

Física básica

Introducción

En este capítulo examinaremos las ideas más fundamentales que tenemos acerca de la física: la naturaleza de las cosas tal como las vemos actualmente. No discutiremos la historia de cómo sabemos que todas estas ideas son verdaderas; ustedes aprenderán estos detalles a su debido tiempo.

Las cosas que nos interesan en ciencia aparecen en múltiples formas y con muchos atributos. Por ejemplo, si estamos de pie en la costa y miramos el mar, vemos el agua, las olas que rompen, la espuma, el movimiento del agua, el sonido, el aire, los vientos y las nubes, el sol y el cielo azul, y la luz; hay arena y hay rocas de diversa dureza y permanencia, color y textura. Hay animales y algas, hambre y enfermedad, y el observador en la playa; incluso puede haber felicidad y pensamiento. Cualquier otro punto en la naturaleza presenta una variedad similar de cosas e influencias. Siempre hay la misma complejidad, independientemente de dónde esté. La curiosidad exige que planteemos preguntas, que tratemos de unir las cosas y de comprender esta multitud de aspectos como resultantes tal vez de la acción de un número relativamente pequeño de cosas y fuerzas elementales que actúan en una infinita variedad de combinaciones.

Por ejemplo: ¿es la arena distinta de las rocas? Es decir, ¿es la arena algo más que un gran número de piedras minúsculas? ¿Es la Luna una gran roca? Si entendiéramos las rocas, ¿entenderíamos también la arena y la Luna? ¿Es el viento un chapoteo del aire análogo al movimiento confuso y ruidoso del agua en el mar? ¿Qué características comunes hay en movimientos diferentes? ¿Qué es común a los diferentes tipos de sonidos? ¿Cuántos colores diferentes existen? Y así sucesivamente. De esta forma tratamos de analizar poco a poco todas las cosas, unir cosas que a primera vista parecen diferentes, con la esperanza de que podamos ser capaces de *reducir* el número de cosas *diferentes* y, por consiguiente, comprenderlas mejor.

Hace algunos cientos de años se concibió un método para encontrar respuestas parciales a tales preguntas. *Observación, razonamiento y experimento* constituyen lo que llamamos el *método científico*. Tendremos que limitarnos a una descripción desnuda de nuestra visión esencial de lo que a veces se denomina *física fundamental*, o las ideas fundamentales que han surgido de la aplicación del método científico.

¿Qué entendemos por «comprender» algo? Imaginemos que esta serie complicada de objetos en movimiento que constituyen «el mundo» es algo parecido a una gran partida de ajedrez jugada por los dioses, y que nosotros somos observadores del juego. Nosotros no sabemos cuáles son las reglas del juego; todo lo que se nos permite hacer es *observar* las jugadas. Por supuesto, si observamos durante el tiempo suficiente podríamos llegar a captar finalmente algunas de las reglas. *Las reglas del juego* son lo que entendemos por *física fundamental*. No obstante, quizá ni siquiera conociendo todas las reglas seríamos capaces de entender por qué se ha hecho un movimiento particular en el juego, por la sencilla razón de que es demasiado complicado y nuestras mentes son limitadas. Si ustedes juegan al ajedrez sabrán que es fácil aprender todas las reglas y, pese a todo, es a menudo muy difícil seleccionar el mejor movimiento o entender por qué un jugador ha hecho la jugada que ha hecho. Así sucede en la naturaleza, sólo que mucho más; pero al menos podemos ser capaces de encontrar todas las reglas. Realmente no tenemos ahora todas las reglas. (De tanto en tanto sucede algo, como un enroque; que aún no entendemos.) Aparte de no conocer todas las reglas, lo que realmente podemos explicar en términos de dichas reglas es muy limitado, porque casi todas las situaciones son tan enormemente complicadas que no podemos seguir las jugadas utilizando las reglas, y mucho menos decir lo que va a suceder a continuación. Debemos, por lo tanto, limitarnos a la cuestión más básica de las reglas del juego. Si conocemos las reglas, consideramos que «entendemos» el mundo.

¿Cómo podemos decir que las reglas del juego que «conjeturamos» son realmente correctas si no podemos analizar muy bien el juego? Hablando en términos generales, hay tres maneras de hacerlo. Primero, puede haber situaciones donde la naturaleza se las ha arreglado, o nosotros hemos arreglado a la naturaleza, para ser simple y tener tan pocas partes que podamos predecir exactamente lo que va a suceder, y en consecuencia podamos comprobar cómo trabajan nuestras reglas. (En una esquina del tablero puede haber sólo algunas piezas de ajedrez en acción, y eso lo podemos entender exactamente.)

Una buena segunda manera de comprobar las reglas es hacerlo a partir de reglas menos específicas derivadas de las primeras. Por ejemplo, la regla del movimiento de un alfil en un tablero de ajedrez consiste en que se mueve sólo en diagonal. Uno puede deducir, independientemente de cuántos movimientos puedan hacerse, que un alfil determinado estará siempre en una casilla blanca. De este modo, aun sin ser capaces de seguir todos los detalles, siempre podemos comprobar nuestra idea sobre el movimiento del alfil mirando si está siempre en una casilla blanca. Por supuesto, lo estará durante mucho tiempo, hasta que de repente encontramos que está en una casilla *negra* (lo que sucedió, por supuesto, es que mientras tanto el alfil fue capturado, y además un peón coronó y se convirtió en un alfil en una casilla negra). Eso mismo pasa en física. Durante mucho tiempo tendremos una regla que trabaja de forma excelente en general, incluso si no podemos seguir los detalles, y luego

podemos descubrir en algún momento una *nueva regla*. Desde el punto de vista de la física básica, los fenómenos más interesantes están por supuesto en los *nuevos* lugares, los lugares donde las reglas no funcionan, ¡no los lugares donde sí funcionan! Así es como descubrimos nuevas reglas.

La tercera manera de decir si nuestras ideas son correctas es relativamente burda pero probablemente es la más poderosa de todas ellas: *por aproximación*. Aunque quizá no seamos capaces de decir por qué Alekhine mueve *esta pieza concreta*, quizá podamos comprender *en un sentido muy amplio* que él está reuniendo sus piezas alrededor del rey para protegerlo, más o menos, puesto que es lo más razonable que se puede hacer en las circunstancias dadas. De la misma forma, a veces podemos entender la naturaleza, más o menos, sin ser capaces de ver qué está haciendo *cada pieza menor*, en términos de nuestra comprensión del juego.

Al principio, los fenómenos de la naturaleza fueron divididos de forma muy general en categorías como calor, electricidad, mecánica, magnetismo, propiedades de las sustancias, fenómenos químicos, luz u óptica, rayos X, física nuclear, gravitación, fenómenos mesónicos, etc. Sin embargo, el objetivo es ver *toda la naturaleza* como aspectos diferentes de *un conjunto* de fenómenos. Este es el problema con que se encuentra actualmente la física teórica básica: *encontrar las leyes que hay tras el experimento; amalgamar estas categorías*. Hasta ahora siempre hemos sido capaces de amalgamarlas, pero con el paso del tiempo se encuentran cosas nuevas. Estábamos amalgamando muy bien cuando, de repente, se descubrieron los rayos X. Luego amalgamamos algo más, y se descubrieron los mesones. Por lo tanto, en cualquier fase del juego, éste siempre parece bastante confuso. Se ha amalgamado mucho, pero siempre hay muchos cables o hilos sueltos en todas direcciones. Esta es la situación actual, que vamos a tratar de describir.

Algunos ejemplos históricos de amalgamación son los siguientes. Consideremos, en primer lugar, *el calor y la mecánica*. Cuando los átomos están en movimiento, cuanto mayor es el movimiento más calor contiene el sistema, y por ello *el calor y todos los efectos de la temperatura pueden ser representados por las leyes de la mecánica*. Otra amalgamación enorme fue el descubrimiento de la relación entre la electricidad, el magnetismo y la luz, que se mostraron como aspectos diferentes de un mismo objeto, que hoy llamamos el *campo electromagnético*. Otra amalgamación es la unificación de los fenómenos químicos, las diversas propiedades de las diversas sustancias y el comportamiento de las partículas atómicas, que se da en la *mecánica cuántica de la química*.

Por supuesto, la cuestión es: ¿será posible amalgamarlo *todo*, y descubrir simplemente que este mundo representa aspectos diferentes de *una cosa*? Nadie lo sabe. Todo lo que sabemos es que a medida que seguimos adelante descubrimos que podemos amalgamar piezas, y luego encontramos algunas piezas que no encajan con las otras y seguimos tratando de componer el rompecabezas. La cuestión de si hay o no un número finito de piezas, o incluso de si hay o no un límite para el rompecabezas, es, por supuesto, una incógnita. Nunca se sabrá hasta que terminemos el cuadro, si lo hacemos alguna vez. Lo que queremos hacer aquí es ver hasta qué punto se ha llegado en este proceso de unificación, y cuál es la situación actual en la comprensión de los fenómenos físicos en términos del menor conjunto de principios. Para expresarlo de un modo simple, *¿de qué están hechas las cosas y cuántos elementos existen?*