Cala e calcula!

SERRALLÉ MARZOA, José Francisco; ÁLVAREZ LIRES, Xabier; PÉREZ RODRÍGUEZ, Uxío e ÁLVAREZ LIREZ, María.

Facultade de Ciencias da Educación e do Deporte, Universidade de Vigo

Na ensinanza da Física actual parece pasar desapercibida a importancia da "*física cuántica*" e a grande influencia que a construción deste ámbito de coñecemento está a ter nas nosas vidas e aínda máis no futuro da humanidade. É certo que nas programacións e nos libros de texto do alumnado aparecen personaxes como Planck, Einstein, Rutherford, Bohr, De Broglie, Heisenberg e Schrödinger, pero non é habitual a mención doutros físicos como Dirac, Fermi, Wheeler, Feynman e Gell-Mann xunto ás súas achegas sobre a estrutura do núcleo e das partículas, as interaccións fundamentais e mesmo en temas como a antimateria.

A comprensión destes conceptos cuánticos entra en contradición cos nosos hábitos de comprensión da realidade do contorno, por exemplo a natureza dual das partículas elementais da materia – ondas e corpúsculos – condicionando o seu comportamento, a imposibilidade de de determinar con absoluta precisión, ao mesmo tempo, as variables conxugadas dunha partícula e o efecto túnel; fan da mecánica cuántica un conxunto de ideas contraintuitivas.

Pero aínda hai máis. O comportamento dos electróns no "*experimento da dobre fenda*", e como a presenza do observador varía o resultado pola mera observación. O fenómeno denominado "*entreenlazamento*" no que obxectos cuánticos parecen estar tan ligados que un cambio nun deles tería un se reflexo instantaneo noutro, incluso aínda que ámbolos dous estean en extremos opostos do universo. Desde os inicios da formulación da "*mecánica cuántica*", hai xa máis de oitenta anos, o misterio do denominado "*enigma cuántico*" vén acompañándonos como un secreto incómodo debaixo da mesa.

A interpretación e a explicación dos resultados experimentais mediante a teoría da mecánica cuántica son indiscutibles, as predicións e os cálculos que podemos facer son dunha precisión e exactitude poucas veces acadada na Física; polo tanto, para moitos investigadores, teóricos e experimentalistas, o mellor e obviar a implicación de "*máis alá*" deste paradoxo. Así, a denominada concepción ortodoxa da "*interpretación de Copenhage*", que poderíamos resumir na frase "*cala e calcula*", evita tratar cosas como a natureza da realidade ou a conciencia do observador, creando dous dominios: – "*dominio macroscópico clásico*" rexido por la física clásica e – "*dominio submicroscópico cuántico*" rexido por la física cuántica; de xeito que nunca tratamos directamente con estes últimos obxectos.

Diante do rexeitamento de Albert Einstein das "*accións fantasmais*" da teoría cuántica, que parecen devir das explicación de feitos experimentais probados; como que a observación mesma da posición dun obxecto cuántico pode causar a súa presenza nese punto, ou influír no comportamento dun obxecto distante non conectado por ningunha forza física, ou que un obxecto pode existen en varios sitios á vez, fixeron que Neils Bohr; o seu principal artífice deste corpus, dixera: «*todo aquel a quen a mecánica cuántica non lle pareza insólita é que non a ten entendido*»

No traballo docente, na educación secundaria postobrigatoria – bacharelato, a aprendizaxe da física cuántica choca de fronte, non só coas intuicións do alumnado, senón coa visión científica do mundo establecida no devir da ensinanza tradicional da física. Da experimentación e da cinemática de Galileo, a visión determinista da mecánica de Newton e a

síntese do electromagnetismo de James Clerk Maxwell nos levan a unha "*ciencia fiable*" que nos permite interpretar a realidade física da natureza como unha máquina de comportamento predicible e pronosticable. É emblemática a frase de Lord Kelvin (1900) «*A Física está esencialmente completada: solo hai dúas nubes no horizonte*».

Unha delas, a "*relatividade especial*" pode ser asumida polo alumnado, coa dificultade intrínseca do paradoxo do descorrer do tempo, máis lento ou máis rápido segundo a velocidade; mediante a visualización nos diagramas espazo – temporais da invariancia da velocidade da luz. Aínda conservamos un determinismo. "*Deus non xoga aos dados*".

A outra, arranca coa solución dos "*cuantos*" de Max Planck, no 1899, á radiación térmica dos corpos incandescentes, o efecto fotoeléctico de Einstein,no 1905, e os espectros atómicos, que parecen indicar que as leis fundamentais da mecánica e do electromagnetismo deixaban de ter unha validez absoluta. Isto lévanos á "*revolución cuántica*" de Bohr, Schrödinger e Dirac.

Ata os anos 1970, a psicoloxía estaba dominada pola idea do "*condutismo*" cunha clara influencia na pedagoxía. A metodoloxía docente estaba cómoda na idea de que realidade, e todo o que existe, é materia gobernada por forzas puramente mecanicistas. A docencia das ciencias, particularmente da Física, parecía estar fundamentada en saber a teoría, aplicala na resolución de problemas co uso das fórmulas e a realización explicativa de experimentos de laboratorio; a exposición do alumnado a estas experiencias vitais garantía a aprendizaxe.

A aparición do "*construtivismo*" de Von Glaserfeld e a súas repercusións no paradigma educativo que introduce a diferenza entre a ensinanza e a aprendizaxe como procesos participativos e interactivos de docente e de discente, de xeito que o coñecemento é una auténtica construción operada pola persoa que aprende "*suxeito cognoscente*" que debe ter "*conciencia*" da observación da realidade e da construción do seu propio coñecemento.

O termo psicolóxico da conciencia vén equivaler, en Física, a percatación e a maneira que temos de coñecer a existencia da conciencia é mediante a sensación en primeira persoa o coa testemuña doutras persoas. A conciencia ten así un papel central no enigma cuántico, xa que parece afectar á realidade física, condicionando o libre albedrío. Como exemplo podemos citar a celebre metáfora do "*gato de Schrödinger*" para ilustrar o "absurdo" da teoría que el mesmo tiña elaborado, baseada esencialmente na demostración de Von Neuman de que só un "*observador consciente*" pode levar a cabo unha autentica observación.

Se aceptamos esta visión, debemos incluír unha nova perspectiva no tratamento docente desta temática nas nosas programacións de ensinanza da Física do segundo curso de bacharelato, a fin de evitar un enfoque reducionista, promovendo unha visión ampla da ciencia, así como, cara a propiciar no alumnado a adquisición da competencia de aprender a aprender.

Na actualidade podemos atopar recursos como:

- ROSENBRLUM, Bruce e KUTTNER, Fred. *El enigma cuántico. Encuentros entre la Física y la conciencia*.Tusquest Editores. Barcelona, 2012 (www.quantumenigma.com).
- ACZEL, Amir D. *Entrelazamiento. El mayor misterio de la Física*. Editorial Crítica. Barcelona 2008.(www.ed-critica.es).
- ARNTZ, William, CHASSE, Betsy e VICENTE, Mark. Película: *¿¡Y tu que sabes de!?*. LORD OF THE WIND FILM, LLC, 2004. (www.whatthebleep.com) (www.youtube.com/watch?v=PL50Q0DoWag).
- PIGLIUCCI, Massimo. *Nonsense on Stilts:How to Tell Science from Bunk*. University of Chicago Press. 2010. (play.google.com/store/books).