



CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br

Heisenberg, Pauli e o Campo Unificado das Partículas Elementares.

Segundo vimos em verbetes desta série, logo depois que o físico germano-suíço-norte-americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921) geometrizou a gravitação, em 1915, ele começou a desenvolver uma nova teoria para geometrizar a outra força até então conhecida no Universo, qual seja, a força eletromagnética maxwelliana (1873) e, com isso, unificar essas duas forças. Note-se que a busca pelo **campo unificado** realizada por Einstein começou, em janeiro de 1922. Contudo, sua apresentação formal aconteceu, em 1923 (*Scripta Jerusalem Universitat* **1**, No. 7), em artigo que escreveu com a colaboração do físico alemão Jakob Grommer (1879-1933). Apesar da descoberta de duas novas forças na Natureza: fraca, em 1934, e forte, em 1935, Einstein continuou sua busca pelo **campo unificado** (unificação entre gravitação e eletromagnetismo) até sua morte, no dia 18 de abril de 1955. [Abraham Pais, 'Subtle is the Lord...': *The Science and the Life of Albert Einstein* (Oxford University Press, 1982)].

O **campo unificado** também foi objeto de estudo de outros físicos como, o alemão Werner Karl Heisenberg (1901-1976; PNF, 1932) e o austríaco Wolfgang Pauli Junior (1900-1958; PNF, 1945), porém com outro objetivo, qual seja, a unificação das Partículas Elementares (PE) por intermédio de uma Teoria Quântica de Campo. O interesse de Heisenberg pelas PE começou, em 1949 (*Zeitschrift für Physik* **126**, p. 569), quando estudou a colisão das PE em altas energias como um processo turbulento, processo esse que havia apresentado em 1948 (*Zeitschrift für Naturforschung* **3a**, p. 434). Agora, vejamos como o envolvimento de Heisenberg com as PE e o **campo** que as unifica é descrito por ele próprio em seu livro **Physics and Beyond: Encounters and Conversations** (Harper & Row, Publishers, 1971; **Diálogos sobre Física Atômica**, Editorial Verbo, 1971), pelo historiador da ciência, o norte-americano David C. Cassidy (n.1945), no livro **Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg** (W. H. Freeman and Company, 1991), e pelo físico japonês Michio Kaku (n.1947), em **Hiperespaço** (Rocco, 2000). Em fevereiro de 1957, Heisenberg adoeceu e foi com sua mulher Elisabeth para a cidade de Ascona, no Lago Maggiore, no norte da Itália. De lá, ele trocou cartas – conhecida como a *Batalha de Ascona* - com Pauli sobre uma **equação de campo** que Heisenberg havia encontrado, que continha tanto o Grupo Relativístico de Lorentz quanto o Grupo de Isospin, que é um grupo de simetria interna entre prótons e nêutrons (ver verbete nesta série), ou seja, havia uma divisão (bipartição) e uma redução de simetria. Em princípio, a *consciência da Física*, como Pauli era conhecido entre seus pares, recusou essa ideia. Porém, como havia proposto, em 1930, a partícula **neutrino** importante para o entendimento das interações (eletromagnética e fraca) entre as PE e dominava bem seu formalismo matemático, ele se entusiasmou com a proposta de Heisenberg, apresentada em uma carta datada de 16 de dezembro de 1957. Pauli, então, enviou-lhe duas cartas, com um intervalo de oito dias.

Na primeira, escreveu: - ... *Divisão e redução das simetrias – aqui está o busilis. A divisão em duas partes é um atributo muito velho do diabo (a palavra “dúvida” significa, originariamente, divisão em dois). Numa obra de Bernard Shaw houve um bispo que disse que mesmo com o diabo não se deve fazer batota. Portanto, no Natal, tão-pouco deve faltar o demônio. Os dois senhores divinos – Cristo e o Demônio – devem saber que existe entre eles muito mais simetria. Por favor, não contes estas heresias aos teus filhos, mas pode contá-las ao barão Von Weiszäcker, com quem estive há pouco. Teu amigo, Wolfgang Pauli.*

Na segunda, disse: - *A imagem transforma-se todos os dias. Tudo flui. A tornar público, nada ainda, mas será algo de admirável. Não pode prever-se o que vai surgindo. Deseja-me felicidades, pois*

sinto-me como que a aprender a andar. (Segue uma citação): - "A razão levanta de novo a sua voz e a esperança volta a surgir ... Saúda a aurora antes de começar 1958, antes que rompa o sol ...". Porém, por hoje basta. O tema é inesgotável. Tu, pessoalmente, descobrirás muitas coisas. Terás notado que o *butilis* foi superado. O diabo revelou seu segredo, divisão e redução de simetrias. Dei-lhe facilidades com a minha anti-simetria – foi jogo limpo – e ele retirou-se suavemente ... E agora, Feliz Ano Novo! Marcharemos cantando ao seu encontro. É um longo caminho para a Tipperary (região da Irlanda). É um longo caminho para ir. Teu amigo, Wolfgang Pauli.

Devido a esse entusiasmo de Pauli, Heisenberg propôs escreverem um artigo juntos. Então, no dia 27 de Fevereiro de 1958, Heisenberg preparou o rascunho de um artigo, em nome dele e de Pauli, com o seguinte título: **On the isospingroup in the theory of elementary particles**. O texto, de 14 páginas, foi mimeografado e várias cópias foram tiradas. Contudo, três dias antes desses *preprints* serem distribuídos, Heisenberg anunciou a **Equação de Heisenberg-Pauli** em uma Conferência no Instituto de Física da Universidade de Göttingen (IFUG). Um jovem repórter de uma rádio anunciou ao vivo, o seguinte: - Professor Heisenberg e seu assistente, W. Pauli descobriram a equação básica do cosmos.

Sabedor dessa sensacional notícia por intermédio do físico austríaco Victor Frederick Weisskopf (1908-2002), no dia 7 de março de 1958, Pauli enfureceu-se e escreveu uma carta para Heisenberg, que era uma folha em branco, apenas com a legenda: - Isto é para mostrar ao mundo que posso pintar como Ticiano [Vecellio (1473/1490-1576), pintor italiano]. Faltam apenas detalhes técnicos.

Comment on Heisenberg's radio advertisement:
 "This is to show the world, that I can paint like Titian!"



Only technical details are missing.

W. Pauli

No dia 23 de abril de 1958, data em que se comemorou o primeiro centenário de nascimento do físico alemão Marx Karl Ernest Planck (1858-1947; PNF, 1918), no mesmo auditório do IFUG e na presença de 1800 ouvintes, Heisenberg apresentou a *Equação de Heisenberg-Pauli* (EH-P), que é uma equação não-linear (Cassidy, op. cit.):

$$\gamma_{\mu} \frac{\partial \psi}{\partial x_{\mu}} \pm \ell^2 \gamma_{\mu} \gamma_5 \psi (\bar{\psi} \gamma_{\mu} \gamma_5 \psi) = 0$$

onde γ_{μ} ($\gamma_5 = \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \gamma_4$) são as *matrizes de Pauli*, ψ e $\bar{\psi}$ são a *função de onda schrödingeriana* e seu complexo conjugado, ℓ^2 é um parâmetro, e a presença repetida de μ em cada termo significa uma soma de 1 até 4. É interessante destacar que, em 1934 (*Proceedings of the Royal Society of London*

A144, p. 425), os físicos, o alemão Max Born (1882-1970; PNF, 1954) e o polonês Leopold Infeld (1893-1968) haviam usado uma expressão análoga para tornar as **equações de Maxwell** não-lineares.

Apesar dessa reação de Pauli, no verão de 1958, por ocasião dos Cursos de Verão na cidade de Como, na Itália [onde nasceu o físico italiano Alessandro Guiseppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827)]. Como o tema desse Curso era a Física das Partículas Elementares, Heisenberg e Pauli eram os principais convidados. Ao término da apresentação de Pauli sobre a equação que representava a dinâmica do cosmos, o físico dinamarquês Niels Henrik David Bohr (1885-1962; PNF, 1922) disse: - *Todos concordamos que sua teoria é maluca. A questão que nos divide é se ela é maluca o bastante.* Por sua vez, o físico norte-americano Julian Seymour Schwinger (1918-1994; PNF, 1965) declarou: - *Não passa de mais um sintoma da ansia que aflige cada geração de físicos – a comichão de ter todas as questões fundamentais respondidas durante suas vidas* (Kaku, op. cit.).

Concluindo este verbete, é oportuno registrar que Pauli morreu no dia 15 de dezembro de 1958, sem estar completamente convencido da EH-P, e que Heisenberg apresentou a unificação das partículas elementares no livro Introduction to the Unified Theory of Elementary Particles (Interscience/John Wiley and Sons, 1966).



ANTERIOR

SEGUINTE