UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE FÍSICA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA DO ESTADO SÓLIDO
FIS 124 - FÍSICA GERAL E EXPERIMENTAL IV / LABORATÓRIO
PROF.: *José Fernando*
Turma: Teórica/ Prática T: P: 13 Data: 02/10/2002
Aluno: *Adriano L. do Valle*

DIFRAÇÃO DE BRAGG USANDO MICROONDAS

(RELATÓRIO / EXPERIÊNCIA 12)

I - OBJETIVOS

Utilizar microondas para simular o estudo da estrutura de um cristal
Determinar a distância interplanar de várias famílias de planos e a constante de rede de uma estrutura cúbica simples.

II - INTRODUÇÃO

Neste experimento vamos efetuar algumas *medidas relacionadas a fenômenos ondulatórios.*

- *Interferência*
- *Reflexão*
- *Refração*

As grandezas físicas lidas diretamente são:

- *Corrente elétrica*
- *Medida de ângulos*

As grandezas físicas determinadas indiretamente são:

- *Distância interplanar "d".*
- *Constante de rede "a_o"*

III - PARTE TEÓRICA

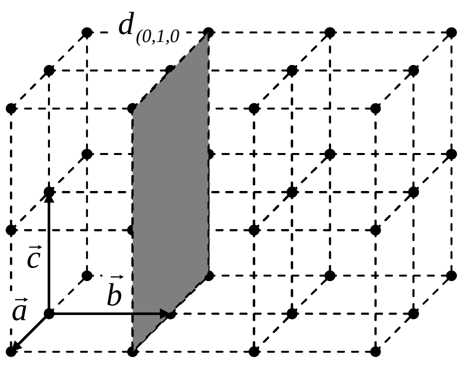
III. 1- Estrutura Cristalina

Um cristal é caracterizado pela repetição de uma mesma estrutura elementar.

Um cristal ideal é composto por uma arrumação de átomos numa rede definida por três vetores fundamentais $\vec{a}$, $\vec{b}$ e $\vec{c}$ (base), de modo que qualquer ponto do cristal pode ser dado por:

$$\vec{r}\,' = \vec{r} + u\vec{a} + v\vec{b} + w\vec{c}$$

*onde **u**, **v** e **w** são números inteiros arbitrários. O conjunto de pontos $\vec{r}\,'$ define uma rede.*



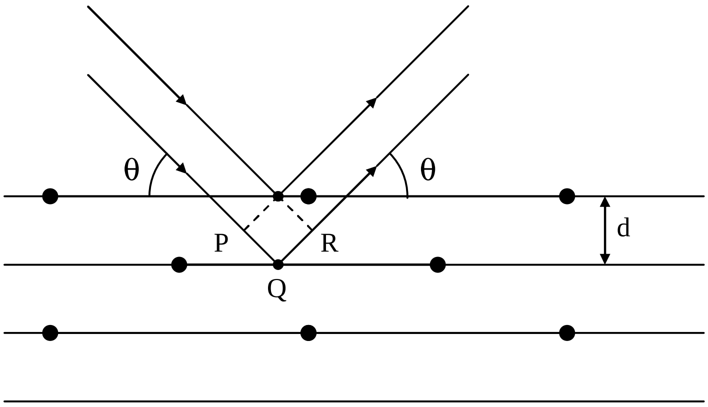
Qualquer plano definido num cristal e contendo pelo menos três pontos de rede não colineares é dito um plano cristalino. Para identificar os vários planos cristalinos é utilizada a notação dos índices de Miller (hkl)

III. 2 – Difração num cristal

Os raios X são uma radiação eletromagnética de comprimento de onda da ordem de 1 Å. Para comprimento de onda tão pequeno não poderá ser usada uma rede de difração óptica padrão (d » l).

Em 1912, ocorreu ao físico Max Von Laue que os sólidos cristalinos poderiam constituir "redes de difração" tridimensionais naturais para os raios X. No mesmo ano W. L. Bragg derivou uma relação que explicava os efeitos de difração em termos de reflexão por famílias de planos de átomos dentro de um cristal. De acordo com Bragg, duas condições são necessárias para ocorre difração.

1. *Seja qual for o ângulo de incidência, cada plano individual, constitui um arranjo ordenado de centros difratantes, que atua com se fosse um espelho plano semitransparente. As ondas refletidas reforçam-se uma às outras para produzirem máxima intensidade quando o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.*
2. *Quando um feixe de radiação atinge uma família de planos paralelos, cada plano refletirá parte da energia. Se as ondas refletidas de O e Q, como indicado na figura abaixo, estão em fase a diferença de caminho **PQ + QR = 2·d·sen** q deve ser igual a um número inteiro de comprimentos de onda, isto é; 2·**d**·**sen** q = **n**·l .*



*A lei de Bragg governa a difração por planos paralelos na rede. Em contraste ao comportamento dos espelhos de um único plano, que produz reflexão para qualquer ângulo **q**, agora, apenas valores particulares de **q** satisfarão a lei de Bragg e produzirão interferência construtiva. A distância entre os planos paralelos adjacentes é **d(hkl)**. Diversas famílias de planos existem no mesmo cristal, havendo uma diminuição do número de átomos por planos associados a uma diminuição em **d(hkl)**.*

Quando analisamos um cristal numa orientação específica com radiação monocromática, a regra geral para uma rede cúbica simples é:

$$d_{(hkl)} = \frac{a_o}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \qquad \left\{ \begin{array}{l} d_{(hkl)} \text{ é a distância interplanar} \\ a_o \text{ é o parâmetro de rede} \end{array} \right.$$

III. 3 – Uso de microondas para simular difração num cristal

Em vez de usar raios X para produzir difração num sólido cristalino, utilizaremos aqui um feixe de microondas de comprimento de onda de aproximadamente 2,8 cm para determinar o espaçamento interplanar D, para várias famílias de planos em um cristal construído com 120 esferas de alumínio com 12,5 mm de diâmetro regularmente espaçadas, formando um arranjo de rede cúbica simples. As esferas estão imersas num cubo de isopor, o qual é transparente às microondas e permite se obter a adequada sustentação mecânica.

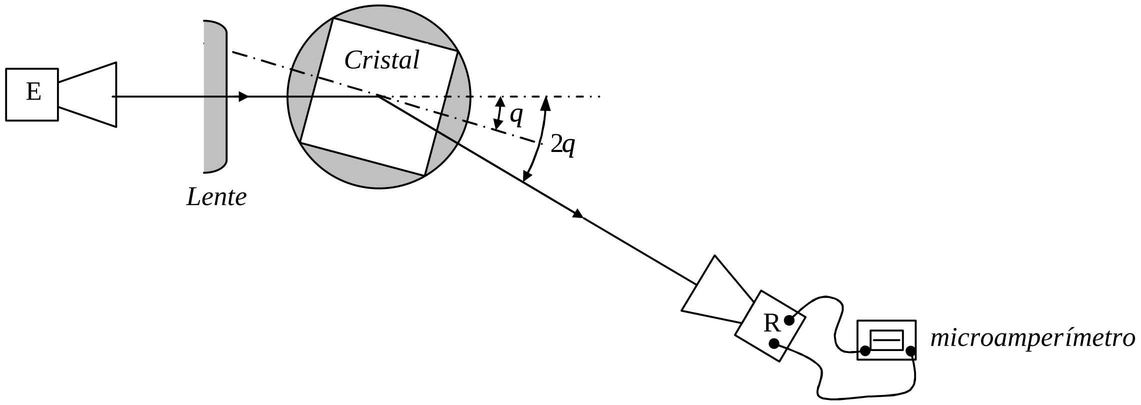
IV - PARTE EXPERIMENTAL

IV. 1 - LISTA DE MATERIAL

- Goniômetro para microondas
- Lente de parafina para colimação do feixe
- Transmissor e Receptor de microondas (λ = 2,8 cm)
- Fonte de tensão contínua (0 – 12 V)
- Micro-amperímetro (100 μA) com resistência de proteção
- Cristal cúbico para difração com microondas (esferas metálicas/isopor)

IV. 2 – MEDIDAS

No experimento serão medidos os ângulos de difração para várias famílias de planos cristalinos. Fizemos a montagem experimental para determinação dos picos de difração produzidos pelos planos cristalinos no cristal.



IV. 2 . i - Ajuste do difratrômetro

Já encontramos a corneta transmissora ajustada no foco da lente de modo a obtermos um feixe de raios o mais paralelo possível sobre o cristal.

IV. 2 . ii – Medida da distância Interplanar

Vamos determina a distância interplanar para algumas famílias de planos no cristal, a partir das medidas dos picos de difração para estes planos.

Procedimento:

- *Colocamos o cristal na mesa do goniômetro de modo que a linha marcada no cristal (100) fique a-linhada com a direção do feixe direto.*
- *Ajustamos o ponteiro indicador do ângulo q em zero.*
- *Medimos a intensidade de corrente indicada no micro-amperímetro para valores de q entre zero e 90^o.*
- *Anotamos numa tabela os valores de 2q e a intensidade de corrente respectiva.*
- *Repetimos o procedimento para os outros planos.*

Levantamento de dados:

Plano 100

2q (°)	I (mA)
0	20,0
4	20,0
8	15,0
12	15,0
16	15,0
20	10,0
24	5,0
28	10,0
32	10,0
36	5,0
40	10,0
44	10,0
48	10,0
52	10,0
56	10,0
60	5,0
64	5,0
68	0,0
72	0,0
76	0,0
80	2,5
84	2,5
88	2,5
92	5,0

Plano 110

2q (°)	I (mA)
0	20,0
4	20,0
8	20,0
12	15,0
16	10,0
20	7,5
24	5,0
28	5,0
32	2,5
36	2,5
40	2,5
44	2,5
48	5,0
52	7,5
56	10,0
60	12,5
64	7,5
68	5,0
72	5,0
76	5,0
80	5,0
84	2,5
88	0,0
92	0,0

Plano 111

2q (°)	I (mA)
0	22,5
4	22,5
8	20,0
12	15,0
16	12,5
20	10,0
24	5,0
28	5,0
32	5,0
36	2,5
40	2,5
44	5,0
48	5,0
52	7,5
56	10,0
60	10,0
64	7,5
68	5,0
72	5,0
76	5,0
80	2,5
84	2,5
88	0,0
92	0,0

V - TRABALHO COMPLEMENTAR

A partir dos dados obtidos para os planos cristalinos em estudo, traçamos em papel milimetrado a curva **I(μA) × 2θ** *para cada plano (vide gráficos em anexo-1).*

A partir dos gráficos identificamos os picos de difração para cada plano, e as respectivas distâncias interplanares.

Para tal, usamos as seguintes relações:

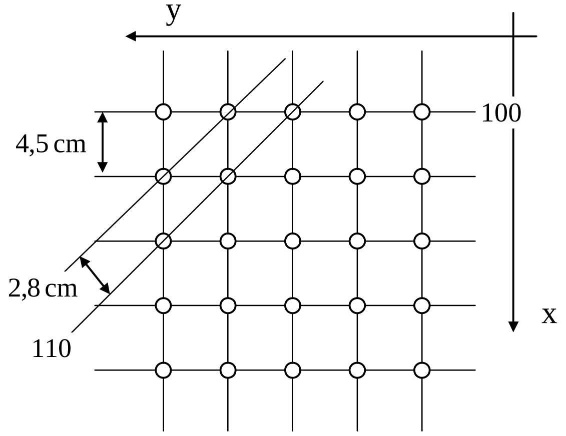
$$2d\,\mathrm{sen}\theta = \lambda n \Rightarrow d = \frac{\lambda n}{2\,\mathrm{sen}\theta} \qquad e \qquad d_{(hkl)} = \frac{a_o}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}} \Rightarrow a_o = d_{(hkl)} \cdot \sqrt{h^2+k^2+l^2}$$

Plano – 111	***Plano – 110***	***Plano – 100***
Cálculo de "d" *n = 1, λ = 2,8 cm,* $\theta_M = 29^0$ $d = \frac{2{,}8 \cdot 1}{2\,\mathrm{sen}\,29^o} = 2{,}9\,cm$ $d_{(111)} = 2{,}9\,cm$	*Cálculo de "d"* *n = 1, λ = 2,8 cm,* $\theta_M = 30^0$ $d = \frac{2{,}8 \cdot 1}{2 \cdot \mathrm{sen}\,30^o} = 2{,}8\,cm$ $d_{(110)} = 2{,}8\,cm$	*Cálculo de "d"* *A partir de* a_o *(já calculado)* $d_{(100)} = \overline{a}_o = 4{,}5\,\mathrm{cm}$ $\mathrm{sen}\theta = \frac{\lambda n}{2d} \Rightarrow \theta = \mathrm{arcsen}\left(\frac{\lambda n}{2d}\right)$ $\theta = \mathrm{arcsen}\left(\frac{2{,}8 \cdot 1}{2 \cdot 4{,}5}\right) = 18{,}0^o$ ***2θ =36º***
Cálculo de "a_o" $a_o = 2{,}9 \cdot \sqrt{1^2+1^2+1^2} = 5{,}0\,\mathrm{cm}$	*Cálculo de "a_o"* $a_o = 2{,}8 \cdot \sqrt{1^2+1^2+0^2} = 4{,}0\,\mathrm{cm}$	

A constante de rede para este cristal é $a_o = 4{,}5\,\mathrm{cm}$

Obs.: Como o gráfico característico para o "plano 100" não conseguimos determinar o pico de difração para este plano, portanto, a partir da constante de rede (média) obtida para os outros dois planos, determinamos "d" para este "plano-100" e o provável pico de difração (2θ).

$d_{(100)} = \overline{a}_o = 4{,}5\,\mathrm{cm}$



No esquema acima identificamos os planos "100" e "110" e as respectivas distancias interplanares.

Conclusão

Com este experimento simulamos o estudo da estrutura de um cristal e determinamos a distância interplanar de várias famílias de planos e a constante de rede de uma estrutura cúbica simples.

Obtivemos bons resultados, alcançando os objetivos esperados.