentam um comprimento de onda.

As construções de grades de difração foram propostas por

spiral®

Max von Laue, de forma que esses grades eram construídos a partir da granulidade do material utilizado para a construção da grade. Um físico francês realizou um estudo com grades de uma rede cúbica de NaCl para calcular o espaçamento interatômico desta estrutura cristalina.

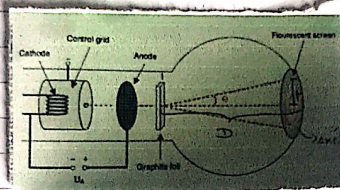


Figura 1: trajetória percorrida pelo elétron.

Assumindo que ele parte do repouso, e com a aplicação do ddP, se move e atravessa a região do cátodo e anodo, ocasionando uma variação em sua energia cinética e potencial elétrica, os quais se convertem já que não há trabalho externo realizado por forças externas. Observando os padrões de difração de elétrons é possível obter o espaçamento interatômico dos átomos de carbono ou qualquer outro material.

Metodologia:

Utilizamos um tubo (TEL-2555), que através de um cátodo aquecido em um bulbo evacuado, produz um feixe de elétrons, o qual incide em uma grade composta por uma fina camada de cristais de grafite (carbono) e então produz uma figura na tela fosforescente nas superfícies externas do bulbo.

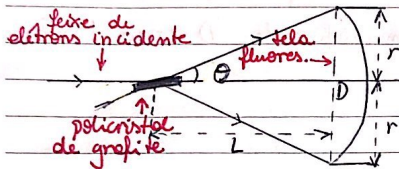
O tubo foi conectado a uma fonte DC de alta tensão, onde aplicou-se diferentes tensões em um intervalo de 2,5 kV a 4 kV, em passos de 0,5 kV, de forma que era possível observar as variações dos padrões formados no bulbo. Anotou-se os diâmetros das circunferências presentes no bulbo (externa e

spirali

interna). Com estes valores, confeccionou um gráfico relacionando o diâmetro com a tensão em que era aplicada, de forma que foi possível determinar o espessamento dos planos interatômicos dos cristais de grafite.

Resultados:

1) Os componentes deste experimento estão representados no diagrama a seguir:



2) Distância entre contornos e a tela = $(0,13 \pm 0,001) \text{ m}$

$$3) \left(\frac{m v_f^2}{2} - \frac{m v_i^2}{2} \right) + (e V_f - e V_i) = 0 \quad ; \quad v_i = 0 \text{ e } V_i = 0$$

$$\Rightarrow \frac{m v_f^2}{2} = e V_f \quad \text{e} \quad v_f = \sqrt{\frac{2e V_f}{m}} \quad (2)$$

\Rightarrow substituindo (2) em (1):

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emV_f}} = (1,228 \cdot 10^{-9}) \cdot \frac{1}{\sqrt{V_f}} \quad (3)$$

\Rightarrow juntando com a equação de Bragg para pequenos ângulos:

$$n \lambda = d \sin(\theta) \text{ e considerando } n=1$$

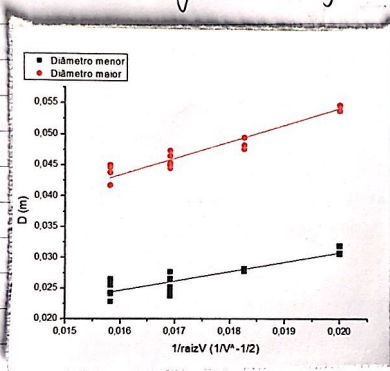
$$\hookrightarrow \theta = \frac{D}{2L} \quad (5)$$

⇒ juntamos (3), (4) e (5):

$$D = \frac{(1,228 \cdot 10^{-9}) 2L}{d} \cdot \frac{1}{\sqrt{V}}$$

\downarrow \downarrow \downarrow
 $y = a \cdot x$

↳ $d = \frac{(1,228 \cdot 10^{-9}) 2L}{a}$, onde d é o espaçamento interatômico
do grafite. Com isso, fazemos um gráfico de D versus $1/\sqrt{V}$:



↳ Pela regressão linear achamos:

$$\begin{cases} a_{\text{menor}} = 2,75878 \pm 0,01683 \\ a_{\text{maior}} = 1,51227 \pm 0,01705 \end{cases}$$

⇓

$$\begin{cases} d_{\text{menor}} = (1,17 \pm 0,001) \text{ \AA} \\ d_{\text{maior}} = (2,070 \pm 0,003) \text{ \AA} \end{cases}$$

obs: fórmula da incerteza de d :

$$\sigma_d = \sqrt{\left(\frac{1,228 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \sigma_L}{a}\right)^2 + \left(\frac{-1,228 \cdot 10^{-9} 2L \sigma_a}{a^2}\right)^2}$$

↳ valores teóricos:

$$\left\{ \begin{array}{l} d_{\text{menor}} = 1,23 \text{ \AA} \\ d_{\text{maior}} = 2,13 \text{ \AA} \end{array} \right.$$

⇓

• Erro dos valores experimentais em relação aos teóricos:

$$\left\{ \begin{array}{l} e_{\text{menor}} = 4,55\% \\ e_{\text{maior}} = 2,82\% \end{array} \right.$$

10) Temos que os partículas devem ser muito pequenas para os experimentos de espalhamento para que seja possível uma boa resolução. E, da equação 1, sabemos que λ é inversamente proporcional a p , fazendo com que esses experimentos necessitem de um alto valor de tensão. Sendo assim, o efeito relativístico não interfere.

Conclusão:

Podemos concluir que conseguimos analisar bem a difração de elétrons e estudá-la de maneira satisfatória, tendo em vista que os resultados obtidos foram de acordo com o esperado, com um erro baixo em relação aos valores teóricos.

Referências:

- Textos de apoio disponibilizados: resumo carbono e resumo estrutura cristalina;
- IFSC.