



# Universidade de São Paulo Instituto de Física

NOTA
PROFESSOR

4323202 Física Experimental B

Equipe

1)..... função ..... Turma:.....

2)..... função ..... Data:.....

3)..... função ..... Mesa n.º: .....

## EXP 4- Espectroscopia Óptica

### I. Introdução

Em 1666, Isaac Newton observa que a luz branca que passa por um prisma é difratada em cores com diferentes ângulos. Chamou então as imagens coloridas de espectro do latim “spectrum” que quer dizer fantasma. Essa é a origem da Espectroscopia Óptica que se tornou uma ferramenta fantástica de caracterização. Cada substância tem sua assinatura espectral característica, moléculas e elementos químicos diferentes absorvem frequências ou cores diferentes de luz. Na nossa experiência vamos estudar o espectro de emissão ótica do mercúrio e do hidrogênio em lâmpadas espectroscópicas (tubos com gás com descarga elétrica). O experimento é análogo à análise das emissões luminosas de planetas (ou estrelas distantes) que são identificados em telescópios na Terra. É assim que sabemos se um planeta pode ser habitado ou não. Podemos também estudar a composição química do sol (note que o elemento hélio foi lá descoberto antes que na Terra) e das estrelas. Existem estrelas especiais, classe A, que são magnéticas e ricas em európio. A existência de európio nessas estrelas foi detetada na Terra por meio de técnicas espectroscópicas. A Espectroscopia Astronômica é segundo Carl Sagan, uma técnica quase mágica. Ao final da experiência vamos concordar com ele?

### II. Objetivos

Analisar as características técnicas de um espectroscópio óptico didático. Calibrar o espectroscópio com as raiais do mercúrio. Medir os comprimentos de onda da luz emitida por átomos de hidrogênio e associá-las com os seus níveis eletrônicos.

### III. AJUSTES DO ESPECTROSCÓPIO ÓPTICO

1. Para ajustar o telescópio, focalize-o num objeto bem distante, por exemplo, um objeto ou sinal numa parede distante da sala.
2. Focalize a ocular sobre o retículo formado por dois fios de cabelo em forma de cruz.
3. Teste o ajuste realizado verificando se há o problema de paralaxe movendo a cabeça para a direita e para a esquerda olhando através do telescópio. Se notar qualquer deslocamento relativo entre o objeto focalizado e o retículo repita os dois itens anteriores até suprimir completamente este problema.
4. Para ajustar o colimador alinhe o telescópio na direção do colimador sem colocar a rede de difração e observe a sua fenda através de telescópio. Se esta fenda estiver desfocalizada não

ajuste o foco o telescópio, mas, sim, regule a posição desta fenda, lentamente, para frente ou para trás até ficar bem focalizada e sem nenhum problema de paralaxe.

5. Regule a abertura da fenda para um pouco mais que a espessura do fio de cabelo do retículo.
6. Para acertar o zero da escala angular alinhe a fenda exatamente sobre o traço vertical do retículo e solte o parafuso que está travando, acerte o zero e volte a travá-la em seguida.
7. Segundo o fabricante a rede de difração tem  $\ell =$  \_\_\_\_\_ linhas/mm.

#### IV. ESPECTRO DO ÁTOMO DE MERCÚRIO

1. Coloque a lâmpada de mercúrio acesa bem defronte à fenda. Não remova o filtro de proteção contra a radiação ultravioleta, existente na abertura da caixa da lâmpada de mercúrio, nem a sua tampa. **ALERTA DE PERIGO:** Quando acesa ela emite radiações ultravioletas que são invisíveis e nocivas à pele e aos olhos.
2. Coloque a rede de difração pegando sempre pela borda para não marcar a sua superfície. A seta indicativa da direção dos sulcos deve ficar na vertical. A rede de difração deve ser posicionada com a sua face perpendicular ao eixo do colimador, operação esta que é facilitada pelo fato da plataforma ser giratória. Na primeira etapa, o ajuste deve ser feito visualmente destravando a plataforma e colocando-a numa posição que julgue ser a melhor possível e travando-a em seguida.

Para o ajuste final da posição da rede de difração, localize uma das cores do espectro, por exemplo, dentro do grupo das de primeira ordem, a amarela, girando o telescópio lentamente para um dos lados dentro de no máximo  $30^\circ$ . Memorize a sua posição angular e verifique se girando o telescópio em sentido contrário, a mesma raia amarela é encontrada com o mesmo deslocamento angular. Em caso contrário a posição da rede deve ser corrigida.

3. Meça a posição angular de cada uma das raia de primeira ordem repetindo a medida 3 vezes. 1 vez para cada componente da equipe.

Tabela 1. Medida da posição angular (3x) com a lâmpada de mercúrio.

Cor	$\lambda$ (nm)	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	$\theta_{\text{médio}}$	$d_{\text{experim.}} ( )$
Violeta 1 (média)	404,66					
Violeta 2 (fraca)	407,78					
Azul (forte)	435,84					
Turquesa (fraca)	491,60					
Verde (forte)	546,07					
Amarela 1 (forte)	576,96					
Amarela 2 (forte)	579,07					
Vermelha (fraca)	690,70					

4. A constante da rede (separação entre os sulcos) deve ser calculada por  $d =$  \_\_\_\_\_ para os valores de  $\theta_{\text{médio}}$  acima. Pelos dados do fabricante  $d_{\text{esperado}} = 1/\ell =$  \_\_\_\_\_ o que comparado com o valor médio de  $d_{\text{experimental}} =$  \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ obtido com os nossos dados acima.

Comente:.....  
 .....  
 .....

## V. ESPECTRO DO ÁTOMO DE HIDROGÊNIO

1. Substitua a lâmpada de mercúrio, da montagem anterior, por uma de vapor d'água que gera hidrogênio atômico e fornece o espectro correspondente.
2. Identifique cada uma das cores abaixo. Como a lâmpada é mais fraca, provavelmente, será necessário fazer suas medidas abrindo um pouco mais a fenda situada na extremidade do colimador. Complete a Tabela 2.
- 3.

Tabela 2. Medida da posição angular (3x) com a lâmpada de vapor d'água.

Cor	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	$\theta_{\text{médio}}$
Violeta				
Azul				
Turquesa				
Vermelha				

4. CONSTRUÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO. Abrindo o programa Origin, digite na caixa “Data 1” os valores de  $\theta_{\text{médio}}$  em X e de  $\lambda$  em Y obtidos na Tabela 1 referente ao espectro de mercúrio. Monte o gráfico e ajuste os dados no gráfico com uma reta linear.
5. DETERMINAÇÃO DE  $\lambda$  PARA CADA RAIA DO ESPECTRO DE HIDROGÊNIO. Dê um clique em + (Screen Reader) na barra de menu ou na caixa “Tools” e, clicando em qualquer ponto no gráfico, aparecerá uma marca. Desloque essa marca usando as teclas  $\uparrow$ ,  $\downarrow$ ,  $\leftarrow$  e  $\rightarrow$ . Os valores das coordenadas  $X(\theta_{\text{médio}})$  e  $Y(\lambda)$  estarão indicados na barra superior do gráfico ou em uma caixa. Usando as teclas  $\leftarrow$  e  $\rightarrow$ , posicione a marca no valor de  $\theta_{\text{médio}}$  correspondente a uma raia do espectro de hidrogênio na Tabela 2 e, em seguida, posicione essa marca na reta de calibração usando as teclas  $\uparrow$  e  $\downarrow$ . Leia e anote na Tabela 3 abaixo o valor de  $\lambda$  e complete a Tabela 3.
- 6.

Tabela 3. Tabela para determinação de  $\lambda$

Cor	$\lambda_{\text{esperado}} \text{ (nm)}$	$\lambda_{\text{experim.}} \text{ (nm)}$	Desvio %
Violeta	410,17		
Azul	434,05		
Turquesa	486,13		
Vermelha	656,28		

7. IMPRESSÃO DO GRÁFICO. Antes de imprimir o gráfico, mude as legendas dos eixos X e Y para  $\theta$  e  $\lambda$  com as unidades e digite os nomes de todos os colegas da equipe. Mande imprimir o gráfico uma vez e anexe esse gráfico impresso ao guia de um dos colegas.

8. Calcule as energias esperadas teoricamente correspondentes aos níveis  $n = 3$  e  $2$  para o átomo de hidrogênio e o comprimento de onda da raia vermelha a partir dessas energias.

$$E_3 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

$$E_2 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\lambda_{\text{vermelha teor}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nm.}$$

fórmulas

$$\text{Desvio \%} = \left| \frac{\lambda_{\text{vermelha exp}} - \lambda_{\text{vermelha teor}}}{\lambda_{\text{vermelha teor}}} \right| \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Cor	Transição
Violeta	$n = 6 \rightarrow n = 2$
Azul	$n = 5 \rightarrow n = 2$
Turquesa	$n = 4 \rightarrow n = 2$
Vermelha	$n = 3 \rightarrow n = 2$

9. A partir do  $\lambda_{\text{experim}}$  de menor desvio % calcule a constante de Rydberg,  $R_{H \text{ exp}}$ , com o auxílio da tabela acima.

$$R_{H \text{ exp}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{Desvio \%} = \left| \frac{R_{H \text{ exp}} - R_H}{R_H} \right| \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

onde  $R_H$  é o valor aceito atualmente, igual a  $1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ .

## VI. REFERÊNCIAS

- [1] Apostila do curso Física para Engenharia IV, IFUSP (2014).
- [2] Apostila do curso Introdução à Espectroscopia, W. M. Pontuschka e C. S. M. Partiti, IFUSP (1998-99)
- [3] Introduction to Atomic Spectra, H. E. White, (1934)
- [4] Cosmos, Livraria e Ed. Francisco Alves, Carl Sagan (1984).