




CURIOSIDADES DA FÍSICA




José Maria Filardo Bassalo


www.bassalo.com.br

Os Primeiros Trabalhos de Pauli Antes de Seu Doutorado.

O físico austríaco Wolfgang Pauli Junior (1900-1958; PNF, 1945) graduou-se com louvor, em 1918, no *Döblinger Gimnasium*, na Áustria. Logo depois foi para a *Universidade Ludwig-Maximilian*, em Munique, na Alemanha, estudar com o físico alemão Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld (1868-1951) objetivando obter seu Doutorado de Física, o que aconteceu em julho de 1921 com a tese intitulada: **Über das Modell des Wasserstoff-Molekülions** (“Sobre o Modelo do Íon da Molécula de Hidrogênio”), na qual desenvolveu a Teoria Quântica da molécula de hidrogênio (H) ionizada. Contudo, antes disso, em 1920, Pauli publicou dois importantes trabalhos sobre as propriedades magnéticas clássicas da matéria: **dia**, **para** e **ferromagnetismo**. Conforme vimos em verbete desta série, as duas primeiras (**dia** e **para**) foram estudadas pelo físico francês Paul Langevin (1872-1946), em 1905, ao admitir que os átomos e as moléculas apresentavam um **momento magnético** (μ) intrínseco e permanente; o **ferromagnetismo** foi explicado físico francês Pierre Ernst Weiss (1865-1940), em 1907, ao considerar que uma substância **ferromagnética** era constituída de pequenos dipolos magnéticos, submetidos a um intenso campo magnético interno – o **campo molecular** $H_m = q M$, com q sendo uma constante e M a magnetização. Trabalhando no Laboratório do físico dinamarquês Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926; PNF, 1913), na *Universidade de Leiden*, em 1909, Weiss realizou medidas da saturação da magnetização do hélio (He) líquido e, em 1911, observou que os momentos magnéticos do níquel (Ni) e do ferro (Fe) estavam na relação de 3/11. Em vista disso, ele propôs que a magnetização de uma substância ferromagnética poderia ser expressa com múltiplos inteiros de um **Gram-magneton** (hoje, **magneton de Weiss** – μ_W), uma espécie de momento magnético do elétron. (wikipédia/Weiss_magneton).

É oportuno salientar que a **suscetibilidade magnética** (χ) de uma substância magnética é definida por: $\chi = M/H$, sendo H a intensidade do campo magnético externo aplicado à substância magnética e que, o químico e físico francês Pierre Curie (1859-1906; PNF, 1903), em 1895, demonstrou que varia inversamente com a temperatura absoluta (T), para as substâncias **paramagnéticas** enquanto que para as **diamagnéticas** é independente dessa mesma temperatura, exceto para o bismuto (Bi). Essa observação ficou conhecida como a **lei de Curie**:  Observe-se que o problema do bismuto só foi resolvido com a explicação quântica do **diamagnetismo** (ver verbete nesta série).

Agora, tratemos dos dois trabalhos de Pauli escritos em 1920. No primeiro deles (*Zeitschrift für Physik* **2**, p. 201), ele estudou o **diamagnetismo** das substâncias ionizadas, e encontrou para a **suscetibilidade diamagnética** () o mesmo valor que havia sido obtido por Langevin, ou seja:   (que não depende de T , portanto, está de acordo com a **lei de Curie**), onde e e m representam, respectivamente, a carga e a massa do

elétron, c a velocidade da luz no vácuo, N_0 o **número de Avogadro**, e  significa a média quadrática da distância r do elétron a um ponto central (hoje, núcleo atômico rutherfordiano), projetada em um plano perpendicular a H . O sinal menos (-), que decorre da **lei de Lenz** [descoberta pelo físico germano-russo Heinrich Friedrich Emil (Emil Khristianovich) Lenz (1804-1865), em 1833], explica a razão pela qual uma substância **diamagnética** em presença do ferro, por exemplo, sofre uma repulsão e, portanto, levita. No segundo artigo (*Physikalische Zeitschrift* **21**, p. 615), Pauli estudou o **paramagnetismo** das moléculas, ocasião em que introduziu, pela primeira vez, a unidade fundamental de μ em uma **órbita bohriana** - o **magnéton de Bohr**: $\mu_B = e h N_0 / (4 \pi)$, onde h é a **constante de Planck**. Os valores experimentais mostraram que $\mu_B \sim 5\mu_W$. Note-se que Pauli voltaria a estudar essas propriedades magnéticas, em 1927 (*Zeitschrift für Physik* **41**, p. 81), quando demonstrou a **suscetibilidade paramagnética** (χ_{para}) dos metais é independente da temperatura (T) de conformidade com os resultados experimentais relativos aos metais alcalinos.

É oportuno concluir este verbete dizendo que quando Pauli estudava com Sommerfeld, este lhe sugeriu que fizesse uma revisão da Teoria Especial da Relatividade. Assim, dois meses depois de defender o Doutorado (1921), Pauli produziu o seminal artigo composto de 237 páginas e publicado, ainda em 1921, na *Encyklopaedie der Mathematischen Wissenschaften, mit Einschluss ihrer Anwendungen, Physik* **5**, p. 539, artigo que foi elogiado pelo próprio autor daquela Teoria, o físico germano-suíço-norte-americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921).

[ANTERIOR](#)[SEGUINTE](#)