



CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br

Schrödinger e a Inspiração para a Descoberta de sua Equação.

Em verbetes desta série, falamos dos vários trabalhos do físico austríaco Erwin (Rudolf Josef Alexander) Schrödinger (1887-1961; PNF, 1933) sobre o desenvolvimento da Mecânica Quântica Ondulatória, representada por sua célebre equação. Vejamos como ocorreu a inspiração que o levou a obtê-la. Schrödinger estudou na *Universidade de Viena*, entre 1906 e 1910, ocasião em que, sob a orientação do físico austro-húngaro Friedrich Hasenöhr (1874-1915) (que orientou sua Tese de Doutorado, intitulada: **Sobre a Condução da Eletricidade em Superfície de Isoladores em Ar Úmido**, e defendida em 20 de maio de 1910) aprendeu o problema de autovalores para estudar a Física dos Meios Contínuos, problema esse que se tornou a base matemática fundamental de sua equação [Erwin Schrödinger, *Nobel Biography* (1933)]. Entre 1914 e 1918 participou do esforço de guerra como tenente de artilharia em fortalezas austríacas (Gorizia, Duino, Sistina, Prosecco e Viena). Em 1920, trabalhou na *Escola Técnica Superior de Stuttgart*, como professor extraordinário e, em Breslau (atual Wrocław, Polônia), como professor ordinário. Em 06 de abril de 1920, Schrödinger casou-se com Annemarie Bertel que havia conhecido em Seeham. É interessante destacar que, em 1913, ele e o físico alemão Karl Wilhelm Friedrich Kohlrausch (1884-1953) estudaram o teor de rádio-A (hoje, radônio – Rn) na atmosfera da cidade de Seeham. Em 1921, ele foi para a *Universidade de Zurique* (UZ), para substituir o físico alemão Max Felix Theodor von Laue (1879-1960; PNF, 1914). Segundo nos contam os norte-americanos, o físico-químico e biógrafo Walter John Moore (1918-2001) e o filósofo e historiador da ciência norte-americano Robert P. Crease (n.1953) em seus respectivos livros: **A Life of Erwin Schrödinger** (Cambridge University Press, 1994) e **As Grandes Equações** (Zahar, 2011), Schrödinger ministrou, no dia 09 de dezembro de 1922, a Conferência Oficial na UZ com um trabalho intitulado: **O Que é Uma Lei da Natureza?**, no qual afirmou que: - [...] *as leis da natureza, sem exceção, têm caráter estatístico.*

Como a saúde de Schrödinger era precária (ele sofria de insuficiência respiratória), ele só voltou a trabalhar nos aspectos quânticos da Física, em 1925, quando participava dos seminários promovidos pela UZ e pela *Escola Técnica Federal (Eidgenössische Technische Hochschule - ETH)* de Zurique. Um dos organizadores desses seminários, o físico e químico holandês Petrus Joseph Wilhelm Debye (1884-1966; PNQ, 1936), leu os trabalhos realizados pelo físico francês, o Príncipe Louis Victor Pierre Raymond de Broglie (1892-1987; PNF, 1929), entre 1923 e 1925, nos quais propôs sua interpretação ondulatória da matéria (“onda de matéria”), como, por exemplo, o elétron descrevendo uma “onda-piloto” em sua órbita bohriana. Depois de realizar essa leitura, Debye sugeriu a Schrödinger que fizesse um seminário sobre essa proposta de de Broglie. Imediatamente Schrödinger recusou, dizendo: - *Eu não quero falar sobre tal “nonsense”.* Porém, como Debye era o chefe do grupo de pesquisa do qual participava Schrödinger, ele enfatizou que esse seminário era importante

para a formação do referido grupo. Schrödinger, então, aceitou e apresentou seu seminário, em certo dia do outono de 1925, resumindo a proposta de de Broglie dizendo que a “onda-piloto” de um elétron atômico deveria ter um comprimento de onda correspondente a um número inteiro. Debye, contudo, achou essa resposta muito simples e disse-lhe que, “para que o movimento do elétron fosse ondulatório, ele deveria resultar de uma equação de onda”.

Tendo em mente essa sugestão de Debye, Schrödinger saiu de férias e foi esquiar em Arosa (uma estação balneária alpina, com cerca de 1.700 m de altitude), levando consigo uma antiga namorada vienense cuja identidade ainda é uma questão em aberto, pois o diário de Schrödinger correspondente ao ano de 1925 se perdeu (Moore, op. cit. Crase op. cit.). Durante essas férias, Schrödinger começou a busca da equação que Debye lhe propusera. Em 27 de dezembro de 1925, Schrödinger escreveu para seu amigo, o físico alemão Max Karl Werner Wien (1866-1938) [primo do físico alemão Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien (1864-1928; PNF, 1911)], de quem fora assistente em Stuttgart, dizendo-lhe (Crase, op. cit.): - *No momento, estou lutando com uma nova teoria atômica. Se ao menos eu soubesse mais matemática! Estou muito otimista sobre isso, e espero que, se pelo menos eu conseguir resolver isso, seja algo muito bonito.*

Schrödinger voltou de Arosa para Zurique, em 09 de janeiro de 1926, e logo começou a ministrar seminários para o grupo de físicos de UZ/ETH, liderado por Debye. E logo no primeiro deles, disse (Crase, op. cit.): - *Meu colega Debye sugeriu que deveríamos formular uma equação de onda; bem, eu descobri uma!* Assim, em uma série de seis artigos (*Annales de Physique Leipzig* **79**, p. 361; 489; 734; 747; **80**, p. 437; e **81**, p. 136), todos publicados em 1926 e apresentados aos seus colegas daquele grupo, ele usou a Analogia Mecânico-Óptica de Hamilton (1835)-Jacobi (1837) e propôs a hoje famosa **Equação de Schrödinger (ES)**:

$$\Delta\psi(\vec{r}) + 2m/\hbar^2[E - V(\vec{r})]\psi(\vec{r}) = 0 \Leftrightarrow H\psi(\vec{r}) = E\psi(\vec{r}) \text{ (equação de autovalores),}$$

onde $\psi(\vec{r})$ é a **função de onda de Schrödinger** ou **campo escalar**, $\Delta \equiv \nabla^2$ é o **operador laplaciano** (sendo ∇ o **operador gradiente**), $\hbar = h/2\pi$, com h a **constante de Planck**, e H é o **operador Hamiltoniano** definido por:

$$H = V(\vec{r}) + T = V(\vec{r}) + p^2/2m,$$

sendo $V(\vec{r})$ a **energia potencial**, T a **energia cinética** e $p = -i\hbar\nabla$ ($i = \sqrt{-1}$) é o **operador momento linear**.

Concluindo este verbete, é interessante destacar alguns comentários relacionados com o romance extraconjugal de Schrödinger enquanto desenvolvia sua célebre ES. Um de seus amigos, falou (Crase, op. cit.): - *Schrödinger fez sua grande obra em um surto erótico tardio.* Por sua vez, Moore (op. cit.) escreveu que: - *Como a dama sombria que inspirou os sonetos de Shakespeare, a **dama de Arosa** talvez permaneça para sempre envolta em mistério; e, quem quer que tenha sido sua inspiração, o aumento das habilidades de Erwin foi radical. [...] Teve início um período de doze meses de atividade criativa contínua, sem paralelo na história da ciência.* Ainda segundo Moore, pelo menos se sabe que a **dama de**

Arosa não foi nenhuma das três paixões de Schrödinger: Lotte (“Weibi”) Rella, Irene Drexler e Felicie Krauss.



ANTERIOR

SEGUINTE