
RAIAS ESPECTRAIS

Gil Bazanini

Depto. de Engenharia Mecânica -FEJ/UEDESC

Ivani T Lawall

Depto. de Física -FEJ/UEDESC

Joinville – SC

I. Introdução

Quando a luz emitida por uma fonte luminosa atravessa um prisma ou uma rede de difração, tem-se a decomposição do feixe luminoso em um espectro, fato há muito tempo conhecido. Quando a fonte luminosa é um sólido ou um líquido em incandescência diz-se que esse espectro é contínuo, ou seja, nele encontram-se todos os comprimentos de onda da luz visível. Porém, quando a fonte luminosa é constituída por um gás, através do qual passa uma descarga elétrica, ou por uma chama na qual se introduziu um sal volátil, ao invés de surgir uma faixa brilhante contínua com todas as cores do espectro visível (espectro contínuo), aparecem apenas algumas cores, formando linhas isoladas umas das outras e paralelas entre si. A essas linhas, dá-se o nome de raias espectrais. O comprimento de onda das raias espectrais é característico do elemento que as produz. Um grupo de raias denomina-se série.

II. Fórmulas espectrais empíricas

A regularidade das raias parecia indicar que havia uma relação entre elas. Os trabalhos de análise espectral foram iniciados por Kirchhoff e Bunsen por volta de 1859. Nos vinte e cinco anos que se seguiram, uma série de dados inexplicáveis relativos às raias espectrais emitidas por elementos excitados foi se acumulando. Tão logo tornou-se possível efetuar medidas de comprimentos de onda com segurança, numerosos investigadores lançaram-se à procura de relações entre as raias encontradas no espectro de um dado elemento. Nada se conseguiu além de algumas relações de diferentes tipos. Por volta de 1880, Liveing e Dewar chamaram a atenção para sucessivos pares de raias no espectro do sódio e ressaltaram que estes pares estavam alternadamente juntos e afastados, e que os mesmos se aglomeravam na direção da região de menores comprimentos de onda do espectro, sugerindo alguma relação entre eles, a qual eles não conseguiram descobrir. Em 1883, Hartley descobriu uma importante relação numérica

entre os componentes de duplas e trios no espectro de um dado elemento. Se são utilizadas frequências no lugar de comprimentos de onda, Hartley descobriu que a diferença nas frequências dos componentes de um grupo (dupla ou trio) de um determinado espectro, é a mesma para todos os grupos de raias deste espectro.

Foi somente em 1885 que Johann Balmer, um professor suíço, conseguiu obter uma fórmula que relacionava os comprimentos de onda das diversas raias com relativa precisão, para o hidrogênio:

$$\lambda = \frac{3645,6n^2}{n^2 - 4} \quad (1)$$

onde:

λ é o comprimento de onda em angstrom; $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
 $N=3, 4, 5, \dots$, para os respectivos comprimentos de onda.

Em 1906, Lyman descobriu uma série na região do ultravioleta para o hidrogênio e em 1908, Paschen descobriu uma nova série na região do infravermelho:

Série de Lyman: $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n=2, 3, \dots \quad (2)$

Série de Paschen: $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n=4, 5, \dots \quad (3)$

Surgiram ainda as séries de Brackett Pfund, também no infravermelho:

Série de Brackett: $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n=5, 6, \dots \quad (4)$

Série de Pfund: $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n} \right) \quad n=6, 7, 8, \dots \quad (5)$

onde R é a constante de Rydberg e vale $1,09678 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

Balmer sugeriu que sua fórmula poderia ser um caso particular de uma expressão mais geral, aplicável aos espectros de outros elementos. Rydberg tentou descobrir essa expressão e chegou a:

$$\frac{1}{\lambda} = A - \frac{R}{(N - \alpha)^2} \quad (6)$$

onde A e α são constantes ajustáveis ao elemento da série espectral em estudo, sendo n números inteiros sucessivos.

A fórmula de Rydberg vale tanto para a série espectral de Balmer, como para outras séries espectrais. Além disso, o valor de R permanecia quase o mesmo, qualquer que fosse o elemento. Hoje, sabe-se que esta pequena variação de R de um elemento para outro, deve-se ao peso atômico do elemento.

Para elementos muito pesados, R aproxima-se do valor $1,097373 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$.

Em 1908, W. Ritz, notando que a constante A da fórmula de Rydberg continha um termo análogo ao outro termo da fórmula, reescreveu-a:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{R}{(K + \beta)} - \frac{R}{(n + \alpha)^2} \quad (7)$$

onde:

α e β são constantes ajustáveis ao elemento;

K apresenta valores diferentes para diferentes séries espectrais de um mesmo elemento.

Para se obter a frequência, pode-se utilizar a expressão:

$$c = f \lambda \quad (8)$$

onde $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, é a velocidade da luz no vácuo.

Após ter se tomado possível a representação das frequências das raias espectrais através de fórmulas matemáticas, era necessário estabelecer uma ligação destas frequências com a estrutura do átomo e descobrir como a energia do átomo se transformava em energia luminosa.

Foi somente em 1913 que Niels Bohr, trabalhando no Laboratório Rutherford, em Manchester, obteve sucesso ao explicar as raias espectrais observadas para o hidrogênio, combinando o modelo do átomo de Rutherford com os quanta de Planck e os fótons de Einstein.

III. Redes de difração

Um instrumento importante na análise da luz é a rede de difração, a qual consiste numa chapa de vidro ou metal, onde são gravadas ranhuras igualmente espaça-

das. Para o espectro visível, utiliza-se redes contendo de 400 a 1200 traços por milímetro.

Admitindo-se que cada fenda tenha uma largura muito pequena e que uma onda luminosa incida normalmente em haverá a formação de uma figura de interferência em um anteparo à grande distância da rede, onde teremos um grande número de fontes lineares igualmente espaçadas, cujos máximos de interferência são dados por:

$$d \operatorname{sen} \theta = m \lambda \quad (9)$$

onde:

d é o espaçamento entre as fendas

θ é o ângulo entre a normal ao anteparo e a raia espectral de ordem m ($m=0, 1, 2, \dots$). Vide Fig.1.

λ é o comprimento de onda da raia de posição angular θ , em angstrom

O poder de resolução de uma rede de difração é determinado por:

$$R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = mN \quad (10)$$

onde $\Delta \lambda$ é a diferença entre dois comprimentos de onda vizinhos, cada qual aproximadamente igual a λ .

IV. Resultados de algumas medições

Algumas medições de comprimento de onda foram realizadas pelo primeiro autor, quando estagiário no departamento de Física da Faculdade de Engenharia Industrial, em São Bernardo do Campo – S.P..

Foi analisado o espectro de hélio, contido num tubo, de acordo com a, disposição abaixo:

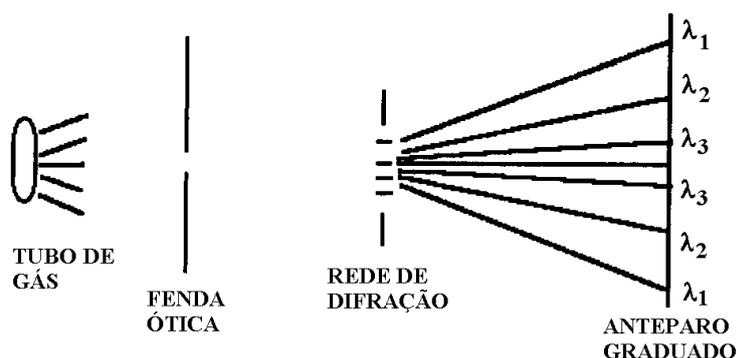
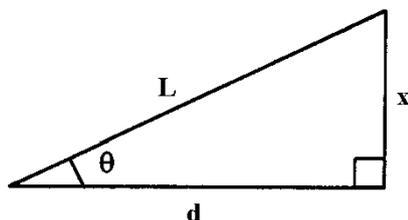


Fig. 1

Os raios de luz, ao passarem pela rede de difração, sofrem dispersão de acordo com o seu comprimento de onda, segundo a equação (9), de modo que se pode visualizar as raia, cada uma correspondendo a um comprimento de onda e, portanto, uma determinada cor, formando o espectro do hélio.

Só foi possível observar a série espectral de primeira ordem, ou seja, para $m=1$. Deve-se observar que há simetria no espectro observado, isto é, a raia situada à direita do centro do anteparo graduado está à mesma distância do centro que a raia de mesma cor situada à esquerda. Mediu-se a distância de cada raia ao centro (x) e a distância entre a rede de difração e o anteparo (d) com uma régua graduada:



Calcula-se:

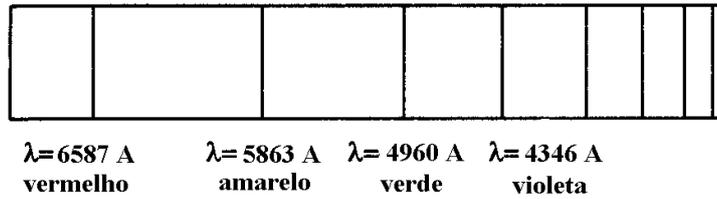
$$L = \sqrt{d^2 + x^2} \quad (11)$$

$$\text{sen } \theta = \frac{x}{L} \quad (12)$$

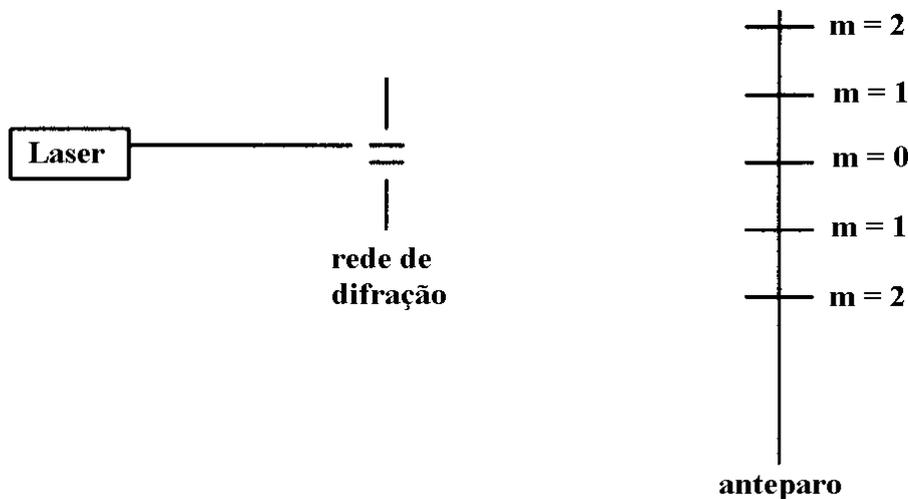
A rede de difração utilizada contém 14440 linhas por polegada, ou seja, 568,5 linhas por milímetro. Portanto $d = 1 / 568,5 = 1,759 \times 10^{-2} \text{ mm} = 1,759 \times 10^4 \text{ \AA}$

Como $m = 1$ (primeira ordem), pode-se calcular o comprimento de onda λ para cada raia, pela equação (9).

Assim, o espectro do hélio medido resulta:



Também foi utilizado o equipamento de raios laser do laboratório, que emite luz em um único comprimento de onda (correspondente a uma única cor) que, nesse caso, é o do vermelho.



Foram observadas as posições do máximo central ($m = 0$), primeiro máximo ($m = 1$) e segundo máximo ($m = 2$), e foi calculado o comprimento de onda para $m = 1$ e $m = 2$ do mesmo modo que para as raias espectrais:

m	λ (Å)
1	6225
2	6301

V. Conclusões

A tabela abaixo mostra intervalos nos quais costumam se situar os comprimentos de onda de cada cor. Como pode-se observar, os valores de comprimento de onda calculados caem dentro dos respectivos intervalos.

COR	$\lambda(\text{A}^{\circ})$
violeta	3900-4550
azul	4550-4920
verde	4920-5770
amarelo	5770-5970
laranja	5970-6220
vermelho	6220-7800

No caso do equipamento de raios laser, ambos os comprimentos de onda correspondem ao do vermelho, pois o laser utilizado só emitia luz vermelha.

Para efeito de comparação, vale ressaltar que os valores tabelados na literatura dos comprimentos de onda da lâmpada de hélio são: 4471, 5016, 5876 e 6678 A° , para as cores violeta, verde, amarela e vermelha, respectivamente.

Referências

- BUECHE, F. J. Introduction To Physics For Scientists And Engineers. McGraw-Hill. Japan. 1975.
- EISBERG, R.; LERNER, L. S. Física, Fundamentos e Aplicações. Vol. 4. Editora Mac-graw-Hill. São Paulo. 1983.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. Física Quântica. Editora Campus. Rio de Janeiro. 1986.
- KAPLAN, I. Física Nuclear. Editora Guanabara Dois. Rio de Janeiro. 1972.
- SEARS, F. W. Física: Ótica. Ao Livro Técnico S. A.. Rio de Janeiro. 1956.
- SEMA T, H. Fundamentals Of Physics. Holt, Rinehart And Winston. New York. 1964.