

EXPERIMENTO A5 – GRADE DE DIFRAÇÃO: MEDIDAS DE COMPRIMENTOS DE ONDA

A5.1 EQUIPAMENTO

Fonte emissora de luz (lâmpada de mercúrio); rede (ou grade) de difração (100 ou 600 linhas/mm); espectrômetro Zeiss.

A5.2 OBJETIVOS

- Orientar a rede de difração, para ficar perpendicular à direção do feixe de luz incidente, proveniente de uma lâmpada de mercúrio (Hg), focalizado e colimado pelo espectrômetro Zeiss;
- Medir os comprimentos de onda das emissões espectrais visíveis de uma lâmpada de Hg, para efetuar comparações percentuais com os valores esperados.

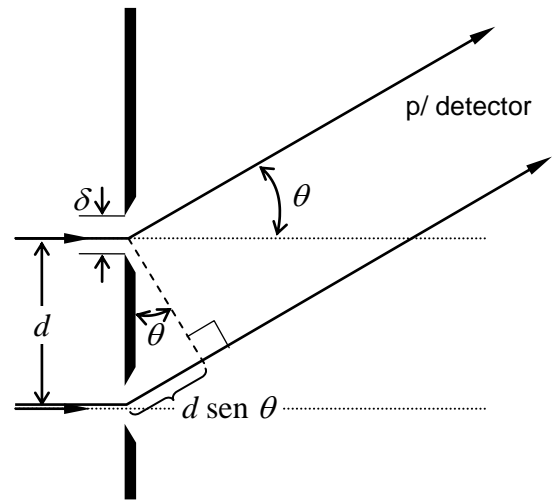
A5.3 TEORIA

Quando fótons de radiação passam através de duas fendas, de largura de abertura δ , as quais estão separadas pela distância média d , ocorre interferência construtiva quando as frentes de ondas originadas em cada fenda chegam em fase no detector (ver figura), e, nessa condição, tem-se

$$d \sin \theta_n = n \lambda ,$$

com n um número inteiro, a ordem de interferência.

A teoria de funcionamento de uma rede ou grade de difração envolve o mesmo princípio básico acima, pois se trata de uma sequência de fendas igualmente



espaçadas, ou seja, é um sistema de múltiplas fendas. Para a confecção prática de grades, é mais conveniente se fazer sulcos ou ranhuras sobre superfícies bem planas, lisas ou com recobrimento.

A vantagem das grades de difração sobre fendas duplas advém da maior coerência na interferência construtiva entre os múltiplos feixes desviados (“difratados”). Desse modo, se deduz que a expressão anterior que relaciona o posicionamento angular θ_n dos picos continua válida. Por outro lado, a expressão que relaciona a variação da intensidade $I_n(\theta_n)$ de cada pico difratado com a ordem n de difração é governada por uma expressão específica, a qual não será considerada nesta proposta de experimento.

Um parâmetro relevante de uma grade de difração é o número de linhas g por unidade de comprimento (normalmente por milímetro). Assim, se no comprimento total L se tiver $N + 1$ ranhuras, então $g = N / L$. A espessura de cada ranhura, em geral, é desprezível face à distância entre duas ranhuras consecutivas, ou seja, $\delta \ll d$. Observando que há N espaçamentos no comprimento L , ou seja, que $L = N d$, então $d = 1 / g$ (em milímetros).

Note que, de posse do parâmetro d , pode-se estimar comprimentos de onda a partir da medida do ângulo de desvio θ_n para uma dada ordem n de interferência via

$$\lambda = (d / n) \sin \theta_n .$$

A5.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

ALINHAMENTO DA GRADE DE DIFRAÇÃO

Aqui utilizaremos nosso conhecimento adquirido, motivo de um teste no laboratório, no uso do espectrômetro Zeiss. Traga para o laboratório sua cópia do manual de uso do espectrômetro, distribuída no início do semestre.

Alinhe o espectrômetro Zeiss com ajuda do feixe branco da lâmpada de Hg, observando a imagem da fenda sem a presença da rede de difração, ajustando a escala em $0^\circ 0' 0''$ e garantindo que a imagem esteja exatamente dentro da retícula de referência. Coloque a rede de difração de $g = 100$ linhas/mm (de distância nominal entre fendas $d = 10,0 \mu\text{m}$) sobre a plataforma giratória do espectrômetro. O objetivo é deixar a rede perpendicular ao feixe incidente.

Para efetuar esse ajuste com precisão, observe uma raia difratada à esquerda e à direita da rede. Meça e anote os ângulos observados (θ_E e θ_D). Sugere-se a escolha de uma ordem de difração alta, tipicamente $n \geq 3$, por que isso minimiza o erro no ângulo de difração. Para evitar confusão visual na escolha da ordem difratada, escolha uma raia bem nítida (por exemplo, a violeta, a verde forte, uma das amarelas próximas), para que se possa acompanhá-la facilmente.

Se a diferença entre os ângulos ($|\theta_E - \theta_D|$) for maior que $30''$ (trinta segundos de arco), subtraia a metade dessa diferença de θ_E , se $\theta_E > \theta_D$, ou acrescente caso contrário, i.e., se $\theta_E < \theta_D$. Gire o telescópio móvel para a esquerda, e ajuste as escalas para esse novo valor de θ_E . Claro que a raia escolhida agora não mais estará sobre a retícula, porque essa não era a medida de sua posição angular.

Para que essa se torne a nova medida, gire a plataforma onde está a rede para que a imagem da raia recaia exatamente sobre a retícula do espectrômetro, mas sem mexer no ajuste das escalas que você acabou de fazer!

Meça de novo o ângulo de difração dessa raia à direita e verifique se a diferença fica abaixo do limite de tolerância. Se necessário repita mais uma vez o procedimento. Esse método, se bem executado, converge em no máximo duas correções.

Quando a tolerância especificada for atingida, trave a plataforma giratória e evite esbarrar nela ou no telescópio de observação na sequência do experimento.

COMPRIMENTO DE ONDA DAS LINHAS ESPECTRAIS DO ÁTOMO HG

Anote os ângulos de difração do maior número possível de raias espectrais do Hg que estejam razoavelmente visíveis; em sua escolha, norteie-se pelas principais linhas espectrais da emissão do Hg, apresentadas na tabela anexa, a seguir. Tente obter os ângulos de duas das linhas vermelhas, mesmo que seja apenas em primeira ordem.

No caso das raias mais intensas do espectro de emissão do mercúrio, meça sempre o valor dos ângulos de difração em pelo menos 5 (cinco) ordens de difração à esquerda e à direita do zero do espectrômetro, preenchendo as tabelas de dados fornecidas.

Por praticidade, é melhor fazer primeiramente todas as medidas à esquerda e depois fazer todas as medidas à direita, evitando o inconveniente de ficar fazendo um tedioso movimento de vai e vem do telescópio de observação do espectrômetro.

A5.5 TABELA EMISSÕES DO ELEMENTO MERCÚRIO

COMPR. ONDA λ (nm)	COR DA RAIAS	INTENSIDADE	
		(u.a.)	CLASSIF.
404,656	VIOLETA	44	MÉDIA SUP.
407,781	VIOLETA	3	FRACA
434,749	AZUL	—	FRACA
435,833	AZUL	100	FORTE
491,604	AZUL-VERDE	—	FRACA
546,074	VERDE	75	FORTE
576,959	AMARELO	11	MÉDIA
578,970	AMARELO	—	FRACA
579,066	AMARELO	12	MÉDIA
708,190	VERMELHO	—	FRACA INF.

A5.6 ANÁLISES E CONCLUSÕES

- A.** Faça gráficos de $y = n$ versus $x = \sin \theta_n$, obtendo das declividades e do valor nominal d , do espaçamento entre ranhuras da grade de difração, os comprimentos de onda de todas as linhas espectrais do elemento mercúrio (Hg). (Se for da preferência do grupo, apresente gráficos de $y = \sin \theta_n$ versus $x = n$; nesse caso, explique como foi feita a análise.)
- B.** Dos gráficos, estime as incertezas nos respectivos comprimentos de onda. Para a linha vermelha, apresente apenas o valor médio e o desvio médio. Explique claramente como as contas foram conduzidas, tanto no cálculo da declividade média quanto no de sua incerteza.
- C.** Compare os comprimentos de onda de todas as cores de emissões (raias) observadas, comparando-as com seus respectivos valores de referência para o mercúrio, dados na tabela citada. Use uma estimativa percentual de comparação: por exemplo, para uma dada variável x , use a expressão

$$\Delta x \% = 100\% \cdot |x_{\text{medido}} - x_{\text{esperado}}| / x_{\text{esperado}} \cdot$$

- D.** Discuta possíveis fontes de erro que poderiam ser encontradas nesse experimento.

Redação: Prof. Rogério N. Suave.

10.6 TABELAS DE DADOS

Alinhamento da grade de difração (100 linhas/mm):

Passo	Difração à esquerda	Difração à direita	
	θ_E	θ'_D	$\theta_D = 359^\circ 59' 60'' - \theta'_D$
1	° ' "	° ' "	° ' "
2	° ' "	° ' "	° ' "
3	° ' "	° ' "	° ' "
4	° ' "	° ' "	° ' "

Raia observada: _____ Ordem de difração: $n =$ _____

Medida da raia de cor _____ do Hg (n variável):

Ordem (n)	θ_E	θ'_D	$\theta_D = 359^\circ 59' 60'' - \theta'_D$
1	° ' "	° ' "	° ' "
2	° ' "	° ' "	° ' "
3	° ' "	° ' "	° ' "
4	° ' "	° ' "	° ' "
5	° ' "	° ' "	° ' "
	° ' "	° ' "	° ' "

Medida da raia de cor _____ do Hg (n variável):

Ordem (n)	θ_E	θ'_D	$\theta_D = 359^\circ 59' 60'' - \theta'_D$
1	° ' "	° ' "	° ' "
2	° ' "	° ' "	° ' "
3	° ' "	° ' "	° ' "
4	° ' "	° ' "	° ' "
5	° ' "	° ' "	° ' "
	° ' "	° ' "	° ' "

Medida da raia de cor _____ do Hg (n variável):

Ordem (n)	θ_E	θ'_D	$\theta_D = 359^\circ 59' 60'' - \theta'_D$
1	° ' "	° ' "	° ' "
2	° ' "	° ' "	° ' "
3	° ' "	° ' "	° ' "
4	° ' "	° ' "	° ' "
5	° ' "	° ' "	° ' "
	° ' "	° ' "	° ' "

Medida da raia de cor _____ do Hg (n variável):

Ordem (n)	θ_E	θ'_D	$\theta_D = 359^\circ 59' 60'' - \theta'_D$
1	° ' "	° ' "	° ' "
2	° ' "	° ' "	° ' "
3	° ' "	° ' "	° ' "
4	° ' "	° ' "	° ' "
5	° ' "	° ' "	° ' "
	° ' "	° ' "	° ' "

Medida da raia de cor _____ do Hg (n variável):

Ordem (n)	θ_E	θ'_D	$\theta_D = 359^\circ 59' 60'' - \theta'_D$
1	° ' "	° ' "	° ' "
2	° ' "	° ' "	° ' "
3	° ' "	° ' "	° ' "
4	° ' "	° ' "	° ' "
5	° ' "	° ' "	° ' "
	° ' "	° ' "	° ' "

Medida da raia de cor _____ do Hg (n variável):

Ordem (n)	θ_E	θ'_D	$\theta_D = 359^\circ 59' 60'' - \theta'_D$
1	° ' "	° ' "	° ' "
2	° ' "	° ' "	° ' "
3	° ' "	° ' "	° ' "
4	° ' "	° ' "	° ' "
5	° ' "	° ' "	° ' "
	° ' "	° ' "	° ' "

Medida da raia de cor _____ do Hg (n variável):

Ordem (n)	θ_E	θ'_D	$\theta_D = 359^\circ 59' 60'' - \theta'_D$
1	° ' "	° ' "	° ' "
2	° ' "	° ' "	° ' "
3	° ' "	° ' "	° ' "
4	° ' "	° ' "	° ' "
5	° ' "	° ' "	° ' "
	° ' "	° ' "	° ' "

Medida da raia de cor _____ do Hg (n variável):

Ordem (n)	θ_E	θ'_D	$\theta_D = 359^\circ 59' 60'' - \theta'_D$
1	° ' "	° ' "	° ' "
2	° ' "	° ' "	° ' "
3	° ' "	° ' "	° ' "
4	° ' "	° ' "	° ' "
5	° ' "	° ' "	° ' "
	° ' "	° ' "	° ' "