



CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br

A Teoria Quântica da Coerência Óptica e o Prêmio Nobel de Física (PNF) de 2005

– Parte I: Glauber.

O PNF de 2005 foi concedido aos físicos, os norte-americanos Roy Jay Glauber (n.1925) e John Lewis “Jan” Hall (n.1934), e o alemão Theodor Wolfgang Hänsch (n.1942). Glauber, pela formulação da **teoria quântica da coerência óptica**, e Hall e Hänsch pelo desenvolvimento da **espectroscopia laser** de alta resolução. Neste verbete, vamos analisar os trabalhos de Glauber.

Glauber nasceu na cidade de Nova York, no primeiro dia de setembro de 1925. Durante sua infância, ele se interessou pela construção de modelos de aviões, navios e trens, pois recebera de um de seus tios, uma assinatura, por três anos, da *Popular Mechanics*. No final de sua infância, seu outro tio, Sam Adler, que era artista, o motivou a realizar alguns trabalhos artísticos como, por exemplo, a capa do número de dezembro de 1935, do *PS 150, Queens NY School Magazine*. Durante sua adolescência, Glauber leu os livros de aventura dos escritores franceses Jules Verne (1828-1905) e Alexandre Dumas (1802-1870), e do escocês Sir Walter Scott (1771-1832).

O interesse de Glauber pela Óptica decorreu de uma visita que fez (levado por sua tia Sarah) ao *Hayden Planetarium*, ao observar os planetas Júpiter, Saturno e Vênus. Essa observação telescópica lhe motivou a construir seu próprio telescópio. Para isso, começou a realizar leituras sobre o funcionamento desses instrumentos ópticos para construir seu próprio telescópio, com o qual observou o eclipse lunar de 08 de novembro de 1938. Isso aconteceu quando ele estudava no *Bronx High School of Science*, no qual se graduou em 1941. Antes de graduar-se, Glauber ministrou uma palestra no *Science Congress*, em 1939, sobre fotografias que ele tinha tirado com o telescópio e espectroscópio construídos por ele próprio; no de 1940, falou sobre espectroscopia. É interessante registrar que sua atenção para a espectroscopia deveu-se a um presente de uma rede de difração que recebera de seu professor, o físico norte-americano Morris M. Meister (1923-2008).

Quando cursava o segundo ano (“sophomore”) na *Harvard University* (HU), Glauber foi recrutado, em outubro de 1943, para trabalhar no *Projeto Manhattan* [cujo Diretor Científico era o físico norte-americano Julius Robert Oppenheimer (1904-1967)], em Los Alamos, sendo então, aos dezoito (18) anos de idade, um dos mais jovens cientistas a colaborar na construção da bomba atômica americana, ajudando no cálculo da massa crítica do material físsil [urânio (U)] (vide verbete nesta série). Depois de dois anos em Los Alamos, Glauber voltou para a HU, onde se bacharelou, em 1946 e doutorou-se, em 1949. Seu orientador formal de tese foi o físico norte-americano Julian Seymour Schwinger (1918-1994; PNF, 1965), porém, Glauber desenvolveu sua tese, sozinho, tendo como tema a Teoria Quântica dos Campos. Seu primeiro pós-doutoramento foi realizado no *Institute for*

Advanced Study (IAS), em Princeton, dirigido por Oppenheimer. Em 1950, o físico alemão Wolfgang Pauli Junior (1900-1958; PNF, 1945) visitou o IAS, e Glauber pediu para trabalhar com ele em Zurique, até o outono daquele ano, quando então voltou ao IAS. Como o físico norte-americano Richard Philips Feynman (1918-1988; PNF, 1965), que trabalhava no *California Institute of Technology* (CALTECH), viajou para o Brasil, em setembro de 1951, para ser Professor Visitante (até maio de 1952) no *Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas* (CBPF), no Rio de Janeiro, Oppenheimer conseguiu que Glauber fosse substituí-lo para ministrar o curso de Mecânica Quântica, ensinada por Feynman. Registre-se que, em 1951 (*Physical Review* **84**, p. 395), Glauber analisou uma distribuição poissoniana de fótons e demonstrou que os *quanta luminosos* eram estatisticamente independentes

No outono de 1952, Glauber voltou para a HU, e deu continuidade a sua carreira de pesquisador. Com efeito, em 1952 (*Physical Review* **87**, p. 189), ele estudou a mudança da frequência do nêutron ao ser espalhado por cristais e líquidos. Essa mudança voltou a ser tratada, independentemente, em 1954, por Glauber (*Physical Review* **94**, p. 751) e pelo físico belga Léon van Hove (1924-1990) (*Physical Review* **95**, p. 249).

O interesse de Glauber pela Óptica voltou a se manifestar ao ler os artigos dos astrônomos indu-ingleses Robert Hanbury Brown (1916-2002) e Richard Quentin Twiss (1920-2005), publicados em 1954 (*Philosophical Magazine* **45**, p. 663), em 1956 (*Nature* **177**; **178**, p. 27; 1046) e, em 1957 [*Proceedings of the Royal Society of London* **A242**; **A243**, p. 300; 291; *Nature* **180**, p. 324 (este, com a colaboração de A. G. Little)], nos quais registraram os resultados das primeiras experiências sobre a interferência de dois fótons e, com isso, desenvolveram a **interferometria de correlação**, o que lhes permitiu construir um **interferômetro de intensidade óptica** ou **interferômetro de correlação angular**, importante para calcular o tamanho de objetos angulares. Note-se que esse mesmo resultado foi obtido, também em 1957 (*Nature* **180**, p. 1035), pelos físicos norte-americanos Glen Anderson Rebka Junior (n.1931) e Robert Vivian Pound (1919-2010). É oportuno destacar que essas experiências são diferentes da realizada pelo físico inglês Geoffrey Ingram Taylor (1886-1975), em 1909 (*Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* **15**, p. 114), que usou um feixe bem fraco de luz, cerca de $5 \cdot 10^{-8}$ erg/s, na tentativa de obter interferência de “unidades de energia luminosa” (UEL) (quanta de luz einsteiniano). Contudo, o resultado obtido por Taylor, após um mês de exposição ao feixe fraco, coincidiu com o resultado tradicional: nenhuma influência de UEL foi observada.

A **interferometria de correlação** foi estudada pelo físico norte-americano Edward Mills Purcell (1912-1997; PNF, 1952), em 1956 (*Nature* **178**, p. 1449), no qual mostrou que o tempo de correlação entre fótons poderia ser aumentado usando uma fonte de luz mais monocromática. Com a invenção do **laser hélio-néon** (He-Ne) na região do infravermelho ($1,153 \cdot 10^{-6}$ m; $\sim 10^{-3}$ watts; 10^{16} fótons/s), em 1961 (*Physical Review Letters* **6**, p. 106), pelos físicos norte-americanos Ali Javan (n.1926) (de origem iraniana), William Ralph Bennett Junior (1930-2008) e Donald Richard Herriot (1928-2007), e na região do vermelho ($6,33 \cdot 10^{-7}$ m), em 1962 (*Proceedings of the Institute of Radio Engineers* **50**, p. 1697), por A. D. White e J. D. Rigden, surgiu a seguinte questão: - *Haverá correlação entre os fótons de um feixe de laser?* A resposta a essa pergunta foi dada por Glauber. Vejamos como. Em 1963, Glauber (*Physical Review Letters* **130**; **131** p. 2529; 2766) e, independentemente, o físico indu-norte-americano Ennackel Chady George Sudarshan (n.1931)

(*Physical Review Letters* **10**, p. 84; 277) fizeram um estudo teórico sobre o tratamento clássico e quântico da radiação luminosa, envolvendo os **estados coerentes** dos osciladores harmônicos.

A **teoria quântica da coerência óptica** foi desenvolvida por Glauber em diversos trabalhos, tais como: 1964 [**Quantum Optics and Electronics** (Editors: C. de Witt, A. Blandin and C. Cohen-Tannoudji, p. 63)]; 1965 (*Physical Review* **B140**, p. 676) e 1966 (*Physical Review* **B145**, p. 1041), com U. M. Titulaer; e 1969 (*Physical Review* **177**, p. 1857; 1882) com K. E. Cahill. Em 1972 (*Physical Review* **A5**, p. 1457), Glauber e Fritz Haake apresentaram a Estatística Quântica de **pulsos superradiantes**. Em 1999 (*Physical Review* **A59**, p. 1538), Glauber e Cahill escreveram um artigo no qual mostraram que o formalismo matemático da **correlação angular** usado no tratamento quântico dos fótons [partículas de spin um (1): **bósons**] pode ser aplicado a partículas subatômicas, como os **píons** (que também são **bósons**) que emergem de colisões altamente energéticas entre íons pesados. Essa proposta foi desenvolvida por Glauber, em 2006 ([arXiv.org/nucl-ph/06044021](https://arxiv.org/abs/nucl-ph/06044021)), no artigo intitulado **Quantum Optics and Heavy Ion Physics**. Em 2007, Glauber publicou o livro intitulado **Quantum Theory of Optical Coherence: Selected Papers and Lectures** (Wiley-VCH).

Creemos ser oportuno registrar um aspecto curioso da vida de Glauber. Durante muitos anos, antes de ganhar o PNF2005, Glauber participou de várias cerimônias do **Ig Nobel Prizes** (criado em outubro de 1991) como o *Keeper of the Broom* (“Zelador da Vassoura”), varrendo os tradicionais aviõezinhos de papel que são atirados durante aquela premiação e que acontece no palco do *Harvard University’s Sanders Theater* (en.wikipedia.org/wiki/Roy_J_Glauber).

Para maiores detalhes da vida e dos trabalhos de Glauber que o levaram ao Nobelato, ver sua *Autobiography* e *Nobel Lecture: One Hundred Years of Light Quanta* (08 de Dezembro de 2005; *Nobel e- Museum*).



ANTERIOR

SEGUINTE