

Avance y Perspectiva

Revista de divulgación del CINVESTAV

Premio Nobel de Física 2022

Karina Galache · Saturday, October 15th, 2022

Categorías: [Ciencia en el Mundo](#)

La mañana del 4 de mayo de 1935, hojeando la versión sabatina del New York Times (NYT), Albert Einstein se atraganta con su café y tose repetidamente cuando llega a la página 11. “Estos periodistas del escándalo”, dice tan pronto recupera el aliento. Repasa una y otra vez el título de la nota que ha llamado su atención, «EINSTEIN ATACA A LA TEORÍA CUÁNTICA». Sin comprender la frase, su sorpresa es aún mayor con los subtítulos: «El Científico y Dos Colegas Encuentran Que Dicha Teoría, Aunque Correcta, Es Incompleta». Einstein frunce el entrecejo, “¿dos colegas?”, y sigue leyendo: «PREVEE UNA TEORÍA MÁS COMPLETA». Sonríe maliciosamente mientras piensa, “bueno, esa perspectiva sí es mía”, y sus ojos se entrecierran con el subtítulo final: «Cree que una Descripción Completa de ‘la Realidad Física’ Será Proporcionada Eventualmente» ... “ja, esto si es una novedad”.

Los historiadores concuerdan con que fue uno de los “dos colegas” de Einstein quien dirigió la nota al NYT, sin consultarlo en su contenido ni en el envío de ésta al periódico. El otro de los “dos colegas” tampoco fue informado al respecto. El intrépido autor del comunicado era un físico de origen ruso, Boris Podolsky, quien disfrutaba de una estancia académica en Princeton. El otro “colega” era Nathan Rosen, un físico israelí, codescubridor del puente de Einstein-Rosen (mejor conocido como agujero de gusano). Estos tres nombres estaban vinculados con un artículo científico que todavía no salía a la luz, pero que fomentaría discusiones acaloradas con respecto a los fundamentos de la teoría cuántica descubierta por Werner Heisenberg en 1925.

El artículo en cuestión se titula “¿Puede Considerarse Completa la Descripción Mecánico-Cuántica de la Realidad Física?”, firmado por Einstein, Podolsky y Rosen (EPR), en ese orden. Con respecto a la autoría de este controversial trabajo, con los años, Podolsky reconocería haber agregado el nombre de Einstein sin consultarle (ver, por ejemplo, Louisa Gilder, *The Age of Entanglement*, Knopf, Nueva York, 2008). El artículo fue recibido por la revista científica *Physical Review* el 25 de marzo, y publicado el 15 de mayo, 11 días después de la nota del NYT.

A lo largo del artículo de EPR se dan argumentos que contraponen las predicciones de la teoría cuántica, con uno de los principios de la teoría especial de la relatividad descubierta por Einstein en 1905. De acuerdo con ésta, no existe señal que se propague con una rapidez superior a la de la luz en el vacío, por lo que cualquier comunicación entre dos puntos distantes espacialmente, demora en llegar al receptor toda vez que es generada por el emisor. A más distancia, mayor es la demora. En el artículo se propone un experimento donde un par de partículas (sistemas cuánticos)

son usadas para predecir las propiedades de una midiendo las propiedades de la otra. Es decir, una vez que se hacen mediciones en la segunda partícula, se anticipan con precisión absoluta las propiedades de la primera partícula sin necesidad de hacer medición alguna sobre ella. Esto, de acuerdo con el contenido del artículo, no se ajusta al principio de relatividad especial porque requeriría la emisión de una señal desde la posición de la segunda partícula a la posición de la primera, lo que implicaría un retraso en los resultados que no es detectado si se miden las propiedades de las dos partículas de forma simultánea. El artículo concluye argumentando que la teoría cuántica es incompleta porque (parece) no explica(r) completamente este fenómeno.



Las primeras reacciones al artículo de EPR sirvieron de caldo de cultivo para motivar la idea de que hay variables de los sistemas cuánticos que nos son negadas por la naturaleza, pero que justifican un resultado como el del experimento antes mencionado. Muy pronto se hicieron diferentes formulaciones de variables ocultas que apostaban a “completar” la teoría cuántica.

Como resultado de la polémica generada por Podolsky y su nota en el NYT, buscando marcar distancia con el intrépido ruso e intentando aclarar su personal punto de vista al respecto, Einstein se comunicó epistolariamente con varios de sus colegas y amigos. Entre ellos, el descubridor de la formulación ondulatoria de la mecánica cuántica, Erwin Schrödinger, fue particularmente receptivo. El intercambio de ideas permitió que Schrödinger se percatara del error que cometió al considerar las soluciones de su famosa ecuación como indistinguibles del sistema cuántico con el que se les asocia. Como resultado, publicó, también en 1935, un artículo muy extenso donde da cuenta de ello y acuña el término “entrelazamiento” (del inglés entanglement, a su vez una interpretación de la palabra alemana verschränkung). Con este término Schrödinger interpreta lo que ocurre con nuestro conocimiento acerca de dos sistemas cuánticos de los que sabemos todo y que, después de interactuar, son separados. Para subsanar el error en su interpretación, Schrödinger propone adjudicar la solución de la ecuación que lleva su nombre a un sistema tan macroscópico (no-cuántico) como un gato, e idea un experimento donde, antes de hacer cualquier medición, la teoría cuántica implicaría la existencia de un gato zombie, un gato que no está vivo ni muerto (el famoso gato de Schrödinger). Con esto, Schrödinger se burla humorísticamente de sí mismo y muestra lo “absurdo” que resulta confundir las soluciones de su ecuación con los sistemas que estas describen.

No obstante, como ocurre con la mayoría de los padres fundadores de la teoría cuántica, incluso cuando Schrödinger se equivoca tiene aciertos (actualmente generamos “gatos de Schrödinger” y una vasta fauna de gatitos cuánticos con mucha facilidad en el laboratorio). Muy pronto, el concepto del entrelazamiento cuántico se fue adueñando de las discusiones sobre los principios fundamentales de la teoría. Se propusieron experimentos para verificar su existencia en la naturaleza y la forma en la que podrían usarse para zanjar discusiones como la generada por el artículo de EPR.

Hace unos días, el 4 de octubre, la Real Academia Sueca de Ciencias decidió otorgar el Premio Nobel de Física 2022 a Alain Aspect, John F. Clauser y Anton Zeilinger por “los experimentos con fotones entrelazados, el establecimiento de la violación de las desigualdades de Bell y el trabajo pionero en la ciencia de la información cuántica”.



Se trata de uno de los anuncios más esperados desde hace décadas en el ámbito de la física contemporánea.

Las aportaciones de cada uno de estos tres galardonados son tan importantes que cada uno de ellos merecería la distinción, pero el mundo real (no cuántico) de la Academia Sueca de Ciencias los entrelazó como un sistema tripartito que no puede ser separado, aunque ellos se encuentren en distintos puntos del planeta y su trabajo individual represente un avance sustancial en el entendimiento de la teoría cuántica y de sus aplicaciones.

Entre las contribuciones de estos artistas del entrelazamiento cuántico se encuentra la verificación experimental de la formulación teórica de un físico irlandés que zanjaría la polémica EPR, John Stewart Bell (1928-1990). Bell siempre estuvo fascinado por la teoría cuántica, con grandes inclinaciones por las formulaciones de variables ocultas.

En gran medida, las discusiones generadas por la teoría EPR no llegaban a buen puerto porque tanto la mecánica cuántica como las formulaciones de variables ocultas predecían exactamente los mismos resultados, con lo que parecía no haber algo que distinguiera a una de las otras. Sin embargo, en 1964, Bell se percató de que existen circunstancias muy específicas en las que surgen discrepancias entre la mecánica cuántica y las variables ocultas. Mucho más importante, aunque esas discrepancias surgen teóricamente y se escriben en forma de desigualdades matemáticas, Bell visualizó que sus implicaciones físicas podrían observarse en el laboratorio.

Muy pronto, en 1972, John Clauser reporta un primer experimento orientado a verificar las predicciones de Bell. Para su experimento, Clauser usó la correlación (entrelazamiento) que se produce en la polarización de los fotones generados cuando un átomo de calcio transita de un estado energético excitado a uno menos excitado. Así, las formulaciones locales de variables ocultas (aquellas que satisfacen el principio de relatividad) sufrieron un descalabro. Sus resultados no fueron concluyentes porque no omitieron fehacientemente la posible comunicación entre los fotones.

Buscando mejorar el experimento de Clauser, en 1982 Alain Aspect reporta el uso de analizadores para modular temporalmente la posible comunicación entre fotones. Sin embargo, los resultados de Aspect tampoco fueron concluyentes porque el arreglo experimental implicaba distancias muy cortas entre los fotones, por lo que tampoco se pudo impedir de forma fidedigna la comunicación entre ellos. En la conclusión, lo mismo que con Clauser, las formulaciones locales de variables ocultas no parecen ajustarse a los resultados experimentales.

Anton Zeilinger aparece al rescate en 1998. Junto con su equipo, Zeilinger consigue producir entrelazamiento en la polarización de fotones que se propagan de forma tal que nunca interactúan (no hay intercambio de señales) entre ellos. Con estos resultados no solo se verifica la validez de la argumentación de Bell para discernir entre la mecánica cuántica y las formulaciones de variables ocultas (quedando la mecánica cuántica como la legítima descripción de la naturaleza), sino que se coloca al entrelazamiento como una propiedad fundamental de la naturaleza que se manifiesta principalmente en el mundo cuántico.

Las aplicaciones tecnológicas del entrelazamiento cuántico son abundantes, abarcan entre otras,

comunicaciones, manejo y transferencia de información, teleportación, fotónica y espintrónica.

NOTA: Las frases en la entrada de este artículo son traducción directa del texto publicado en el NYT. El uso de mayúsculas corresponde al texto original, con el objetivo de preservar el tono de la nota periodística. El texto es como sigue: EINSTEIN ATTACKS QUANTUM THEORY// Scientist and Two Colleagues Find It Is Not `Complete' Even Though `Correct'// SEE FULLER ONE POSSIBLE// Believe a Whole Description of `the Physical Reality' Can Be Provided Eventually.

This entry was posted on Saturday, October 15th, 2022 at 9:06 pm and is filed under [Ciencia en el Mundo](#)

You can follow any responses to this entry through the [Comments \(RSS\)](#) feed. Both comments and pings are currently closed.