

LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

En el principio de la filosofía griega existió el dilema de “lo uno o lo múltiple”. Sabemos que existe una variedad continuamente cambiante de fenómenos ante nuestros sentidos.

Por WERNER HEISENBERG

Premio Nobel de Física 1932

Discurso pronunciado en la Colina de Pnyx, en Atenas

Aquí, en esta parte del mundo, en la costa del mar Egeo, los filósofos Leucipo y Demócrito cavilaron sobre la estructura de la materia; y allá abajo, en la plaza, sobre la cual cae ahora el crepúsculo, discutió Sócrates sobre las dificultades fundamentales de nuestros medios de expresión; y más allá enseñó Platón que la idea, la representación, es la estructura fundamental propia vigente detrás de los fenómenos. Las preguntas que fueron formuladas por primera vez hace dos milenios y medio en este país (y que han ocupado, desde entonces, el pensar humano casi ininterrumpidamente) han sido discutidas en el transcurso de la historia una y otra vez cuando, a causa de las nuevas evoluciones, cambiaba la luz bajo la cual aparecían los antiguos caminos del pensamiento.

Si hoy quiero intentar ocuparme de algunos de los viejos problemas, como de la pregunta sobre la estructura de lo material y del concepto de la ley natural, es debido a que el desarrollo de la física atómica en nuestro tiempo ha alterado radicalmente nuestras ideas sobre la naturaleza y la estructura de la materia. Quizá no sea una exageración demasiado grande afirmar que algunos de los antiguos problemas han encontrado su solución clara y definitiva en los tiempos más recientes. Quiero hablar hoy sobre esta contestación nueva, quizá definitiva, a preguntas que fueron formuladas aquí hace algunos milenios.

Existe, sin embargo, otra razón más para convertir esos problemas con que nos enfrentamos en objeto de observaciones repetidas. La filosofía del materialismo, desarrollada en la antigüedad por Leucipo y Demócrito, ha sido centro de muchas discusiones desde el despliegue de las ciencias naturales modernas en el siglo XVII: habiendo sido además — en la nueva forma del materialismo dialéctico— una de las fuerzas motoras de los cambios políticos de los siglos XIX y XX. Si las ideas filosóficas sobre la estructura de la materia pueden jugar un papel tan importante en la vida humana, si han tenido el efecto de una carga explosiva dentro de la sociedad europea y quizá todavía acarrearán iguales efectos en otras partes del mundo, resulta tanto más importante todavía saber lo que han de opinar nuestros actuales conocimientos natural-científicos sobre esa filosofía. Expresándolo de una forma algo más generalizada y correcta: uno debe esperar que el análisis filosófico de la evolución natural-científica más reciente pueda contribuir a remplazar las opiniones dogmáticas contradictorias, sobre las preguntas fundamentales mencionadas, por una adaptación realista a la nueva situación; la cual, por sí sola, puede considerarse como una revolución de la vida humana en la tierra. Pero también, aparte de los efectos de la ciencia natural sobre nuestro tiempo, puede ser interesante el hecho de comparar las discusiones surgidas en la antigua Grecia con los resultados de las ciencias naturales experimentales y de la moderna física atómica. Quizá debería hablarse ya aquí del resultado de tal comparación. Parece que en la pregunta sobre la estructura de la materia, Platón se acercó mucho más a la verdad que Leucipo o Demócrito, a pesar del gran éxito que ha alcanzado el concepto de átomo en las ciencias naturales modernas. Es necesario, no obstante, repetir algunos de los más importantes argumentos que se enumeraron en las discusiones antiguas sobre la materia y la vida —sobre el ser actual y el ser futuro—, antes de que nos ocupemos de los resultados de la ciencia moderna.

I. El concepto de materia en la Filosofía Antigua.

En el principio de la filosofía griega existió el dilema de “lo uno o lo múltiple”. Sabemos que existe una variedad continuamente cambiante de fenómenos ante nuestros sentidos. Pero creemos que debe ser posible, al fin y al cabo, someterlos de alguna manera a un principio unilateral. Intentamos comprender los fenómenos y al hacer esto reconocemos que toda comprensión empieza por percibir similitudes o regularidades en ellos. Las regularidades son comprendidas como consecuencias especiales de algo que es común a los fenómenos diversos y que, por lo tanto, puede llamarse un principio fundamental. De esta manera, todo esfuerzo por comprender la variedad variable de los fenómenos debe convertirse en una búsqueda del principio fundamental. Fue un rasgo característico, dentro del pensar en la antigua Grecia, el hecho de que los primeros filósofos buscaran una “causa material” de todas las cosas. Esto aparece primero como punto de partida muy natural para un mundo que existe a partir de la materia. Pero luego uno cae inmediatamente en un dilema: es decir, en la pregunta de si esta causa material de todo acontecimiento debe ser identificada con una de las formas existentes de la materia (como el “agua” en la filosofía de Thales o el “fuego” en la de Heráclito), o bien si debe suponerse una sustancia básica, respecto de la cual la materia auténtica sólo ofrece formas caducas. Estas dos posibilidades han sido elaboradas en la filosofía antigua y no quiero discutir las aquí particularmente.

Siguiendo tales pensamientos, el principio fundamental y la esperanza de hallar simplicidad en los fenómenos se relaciona con una sustancia básica. Brota entonces esta pregunta: ¿En qué sitio —o de qué manera— puede exteriorizarse la simplicidad en el comportamiento de la sustancia básica? Pues tal simplicidad no puede reconocerse

con inmediatez en los fenómenos. El agua puede convertirse en hielo o puede hacer crecer las flores de la tierra. Pero las partes más minúsculas del agua (que quizá son idénticas en el hielo, o en el vapor, o en las flores) podrían ser lo simple. Su comportamiento podría determinarse mediante leyes simples y estas leyes podrían así quedar formuladas.

De esa suerte, el concepto de las “partes más minúsculas de la materia” constituye una secuencia natural del anhelo por la simplicidad, dirigiéndose entonces la atención sobre todo a la materia y a la causa material de todas las cosas. Por otra parte, ese concepto de las partes más minúsculas de la materia, cuyas legalidades deben ser comprendidas simplemente, conduce de inmediato a las dificultades ya conocidas en tanto que están relacionadas con el concepto de lo infinito. Un trozo de tela puede ser partido, las partes pueden ser cortadas en trozos más pequeños todavía y estos trozos otra vez pueden ser partidos, etc... Sin embargo, nos podemos imaginar muy difícilmente que esta partibilidad puede llegar hasta lo infinito. Nos parece de algún modo natural el suponer que existen partes mínimas que ya no pueden ser partidas. Por otra parte, tampoco nos podemos imaginar que sea absolutamente imposible partir esas partes mínimas: podemos siempre imaginarnos, por lo menos en nuestro pensamiento, partes todavía más pequeñas; y podemos pensar que encontramos, en una escala mucho más pequeña, la misma situación que en la escala normal. Aparentemente nuestra propia capacidad de imaginación nos induce al error si queremos llevar ante nuestros ojos el proceso de la partición continua. Esto lo sentían también los filósofos griegos y puede comprenderse la “hipótesis atómica”, la idea de las partes mínimas no divisibles, como un primer y natural camino en la comprensión de la dificultad.

Los fundadores del dogma del átomo, Leucipo y Demócrito, intentaron evitar la dificultad con la suposición de que el átomo era eterno e indestructible: es decir, lo auténticamente existente. Todos los demás objetos solamente existían porque estaban compuestos por átomos. La antítesis entre el “ser” y el “devenir” de la filosofía de Parménides se endurece aquí, para convertirse en la antítesis entre lo “lleno” y lo “vacío”. El ser no es uno, puede repetirse ilimitadamente, El ser es indestructible y por ello también el átomo es indestructible. Lo vacío, el espacio vacío entre los átomos, facilita la posición y el movimiento: facilita las cualidades del átomo, mientras el puro ser -por definición- no podría tener ninguna otra cualidad que la de la existencia.

Esa última parte del dogma de Leucipo y Demócrito es, al mismo tiempo, su fuerza y su debilidad. Por un lado, existe una explicación inmediata para los estados diferentes de agregación de la materia —como hielo, agua y vapor—, porque los átomos pueden yacer juntos de una manera densamente ordenada, o pueden estar en movimiento irregular o finalmente pueden estar distribuidos en el espacio entre distancias relativas bastante amplias: de ahí que esa parte de la hipótesis atómica se haya mostrado, más tarde, como extremadamente afortunada. Por otra parte, el átomo se convierte de tal manera simplemente en un ladrillo de la materia: sus cualidades, su situación y movimiento en el espacio, lo convierten en algo completamente distinto de lo que indicaba el concepto original de “ser”. Los átomos pueden poseer incluso una extensión limitada y con ello se ha perdido finalmente el único argumento convincente sobre su indivisibilidad. Si el átomo posee cualidades de espacio, ¿por qué no podría ser dividido? Cuando menos, su indivisibilidad se convierte entonces en una cualidad física y no fundamental. Ahora pueden hacerse otra vez preguntas sobre la estructura del átomo y uno cae en el peligro de perder toda la simpleza que se había esperado encontrar en las partes más pequeñas de la materia. Por ello uno tiene la impresión de que la hipótesis atómica todavía no es lo bastante sutil, en su forma original, para explicar lo que querían comprender realmente los filósofos: lo simple subyacente en los fenómenos y en la estructura de la materia.

Pero la hipótesis del átomo todavía llega más lejos en la dirección correcta. Todas las variedades de los diversos fenómenos, o al menos gran número de las cualidades observadas de la materia, pueden reducirse a la situación y al movimiento del átomo. No existen en los átomos cualidades como el olor, el color o el sabor. La situación y el movimiento de los átomos pueden producir indirectamente estas cualidades. Parece que la situación y el movimiento son realidades mucho más simples que las cualidades empíricas del sabor, del olor o del color. Sigue manteniéndose, sin embargo, la pregunta del por qué están determinados la situación y el movimiento de los átomos. Los filósofos griegos no han intentado formular una ley natural; el concepto moderno de la ley natural no se adaptaba a su manera de pensar. De todas maneras, parece que han pensado en algún tipo de descripción original o de determinismo, porque hablaban de la necesidad de la causa y del efecto.

Se formuló la hipótesis del átomo con la intención de mostrar el camino de lo “múltiple” a lo “uno”; al formular el principio básico, la causa material por cuya razón pueden comprenderse todos los fenómenos, podía considerarse como causa material de los átomos; pero sólo una ley general determinadora de su situación y velocidad podría jugar realmente el papel del principio básico. Si los filósofos griegos discutían sobre la legislación de la naturaleza, sus pensamientos empero estaban dirigidos hacia formas estáticas o simetrías geométricas, nunca hacia sucesos en el espacio y el tiempo. Las órbitas de los planetas y los cuerpos geométricos regulares, aparecían como las estructuras eternas del mundo. La idea actual de que la situación y la velocidad del átomo están relacionadas claramente, en un tiempo dado, con la situación y la velocidad en un tiempo más tardío —mediante una ley matemática—, no se adaptó al pensamiento de aquel período, porque empleó el concepto del tiempo en una forma que brotó mucho más tarde del mismo pensar.

Cuando Platón adoptó los problemas presentados por Leucipo y Demócrito aceptó también la idea de las partículas más minúsculas de la materia; pero se opuso muy firmemente a la tendencia de aquella filosofía de considerar los átomos como la base de todo lo existente, como los únicos objetos materiales realmente existentes. Los átomos de Platón no eran materia pura: fueron pensados como formas geométricas, como los cuerpos regulares de los matemáticos. Estos cuerpos eran, de acuerdo con el punto de partida de su filosofía idealista, en cierta manera, las ideas sobre las cuales se basaba la estructura de la materia y que caracterizaban el comportamiento físico de los elementos a los cuales pertenecían. La forma cúbica, por ejemplo, era la partícula más pequeña del elemento tierra y simbolizaba al mismo tiempo la estabilidad de la misma. El tetraedro, con sus puntas afiladas, representaba la partícula más pequeña del elemento fuego. El icosaedro, que entre los cuerpos regulares se aproxima a la forma de una esfera, representaba la movilidad del elemento agua. De esta manera los cuerpos regulares podían considerarse como símbolos para ciertas tendencias, en el comportamiento físico de la materia. Pero en realidad no eran átomos, no eran unidades básicas indivisibles en el sentido de la filosofía materialista. Platón las consideraba enlazadas por triángulos determinadores de su superficie; por ello podrían cambiarse entre sí estas partes más pequeñas, mediante un intercambio de triángulos. Por ejemplo, podrían unirse dos átomos de aire y un átomo de fuego, para convertirse en un átomo de agua. De esta manera, Platón pudo evitar el problema de la divisibilidad infinita de la materia: puesto que los triángulos ya no eran superficies bidimensionales, ni cuerpos, ni tampoco materia; por lo tanto, no podía dividirse la materia hasta lo infinito. El concepto de la materia, por consiguiente se ve desintegrado al final —es decir, en el campo de las dimensiones de espacio más pequeñas—, para convertirse en el concepto de la forma matemática. Esa forma es importante para el comportamiento, primero de las partículas pequeñas de la materia y luego de la materia misma. Preludia así a la ley natural de la física futura: pues caracteriza, sin indicar expresamente su transcurso temporal, a las tendencias vigentes en el comportamiento de la materia. Se puede decir, por lo tanto, que se representaron las tendencias básicas mediante las formas geométricas de las unidades más pequeñas: con lo cual se expresaban las unidades más sutiles de aquellas tendencias, en la situación relativa a la par que en la velocidad de esas mismas unidades. Tal descripción se adapta exactamente a las ideas centrales de la filosofía idealista de Platón. La estructura sobre la cual se basan los fenómenos no se representa mediante objetos materiales, como los átomos de Demócrito, sino mediante formas que determinen a los objetos materiales. Las ideas son más fundamentales que los objetos. Como las partes más pequeñas de la materia deben ser los objetos, en los cuales puede reconocerse la simplicidad del mundo —y a través de los cuales nos acercamos a lo “uno”, a la “unilateralidad” del mundo—, pueden también describirse matemáticamente las ideas que son simples formas matemáticas. La frase siguiente (que procede seguramente de un período más tardío de la filosofía), al decir: “Dios es un matemático”, hunde sus raíces en la filosofía platónica.

No puede valorarse en toda su magnitud la importancia de ese paso en el pensar filosófico. Puede considerarse como el principio decisivo de las ciencias naturales-matemáticas y también puede hacerse responsable de sus empleos técnicos futuros, que han cambiado el cuadro completo del mundo. También se constituye, con este paso, el significado de la palabra “comprender”. Entre todas las formas posibles de la comprensión se elige una, la forma practicada en las matemáticas, como la comprensión “auténtica”. Mientras toda lengua, todo arte y toda poesía transmiten de alguna manera la comprensión, se afirma aquí sólo el empleo de una lengua precisa —lógica y cerrada—, la lengua que puede ser formalizada de tal manera que se hagan posibles los experimentos, mientras sólo ella conduce a la comprensión auténtica. Se advierte así cuán fuerte fue la impresión que causó la fuerza de convicción de los argumentos lógicos y matemáticos sobre los filósofos griegos. Parece como que fueran arrollados prácticamente por esa fuerza; o quizá capitularan demasiado pronto en este orden.

II. La respuesta de las ciencias modernas a los problemas antiguos.

La diferencia más importante entre las ciencias naturales modernas y la filosofía natural antigua se basa en el método empleado. Mientras en la filosofía antigua se consideraba el conocimiento empírico de los fenómenos de la naturaleza como suficiente, para poder sacar conclusiones sobre los principios básicos, es un rasgo característico de la ciencia moderna el hecho de hacer experimentos: es decir, dirigir preguntas específicas a la naturaleza, cuya contestación debe informar sobre la legislación natural. Este método distinto conduce, en consecuencia, a una manera de contemplación muy diferente. No se dirige tanto la atención a leyes básicas, sino más bien a regularidades en los detalles. O sea que las ciencias naturales evolucionan desde el otro extremo, no a partir de las leyes generales, sino a partir de los diferentes grupos de fenómenos en los cuales la naturaleza había contestado a las preguntas planteadas experimentalmente. Desde el tiempo en que Galileo hizo caer sus piedras de la torre inclinada de Pisa, para estudiar las leyes de la atracción, las ciencias naturales se ocuparon de los detalles de los más diversos fenómenos: mediante piedras que caen, mediante el movimiento de la luna alrededor de la tierra, mediante las olas del mar, mediante rayos de luz refractados por prismas, etc... Incluso cuando Isaac Newton intentó hacer comprensibles los diferentes procesos mecánicos (en su obra principal, “Principia Mathematica”) mediante una ley única, su atención se dirigió a particularidades que deberían deducirse de los principios matemáticos básicos. El resultado correcto —es decir, el resultado de acuerdo con la experiencia, en la deducción de particularidades— fue considerado como el criterio decisivo para la autenticidad de la teoría.

Tales cambios en la forma de observación acarrearán también otras consecuencias importantes. Un conocimiento exacto de los detalles puede ser útil en la práctica: capacita al hombre para dirigir, según su voluntad, los fenómenos dentro de ciertos límites. Los usos técnicos de las ciencias naturales modernas empiezan, por lo tanto, con el conocimiento de los

detalles. De esta manera también el concepto de “ley natural” altera su propio significado; el peso total ya no se halla en la generalidad, sino en las consecuencias en cuanto a los detalles. La ley se convierte en precepto para usos técnicos. Como característica más importante de la ley natural se considera, en la actualidad, el hecho de facilitar alguna predicción de lo que ocurrirá en un experimento determinado.

Uno comprende fácilmente que el concepto de tiempo, en la ciencia natural, debe jugar un papel completamente distinto que en la filosofía antigua. En una ley natural no se expresa una estructura inalterable y eterna, sino que lo importante es la regularidad en los cambios temporales. Si una ley natural de este tipo es formulada en un lenguaje matemático exacto, se le ofrecen al físico inmediatamente innumerables experimentos distintos que podría realizar, para examinar la exactitud de la ley postulada. Un único desacuerdo entre teoría y experimento podría refutar la teoría. Esa situación otorga un peso inmenso a la formulación matemática de cualquier ley natural. Cuando todos los hechos experimentales conocidos están de acuerdo con los resultados deducidos matemáticamente de la ley, será muy difícil dudar de la validez general de la ley. Por ello es comprensible que los “Principia” de Newton hayan dominado las ciencias naturales durante más de dos siglos.

Cuando se sigue el rastro de la historia de la física, desde Newton hasta los tiempos actuales, uno se da cuenta de que — a pesar del interés por los detalles— se han formulado muchas veces leyes naturales muy genéricas. En el siglo XIX fue elaborada, con exactitud, la teoría estadística del calor. La teoría de los campos electromagnéticos y la teoría especial de la relatividad podrían unirse en un grupo muy general de leyes naturales, las cuales no sólo contienen manifestaciones sobre fenómenos eléctricos, sino también sobre la estructura del espacio y del tiempo. En nuestro siglo, la formulación matemática de la teoría de los quanta ha conducido a una comprensión de la cubierta exterior del átomo químico: con ello, de una forma general, se ha llegado a una comprensión de las cualidades químicas de la materia. Las relaciones y uniones entre esas leyes distintas, especialmente entre la teoría de la relatividad y la de los quanta, todavía no han sido esclarecidas por completo. Pero tras la evolución más reciente de la física de las partículas elementales, justificase la esperanza de que puedan analizarse satisfactoriamente esas relaciones, en un futuro relativamente próximo. Por ello ya se puede pensar actualmente qué contestaciones pueden darse, a las preguntas de los filósofos antiguos, desde el punto de vista de ese desarrollo científico.

Durante el siglo XIX la evolución de la química y de la teoría del calor ha seguido muy exactamente las ideas que fueron postuladas, por primera vez, por Leucipo y Demócrito. La resurrección de la filosofía materialista, en su forma moderna del materialismo dialéctico, ha sido la compensación natural frente al progreso impresionante que se había producido en la química y en la física de aquella época. Se ha mostrado extremadamente fructífero el concepto atómico en la explicación de las uniones químicas o del comportamiento físico de los gases. Además, se comprobó muy pronto que las partículas a las que los químicos llamaban átomos, estaban compuestas por unidades todavía más pequeñas. Pero estas unidades minúsculas (los electrones primero, más tarde los núcleos de los átomos y finalmente las partículas elementales, los protones y neutrones) parecían ser átomos también en el sentido de la filosofía materialista. El hecho de que se pueda ver, por lo menos de una manera indirecta, una sola partícula elemental —por ejemplo en una cámara de niebla— apoya la opinión de que las unidades más pequeñas de la materia son realmente objetos físicos que existen en el mismo sentido a como, por ejemplo, existen las piedras o las flores.

Pero las dificultades inherentes a la teoría materialista del átomo, que se habían presentado en las antiguas discusiones sobre las partículas más diminutas, aparecerían también muy claramente en la evolución de la física de nuestro siglo. Tenemos el problema de la divisibilidad infinita de la materia. Los llamados átomos de los químicos se había demostrado que estaban compuestos de núcleos y electrones. El núcleo atómico fue dividido en protones y neutrones. ¿No será posible dividir también las partículas elementales? Si la contestación a esta pregunta es afirmativa, tampoco las partículas elementales son átomos en el sentido griego, al no ser unidades indivisibles. Si la contestación es negativa, debe explicarse por qué no pueden dividirse las partículas elementales. Hasta ahora siempre ha sido posible dividir incluso aquellas partículas que se habían considerado, durante mucho tiempo, como las más pequeñas unidades: bajo una condición, la de que se emplearan en la división fuerzas suficientes. Por ello, resulta lógico suponer que pueden dividirse, aumentando las fuerzas: es decir, ampliando la energía en el choque de las partículas, desde los protones hasta los neutrones. Esto probablemente significaría que nunca se llega a un fin, que no existen las unidades “más pequeñas” de la materia. Antes de entrar en la discusión sobre la solución actual del problema, quiero aducir una segunda dificultad.

Esa segunda dificultad se refiere a la pregunta de si las unidades más pequeñas son objetos físicos normales, si existen de la misma manera a como existen las piedras o las flores. Aquí la aparición de la teoría de los quanta, hace aproximadamente cuarenta años, ha creado una situación completamente distinta. Las leyes, formuladas matemáticamente, de la teoría de los quanta demuestran claramente que nuestros conceptos perceptuales generales no pueden usarse de una forma inequívoca para las partículas más pequeñas. Todas las palabras o conceptos con los cuales describimos los objetos físicos comunes —como, por ejemplo, la situación, la velocidad, el color, el tamaño, etc.—, se convierten en algo indeterminado, o problemático, cuando intentamos emplearlos para las partículas más pequeñas. Aquí no puedo entrar en los detalles de esa problemática que se ha discutido tantas veces en los últimos decenios. Sin embargo, es importante comprobar que mientras el comportamiento de las unidades más pequeñas no puede describirse

de una forma inequívoca en el lenguaje usual, el lenguaje matemático es suficiente para fijar claramente esos conceptos objetivos.

Los progresos más recientes en el campo de la física de las partículas elementales han ofrecido también una solución al problema antes mencionado, el enigma de la divisibilidad infinita de la materia. Se ha construido, en muchas regiones de la tierra, grandes aceleradores durante la época posterior a la guerra: para poder dividir, si fuera posible, incluso las partículas elementales. Los resultados revisten un aspecto muy sorprendente para los que todavía no habían experimentado que nuestros conceptos generales no se adaptan a las unidades mínimas de la materia. Cuando chocan dos partículas elementales, con una energía extremadamente elevada, se rompen en pedazos y algunas veces incluso en muchos pedazos: no obstante, los fragmentos no son más pequeños que las partículas que han sido divididas. Se originan, en este choque independientemente de la energía disponible (si es lo suficientemente alta), siempre el mismo tipo de partículas que se conocen desde hace algunos años. Incluso en la radiación cósmica, en la cual puede ser mil veces mayor la energía disponible por una partícula que en el mayor acelerador existente, no se han encontrado otras partículas o partículas más pequeñas. Su carga, por ejemplo, puede medirse fácilmente y es siempre un múltiplo de un número entero o es igual a la carga del electrón.

Por ello se describen mejor esos procesos de choque, en vez de afirmar que las partículas en colisión han sido fragmentadas, hablando del origen de nuevas partículas a partir de la energía del choque de acuerdo con las leyes de la teoría de la relatividad. Puede decirse que todas las partículas están hechas de la misma sustancia básica, que puede llamarse energía o materia, o bien puede asegurarse que la sustancia básica “energía” se convierte en “materia” adoptando la forma de una partícula elemental. De esta manera, los nuevos experimentos nos han mostrado que se pueden poner de acuerdo dos afirmaciones aparentemente contradictorias: “la materia es infinitamente divisible” y “existen unidades más pequeñas que la materia”; y ello sin llegar a dificultades lógicas. Este resultado sorprendente subraya el hecho de que no pueden emplearse, de una manera inequívoca, nuestros conceptos generales sobre esas unidades mínimas.

En el futuro, los aceleradores de alta energía nos ofrecerán todavía un gran número de detalles interesantes sobre el comportamiento de las partículas elementales. Yo quiero creer que se demostrará como definitiva esa contestación a las antiguas preguntas filosóficas. Si esto es verdad, ¿justifica tal contestación las opiniones de Demócrito o más bien las de Platón?

Creo que la física moderna se ha decidido definitivamente en favor de Platón. Las unidades más pequeñas de la materia no son objetos físicos en el sentido común de la palabra; son formas y estructuras; o bien, en el sentido de Platón, ideas sobre las cuales sólo puede hablarse de una manera inequívoca en el lenguaje de la matemática. La esperanza común de Demócrito y Platón fue el deseo de acercarse a las unidades más pequeñas de la materia, a lo “uno”, al principio universal que regula el transcurso del mundo. Platón estaba convencido de que este principio sólo podía expresarse y comprenderse bajo forma matemática. En el presente, el problema central de la física teórica lo constituye la formulación matemática de la ley natural en la cual está basado el comportamiento de las partículas elementales: deducimos de la situación experimental que una teoría satisfactoria de las partículas elementales debe ser, al mismo tiempo, una teoría de la física en general; y con ello de todo cuanto pertenece a la física.

De esta suerte, podría elaborarse todo un programa, aquel que en el tiempo nuevo fue presentado por primera vez por Einstein: podría formularse una teoría universal de la materia —y con ello, al mismo tiempo, una teoría de los cuanta de la materia—, sirviendo como fundamento a la física en general. Todavía no sabemos si las formas matemáticas, que se han propuesto para este principio universal, bastan o deben ser sustituidas por formas aún más abstractas. Nuestro conocimiento actual de las partículas elementales, sin embargo, es ya suficiente para decir lo que debe ser el contenido principal de esa ley. La ley debe representar un número pequeño de cualidades principales de simetría de la naturaleza, las que conocemos empíricamente desde hace algunos decenios. Además debe contener, aparte de estas simetrías, el principio de la causalidad en el sentido de la teoría de la relatividad.

Las más importantes entre las simetrías son: las del llamado grupo de Lorentz, de la teoría especial de la relatividad, que contiene manifestaciones decisivas sobre espacio y tiempo; y el llamado grupo Isospin, que tiene que ver con la carga eléctrica de las partículas elementales. Existen todavía más simetrías, sobre las cuales no quiero hablar en este momento. La causalidad relativista guarda relación con el grupo de Lorentz, pero debe considerarse como un principio independiente.

Tal situación nos recuerda, acto seguido, los cuerpos simétricos que había introducido Platón para representar las estructuras básicas de la materia. Las simetrías de Platón no eran todavía las correctas; pero Platón estaba justificado cuando creía que finalmente se encontraban en el centro de la naturaleza, en las partículas más pequeñas de la materia, simetrías matemáticas. Fue una increíble labor el hecho de que los filósofos antiguos hubieran planteado las preguntas correctas. No se podía esperar que —sin conocimiento de los detalles empíricos también hubieran encontrado las contestaciones correctas en los detalles.

III. Conclusiones sobre el desarrollo del pensar humano en nuestro tiempo.

La búsqueda de lo “uno”, la fuente más profunda de toda comprensión, ha sido de igual manera el origen de la religión y de la ciencia. Pero el método científico fue desarrollando, en los siglos XVI y XVII, el interés por los detalles que pueden examinarse experimentalmente, habiendo eso conducido, durante mucho tiempo, a la ciencia hacia otro camino. No nos sorprende que esta actitud pudo conducir a un conflicto entre ciencia y religión, cuando una legislación se oponía en particular —en un detalle quizás especialmente importante— al cuadro general, al modo y a la manera, según las cuales se hablaba sobre hechos en la religión.

Tal conflicto empezó en el tiempo moderno con el famoso proceso contra Galileo. Ha sido discutido muchas veces. Por ello, no quiero repetir la discusión en este lugar. Quizá podríamos acordarnos de que, en la antigua Grecia, Sócrates fue condenado a muerte porque su enseñanza parecía contradecir la religión tradicional. En el siglo XIX, este conflicto alcanzó su punto culminante en el intento de algunos filósofos encaminado a sustituir la religión cristiana tradicional por una filosofía científica que se basara en la versión materialista de la dialéctica hegeliana. Quizá podría decirse que los científicos intentaron volver a encontrar el camino desde la variedad de los detalles hacia lo “uno”, dirigiendo su mirada a la interpretación materialista de lo “uno”. Pero tampoco aquí puede superarse fácilmente el contraste entre lo “uno” y lo “múltiple”. No es ninguna casualidad el hecho de que en algunas naciones, en las cuales se ha declarado en nuestro siglo el materialismo dialéctico como credo oficial, no pudo evitarse el conflicto entre la ciencia y el dogma reconocido. También aquí puede un resultado individual-científico, el resultado de nuevas observaciones, convertirse aparentemente en algo contrario al dogma oficial. Si es verdad que se produce la armonía en una sociedad según sea su relación con lo “uno” —sin importar con qué conceptos se habla sobre lo “uno”—, uno puede comprender muy fácilmente que un contraste aparente entre el resultado individual científicamente garantizado y la manera de hablar reconocida sobre el “uno” pueda convertirse en un serio problema. La historia de los decenios más recientes contiene algunos ejemplos de dificultades políticas que surgieron de ese hecho. De ello se aprende que no se trata principalmente de la lucha entre dos dogmas que se contradicen, como por ejemplo el materialismo y el idealismo, sino de la controversia entre el método científico o de la averiguación del detalle por un lado y el de la referencia común hacia el “uno” por otro. El gran éxito del método científico, mediante ensayos y errores, excluye en nuestro tiempo toda definición de la verdad que no soporte las críticas severas de ese método. Al mismo tiempo, parece ser un resultado asegurado de las ciencias sociales el hecho de que el equilibrio interior de una sociedad se basa, por lo menos en cierta escala, sobre la relación común con lo “uno”. Por ello no puede olvidarse la búsqueda de lo “uno”.

Si las ciencias naturales modernas contribuyen en algo a ese problema, no es porque se decidan en favor o en contra de uno de esos dogmas: por ejemplo, como se hubiera creído quizás en el siglo XIX en favor del materialismo y contra la filosofía cristiana; o como creo yo, actualmente, en favor del idealismo de Platón y contra el materialismo de Demócrito. Al contrario, de estos problemas podemos extraer utilidades para el progreso de las ciencias naturales modernas aprendiendo con qué cuidado debe manejarse el lenguaje y el significado de las palabras. Por ello quiero destinar la última parte de mi discurso a algunas observaciones sobre el problema del lenguaje en las ciencias naturales modernas y en la filosofía antigua.

Si seguimos en este lugar los “Diálogos” de Platón, advertimos que los límites inevitables de nuestros medios de expresión ya constituían un tema central en la filosofía de Sócrates: incluso puede decirse que toda su vida ha sido una lucha continua contra estos límites. Sócrates no se cansaba nunca de explicar a sus conciudadanos, por las calles de Atenas, que no sabían exactamente lo que querían decir con las palabras que empleaban. Se narra la anécdota de que uno de los adversarios de Sócrates, un sofista, indignado por la inexactitud de la lengua sobre la cual le interpelaba continuamente Sócrates, le criticó diciéndole un día: “Pero Sócrates, todo esto es muy aburrido, siempre dices lo mismo sobre lo mismo.” Sócrates le contestó: “Pero vosotros los sofistas, que sois tan inteligentes, quizá no decís nunca lo mismo sobre lo mismo.”

La razón del por qué Sócrates puso tanto énfasis en este problema del lenguaje fue porque sabía cuántos malentendidos podían originarse por el uso negligente del mismo, a la vez que cuán importante es emplear expresiones precisas y explicar los conceptos antes de emplearlos. Por otra parte, también se daba cuenta de que esto constituía al fin y al cabo una tarea insoluble. La situación con la cual nos encontramos enfrentados, en nuestro intento de “comprender”, puede obligarnos a la conclusión de que nuestros medios existentes de expresión no permiten una descripción clara e inequívoca de los hechos.

La tensión entre las exigencias de una claridad completa y de la inexactitud inevitable de los conceptos existentes, se ve especialmente clara en las ciencias naturales modernas. En la física atómica, empleamos un lenguaje matemático altamente evolucionado, que satisface todas las demandas en cuanto a claridad y precisión. Al mismo tiempo reconocemos que no podemos describir, de una manera inequívoca y en cualquier lengua corriente, los fenómenos atómicos: por ejemplo, no podemos hablar inequívocamente sobre el comportamiento del electrón en el interior de un átomo. Sería algo precipitado exigir que debemos evitar las dificultades limitándonos al uso del lenguaje matemático. Esta no es ninguna auténtica salida, porque sabemos en qué escala puede emplearse el lenguaje matemático sobre los fenómenos. Al fin y al cabo, también la ciencia debe confiar en el lenguaje corriente, porque es el único en el cual

podemos estar seguros de comprender realmente los fenómenos.

Esta situación ilumina la tensión arriba mencionada entre el método científico por una parte y la relación de la sociedad con lo “uno”, o sea el conjunto de los principios fundamentales existentes detrás de los fenómenos, por otra. Parece lógico que esta última relación no pueda ni deba expresarse en un lenguaje preciso y sutil, cuyo empleo ante la realidad puede ser muy limitado. Para este fin, sólo es apta la lengua natural, aquella que puede ser comprendida por cualquiera. Los resultados seguros de la ciencia, sin embargo, sólo pueden obtenerse con comprobaciones claras; aquí no podemos seguir adelante sin la precisión y claridad de un lenguaje matemático abstracto.

Esa necesidad de cambiar continuamente entre los dos lenguajes, es, desafortunadamente, una fuente de malentendidos. Porque frecuentemente se utilizan las mismas palabras en ambos lenguajes. Esta dificultad no puede evitarse: sin embargo, será siempre de una cierta ayuda acordarse de que la ciencia moderna debe emplear ambos lenguajes; y de que una misma palabra puede tener diferentes significados en los dos lenguajes; o de que son válidos diferentes criterios de verdad y que, por ello, no debería hablarse demasiado pronto de contradicciones.

Si queremos acercarnos a lo “uno” con los conceptos de un lenguaje científico preciso, precisa darse cuenta del centro de las ciencias naturales descrito por Platón, en el cual se encuentran las simetrías matemáticas fundamentales. En el modo de pensar de este lenguaje uno debe contentarse con la siguiente comprobación: “Dios es un matemático”; pues uno ha limitado voluntariamente su visión al campo del ser aquel que puede ser comprendido en el sentido matemático de la palabra “comprender”, aquel que puede describirse de un modo racional.

Platón no se ha contentado con tal reflexión. Después de haber demostrado con gran claridad las posibilidades y límites del lenguaje preciso, se encaminó hacia el lenguaje de los poetas que produce imágenes en el oyente, a quien transmiten un tipo completamente distinto de comprensión. No quiero discutir, en este lugar, acerca de qué puede significar realmente ese tipo de comprensión. Probablemente esas imágenes están relacionadas con formas inconscientes de nuestro pensar, a las que llaman los psicólogos arquetipos, formas de un carácter fuertemente emocional y que reflejan de algún modo las estructuras interiores del mundo. En fin, sea cual fuere la explicación adecuada para esas otras formas de comprensión, el lenguaje de las imágenes y parábolas es probablemente la única manera de aproximarse a lo “uno” desde los campos más generales. Si la armonía en una sociedad se basa en la interpretación común de lo “uno” — del principio universal vigente detrás de los fenómenos—, puede ser, en este lugar, más importante el lenguaje del poeta que el de la ciencia.

* Folia Humanistica, Tomo VII, nº 82; Octubre de 1969.