



SEARA DA CIÊNCIA CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



A Dispersão da Luz e as Séries (Raias) Espectrais. .

Parece haver sido o estadista e filósofo romano Sêneca (4 a.C. - 65 d.C.) o primeiro a fazer uma observação espectroscópica ao ver a luz solar sofrer uma decomposição, nas cores do arco-íris, ao atravessar um pedaço de vidro. A partir daí, certamente, muitos físicos perceberam a decomposição espectral da luz no vidro, contudo, foi o físico inglês Sir Isaac Newton (1642-1727) quem fez um estudo mais apurado dessa dispersão. Com efeito, em 1666, em um quarto escuro e ao fazer passar a luz solar branca em um prisma (comprado na feira de Sturbridge, por volta de 1665), ele observou a sua decomposição nas cores do arco-íris. Convencido de que essas cores estavam presentes na própria luz branca solar e que as mesmas não foram criadas no prisma, Newton realizou um outro tipo de experiência na qual fez passar as cores dispersadas, pelo primeiro prisma, por um segundo prisma invertido em relação ao primeiro, reproduzindo, dessa forma, e em uma tela, a luz branca original. É oportuno registrar que Newton, em suas experiências sobre a **dispersão da luz** e no relato que fez delas e de outras experiências em Óptica, no livro intitulado **Opticks or A Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light**, publicado em 1704, não tenha feito nenhum registro relevante das famosas **raias espectrais**. É provável que ele, se as observou, haja considerado como decorrentes de defeitos do vidro. Aliás, essas raias, também foram registradas pelo químico e físico inglês William Hyde Wollaston (1766-1828), em 1802 (*Philosophical Transactions* 92, p. 365), depois de observar o espectro solar. Nessa ocasião, ele chegou a observar cerca de sete linhas escuras, que ele denominou com letras do alfabeto. No entanto, pensando tratar-se apenas dos limites das cores do espectro solar, não aprofundou essa descoberta.

O estudo sistemático das **raias (linhas) espectrais**, conhecido como **espectroscopia**, foi iniciado pelo físico alemão Joseph von Fraunhofer (1787-1826), em 1814. O resultado desse estudo foi apresentado no artigo publicado na *Denkschrift der Königlichen Akademie Wissenschaften zu München* 5, p. 193, 1814-1815, no qual descreveu suas observações sobre a presença de linhas escuras no espectro solar, cujas oito principais ele as distinguiu com letras. Dentre as quais, destacam-se: **A** (vermelho escuro), **D** (amarelo claro) e **H** (violeta). Ao construir uma rede de difração, em 1819, Fraunhofer começou a medir o comprimento de onda das raias espectrais solares (mais tarde conhecidas como **raias de Fraunhofer**), e identificá-las com as letras do alfabeto, como fizera anteriormente. Os resultados dessa medida foram apresentados por ele na *Denkschrift der Königlichen Akademie Wissenschaften zu München* 8, p. 1, de 1821-1822. Destaque-se que as linhas **B, D, b, F, G** e **H** coincidem, respectivamente, com as linhas **A, B, f, g, D** e **E**, de Wollaston segundo historiador da ciência inglês Sir Edmund Taylor Whittaker (1873-1956) registrou em seu **A History of the Theories of Aether and Electricity: The Classical Theories** (Thomas Nelson and Sons Ltd, 1951).

Nas mais de 600 linhas que Fraunhofer estudou, ele observou que suas posições eram constantes para o mesmo espectro de um dado elemento químico, quaisquer que fossem as fontes de luz utilizadas para a obtenção do espectro, isto é, luz solar direta do Sol, ou refletida pela Lua ou pelos planetas, por um gás, ou por um metal aquecido. Desse modo, concluiu que cada elemento químico é caracterizado por um espectro, como se fosse uma verdadeira impressão digital. Hoje, a difração da luz proveniente de fontes bem afastadas de uma rede de difração, é chamada de **difração de Fraunhofer**.

Uma fórmula empírica para determinar as linhas espectrais do hidrogênio (*H*) foi obtida pelo físico e matemático suíço Johann Jakob Balmer (1825-1898), em 1885 (*Verhandlungen der Naturforscher Gesellschaft zu Basel* 7, p. 548). Sua expressão é a seguinte (em milímetros - mm):

$$\lambda = b \frac{m^2}{m^2 - n^2} = 3645,6 \times 10^{-7} \left(\frac{m^2}{m^2 - n^2} \right)$$

Com essa fórmula, Balmer chegou a calcular a posição de 19 das linhas do H na região do espectro luminoso, constituindo, assim, o que passou a ser conhecido como **série de Balmer**. É interessante observar que foi um amigo de Balmer, o professor Eduard Hagenbach (1833-1910), quem lhe indicou os comprimentos de onda de algumas linhas do espectro de H para que ele descobrisse uma relação entre esses comprimentos.

Em 1890 (*Philosophical Magazine* 29, p. 331), o físico sueco Johannes Robert Rydberg (1854-1919) expressou a fórmula de Balmer em termos do número de ondas (inverso do comprimento de onda: $\bar{\nu} = 1/\lambda$) e observou, ainda, que as posições das linhas espectrais de qualquer elemento químico apresentavam em seus cálculos um fator numérico constante, fator esse que a partir daí ficou conhecido como a **constante de Rydberg** (R). Esse resultado ficou conhecido como a fórmula de Rydberg:

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{b} - \frac{4}{bm^2} = \bar{\nu}_\infty - \frac{R}{m^2}$$

Em 1896, (*Annalen der Physik* 58, p. 674) Rydberg e, independentemente, em 1897 (*Nature* 55, pgs. 200; 223) o físico germano-inglês Sir Arthur Schuster (1851-1934) mostraram a convergência das frequências de diferentes séries espectrais da mesma substância. Esse resultado ficou conhecido como a **lei de Rydberg-Schuster** e, na atual notação, ela apresenta o seguinte aspecto (para H): $1/\lambda = R_H(1/m^2 - 1/n^2)$, com $R_H = 10967757,6 \pm 1,2 m^{-1}$.

Ainda em 1896 (*Astrophysical Journal* 4, p. 369), o físico e astrônomo norte-americano Edward Charles Pickering (1846-1919) descreveu as experiências que realizou sobre o espectro de algumas estrelas, dentre elas a ζ -Puppis, e que ficaram conhecidas com as **séries de Pickering**. Note-se que essas séries apresentavam um fato curioso: elas praticamente coincidiam com as séries de Balmer, apenas de maneira alternada, isto é, a primeira série de Balmer (H_α) praticamente coincidia com a primeira da série de Pickering, no entanto a segunda de Balmer (H_β) só correspondia à terceira de Pickering, e assim sucessivamente. Em vista disso, essas séries eram atribuídas ao H .

Em 1908, dois novos resultados para o estudo da Espectroscopia foram encontrados. O primeiro deles (*Annales de Physique Leipzig* 27, p. 537) foi obtido pelo físico alemão Louis Carl Heinrich Friedrich Paschen (1865-1947). Ele descobriu uma nova série de linhas espectrais do hidrogênio na região do infravermelho, hoje conhecida como a **série de Paschen**. [Note-se que Paschen, em 1916 (*Annalen der Physik* 1, p. 901), foi o primeiro a observar o desdobramento das linhas espectrais do hélio ionizado (He^+), desdobramento esse conhecido como **estrutura fina**.] O outro resultado foi o princípio formulado pelo físico suíço Walter Ritz (1878-1909) no *Zeitschrift für Physik* 9, p. 591. Segundo esse princípio, hoje conhecido como **princípio da combinação de Ritz**, a frequência ($\nu = c/\lambda$) de uma linha arbitrária do espectro de qualquer átomo pode ser representada como a soma algébrica das frequências de duas outras linhas quaisquer do mesmo espectro, ou seja:

$$\nu(n, n-1) + \nu(n-1, n-2) = \nu(n, n-2)$$

Com esse princípio, Ritz explicou um fato que intrigava os espectroscopistas, qual seja, o de que existiam mais raias claras (espectro de emissão) do que escuras (espectro de absorção). Note-se que no espectro de um determinado elemento químico, as raias escuras sempre coincidem com as raias.

Apesar dessa explicação, havia uma questão maior. Como demonstrá-la. Além disso, não se conseguia demonstrar as fórmulas de Balmer e de Rydberg-Schuster. Essas explicações só ocorreram com o **modelo atômico** proposto pelo físico dinamarquês Niels Henrik David Bohr

(1885-1962; PNF, 1922), em 1913. Aliás, esse modelo, além de explicar as séries de Pickering como devidas ao hélio (He^+), previu também a existência de outras raias espectrais do H. A primeira delas, na região do ultravioleta, foi descoberta em 1914 (*Physical Review* 3, p. 504) pelo físico norte-americano Theodore Lyman (1874-1954), hoje conhecida como **série de Lyman**. Em 1922 (*Nature* 109, p. 209), o físico norte-americano Frederick Sumner Brackett (1896-1972) descobriu uma nova série espectral do hidrogênio na região do infravermelho longínquo - a série de Brackett. Por fim, em 1924 (*Journal of the Optical Society of America* 9, p. 193), o físico norte-americano August Herman Pfund (1879-1949) descobriu uma outra série espectral do hidrogênio, também na região do infravermelho longínquo - a **série de Pfund**.

É oportuno registrar que a **dispersão da luz** foi explicada pelo físico holandês Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928; PNF, 1902), usando a Teoria do Elétron que iniciou a elaborar, em 1892, baseada na Teoria Eletromagnética Maxwelliana. Com sua Teoria do Elétron, Lorentz mostrou que o índice de refração n de um material transparente depende da frequência (ω) da luz que o atravessa e sofre dispersão, isto é: $n(\nu)$. Esse resultado indicava que a cor depende da frequência, e não do comprimento de onda. Registre-se também que, em 1871 (*Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie* 143, p. 271), W. Sellmeier encontrou essa mesma dependência em uma substância gasosa.

[Página Inicial](#)

[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)