

Qué es una teoría física

*Félix Redondo Quintela, Roberto C. Redondo Melchor y Norberto Redondo Melchor.
Universidad de Salamanca
18 de abril de 2014*

Desde siempre la Humanidad ha tratado de conocer el mundo, de explicarlo, de entender su funcionamiento. Y se ha preguntado sobre el alcance de ese conocimiento, se ha preguntado sobre el grado de exactitud de su saber sobre el mundo.

Desde que en el siglo XVII tomó cuerpo la forma matemática de conocer, que dio lugar a la creación de teorías físicas, la Humanidad se ha preguntado hasta qué punto alcanzamos con ellas el conocimiento del mundo.

Al principio parecía que ese método mostraba con exactitud cómo funcionaba el mundo, al menos aquellas partes de él que se habían dejado penetrar por esa forma de conocimiento. Pero, a medida que avanzaba el saber, fue cambiando la valoración de la exactitud que se conseguía.

En la actualidad la ingeniería usa la certeza de las teorías físicas para cosas útiles. Pero solo a veces se medita en la dimensión de su certidumbre, en el grado de exactitud de las teorías físicas. Se tiende a seguir pensando en ellas como la descripción exacta del mundo. Se cuenta que el átomo tiene un núcleo formado por protones y neutrones, con electrones que dan vueltas a su alrededor. Aunque se describen otras imágenes del átomo, como la que utiliza orbitales, lo que se enseña suele conducir a pensar que se está conociendo la realidad precisa, la realidad exacta. El resultado suele ser que identificamos Física y realidad cierta.

Este es un artículo de reflexión sobre la dimensión de la certeza de las teorías físicas, sobre el grado de conocimiento que las teorías físicas nos ofrecen de lo real.

Retrato

Retrato de un personaje es la relación de sus caracteres. En mayor o menor grado, toda novela es un retrato. Primero el autor crea el personaje, lo inventa, le da nombre, y después va desgranando sus rasgos de acuerdo con la definición inicial con la que lo creó. Por eso, los autores suelen decir que, una vez creados los personajes de una novela, son ellos, los personajes, los que la escriben, pues se comportan como son, de acuerdo con el diseño que les confirió el autor al crearlos. Es el autor, desde luego, el que va tratando de hacer que el personaje se comporte de acuerdo a lo que es, de acuerdo a como lo definió. Por eso, la mayor o menor congruencia de lo que el autor obliga a hacer o decir a un personaje, con la personalidad con la que lo creó, con su definición, se toma como índice de calidad de la novela.

Teoría matemática

Una teoría matemática es como un retrato de novela. Sus personajes son objetos inventados. Pueden tener parecidos con cosas reales; pero es su definición la que los crea. Por ejemplo, *relación binaria en un conjunto es cualquier conjunto de pares ordenados cuyas componentes son elementos de ese conjunto*. Esa definición crea el objeto, el personaje, el *concepto* que se llama *relación binaria en un conjunto*. Una vez creado, definido el concepto, han de deducirse sus propiedades. La definición y esas propiedades constituyen *la teoría de las relaciones binarias en un conjunto*, constituyen el retrato de esas relaciones. Pero, para que ese retrato sea una teoría matemática, las propiedades de las relaciones binarias en un conjunto, que son las características del personaje, su comportamiento, deben obtenerse exclusivamente por deducciones matemáticas a partir solo de la definición.

Esta es la gran diferencia entre una teoría matemática y el retrato de una novela: que toda propiedad de un objeto deducida matemáticamente es verdadera, pues consiste solo en poner de forma más explícita, más visible, lo ya contenido en la definición del objeto. Por eso lo que se demuestra con deducciones matemáticas a partir de una definición son propiedades ciertas del objeto definido. Tan ciertas, que pueden ser deducidas por autores distintos de los que definieron los personajes, de los que crearon los conceptos, de los que comenzaron a escribir la novela. Y si el autor inicial de la teoría o cualquier otro posterior se equivoca en una deducción matemática, otros pueden darse cuenta del error y corregirlo.

Esta es otra diferencia importante entre una novela y una teoría matemática. Con los mismos personajes, diferentes autores crearían novelas distintas; y podrían discutir indefinidamente sobre si los personajes se comportarían o no como cada cual opinara, sin llegar a resultados concluyentes. Pero, de cada propiedad correctamente deducida matemáticamente puede decirse siempre con absoluta seguridad que es cierta, que es propiedad del objeto del que se deduce, cualquiera que sea quien la deduce.

En las novelas puede haber varios personajes. Entonces, además de hacer el retrato de cada personaje, suelen describirse relaciones entre ellos. El autor puede hacer que esas relaciones creen otros objetos, otros personajes complejos, como parejas, matrimonios, familias, equipos, empresas, sociedades..., cuyas propiedades y relaciones también forman parte de la novela. De la misma forma puede ocurrir en una teoría matemática. Podemos definir varios conceptos matemáticos y estudiar no solo las propiedades de cada uno, sino las de los objetos complejos que podemos crear con ellos. La definición de relación binaria en un conjunto, que nos sirve de ejemplo, utiliza conceptos anteriores a ella. Como mínimo los conceptos de *conjunto*, *elemento de un conjunto*, *par ordenado* y *componente de un par ordenado*.

Teoría física

Las teorías físicas son teorías matemáticas con un requisito añadido. Ese requisito es que los objetos cuyas propiedades constituyen una teoría física, los conceptos físicos, los personajes, se definen para que se parezcan a objetos reales en los aspectos que

interesen, que son los que la teoría quiere estudiar. Se hace así porque, en la medida en que se parezcan a objetos reales, las propiedades matemáticas de los objetos inventados, de los objetos creados por las definiciones, son propiedades de esos objetos reales.

Por ejemplo, el estudio de la gravitación empieza por definir masa puntual, que es cada primera componente de los pares (m_1, \vec{r}_1) y (m_2, \vec{r}_2) de la fórmula

$$\vec{F}_2 = G \frac{m_1 m_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|^3} (\vec{r}_1 - \vec{r}_2)$$

Las masas puntuales m_1 y m_2 son números reales positivos o nulos; \vec{r}_1 y \vec{r}_2 son elementos de R^3 (R es el cuerpo de los números reales) que se llaman vectores de posición de m_1 y m_2 respectivamente; G es la constante de gravitación; y \vec{F}_2 se llama fuerza que la masa m_1 ejerce en m_2 . La fórmula se llama *ley de Newton*.

La definición de masa puntual es inventada. Por lo que sabemos, ni siquiera hay masas puntuales, pues todas tienen volumen. Pero, también por lo que se ha observado, parece que las masas de volúmenes muy pequeños ejercen fuerzas unas sobre otras aproximadamente como indica la fórmula anterior, como cargas puntuales. Por eso esperamos que lo que deduzcamos de la definición de masa puntual pueda servirnos para averiguar fuerzas entre masas reales.

En cualquier caso, nada nos impide crear una teoría de las masas puntuales definidas, resulte esa teoría útil o no. La creación de esa teoría consiste en ir deduciendo propiedades a partir solo de la definición, a partir de la ley de Newton. Si lo que vamos deduciendo puede comprobarse en las masas reales, la teoría, la novela que nos inventamos, el retrato de las masas puntuales que vamos creando, y el de otras masas que vamos definiendo con ellas, es útil, nos permitirá predecir muchas propiedades que han de poder comprobarse en las masas reales. Y esto es justo lo que ha ocurrido. La *teoría gravitatoria* que se ha ido construyendo, que es como se llama la teoría contenida en la ley de Newton, junto a la mecánica clásica (fuerza igual a masa por aceleración) nos han servido, nos sirven para comprender y predecir el movimiento de las estrellas, de los planetas, de los satélites, para lanzar sondas exploratorias al espacio, y para más cosas que se le ocurrirán al lector.

Validez de una teoría física

Puede ocurrir que una teoría física tenga límites de validez. Incluso puede que no sirva para describir nada de la realidad, y en este caso se abandona, deja de ser una teoría física. Eso ha ocurrido, por ejemplo, con la teoría del fluido eléctrico de Franklin. Ha sido abandonada porque la teoría de las dos clases de electricidad, positiva y negativa, describe mejor la realidad que observamos.

La mecánica de Newton y su teoría gravitatoria han mostrado ser útiles para describir y predecir el movimiento de cuerpos si sus velocidades son mucho menores que la velocidad de la luz. Pero sus predicciones fallan para velocidades próximas a la de la luz

y para objetos de tamaños y distancias similares a los de las partículas subatómicas. Cuando ocurren fallos así se busca otra teoría que describa también esas situaciones. Hoy la teoría de la relatividad describe bien los movimientos de los cuerpos con velocidades próximas a la de la luz; y la mecánica cuántica el comportamiento de las partículas subatómicas y de sus componentes. Pero, para los problemas mecánicos ordinarios, la mecánica de Newton sigue siendo válida, y sigue, por eso, vigente.

Incluso hay teorías físicas que se crean sabiendo que su capacidad de descripción de los objetos a los que están dirigidas es limitada. Por ejemplo, los cuerpos eléctricamente no conductores se llaman *dieléctricos*. La teoría de los dieléctricos trata de describir y predecir su comportamiento. Para ello crea el concepto, el objeto, el personaje inventado, de *dipolo puntual*. Con él se trata de describir, desde el punto de vista electrostático, cada molécula de los dieléctricos imaginándola con cargas positivas y negativas separadas, imaginándola como dipolos. Y suponemos los dieléctricos como distribuciones de dipolos puntuales. Y la teoría que se crea está constituida por las propiedades de las distribuciones de dipolos puntuales, a las que creemos que pueden parecerse los dieléctricos. Como lo deducido se corresponde en muchos casos con el comportamiento de los dieléctricos, la teoría es útil para esos casos. Y es menos útil o nada útil para otros. Y, entonces, se crea otra teoría inventando otro personaje distinto. Por ejemplo, el cuadrupolo puntual, que imagina cada molécula como formada por cuatro cargas puntuales, dos positivas y dos negativas. Pero también se crean a veces variantes de la teoría inicial. Al final, lo que determina la vigencia de una teoría es su utilidad, su capacidad de predecir el comportamiento de lo que se pretende describir.

Y este es el grado de conocimiento del mundo que podemos esperar de las teorías físicas, el que podemos esperar utilizando los medios y capacidades de que el hombre dispone; que son la razón, la lógica, las matemáticas, la observación... No podemos decir, por tanto, que estamos descubriendo exactamente el mundo real, su funcionamiento, aunque es eso lo que pretendemos. Nunca podemos estar seguros de si realmente hemos llegado a la total descripción o no, incluso en aquellas partes de nuestro conocimiento que creemos más seguras. Porque nunca estamos del todo seguros de si nuestros personajes inventados, los conceptos físicos cuyas propiedades son las teorías físicas, se parecen exactamente a los objetos reales que queremos describir. Por eso ya muchos ni siquiera se hacen preguntas sobre la verdadera realidad. Les basta con saber hasta qué límites una teoría física describe la realidad que se percibe, hasta qué límites pueden utilizar una teoría física para predecir el comportamiento de la parte del mundo que pretenden conocer con ella.

Creación de una teoría física

Por tanto, una teoría física para describir un determinado aspecto de un sistema real se inicia con la observación del sistema. A partir de esa observación han de definirse objetos matemáticos y relaciones entre ellos que tengan las propiedades del sistema que nos interesan. Esas definiciones iniciales se llaman *axiomas* de la teoría, y cada objeto que crean *concepto físico*. Ir deduciendo propiedades matemáticas de los objetos creados por los axiomas es construir la teoría. Si se descubren propiedades que sean observables o medibles en el sistema real, puede comprobarse el grado de concordancia entre las propiedades deducidas y las observadas en el sistema real. El grado de

concordancia indica el grado de utilidad de la teoría, el grado en que los objetos definidos por los axiomas se aproximan al objeto real.

Por tanto, con el símil del retrato de una novela, los objetos creados por los axiomas son los personajes de una teoría física, que está constituida por los axiomas y por las propiedades de los objetos creados por esos axiomas, deducidas esas propiedades matemáticamente. Una teoría física resulta así el *retrato matemático* de los personajes creados por los axiomas.