

A PROPOSITO DE FÍSICA CUÁNTICA...

“si no se marea... es que no ha entendido”

AN INTENT OF QUANTUM PHYSICS

“If quantum mechanics hasn’t profoundly shocked you, you haven’t understood it yet”

Lada Domratcheva-Lvova¹, Luis Fernando Ortega-Varela²,
Carmen Judith Gutiérrez-García³

1. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). 2. Facultad de Salud Pública y Enfermería UMSNH. 3. División de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia.

Contacto: carmen.gg@morelia.tecnm.mx

Resumen. Este texto ofrece una mirada accesible de la física cuántica, una ciencia que ha revolucionado nuestra forma de ver el universo y es en gran parte responsable del avance a pasos agigantados de la tecnología que hoy nos rodea; a propósito de que en 2025 se conmemoran los 100 años desde su desarrollo inicial y para hacer conciencia de su impacto en nuestro día a día.

Palabras clave: fotón, ciencia, mecánica cuántica, Max Planck.

Abstract. An accessible look at quantum physics, a science that has revolutionized our way of viewing the universe and it is responsible for the leaps of technological advancement that surrounds us today. This text is intended to commemorate the 100th anniversary of its initial development in 2025 and to raise awareness of its impact on our daily lives.

Keywords: photon, science, quantum mechanics, Max Planck.

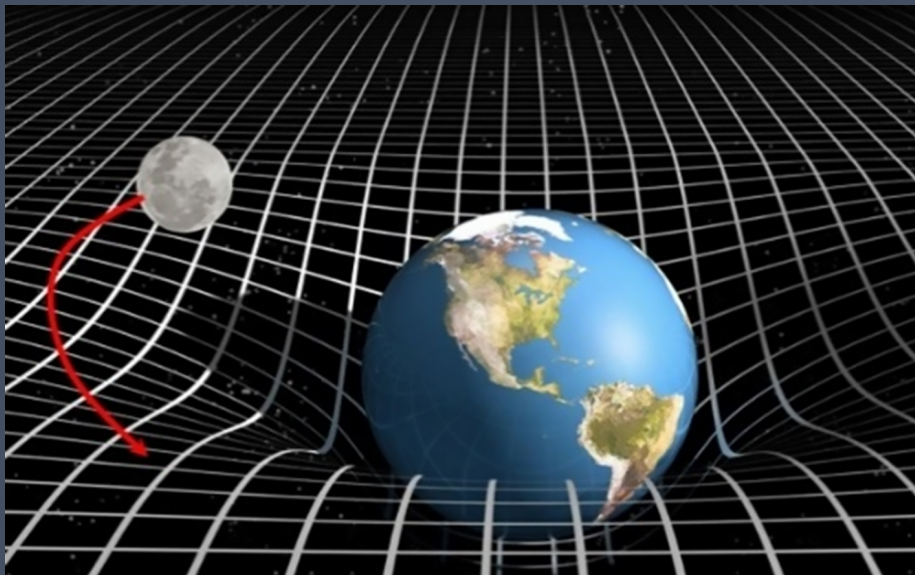


Fig. 1. *Espacio-tiempo* (Manuel Nieves, 2019).

Este año seguramente en más de una ocasión has escuchado el término “Física Cuántica” y esto se puede deber a que 2025 fue proclamado como el “Año Internacional de la Ciencia y la Tecnología Cuánticas” por las Naciones Unidas (ONU), para reconocer los 100 años transcurridos desde el desarrollo inicial de la mecánica cuántica y para hacer conciencia del impacto de la ciencia y la tecnología cuánticas en diversos campos, como la salud, la tecnología, la sostenibilidad y la innovación. Pero, cómo surgió este campo, este texto abordará el cómo, qué y quiénes hicieron que hoy todos hayamos escuchado el término cuántico al menos una vez y podamos hacer uso directo de sus aplicaciones.

Antes del año 1900 la idea del espacio se limitaba a un enorme agujero lleno de estrellas y galaxias, hoy en día sabemos que el espacio y el tiempo se deforman por influencia de la gravedad, lo que coloquialmente se conoce como “espacio-tiempo elástico” (Fig.1) y fue el físico Max Planck (Fig. 2) quien comenzó con esta concepción del universo, utilizando el término “*quantum*” asociado a la ciencia por primera vez, a la par del descubrimiento de un nuevo postulado (Ley de Planck), que explica el espectro de emisión de un cuerpo negro y es una de las bases de la mecánica cuántica (Ron, 2001).

Quantum proviene del latín y significa “cantidad” o “cuánto”, en física hace referencia a la “cantidad más pequeña de

una forma de energía” como la luz (González de Alba, 2000).

El mundo cuántico describe “extraños fenómenos” que ocurren a nivel subatómico, es decir el nivel más pequeño de materia que podemos imaginar, y muchas veces contradicen lo que aprendimos en la escuela. La física cuántica detalla lo que ocurre cuando relacionamos a la materia con la luz. De las clases de física de secundaria recordaremos que materia es todo lo que tiene masa y ocupa un volumen. La materia está constituida por átomos; un átomo a su vez está formado por

partículas subatómicas: electrones, neutrones y protones; podemos imaginar al átomo como un sistema solar pequeñísimo, donde existe un núcleo (sol), lleno de protones (partículas con carga positiva) y neutrones; alrededor del núcleo orbitan los electrones (planetas), partículas con carga negativa, es importante conocer al átomo para comprender mejor al mundo cuántico, cabe mencionar que esta concepción del átomo es previa a la física cuántica.

Física cuántica, el origen

El origen de la Física cuántica data de 1900 con el postulado de Planck, no obstante muchos años atrás se sembraba este concepto sin saber que se llegaría a él, científicos como Newton (1642-1727) o Barrow (1630-1677) abordaron un “fenómeno de colores” el cual surgía a partir de la descomposición de la luz (blanca e invisible al ojo humano) y cómo al pasar por un prisma y ser refractada, el resultado era una luz visible formada de la combinación de diferentes colores elementales (Fig. 3) como la que se puede observar en un arcoíris (Ron, 2001). Michael Faraday quien desde muy joven realizaba estudios sobre la luz y la electricidad, encontró que la electricidad en movimiento genera un campo magnético (1936), éste entre otros aportes cambiaron la forma de ver al mundo, Faraday además es conocido por ser uno de los primeros Divulgadores de las ciencias, al instituir en 1826 las “Charlas vespertinas de los Viernes” en la

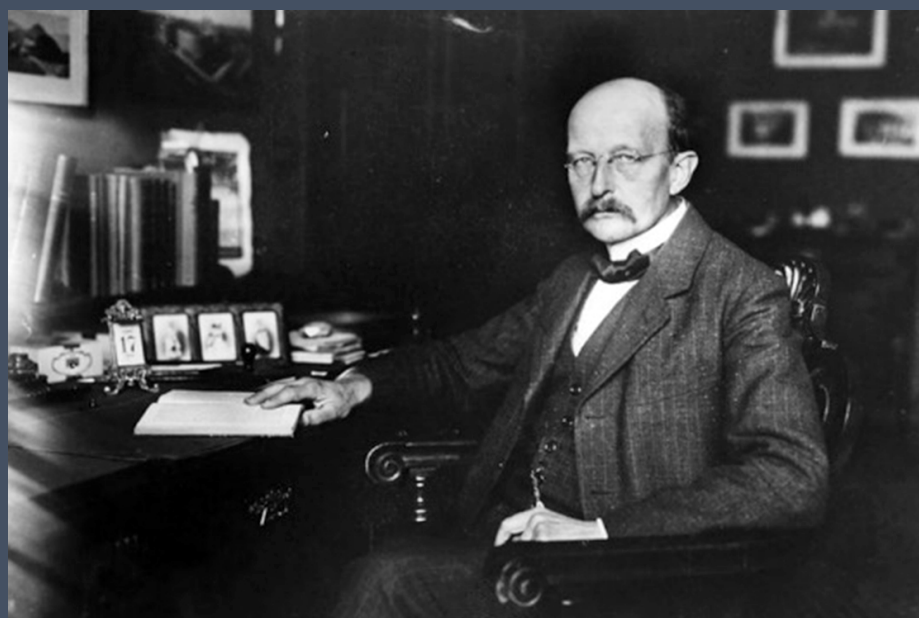


Fig. 2. *Max Planck, el padre de la teoría cuántica* (Ciucas Chamú, 2017)

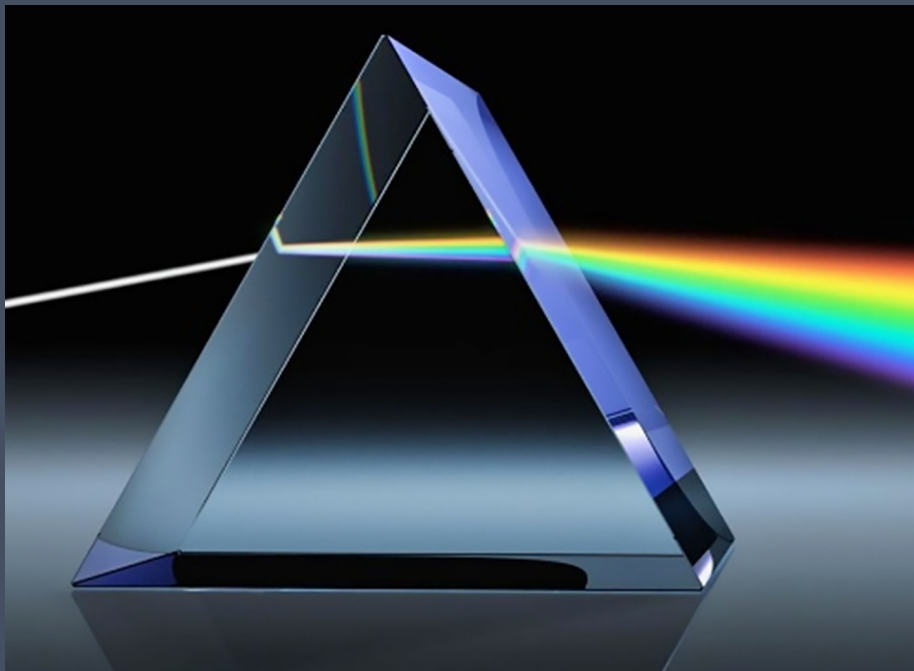


Fig. 3. *Descomposición de un haz de luz* (© 2023 GLAShern)

Royal Institution de Londres, las cuales se siguen efectuando hasta el día de hoy (Beléndez, 2015). Otro descubrimiento que generó una contribución importante a la Física cuántica fue el de la radiación térmica por parte de Gustav Kirchoff (1863), la cual habla de la capacidad de relacionar la emisión y la absorción de un cuerpo que se encuentra en equilibrio térmico. Hay un par de teorías de 1877 de Ludwig Boltzmann relativas al sistema físico de los estados de energía (teoría de gases) y el desarrollo de la Mecánica Estadística; Boltzmann es considerado un puente entre una física que aún no lograba zafarse de las ataduras clásicas y de su pensamiento mecanicista con una nueva forma de ver las cosas, una “nueva física”. Finalmente en 1887, Heinrich Hertz, seguramente te suena, y es que en honor a él tenemos la medida de la frecuencia “los hertzios o hertz (Hz)”; él observó el efecto fotoeléctrico que consiste en la emisión de electrones por un material debido a la incidencia de un haz de luz visible o ultravioleta, y descubrió que la emisión era más intensa al ser expuesta a la luz ultravioleta, indicando que la luz se comporta como partícula; este descubrimiento le dio el Nobel de Física en 1921 (González, 2007, Rodríguez-Meza & Cervantes-Cota, 2006).

La física hoy en día la conocemos como una física clásica que inicio con Galileo y abarca todos fenómenos en los

cuales la velocidad es muy pequeña en comparación con la velocidad de la luz (299, 792, 458 m/s) y una Física Moderna que estudia aquellos fenómenos producidos a la velocidad de la luz o con valores cercanos a ella y los fenómenos que ocurren a nivel subatómico.

La nueva Física

Con apenas 16 años, el Joven Albert Einstein se preguntó “cómo se vería un rayo de luz si uno va montado sobre otro rayo de luz”, él mismo respondió que se vería como un campo electromagnético en reposo y oscilatorio, 10 años después, este joven publicaría la Teoría especial de la Relatividad (1905), Einstein contribuyó a estudiar la luz como un conjunto de “cuantos de luz”. Mientras que Louis De Broglie propuso que las partículas subatómicas no solo eran partículas sino que también podían comportarse como ondas, lo que conocemos hoy como “dualidad” este aporte le dio el título de Príncipe de la cuántica; Gilbert N. Lewis toma la idea de De Broglie y formaliza a la dualidad dándole el nombre de “fotón” que hace referencia a su vez a los “cuantos de Luz” de Einstein (Savall-Alemany et al., 2013, Rocha, 1988). Es en esta etapa donde científicos como J. J. Thomson (Nobel 1906 por el descubrimiento del electrón) E. Rutherford (1910), y Niels Bohr (1913), entre otros, trabajaron arduamente

tratando de comprender y explicar cómo estaba constituido el átomo a partir de las bases de la física clásica. Destaca el trabajo realizado por Bohr, él planteó un modelo atómico que describía al átomo como un núcleo con carga positiva rodeado de electrones que orbitan en niveles de energía (orbitales) y explicaría los espectros de emisión de los distintos elementos, este modelo se conoce como modelo cuántico y toma las ideas de Einstein y de Max Planck, lo que lo hizo ganar el Nobel de Física en 1922 (Roca, 2003). Otra contribución fundamental fue el principio de incertidumbre, formulado por el físico alemán Werner Heisenberg en 1927, seguramente conoces su nombre derivado de una serie televisiva, el principio afirma que no es posible especificar con exactitud y simultáneamente la posición y el momento lineal de una partícula subatómica, lo que significa que es imposible conocer su masa y velocidad, esto le hizo ganar el Nobel de Física en 1932 y pensarás cuál es la importancia de este postulado, bueno cambió por completo la forma de estudiar las cosas, de pasar de una teoría exacta a un conocimiento basado en probabilidades y en la imposibilidad teórica de superar nunca un cierto nivel de error (Klein, 2003). Cerraremos con Erwin Schrödinger, si el del gato, seguramente lo conoces por esa famosa paradoja. Schrödinger abraza la idea de De Broglie y se plantea que tratando al electrón como una onda puede entender la “cuantización” de los orbitales de Bohr y desarrolla la teoría ondulatoria que incluye su famosa ecuación de onda en 1926, la cual describe la probabilidad de encontrar a los electrones en un lugar y en un momento dado. Se puede decir que en 1927 se consuma la Física cuántica, en la Conferencia de Solvay en Bruselas, la cual giró en torno a electrones y fotones; y nos lleva a ver al átomo más allá de un mini sistema solar, hoy sabemos que los electrones pueden existir en muchos lugares al mismo tiempo dentro del átomo, y pueden tener propiedades tanto de partículas como de ondas (dualidad) y su comportamiento está guiado por la probabilidad.

La teoría cuántica y sus aplicaciones en la vida cotidiana

Todas las cosas que nos rodean y nosotros mismos estamos constituidos por átomos, y el uso que les damos a los

objetos tiene que ver con su constitución interna o su funcionamiento a nivel subatómico, por ejemplo usamos metales como el cobre, la plata o el oro como materiales conductores de electricidad a diferencia de un plástico o un trozo de madera y tiene que ver con su estructura atómica interna. La teoría cuántica ayudó a entender el funcionamiento interno de los átomos y eso ha permitido un sinnúmero de aplicaciones (Fig. 4); la mayoría de los dispositivos u objetos que utilizamos hoy en día se basan en algún principio o fenómeno de la física cuántica, por ejemplo, el funcionamiento del láser, el cual tiene fundamento en la emisión estimulada de radiación (luz); el láser solía utilizarse en reproductores de cd y dvd, y que hoy se usa en los escáneres de códigos de barras en los centros comerciales, en herramientas de corte y soldadura utilizadas en la industria o en los bisturíes de láser utilizados en el campo de la medicina (Daniel et al. 2020). Otra aplicación es en los termómetros digitales que se volvieron populares en la pandemia, los cuales provechan las propiedades eléctricas de los materiales para medir la temperatura de manera precisa. Las celdas solares con las que hoy en día obtenemos energía eléctrica a partir de la radiación solar trabajan con el efecto fotoeléctrico. La resonancia magnética un equipo que aprovecha ciertas propiedades de átomos de

hidrógeno en presencia de campos magnéticos para obtener imágenes del interior de un ser humano y permite obtener diagnósticos médicos más certeros o el microscopio electrónico que permite ver y analizar objetos pequeños en alta resolución. Gracias a la física cuántica podemos entender cómo funcionan los materiales conductores y semiconductores siendo una de sus principales aplicaciones los transistores (chips) que usamos en todos los dispositivos electrónicos como celulares, computadoras, tabletas, relojes inteligentes y que cada vez son más pequeños y precisos.

Conclusión

La física cuántica suele ser un tema atemorizante, podríamos decir que esto radica en que rompe abiertamente con el sentido común y con analogías o metáforas que son intuitivas, no es fácil de explicar, frases como la popularizada por Niels Bohr “si no se marea... es que no ha entendido” o la frase acuñada al premio Nobel de física Richard Feynman “si crees que entiendes mecánica cuántica es porque no entiendes mecánica cuántica” nos dan razón de lo complejo que es, sin embargo, los beneficios que trajo consigo el entender cómo están constituidas las partículas subatómicas han sido enormes; es claro

que la física cuántica no es solo para científicos, está presente en nuestra vida diaria.

Esta solo es una breve versión de la teoría cuántica; si te ha llamado la atención y quieres conocer más del tema de una manera muy divertida te recomiendo visitar la página de youtube “Date un Vlog (@dateunvlog)” del físico y divulgador Javier Santaolalla o leer el libro “El burro de Sancho y el gato de Schrödinger” de Luis Gonzáles de Alba entre otros que se mencionan en las referencias.

Referencias

- Beléndez, A. (2015). Faraday y la teoría electromagnética de la luz. *OpenMind*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://rua.ua.es/server/api/core
- Caleb. (2008). ¿Qué es un prisma de vidrio? Aprenda la refracción de la luz. Tomado de <https://customglassmfg.net/es/blog/what-is-glass-prism/>
- Ciucas Chamú, J. L. (2017). Max Planck, fundador de la teoría cuántica y revolucionario de la física. Difusión educativa. Tomado de <https://www.seg.gob.mx/difusioneducativa/?p=963>
- Daniel, S. P. D., Andrés, S. Z. W., José, R. V. R., Justin, P. B. J., & Bravo, P. J. C. P. (2020). Origen de la mecánica cuántica. <https://www.researchgate.net/publication/346801656>
- González de Alba, L. (2000). El burro de Sancho y el gato de Schrödinger. Editorial Paidós. Primera Edición, México.
- González, J. G. (2007). Ludwig Boltzmann. Pionero de la ciencia del siglo XX. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 38(1), 254-261.
- Klein, É. (2003). *La física cuántica*. Siglo XXI edit. Primera Edición en Español.
- Manuel Nieves, J. (2019). ¿Y si el espacio tiempo no es continuo, sino que está dividido en pequeñas «piezas»? ABC ciencia. Tomado de https://www.abc.es/ciencia/abci-y-si-espacio-tiempo-no-continuo-sino-esta-dividido-pequenas-piezas-201911211955_noticia.html#
- Roca, M. (2003). Cien años de Física Cuántica: su impacto en ciencia y tecnología. *La física y la química: Del descubrimiento a la intervención*, 39-100.
- Rocha, A. M., & México. Secretaría de Educación Pública. (1988). *El discreto encanto de las partículas elementales*. Fondo de Cultura Económica.
- Rodríguez-Meza, M. A., & Cervantes-Cota, J. L. (2006). El efecto fotoeléctrico. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 13(3), 303-311.
- Ron, J. M. S. (2001). *Historia de la física cuántica* (Vol. 1). Crítica.
- Savall Alemany, F., Domènech Blanco, J. L., & Martínez Torregrosa, J. (2013). La introducción del concepto de fotón en bachillerato. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35, 2404.



Fig. 4. Algunas aplicaciones de la física cuántica (elaboración propia).