

53.- ¿Qué es el principio de incertidumbre de Heisenberg?

Antes de explicar la cuestión de la incertidumbre, empecemos por preguntar: ¿qué es la certidumbre? Cuando uno sabe algo de fijo y exactamente acerca de un objeto, tiene certidumbre sobre ese dato, sea cual fuere.

¿Y cómo llega uno a saber una cosa? De un modo o de otro, no hay más remedio que interaccionar con el objeto. Hay que pesarlo para averiguar su peso, golpearlo para ver cómo es de duro, o quizá simplemente mirarlo para ver dónde está. Pero grande o pequeña, tiene que haber interacción.

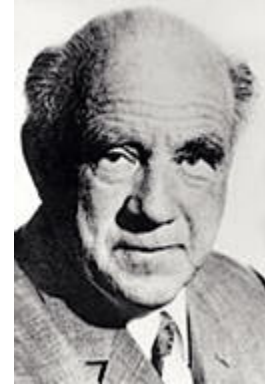
Pues bien, esta interacción introduce siempre algún cambio en la propiedad que estamos tratando de determinar. O digámoslo así: el aprender algo modifica ese algo por el mismo hecho de aprenderlo, de modo que, a fin de cuentas, no lo hemos aprendido exactamente.

Supongamos, por ejemplo, que queremos medir la temperatura del agua caliente de un baño. Metemos un termómetro y medimos la temperatura del agua. Pero el termómetro está frío, y su presencia en el agua la enfría una chispa. Lo que obtenemos sigue siendo una buena aproximación de la temperatura, pero no *exactamente* hasta la billonésima de grado. El termómetro ha modificado de manera casi imperceptible la temperatura que estaba midiendo.

O supongamos que queremos medir la presión de un neumático. Para ello utilizamos una especie de barrita que es empujada hacia afuera por una cierta cantidad del aire que antes estaba en el neumático. Pero el hecho que se escape este poco de aire significa que la presión ha disminuido un poco por el mismo acto de medirla.

¿Es posible inventar aparatos de medida tan diminutos, sensibles e indirectos que no introduzcan ningún cambio en la propiedad medida?

El físico alemán Werner Heisenberg¹ llegó, en 1927, a la conclusión que no. La pequeñez de un dispositivo de medida tiene un límite. Podría ser tan pequeño como una partícula



¹ Werner Karl Heisenberg (Wurzburg, Alemania, 5 de diciembre de 1901 - Munich, 1 de febrero de 1976). Físico alemán.

Inclinado desde joven por las matemáticas, y en menor medida por la física, intenta en 1920 empezar un doctorado en matemática pura, pero Ferdinand von Lindemann lo rechaza como alumno porque está próximo a jubilarse. Le recomienda hacer sus estudios de doctorado con el físico Arnold Sommerfeld como supervisor, quien lo acepta de buen grado. Tiene como compañero de estudios a Wolfgang Pauli.

Durante su primer año toma esencialmente cursos de matemática con la idea de pasarse a trabajar en teoría de números apenas tenga la oportunidad, pero de a poco empieza a interesarse por la física teórica. Intenta trabajar en la Teoría de la Relatividad de Einstein y Pauli le aconseja que se dedique a la Teoría Atómica en la que todavía había gran discrepancia entre teoría y experimento.

Obtiene su doctorado en 1923 y en seguida viaja a Gotinga, donde trabaja como asistente de Max Born. En 1924 viaja a Copenhague y conoce a Niels Bohr. En 1925, Heisenberg inventa la mecánica cuántica matricial. Lo que subyace en su aproximación al tema es un gran pragmatismo. En vez de concentrarse en la evolución de los

subatómica, pero no más. Podría utilizar tan sólo un cuanto de energía, pero no menos. Una sola partícula y un solo cuanto de energía son suficientes para introducir ciertos cambios. Y aunque nos limitemos a mirar una cosa para verla, la percibimos gracias a los fotones de luz que rebotan en el objeto, y eso introduce ya un cambio.

Tales cambios son hartito diminutos, y en la vida corriente de hecho los ignoramos; pero los cambios siguen estando ahí. E imaginemos lo que ocurre cuando los objetos que estarnos manejando son diminutos y cualquier cambio, por diminuto que sea, adquiere su importancia.

Si lo que queremos, por ejemplo, es determinar la posición de un electrón, tendríamos que hacer rebotar un cuanto de luz en él, o mejor un fotón de rayos gamma, para “verlo”. Y ese fotón, al chocar, desplazaría por completo al electrón.

Heisenberg logró demostrar que es imposible idear ningún método para determinar *exacta* y simultáneamente la posición y el momento de un objeto. Cuanto mayor es la precisión con que determinamos la posición, menor es la del momento, y viceversa. Heisenberg calculó la magnitud de esa inexactitud o “incertidumbre” de dichas propiedades, y ese es su “principio de incertidumbre”.

El principio implica una cierta “granulación” del universo. Si ampliamos una fotografía de un periódico, llega un momento en que lo único que vemos son pequeños granos o puntos y perdemos todo detalle. Lo mismo ocurre si miramos el universo demasiado cerca.

Hay quienes se sienten decepcionados por esta circunstancia y lo toman como una confesión de eterna ignorancia. Ni mucho menos. Lo que nos interesa saber es cómo funciona el universo, y el principio de incertidumbre es un factor clave de su funcionamiento. La granulación está ahí, y eso es todo. Heisenberg nos lo ha mostrado y los físicos se lo agradecen.

sistemas físicos de principio a fin, concentra sus esfuerzos en obtener información sabiendo el estado inicial y final del sistema, sin preocuparse demasiado por conocer en forma precisa lo ocurrido en el medio. Concibe la idea de agrupar la información en forma de cuadros de doble entrada. Fue Max Born quien se dio cuenta de que esa forma de trabajar ya había sido estudiada por los matemáticos y no era otra cosa que la teoría de matrices. Uno de los resultados más llamativos es que la multiplicación de matrices no es conmutativa, por lo que toda asociación de cantidades físicas con matrices tendrá que reflejar este hecho matemático. Esto lleva a Heisenberg a enunciar el Principio de Indeterminación. La teoría cuántica tiene un éxito enorme y logra explicar prácticamente todo el mundo microscópico. En 1932, poco antes de cumplir los 31 años, recibe el premio Nóbel de Física por *“La creación de la mecánica cuántica, cuyo uso ha conducido, entre otras cosas, al descubrimiento de las formas alotrópicas del hidrógeno”*.

En 1935 intenta reemplazar a Sommerfeld que se jubila como profesor en Munich, pero los nazis quieren eliminar toda teoría física “judaizante”, y en esa categoría entran la mecánica cuántica y la relatividad, cuyos referentes, Max Born y Albert Einstein son judíos, de manera que se impide su nombramiento.

A pesar de esto, en 1938, Heisenberg acepta dirigir el intento nazi por obtener un arma atómica. Durante muchos años subsistió la duda acerca de si este proyecto fracasó por impericia de parte de sus integrantes o porque Heisenberg y sus colaboradores se dieron cuenta de lo que Hitler podría haber hecho con una bomba atómica. Solamente muchos años después, en 1995, se supo que los cálculos alemanes estaban equivocados y que siempre tuvieron la intención de construir la bomba.