



Coordenação de Armindo Rodrigues

2022: 100 anos da experiência de Stern-Gerlach (1922) e da quantização do spin

Autor:H. Cristina Vasconcelos
M. Gabriela Meirelles

No final do séc. 19, acreditava-se que a física tinha chegado ao fim. As leis fundamentais estavam descobertas, a maioria dos fenómenos podiam ser explicados através da mecânica de Newton, do eletromagnetismo de Maxwell e da termodinâmica de Boltzman, etc.

Mas, apesar de tudo o que se tinha alcançado, ainda havia questões por esclarecer... algumas pequenas dificuldades "irritantes" eram difíceis de enquadrar à luz dos conhecimentos da época. No início do século 20, com o crescente progresso tecnológico, os físicos viram-se confrontados com novos fenómenos para os quais as previsões da física clássica discordavam de forma inequívoca com a observação. Tornou-se, portanto, necessário desenvolver uma nova área da física capaz de explicar esses fenómenos, e assim surge uma física particularmente focada no estudo do comportamento dos átomos e das partículas subatómicas. A este novo formalismo chamou-se mecânica quântica (MQ).

As dificuldades "irritantes" relacionavam-se com a "catástrofe do ultravioleta" (radiação do corpo negro), com o efeito fotoelétrico e com os espectros atômicos. A aguardada explicação só chegou no final do séc. 19,

quando Max Planck encontrou uma solução bastante ousada para explicar o fenómeno da radiação emitida. Ele postulou que a energia, que até então era considerada uma grandeza contínua, seria na verdade quantizada, chegando-se assim ao termo (do Latim) *quantum* de energia, que quer dizer quantidade (discreta) de energia num sistema "quântico".

Em 1905, Einstein, para explicar o efeito fotoelétrico em metais, diz que a luz, que até então era considerada de natureza ondulatória, seria formada por pequenas partículas, os "*quantum de luz*" (fótons).

Na MQ, o movimento do eletrão em torno do núcleo, já não era possível ser descrito com base no vetor posição, como se fazia na mecânica clássica. Apenas era possível indicar a probabilidade de o encontrar, e isso é uma característica puramente quântica, assim como a existência de níveis de energia bem definidos.

Mas foi apenas na década de 1920 que se entendeu mais profundamente a questão da dualidade onda-partícula, graças aos trabalhos de De Broglie, Schrödinger, Heisenberg, Bohr e de outros (Fig.1). Entre os outros cientistas, encontravam-se Otto Stern (1888-1969) e

Quantum e a dualidade onda-partícula



Fig. 1 - Da esquerda, para a direita: De Broglie, Schrödinger e Heisenberg.

Coordenação de Armindo Rodrigues

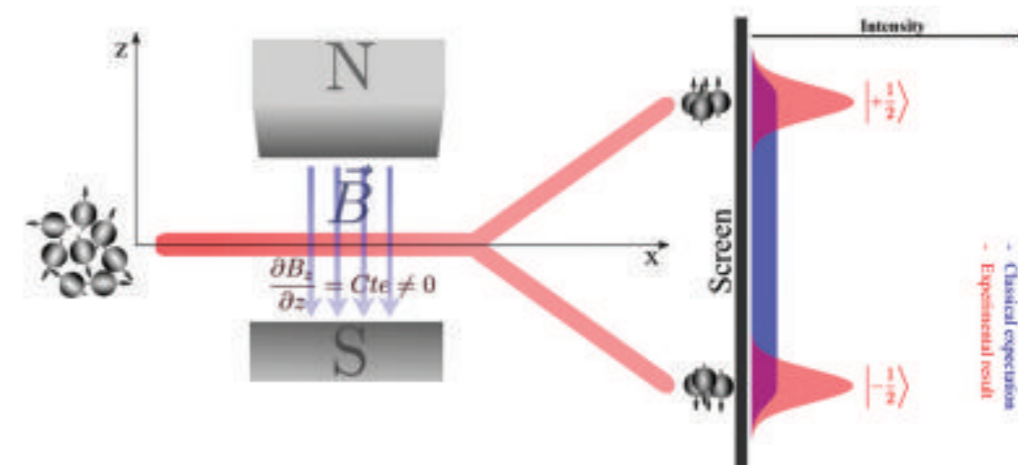


Fig. 2 - Experiência de Stern-Gerlach (1922). Fonte: Ibrahim Saideh. Entanglement in high dimensional quantum systems. Quantum Physics [quant.ph]. Université Paris-Saclay, 2019. English. ffnNT: 2019ACLS198ff. fftet.02187211

Walther Gerlach (1889-1979), dois físicos alemães da Universidade de Frankfurt. A experiência que ambos realizaram em 1922 ficou para a história como o grande avanço que contribuiu definitivamente para a descoberta da quantização do spin. A experiência consistia na deflexão de um feixe de átomos de prata, eletricamente neutros, que passavam através de um campo magnético formado entre dois polos de um íman. Verificou-se que os átomos ao atingirem a placa do alvo se posicionavam apenas em duas direções, (Fig.2). Isto, de acordo com a mecânica clássica foi inicialmente considerado um resultado muito estranho, mas depois acabou por ser associado à propriedade, que hoje em dia conhecemos por spin. Por esta ser uma grandeza própria da física quântica, não se podendo comparar a nada parecido no nosso dia-a-dia, apenas referimos que o spin permite explicar as propriedades magnéticas dos materiais. Hoje em dia as ideias base da mecânica quântica ainda não estão totalmente compreendidas, levando-nos a aceitar, pura e simplesmente, os seus postulados. De facto, as

ideias base são muito estranhas (sobreposição de estados, colapso pela medida, ...), e isso tem dado origem a diversos debates, não só do ponto de vista científico, como também filosófico, acerca dos fundamentos básicos da MQ. Porém, a teoria da MQ é bastante consistente na explicação de muitos fenómenos. A abordagem *bottom-up* permite manipular sistemas quânticos individuais, como por exemplo, átomo a átomo. E isso permite desenvolver aplicações avançadas, como novas formas de computação e de processamento da informação, nomeadamente computadores que processam a informação muito mais rapidamente. A quantidade de dados gerados diariamente cresce cada vez mais e por isso é indispensável reduzir o consumo de energia e melhorar a eficiência energética dos circuitos eletrónicos. A spintrónica (eletrónica de spins) é uma tecnologia emergente de processadores com capacidade de reduzir o consumo de energia e aumentar as capacidades dos computadores atuais. Esta tecnologia explora o facto do eletrão não ser apenas uma partícula elétrica, mas ser também magnética.



Conferência da Sociedade Portuguesa de Física

Um dos temas principais da conferência diz respeito aos **100 anos da experiência de Stern-Gerlach**. Os restantes temas são:

- A Física do Clima
- Gravitação
- Grafeno & "ângulo mágico"
- Eletrónica flexível