

Editorial

Mecánica cuántica: Un reto inaplazable para nuestro país

Actualmente, desde que los niños son muy pequeños, manejan dispositivos como los teléfonos celulares y los computadores, los cuales tienen como uno de sus elementos básicos el transistor. No es sorprendente, por lo tanto, que se pregunten cómo funcionan, de qué están hechos. Y muchas veces los padres de estos pequeños somos incapaces de dar respuestas bien informadas a estas inquietudes, respuestas que ya no deberían ser una cuestión de especialistas, sino conocimiento básico de cualquier ciudadano. El propósito de esta comunicación es doble: por un lado esclarecer el papel de la mecánica cuántica tanto en las tecnologías presentes y futuras como en otras áreas del conocimiento y la cultura, y por otro, hacer una reflexión acerca de la pertinencia de la misma en nuestro país y en nuestras instituciones.

Es bueno recordar que no basta valorar la mecánica cuántica por su impresionante poder predictivo (hay experimentos cuyos resultados concuerdan con la mecánica cuántica con una precisión de una parte en 10^{11}), o por su belleza matemática, sino también por su impacto económico. Se estima que el 30% del PIB de los Estados Unidos depende de invenciones posibles gracias a la mecánica cuántica (Tegmark & Wheeler, 2001), desde los circuitos integrados hasta láseres en los reproductores de CDs, equipos de resonancia magnética en los hospitales, diodos emisores de luz, celdas fotovoltaicas, etc.

A pesar de que los transistores, desde los primeros, producidos en el año 1948 (Bardeen & Brattain, 1948), hasta aquellos en los circuitos integrados de hoy en día, se los clasifica bajo nombres tales como transistores de punto de contacto (el del premio Nobel), transistores de juntura (bipolares BJT, unipolares, de efecto de campo, de juntura Schottky) y transistores sin junturas (Colinge et al., 2010), diseño original de Lilienfeld (1933), y de que su tamaño ha variado entre los centímetros de los diseños originales hasta los tamaños nanométricos de las más modernas tecnologías litográficas (de 45 nm y 32 nm) (Goldstein et al., 2005), la idea física sub-

yacente no ha variado: un transistor es un dispositivo semiconductor que controla la intensidad de la corriente. Aunque esto es muy bien conocido para ingenieros y tecnólogos, no lo es así tanto el hecho de que, sin la mecánica cuántica, no hubiese sido posible idear un transistor. De hecho, el concepto mismo de semiconductor, material sólido que necesita de una energía mínima de activación para que conduzca corriente, solamente se puede entender a través de la mecánica cuántica, pues la mecánica clásica no prevé la existencia de brechas de energía para partículas.

Investigaciones llevadas a cabo en la década de 1950, especialmente por Basov & Prokhorov (1955) y Schawlow & Townes (1958), tienen como producto el máser (el primero construido empleando el amoníaco) y posteriormente el láser (originalmente construido con rubidio), que son acrónimos correspondientes a amplificación de microondas (luz) por emisión estimulada de la radiación. Como en el caso de los semiconductores, estos desarrollos son posibles gracias a la mecánica cuántica que predice la existencia de estados atómicos y moleculares de energías bien definidas. La longitud de onda de la radiación emitida (microondas o luz), depende de la diferencia de energía entre dos estados atómicos o moleculares. Desarrollos técnicos y experimentales posteriores han permitido fabricar láseres de tipos no moleculares, incluidos láseres semiconductores, que se emplean en productos electrónicos de consumo masivo, como reproductores de CDs y televisores, y en la industria cosmética y odontológica.

Aunque circuitos integrados y láseres funcionan amparados en la mecánica cuántica, estos dispositivos dependen de la contribución de un número grande de partículas (o de fotones, los cuantos de energía de la luz). En la actualidad ha habido un resurgimiento de la mecánica cuántica debido a avances experimentales que han permitido controlar y medir sistemas únicos. Experimentos, que fueron concebidos como experimentos mentales, se han podido realizar y han confirmado, sin excepción, todas las extrañas predicciones de la mecánica cuántica (Raimond et al., 2001). Áreas tan disímiles como superconductividad, electrodinámica cuántica de cavidades, resonancia magnética nuclear, espintrónica y estado sólido de sistemas de dimensionalidad reducida, cuentan con experimentos relacionados con el comportamiento cuántico de sistemas

únicos. Además, hay un notable interés en la producción y estudio de interfaces de sistemas, lo que permite a futuro pensar en utilizar las propiedades mecánico-cuánticas para revolucionar los mecanismos de procesamiento y almacenamiento de la información. Las predicciones teóricas en estas direcciones que proponen algoritmos cuánticos para la factorización de números grandes en sus factores primos (algoritmo de Shor) han podido comenzarse a llevar a cabo con una computadora cuántica de 7 qbits que utiliza la conocida resonancia magnética nuclear (Knill et al., 2000). Además, D-Wave Systems ya vendió la primera computadora cuántica comercial, basada en algoritmos adiabáticos.

Como podemos observar, muchos de los aportes realizados en el área de mecánica cuántica y sus aplicaciones se han desarrollado en países de primer mundo gracias al apoyo y a la financiación tanto de entes gubernamentales como privados, que a pesar de reconocer que las investigaciones en ciencia básica -en particular en física- no conllevan resultados económicos inmediatos, están conscientes de que estas se encuentran en la base del desarrollo y aumentan las posibilidades de producción en un mundo globalizado. La mejor muestra de los efectos positivos en la determinación de apoyar la ciencia básica en países originalmente de tercer mundo se evidencia tanto en los cuatro tigres asiáticos como en Brasil, que luego de una amplia inversión en educación de calidad y en la investigación básica, han tenido grandes avances económicos. Por esta razón, países como el nuestro, que engrosan la lista de los llamados tercermundistas requieren hacer reflexiones permanentes y profundas en cuanto a cuáles son los procesos en formación que se requieren a nivel de ciencias para formar profesionales competentes que se encuentren en la capacidad de intervenir en la solución de problemas. De esta manera, las Universidades que tienen programas de formación en física deben ser apoyadas en sus investigaciones en ciencia básica, con el fin de generar nuevas alternativas económicas a futuro.

REFERENCIAS

- Tegmark, M., Wheeler, J.A., (2001); 100 years of quantum mysteries, Scientific American, 284(2), 68-75.

[10]

- Bardeen, J., Brattain, W.H., (1948); The transistor, A semiconductor triode, *Phys. Rev.*, 74(2), 230-231.
- Colinge, J.P., et al., (2010); Nanowire transistors without junctions, *Nature Nanotechnology*, 5(3), 225-229.
- Lilienfeld, E., (1933); Device for controlling electric current, *Patente US 1900018 (A)*.
- Goldstein, M., Lee, S.H., Shroff, Y.A., Silverman, P.J., Williams, D., (2005); FEL Applications in EUV Lithography, *Proceedings of the 27th International Conference on Free Electron Lasers, Palo Alto, CA, USA, 21-26 Aug, p.422*.
- Schawlow, A.L., Townes, C.H., (1958); Infrared and optical masers, *Phys. Rev.*, 112(6), 1940-1949.
- Basov, N.G., Prokhorov, A.M., (1955); *J. Exptl. Theoret, Phys., (U.S.S.R.)*, 27, 431.
- Raimond, J.M., Brune, M., Haroche, S., (2001); Manipulating quantum entanglement with atoms and photons in a cavity, *Rev. Mod. Phys.*, 73(3), 565-582.
- Knill, E., Laflamme, R., Martinez, R., Tseng, C.-H., (2000); An algorithmic benchmark for quantum information processing, *Nature*, 404, 368-370.

HERBERT VINCK-POSADA, RAFAEL R. REY-GONZÁLEZ,
KAREN M. FONSECA-ROMERO
Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia
Sede Bogotá