



SEARA DA CIÊNCIA CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Pierre Curie, Noether, Wigner, Weyl, as Simetrias, as Leis de Conservação, os Grupos e os Números Quânticos. .

Foi o químico e físico francês Pierre Curie (1859-1906; PNF, 1903) o primeiro a introduzir a importância da simetria no estudo dos fenômenos físicos, ao afirmar que: *São as assimetrias que possibilitam os fenômenos*. Para ele, uma exata simetria da Natureza não poderia ser detectada, já que todos os pontos do Universo seriam indistinguíveis, e a probabilidade da realização de experiências seria a mesma. Por outro lado, ao fazer a distinção clara entre vetores polares e axiais, Pierre Curie percebeu a importância da Teoria de Grupo [inventada pelo matemático francês Évariste Galois (1811-1832), em 1831] no estudo dos fenômenos físicos. É oportuno esclarecer que, em Física, chama-se de **simetria** a toda transformação que leva um sistema físico em um outro que lhe seja equivalente, decorrendo daí, uma invariância desse sistema. O conjunto de transformações de simetria forma um **grupo**. Observe-se que se denomina de **vetor polar**, ao vetor que apresenta a direção independente do sistema de coordenadas; em caso contrário, ele se denomina de **vetor axial** ou **pseudo-vetor**. Por exemplo, os vetores: posição (\vec{r}), são vetores polares; e o vetor momento angular ($\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$), é um vetor axial.

A importância da simetria no estudo dos fenômenos físicos salientada por Pierre Curie, teve um primeiro estudo formal com a matemática alemã Amalie Emmy Noether (1882-1935). Com efeito, em 1918 (*Königlich Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen Nachrichten*, pgs. 37 e 235), ela demonstrou que as constantes de movimento de um sistema físico, isto é, os seus invariantes, estão associadas com os grupos de simetria das transformações equivalentes. Por exemplo, quando o Lagrangeano (L), ou seja, a diferença entre as energias cinética (T) e potencial (V), que determina as equações de movimento de um sistema físico apresentar simetria de translação no tempo, na posição, e apresentar, também, simetria de rotação no espaço, teremos, respectivamente, as **Leis de Conservação da Energia, do Momento Linear e do Momento Angular**, o que significa dizer, portanto, que essas grandezas físicas são invariantes. Destaque-se que essa demonstração ficou conhecida como o **Teorema de Noether**. É oportuno registrar que o matemático inglês John Wallis (1616-1703) demonstrou, em 1668, que o momento linear dos corpos em colisão é conservado. Por outro lado, em seu estudo sobre a Mecânica dos Corpos Rígidos, o matemático e físico suíço Leonhard Euler (1707-1783), encontrou em 1751, a conservação do momento angular. Já a conservação da energia mecânica foi demonstrada pelo físico e matemático francês Gustave-Gaspard Coriolis (1792-1843), em 1829. Por fim, o físico e fisiologista alemão Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894), ao analisar, em 1847, a equivalência entre energia cinética, calor e trabalho, formulou matematicamente a Lei de Conservação da Energia.

Por sua vez, o estudo dos princípios de simetria e a aplicação da Teoria de Grupo aos sistemas de muitos-elétrons foi iniciado pelo físico húngaro norte-americano Eugene Paul Wigner (1902-1995; PNF, 1963), em 1926 (*Zeitschrift für Physik* **40**, p. 492). Com esse estudo, ele esclareceu o aforisma de Pierre Curie enunciado acima, observando que a descrição de um fenômeno físico depende de suas condições iniciais. Desse modo, é a assimetria das condições iniciais que permite determinar as simetrias das leis da Natureza. A separação entre as condições iniciais e as leis da Natureza surge, naturalmente, quando se representa um fenômeno natural por intermédio de uma equação diferencial, já que, para resolvê-la, é necessário conhecer as condições iniciais. Daí o grande sucesso dos formalismos diferenciais no estudo dos fenômenos físicos.

Por outro lado, ao estudar as Leis de Conservação na Mecânica Quântica, Wigner observou, em 1927 (*Zeitschrift für Physik* **43**, p. 624), que tais leis são associadas com a existência de operadores unitários P [operador paridade (reflexão)], de autovalores ± 1 , que comutam com o operador Hamiltoniano H ($H = T +$

V). Registre-se que Wigner continuou a produzir trabalhos relacionados com a aplicação da Teoria de Grupo na Mecânica Quântica, os quais reuniu em seu célebre livro intitulado **Gruppentheorie und ihre Anwendung auf die Quantenmechanik der Atomspektren**, publicado em 1931. Nesse livro, ele propôs a Lei de Conservação da Paridade P, segundo a qual nenhuma experiência seria capaz de determinar, de maneira unívoca, a direita ou a esquerda. Observe-se que a violação dessa lei foi proposta teoricamente e confirmada experimentalmente, entre 1956 e 1957 (Ver verbete sobre Salam). Registre-se, também, que, em 1932 (*Akademie der Wissenschaften zu Göttingen Nachrichten, Mathematisch-physikalische Klasse*, p. 546), Wigner estudou a reflexão no tempo - o **operador inversão temporal T** - nos fenômenos físicos.

É oportuno destacar que a aplicação da Teoria de Grupo à Mecânica Quântica também foi estudada pelo físico e matemático alemão Hermann Weyl (1885-1955) em seu famoso livro intitulado **Gruppentheorie und Quantenmechanik**, publicado em Leipzig, em 1928. Nesse livro, Weyl mostrou que os resultados da Mecânica Quântica (desenvolvida a partir de 1925) aplicados ao átomo de hidrogênio (H), poderiam ser simplesmente entendidos por intermédio da Teoria de Grupo, uma vez que os números quânticos, que aparecem na Teoria Quântica desse átomo, são índices que caracterizam as representações do Grupo de Rotações.

[Página Inicial](#)

[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)