LITORALPRESS

Fecha: 30-12-2022
Medio: Revista Mensaje
Supl. : Revista Mensaje
Tipo: Actualidad
Título: El universo y sus dados

Pág. : 45
Cm2: 535,6
VPE: $ 661.418

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

El universo y sus dados

Los galardonados con el Premio Nobel de Física 2022 han contribuido a que hoy podamos reconocer que la mecánica cuántica es una realidad insoslayable. Y que se abran opciones para la construcción de computadores con capacidades superlativas.

Andrés Gomberoff
Vicerrector de Vinculación con el Medio, Extensión y Comunicaciones
Universidad Mayor.

La mecánica cuántica constituye el conjunto de ideas más extrañas y exitosas que el intelecto humano haya producido jamás. Es una teoría que describe los fenómenos moleculares, atómicos y subatómicos con una precisión sublime. Da cuenta de las propiedades de los distintos átomos, explicando la estructura de la tabla periódica. Permite comprender el modo en que los átomos se unen para formar moléculas. Explica el magnetismo, la conductividad eléctrica y las propiedades de todas las partículas subatómicas conocidas tales como electrones, fotones y quarks. Da cuenta de los transistores, del brillo de las estrellas y del color del oro. Todo esto, con una precisión cuantitativa jamás alcanzada antes por ninguna teoría científica.

A pesar de todo esto, Richard Feynman, uno de los físicos más profundos y carismáticos de la segunda mitad del siglo XX decía: «Nadie entiende la mecánica cuántica». Feynman ganó el premio Nobel en 1965 junto a Julian Shwinger y Shin'ichirō Tomonaga por sus contribuciones a la electrodinámica cuántica, la teoría que describe, haciendo uso de la mecánica cuántica, la interacción entre la luz y la materia. Feynman, además, desarrolló una ingeniosa nueva formulación de esta teoría, que es utilizada hasta nuestros días en las aplicaciones a la física de partículas elementales. Entonces, ¿cómo pudo decir que nadie entendía la mecánica cuántica? ¿Acaso él no la entendía? ¿Cómo pudo entonces trabajar en ella con tanto éxito?

Nociones desde hace cien años

Lo que sucede es que nunca una idea humana ha mostrado tan nítidamente la distinción entre entender algo y utilizarlo. Por supuesto, no es necesario entender el funcionamiento de un refrigerador para manejarlo con gran destreza, pero con las teorías científicas es distinto. La ciencia se trata, precisamente, de comprender la naturaleza, de paliar nuestra curiosidad ante los fenómenos naturales, de entrar con comodidad en las entrañas de la materia y el cosmos. Cien años ya han pasado desde que Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger y Max Born formularon la versión de la mecánica cuántica que aún utilizamos y la incomodidad que sentimos no ha cambiado ni un ápice.

LITORALPRESS

Fecha: 30-12-2022
Medio: Revista Mensaje
Supl. : Revista Mensaje
Tipo: Actualidad
Título: El universo y sus dados

Pág. : 46
Cm2: 473,8
VPE: $ 585.123

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

Probablemente, nadie entendió tan bien la mecánica cuántica como Richard Feynman. Quizás por eso mismo, nadie como él podía darse cuenta con tanta claridad de sus misterios y sus obstáculos conceptuales. Sin ir más lejos, Albert Einstein, el gran titán de la física teórica del siglo pasado, murió con la seguridad de que esta era una teoría transitoria, que sería eventualmente sustituida por otra que diera cuenta de los mismos fenómenos, pero sin sus dificultades conceptuales. Einstein fue uno de los que inauguró, al introducir la partícula de luz en 1905, la aventura cuántica. Sus legendarias discusiones con Neils Bohr, otro de los fundadores de la mecánica cuántica, y sus críticas a algunos aspectos de la teoría fueron un importante combustible que alimentó toda esa efervescencia intelectual que durante las primeras tres décadas del siglo XX empujaron el desarrollo de la mecánica cuántica.

Indeterminismo

La característica más insólita de la mecánica cuántica es su indeterminismo. Esto tuvo importantes consecuencias no solo en la física, sino que en la ciencia en general e, incluso, en la filosofía. Para entenderlo, imaginemos una mesa de *pool*. Si conocemos en cierto instante la posición y velocidad de cada bola, podremos determinar todo el movimiento subsecuente; es decir, conocer la velocidad y posición de cada bola en cualquier instante, pasado o futuro. Esto es lo que llamamos determinismo. Por supuesto, debido a la complejidad del sistema, en la práctica solo podremos hacer predicciones de manera aproximada. Pero estas aproximaciones estarán cada vez más cerca de la realidad en la medida que tomemos más variables en consideración (rotación de las bolas, fricción con el aire y con el paño, imperfecciones de la mesa y de las bolas), que midamos las variables con mayor precisión y que aumentemos el poder de cálculo utilizando computadores cada vez más poderosos.

En la visión precuántica, los límites en la predictibilidad que podíamos conseguir para la evolución de un sistema solo tenían relación con nuestros propios límites: con nuestra torpeza, con la imperfección de nuestras teoría e instrumentos, pero nunca con alguna propiedad fundamental de la naturaleza. La mecánica cuántica acabó con eso definitivamente. El universo dejó de ser predecible en un nivel fundamental. Entraron las probabilidades como protagonistas esenciales de la naturaleza.

El observador como protagonista

Hasta el advenimiento de la cuántica, encontrar probabilidades en una teoría científica no era extraño, pero siempre tenía relación con nuestra ignorancia: solo podemos predecir la probabilidad de que llueva en dos días más, o aquella de contagiarnos de COVID-19 a pesar de estar vacunados. En el primer caso, porque no conocemos con suficiente precisión el estado de la atmósfera, y, aunque lo conociéramos, el poder de cómputo necesario para hacer una predicción infalible supera nuestras capacidades. En el segundo caso, porque no conocemos todas las variables que inciden en el contagio, ni el comportamiento que tendrá cada persona vacunada. Es la falta de conocimiento lo que nos lleva a estar conformes solo con probabilidades en estos casos. No una propiedad fundamental de la naturaleza, como es el caso de la mecánica cuántica parece demandar. Esto inquietaba tremendamente a Albert Einstein, cuestión que expresó en la famosa carta a Max Born en la que decía irónicamente que «Dios no juega a los dados».

Fue Max Born en 1926 el quien con su «regla de Born», introdujo oficialmente las probabilidades en la teoría. Veamos un ejemplo. Introducimos un electrón en una caja en cierto instante. Sabemos dónde lo pusimos inicialmente. Las leyes cuánticas no nos dicen dónde estará en un instante posterior. Solo nos informan sobre las probabilidades de encontrarlo en cada lugar de la caja. Estas probabilidades están contenidas en un objeto que llamamos «función de onda», introducida por Erwin Schrödinger en 1925. La evolución de esta función de onda es perfectamente determinista y satisface la llamada Ecuación de Schrödinger, análoga a las ecuaciones de Newton del mundo clásico. Pero, a diferencia del caso newtoniano, aquí, al momento de medir, el determinismo se rompe. Solo sabremos con certeza dónde está cuando en nuestra observación lo encontremos. Solo allí sabremos con certeza donde está. La teoría no puede predecirlo. El acto de medir nos lleva de una etérea función de onda, presente en todas partes de la caja a un estado de certeza en el que la función de onda se concentró en un solo punto: aquel en donde encontramos al electrón. Esto se conoce como el «colapso de la función de onda». Si a usted le parece todo esto muy extraño, está en buena compañía. Einstein y Feynman opinaban del mismo modo. Note que, en este contexto, el observador se transforma en protagonista. Todo es determinista, y evoluciona suavemente mientras no hagamos una medición. El acto de medir rompe con el determinismo y es allí donde la naturaleza arroja sus dados.

Un electrón en una caja

En 1935 Albert Einstein, Boris Podolsky y Nathan Rosen publican un artículo llamado «¿Puede la descripción mecánico-cuántica de la realidad física ser considerada completa?». Se trató de un golpe bajo la línea de flotación a la mecánica cuántica, que apuntaba como un láser a su característica más extraña.

Podemos simplificarlo de este modo: ponemos nuevamente un electrón en una caja. La cerramos, pero esta vez partimos la caja en dos

LITORALPRESS

Fecha: 30-12-2022
Medio: Revista Mensaje
Supl. : Revista Mensaje
Tipo: Actualidad
Título: El universo y sus dados

Pág. : 47
Cm2: 490,9
VPE: $ 606.229

Tiraje: Sin Datos
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: No Definida

mitades iguales. La función de onda está repartida entre las dos cajas, por lo que no es incorrecto afirmar que, mientras no hagamos una medición, el electrón está en ambas. Ahora tomemos una y la llevamos a una galaxia lejana, a millones de años luz de la tierra. Si abrimos la caja que quedó en la Tierra y encontramos al electrón, sabremos instantáneamente que la otra está vacía. Esto era difícil de creer para Einstein. Implicaba que la información habría viajado desde la tierra, millones de años luz, para informar a la segunda caja que debía estar vacía cuando fuese abierta, ya que ni la mecánica cuántica puede transformar un electrón en dos.

Para Einstein, esto era imposible porque la información no viaja instantáneamente. De hecho, fue él mismo quien demostró que nada puede viajar más rápido que la luz. En este caso, entonces, sean cuales sean los mecanismos que la mecánica cuántica usa para enviar información, esta debía demorar millones de años en alcanzar la caja lejana. De lo contrario, estaríamos en presencia de lo que Einstein llamaba la «fantasmagórica acción a distancia»: un objeto influyendo instantáneamente el comportamiento de otro desde la lejanía. Esto no era ajeno para él. Fue la razón que lo llevó a crear la relatividad general, su teoría de la gravedad que reemplazó a la de Isaac Newton. En esta última, la fuerza que el Sol ejerce sobre la Tierra se transmite instantáneamente. En la de Einstein, la acción gravitatoria se transmite a través del campo gravitacional. El espacio y el tiempo se curvan como una ola avanzando en el mar a la velocidad de la luz, evitando la acción a distancia.

La solución evidente al problema es que desde el instante en que cortamos las cajas el electrón ya sabía en qué mitad se quedaría. Es lo que sucede si en lugar de un electrón usted introduce un rodamiento. Si abro una caja y lo encuentro es porque siempre estuvo allí. Es solo que no lo sabíamos, porque la caja estaba cerrada. No es necesario enviar información intergaláctica. La información quedó establecida en el instante que partimos la caja: la bola quedó en una de las dos. En el contexto de la mecánica cuántica, esta «solución» a la paradoja de Einstein, Podolosky y Rosen se conoce como aquella de las «variables ocultas». Es decir, nuevamente las probabilidades estarían relacionadas a variables que no conocemos. A información a la que no tenemos acceso. Sin embargo, nunca se encontró una formulación adecuada de la mecánica cuántica que reemplazara las probabilidades intrínsecas por variables ocultas.

El secretario general de la Real Academia Sueca de Ciencias Hans Ellegren (al centro), Eva Olsson (izquierda) y Thors Hans Hansson (derecha), anuncian los ganadores del Premio Nobel de Física 2022 (de izquierda a derecha en la pantalla) Alain Aspect, John F. Clauser y Anton Zeilinger. Estocolmo, Suecia, el 4 de octubre de 2022.

En 1964 John Bell encontró una forma de distinguir una teoría con variables ocultas de la mecánica cuántica usual. Las variables ocultas implicaban resultados estadísticos muy particulares, que no son respetados por la teoría cuántica. Esto permitiría confrontar las dos visiones en experimentos y concluir si los dados de la naturaleza eran reales o solo un artificio de variables ocultas que escapaban a nuestro escrutinio. El experimento era difícil, había que manipular partículas elementales, digamos fotones, individualmente. Algo imposible para la época.

Y ahora, el Premio Nobel

Pasaron ocho años hasta que, en abril de 1972, un artículo firmado por Stuart J. Freedman y John F. Clauser, conmocionó a la comunidad física. Hoy, cincuenta años después, el segundo recibió el premio Nobel. Freedman murió en 2012. El trabajo realizaba el experimento que todos esperaban. El resultado: no hay variables ocultas. El extraño mundo atómico que describe la mecánica cuántica es una realidad insoslayable. Fue además la prueba de que era posible manipular con precisión fotones individuales, dando el puntapié inicial a una carrera que hoy permite la construcción de «computadores cuánticos», máquinas basadas en las propiedades cuánticas de las partículas capaces de realizar cálculos con velocidades enormes.

Luego del trabajo de Freedman y Clauser , otros perfeccionaron las técnicas para asegurar que el resultado fuese inapelable. Primero, Alain Aspect y luego Anton Zeilinger pudieron hacer experimentos similares y llevar las técnicas de manipulación cuántica al campo de la ingeniería. Einstein, finalmente, estaba equivocado. Después de todo, la incomodidad de los físicos y filósofos no es problema del universo. Este sigue su camino, impávido. El universo es extraño para nosotros. Pero es parte de su belleza sublime. Su extrañeza es su belleza. También del poder que nos brinda para hacer de él un lugar mejor. Ⓜ