

EXPERIMENTO 5 - DIFRAÇÃO DE ELÉTRONS

INTRODUÇÃO

No século XX Lewis de Broglie propôs que uma partícula apresentar, também, um comprimento de onda. de Broglie enunciou que ondas de matéria tem seu comprimento de onda inversamente proporcional ao seu momento linear. Para esta conclusão, ele partiu do pressuposto que a relação de Energia proposta por Planck era válida ($E = hf$).

A partir da proposta de de Broglie, seria possível observar efeitos de difração para um feixe de elétrons quando atravessam uma grade relativamente fina comparado com o tamanho do feixe. De forma que é possível mostrar que os elétrons acelerados por uma diferença de potencial (ddp), apresentam um comprimento de onda.

Observando os padrões de difração de elétrons que atravessam uma estrutura cristalina de amorfa do carbono é possível obter o espaçamento interatômico dos átomos de ~~este~~ carbono ou qualquer outro material em questão.

Para isso é necessário saber sobre estruturas cristalinas, que são aquelas na qual o átomo estão situados em um arranjo que se repete ou que é periódico ao longo de grandes distâncias atômicas; isto é, existe ordem de longo alcance, de tal modo que quando ocorre a solidificação os átomos se posicionam em um padrão ~~tridimensional~~ tridimensional repetitivo, no qual cada átomo está ligado aos seus átomos vizinhos mais próximos. Todos os metais, muitos materiais cerâmicos e certos polímeros formam estruturas cristalinas sob condições normais de solidificação.

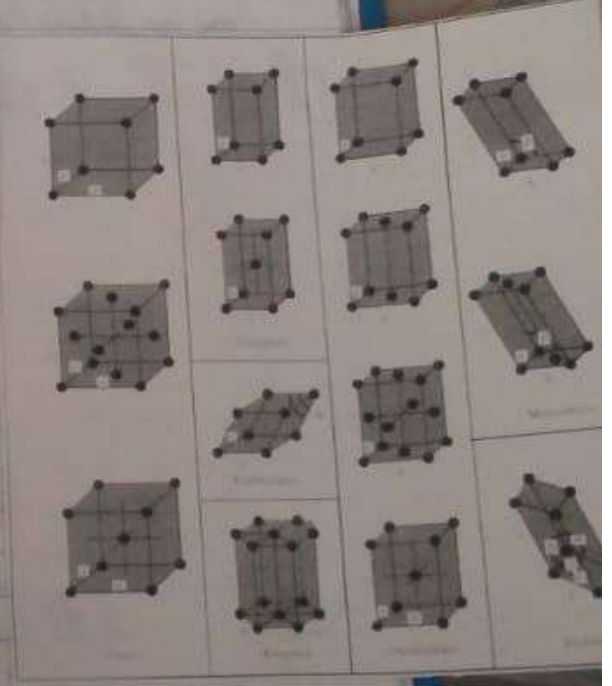
Ao descrever estruturas cristalinas, os átomos são considerados como se fossem esferas sólidas que possuem diâmetros bem definidos. Conhecido como modelo da esfera rígida atômica, no qual as esferas que representa os átomos vizinhos mais próximos se tocam em si. Sendo assim,

para definir a estrutura cristalina parte-se subdividir em entidades pequenas que se repetem, chamadas células unitárias. Assim sendo, essa célula consiste na unidade estrutural básica que define a estrutura cristalina em virtude da sua geometria e das posições dos átomos no seu interior.

Existem quatro tipos básicos de células unitárias: simples, de corpo centrado, de faces centradas e bases centradas.

E existem essas estruturas cristalinas com: cúbica, ortorrômbica, tetragonal, monoclínica, romboédrica, hexagonal e triclínica. Conforme exemplos abaixo:

Sistema cristalográfico	Comprimento dos eixos e ângulos entre eles	Rede espacial
Cúbica	Três eixos com o mesmo comprimento, fazendo ângulos rectos $a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Cúbica simples Cúbica de corpo centrado Cúbica de faces centradas
Tetragonal	Três eixos fazendo ângulos rectos, sendo dois o mesmo comprimento $a = b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Tetragonal simples Tetragonal de corpo centrado
Ortorrômbico	Três eixos com comprimentos diferentes, fazendo ângulos rectos $a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Ortorrômbica simples Ortorrômbica de corpo centrado Ortorrômbica de faces centradas Rombocédrica simples
Trigonal	Três eixos com o mesmo comprimento, igualmente inclinados $a = b = c, \alpha = \beta = \gamma < 90^\circ$	
Hexagonal	Dois eixos com o mesmo comprimento, fazendo um ângulo de 120° , terceiro eixo perpendicular aos outros dois $a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	Hexagonal simples
Monoclínico	Três eixos com comprimentos diferentes, um par fazendo um ângulo não recto $a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$	Monoclínica simples Monoclínica de faces centradas
Triclínica	Três eixos com comprimentos diferentes, fazendo ângulos diferentes e não sendo nenhum recto $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	Triclínica simples



METODOLOGIA

No experimento utilizou um tubo que através de um cátodo aquecido em um bulbo evacuado produz um feixe de elétrons. Este feixe incide numa grade composta por uma fina camada de cristais de grafite (carbono) e então produz uma figura na tela fosforescente nas superfícies externas de um bulbo.

O tubo foi conectado a uma fonte DC com alta tensão, aplicou-se diferentes voltagens de um intervalo de 2,5 kV a 4 kV. Anotou-se o diâmetro das circunferências presente no bulbo (externa e interna).

Com estes valores, confeccionou-se gráficos relacionando o diâmetro com a tensão em que era aplicada, de forma a ~~se~~ determinar o espaçamento dos planos interatômicos dos cristais de grafite.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi mensurado a distância do alvo de carbono até a tela luminescente com essa distância de $(L = 0,13 \pm 0,05 \text{ m})$. E com os valores de distância e voltagem foi possível descobrir o espaçamento através da fórmula

- Comprimento de de Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

- Para conservação de energia diz que toda variação cinética acrescentada da potencial seja igual a zero:

$$\left(\frac{mv_f^2}{2} - \frac{mv_i^2}{2} \right) + (eV_f - eV_i) = 0$$

Com energia cinética inicial e potencial igual a zero, pois partem do repouso:

$$\frac{mv^2}{2} = eV$$

Substituindo no comprimento de onda de de Broglie

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2emV}} = (1,228 \times 10^{-9}) V^{-1/2}$$

Pela lei de Bragg e ângulos pequenos:

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

$$\sin \theta \rightarrow \theta$$

$$n\lambda = d\theta$$

Através de análises geométricas é possível tirar:

$$\theta = \frac{D}{2L}$$

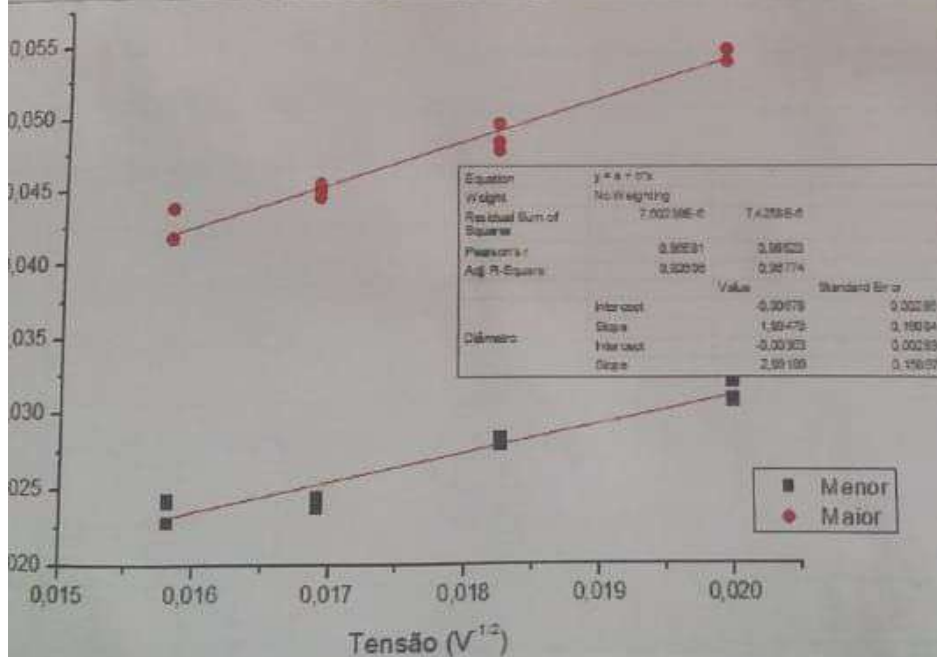
Finalmente, a expressão que relaciona o espaçamento dos átomos de carbono, o diâmetro coletado e a voltagem a qual o elétron é submetido é:

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

Tendo como $\frac{1,23 \cdot 2L}{d} = a$ (coeficiente angular), sendo assim:

$$\frac{1,23 \cdot 2L}{a} = d \quad \text{para achar o espaçamentos interatômicos.}$$

Com os dados ~~foram~~ obtidos temos o gráfico:



MAIOR: $a = 1,894$

$$d = \frac{1,23 \cdot 2 \cdot 0,13}{1,894}$$

$$d = 0,1688 \text{ nm}$$

MEJOR: $a = 2,891$

$$d = \frac{1,23 \cdot 2 \cdot 0,13}{2,891}$$

$$d = 0,1106 \text{ nm}$$

Como sabemos os valores esperados:

Círculo maior: 0,213 nm

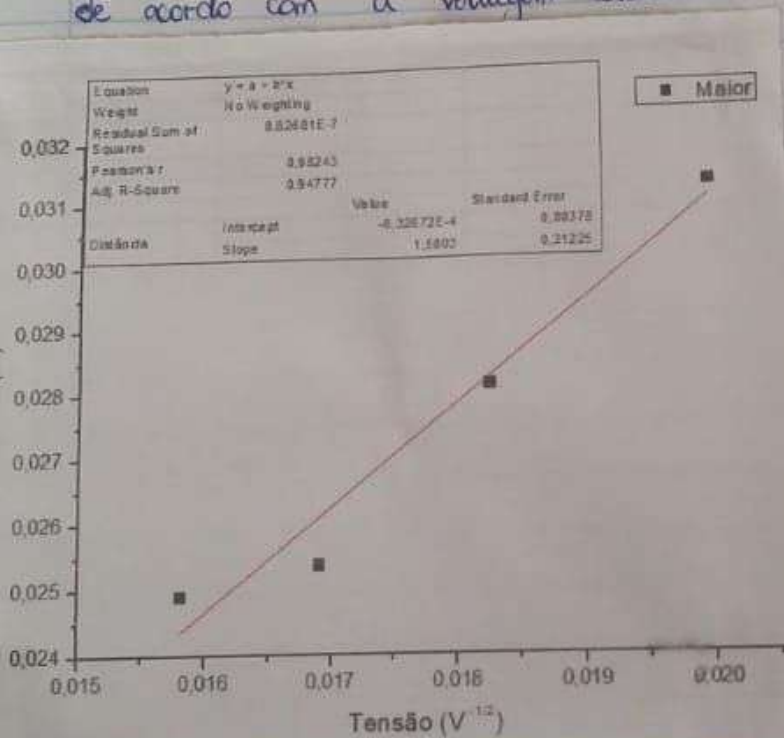
Círculo menor: 0,123 nm

Podemos ver uma certa discrepância com os dados experimentais

d maior experimental: 0,1688 nm

d menor experimental: 0,1106 nm

Para melhorar os dados foi tirado a média das distâncias de acordo com a voltagem estabelecida e obteve-se os gráficos:



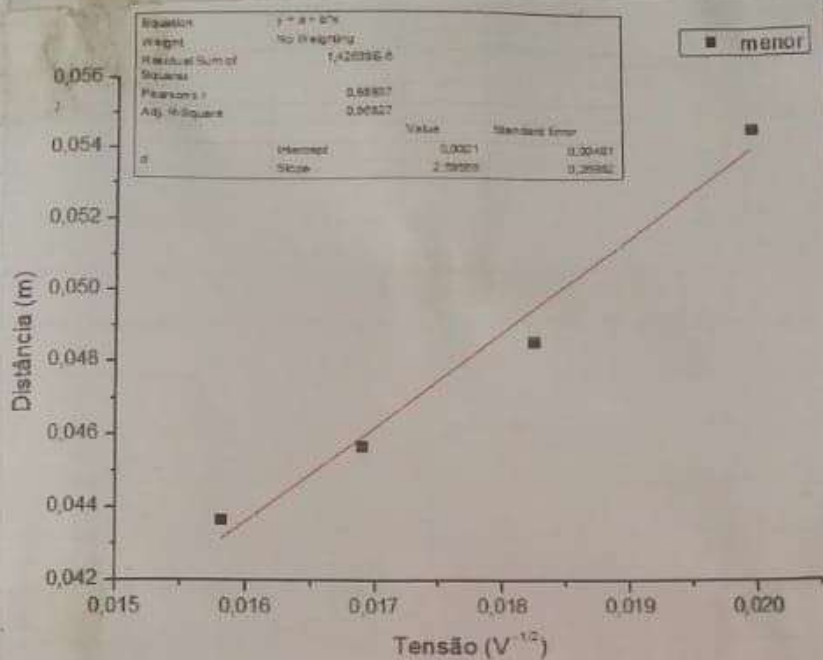
$$d = \frac{423 \cdot 2 \cdot 0,33}{1,58}$$

$$d = 0,202 \text{ nm}$$

O valor teórico é dado por $d = 0,213 \text{ nm}$.

É possível ver um melhor ajuste dos dados e aproximação com o valor esperado

Foi feito o mesmo com os dados para o círculo menor, assim temos o gráfico:



$$d = \frac{1,23 \cdot 2,0,13}{2,595}$$

$d = 0,123 \text{ nm}$
 Com valor teórico de $d = 0,123 \text{ nm}$
 Um valor preciso porém não sabe-se outros valores dos algarismos significativos

Observamos que os espaçamentos estão na ordem de $\sqrt{3}$, o que sugere que os átomos de carbono grafite são mais parecidos com um arranjo hexagonal do que com a hipotética cúbica assumida.

CONCLUSÃO

Neste experimento foi possível estudar a difração de elétrons por meio das grades de ~~de~~ ~~de~~ carbono grafite e determinar os espaçamentos interatômicos entre os círculos de difração com uma precisão alta para os círculos menores em comparação com os maiores.