



Coordenação de Armindo Rodrigues

Ano Internacional Quântico 3: A Física Quântica

Autores:

Nuno Sá
Cláudio Gomes

A Física Quântica é uma das três disciplinas da Física Moderna, que aperfeiçoaram a Física Clássica para os domínios do “muito rápido” (Relatividade Restrita), do “muito pesado” (Relatividade Geral) e do “muito pequeno” (Mecânica Quântica). Ao contrário do que acontece com as duas primeiras, que foram desenvolvidas primordialmente por um cientista, Albert Einstein, e concluídas em 1905 e 1915 respetivamente, a Mecânica Quântica desenvolveu-se ao longo do primeiro quartel do Séc. XX, envolvendo contribuições de muitos cientistas como Planck, Einstein e Bohr, para a quantização da energia da luz, atribuindo portanto propriedades corpusculares ao que até então era entendido como um fenómeno ondulatório, e De

Broglie, atribuindo propriedades ondulatórias à matéria, até então vista como puramente corpuscular. A elevação da Mecânica Quântica a teoria física deu-se em 1925 com os trabalhos de Heisenberg, Born, Jordan e Schrödinger, que elaboraram leis para a evolução temporal dos sistemas físicos (equação de Schrödinger), razão pela qual se celebrou em 2025 o centenário da criação da Física Quântica. Pouco depois deu-se o 5º Congresso de Solvay, onde a Física Quântica foi admitida pelo grosso da comunidade científica. A construção da Física Quântica terminou em 1930 com os trabalhos de Hilbert, Dirac e von Neumann, que estabeleceram os alicerces matemáticos da teoria. A expressão “Física Quântica” usa-se



Conferência Solvay de 1927 sobre Mecânica Quântica. Em cima (da esquerda para a direita): Piccard, Henriot, Ehrenfest, Herzen, de Donder, Schrödinger, Verschaffelt, Pauli, Heisenberg, Fowler e Brillouin. Ao meio: Debye, Knudsen, Bragg, Kramers, Dirac, Compton, de Broglie, Born e Bohr. Em baixo: Langmuir, Planck, Mme. Curie, Lorentz, Einstein, Langevin, Guey, Wilson e Richardson. [Foto Benjamin Couprie, Institut International de Physique Solvay, Bruxelles, Belgique]

Coordenação de Armindo Rodrigues

para descrever tanto a teoria original como os desenvolvimentos subsequentes: Teoria Quântica dos Campos (que combina a Relatividade Restrita com a Mecânica Quântica), aplicações à Física da Matéria Condensada, etc.

Estendendo-se o seu domínio de estudo muito além das experiências sensoriais do dia-a-dia, a Física Moderna apresenta resultados que contradizem o senso-comum, como a contração do tempo na Relatividade Restrita, a impossibilidade de algo sair de dentro dum buraco negro na Relatividade Geral, ou a impossibilidade de localizar um objeto na Mecânica Quântica. Por conseguinte, todas elas exerceram desde a sua criação um certo fascínio, tanto em cientistas como no público geral, e também uma reputação de serem muito complicadas.

Destas, é a Mecânica Quântica aquela que causa a maior perplexidade, prestando-se a especulações muito duvidosas, algumas roçando a charlatanice, como “curas quânticas”, “meditação quântica”, e uma série de maquinas “quânticas”. Mas as especulações estendem-se mesmo à comunidade científica como aconteceu recentemente com uma física numa universidade sueca (por sinal, membro do comité da Academia Real de Ciências Sueca que avalia o Nobel de Física!) que publicou um artigo sobre uma fundação teórica da consciência humana, pensamento, etc., como um “campo quântico primordial” e cuja interpretação levaria à conclusão que depois de um ser humano falecer a sua consciência voltaria a esse campo quântico!

A razão deste mistério envolvendo a Física Quântica é, em nosso entender, que, ao contrário das outras duas disciplinas da Física Moderna, a interpretação física das ferramentas matemáticas usadas (função

de onda, operadores, etc.) não é consensual. Em particular, a compatibilização da interpretação probabilística da Mecânica Quântica com a existência física duma função de onda implica a postulação ad-hoc da “redução do trem de ondas” aquando duma medição, sendo que o próprio conceito de “medição” não parece bem definido. A própria interpretação mais corrente da Mecânica Quântica, a chamada “Escola de Copenhaga” (em homenagem ao seu principal impulsionador, Bohr), foi questionada por Einstein e Penrose! Além disso, a Mecânica Quântica, também ao contrário de ambas as teorias da Relatividade, sofre de problemas matemáticos que nunca foram satisfatoriamente resolvidos, como a escolha de “estados físicos” como um subespaço do espaço de Hilbert da teoria, a ambiguidade na ordenação de operadores na construção de observáveis físicos, ou o problema das renormalizações infinitas na Teoria Quântica dos Campos.

Desta forma, afigura-se-nos provável, que a teoria da Mecânica Quântica não se encontre ainda (embora centenária) na sua forma final. Contudo, qualquer aperfeiçoamento que a teoria venha a sofrer terá de incorporar, numa forma ou doutra, o formalismo da teoria corrente, pois o sucesso prático da Mecânica Quântica na sua forma atual é inegável. Para além de ter resolvido os problemas práticos que lhe deram origem, mencionados no início deste artigo, a Mecânica Quântica foi muito além, sendo responsável pela maior parte do progresso tecnológico dos Sécs. XX e XXI no domínio microscópico! A nível de desenvolvimento tecnológico, a contribuição da Mecânica Quântica foi muito superior à de qualquer uma das suas companheiras na Física Moderna, as duas teorias da Relatividade.

Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas

Terminou o Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas, uma iniciativa das Nações Unidas. Nasceu da celebração do centenário da publicação do artigo “Acerca da reinterpretação teórica quântica das relações cinemáticas e mecânicas” de Werner Heisenberg, onde o autor construiu um formalismo para uma teoria quântica baseada em parâmetros observáveis, tais como probabilidades de transição entre estados atômicos e frequências de linhas espectrais, em detrimento das variáveis

convencionais da Mecânica, posição e velocidade dum eletrão num átomo, inobserváveis microscopicamente.



INTERNATIONAL YEAR OF
Quantum Science
and Technology