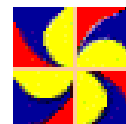




CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br



Supercondutividade e Fractais.

Conforme vimos em verbete desta série, os físicos holandeses Heike Kamerlingh-Onnes (1853-1926; PNF, 1913), Gerrit Jan Flim (1875-1970) e Gilles Holst (1886-1968) anunciaram, em 1911 (*Communications from the Physical Laboratory at University of Leiden* **122B** e **124C**), que na temperatura de ~ 4.2 K [temperatura de liquefação do hélio (He)], a resistência elétrica do mercúrio caía bruscamente para 10^{-5} ohms. Esse resultado indicava que haviam descoberto um novo fenômeno físico, denominado por Onnes de **supracondutividade**, posteriormente conhecida como **supercondutividade**. Durante muitos anos depois dessa descoberta de Onnes, acreditou-se que, exceto pelo fato de apresentarem resistência quase nula, esses novos materiais, denominados posteriormente de **supercondutores**, possuíam as mesmas propriedades que os condutores normais. Contudo, a descoberta do **Efeito Meissner-Ochsenfeld**, em 1933 (vide verbete nesta série), mostrou que o estado supercondutor era diamagnético (repele campos magnéticos). A partir daí, várias teorias foram desenvolvidas para explicar esse novo estado da matéria. A teoria hoje mais aceita para explicar esse novo fenômeno foi desenvolvida, em 1957 (*Physical Review* **108**, p. 1175), pelos físicos norte-americanos John Bardeen (1908-1991; PNF, 1956; 1972), Leon Neil Cooper (n.1930; PNF, 1972) e John Robert Schrieffer (n.1931; PNF, 1972), a conhecida **Teoria BCS** (ver verbete nesta série), segundo a qual o **estado supercondutor** deve-se, essencialmente, a uma condensação de elétrons em **pares de Cooper** (par **elétron-fônon**, sendo o **fônon** a vibração quântica de uma rede cristalina) de momento linear comum e sendo representada por uma função de onda coerente única. Por fim, em 1986 (*Zeitschrift für Physik* **B64**, p. 189), os físicos, o suíço Karl Alexander Müller (n.1927; PNF, 1987) e o alemão Johannes Georg Bednorz (n.1950; PNF, 1987), anunciaram que uma cerâmica (tipo **cubrato**) envolvendo **óxido de cobre** (CuO), lantânio (La) e bário (Ba) (BaLaCuO), se tornava

supercondutora na temperatura crítica (T_c) em torno de 30 K ($\sim - 243^0$ C). A partir daí, iniciou-se a era da **Supercondutividade de Alta Temperatura**, sendo que neste Século 21, foram descobertas outros materiais **supercondutores** diferentes dos **cupratos**, como, por exemplo, os **pnictogenetos de ferro**, formados com base no arsenieto de ferro (FeAs), tornando-se **supercondutores** no seguinte intervalo de temperatura crítica T_c : 4 - 56 K ($\sim - 269 - 217^0$ C), descobertos em 2006, pela equipe do físico japonês Hideo Hosono (n.1953), no *Instituto de Tecnologia de Tóquio*. Registre-se que um dos objetos de pesquisa atuais é sobre a aplicabilidade da **Teoria BCS** nos **cupratos** e nos **pnictogenetos de ferro**. [Graham P. Collins, *Scientific American Brasil* **88**, p. 48 (Setembro de 2009); e Antonio R. de C. Romaguera, Cristiane Moraes Smith e Mauro M. Doria, *Ciência Hoje* **44**, p. 42 (Setembro de 2009)].

Segundo artigo publicado no informativo (*Inovação Tecnológica* de 04 de outubro de 2012), os físicos que estudam a **supercondutividade** em temperatura ambiente, procuram encontrar amostras ultrapuras, cristalinamente perfeitas e que sejam 100% **supercondutoras**, ou seja, sem nenhuma perda. Assim, em 2012 (*Nature Communications* **3**, article number 915), Benjamin Phillabaum, Erica W. Carlson e Karin A. Dahmen descreveram uma experiência [usando um **microscópio de tunelamento** (vide verbete nesta série)] na qual mapearam linhas aparentemente aleatórias, com apenas quatro (4) átomos de largura, por onde os elétrons fluem nos **supercondutores** (do tipo **cupratos**) e que se movem livremente pela estrutura cristalina desses materiais, apesar dos “defeitos” (decorrentes do balanço entre desordem, interações e anisotropia do material) próprios dos mesmos. Além do mais, eles descobriram que as linhas observadas têm uma **natureza fractal**. Desse modo, eles acreditam que essa descoberta poderá ajudar a fabricação de **supercondutores** de forma sistemática, e funcionando em temperatura ambiente.

Para concluir este verbete, façamos uma rápida descrição do que é um **fractal**. Considerando que a Natureza apresenta irregularidades (p.e: florestas, litoral, montanhas, nuvens etc.) e cujos contornos são explicados (*grosso modo*) usando apenas as dimensões euclidianas [comprimento (dimensão = 1), largura (dimensão = 2) e altura (dimensão =

3)] sem levar em conta suas minúcias. Tendo em vista essas irregularidades (acrescida de outras provocadas pelo Homem como, por exemplo, ruídos nas comunicações telefônicas e flutuações dos preços no mercado financeiro), desde a década de 1950 e, formalmente, em 1962, o matemático franco-polonês Benoit B. Mandelbrot (1924-2010) começou a desenvolver novo tipo de geometria que fosse capaz de descrever, com precisão, aquelas minúcias, por intermédio de relações matemáticas, às quais chamou de **fractais**. Tais quantidades não são números e nem formas inteiras, e sim relações matemáticas capazes de descrever formas irregulares infinitamente complexas, e que são invariantes por uma transformação de escala. Assim, essa nova Geometria foi apresentada por Mandelbrot, em 1975, no livro intitulado **Les Objects Fractals: Forme, Hasard et Dimension** (Flammarion, Paris) e, em 1977, no livro **The Fractal Geometry** (W. H. Freeman and Company). Observe-se que a dimensão D de uma **reta fractal** é dada pela expressão: $D = \frac{\ln N(r)}{\ln (1/r)}$, onde N é o número de subdivisões do segmento de reta dado (réplicas de si próprio) e r é um parâmetro chamado fator de escala, que representa a unidade de medida. Note-se que D pode ser um número fracionário.



[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)