

ARTIGO REF: 6440

INFORMAÇÃO CLÁSSICA *VERSUS* INFORMAÇÃO QUÂNTICA: O ENSINO DE FÍSICA NUM CURSO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA

Helena Vieira Alberto^(*)

CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 3004-516 Coimbra, Portugal

^(*)*Email:* lena@uc.pt

RESUMO

Os desenvolvimentos atuais da Informação Quântica são a expressão mais eloquente da afirmação “Information is Physical” [Landauer,1966]. Um computador usa informação codificada numa base binária. A unidade é o bit que pode ser 0 ou 1. A informação e as operações com informação têm uma realização física concreta. Por exemplo, o bit 1 pode corresponder a uma tensão eléctrica de 5 V e o bit 0 a uma tensão eléctrica de 0 Volts e as operações lógicas sobre esses estados - as gates - têm uma tradução em operações físicas com sinais eléctricos. Há outras realizações físicas possíveis que podem codificar a mesma informação e que são equivalentes desde que as leis físicas que as regem sejam comuns. Independentemente da realização física, os dados podem ser copiados, apagados, lidos tantas vezes quantas as necessárias, armazenados durante longos períodos de tempo etc,... desde que a informação seja clássica, i.e., desde que o seu suporte físico seja regido por leis clássicas. Note-se que isto inclui sistemas cujo funcionamento tem por base fenómenos quânticos, como é o caso das memórias magnéticas que usam o fenómeno da magnetoresistência, por exemplo. São contudo sistemas quânticos cujo comportamento é um fenómeno coletivo, não coerente, e em consequência, as leis que regem a informação armazenada são leis clássicas.

Há, no entanto, estados físicos cujo comportamento não tem correspondência clássica: os estados associados a sistemas quânticos individuais. Novas técnicas experimentais tornaram possível guardar e processar informação codificada em sistemas quânticos individuais. Uma vez que o comportamento desses sistemas não tem correspondência clássica, a sua utilização abre novas possibilidades na manipulação de informação. As regras de funcionamento não são novas - os conceitos fundamentais foram estabelecidos nos anos 30 pelos fundadores da Mecânica Quântica. A novidade está na possibilidade atual de manipular sistemas quânticos individuais, ou seja, na possibilidade de realizar experiências que na época seriam classificadas como experiências pensadas. A informação baseada em sistemas quânticos individuais tem características diferentes da informação clássica:

- A unidade não é o bit (que assume o valor ou 0 ou 1) mas o bit quântico ou qubit, que é uma sobreposição coerente de estados 0 e 1, sendo a sobreposição caracterizada por dois parâmetros que identificam o peso do estado 0 e do estado 1 na sobreposição. Assim, se enviarmos um bit clássico de informação só podemos enviar duas mensagens distintas: um 0 ou um 1. A informação que pode ser transportada por um qubit é a informação associada aos coeficientes da sobreposição de estados e o número de possibilidades é infinita.

-A realização de uma medida de um registo quântico altera o estado do sistema. Se inicialmente o registo for descrito por uma sobreposição de um 0 e um 1, no final da medida o registo ficará ou no estado 0 ou no estado 1, ou seja, a medida altera o estado do registo. A

medida de um registo quântico pode ser vista como a destruição de um qubit pois transforma um bit quântico num bit clássico. Podem, no entanto ser realizadas operações não destrutivas com os qubits antes de serem medidos. Um algoritmo quântico é construído como operações desse tipo, designadas por gates quânticas. Note-se que na leitura de um registo que contém um bit clássico, se obtivermos 1, podemos concluir que o registo antes da medida estava no estado 1. Se obtivermos zero, concluimos que antes da medida estava no estado 0. Não podemos extrair essa conclusão se o registo estiver num estado quântico. Se o sistema for quântico, o estado inicial contém mais informação do que aquela que eu obtenho numa única medida.

- É impossível fazer uma cópia de um registo quântico (teorema da não-clonagem).
- Existem estados de vários qubits que exibem uma correlação entre eles sem qualquer análogo clássico (estados emaranhados).

Estas características distintivas da informação quântica abrem novas possibilidades na manipulação de informação. Por exemplo, já existem atualmente no mercado protocolos seguros de distribuição de chaves de encriptação baseados em informação quântica, em que a segurança da comunicação se baseia na capacidade de detetar intrusão se ela ocorrer. Por outro lado, os estados emaranhados tornam possível o transporte da informação contida num qubit, sem que o qubit seja fisicamente transportado (o chamado teletransporte quântico).

A compreensão das diferenças entre informação clássica e informação quântica é da maior importância no mundo atual e pode (deve) ser o tema central de uma cadeira introdutória de Física no primeiro ano num curso de Engenharia Informática, tendo como requisitos prévios uma formação geral do aluno equivalente ao 9º ano em Portugal. É essa a abordagem que a autora desta apresentação tem seguido no ensino da unidade curricular “Tópicos de Física Moderna” do 1º ano da licenciatura em Engenharia Informática na Universidade de Coimbra [Helena Alberto, 2016]. A estrutura do curso tem os seguintes tópicos:

1. Descrição de uma partícula em Física Clássica
2. A medida em Física Clássica
3. Descrição de uma onda
4. Dualidade onda-partícula: descrição de uma partícula em Física Quântica
5. O problema da medida em Física Quântica.
6. Informação Quântica.

A experiência da docente é a de que esta estrutura do curso é extremamente motivante para os alunos e o sucesso escolar aumentou consideravelmente relativamente aos anos em que o conteúdo programático era o de uma Física Geral tradicional. Essa experiência será discutida na apresentação e todos os materiais (textos, programas em python, filmes) que foram desenvolvidos no contexto desta experiência didática serão disponibilizados livremente nesta conferência.

REFERÊNCIAS

- [1]-Landauer, R., The Physical Nature of Information, Physics Letters A 217 (1966) 188-193.
- [2]-Alberto, H.V., Física e Informação, notas letivas de Tópicos de Física Moderna, Universidade de Coimbra, 2016.