

ALBERT EINSTEIN: ACERCA DEL MÉTODO DE LA FÍSICA TEÓRICA

DISCURSO PRONUNCIADO CERCA DE 1930

Einstein, Albert (1985) *Mi visión del mundo*. Edición de Carl Seelig. Barcelona: Tusquets. Pp: 153-161

Se reproduce con fines estrictamente académicos

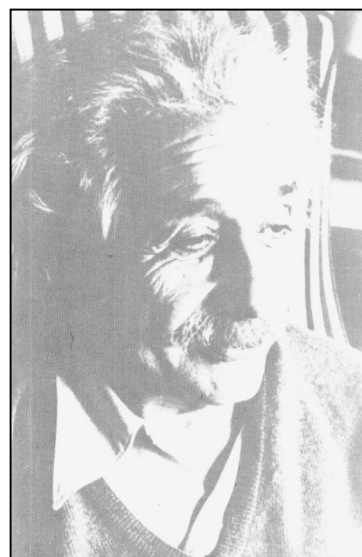
Si quieren aprender algo del método que utilizan los físicos teóricos, les aconsejo: no escuchen sus palabras, aténganse a sus realizaciones. Todo aquel que descubre algo en este campo cree que el producto de su fantasía es tan natural y necesario que lo considera un hecho real y no una imagen brotada del pensamiento. Y quiere que así sea para los demás.

Estas palabras parecen invitarlos a retirarse de la sala, pues dirán que soy un físico teórico, y que por tanto debería dejar a los teóricos del conocimiento la tarea de reflexionar sobre la estructura de la ciencia teórica.

Pero me defenderé asegurándoles que mi presencia en esta cátedra no se debe a un impulso pasional sino a una cordial invitación por parte de amigos que la han dedicado a la memoria de un hombre que trabajó toda su vida para unificar el conocimiento. Además, objetivamente, podría justificar mi presencia aquí preguntando: ¿no interesa saber qué piensa de su ciencia un hombre que ha tratado de perfeccionar y aclarar los fundamentos de ella durante toda su vida? Su manera de aprehender la evolución pasada y presente podría influir tremendamente en lo que espera del futuro, y por tanto en sus proyectos inmediatos. Pero tal es la suerte de quien se entrega con pasión al mundo de las ideas. Lo mismo pasa con el historiador, que agrupa los hechos, aún inconscientemente, en base a unos ideales subjetivos que la sociedad humana le sugiere.

Hoy analizaremos en forma superficial el desarrollo del sistema teórico y el conjunto de los hechos experimentales. Se trata del eterno antagonismo entre las dos componentes indivisibles de nuestro conocimiento: empirismo y razón.

Admiramos a Grecia por ser cuna de la ciencia occidental. Allí se creó por primera vez un sistema lógico, cuyas proposiciones se deducían unas de las otras con tanta exactitud que cada demostración no dejaba lugar a duda alguna. Esta maravillosa hazaña de la razón, la geometría de Euclides, dio confianza al hombre para sus realizaciones posteriores. Quien se haya entusiasmado en la juventud por esta obra no nació para convertirse en investigador teórico.



Pero para alcanzar una ciencia que describa la realidad se necesita de un segundo conocimiento básico, que hasta Kepler y Galileo había sido ignorado por los filósofos. A través del razonamiento lógico no podemos alcanzar conocimiento ninguno sobre el mundo de la experiencia; todo el saber de la realidad nace de la experiencia y desemboca en ella. Las leyes encontradas mediante el uso de la lógica no tienen ningún contenido con respecto a lo real. Gracias a este descubrimiento empírico, y sobre todo a que luchó violentamente por imponerlo, Galileo se convirtió en el padre de la física moderna e incluso de todas las ciencias de la naturaleza.

Pero si la experiencia inicia, describe y propone una síntesis de la realidad, ¿cuál es el papel de la razón en la Ciencia?

Un sistema completo de física teórica está formado por un conjunto de conceptos, de leyes fundamentales aplicables a dichos conceptos y de las proposiciones lógicas que pueden deducirse normalmente de ellas. Estos corolarios en los que se ejerce la deducción responden exactamente a nuestras experiencias individuales; tal es la razón profunda por la que, en un libro teórico, la deducción representa casi toda la obra.

En realidad esto es exactamente lo que ocurre en la geometría euclidiana, sólo que en ella las leyes fundamentales se llaman axiomas y que las proposiciones a deducir no se fundamentan en las experiencias comunes. Pero si concebimos la geometría euclidiana como la teoría de las posibilidades de situación de los cuerpos prácticamente rígidos, es decir, interpretándose como una ciencia física sin suprimir su contenido empírico originario, entonces la identidad lógica entre geometría y física teórica es evidente.

Así hemos asignado a la razón y a la experiencia su lugar dentro del sistema de la física teórica. La razón constituye la estructura del sistema: el contenido experimental y sus mutuas dependencias encontrarán su demostración a través de las proposiciones deductivas. En la posibilidad de una demostración de este tipo se basan el valor y la comprobación de todo el sistema y en particular de las leyes fundamentales y los conceptos en los que está basado. Por otra parte, -los conceptos y las leyes fundamentales son invenciones libres del intelecto humano que no pueden ser comprobadas a priori ni por la naturaleza del intelecto humano ni de cualquier otro modo.

Los conceptos y leyes fundamentales ya no reductibles configuran la parte inevitable de teoría que la razón no puede comprender. El objeto principal de toda teoría es simplificar y reducir al máximo esos elementos fundamentales e irreductibles sin tener que desprenderse de la demostración correspondiente a cualquier contenido experimental.

La concepción que aquí se ha expuesto acerca del carácter puramente ficticio de las bases de la teoría aún no era mayoritaria en los siglos XVIII y XIX. Sin embargo cada vez gana más terreno debido a que el distanciamiento entre los conceptos y las leyes fundamentales por un lado, y las consecuencias que podemos comprobar mediante la experiencia por el otro, se hace cada vez más pequeño a medida que la construcción lógica se hace más homogénea, es decir, cada vez podemos hacer descansar dicha construcción en menos elementos lógicos, conceptualmente independientes entre sí.

Newton, primer creador de un sistema amplio y eficiente de la física teórica, no duda que los conceptos y las leyes fundamentales de su sistema resultan directamente de la

experiencia. Creo que es en este sentido en el que debe interpretarse su principio hypothesis non jingo.

De hecho, las nociones de espacio y tiempo no parecían presentar entonces problema alguno. Los conceptos de masa, inercia y fuerza, y sus relaciones directamente determinadas por la ley parecían derivar directamente de la experiencia. Una vez aceptada esta base, la expresión «fuerza de gravitación» por ejemplo se deduce de la experiencia y habría que esperar que así ocurriese con las demás fuerzas.

De todas maneras, de la formulación de Newton se desprende que el concepto de espacio absoluto le preocupaba. Era consciente del hecho de que este último concepto no parecía responder a nada relacionado con la experiencia. También le desagradaba la introducción de las fuerzas distantes. Pero el increíble éxito práctico de su teoría les impidió, a él y a los físicos de los siglos xvii y xix, reconocer el carácter ficticio de los fundamentos de su sistema.

Los investigadores de la naturaleza de aquella época creían que los conceptos y leyes fundamentales de la física no eran libres invenciones del pensamiento humano, sino que por abstracción podían deducirse de las experiencias, es decir, ser encontradas por un camino lógico. La revelación de la inexactitud de esta concepción fue llevada a cabo en realidad por la teoría de la relatividad general. Pues ésta mostraba que basándose en un fundamento que difería notablemente de los de Newton, se podían justificar los hechos de la realidad de una manera incluso más satisfactoria y global que la permitida por los fundamentos de Newton. Pero aparte de la posible superioridad, el carácter ficticio de los fundamentos se hace evidente al existir dos fundamentos intrínsecamente diferentes que concuerdan con la experiencia. Con esto también se demuestra que todo intento de deducir los conceptos y leyes fundamentales de la mecánica a partir de experiencias elementales está condenado al fracaso.

Pero si es verdad que la base axiomática no puede obtenerse de la experiencia, ¿es posible aspirar al hallazgo del recto camino? Aún más: ¿no existirá ese recto camino sólo como ilusión? ¿Podemos creer que la experiencia nos guía correctamente, cuando existen teorías como la mecánica clásica que concuerdan con ella sin comprender los hechos en toda su profundidad? A esto respondo que, según mi opinión, sí existe el recto camino, y que además lo podemos encontrar.

Según nuestra experiencia estamos autorizados a pensar que la Naturaleza es la realización de lo matemáticamente más simple. Creo que a través de una construcción matemática pura es posible hallar los conceptos y las relaciones que iluminen una comprensión de la Naturaleza. Los conceptos usables matemáticamente pueden estar próximos a la experiencia, pero en ningún caso pueden deducirse de ella. Está claro que -la experiencia es el único criterio que tiene la Física para determinar la utilidad de una construcción matemática. Pero el principio creativo se encuentra en realidad en la matemática. De algún modo creo que es cierto que a través del pensamiento puede comprenderse la realidad, tal como lo soñaron los antiguos.

Para justificar esta confianza tengo que hacer uso de conceptos matemáticos: el mundo físico está formado por un continuo tetradimensional. Si introduzco en éste la métrica de

Rieman y pregunto cuáles son las leyes más simples que satisfacen a dicha métrica, llego a la teoría de la gravitación relativista del espacio vacío.

Una vez alcanzado este punto, aún falta una teoría para las partes del espacio en las que no desaparezca la densidad eléctrica. Louis de Broglie adivinó la existencia de un campo ondulatorio que se podía aplicar para explicar determinadas propiedades cuánticas de la materia. Dirac encontró en los semivectores una nueva magnitud de campo, cuyas ecuaciones más simples permitían explicar las propiedades de los electrones. Por último, junto con mi colaborador, Dr. Walter Mayer, descubrí que estos semivectores eran un caso especial de una nueva clase de campo relacionado matemáticamente con el campo tetradimensional. Las ecuaciones más sencillas a que podían someterse los semivectores nos dan la clase de la existencia de dos partículas elementales de diferente masa e igual carga, pero de signo opuesto.

En un continuo métrico de cuatro dimensiones pueden existir estos semivectores, que aparte de los vectores, son los entes matemáticos más sencillos capaces de formar un campo. Creo que describen, sin lugar a dudas, las propiedades de las partículas elementales con carga eléctrica.

Para nuestra concepción es esencial que todas estas imágenes y sus relaciones sigan el principio de buscar los conceptos matemáticos más simples. En la delimitación de los campos y ecuaciones sencillas que puedan existir matemáticamente, descansa la esperanza del teórico de comprender lo real en toda su profundidad.

El punto más difícil de esta teoría de campos está en la comprensión de la estructura atómica de la materia y de la energía. La teoría no es atómica en sus fundamentos, pues en definitiva opera con funciones continuas del espacio, al contrario de la mecánica clásica, cuyo elemento principal, el punto material, responde a la estructura atómica de la materia.

La teoría cuántica moderna en la forma caracterizada por de Broglie, Schrodinger y Dirac, que opera con funciones continuas, ha superado esta dificultad mediante una interpretación atrevida, formulada en primer lugar por Max Born: las funciones espaciales que aparecen en las ecuaciones no pretenden ser un modelo matemático de la imagen atómica. Tales funciones sólo han de determinar el cálculo de las posibilidades de aquellas imágenes en el caso de una medición en un lugar determinado.

Esta interpretación es lógicamente irreprochable y logra éxitos significativos. Pero por desgracia necesita hacer uso de un continuo cuya cifra dimensional (cuatro) ya no es el de la física existente hasta ahora, sino que crece ilimitadamente según el sistema considerado. No puedo evitar el pronosticar a esta interpretación un significado efímero. Aún creo en la posibilidad de un modelo de la realidad, esto es, de una teoría que describa las cosas en sí y no sólo la posibilidad de su aparición.

Por otra parte, creo que tendremos que abandonar la idea de un modelo teórico que describa la localización completa de las partículas. Este me parece ser el resultado definitivo del principio de incertidumbre de Heisenberg. Pero se puede pensar en sentido intrínseco (no sólo en base a una interpretación) en una teoría atómica sin localización de las partículas en el modelo matemático. Para concordar, por ejemplo, con el carácter atómico de la electricidad, las ecuaciones del campo han de llevarnos a las siguientes conclusiones:

una región del espacio en cuya frontera desaparezca la densidad eléctrica contiene siempre una carga eléctrica total no nula. Por lo tanto en una teoría del continuo se podría expresar satisfactoriamente el carácter atómico de las leyes integrales, sin determinar la localización de los elementos estipulados en la estructura atómica.

Sólo cuando se encontrara una descripción de este tipo de la estructura atómica, consideraría que se ha resuelto el enigma cuántico.