

O fóton e a emissão estimulada: dois ingredientes para o laser

Resumo:

Em 1917, Einstein publicou um trabalho no mínimo extraordinário [1]. Ao introduzir o novo mecanismo da emissão estimulada, o qual descreve a emissão de luz por átomos excitados na presença de um campo de radiação, conseguiu derivar a celebrada lei da radiação de Planck a partir de considerações essencialmente clássicas, e estabeleceu de forma sólida o conceito de fóton, ao considerar os processos elementares de troca de energia e também de momento entre estes quanta e a matéria. Usando argumentos puramente termodinâmicos, mostrou ainda que a radiação produzida pela emissão estimulada seria em tudo idêntica à radiação incidente, e relacionou directamente os fenómenos da absorção e emissão (estimuladas) com a “misteriosa” emissão espontânea usando uma linguagem inovadora para a época: as suas equações descrevem *taxas de variação das probabilidades de transição* de átomos e moléculas, numa antevisão da abordagem que viria a ser seguida pela nova e emergente teoria quântica.

O nosso conhecimento actual da natureza provém, em grande parte, de informação que chega até nós na forma de radiação electromagnética que se estende ao longo de todo o espectro, das ondas de rádio e microondas até aos raios gama, passando pela luz visível. A teoria da radiação de Einstein descreve precisamente os processos fundamentais responsáveis pela geração desta radiação. Mas isto não é tudo. A emissão estimulada permite, em certas condições, amplificar de forma coerente um dado campo incidente, sendo responsável pelas propriedades únicas da luz assim produzida. É este o princípio fundamental do funcionamento dos lasers [2], os quais são capazes de gerar feixes luminosos coerentes e intensos, e têm sido responsáveis por inúmeras revoluções em ciência e a tecnologia. Desde a invenção do primeiro laser de Rubi [3], há já mais de 40 anos, verificou-se uma evolução espantosa nas características, potencial e aplicações destes instrumentos, bem ilustrada pelos recentes lasers de femtosegundos estabilizados em fase, os quais emitem impulsos de luz absolutamente idênticos entre si, e permitem determinar directamente a frequência da luz emitida pelos átomos com uma precisão sem precedentes [4]. Estas técnicas muito recentes mereceram este ano o reconhecimento do Prémio Nobel da Física [5], estando na base da construção de novos relógios ópticos - os mais precisos de sempre – que em breve irão alterar os padrões e paradigma actual das medidas de tempo e espaço. Em física fundamental, perspectivam-se já novos testes da teoria da relatividade, a comparação precisa entre a luz emitida pela matéria e pela anti-matéria, e o estudo de possíveis variações das constantes fundamentais da Natureza ao longo do tempo.

Referências

- [1] A. Einstein, “Zur Quantentheorie der Strahlung”, *Phys. Z.* **18**, 121 (1917); Tradução em Inglês: “On the Quantum Theory of Radiation”, por D. ter Haar, *The Old Quantum Theory*, Pergamon Press, New York (1967), p. 167.
- [2] A. E. Siegman, *Lasers*, University Science Books, Mill Valley, California (1986).
- [3] T. Maiman, “Stimulated Optical Radiation in Ruby”, *Nature* (London) **187**, 493 (1960).
- [4] T. W. Hänsch, R. Holzwarth, J. Reichert and Th. Udem, “Measuring the frequency of light with a femtosecond laser frequency comb”, *Proceedings of the International School of Physics “Enrico Fermi”*, Course CXLVI, T. J. Quinn, S. Leschiutta and P. Tavella (Eds.), IOS Press, Amsterdam 2001.
- [5] <http://www.nobel.se>