

Mário Arcílio do Silva nº USP: 10818460

Experimento 5 - Difração de elétrons

Resumo

O experimento de difração de elétrons permitiu estudar sobre o fenômeno por meio da determinação do espaçamento interatômico de uma amostra policristalina de grafite. Os elétrons saem de um filamento devido o Efeito Termiônico e são acelerados de o alvo composto pelo cristal de grafite, assim, eles sofrem a difração e produzem um padrão luminoso no anteparo. Os resultados obtidos estão próximos do esperado pela literatura.

Introdução

A difração de elétrons é um fenômeno que comprovou a hipótese de de Broglie em 1927, na qual ele afirmou que se as partículas se comportam como onda,

então os elétrons também devem apresentar um caráter ondulatório. De Broglie realizou um experimento com feixes de elétrons incidindo sobre amostras cristalinas de níquel, os quais são espalhados em função do ângulo de espalhamento em direções muito características. Este processo é o mesmo que vamos realizar no experimento, porém vamos utilizar um polícristo de grafite.

Um polícristo é uma estrutura composta por um número grande de pequenos cristais orientados aleatoriamente. Quando há um monocristal de grafite ocorre uma superposição de camadas com átomos de carbono localizados em pontos de uma rede bidimensional hexagonal. Quando as camadas são separadas por um plano, os átomos de carbono formam ligações covalentes. Enquanto, quando são separados por grandes distâncias, os átomos interagem por forças de van der Waals.

No experimento ocorre a visualização de dois anéis circulares, sendo que cada anel é produzido pela refração dos elétrons de acordo com a lei de Bragg, estudo sobre a difração de raios-X onde descobrimos a condição de Bragg: $n\lambda = 2d \sin \theta$

Onde n é a ordem de difração, λ é o comprimento de onda, θ é o ângulo de difração e d que é a separação entre os planos.

A separação d é diferente para os dois anéis, os quais são produzidos pelos planos com maior separação, pois os que possuem separação menor espalham mais os elétrons, assim eles não atingem o anteparo.

Portanto, o principal objetivo do experimento é calcular estes dois valores de separação (d_1 e d_2).

Metodologia

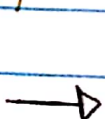
Para a realização do experimento ele foi dividido em etapas:

- 1) Identifique os componentes do experimento e desmonte-os: fonte de elétrons; amostra policristalina de grafite; posição em que se formam os anéis.
- 2) Determine a distância entre a amostra policristalina de carbono e a formação dos anéis.
- 3) Obtenha uma expressão para o comprimento de onda do elétron em função do tensão de aceleração dos elétrons.
- 4) Obtenha uma expressão para o diâmetro dos anéis de difração formados em função do tensão de aceleração dos elétrons.
- 5) Expresse numa equação linear para aplicá-la aos resultados experimentais.
- 6) Monte um gráfico dos diâmetros em função do tensão aplicada e ajuste a equação obtida anteriormente.
- 7) Encontre os espaçamentos interatômicos do grafite e compare-os com os valores esperados e apresentados pela literatura.

Resultados e discussões

Etapas

Faixa de elétrons



Folha de carbono

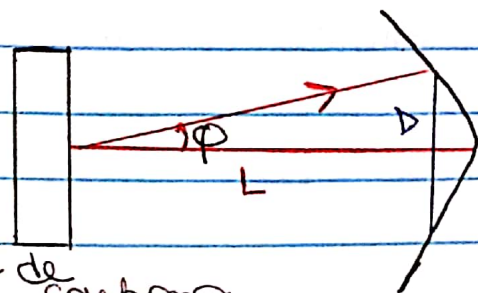


Figura 1: Diagrama dos componentes do experimento

Etapa 2) Tabela 1: Referente aos dados coletados nos experimentos e cálculos de espaçamento interatômico (d)

DIFRAÇÃO DE ELÉTRONS						Distância Carbono-Tela (mm)			d1 (nm)	d2 (nm)	Razão d1/d2			
Tensão do Forno (kV)			Diâmetro menor (mm)			Diâmetro maior (mm)								
4	±	0,01	26,60	±	0,05	44,70	±	0,05	130	±	1	0,190	0,126	1,508
4	±	0,01	25,60	±	0,05	45,05	±	0,05	130	±	1	0,198	0,486	0,407
4	±	0,01	25,60	±	0,05	45,05	±	0,05	130	±	1	0,196	0,484	0,405
4	±	0,01	25,80	±	0,05	44,90	±	0,05	130	±	1	0,208	0,500	0,418
4	±	0,01	24,20	±	0,05	43,85	±	0,05	130	±	1	0,221	0,514	0,429
4	±	0,01	22,90	±	0,05	41,80	±	0,05	130	±	1	0,207	0,498	0,416
4	±	0,01	24,40	±	0,05	41,75	±	0,05	130	±	1	0,195	0,467	0,417
35	±	0,01	27,75	±	0,05	45,20	±	0,05	130	±	1	0,203	0,477	0,425
35	±	0,01	26,65	±	0,05	46,60	±	0,05	130	±	1	0,214	0,490	0,437
35	±	0,01	25,25	±	0,05	47,45	±	0,05	130	±	1	0,221	0,498	0,441
35	±	0,01	24,45	±	0,05	45,10	±	0,05	130	±	1	0,222	0,499	0,445
35	±	0,01	24,35	±	0,05	44,60	±	0,05	130	±	1	0,227	0,504	0,451
35	±	0,01	23,80	±	0,05	45,50	±	0,05	130	±	1			

Etapa 3) De acordo com a Relação de de Broglie, o comprimento de onda do material (elétron) é atribuído a uma partícula material com momento p, assim

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v} \quad \textcircled{1}$$

Quando o elétron sai do repouso, sua energia potencial é convertido em energia cinética:

$$e \cdot V = \frac{1}{2} m v^2 \quad \textcircled{2}$$

substituindo $\textcircled{2}$ em $\textcircled{1}$, temos

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emV}} = 1,23 \cdot V^{-\frac{1}{2}} \text{ [nm]} \quad (3)$$

↳ Comprimentos de onda de de Broglie

Etapa 4) de acordo com a lei de Bragg:

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

Para ângulos pequenos $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ de acordo com a Figura 1, temos

$$\theta = \frac{D/2}{L} = 2\theta \rightarrow \theta = \frac{\phi}{2}$$

$$\therefore n = 2d \cdot \theta = \frac{2d\phi}{2} \rightarrow n = d \cdot \frac{D/2}{L} \quad (4)$$

substituindo a equação (3) em (4), temos

$$D = \frac{1,23 \cdot 2L \cdot V^{-\frac{1}{2}}}{d} \quad (5)$$

Etapa 5) Para realizar o fitting gráfico deve-se utilizar a seguinte equação

$$Y = aX + b$$

$$D = \frac{1,23 \cdot 2L \cdot V^{-\frac{1}{2}}}{d}$$

$$\text{dego, } \tan\theta = \frac{1,23 \cdot 2L}{d}$$

Etapa 6)

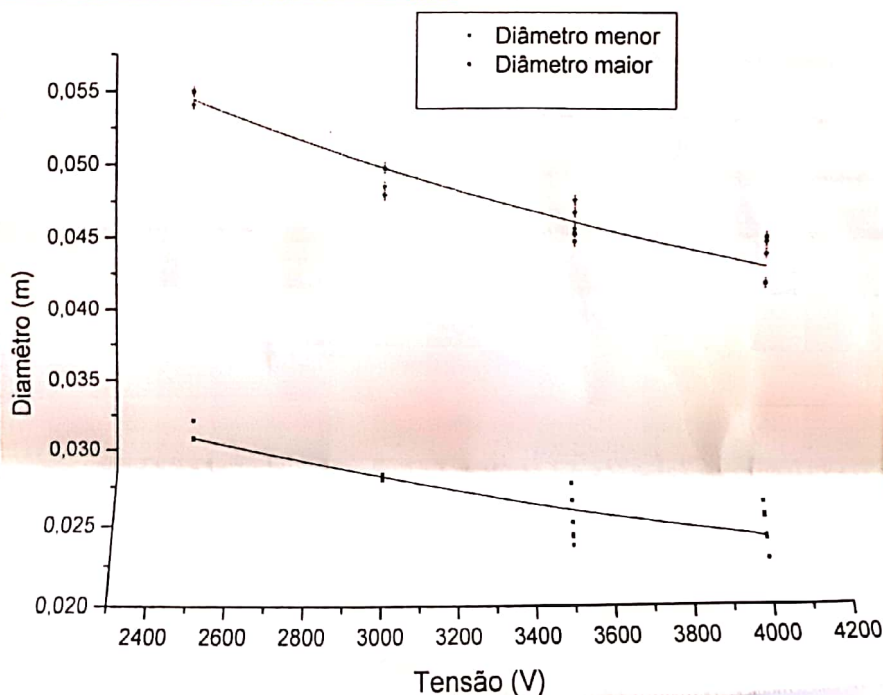


Gráfico 1: diâmetros versus Tensão
 Etapa 7) A partir do fitting gráfico os seguintes espaçamentos interplômicos:

Model	Difr (User)		
Equation	$y = (1,23 \cdot 2^{0,13} \cdot 0^x \cdot (-0,5)) / d$		
Reduced Chi-Sqr	1,57342E-6	1,53393E-6	
Adj. R-Square	0,77436	0,90549	
		Value	Standard Error
Diamêtro d_1		0,20736	0,0023
Diamêtro d_2		0,11763	7,3186E-4

de acordo com a literatura os valores dos espaçamentos interplômicos devem ser $d_1 = 0,213 \text{ nm}$ e $d_2 = 0,113 \text{ nm}$. E pelo gráfico 1, obtivemos $d_1 = (0,207 \pm 0,002) \text{ nm}$ e $d_2 = (0,118 \pm 0,001) \text{ nm}$ com uma diferença percentual respectivamente, de 2,8% e 4%.

Conclusões

O experimento permitiu analisarmos a formação de cristais através dos resultados de difração de elétrons e, com isso, observou-se o comportamento estrutural do material. Ademais, obtive-se os espaçamentos interplômicos do grafite, os quais estão próximos do valor teórico, tendo um erro percentual de 2,8% e 4%.

Referências

- [1] - Estruturas Cristalinas e Geometria dos cristais, Copiães 3;
- [2] - "Difração de Elétrons". <www.ifrc.usp.br> Acessado em 15/10/2020.