



SEARA DA CIÊNCIA

CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Onnes e a Descoberta da Supercondutividade.

O físico holandês Heike Kamerlingh-Onnes (1853-1926) nasceu na cidade de Groningen, na Holanda. Em 1870 entrou na *Universidade de Groningen* e, no ano seguinte, ganhou a Medalha de Ouro com um trabalho sobre densidade de vapor, em um concurso promovido pela *Faculdade de Ciências Naturais da Universidade de Utrecht*. Em 1872, participou de um evento similar realizado pela Universidade de sua cidade natal, ganhando a Medalha de Prata. Entre 1871 e 1873, foi estudante do químico alemão Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) e do físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), na *Universidade de Heidelberg*. Em 1879, doutorou-se (*magna cum laude*) na *Universidade de Groningen*, com uma Tese intitulada **Nieuwe bewijzen voor de aswenteling der aarde** (“Uma nova Prova da Rotação da Terra”). Em 1882, foi apontado para ser *Professor de Física Experimental e Meteorologia* na *Universidade de Leiden*, na qual, em 1894, reestruturou o *Laboratório de Baixas Temperaturas (Criogenia)* – que hoje tem seu nome –, para dar suporte experimental às suas pesquisas sobre a Teoria Geral dos Líquidos, que havia iniciado em 1881, tendo como suporte a Teoria Cinética dos Gases Reais (TCGR), desenvolvida por seu compatriota, o físico Johannes Diederick van der Waals (1837-1932; PNF, 1910), em 1873 e 1881. Essa TCGR é hoje sintetizada pela famosa **equação de van der Waals**: $(P + a/V^2)(V - b) = RT$ onde a constante a decorre da colisão entre as moléculas (pressão interna), a constante b é o **co-volume** ou volume próprio das moléculas, P, V e T significam, respectivamente, a pressão, o volume e a temperatura absoluta do gás, e R a **constante universal dos gases**. Segundo nos conta o físico norte-americano Robert L. Weber (n.1913) em seu livro **Pioneers of Science: Nobel Prize Winners in Physics** (The Institute of Physics, 1980), em sua Aula Inaugural dada na *Universidade de Leiden*, em 11 de novembro de 1882, Onnes usou um aforismo que foi o mote de toda a sua vida de cientista: **Door meten tot weten** (“Conhecimento através da medida”). Mais detalhes sobre Onnes, consultar o artigo de J. van den Handel **Dictionary of Scientific Biography** (Charles Scribner’s Sons, 1981).

Objetivando realizar medidas mais precisas em baixas temperaturas, Onnes passou a estudar os trabalhos de van der Waals. Assim, em 1901 (*Communications from the Physical Laboratory at University of Leiden 74*), propôs a seguinte Equação de Estado dos Gases Reais: $PV/RT = 1 + B/V + C/V^2 + D/V^3 + E/V^4 + F/V^5$ onde B, C, D, E e F foram chamados

por ele de os **coeficientes do virial** e que dependem de T, da seguinte maneira: $T = b_1 + b_2/T + b_3/T^2 + b_4/T^3 + b_5/T^4$ com expressões similares para as demais constantes. A partir dessa equação, Onnes obteve alguns dados experimentais sobre os gases reais. Contudo, restava um problema sério, qual seja, uma descrição teórica daqueles coeficientes. É oportuno registrar que o virial foi definido pelo físico alemão Rudolf Julius Emmanuel Clausius (1822-1888), em 1870 (*Annalen der Physik 141*, p. 124), pela

expressão $-1/2 \langle \sum_i \vec{F}_i \cdot \vec{r}_i \rangle$ \vec{F}_i é a força atuando sobre a i-ésima molécula (de energia cinética média ϵ_i e $\langle \dots \rangle$ representa o valor médio da expressão contida em seu interior. Além do mais, quando essa expressão é igualada à energia cinética total (

$$\langle \sum_i \epsilon_i \rangle$$

N moléculas, tem-se o famoso **Teorema do Virial**.

Voltemos ao trabalho de Onnes. Na época em que começou a trabalhar em seu *Laboratório de Criogenia*, o único dos gases permanentes que ainda não havia sido liquefeito era o hélio (He), daí o interesse de Onnes no sentido de liquefazê-lo. [Registre-se que o oxigênio (O), o nitrogênio (N), o monóxido de carbono (OC) e o ar foram liquefeitos pelos poloneses, o físico Zygmunt Florent Wroblewski (1845-1888) e o químico Karol Stanislaw Olszewski (1846-1915), em 1883, e o hidrogênio (H) foi liquefeito, em 1898, pelo físico e químico inglês Sir James Dewar (1842-1923), o inventor da “garrafa térmica”.] Objetivando liquefazer o He, Onnes realizou uma série de experiências sobre as medidas em temperatura baixa, apresentada na *Universidade de Leiden*, em 1904 (*Communications from the Physical Laboratory at University of Leiden, Supplement 9*), por ocasião dos 329 anos de fundação dessa Universidade, quando Onnes era o seu Magnífico Reitor. Em 1906 (*Communications from the Physical Laboratory at University of Leiden 94*), Onnes anunciou que havia liquefeito o H na temperatura de 20,4 K (- 252,7

Apesar dessas conquistas, o principal objetivo de Onnes, o da liquefação do He, apresentava uma certa dificuldade, já que era necessário resfriar esse elemento químico e depois expandi-lo livremente, pois, de acordo com o **efeito Joule-Thomson** (1862), essa expansão livre faria baixar a temperatura desse gás nobre. Assim, com a colaboração do mestre artífice, o holandês Gerrit Jan Flim (1875-1970) e do chefe dos sopradores de vidro, o holandês Oskar Kesselring, Onnes conseguiu liquefazer o hélio ao envolver o frasco que continha esse gás com um frasco de hidrogênio líquido, que, por sua vez, estava envolto por um outro frasco contendo ar líquido. Ao medir a temperatura do hélio líquido, observou que a mesma era em torno de 4.2 K (- 268,9 °C). Isso aconteceu em 10 de julho de 1908 (*Communications from the Physical Laboratory at University of Leiden* **108**).

De posse dessa técnica de obter temperaturas as mais baixas até então conseguidas, conhecida como **método em cascata**, Onnes sugeriu que seu aluno, o físico holandês Gilles Holst (1886-1968), juntamente com Flim, medissem a temperatura de um bastão congelado de mercúrio (Hg) puro, uma vez que era possível obter, nessa época, esse bastão. Ao realizarem tal experiência, eles observaram que quando a temperatura atingia 4.2 K, a resistência elétrica do mercúrio caía bruscamente para 10^{-5} ohms. Onnes, a princípio, não acreditou no que estava acontecendo, por isso repetiu várias vezes a experiência até se convencer dos resultados encontrados. Assim, os *Communications from the Physical Laboratory at University of Leiden* **122B** e **124C**, de 1911, traziam a nova descoberta na Física, denominada por Onnes de **supercondutividade**, posteriormente conhecida como **supercondutividade**. Graças a essa descoberta, Onnes recebeu o Prêmio Nobel de Física (PNF) de 1913. Em 1913 (*Communications from the Physical Laboratory at University of Leiden* **34B**, p. 55), Onnes relatou o resultado de uma experiência na qual observou que a corrente elétrica desfazia o estado supercondutor do Hg. Em 1916 (*Journal of the Washington Academy of Sciences* **6**, p. 597), F. B. Silsbee observou que a quebra do estado supercondutor devia-se ao campo magnético associado à corrente elétrica e não à corrente em si.

É interessante registrar que, além de suas pesquisas com a supercondutividade, Onnes realizou outras experiências, ainda envolvendo baixas temperaturas, e relacionadas com um outro surpreendente fenômeno físico, descoberto muito depois de sua morte. Trata-se da **superfluidez**. Com efeito, em 1911, Onnes percebeu que a densidade do hélio líquido (mais tarde conhecido como He II) atingia um valor máximo na temperatura de aproximadamente 2,19 K. Em 1924, esse líquido o surpreendeu novamente, pois observou que o seu calor específico crescia assustadoramente, quando sua temperatura se aproximava de 2,19 K. Antes, em 1922 (*Communications from the Physical Laboratory at University of Leiden* **159**), ele registrou que os níveis do hélio líquido, colocados em dois **vasos Dewar** (“garrafas térmicas”) concêntricos, atingiam a mesma altura, efeito esse que atribui à destilação de um pelo outro. Esses comportamentos estranhos do hélio líquido só foram explicados com a descoberta da superfluidez, em 1938, em experiências independentes realizadas pelos físicos, o russo Pyotr Leonidovich Kapitza (1894-1984; PNF, 1978), e os canadenses John Frank Allen (1908-2001) e Austin Donald Misener (1911-1996).

Além de excelente cientista, Onnes era conhecido por sua diplomacia no trato com as pessoas, muito embora, exigisse que seus auxiliares trabalhassem acima de suas potencialidades. Apesar disso, era muito estimado por seus colaboradores. Conforme nos conta o físico holandês Karl Mendelssohn em seu livro **Em Demanda do Zero Absoluto** (Editorial Inova, 1968), por ocasião do enterro de Onnes, cuja morte ocorreu no dia 21 de fevereiro de 1926, o cortejo fúnebre seguiu o trajeto da Igreja para o cemitério. Como houve um atraso na saída da Igreja, o cortejo teve de ser acelerado para chegar a tempo no cemitério. Flim e Kesselring, que acompanhavam o corpo do mestre, comentaram: *Muito próprio do velho, mesmo agora nos obriga a correr.*