

## O INÍCIO DA MECÂNICA QUÂNTICA

O primeiro físico quântico foi o alemão Max Planck (Nobel 1918), que em 1900 explicou a luz ou radiação vinda de uma fonte a uma certa temperatura com base na emissão ou absorção de luz em pequenas quantidades ou *quanta* (plural do latim *quantum*, quantidade). O facto de a emissão e absorção de energia serem discretas e não contínuas foi, mesmo para ele, uma surpresa. Cinco anos depois o físico suíço nascido na Alemanha, Albert Einstein (Nobel 1921), foi mais longe quando, para explicar o efeito fotoelétrico, afirmou que a própria luz existia sob a forma de *quanta* ou grãos de luz (chamados fotões). A teoria quântica recebeu novo impulso quando, em 1913, o dinamarquês Niels Bohr (Nobel 1922) propôs o seu modelo do átomo de hidrogénio, em que o núcleo, de carga positiva, estava no centro e os electrões, de cargas negativas, andavam em órbitas com energias bem definidas: os *quanta* de luz provinham de transições electrónicas entre essas órbitas. Mais um passo foi dado pelo francês Louis de Broglie (Nobel 1929), em 2024, quando propôs a dualidade onda-partícula. Não apenas a luz existia como uma onda e uma partícula como o electrão, uma partícula, tinha propriedades de uma onda.

Em 1925, o tempo estava maduro para resolver alguns problemas do modelo atómico de Bohr, hoje dito «modelo antigo». Foram essencialmente dois físicos que, independentemente um do outro, estabeleceram a teoria quântica na forma matemática que hoje tem. O primeiro foi o alemão Werner Heisenberg (Nobel 1932) e o segundo o austríaco Erwin Schrödinger (Nobel 1933). As duas versões eram formalmente diferentes — a primeira servia-se de objetos matemáticos chamados «matrizes» e a segunda numa equação diferencial que ficou conhecida como «equação de onda de Schrödinger». Mas cedo se verificou que eram perfeitamente equivalentes: constituíam as duas faces da mesma moeda. Curiosamente, os dois momentos de *eureka*, tiveram lugar fora de casa dos descobridores: em junho de 1925 Heisenberg foi passar uma semana à ilha de Helgolândia, no norte da Alemanha, para se restabelecer de uma arrelidora alergia, ao passo que Schrödinger passou o Natal desse ano num chalé perto de Davos na Suíça, na companhia de uma misteriosa namorada (tinha com a mulher um casamento aberto). Faltavam poucas peças para finalizar o edifício. A mais importante deveu-se ao alemão Max Born (Nobel 1954) que não só colaborou com Heisenberg a completar a mecânica das matrizes (e com eles, menos conhecido, o alemão Pascual Jordan), como propôs uma interpretação probabilística das funções que apareciam da equação de Schrödinger. A mecânica quântica permite calcular energias com certeza, mas outras quantidades como posição e velocidade de partículas apenas por meio de probabilidades. Esta interpretação haveria de ser alvo de discussão, mas acabou por prevalecer. Einstein, por exemplo, não gostava dela, tendo dito: «Deus não joga aos dados». Ao que Bohr respondeu: «Não cabe a Einstein dizer a Deus o que deve fazer».

A mecânica quântica deu-nos grandes inventos: por exemplo: o transistor (1947) e o laser (1960), o primeiro na base dos nossos computadores e o segundo de muitas tecnologias do quotidiano. Modernamente — e sem que tenha sido mudada — a mecânica quântica está a dar-nos surpreendentes novidades técnicas, como computadores quânticos e criptografia quântica. Celebramos, portanto, em 2025 uma teoria com cem anos (ou mais, se contarmos a sua pré-história), muito fértil, mas longe de estar esgotada.

Carlos Fiolhais

UNESCO launched the International Year of Quantum Science and Technology 2025: “100 Years of Quantum is Just the Beginning”. In fact, we are at the beginning of a second quantum revolution. While the first gave us the foundations of quantum mechanics and enabled technologies like semiconductors, lasers, and magnetic resonance imaging, the second goes further: it allows us to directly control quantum systems — the so-called qubits — to process, communicate, and measure information in entirely new ways.

Qubits are units of information that work differently from traditional bits. While a bit can represent either 0 or 1, a qubit can represent both at the same time. Manipulating them opens up possibilities that were previously unthinkable.

Quantum computers based on qubits already exist, developed by companies like IBM, Google, and various start-ups. Right now, these systems are still small-scale and have high error rates. However, if today’s technological challenges are overcome, quantum computers may one day solve extremely complex problems that conventional computers can’t handle. It’s important to note that quantum computers won’t replace current ones — they’ll complement them.

In communications, quantum key distribution for encryption enables ultra-secure connections, as the laws of quantum mechanics can be used to detect any intrusion attempt. Quantum communication networks are currently being developed worldwide, both through terrestrial systems (including in Portugal) and via satellite.

Another growing area is quantum sensing. Compact devices are being developed that can make extremely precise measurements of time, gravity, and magnetic fields. Promising prototypes already exist, with potential applications in healthcare, navigation, and geolocation.

The second quantum revolution is still in its early stages, but it promises to profoundly transform science, technology, and our daily lives. Europe — including Portugal — is an active part of this global effort, involving education, scientific research, and partnerships with industry. We’re witnessing extraordinary developments at a surprising pace. Just like the internet in the 1990s, we are approaching a turning point.

Helena Vieira Alberto

Associate Professor, Department of Physics, University of Coimbra

### Dados Técnicos / Technical Data

**Emissão / issue** - 2025 / 06 / 09

**Etiquetas / labels**

3 x €0,69

3 x €1,08

3 x €1,21

3 x €1,33

Também podem ser fornecidas etiquetas com impressão

«Correio Azul» com os valores de €0,95 e €4,57.

Labels with overprint «Correio Azul» are also available

at the value of €0,95 and €4,57.

**Retratos / portraits**

Jorge Macedo

**Design**

Colmeia Design / Túlio Coelho

**Créditos / credits**

**Sobrescrito de 1.º dia / FDC**

Logo do Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas

**Capa da pagela / brochure covers**

*idem*.

**Tradução / translation**

Kennis Translations

**Agradecimentos / acknowledgements**

Carlos Fiolhais

Helena Vieira Alberto

**Papel / paper:** 110g/m<sup>2</sup>

**Formato / size**

Etiquetas / labels: 55 x 30 mm

**Impressão / printing**

offset

**Impressor / printer**

Fábrica Portuguesa das Etiquetas

**Sobrescrito de 1.º dia / FDC**

DL – €0,75

**Pagela / brochure**

€1,25

**Obliterações do 1.º dia**

**First-day Cancellations**

Loja CTT Restauradores

Praça dos Restauradores, n.º 58

1250-998 LISBOA

Loja CTT Chiado

Praça Luís de Camões, n.º 20

1200-994 LISBOA

Loja CTT Palácio dos Correios

Praça da Trindade, n.º 32

4000-999 PORTO

**Encomendas a / Orders to**

FILATELIA

Av. dos Combatentes, n.º 43 – 13.º Piso

1643-001 LISBOA

**Colecionadores / collectors**

filatelia@ctt.pt

www.ctt.pt

www.facebook.com/Filateliactt

O produto final pode apresentar pequenas diferenças.

Slight differences may occur in the final product.

Em 2025 foram atualizados os preços de alguns produtos.

In 2025, the prices of some products were updated.

Design: Colmeia Design

Impressão / printing: Grafsool



## THE BEGINNINGS OF QUANTUM MECHANICS

The first quantum physicist was the German Max Planck (Nobel 1918), who in 1900 explained light or radiation coming from a source at a certain temperature based on the emission or absorption of light in small quantities or quanta (plural of the Latin *quantum*, quantity). The fact that the emission and absorption of energy were discrete and not continuous was, even for him, a surprise. Five years later, the German-born Swiss physicist Albert Einstein (Nobel 1921) went further when, to explain the photoelectric effect, he claimed that light itself existed in the form of *quanta* or grains of light (called photons). Quantum theory received a further boost when, in 1913, the Dane Niels Bohr (Nobel 1922) proposed his model of the hydrogen atom, in which the positively charged nucleus was at the centre and the negatively charged electrons were in orbits with well-defined energies: the light *quanta* came from electronic transitions between these orbits. Another step was taken by Frenchman Louis de Broglie (Nobel 1929) in 1924, when he proposed wave-particle duality. Not only did light exist as a wave and a particle, but the electron, itself a particle, had the properties of a wave.

In 1925, the time was ripe to solve some of the problems of Bohr’s atomic model, today known as the “old model”. There were essentially two physicists who, independently of each other, established quantum theory in the mathematical form it has today. The first was the German Werner Heisenberg (Nobel 1932) and the second the Austrian Erwin Schrödinger (Nobel 1933). The two versions were formally different: the first used mathematical objects called “matrices” and the second a differential equation that became known as the “Schrödinger wave equation”. But it soon turned out that they were perfectly equivalent: they were two sides of the same coin. Curiously, the two eureka moments took place away from the discoverers’ homes: in June 1925, Heisenberg spent a week on the island of Helgoland, in northern Germany, recovering from a distressing allergy, while Schrödinger spent Christmas that year in a chalet near Davos, Switzerland, in the company of a mysterious girlfriend (he had an open marriage with his wife). Only a few pieces were left to complete the puzzle. The most important contribution was that of the German Max Born (Nobel 1954), who not only collaborated with Heisenberg to complete the mechanics of matrices (and with them, less well known, the German Pascual Jordan), but also proposed a probabilistic interpretation of the functions that appeared in the Schrödinger equation. Quantum mechanics makes it possible to calculate energies with certainty, but other quantities such as the position and velocity of particles only by means of probabilities. While this interpretation was to be debated, it eventually prevailed. Einstein, for example, didn’t like it and said: “God doesn’t play dice”. To which Bohr replied: “It’s not up to Einstein to tell God what to do”. Quantum mechanics has given us great inventions, including, for example, the transistor (1947) and the laser (1960), the former the basis of our computers and the latter of many everyday technologies. Nowadays — and without it having been changed — quantum mechanics offers us surprising technical breakthroughs, such as quantum computers and quantum cryptography. In 2025, we are therefore celebrating a theory that is a hundred years old (or more, if we count its prehistory), very fertile, but far from exhausted.

Carlos Fiolhais



INTERNATIONAL YEAR OF  
Quantum Science  
and Technology

A UNESCO lançou o Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas 2025 com o lema «100 anos de quântica é apenas o início». De facto, estamos a entrar numa segunda revolução quântica. Se a primeira nos deu os fundamentos da mecânica quântica e possibilitou o desenvolvimento de tecnologias como os semicondutores, os lasers ou a ressonância magnética, a segunda vai mais longe: permite-nos controlar diretamente sistemas quânticos — os chamados *qubits* — para processar, comunicar e medir informação de formas inteiramente novas.

Os *qubits* são unidades de informação que funcionam de forma diferente dos *bits* tradicionais. Enquanto um *bit* representa 0 ou 1, um *qubit* pode representar ambos em simultâneo. A sua manipulação abre portas a possibilidades até agora impensáveis.

Já existem computadores quânticos baseados em *qubits*, desenvolvidos por empresas como a IBM, a Google e várias *start-ups*. Atualmente, estes sistemas ainda têm escala reduzida e apresentam taxas de erro elevadas. No entanto, se os desafios tecnológicos forem superados, os computadores quânticos poderão resolver, no futuro, problemas extremamente complexos — impossíveis de tratar com os computadores convencionais. Importa sublinhar que não vão substituir os computadores atuais, mas sim complementá-los.

No campo das comunicações, a distribuição de chaves quânticas para encriptação permite criar ligações ultra-seguras, já que as leis da mecânica quântica possibilitam detetar qualquer tentativa de intrusão. Estão atualmente a ser desenvolvidas redes de comunicação quântica em todo o mundo, tanto por via terrestre (incluindo em Portugal) como por satélite.

Outra área em rápida evolução é a dos sensores quânticos. Estão a ser criados dispositivos compactos capazes de realizar medições extremamente precisas de tempo, gravidade e campos magnéticos. Já existem protótipos promissores, com aplicações em áreas como a saúde, a navegação e a geolocalização.

A segunda revolução quântica ainda está no início, mas promete transformar profundamente a ciência, a tecnologia e a nossa vida quotidiana. A Europa — incluindo Portugal — é parte ativa deste esforço global, que envolve formação, investigação científica e parcerias com empresas. Estamos a assistir a desenvolvimentos extraordinários a um ritmo surpreendente. Tal como aconteceu com a internet nos anos 90, estamos a aproximar-nos de um ponto de viragem.

Helena Vieira Alberto

Professora Associada do Departamento de Física da Universidade de Coimbra

