Angélica Díaz Díaz · Universidad Autónoma de Querétaro

Desmintiendo al vendehúmos de la mecánica cuántica

RESUMEN

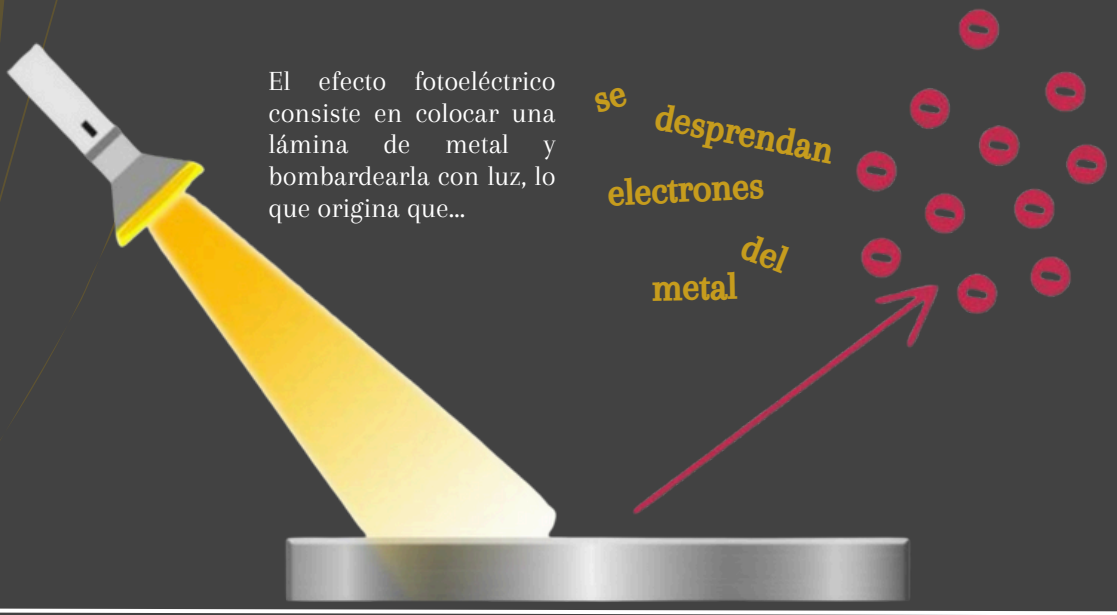
Este artículo actúa como un escudo contra la pseudociencia, abarcando cómo la física de la mecánica cuántica no es un “producto milagro”. Descubre cómo diferenciar la ciencia real (sustentada mediante experimentos) de la pseudociencia que malinterpreta conceptos como el entrelazamiento para vaciar tu bolsillo con productos sin fundamentos científicos.

Cuando surge un término científico novedoso, las personas suelen agregar ese término en todas partes: productos, frases, películas... como si sólo por incluir el término en su producto, éste será totalmente verídico.

Un claro ejemplo, es la **mecánica cuántica**, usada en una variedad de productos: dieta cuántica, curación cuántica, meditación cuántica... ¡cuántica en todas partes! Sin embargo, ¿Realmente se entiende a qué nos referimos con “cuántico”? ¿Podemos usar esa palabrita, o para qué casos no aplica? En este artículo resolveremos estas dudas, mencionaremos el origen de la mecánica cuántica y explicaremos a grandes rasgos en qué consiste esta rama de la física.

El efecto fotoeléctrico

Para entender qué es la mecánica cuántica debemos remontarnos a sus orígenes. Cerca de finales del siglo XIX, existían fenómenos que no podían explicarse completamente con la física que existía en ese entonces (electrodinámica, termodinámica y mecánica clásica). Uno de esos fenómenos era el **efecto fotoeléctrico** (Zettili, 2009).

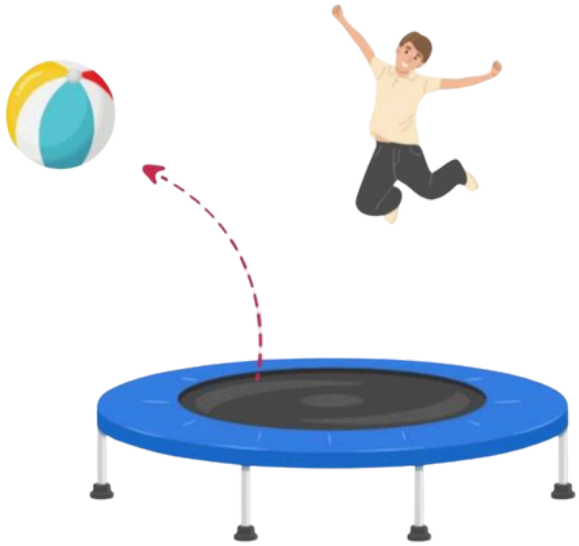


Si bien, el efecto fotoeléctrico era algo muy conocido, no se tenía una explicación adecuada que respondiera por qué ocurría este fenómeno (Zettili, 2009).

La primera explicación que se dio fue acorde a la mecánica clásica: según el modelo clásico ondulatorio de la luz, a mayor amplitud de la onda, mayor es su intensidad, y al aumentar la intensidad aumentaría la velocidad a la que se desprendían los electrones. Además, al incrementar la frecuencia de la onda, sería mayor el número de electrones desprendidos en un determinado tiempo. Pero curiosamente, esto no funciona así; en realidad, al incrementar la frecuencia de la onda, aumenta la velocidad a la que los electrones salen disparados. Asimismo, la intensidad es la que tiene efecto en el número de electrones disparados, esto es, a mayor intensidad, mayor número de electrones desprendidos (Zettili, 2009).

Para que visualices mejor el problema puedes pensarlo así: imagina que estás sobre un trampolín y que también hay una pelota. Si quieres brincar sobre el trampolín de tal forma que la pelota salga volando, deberías brincar lo suficientemente alto (tener una gran amplitud) para que la pelota salga disparada a gran velocidad.

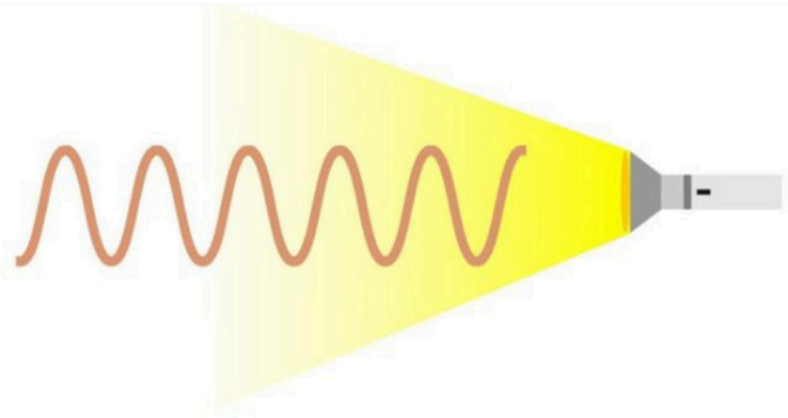
Sin embargo, en la práctica notaste que para que la pelota saliera disparada a gran velocidad, en lugar de brincar muy alto, tenías que brincar muchas veces en un lapso de tiempo corto (aumentar la frecuencia). No tiene mucho sentido, ¿verdad?

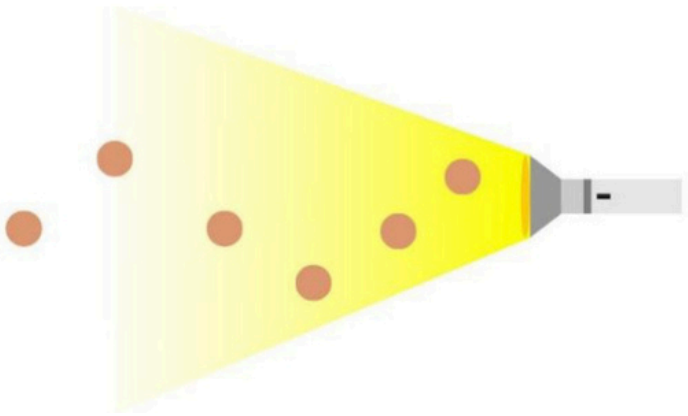


Otro aspecto que no se entendía completamente era que el efecto fotoeléctrico parecía ser **instantáneo**. De acuerdo con la mecánica clásica, si se incidía una luz muy débil, tendrían que pasar horas para que el electrón absorbiera suficiente energía para salir disparado. **Pero se notó que, bajo ciertas frecuencias, el electrón salía disparado al instante.** Es decir, sin importar si se trataba de una luz con alta o débil intensidad, que la luz estuviera a ciertas frecuencias específicas era lo único que importaba para que los electrones salieran disparados al instante. Esto implicaba que la idea que se tenía acerca de que la energía era continua estaba errónea (Zettili, 2009).

Fue con Einstein que se pudo explicar matemáticamente el efecto fotoeléctrico. Einstein propuso que la energía de la luz era discreta y no continua. Es decir, tomó las ideas previas de Planck y estableció que la luz llegaba en forma de paquetes o cuantos de energía (llamados fotones), de ahí el nombre de esta nueva rama de la física: **mecánica cuántica** (Zettili, 2009).

Luz como onda: valor continuo





Luz como paquetes: valor discreto

Asimismo, la energía de cada fotón vendría dada por $E_{fotón}=h\nu$

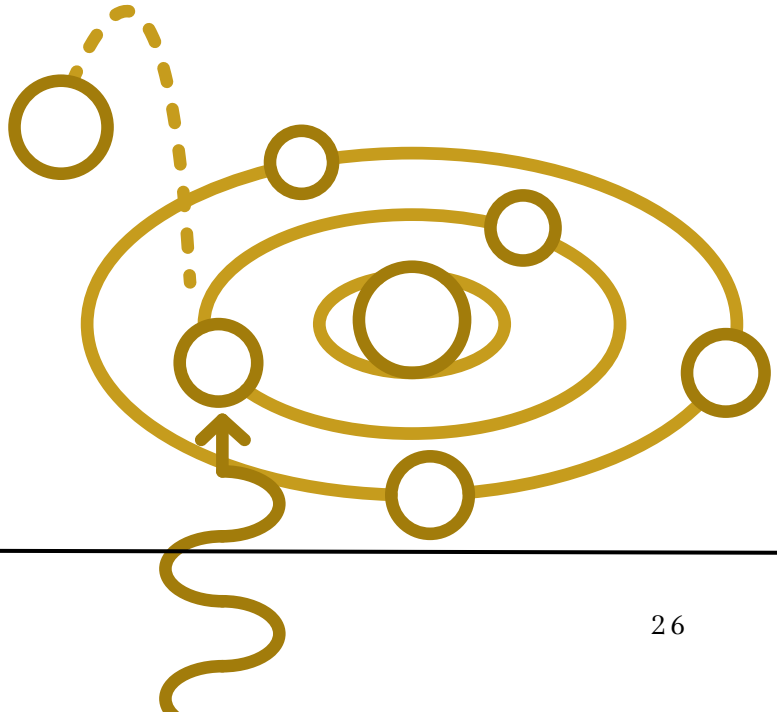
siendo *h* la constante de Planck y *v* la frecuencia del fotón. De esta forma, según el metal del que se tratara, existiría un valor mínimo de energía que haría que el electrón saliera disparado (Zettili, 2009). Gracias a la mecánica cuántica pudo resolverse el misterio detrás del **efecto fotoeléctrico.**

La siguiente ola: aplicaciones

Esto sólo fue el inicio. Con la mecánica cuántica se lograron explicar otros fenómenos, como el *efecto Compton*, y conceptos relacionados con radiación se estudiaron desde una nueva perspectiva. Además, la mecánica cuántica permitió poder estudiar partículas como los electrones (Zettili, 2009).

Incluso, surgieron dos formalismos matemáticos, es decir, dos maneras de expresar matemáticamente la mecánica cuántica: la *notación de Dirac*, donde el estado cuántico, es decir, la información de la partícula, estaba expresado como vectores; y la *función de onda de Schrödinger*, donde el estado cuántico estaba expresado en forma de función de onda. Ambos formalismos son equivalentes y funcionan para explicar la mecánica cuántica (Zettili, 2009).

En este punto puedes estarte preguntando si la cuántica sólo sirvió para explicar estos fenómenos y no cuenta con algún uso práctico. La respuesta es que sí los hay. Gracias a entender los conceptos de cuántica fue posible crear los **focos LEDs** (antes se usaban focos de filamento), lo que dio lugar a láseres y lectores *de blue-ray*. Además, la cuántica permitió postular la existencia de **superconductores, el condensado de Bose-Einstein, y el bosón de Higgs** (Baker, 2013; Tobar et al., 2024).



Incluso permitió la creación de **sensores cuánticos** para detectar ondas gravitacionales. Asimismo, dio lugar al desarrollo de **puntos cuánticos**, usados comúnmente en las televisiones planas. Y hoy en día se trabaja en **criptografía y computación cuántica** (Baker, 2013; Tobar et al., 2024).

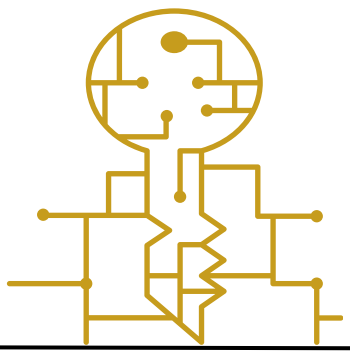
¿Mecánica cuántica o pseudociencia?

El lenguaje de la física son las matemáticas. No sirve de mucho tener una teoría física si no se puede representar mediante números y ecuaciones. ¿Por qué?, ¡porque estos son universales! Puede que en el mundo se hablen muchas lenguas, pero son las matemáticas la forma en la que se expresan las leyes físicas (Bunge, 2013).

Además, la ciencia se caracteriza por ser repetible y por seguir métodos muy definidos (Bunge, 2013). Por lo tanto, la mecánica cuántica, al ser una rama de la física, cuenta con todo un formalismo matemático y ha sido probada experimentalmente, por lo que **definitivamente se trata de algo con validez científica.**

Por otro lado, las pseudociencias utilizan falacias (argumentos que no son válidos) para basar sus creencias. Algo muy común que puedes observar en productos que aseguran estar basados en la mecánica cuántica, es que utilizan de forma errónea los conceptos o tienen una interpretación equivocada de los mismos. Por ejemplo, aseguran que todas las personas tenemos una frecuencia específica la cual "afecta nuestras acciones y pensamientos".

Si bien es cierto que toda la materia presenta la dualidad onda-partícula y por lo tanto se le puede asociar una longitud de onda, lo cierto es que ésta es casi imperceptible para objetos macroscópicos. Para tener una idea, una pelota de tenis de 50 g que se mueve a 400 m/s tiene una longitud de onda de 3.31×10^{-35} m, es de decir, ¡6×10^{24} veces más pequeña que el diámetro del átomo de hidrógeno! **Por lo que prácticamente nosotros no percibimos los efectos cuánticos.**



Otra de las falacias, muy usada por “médicos” que practican la “curación cuántica”, es que cuerpo y mente están entrelazados cuánticamente, por lo que basta con desear no estar enfermo para curarse de alguna enfermedad. Por entrelazamiento cuántico nos referimos al fenómeno en el que una partícula modifica instantáneamente el estado de otra partícula, aunque estén separadas por muchos años luz de distancia (Sakurai y Napolitano, 2021).

Como ejemplo imaginemos que una partícula se desintegra y produce un electrón y un positrón (partícula similar al electrón, pero con carga opuesta a la del electrón). Entonces tenemos un sistema conformado por un electrón y un positrón, donde cada partícula puede tener un spin de +½ o de -½ (el spin es una propiedad que tienen las partículas sólo por existir). Suponiendo que el spin de la partícula original era cero, entonces la suma de los valores de spin del electrón y del positrón debe ser cero, por lo que una de las partículas debe tener spin +½ y la otra debe tener spin -½. Es decir, las partículas no pueden tener el mismo valor del spin (Griffiths y Schroeter, 2018).

Matemáticamente esto se expresa:

$$\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)(|\uparrow\downarrow> - |\downarrow\uparrow>)$$

Para diferentes sistemas entrelazados cuánticamente se tendrán diferentes expresiones matemáticas, pero en general se tendrá una combinación lineal (Sakurai y Napolitano, 2021). No te preocupes si no entiendes completamente qué representan estos símbolos, lo importante es que entiendas que existe todo un trasfondo matemático para representar los estados de partículas subatómicas, o incluso algunas moléculas (Atkins et al, 2013).

Retomando la idea de que el cuerpo y la mente están entrelazados cuánticamente, ¿de qué forma matemática se puede representar este estado?, ¿existe alguna función de onda para representar la conciencia o el cuerpo? Hasta la fecha no existe una expresión matemática para esto. Además, no existe algún experimento que pruebe fehacientemente que la conciencia influye en la realidad. **Por lo tanto, no hay forma de aseverar que la conciencia y el cuerpo están entrelazados cuánticamente.**

Como puedes estar concluyendo, al hacer alguna aseveración de que algo está sustentado en la mecánica cuántica **debemos contar con todo un rigor matemático y deben existir pruebas contundentes de que lo que decimos existe.** Como vimos anteriormente, existe todo un trasfondo matemático que sustenta la existencia del entrelazamiento cuántico entre partículas. Además, hay experimentos que lo comprueban, como fueron los realizados por los ganadores del Premio Nobel de Física de 2022 (The Nobel Prize, 2022).

Ahora ya lo sabes, si el producto que intentan venderte asegura tener "tecnología cuántica" pero no presenta un fundamento claro de su funcionamiento, no tiene un formalismo riguroso matemático para ser explicado, o su uso no concuerda con los conceptos básicos de la mecánica cuántica, muy probablemente estás siendo víctima de una estafa.

¡Siempre cuestiona, investiga y difunde lo que aprendas!

Referencias

- *Atkins, P., Jones, L., & Laverman, L. (2013). Molecular and shape structure. En Chemical Principles. (6a edición). W. H. Freeman and Company.*
- *Baker, J. (2013). 50 COSASQUE HAY QUE SABER SOBRE FÍSICA CUÁNTICA. Ariel.*
- *Bunge, M. (2013). La ciencia. Su método y su filosofía (1a ed.). Laetoli.*
- *Griffiths, D., Schroeter, F. (2018). 12 Afterword. En Introduction to Quantum Mechanics. (3a ed.). Cambridge University Press.*
- *Sakurai, J., Napolitano, J. (2021). 3 Theory of Angular Momentum. En Modern Quantum Mechanics. (3a ed.). Cambridge University Press.*
- *The Nobel Prize. (2022). Nobel Prize in Physics 2022. Recuperado de https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/summary/*
- *Tobar, G., Manikandan, S., Beitel, T., & Pikovski, I. (2024). Detecting single gravitons with quantum sensing. Nature Communications, 15. https://doi.org/10.1038/s41467-024-51420-8*
- *Todo Hogar. (13 de septiembre de 2022). Jornada de Mecánica Cuántica [Imagen adjunta]. Facebook Recuperado de https://www.facebook.com/photo.php?fbid=5463581543727055&id=229020667183195&set=a.329337040484890*
- *Zettili, N. (2009a). Chapter 1. Origins of Quantum Physics. En Quantum Mechanics. Concepts and Applications. John Wiley & Sons.*
- *Zettili, N. (2009b). Chapter 2. Mathematical Tools of Quantum Mechanics. En Quantum Mechanics. Concepts and Applications. John Wiley & Sons.*