

O que você pode aprender sobre este assunto...

- Reflexão de Bragg
- Método de Debye-Scherrer
- Planos de rede
- Estrutura do grafite
- Ondas de matéria
- Equação de De Broglie

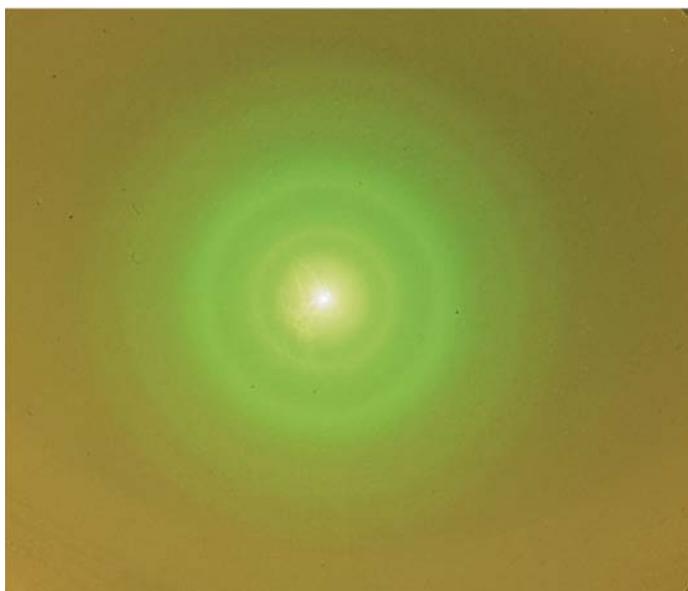
Princípio:

Elétrons acelerados são difratados através de uma camada fina de grafite: anéis de interferência aparecem em uma tela fluorescente. As distâncias interplanares do grafite são determinadas a partir do diâmetro dos anéis e do potencial acelerador.

O que você precisa:		
Tubo de difração de elétrons em um suporte	06721.00	1
Alimentação de alta tensão, 0...10 kV	13670.93	1
Resistor de alto valor, 10 MΩ	07160.00	1
Cabo de ligação, 30 kV, l = 500 mm	07366.00	1
Alimentação regulável de energia, 0...600 V-	13672.93	1
Paquímetro de plástico	03011.00	1
Cabo de ligação, conector de 4 mm, 32 A, vermelho, l = 25 cm	07360.01	2
Cabo de ligação, conector de 4 mm, 32 A, azul, l = 25 cm	07360.04	2
Cabo de ligação, conector de 4 mm, 32 A, vermelho, l = 75 cm	07362.01	2
Cabo de ligação, conector de 4 mm, 32 A, amarelo, l = 75 cm	07362.04	1
Cabo de ligação, conector de 4 mm, 32 A, azul, l = 75 cm	07362.04	1
Cabo de ligação, conector de 4 mm, 32 A, preto, l = 75 cm	07362.05	2
Conjunto completo do equipamento com manual incluído em um CD-ROM		
Difração de elétrons	P2511300	

Tarefas:

1. Medir o diâmetro dos dois menores anéis de difração para diferentes tensões do ânodo.
2. Calcular os comprimentos de onda dos elétrons a partir das tensões do ânodo.
3. Determinar o espaçamento interplanar do grafite a partir da relação entre o raio dos anéis de difração e o comprimento de onda.



Tópicos relacionados

Reflexão de Bragg, método de Debye-Scherer, planos de rede, estrutura do grafite, ondas de matéria, equação de De Broglie

Princípio:

Elétrons acelerados são difratados através de uma camada fina de grafite: anéis de interferência aparecem em uma tela fluorescente. As distâncias interplanares do grafite são determinadas a partir do diâmetro dos anéis e do potencial acelerador.

Equipamento:		
Tubo de difração de elétrons em um suporte	06721.00	1
Alimentação de alta tensão, 0...10 kV	13670.93	1
Resistor de alto valor, 10 MΩ	07160.00	1
Cabo de ligação, 30 kV, l = 500 mm	07366.00	1
Alimentação regulável de energia, 0...600 V-	13672.93	1
Paquímetro de plástico	03011.00	1
Cabo de ligação, vermelho, l = 250 mm	07360.01	2
Cabo de ligação, azul, l = 250 mm	07360.04	2
Cabo de ligação, vermelho, l = 750 mm	07362.01	2
Cabo de ligação, amarelo, l = 750 mm	07362.04	1
Cabo de ligação, azul, l = 750 mm	07362.04	1
Cabo de ligação, preto, l = 750 mm	07362.05	2

Fig. 1: Montagem experimental: difração de elétrons.

Tarefas:

1. Medir o diâmetro dos dois menores anéis de difração para diferentes tensões do ânodo.
2. Calcular os comprimentos de onda dos elétrons a partir das tensões do ânodo.
3. Determinar o espaçamento interplanar do grafite a partir da relação entre o raio dos anéis de difração e o comprimento de onda.

Montagem e procedimento

Monte o experimento conforme mostra a Fig. 1. Conecte os terminais do tubo de difração de elétrons na alimentação de energia como mostrado na Fig. 2. Conecte a alta tensão ao ânodo G3 através do resistor de proteção com 10MΩ.

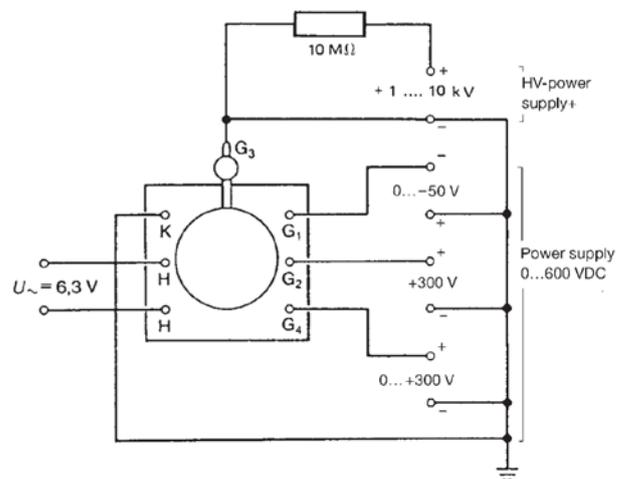
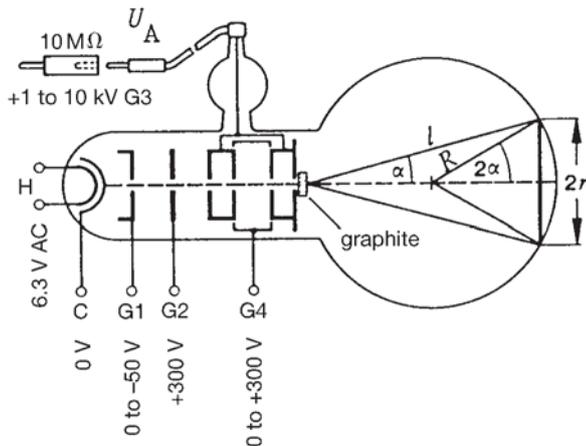


Fig. 2: Montagem e alimentação de energia para o tubo de difração de elétrons.



Ajuste a tensão G1 do cilindro de Wehnelt e as tensões na grade 4 (G4) e G3 de forma que apareçam anéis de difração estreitos e bem definidos.

Leia a tensão do ânodo no mostrador da alimentação de alta tensão.

Para determinar o diâmetro dos anéis de difração, meça os limites interno e externo dos anéis com um paquímetro (dentro de uma sala escurecida) e obtenha um valor médio. Note a presença de um anel externo bem fraco atrás do segundo anel.

Teoria e avaliação

Para explicar o fenômeno da interferência, um comprimento de onda λ , que depende do momento, é atribuído aos elétrons de acordo com a equação de De Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{p} \tag{1}$$

onde $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Js, que é a constante de Planck.

O momento pode ser calculado a partir da velocidade v que os elétrons adquirem sob a tensão de aceleração U_A :

$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{p^2}{2m} = e \cdot U_A \tag{2}$$

O comprimento de onda é então

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2me \cdot U_A}} \tag{3}$$

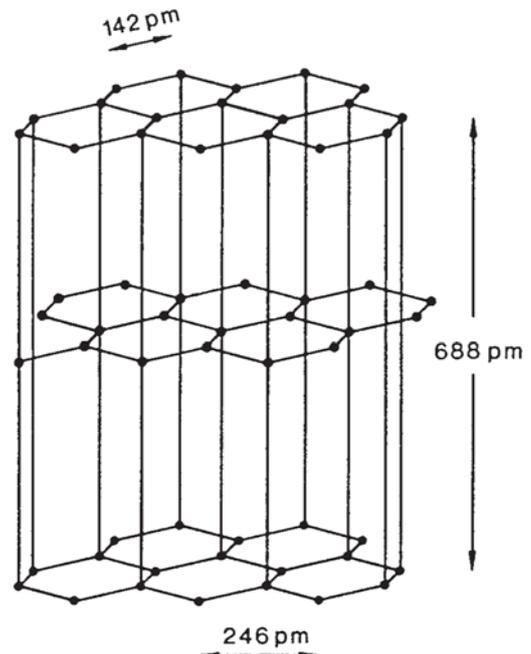
onde $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ As (a carga do elétron) e $m = 9,109 \cdot 10^{-31}$ kg (massa do elétron em repouso).

Para as tensões U_A aplicadas, a massa relativística pode ser substituída pela massa em repouso do elétron com um erro de somente 0,5%.

O feixe de elétrons colide com um filme fino de grafite policristalino depositado sobre uma grade de cobre e é refletido de acordo com a condição de Bragg:

$$2d \sin \theta = n \cdot \lambda, n = 1, 2, \dots \tag{4}$$

Fig. 3: Rede cristalina do grafite.



Onde d é o espaçamento entre planos adjacentes de átomos de carbono e θ é o ângulo de Bragg (ângulo entre o feixe incidente e os planos de rede).

No grafite policristalino a ligação entre as camadas individuais (Fig. 3) é rompida de forma que a sua orientação seja aleatória. O feixe de elétrons é então espalhado na forma de um cone e produz anéis de interferência na tela fluorescente.

O ângulo de Bragg θ pode ser calculado a partir do raio do anel de interferência, mas deve ser lembrado que o ângulo de desvio α (Fig. 2) é duas vezes maior:

$$\alpha = 2\theta.$$

A partir da Fig 2, temos que

$$\sin 2\alpha = \frac{r}{R} \tag{5}$$

onde $R = 65$ mm, é o raio do bulbo de vidro. Agora, $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$.

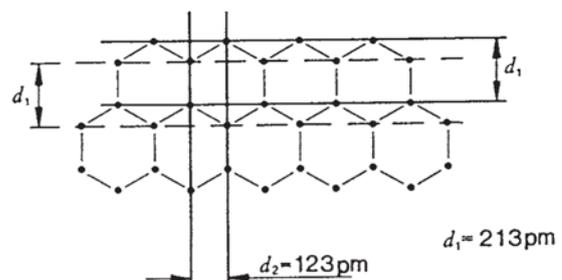


Fig 4: Planos do grafite para os dois primeiros anéis de interferência.

Para pequenos ângulos α (com $10^\circ = 0,985$) pode-se escrever:

$$\sin 2\alpha \simeq 2 \sin \alpha \quad (6)$$

então para pequenos ângulo θ nós obtemos

$$\sin \alpha = \sin 2\theta \simeq 2 \sin \theta \quad (6a)$$

Com esta aproximação, nós obtemos

$$r = \frac{2R}{d} \cdot n \cdot \lambda \quad (7)$$

Os dois anéis de interferência mais internos ocorrem devido às reflexões dos planos da rede com espaçamento d_1 e d_2 (Fig. 4) para $n = 1$ em (7).

O comprimento de onda é calculado a partir da tensão do ânodo de acordo com (3):

$\frac{U_A}{\text{kV}}$	$\frac{\lambda}{\text{pm}}$
4.00	19.4
4.50	18.3
5.00	17.3
5.50	16.5
6.50	15.2
7.00	14.7
7.40	14.3

Aplicando um ajuste por regressão linear
 $Y = AX + B$

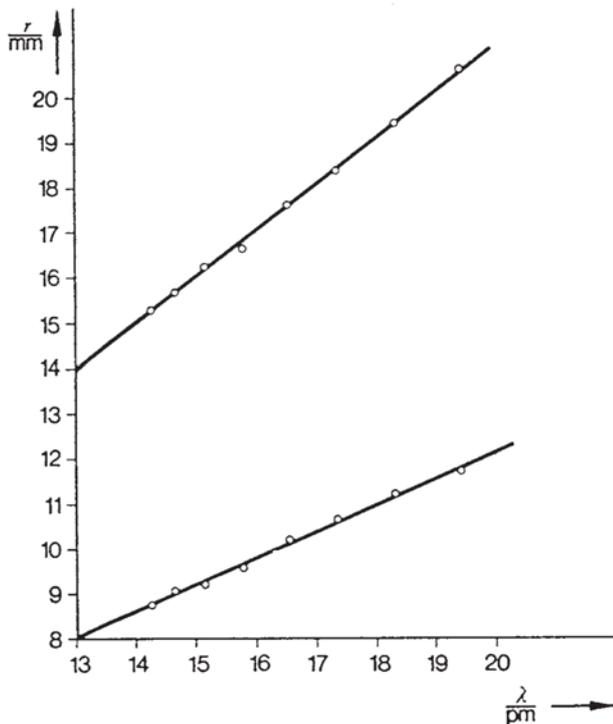


Fig. 5: Raios dos primeiros anéis de interferência em função do comprimento de onda dos elétrons.

aos valores medido mostrados na Fig. 5, obtemos as inclinações

$$A_1 = 0.62 (2) \cdot 10^9$$

$$A_2 = 1.03 (2) \cdot 10^9$$

e as constantes de rede

$$d_1 = 211 \text{ pm}$$

$$d_2 = 126 \text{ pm}$$

de acordo com (7),

$$\frac{T_i}{\lambda} = A_i = \frac{2R}{d_i}$$

$$d_i = \frac{2R}{A_i} \quad e$$

Notas

- A intensidade dos anéis de interferência de maior ordem é bem menor do que a intensidade de primeira ordem. Assim, por exemplo, o anel de segunda ordem de d_1 é difícil de identificar e o anel de quarta ordem simplesmente não pode ser observado. O anel de terceira ordem de d_1 é fácil de ser visto porque o grafite sempre possui dois planos de rede juntos, espaçados entre si por uma distância de $d_1/3$ (Fig. 6).

No sexto anel, a primeira ordem do anel de d_4 claramente coincide com o de segunda ordem de d_2 .

Os raios (mm) calculados de acordo com (4) para os anéis de interferência esperados quando $U_A = 7 \text{ kV}$:

	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
d_1	8.9	17.7	26.1	34.1
d_2	15.4	29.9		
d_3	23.2			
d_4	31.0			
d_5	38.5			

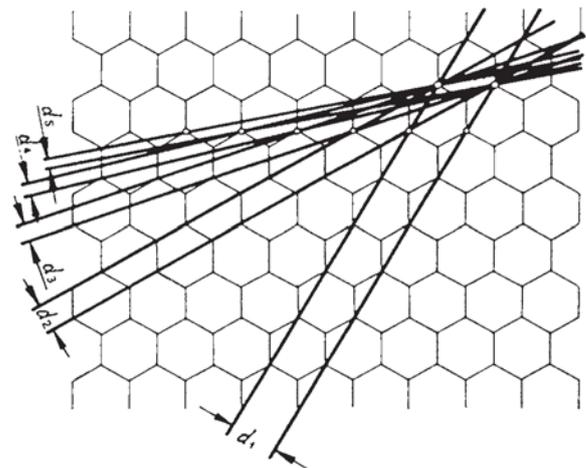


Fig. 6: espaçamento interplanar no grafite.

$$d_1 = 213 \text{ pm}$$

$$d_2 = 123 \text{ pm}$$

$$d_3 = 80.5 \text{ pm}$$

$$d_4 = 59.1 \text{ pm}$$

$$d_5 = 46.5 \text{ pm}$$

- A visibilidade dos anéis de maior ordem depende da intensidade de luz dentro do laboratório e do contraste do sistema de anéis, que pode ser influenciado pelas tensões aplicadas em G1 e G4.

- O foco brilhante no centro da tela pode danificar a camada fluorescente do bulbo. Para evitar este problema, reduza a intensidade da luz após cada leitura o mais rápido possível.