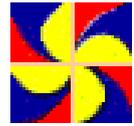




CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br



Efeito Zenão Quântico Comprovado(!?).

Em verbete desta série, vimos que em 1957/1958 (*Zhurnal Eksperimental'noi i Teoretiskoi Fiziki* **33**, p. 1371; *Soviet Physics JETP* **6**, p. 1053), o físico russo Leonid A. Khalfin discutiu a ideia de que as transições entre auto-estados schrodingerianos de um átomo referidas acima poderiam ser inibidas se fossem observadas por medidas frequentes. No entanto, somente em 1977 (*Journal of Mathematical Physics* **18**, p. 756), um estudo teórico sobre essa inibição foi desenvolvido pelos físicos indianos Baidyanath Misra e Ennackel Chandy George Sudarshan (n.1931) (naturalizado norte-americano) em um artigo intitulado **The Zeno's Paradox in Quantum Theory**, e no qual eles mostraram que as transições espontâneas ou induzidas entre estados quânticos de um dado sistema devido a frequentes medidas permanecem inibidas por um dado intervalo de tempo, isto é, o sistema permanece “congelado” no estado inicial. Ainda em 1977 (*Physical Review* **D16**, p. 520) e, posteriormente, em 1982 (*Physics Letters* **B117**, p. 34), Misra e Sudarshan, agora com a colaboração de C. B. Chiu voltaram a discutir esse efeito, desta vez, examinando a evolução de um sistema instável, como o decaimento do próton (p). Esse mesmo estudo foi realizado por Khalfin, também em 1982 (*Physics Letters* **B112**, p. 223). É interessante registrar que esse efeito de “congelamento no tempo” do estado inicial de um sistema físico examinado por Misra e Sudarshan, sob o ponto de vista quântico, foi denominado por eles de **Efeito (Paradoxo) Zenão Quântico (EZQ)**, em analogia com o “paradoxo da flecha” discutido pelo filósofo grego Zenão de Eléia (c.500-f.c.450), para demonstrar que o movimento não existia. Com efeito, Zenão raciocinou que uma flecha em movimento ocupa sempre um lugar igual a si própria. Ora, se ela ocupa sempre um espaço igual ao seu tamanho, ela está sempre parada (“congelada”) e, portanto, o seu movimento é uma ilusão.

Observe-se que o EZQ efeito foi também denominado de **watched-pot effect** (“efeito da panela observada”), em analogia com o que ocorre quando uma panela fechada que está fervendo deixa de ferver quando ela é destampada. Isso ocorre em virtude de haver diminuição de vapor de pressão. Observe-se ainda que existe um caso particular do EZQ,

conhecido como **watchdog effect** (“efeito do cachorro observado”), mas que se aplica a uma inibição que ocorre na interação (unitária) entre o objeto que está sendo observado e o aparelho que faz a observação, isto é, ele representa a supressão da resposta de um objeto quântico quando a observação é monitorada continuamente. [Ishwar Singh and M. A. B. Whitaker, **Role of the Observer in Quantum Mechanics and the Zeno Paradox** (*American Journal of Physics* **50**, p. 882, 1982); Gennaro Auletta, **Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics: In the Light of a Critical-Historical Analysis of the Problems and of a Synthesis of the Results** (World Scientific, 2001); Osvaldo Pessoa Junior, **Conceitos de Física Quântica** (Editora Livraria da Física, 2003); en.wikipedia.org/Zeno_Paradox].

Ainda segundo o verbete acima referido, desde a proposta do EZQ, algumas experiências foram realizadas para testar a influência do observador em sistemas quânticos instáveis e que apresentam um pequeno desvio temporal [devido ao **tunelamento quântico** (ver verbete nesta série)] na lei do **decaimento exponencial**. Nesses períodos não-exponenciais, há uma inibição (“congelamento”) do decaimento do sistema. Quando nesses períodos há uma intensificação do decaimento, diz-se que ocorreu um **Efeito Anti-Zenão Quântico** (EAZQ). Por exemplo, em 2001 (*Physical Review Letters* **87**, p. 040402), M. C. Fischer, B. Gutiérrez-Medina e Mark G. Raizen, na *Universidade do Texas*, em Austin, observaram os efeitos EZQ e EAZQ em um sistema quântico instável, de acordo com o que foi inicialmente proposto por Misra e Sudarshan. Eles prenderam átomos de cálcio (^{20}Ca) ultrafrios em uma rede opticamente acelerante e mediram a perda devido ao processo de **tunelamento quântico**, desacelerando o sistema e, portanto, parando o tunelamento. Em 2006 (*Physical Review Letters* **97**, p. 260402), Erik W. Tread, Jongchul Man, Micah Boyd, Gretchen K. Campbell, Patrick Medley, Wolfgang Ketterle (n.1957; PNF, 2001) e David E. Pritchard, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), observaram a dependência do EZQ sobre a medida de pulsos eletromagnéticos.

Em janeiro de 2009, o físico indiano Mukund Vengalattore foi para o *Physics Department* da *Cornell University*, trabalhar no *Laboratory*

of *Atomic and Solid State Physics* e montar um laboratório para estudar a Física Atômica Ultrafria (UltraCold Lab) visando o controle quântico por imagem (tunelamento) de uma rede de átomos ultrafrios (“átomo primordial”) usando técnicas (ópticas) espectroscópicas atômicas. Em 24 de setembro de 2014 (*Physical Review A* **90**, no. 033422), ele e os físicos Yogesh Somanrao Patil, Srivatsan K. Chakram e L. M. Aycocock apresentaram o resultado de uma experiência na qual demonstraram a possibilidade de obter a imagem não-destrutiva (“congelamento”) de uma rede gasosa de bósons (partículas de spin inteiro) ultrafrios. De posse dessa técnica, Vengalattore, Patil e Chakram, em novembro de 2014 (*arXiv:1411.2678v1[cond-mat.quant-gas]*; *Physical Review Letters* **115**, no. 140402, 02 de outubro de 2015) encontraram uma primeira evidência do EZQ, ao realizarem o controle do **tunelamento quântico** de uma rede gasosa ultrafria, realizando repetidas imagens dessa rede. Com efeito, nessa experiência, eles resfriaram um gás contendo cerca de 10^6 de átomos de rubídio ($_{37}\text{Rb}$) (“átomo primordial de Rb”), no interior de uma câmara de vácuo em uma temperatura da ordem de 10^{-9} K e suspenderam aquele “átomo” com laser. Como nessa temperatura o componente da velocidade em uma dada direção (v_x) é quase nula, então, de acordo com o **Princípio de Incerteza de Heisenberg** (1927) [$\langle \Delta v_x \rangle \cdot \langle \Delta x \rangle \geq h/(2\pi m)$, onde $h =$ **constante de Planck**, o que significa dizer que x e v_x não podem ser medidos simultaneamente], há muita flexibilidade em sua posição (x), de modo que quando o “átomo primordial” é observado (“olhado”) ele pode estar praticamente em qualquer lugar. Assim, eles conseguiram suprimir o **tunelamento quântico** (mudanças de posição) meramente observando o “átomo primordial de Rb”. Então, quando se “olha” para ele, ele parece estar “parado”, quando se interrompe a medição (“olhada”), ele volta a tunelar. Como isto foi feito repetindo rapidamente as medições, o que fez diminuir a probabilidade de o “átomo primordial” sair do lugar e, portanto, segundo os autores, provavelmente comprovando (!?) o EZQ. (*Inovações Tecnológicas*, 03/11/2015).



ANTERIOR

SEGUINTE