

Werner Karl Heisenberg, meta-intérprete de la estructura atómica de la materia desde la filosofía de la materia

El 1 de febrero del presente año de 1976 murió en Munich, a los 75 años de edad, Werner Karl Heisenberg. Había nacido en Duisburg el 5 de diciembre de 1901. Con este acontecimiento tan humilde, como es morir, perdió el mundo —y no sólo «el mundo de la Física» sino «el mundo», es decir, el mundo humano entero— una mente privilegiada que ha dejado tras de sí una rica herencia de saber. Y el saber de un hombre es herencia a disposición de todos los hombres, de la humanidad entera.

Fue, como el lector sabe, uno de los más famosos físicos actuales, de nuestro siglo, junto con Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr, Ernest Rutherford, Paul de Broglie, Erwin Schrödinger, Enrico Fermi, etc. Y es considerado como el físico más eminente del mundo en lo referente a la comprensión teórica del átomo y su intimidad.

Fue gran amigo de Albert Einstein, Niels Bohr, Wolfgang Pauli, Paul Dirac, Karl Friedrich von Weizsäcker, etc.

Su fama comenzó a volar el año 1925, dos años después de recibir el doctorado, a los veinticuatro de edad. Sus aficiones, en la investigación física, se habían orientado en la línea de ideas de Max Planck centradas en su teoría física de los *quanta*. Y fue el año 1925 cuando se perfiló en su mente la interpretación teórica que, con la mayor facilidad, venimos llamando «Mecánica cuántica». En el acabado de las investigaciones al respecto colaboraron con él, principalmente Max Born y Pascual Jordan.

El año 1932, a sus treinta y un años de edad, recibía el Premio Nobel de Física «por la fundamentación de la Mecánica de los *quanta*».

Pero hay más (que es lo que aquí centralmente nos interesa consignar): Heisenberg fue uno de los físicos de primera línea que, por serlo, por presión interna de su propia especialidad, han ido «más allá de la física», han desbordado su propia ciencia y han rondado —y a veces traspasado— las fronteras internándose de la manera más natural y espontánea en la Filosofía. Fenómeno curioso observable en los científicos —y no sólo en los físicos— más eminentes.

Quien lee los libros de Heisenberg se da perfecta cuenta de que es «un físico que filosofa», un físico a quien las limitaciones objetivas y metódicas de su propia ciencia dejan insatisfecho y lanzan a «filosofar desde la física»¹. Los problemas que le preocupan co-

1. Sorprendentemente, un personaje de nivel especializado tan alto e introductor, en Física atómica, del complicadísimo método matemático llamado «álgebra matricial», ha publicado una serie de libros de temas fisico-filosóficos perfectamente al alcance de cualquier lector ignaro en matemáticas, ya que en ellos apenas aparecen fórmulas de tal estilo. Entre ellos:

Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie, 1.ª ed., Leipzig 1930; con otras posteriores.

Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, 1.ª ed., Leipzig 1935; con otras posteriores.

Die Physik der Atomkerne, Brunswick 1943.

Das Naturbild der heutigen Physik, Hamburg, Rowohlt Verlag, 1955. Trad. *La imagen de la Naturaleza en la física actual*, Barcelona, Seix Baral, 1969.

El descubrimiento de Planck y las bases filosóficas de la Atomística. Conferencia pronunciada en la Institución de la Sociedad de Físicos Alemanes, con motivo del primer centenario del nacimiento de Max Planck, el 25 de abril de 1958, en el *Kongresshalle* de Berlín occidental. Publicada primeramente en el *Jahrbuch 1958* de la Sociedad Max Planck para el progreso de las ciencias; después en su obra *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*, ed. de Stuttgart, Hirzel Verlag, 1959, pp. 26-52; y, por último, en su obra *Schritte über Grenzen*, München, Piper & Co. Verlag, 1971. (Trad. *Más allá de la física*, Madrid, BAC, 1974, pp. 13-34).

El descubrimiento de Planck y los problemas de la física atómica. Conferencia pronunciada en las Conversaciones de Ginebra, en julio de 1958. Publicada en *L'homme et l'atome. Rencontres Internationales de Genève. 1958*. Neuchâtel, Editions de la Banconnière, 1958. (Trad. *El hombre y el átomo. Rencontres Internationales de Genève 1958*, Madrid, Ed. Guadarrama, 1959, pp. 81-100. Coloquio sobre la conferencia, pp. 101-119). Esta conferencia, aunque reelaborada con nueva redacción, es una exposición paralela a la anterior.

Physics and Philosophy. The revolution in modern science, New York, Harper & Brothers Publishers, 1958. London, G. Allen & Unwin, 1958. Es la publicación de las «Gifford Lectures» dadas en 1955-1956. *Physik und Philosophie*, Stuttgart, S. Hirzel Verlag, 1960. Yo cito por la edición de New York.

Der Teil und das Ganze. Gespräche in Umkreis der Atomphysik, München, R. Piper & Co. Verlag, 1969. Trad. *Diálogos sobre Física atómica*, Madrid, BAC, 1972.

mienzan por ser físicos, pero una presión interna, ejercida sobre él por los problemas mismos, le llevan siempre a buscar soluciones filosóficas; soluciones filosóficas (en este caso, propias de la Filosofía de la Naturaleza) desde la Física, que en esto está la gracia.

En estas páginas, como homenaje a tan ilustre físico-filósofo, intento exponer, en la medida en que ello me es posible, cuál fue la orientación de su pensamiento físico-filosófico, resultado final de su magna innovación de la Física, que es nada menos que la Física en su última etapa histórica: la actual.

Adelantaré un resumen sobre las vicisitudes por las que pasaron las reacciones entre la Física y la Filosofía de la Naturaleza antes de la intervención de Heisenberg, para que así conste —por confrontación— el significado de la innovación que éste efectuó en la Física y de su recurso a la Filosofía de la Naturaleza.

1. RELACIONES ENTRE LA FÍSICA Y LA FILOSOFÍA DE LA NATURALEZA ANTES DE HEISENBERG

A lo largo de dos siglos, a partir del nacimiento de la Física moderna, o sea, durante los siglos XVII y XVIII, la Física moderna (la que hoy consideramos como una de las ciencias y llamamos «Física», sin más) y la Física antigua (la que hoy consideramos como la disciplina filosófica que llamamos «Filosofía de la Naturaleza») coexistieron sin interferencias considerables. Cada una tenía trazado su estatuto propio. La Física antigua o Filosofía de la Naturaleza continuó con su propósito de definir el ser, esencia o naturaleza de... la Naturaleza y de los diversos modos de ser que la integran; y la Física nueva se propuso observar con minuciosidad y medir con exactitud los hechos particulares y comportamientos de esos mismos seres de la Naturaleza.

A últimos del siglo XVIII, comenzó a parecer o a dar la impresión de que la Física iniciaba un proceso de usurpación —o, si se quiere, de reivindicación— del coto que había reservado para sí desde siempre la Filosofía de la Naturaleza.

Schritte über Grenzen, München, R. Piper & Co. Verlag, 1971. Trad. *Más allá de la Física. Atravesando fronteras*, Madrid, BAC, 1974.

Casi todos los libros de Heisenberg son conjuntos de conferencias o artículos publicados con anterioridad aparte. Algunos de tales artículos aparecen total o parcialmente en distintos libros refundidos en una nueva redacción pero siguiendo la misma línea de ideas. Teniendo esto en cuenta, se puede decir que la producción literaria de Heisenberg es, en realidad, muy escasa.

Se inició el fenómeno con el asunto de los elementos. Tradicionalmente, desde Empédocles, se consideraba que los cuerpos elementales eran los cuatro famosos: fuego, aire, agua y tierra. El nacimiento de la Química, con Lavoisier (1775), sustituyó estos elementos por los conocidos «elementos químicos».

Con esto, comenzó a parecer o a dar la impresión de que, en cuestión de elementos, la Química suplantaba a la Filosofía de la Naturaleza. Quien decide sobre cuáles son los elementos no es, al parecer, la Filosofía de la Naturaleza sino la Química.

Poco después, en 1810, John Dalton, basado en determinadas observaciones, lanza, como es sabido, la hipótesis atómica, que será ampliamente confirmada a lo largo del siglo con observaciones de los más diversos tipos, tanto químicas como físicas.

Con ello, comenzó a parecer o a dar la impresión de que *también* las ciencias (la Química y la Física) comenzaban a decidir no solamente sobre cuáles eran los cuerpos elementales sino sobre *lo que son* ellos (y, con mayor razón, los compuestos). En contrapartida, la Filosofía de la Naturaleza parecía perder la exclusiva o monopolio de decidir sobre lo que son los cuerpos.

A la vez, este hecho operó un cambio de apreciación sobre la Filosofía de la Naturaleza de más amplia vigencia entonces: la aristotélica. El modo de pensar filosófico al que los científicos recurrieron como al más afín y consonante con los resultados de la investigación científica fue el atomismo de Demócrito, resultando desacreditado a sus ojos el hilemorfismo de Aristóteles. No es que los físicos y químicos fuesen atomistas porque lo fue Demócrito, sino que recurrían a Demócrito porque era el modo que más se acomodaba, en su opinión, a los hechos investigados por la ciencia. Se trataba de un «atomismo científico» no de un «atomismo filosófico».

A lo largo del siglo XIX se va reforzando y consolidando la hipótesis atómica por los más diversos procedimientos químicos y físicos, y los científicos inician la utilización de un lenguaje homólogo al de los filósofos: se habla de la «*constitución* intrínseca de la materia», de la «*naturaleza* de los cuerpos», de la «*estructura* de la materia»; se dice que los cuerpos *están constituidos* de átomos, que el agua *es* un compuesto de hidrógeno y oxígeno, etc. Así, pues, el lenguaje filosófico pasa a ser también lenguaje científico.

Pero lo que ocurrió en el siglo XIX no sólo fue que la Filosofía de la Naturaleza pareció perder la exclusiva del tema de la constitución o naturaleza de los cuerpos (lo que son) debido a que pareció que la Química y la Física *también* comenzaron a ocuparse

de él, sino que, en opinión de los científicos, el tema deja de ser filosófico y pasa a ser exclusivamente científico, *sólo* científico.

Así, la Física (a la que, a finales del siglo, se había traspasado ya el tema de los átomos) viene a suplantarse a la Filosofía de la Naturaleza. Esta desaparece prácticamente como ente autónomo y comienzan a aparecer las «filosofías científicas», es decir, las formas de filosofar tímidas y encogidas, alzadas por los que todavía tenían arrestos para superar la vergüenza de llamarse filósofos, entendidas como epílogo de los resultados de las ciencias —que daban por definitivos—, como hizo A. Comte; o alzadas por los mismos científicos, a partir de su propia ciencia, como hizo W. Ostwald. Se trataba, digo, de Filosofías de la Naturaleza sin autonomía, que iban a remolque de las ciencias y decidieron definirse como «positivistas», al estilo de Comte, e incluso como «materialistas» y «deterministas», al estilo de los «filósofos» del siglo XVIII, el último exponente Laplace.

Al suplantarse la Física a la Filosofía de la Naturaleza, los «átomos» dejan de ser propiamente «entes filosóficos» y pasan a ser «entes científicos»; concretamente, «entes físicos». Y, habiéndose confirmado y perfeccionado la hipótesis atómica a lo largo del siglo XIX hasta el punto de convertirse en teoría científica demostrada, a finales del siglo los físicos llegaron al convencimiento de que la ciencia había llegado ya al estado de perfección apetecible y sólo quedaban —como siempre quedan— cuestiones de detalle.

Pero cuando más segura estaba de sí misma, a últimos del XIX y principios del XX, se inicia la conocida «crisis» que terminará con el positivismo, el materialismo y el determinismo al uso.

Comienza la gestación de una nueva era en la Física, que se enfrenta fuertemente con la anterior —a la que llamará Física clásica— considerándola como alicorta y, a la vez, como animada de excesivas pretensiones.

Apoyadas en determinados experimentos, aparecen la Teoría de la relatividad y la Teoría cuántica —integrantes de la nueva Física— que recortan el valor de la Física clásica por ambos extremos: el del mundo macro-físico astronómico y el del mundo micro-físico atómico. La primera viene a presentarse como una ultra-astrología; y la segunda como una ultra-atomística.

En lo que se refiere al mundo micro-físico (que es el que aquí nos interesa), desde 1897 (con J. J. Thomson), los físicos habían comenzado a asomarse a las interioridades de los átomos y habían comenzado a hablar de corpúsculos sub-atómicos. El año 1900, Max Planck formulaba la llamada «Teoría cuántica», según la cual

la energía no es continua, sino que se efectúa de modo granular, corpuscular, por unidades concretas de materia, por átomo energético o «cuantos de acción». En tal teoría intervienen de modo capital los conceptos de «*quantum de energía*» y de «constante h » de acción, conceptos que entrarán en juego en las investigaciones de los autores posteriores que llevarán a perfección tal teoría.

Durante todo el primer cuarto del siglo, los físicos se esforzaron en imaginar y construir «modelos» de la interioridad del átomo, en conformidad con lo que parecían exigir los datos experimentales. Así aparecieron los famosos modelos de J. J. Thomson, E. Rutherford, N. Bohr, A. Sommerfeld, C. E. Uhlenbeck y Goudsmit.

En 1924, Luis de Broglie formuló la «Teoría ondulatoria», según la cual los mismos gránulos o unidades concretas de energía «constan de sistemas de ondas o no son más que sistemas de ondas».

En 1925, Heisenberg, partiendo de la Teoría cuántica de Planck, con el intento de llevarla a su perfección, formula la nueva *Mecánica cuántica*, que procede matemáticamente recurriendo al álgebra matricial y es conocida, por ello, como «Mecánica de matrices»².

Casi al mismo tiempo —aunque por separado— Schrödinger, partiendo a su vez de los trabajos de De Broglie, formula la llamada «Mecánica ondulatoria», que le llevó a las mismas formulaciones matemáticas de Heisenberg³.

Así nació la *Mecánica cuántica actual*, integrada de la «Mecánica de matrices» y de la «Mecánica ondulatoria». Es la que actualmente, atendiendo al contenido de ambas (atribuyendo su enfoque cuántico a la intervención de Heisenberg, y su enfoque ondulatorio a la de Schrödinger), se la conoce con el nombre abreviado de «Mecánica cuántica-ondulatoria». En ambos enfoques se rehúye la modelización imaginativa y su plasmación gráfica, y se utilizan exclusivamente valores y ecuaciones algebraicas.

2. Cf. W. HEISENBERG, *Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen*, en «Zeitschrift für Physik» 33 (1925) 879-893.

M. BORN und P. JORDAN, *Zur Quantenmechanik*, en «Zeitschrift für Physik» 34 (1925) 858-888.

M. BORN, W. HEISENBERG und P. JORDAN, *Zur Quantenmechanik II*, en «Zeitschrift für Physik» 35 (1926) 557-615.

3. Cf. E. SCHRÖDINGER, *Quantisierung als Eigenwertproblem*, en «Analen der Physik» 79 (1925) 361-376; 489-527. 80 (1925) 437-490. 81 (1926) 109-139.

Id., *Über das Verhältnis des Heisenberg-Born-Jordanischen Quantenmechanik zu der meinen*, en «Analen der Physik» 79 (1926) 734-759.

No es posible —ni es imprescindible para el caso— detenerme a exponer el contenido interno —bastante complicado⁴— de la Mecánica cuántica-ondulatoria y las interpretaciones a que fue sometida por los mismos físicos en los diez años siguientes a su nacimiento. Podemos decir que su interpretación quedó esencialmente fijada ya en 1927 con el «principio de incertidumbre» o «de indeterminación» propuesto por Heisenberg⁵ y el «principio de complementariedad» propuesto por Niels Bohr⁶, aceptados en la Convención de Copenhague⁷.

Lo que nos interesa principalmente es destacar, por una parte, qué es lo que el nacimiento de la Mecánica cuántica supuso para la Mecánica clásica en el ámbito de la Microfísica del átomo y del sub-átomo; y, por otra, la relación entre la Mecánica cuántica y la Filosofía de la Naturaleza.

2. LA FÍSICA Y LA FILOSOFÍA DE LA NATURALEZA A PARTIR DE HEISENBERG

El año 1925 representa para la Microfísica el comienzo de una nueva era, como se suele decir; un cambio profundo, tanto en lo referente a la Microfísica anterior como en lo referente a las relaciones de la Física con la Filosofía de la Naturaleza.

4. El tratamiento matemático de ambos enfoques: el corpuscular y el ondulatorio, coinciden; pero ha de advertirse que los enfoques mismos no sólo son distintos sino contrapuestos, hasta el extremo de presentarse con el cariz lógico de objetivamente inconciliables. En efecto: partiendo del punto de partida firme de Heisenberg, la energía *es*, sin lugar a dudas, una realidad discontinua, de consistencia puntual, corpuscular. Por otra parte, partiendo del punto de partida firme de Schrödinger, la energía *es* una realidad ondulatoria, puramente ondulatoria. ¿Qué es, pues, en realidad, la realidad que llamamos energía? ¿Las dos cosas a la vez? ¿Tiene el átomo una naturaleza dual contradictoria?

Esto parece lógicamente inadmisibile. Y ello plantea el problema fundamental de la unidad de la misma Mecánica cuántica, entendida como Teoría general que engloba los dos enfoques: el corpuscular y el ondulatorio.

El término clave que expresa la unidad de la teoría según la convención de Copenhague es el de «complementariedad» de ambos enfoques.

5. Cf. W. HEISENBERG, *Über den anschaulichen Inhalt der Quantentheoretischen Kinematik und Mechanik*, en «Zeitschrift für Physik» 43 (1927) 178-198.

6. Cf. N. BOHR, *The Quantum postulate and the recent development of Atomic Theory*, en «Atti del Congresso Internazionale dei Fisici», Como, 11-20 sett. 1927. Bologna, Zanichelli, 1928, pp.

7. Cf. *Diálogos sobre física atómica*, pp. 89-102. Un resumen global de las interpretaciones de la Mecánica cuántica, publicado el año pasado, con ocasión del 50 aniversario del nacimiento de la Mecánica cuántica, véase en Miguel Lorente, *Cincuenta años de Mecánica cuántica; un reto de la física a la filosofía*, en «Pen-samiento» 31 (1975) 407-428.

1) *Rechazo de la Física clásica*

El nacimiento de la Mecánica cuántica significó, por de pronto, el final de la crisis que la Mecánica clásica venía sufriendo desde primeros del siglo en lo tocante a su aplicación al campo de la Microfísica atómica y sub-atómica. Y la crisis terminó, naturalmente, con el rechazo de tal Mecánica.

No solamente fueron desechados, por inadecuados, los modelos del átomo que, a lo largo de los últimos años, los grandes especialistas de la interioridad del átomo se habían esforzado en construir pretendiendo reflejar la estructura interna del mismo, sino que se declaró que el esfuerzo mismo de construir representaciones de tal estilo era impropio.

Ese esfuerzo partía de un presupuesto admitido, pero no probado: que el átomo era como un microcosmos en el que se volvía a encontrar algo así como un mini-sistema solar, regido por las mismas leyes que el sistema solar astronómico, pero en micro-escala. Partiendo de tal presupuesto, los cálculos terminaban en la figuración del átomo como una diminuta esfera en la que se daban mini-satélites y las proporcionales mini-distancias estelares. Todo un tinglado estructural intra-atómico de sesgo para-astronómico.

Este doblaje, sin embargo, fue rechazado por la Mecánica cuántica como una construcción imaginativa que, arrastrada por las proporciones matemáticas de los fenómenos observados, ingenuamente degeneraba en la «cosificación» o «reificación» de las mismas.

La Mecánica cuántica comienza por desentenderse de todos los «modelos» del átomo entonces en uso, e incluso del propósito mismo de «modelización». Las partículas intra-atómicas y el átomo mismo no son entes «observables», ni siquiera «imaginables», sino tan sólo «pensables» con pensamiento matemático puro.

Por ello, el propósito de investigación de la Mecánica cuántica es tratar el átomo con exclusivo procedimiento matemático, partiendo de los hechos «observables», y evitando degenerar en ulteriores imaginaciones ni figuraciones de los resultados de tal investigación. Se limita, pues, a utilizar tan sólo símbolos del abstracto cálculo algebraico de matrices, viniendo a considerar los átomos desde fuera, o sea atendiendo sólo a lo que entra o sale de ellos: a las radiaciones absorbidas o emitidas por los átomos, cuyas magnitudes (frecuencias y amplitudes) son los únicos «observables» de

ellos y elaborables en ecuaciones matemáticas. Así, el átomo viene a ser considerado como un armazón de ecuaciones matemáticas, como un conjunto de símbolos que representan altas relaciones algebraicas.

Dice el mismo Heisenberg:

«En la anterior física de la corteza atómica se podía partir todavía de imágenes intuitivas, tomadas del repertorio de la física clásica... Pero en la física de las partículas elementales no se podrá hacer prácticamente nada con semejantes imágenes. Esta física es aún mucho más abstracta»⁸.

* * *

Por otra parte, y congruentemente con la crítica hecha a la Microfísica clásica, la Microfísica cuántica da *un paso atrás* en la pretensión de descubrir el ser, esencia o naturaleza de los átomos o partículas atómicas. Sus mismos creadores y sus máximos representantes declaran que las fórmulas matemáticas en las que se concretan los resultados de las investigaciones *no pretenden decir ni dicen nada de lo que son los átomos y las partículas en su ser en sí, naturaleza o esencia, sino sólo el modo como se nos manifiestan.*

En 1955 dice Heisenberg:

Actualmente «se ha puesto de manifiesto que aquella esperada realidad objetiva de las partículas elementales [que se les atribuía anteriormente] constituye una simplificación demasiado tosca de los hechos efectivos, y que debe ceder el paso a concepciones mucho más abstractas. Lo cierto es que cuando queremos formarnos una imagen del modo de ser de las partículas elementales, nos hallamos ante la fundamental imposibilidad de hacer abstracción de los procesos físicos mediante los cuales ganamos acceso a la observación de aquellas partículas»⁹.

8. HEISENBERG, W., *Diálogos sobre la física atómica*, cap. XIX: La teoría unificadora de campos (1957-1958), p. 286.

En varios lugares de sus obras relata el anecdotario biográfico de su reacción contra la modelización intuitiva de los átomos. Por ejemplo, en *La imagen de la naturaleza en la física actual*, pp. 56-57; *Diálogos sobre la física atómica*, pp. 6-21, 44-48, 49-53; *Más allá de la física*, pp. 50-51.

9. HEISENBERG, W., *La imagen de la naturaleza en la física actual*, p. 15.

En la Física atómica, «a los constituyentes elementales de la materia, a los entes que un día se concibieron como la última realidad objetiva, no podemos de ningún modo considerarlos 'en sí': se escabullen de toda determinación objetiva de espacio y tiempo, de modo que en último término nos vemos forzados a tomar por único objeto de la ciencia a nuestro propio conocimiento de aquellas partículas. La meta de la investigación, por consiguiente, no es ya el conocimiento de los átomos y de su movimiento 'en sí', prescindiendo de la problemática suscitada por nuestros procesos de experimentación... En la ciencia, *el objeto de la investigación no es la Naturaleza en sí misma, sino la Naturaleza sometida a la interrogación de los hombres*»¹⁰.

En 1958 dice también:

«La teoría cuántica... hace difícil concebir las partículas mínimas de la materia, las partículas elementales, como lo auténticamente real. Esas partículas elementales ya no son, si la teoría cuántica tiene razón, reales en el mismo sentido que las cosas de la vida cotidiana, los árboles o las piedras, sino que aparecen más bien como abstracciones, conseguidas del material de observación real, en sentido propio... No podemos, por tanto, evitar la conclusión de que nuestra representación anterior de la realidad en el dominio atómico no es ya utilizable, y que penetramos en difíciles abstracciones si pretendemos designar los átomos como lo auténticamente real»¹¹.

Y en 1964 se expresa así acerca de la cuestión de «si las últimas unidades de la materia son objetos físicos en el sentido corriente de la palabra, si existen de la misma manera que existen las piedras o las flores»:

«La teoría cuántica con su evolución desde hace ahora unos cuarenta años ha provocado en este punto una situación totalmente nueva. Las leyes de la teoría cuántica, formula-

10. *Ib.*, *Ib.*, p. 24. El subrayado es del original.

11. HEISENBERG, W., *El descubrimiento de Planck y los problemas filosóficos de la física atómica*, en *El hombre y el átomo, Rencontres Internationales de Genève 1958*, pp. 92-93.

das matemáticamente, demuestran claramente que nuestros conceptos intuitivos ordinarios no pueden utilizarse de forma inequívoca en relación con las partículas elementales. Todas las palabras o definiciones que empleamos para describir los objetos físicos ordinarios, como, por ejemplo, situación, velocidad, color, tamaño, etc., se tornan imprecisas y problemáticas cuando intentamos aplicarlas a las partículas elementales... En cambio, el lenguaje matemático [puede] servir perfectamente y reflejar con claridad la realidad referida»¹².

Los modos fundamentales como se nos manifiestan las últimas unidades de la materia son: como corpúsculos o como ondas. Estos modos, según la interpretación física de Copenhague, son dos modos *complementarios* de hacérsenos presentes tales unidades mediante la investigación física, pero con la enojosa peculiaridad, irremediablemente adjunta, de que uno y otro modo se escamotean mutuamente, ya que nunca puede determinarlos a la par, conjuntamente, la investigación física: en tanto ésta aumenta la determinación de uno de ellos, correlativamente se imposibilita la determinación del otro; de modo que siempre se encuentra uno de ellos en situación de *indeterminación* científica y, consecuentemente, el investigador en situación de *incertidumbre*.

En 1955 dice Heisenberg:

«Cuando observamos objetos de nuestra experiencia ordinaria [es decir: macro-física], el proceso físico que facilita la observación desempeña un papel secundario. Cuando se trata de los componentes mínimos de la materia [es decir: de objetos micro-físicos], en cambio, aquel proceso de observación representa un trastorno considerable, hasta el punto de que no puede ya hablarse del comportamiento de la partícula prescindiendo del proceso de observación. Resulta de ello, en definitiva, que las leyes naturales que se formulan matemáticamente en la teoría cuántica no se refieren ya a las partículas elementales en sí, sino a nuestro conocimiento de dichas partículas. La cuestión de si las partículas existen 'en sí' en el espacio y en el tiempo, no puede ya plantearse en esta forma, puesto que en todo caso no podemos hablar más que de los procesos que tienen lugar cuando la interacción

12. HEISENBERG, W., *Más allá de la física*, p. 180.

entre la partícula y algún otro sistema físico, por ejemplo los aparatos de medición, revela el comportamiento de la partícula. La noción de la realidad objetiva de las partículas elementales se ha disuelto por consiguiente en forma muy significativa, y no en niebla de alguna noción nueva de la realidad, oscura o todavía no comprendida, sino en la transparente claridad de una matemática que describe, no el comportamiento de las partículas elementales, pero sí nuestro conocimiento de dicho comportamiento. El físico atómico ha tenido que echar sus cuentas sobre la base de que su ciencia no es más que un eslabón en la cadena sin fin de las contraposiciones del hombre y la Naturaleza, y *que no le es lícito hablar sin más de la Naturaleza 'en sí'*»¹³.

Y varias páginas después dice: «En la medida en que en nuestro tiempo puede hablarse de una imagen de la Naturaleza propia de la ciencia natural exacta, la imagen no lo es en último análisis de la Naturaleza en sí; se trata de *una imagen de nuestra relación con la Naturaleza*. La antigua división del universo en un proceso objetivo en el espacio y en el tiempo por una parte, y por otra parte el alma en que se refleja aquel proceso, o sea la distinción cartesiana de la *res cogitans* y la *res extensa*, no sirve ya como punto de partida para la inteligencia de la ciencia natural moderna. Esta ciencia dirige su atención ante todo a la red de las relaciones entre hombre y Naturaleza: a las conexiones determinantes del hecho de que nosotros, en cuanto seres vivos corpóreos, somos parte dependiente de la Naturaleza, y al propio tiempo, en cuanto hombres, la hacemos objeto de nuestro pensamiento y nuestra acción... *La imagen del Universo propia de la ciencia natural no es pues ya la que corresponde a una ciencia cuyo objeto es la Naturaleza*»¹⁴.

13. HEISENBERG, W., *La imagen de la naturaleza en la física actual*, pp. 15-16. El subrayado es del original.

14. *Id.*, *Ib.*, pp. 29-30. Los subrayados son del original. En diversos pasajes de sus obras rechaza el dualismo radical de Descartes, pero es en la respuesta a una pregunta directa que, en su intervención en las *Rencontres Internationales de Genève de 1958*, le hizo René Schaerer, donde hace esta interesante comparación: «...Hoy nos parece que Descartes fue demasiado preciso en sus conceptos. Podríamos decir que el modo de ver Descartes podría más bien compararse a un partido de tenis donde la pelota pasa de un campo a otro con precisión, mientras que el modo de pensar de un Santo Tomás de Aquino se asemejaría a un partido de fútbol donde un campo entero está en movimiento y se desplaza conjuntamente» (*El hombre y el átomo*, p. 111. Cf. *Physics and Philosophy*, p. 80).

No se trata, pues, de que la Naturaleza se comporte de modo indeterminado en el sentido de que obre por azar y sin causa determinante (como algunos autores han pensado: Von Neumann, Destouches, etc., y, al parecer, el mismo Heisenberg y De Broglie en un principio); sino que a lo que se refiere la indeterminación es a nuestro conocimiento u observación de la Naturaleza. La Naturaleza pone una barrera o límite a nuestra observación de la misma antes de que llegemos a presenciara. «Lo observable» termina antes de que se haya terminado «lo que es».

En 1955 se expresa así también Heisenberg:

«La desviación [de la Física cuántica] respecto a la Física [clásica] precedente puede simbolizarse en las llamadas relaciones de indeterminación. Se demostró que no es posible determinar a la vez la posición y la velocidad de una partícula con un grado de precisión arbitrariamente fijado. Puede señalarse muy precisamente la posición, pero entonces la influencia del instrumento de observación imposibilita hasta cierto grado el conocimiento de la velocidad; e inversamente se desvanece el conocimiento de la posición al medir precisamente la velocidad; en forma tal, que la constante de Planck constituye un coto inferior del producto de ambas imprecisiones. Esta formulación sirve desde luego para poner de manifiesto con toda claridad que a partir de la Mecánica newtoniana no se alcanza gran cosa, ya que para calcular un proceso mecánico, justamente, hay que conocer a la vez con precisión la posición y la velocidad en determinado instante; y esto es lo imposible, según la teoría de los cuantos... Estas indicaciones permiten, incluso sin ahondar en la matemática de la teoría cuántica, comprender que *el conocimiento incompleto de un sistema es parte esencial de toda formulación de la teoría cuántica*. Las leyes de la teoría de los cuantos han de tener carácter estadístico... Los diferentes experimentos que demuestran la naturaleza ondulatoria de la materia atómica, y a la vez su naturaleza corpuscular, nos obligan para salvar su paradoja, a formular regulaciones estadísticas»¹⁵.

Y a lo que se contraponen las leyes o regularidades estadísticas (y el consiguiente conocimiento de probabilidades) no es al prin-

15. *Ib., Ib.*, pp. 39-40. El subrayado es del original.

cipio de causalidad sino a la convicción «determinista» (teoría de la determinación necesaria universal) que se inició con Laplace y se impuso y generalizó en el siglo XIX, según la cual todo hecho o acontecimiento de la Naturaleza está unívocamente determinado por otro antecedente *según regla fija*; de modo que, conocidas todas las condiciones del mismo en un momento dado, se puede prever y calcular su estado futuro. Este conocimiento es lo que no se da, según la Mecánica cuántica, en el mundo microfísico¹⁶.

Con todo esto está claro el espíritu de modestia, comedimiento, conciencia de los propios límites que tenía el gran Heisenberg como físico y el deseo expreso de mantenerse —como tal— en ellos y de que la investigación física no saliese de ellos.

Véase cómo en pocas líneas, el mismo Heisenberg nos ofrece un clarísimo resumen de las actitudes que ha mantenido la ciencia moderna a lo largo de su historia, y una advertencia muy útil para todo físico que sienta apetito de ser filósofo:

«1. En sus comienzos, la ciencia moderna [de la Naturaleza] se distingue por una deliberada modestia; formula enunciados válidos para dominios estrictamente delimitados, y sólo en tales límites les atribuye validez.

2. En el siglo XIX, aquella modestia se pierde en gran parte. Los resultados de la física son considerados como afirmaciones sobre todo el conjunto de la Naturaleza. La física aspira a ser una filosofía, y muchas veces se proclama que toda verdadera filosofía ha de ser únicamente ciencia de la Naturaleza.

3. Hoy, la física está experimentando una transformación radical, uno de cuyos más notables rasgos es la vuelta a su primitivo comedimiento.

4. Precisamente, el contenido filosófico de una ciencia sólo se preserva a condición de que dicha ciencia guarde bien presente la conciencia de sus límites. Los grandes descubrimientos sobre propiedades de fenómenos naturales singulares no son ya posibles si se prejuzga en general sobre la esencia de aquellos fenómenos. Si la física deja en suspenso la decisión sobre qué sean los cuerpos, la materia, la energía etc. —y sólo con esta condición— puede alcanzar conocimientos sobre pro-

16. Cf. W. HEISENBERG, *La imagen de la naturaleza en la física actual*, pp. 32-48.

piedades singulares de los fenómenos designados con aquellos términos; conocimientos que pueden luego conducir a auténticas concepciones filosóficas»¹⁷.

En conclusión: la Física atómica actual asegura que los llamados «entes científicos» (átomos y partículas sub-atómicas), que a los ojos de la Física clásica tenían valor de «entes naturales» que constituían el ser, la esencia o naturaleza de la materia, no son en realidad «entes físicos» sino «entes matemáticos» que la investigación física construye mentalmente como objetos-soportes con que legitimar la objetividad de la observación científica llegada a su límite. Y, por ello, los representantes genuinos de la Física atómica actual, comenzando por su fundador, reconociendo los límites metodológicos de su ciencia, operan sensatamente dentro de ellos y —en cuanto físicos— dejan en suspenso la decisión sobre qué sean los cuerpos, la materia, la energía, etc. Fieles al espíritu de su ciencia, *ni pretenden usurpar* el campo de la Filosofía de la Naturaleza y suplantarse a los filósofos que se ocupan de ella, *ni quieren que parezca o dé la impresión de que pretenden tal usurpación*.

* * *

Pero Heisenberg, además de gran físico, fue un hombre. Esto, dicho sin más, es una vulgaridad. Pero con ello quiero decir que, si como físico fue consciente del estatuto de su ciencia y, al actuar como tal, procuró mantenerse siempre dentro del campo de la misma y atenerse a las limitaciones de su método de investigación, como hombre no tenía por qué limitarse a ese campo ni a ese método por él mismo netamente delimitados. Como hombre tenía abiertos también los campos de otras ciencias en que especializarse *además de* la Física; y tenía la inteligencia que, siendo la que construye los métodos, desborda cualquiera de ellos y da al hombre la capacidad de adoptar otro después de haber adoptado uno, cambiando de método en consonancia con las exigencias fundamentales del objeto de investigación percibidas por ella misma.

Heisenberg, como hombre, tenía abierto principalmente el campo de la filosofía, particularmente el de la Filosofía de la Natura-

17. HEISENBERG, W., *Ib.*, pp. 185-186. Los subrayados son del original.

leza, como está perfectamente claro en sus escritos. Ello se comprende, pues es ésta la disciplina filosófica que está situada inmediatamente en el horizonte de los profesionales de la Física.

Puse bien; ¿cuál ha sido el resultado de esta instancia de Heisenberg a la Filosofía, que él ha considerado como ineludible hacer y ha hecho? Veamos.

2) *Repulsa del atomismo de Demócrito*

Se recordará que la imagen filosófica de la Naturaleza, preferida por los representantes de la Física atómica clásica, a partir de principios del siglo pasado, fue la democrítea. El atomismo de Demócrito fue considerado, si no como teoría dotada de valor científico, sí como el vislumbre más afín a la hipótesis (después teoría demostrada) atómica que proponía la ciencia, como la intuición genial y el precedente filosófico de por sí más fecundo, aunque tuvo la desgracia de ser anulado por el hilemorfismo de Aristóteles durante tantos siglos.

Sin embargo, la imagen filosófica de la Naturaleza, preferida por el mismo fundador de la Física atómica actual, Heisenberg, *no es la democrítea*, aunque quizá al lector se le haga increíble. A este rechazo del atomismo de Demócrito se sintió presionado por los «problemas filosófico-naturales resultantes de la búsqueda de una comprensión unitaria de los fenómenos naturales» que no está capacitada para dar la Física responsable de sus limitaciones, ni siquiera la Física cuántica; es decir, presionado por la búsqueda del «fundamento objetivo» de tales problemas planteados por su especialidad: la Física cuántica¹⁸.

La decisión de repulsa del atomismo de Demócrito es clara, firme y permanente en todos los escritos de Heisenberg; aparece en todos ellos sin concesiones ni transigencias. La decisión antidemocrítea es tan clara y tajante que no necesita textos confirmatorios. Ofreceré simplemente tres muestras:

En un relato referente al año 1933, dice:

«Hasta entonces habíamos venido creyendo en la antigua concepción de Demócrito, que se puede resumir con esta frase: 'En el principio era el átomo'. Se suponía que la materia visible estaba integrada por pequeñas unidades, y, si la va-

18. Cf. W. HEISENBERG, *El descubrimiento de Planck y los problemas filosóficos de la física atómica*, en *El hombre y el átomo*, p. 82.

mos dividiendo una y otra vez, llegamos, por último, a las unidades mínimas, que Demócrito llama 'átomos', y que ahora se llamarían 'partículas elementales'; por ejemplo, 'protones' o 'electrones'. Pero acaso toda esta filosofía era falsa»...¹⁹.

En 1958 dice:

«En los últimos veinte años, el desarrollo de la física atómica se ha separado todavía más de las representaciones básicas de la filosofía materialista en el antiguo sentido. Los experimentos han mostrado taxativamente que las imágenes con las cuales hemos de expresar, sin duda, las partes mínimas de la materia, las llamadas partículas elementales, no son perennes e inalterables, como había supuesto Demócrito, sino que pueden transformarse mutuamente»²⁰.

En 1964 dice:

«La filosofía materialista desarrollada en la antigüedad por Leucipo y Demócrito se ha visto situada en el punto focal de muchas discusiones, a partir del desarrollo que las ciencias naturales experimentaron en el siglo XVII, y constituye hoy —bajo la nueva forma del materialismo dialéctico— una de las fuerzas impulsoras de los cambios políticos en los siglos XIX y XX... Es evidente que en lo que se refiere a la estructura de la materia Platón se acercó mucho más a la verdad que Leucipo o Demócrito, a pesar del enorme éxito que el concepto de átomo ha logrado en la ciencia natural moderna»²¹.

Es evidente, en conclusión, que la Física cuántica, en opinión de su mismo fundador, no sintoniza, en absoluto, con la filosofía atomística de Demócrito.

19. HEISENBERG, W., *Diálogos sobre la física atómica*, cap. XI: Discusiones sobre el lenguaje (1933), p. 166.

20. HEISENBERG, W., *El descubrimiento de Planck y los problemas filosóficos de la física atómica*, en *El hombre y el átomo*, p. 93. Cf. pp. 83 y 111-112. Véase también *Physics and Philosophy*, cap. IV: Quantum theory and the Roots of Atomic Science, pp. 65-67, 69-71.

21. HEISENBERG, W., *La ley natural y estructura de la materia*, en *Más allá de la física*, p. 170. Cf. pp. 172-174; 179-180.

¿Con qué modo de pensar filosófico sobre la Naturaleza sintoniza, entonces, la Física cuántica a juicio de su autor?

Las declaraciones, citas e indicaciones expresadas que hace Heisenberg con frecuencia en sus obras se orientan hacia la filosofía platónica y hacia la aristotélica²². ¿En qué proporción o medida? Vamos a verlo en los dos puntos siguientes.

3) Vuelta la vista a Platón

Los remites a la filosofía de Platón son permanentes e invariables en las obras de Heisenberg.

El primer contacto con el *Timeo* de Platón ya lo tuvo siendo estudiante, en 1919. En su libro *La imagen de la Naturaleza en la física actual* cuenta la anécdota biográfica de este contacto²³, la cual repite en sus *Diálogos sobre física atómica*²⁴.

En 1933 vuelve otra vez el recuerdo del *Timeo*²⁵. En 1955 aparece nuevamente Platón relacionado con el *Mysterium Cosmographicum* y el *Harmonices Mundi* de Kepler²⁶. Y una intensificación del contacto con Platón tuvo lugar, quizá, debido a la amistad con su colaborador W. Pauli²⁷.

En 1958, dice:

«El desarrollo [de la teoría cuántica] de los últimos años, del que hablaremos ampliamente, ha descrito un viraje muy marcado desde Demócrito hacia Platón, si queremos hablar

22. A veces se detiene a comparar su teoría cuántica con las más significativas formas del pensamiento filosófico, entreteniéndose en hacer un recorrido histórico y en consignar al canto los puntos de tangencia consonante que, con buena disposición largamente condescendiente, pueden señalarse entre la Física cuántica y esos modos de pensar filosóficos. Así, en 1958, da un repaso al matematismo de Platón, al potencialismo de Aristóteles, al racionalismo de Descartes, al apriorismo de Kant, al positivismo de Mach, al idealismo de Hegel, al neopositivismo lógico (*El descubrimiento de Planck y las bases filosóficas de la Atomística*, en *Más allá de la física*, pp. 21-23. Cf. *Physics and Philosophy*, pp. 76-92; *Diálogos sobre la física atómica*, pp. 146-155; 254-269). Se me hace un tanto extraño que Heisenberg, en los repasos que hace a la historia de la filosofía, no mencione la *Monadología* del gran Leibniz, alemán como él, matemático y antimaterialista como él, y que ideó la teoría de los «átomos formales» inextensos y energéticos, tan sugestiva y, en algunos puntos fundamentales, tan afín a su modo de pensar.

23. HEISENBERG, W., *La imagen de la naturaleza en la física actual*, p. 58.

24. HEISENBERG, W., *Diálogos sobre la física atómica*, pp. 12-14, 18, 20.

25. *Id.*, *Ib.*, pp. 166-167.

26. *Id.*, *La imagen de la naturaleza en la física actual*, pp. 75-82.

27. Pauli llegó también a Platón a través de Kepler. Cf. W. HEISENBERG, *Conceptos filosóficos de Wolfgang Pauli*, en «Die Naturwissenschaften» 42 (1959) 661-663. Publicado también en *Más allá de la física*, pp. 35-43.

en términos de la filosofía griega antigua. Efectivamente, el descubrimiento de Planck contiene la demostración de que la estructura atómica de la materia puede concebirse como expresión de imágenes matemáticas ínsitas en las leyes naturales»²⁸.

«Como dijimos al hablar de los cuerpos de Platón y lo pusimos de relieve, las simetrías matemáticas desempeñan un papel especialmente importante en la teoría de las partículas elementales, y así, era de esperar que el descubrimiento de esta simetría viniera a ocupar un puesto relevante y permanente en la afirmación de la igualdad de los neutrinos»²⁹.

«La teoría definitiva de la materia se caracterizará de modo semejante a la de Platón por una serie de postulados de simetría fundamentales. Estas simetrías no podrán expresarse simplemente por figuras e imágenes, tal como era posible en los tiempos de Platón, sino por ecuaciones»³⁰.

El mismo año 1958, en los *Rencontres Internationales de Genève*, se pronuncia también del lado de Platón:

«Puede decirse ya que aquí [en punto a la ley fundamental de la Naturaleza, todavía no expresada en fórmula matemática definitiva] la respuesta definitiva estará más próxima a la concepción filosófica tal como fue expuesta en el *Timeo*, de Platón, que a la de los antiguos materialistas... Las partículas elementales de la física actual se encuentran mucho más emparentadas con los cuerpos platónicos que con los átomos de Demócrito... Están determinadas, como tales cuerpos regulares de la filosofía platónica, por exigencias de simetría matemática. No son eternas e inalterables y apenas corresponden, por consiguiente, a lo que se podría designar, en sentido propio, como real [= como cuerpos en pequeño]. Más bien representan simples manifestaciones de la estructura matemática fundamental a la cual se llega si se pretende dividir la materia [= los cuerpos o sustancias materiales] siempre más allá, y que justamente forman el contenido de la ley fundamental de la naturaleza. Por consiguiente, para la moder-

28. HEISENBERG, W., *El descubrimiento de Planck y las bases filosóficas de la Atomística*, en *Más allá de la física*, p. 23.

29. *Ib.*, *Ib.*, p. 29. Cf. p. 31.

30. *Ib.*, *Ib.*, p. 32. Cf. p. 34. Cf. *Physics and Philosophy*, pp. 67-69, 71-75.

na ciencia natural, en el principio se encuentra no la cosa material [= el cuerpo que se divide] sino la forma, la simetría matemática», es decir, «el sentido»³¹.

Pero en esta conferencia, sin embargo, aunque cita a Platón, se inclina más fuertemente, como veremos, por Aristóteles. Posteriormente, no obstante, a no ser en dos ocasiones en 1960, en que remite a la noción aristotélica de «potencia», ya no menciona más a Aristóteles.

En 1964, en el trabajo *Ley natural y estructura de la materia*, en el que se propone «comparar las discusiones filosóficas de la antigua Grecia con los resultados de la ciencia experimental y de la física moderna»³², anticipa el resultado, como ya vimos a otro propósito:

«Es evidente que, en lo que se refiere a la estructura de la materia, Platón se acercó mucho más a la verdad que Leucipo o Demócrito, a pesar del enorme éxito que el concepto del átomo ha logrado en la ciencia natural moderna»³³.

«Cuando Platón —dice después— se ocupó de los problemas planteados por Leucipo y Demócrito, aceptó el concepto de partículas últimas de la materia, pero se opuso con energía a la tendencia que aquella filosofía sentía de considerar a los átomos como fundamento de todo lo existente, como únicos objetos materiales realmente existentes. Los átomos, según Platón, no eran propiamente materia, eran considerados como formas geométricas, como los cuerpos regulares de los matemáticos. En consecuencia con el punto de partida de su filosofía idealista, estos cuerpos eran en cierto modo las ideas, que sirven de fundamento a la estructura de la materia y caracterizan el comportamiento físico de los elementos que a ellas corresponden»³⁴.

«Claro que estos cuerpos no eran átomos en sentido estricto, no eran unidades básicas indivisibles en el sentido de la filosofía materialista»; los últimos elementos de los cuer-

31. HEISENBERG, W., *El descubrimiento de Planck y los problemas filosóficos de la física atómica*, en *El hombre y el átomo*, p. 99.

32. HEISENBERG, W., *Ley natural y estructura de la materia* (3 de junio de 1964), en *Más allá de la física*, p. 170.

33. *Id.*, *Ib.*, p. 170. Cf. pp. 83-85.

34. *Id.*, *Ib.*, pp. 174-175.

pos geométricos, «los triángulos, como superficies bidimensionales, no eran cuerpos ni tampoco materia; de ahí que no fuera posible el dividir la materia hasta el infinito. El concepto de materia se diluye, por tanto, en última instancia, es decir, en el campo de las dimensiones espaciales más pequeñas, en el concepto de la forma matemática»³⁵. Por tanto, «la estructura básica subyacente en los fenómenos viene dada no por objetos materiales, como los átomos de Demócrito, sino por la forma que determina a los objetos materiales. Las ideas son más fundamentales que los objetos»³⁶. «Las ideas tienen que poder describirse matemáticamente, son pura y simplemente formas matemáticas»³⁷.

Posteriormente, se pregunta: «¿A quién dará la razón la ciencia, a la teoría de Demócrito o a la de Platón?». Y contesta: «Creo que en este punto la física moderna se ha decidido definitivamente por Platón. Porque realmente las unidades mínimas de la materia no son objetos físicos en el sentido ordinario de la palabra; son formas, estructuras o ideas —en el sentido de Platón— de las que sólo puede hablarse sin equívocos con el lenguaje matemático»³⁸. «Las simetrías de Platón no eran las apropiadas; pero Platón tenía razón al creer que, a fin de cuentas, en el centro de la naturaleza, en el seno de las unidades últimas de la materia se hallan simetrías matemáticas»³⁹.

En 1969, escribe su obra *Diálogos sobre física atómica*, en la que relata sus recuerdos en forma de diálogos con sus amigos y colaboradores. El último capítulo del libro, que abarca los años 1961-1965, lleva el significativo título «Las partículas elementales y la filosofía de Platón». En él, efectivamente, la filosofía que propone como la preferida desde el punto de vista de la Física cuántica es la de Platón (sin mencionar para nada a Aristóteles).

Recordando aquellos años, dice:

«Pasados ya aquellos tiempos inquietos, podíamos ahora meditar tranquilamente sobre los grandes problemas que ha-

35. *Id., Ib.*, p. 175.

36. *Id., Ib.*, pp. 175-176.

37. *Id., Ib.*, p. 176.

38. *Id., Ib.*, p. 182.

39. *Id., Ib.*, p. 183. Cf. p. 187.

bía planteado Platón, y que acaso ahora en la física de las partículas elementales encontrarían solución»⁴⁰.

El tema físico concreto desde el cual considera la filosofía de Platón es el de la «bipartición y disminución de simetrías» estudiado por Wolfgang Pauli, a través del cual intenta encontrar las fórmulas matemáticas que expresen las propiedades de la simetría del cosmos, las primeras decisiones simétricas de la Naturaleza. Y dice aludiendo a Platón:

«Tales decisiones determinan simetrías de una vez para siempre, establecen estructuras que son decisivas para los hechos futuros. 'Al principio era la simetría'; esto es algo, sin duda, más acertado que la tesis de Demócrito: 'Al principio era la partícula'. Las partículas elementales encarnan las simetrías, son aquéllas las representaciones más sencillas de éstas, pero no más que una consecuencia de las simetrías»⁴¹. «Las partículas elementales pueden compararse con los cuerpos regulares del *Timeo* de Platón. Son los prototipos, las ideas de la materia»⁴².

Al final del citado capítulo, presenta unas sugerencias interesantísimas que, si por una parte marginan la «potencia» de Aristóteles como insuficiente para resolver los problemas *lógicos* que crea la complementariedad que juega en la Física cuántica, por otra parte intentan ir más allá del horizonte de la «simetría» propuesta por Platón.

El antecedente de que parte es el esfuerzo de Karl Friedrich von Weizsäcker en buscar la estructura matemática que expresase la alternativa triple (ultra-aristotélica, sobreentiende) con que procedía la formulación llamada «ecuación de campos», y que vendría a expresar el modo matemático fundamental con que se efectuaría el despliegue del mundo⁴³. Es un párrafo que no tiene desperdicio y me creo obligado a ofrecérselo al lector. Heisenberg contesta a Weizsäcker:

«Tú pretendes edificar las partículas elementales, y con ellas, en última instancia, el universo, a base de alternativas,

40. HEISENBERG, W., *Diálogos sobre la física atómica*, p. 301.

41. *Ib.*, p. 296.

42. *Ib.*, p. 297.

43. *Ib.*, p. 301-302.

de forma parecida a como Platón quería edificar sus cuerpos regulares, y con éstos también el cosmos, a base de triángulos. Las alternativas no son materia, como tampoco lo eran los triángulos del *Timeo* de Platón. Pero a partir de la lógica de la teoría cuántica, la alternativa es una forma fundamental de la que pueden derivarse formas más complicadas a través de un proceso de repetición. Si no entiendo mal, el camino llevaría desde la alternativa a un grupo de simetrías, esto es, a una propiedad; las formas representativas de una propiedad o de varias de ellas son las estructuras matemáticas de las partículas elementales; ellas son —por así decirlo— las ideas de estas partículas elementales, a las cuales corresponde prácticamente el objeto 'partículas elementales'. Esta construcción universal me resulta plenamente comprensible. Además, la alternativa es, sin duda, una estructura de nuestro pensamiento mucho más fundamental que el triángulo»⁴⁴.

Se ve, se palpa dónde tienen puestos los ojos Weizsäcker y Heisenberg: en un nivel mucho más profundo que el de los triángulos de Platón. Intentan *dar razón* de los triángulos mismos; hallar *la razón de ser* de la «simetría matemática». Ella suponen que se encuentra en la «alternativa», como en una estructura radical de potencia estructurante del universo físico. Sólo que lo que buscan es la razón matemática o fórmula según la cual se cumple esa alternativa.

Pero, ante la realización de este ambicioso programa de Weizsäcker, Heisenberg —con sus sesenta y ocho años de edad— le dice:

«Me imagino que la realización exacta de tu programa tendrá dificultades extraordinarias, porque necesita un pensamiento de tan alto grado de abstracción como hasta ahora no se ha visto al menos en física. Para mí esto sería demasiado difícil. Pero la generación joven tiene más facilidad para moverse en el plano de la abstracción. En todo caso, tendrás que emprender esta tarea junto con tus colaboradores»⁴⁵.

Así vienen a terminar los *Diálogos*. Después de esta fecha, sólo cita a Platón de modo bastante marginal (y sin añadir nada nuevo)

44. *Ib.*, *ib.*, p. 303.

45. *Ib.*, *ib.*

en su conferencia *El concepto de lo bello en las ciencias de la Naturaleza*, leída ante la Academia Bávara de las Bellas Artes, en Munich 1970 ⁴⁶.

4) *La instancia a Aristóteles*

Los remites a Aristóteles comienzan —según mis datos— en las «Gifford Lectures», dadas en 1955-1956 en la University of St. Andrews. Y están emparentadas, inicialmente, con el carácter de «indeterminación» y de «probabilidad» del conocimiento en la investigación sobre los cuantos.

En 1955-1956, dijo:

«La onda de probabilidad de Bohr-Kramers-Slater significa más que esto [= más que un juego de probabilidades estadísticas]; significa una tendencia hacia algo. Fue una interpretación cuantitativa del antiguo concepto de 'potencia' en la filosofía aristotélica. Introdujo algo intermedio entre la idea de un suceso y el suceso actual, una singular realidad física en medio de la posibilidad y de la realidad» ⁴⁷.

Poco después vuelve a decir:

«La función de probabilidad combina elementos objetivos y subjetivos. Contiene representaciones acerca de posibilidades o más bien tendencias ('potencia' en la filosofía aristotélica), y estas representaciones son completamente objetivas ya que no dependen de ningún observador; y contiene representaciones acerca de nuestro conocimiento del sistema, las cuales, naturalmente, son subjetivas ya que pueden ser diferentes para distintos observadores» ⁴⁸.

Pero en otro lugar ya expone la noción aristotélica de «materia» en su propio terreno de la Filosofía de la Naturaleza. Dice:

«En la filosofía de Aristóteles, la materia era entendida en relación con la forma. Todo lo que nosotros percibimos en el mundo de los fenómenos de nuestro alrededor es materia formada. La materia es en sí misma no una realidad [actual]

46. Publicada primeramente en la colección «Belsler-Press», *Meilensteine des Denkens und Forschens*, Stuttgart 1971, y después en *Más allá de la física*, pp. 233-249. Cf. pp. 236-239, 244.

47. HEISENBERG, W., *Physics and Philosophy*, p. 41.

48. *Id.*, *Ib.*, p. 53.

sino una posibilidad, una 'potencia'; existe sólo mediante la forma. En el proceso natural de la 'esencia', como Aristóteles la llama, pasa, mediante la forma, de la mera posibilidad a la actualidad. La materia de Aristóteles no es, ciertamente, una materia específica, como el agua o el aire, no es simplemente un espacio vacío; es una especie de sustrato corporal indefinido, que envuelve la posibilidad de pasar a la actualidad mediante la forma»⁴⁹.

Pues bien; según la Física atómica actual:

«Todas las partículas elementales están hechas de la misma sustancia, que podemos llamar energía o materia universal; las cuales son justamente diferentes formas de presentarse la materia [= la energía].

Si comparamos esta situación con los conceptos aristotélicos de materia y forma, podemos decir que la materia de Aristóteles, que es mera 'potencia', debe ser asimilada a nuestro concepto de energía, la cual se convierte en actualidad mediante la forma cuando se produce la partícula elemental.

La física moderna no está satisfecha, naturalmente, con la simple descripción cualitativa de la estructura fundamental de la materia [= ¿de los cuerpos?, ¿de la energía?]; sobre la base de investigaciones experimentales cuidadosas, debe intentar conseguir una formulación matemática de estas leyes naturales que determinan las 'formas' de la materia [= ¿de los cuerpos?, ¿de la energía?], las partículas elementales y sus fuerzas. En esta parte de la física ya no se puede sostener más una clara distinción entre materia y fuerza, desde el momento que cada partícula elemental no sólo produce unas fuerzas y es actuada por fuerzas, sino que al mismo tiempo representa una misma entidad como materia y como fuerza»⁵⁰.

En 1958, con ocasión de hablar de las «relaciones de indeterminación», dice:

«No podemos fijar en fórmulas matemáticas sucesos objetivos, sino la probabilidad de que aparezcan ciertos fenóme-

49. *Ib., Ib.*, pp. 147-148.

50. *Ib., Ib.*, p. 160. Cf. pp. 180-181.

nos. No el hecho en sí, sino la posibilidad de que ocurra —la 'potencia' que diría Aristóteles— está estrechamente sometida a rígidas leyes naturales»⁵¹.

En otro escrito, bastante paralelo, del mismo año 1958, dice:

«Las ondas de probabilidad de la versión de Bohr-Kramers-Slater pueden interpretarse como una representación cuantitativa del concepto de δύναμις (potencialidad) o de 'potencia', según la expresión latina posterior, de la filosofía aristotélica. El pensamiento de que el suceder mismo no está determinado taxativamente, sino que la potencialidad o la 'tendencia' hacia un suceso posee una especie de realidad —una capa intermedia de lo real que se encuentra centralmente entre la realidad masiva de la materia [= de los cuerpos] y la espiritualidad de la idea o la imagen—, tal pensamiento juega un papel decisivo en la filosofía de Aristóteles. En la moderna teoría cuántica adquiere una nueva forma, puesto que aun este concepto de potencialidad se formula cuantitativamente como probabilidad y queda sometido a la inteligibilidad matemática de las leyes naturales. Las leyes naturales formuladas en el lenguaje de la matemática no determinan ya aquí el acontecer mismo, sino la posibilidad del acontecer, la probabilidad de que algo acontezca»⁵².

Más adelante, y paralelamente a lo dicho en el escrito anterior, dice:

«Todas las partículas elementales [«últimas unidades materiales», es decir, «las unidades en las cuales la materia se descompone con la utilización de fuerzas externas»], están hechas de la misma materia, es decir, de energía. Son las diferentes formas en las que debe darse la energía para convertirse en materia [= en cuerpos, en sustancias materiales]. Aquí vuelve a presentarse la pareja conceptual 'contenido-forma' o 'materia-forma' de la filosofía de Aristóteles. La energía no es sólo la fuerza que mantiene todo en perenne

51. HEISENBERG, W., *El descubrimiento de Planck y las bases filosóficas de la atomística*, en *Más allá de la física*, p. 21. Cf. p. 22.

52. HEISENBERG, W., *El descubrimiento de Planck y los problemas filosóficos de la física atómica*, en *El hombre y el átomo*, pp. 88-89.

movimiento, es también [en sentido radical y básico], como el fuego en la filosofía de Heráclito, la materia fundamental de la cual está compuesto el mundo. La materia [= los cuerpos, las sustancias materiales] toma existencia debido a que el sustrato energético [= la materia fundamental] se da en forma de partículas elementales [= formas]. Según nuestro conocimiento actual existen varias de tales formas, conocemos actualmente quizá veinticinco especies de partículas elementales, y tenemos rectos fundamentos para suponer que todas estas formas son expresiones de ciertas estructuras matemáticas fundamentales, por tanto, consecuencias de una ley básica, expresable en lenguaje matemático, según la cual las partículas elementales resultan como solución»⁵³.

«Las partículas elementales son, en consecuencia, las formas básicas en las cuales puede darse el sustrato energético para convertirse en materia [= en cuerpos, en sustancias materiales], y estas formas básicas deben determinarse de algún modo a través de una ley fundamental expresable en lenguaje matemático»⁵⁴. Ley fundamental que persigue la Física de hoy, cuya formulación ya se ha propuesto prudentemente pero que no ha sido todavía confirmada⁵⁵.

Estas dos últimas citas que he hecho pertenecen a la conferencia que pronunció Heisenberg sobre *El descubrimiento de Planck*

53. *Id., Ib.*, pp. 95-96.

54. *Id., Ib.*, p. 96. Para comprender, y para ver confirmadas en el mismo Heisenberg, las dos acepciones del término «materia» (una como equivalente de «energía» y otra como contrapuesta a ella) que juegan en este texto citado y en los dos anteriores, las cuales pueden engendrar confusión, véase el siguiente pasaje: «Puede afirmarse que todas las partículas están hechas de la misma sustancia fundamental, que puede denominarse *energía* o *materia*. Otra formulación posible: la 'energía' como sustancia fundamental se hace 'materia' desde el momento en que se transforma en partícula elemental». *Ley natural y estructura de la materia*, en *Más allá de la física*, p. 181. Los subrayados son míos.

55. Cf. *El descubrimiento de Planck y los problemas filosóficos de la física atómica*, en *El hombre y el átomo*, pp. 96-98. (Véase también en *Ley natural y estructura de la materia*, en *Más allá de la física*, p. 182). El pasaje citado lo dijo en julio de 1958, en el congreso de Ginebra. El mismo Heisenberg había propuesto prudentemente ese intento de formulación en la conferencia que lleva casi el mismo título: *El descubrimiento de Planck y las bases filosóficas de la atomística*, pronunciada el 25 de abril del mismo año en el *Kongresshalle* de Berlín occidental. La fórmula aludida es la siguiente (Cf. *Más allá de la física*, p. 30), que explica en su obra *Einführung in die einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen* (Stuttgart, S. Hirzel Verlag, 1967):

$$\gamma_{\nu} \frac{\delta}{\delta \gamma_{\nu}} \psi \pm l^2 \gamma_{\mu} \gamma_{\nu} \psi (\psi + \gamma_{\mu} \gamma_{\nu} \psi) = 0$$

y los problemas filosóficos de la física atómica en las «Rencontres Internationales de Genève», de julio de 1958. En el coloquio que siguió sobre tal conferencia, intervino —entre otros— René Schaefer con la consiguiente objeción: «No comprendo que no esté usted más cerca de Demócrito, a pesar de su materialismo [ya que ahí no radica lo esencial], que de Aristóteles... Le encuentro mucho más cerca de Demócrito y más lejos de Aristóteles de lo que usted dice»⁵⁶.

Heisenberg contesta dando la razón de su aproximación a Aristóteles:

En la filosofía de Demócrito, los átomos no son destruíbles por ninguna colisión; un átomo, efectivamente, siempre sigue siendo un átomo (como había dicho Schaefer). «Según las ideas de los físicos clásicos, esta colisión se producía de un modo completamente análogo a la que pudiera producirse entre un planeta y un cometa [de acero irrompible; por lo cual no serían internamente perturbados por la colisión, sino sólo variados en sus trayectorias según previsión de las leyes mecánicas]. Pero, según la física moderna [= la Física cuántica de primeros de siglo], el resultado de esta colisión, si bien depende de condiciones iniciales, no es, sin embargo previsible en modo alguno. Existe una probabilidad de encontrar, en el átomo excitado, un electrón; otra de encontrar al núcleo privado de su electrón. Estas probabilidades son fijas y no hay posibilidad de modificarlas. Sin embargo, el átomo que ahora [en la Física cuántica de las partículas elementales] se tiene ya no es del todo como era antes [en la clásica y menos en Demócrito], y ahora se sabe que, cuando una interacción [por ejemplo del hidrógeno] posee suficiente energía, puede ocurrir que ya no se vuelva a encontrar [el átomo de hidrógeno]. Se encuentra otra cosa completamente distinta. Existen diversos casos posibles conectados entre sí por relaciones de probabilidad. Luego lo que se obtiene como resultado de una interacción, de una acción cualquiera, no son siempre objetos, sino formas. Formas de esa energía que es la materia prima fundamental de la física moderna, capaz de adoptar formas diferentes, que reconocemos como objetos»⁵⁷.

56. Cf. *El hombre y el átomo*, pp. 111-112.

57. *Id.*, *Ib.*, p. 112.

En esta conferencia de Ginebra propone con gran relieve la relación de la Física cuántica con Platón y Aristóteles; pero, evidentemente, predomina y decide Aristóteles. Sin embargo, a partir de esta fecha, ya apenas se acuerda de Aristóteles; los remites son casi exclusivamente hacia Platón. Tan sólo he encontrado que cite a Aristóteles en dos ocasiones, las dos en 1960, y muy levemente.

Una de ellas es a propósito de la interpretación lógica de la teoría cuántica por Weizsäcker como lógica de la «probabilidad»:

«También aquí es evidente que el concepto de posibilidad que ha jugado un papel tan importante en la filosofía de Aristóteles, vuelve a ocupar un puesto central en la filosofía moderna. Las leyes matemáticas de la teoría cuántica pueden concebirse como expresión cuantitativa del concepto aristotélico de 'dynamis' o 'potencia'. Claro está que Aristóteles no pensó nunca en utilizar este concepto para una ampliación de su lógica. Pero así y todo, este concepto de 'posibilidad' se halla acertadamente situado en el centro, entre el concepto de realidad material objetiva, por una parte, y la realidad espiritual y, por lo mismo, subjetiva, por otra. La 'probabilidad' teórico-cuántica tiene, al menos en parte, un carácter objetivo, si bien, cuando queremos interpretarla como frecuencia, significa solamente la frecuencia dentro de una totalidad conceptual»⁵⁸.

Otra es a propósito de la estructura fundamental común de la Naturaleza (la cita es implícita):

En la Física atómica moderna «las imágenes, aparentemente contradictorias, que surgían al expresar los experimentos físico-químicos, trajeron consigo el concepto de 'posibilidad' o 'realidad potencial', que sirve de base a la interpretación teórica. Así... la oposición entre fuerza y materia perdió su principal significación... Gracias a él [al concepto de «realidad meramente potencial»] ...se obtuvo en los decenios últimos, y como resultado de nuevos experimentos, la tan buscada unión entre las distintas clases de campos de fuerzas»⁵⁹.

58. *Lenguaje y realidad en la física moderna*; trabajo leído en una sesión de la Academia Bávara de las Bellas Artes, en 1960. Publicado en su obra *Physik und Philosophie*, Stuttgart, S. Hirzel Verlag, 1960; y después en *Más allá de la física*, pp. 105-126. Cf. p. 123.

59. *La abstracción en la ciencia moderna de la naturaleza*; trabajo leído en

3. VALORACION DE LA ORIENTACION FILOSOFICA DE HEISENBERG

Con lo dicho conocemos ya el punto en que se encuentra la Física en su momento actual, iniciado por Heisenberg en 1925 con su investigación que trajo como resultado la Física cuántica, y la interpretación *física* de la misma.

Sabemos también la orientación *filosófica* que llegó a obtener el físico Heisenberg al dar el salto a la Filosofía de la Naturaleza y otear en este campo buscando orientación «meta-física». ¿Qué sentido tiene este esfuerzo de orientación de Heisenberg en el campo de la Filosofía de la Naturaleza?

1) Sentido del recurso del físico Heisenberg a la Filosofía de la Naturaleza

El objetivo de la Filosofía de la Naturaleza, permanentemente por ella proclamado, es llegar a comprender el ser, esencia o naturaleza de... la Naturaleza, de los seres que observamos en ella.

1960 y publicado por primera vez en *Reden und Gedankworte*, vol. 4, Heidelberg, Verlag Lambert Schneider, 1962, pp. 141-164; y después en *Más allá de la física*, pp. 133-152. Cf. pp. 146-147.

¿A qué fue debido este cierto retraimiento en recurrir a Aristóteles? No lo sé. ¿Pudieron intervenir en ello las fuertes observaciones que le hicieron en las *Rencontres Internationales de Genève* de 1958 sobre la noción de «potencia»? En ellas, René Schaerer declaró: la «potencia» de Aristóteles «me parece cosa muy distinta de la indeterminación de Heisenberg —me cuesta un poco seguir al señor Heisenberg en este punto—» (*El hombre y el átomo*, Coloquio, p. 110). Daniel Christoff intervino diciendo: «Se hizo cuestión de una relación entre las nociones de probabilidad y de potencia (el orden de *potentia*) en Aristóteles. ¿Significa esto, por lo tanto, que todo en el mundo es virtualidad? Una virtualidad que se consuma continuamente, sin duda, pero que jamás se consuma del todo. Porque yo busco, en correlación con esta noción de *potentia*, dónde se sitúa el acto. ¿Hay que entender que el acto es la energía? Pero entonces, ¿no es el acto concreto el que constituye cada objeto?» (*Ib.*, p. 118).

Heisenberg contestó a Christoff: «Es un punto muy difícil de tratar. Cuando se considera una onda electromagnética o un rayo luminoso que incide sobre una placa fotográfica, esta onda luminosa es la condición para que según cierta probabilidad, ocurra algo que responda a la pregunta: ¿va a formarse un grano de plata sobre esta placa? El acto es la aparición del grano de plata y la onda luminosa es la *potentia*. Acto y potencia están, pues, íntimamente ligados y cuando se averigüe la incidencia de la onda luminosa en el acto, es decir, en el grano de plata, éste aparecerá como un *a priori*. En la física clásica, donde los fenómenos son objetivos, puede emplearse el lenguaje tradicional de la física, o sea el lenguaje de todos los días. Pero, en la física moderna, las estructuras matemáticas que hallamos nos informan sobre la posibilidad de un fenómeno y no sobre el fenómeno mismo. En este sentido, en la física clásica, lo que se busca en el fenómeno es el acto, mientras que corresponde a la *potentia* la correlación con las estructuras matemáticas» (*Ib.*, p. 118).

El nivel de máxima profundidad teórica a que ha llegado la Física a lo largo de su historia de casi cuatro siglos es —como hemos visto— el que ha alcanzado su tratado conocido con el nombre de «Física atómica». Y dentro de ésta el subtratado relativo a las llamadas partículas subatómicas que integran la llamada «Física de las partículas elementales». Y, si se quiere, dentro de éste, el capítulo relativo a las partículas del núcleo del átomo, que integra la llamada «Física nuclear».

La Física atómica y, en particular, la Física de las partículas elementales y la Física nuclear, son las teorizaciones que más se aproximan y más afinidad presentan con el objetivo de la Filosofía de la Naturaleza.

Sin embargo, el iniciador y orientador del sentido de la Física atómica, en su última etapa, Werner Heisenberg —sentido que se concreta en la llamada «Física cuántica»—, ha tenido la preocupación de advertir insistentemente que la Física cuántica no pretende suplantar a la Filosofía de la Naturaleza absorbiendo o usurpando el objetivo de ésta. Al contrario, la Física ha renunciado a «filosofar» (a vueltas de los excesos del siglo pasado) y se ha limitado a «fisizar», que es lo suyo.

Este espíritu infundido a la Física por Heisenberg está compartido por todos sus máximos representantes actuales; es un espíritu generalizado⁶⁰. Espíritu cualificado de moderación, de sensatez, de conciencia profesional responsable.

Por lo demás, esta prudente y sensata limitación del profesional de la Física al campo de su investigación y al modo de la misma, no significa que el hombre que es todo físico haya de quedar encerrado en el campo y método de su investigación especializada, de modo que la cualidad de la especialización tenga como necesario efecto retroactivo incapacitarlo para salir fuera de su misma especialidad.

Es cierto que es un peligro que amenaza a todo investigador especializado. Pero ser arrastrado por su propia especialidad hasta ese extremo sería adquirir la tara de la cerrazón. Sobre todo si, en nombre de su misma especialidad, se encoge y sigue encerrado en ella cuando es ella misma la que le presiona a salir fuera, lo que ocurre cuando se ha llegado a los límites de la misma.

60. Véanse, por ejemplo, las exposiciones generales: W. C. DAMPIER, *Historia de las ciencias y sus relaciones con la filosofía y la religión*, trad. española, Madrid, Tecnos, 1972; R. TATON, *Historia general de las ciencias*, 4 vols., trad. esp., Barcelona, Destino, 1971 ss.; MILIC CAPEK, *El impacto filosófico de la física contemporánea*, trad. española, Madrid, Tecnos, 1965.

Por otra parte, empujado por esa presión, puede el físico lanzarse a filosofar. Este salto hacia la filosofía es, por principio, legítimo. Heisenberg, en uno de los *Diálogos*, en el que se comenta la fobia de los positivistas contra la Metafísica, atribuye a Pauli esta intervención, que sitúa en 1952:

«¿Piensas que la física no consiste solamente en experimentos y mediciones, por una parte, y en fórmulas matemáticas, por otra, sino que *en el enlace entre estas dos partes debe intervenir una auténtica filosofía?* Esto significa que, sirviéndonos del lenguaje natural, es preciso aclarar lo que sucede realmente en este acoplamiento entre experimento y matemática. *Sospecho que todas las dificultades para comprender la teoría cuántica surgen precisamente de este enlace.*»⁶¹.

Como se ve, remite a la filosofía del conocimiento típico de la ciencia física. En tal tema filosófico hay dos peligros: el positivista (del que venían hablando), que rechaza, como sin sentido, el intento de tal enlace; y el idealista, que enlaza ambas partes sometiendo la Naturaleza a las Matemáticas.

Poco después, pone en boca de Niels Bohr estas palabras, como pronunciadas en la reunión de Copenhague respondiendo al conferenciante Philipp Frank:

«No logro entender por qué el prefijo *meta* solamente puede ser antepuesto a conceptos como la lógica y la matemática [Frank había hablado de la metalógica y de la metamatemática] y no puede emplearse delante del término física. El prefijo *meta* significa pura y simplemente que se trata de cuestiones que vienen después, es decir, cuestiones que versan sobre los fundamentos de la disciplina correspondiente. ¿Por qué, pues, no se ha de poder investigar lo que hay más allá de la física?»⁶².

Ahora bien; el éxito de la aventura que el salto a la «meta-física» implica depende ya, no simplemente del propio saber físico de

61. HEISENBERG, W., *Diálogos sobre física atómica*, p. 258. Los subrayados son míos.

62. *Id.*, *Ib.*, p. 260. Los subrayados son del original.

quien salta, sino del volumen del salto y de la garantía filosófica con la que cuenta.

Podría el físico lanzarse a filosofar por propia cuenta intentando elaborar un sistema filosófico personal. Es de sobra conocido el fenómeno curioso, nutrido con muchos casos históricos, de que los grandes especialistas en alguna ciencia particular, al llegar a los límites o fronteras de su especialidad, rompen vallas, dan el salto a la filosofía y se ponen a filosofar a su manera (quizá sin tener conciencia de que han dado el salto) entrando en el campo de la filosofía por la parcela colindante a su especialidad. Es la conocida historia de médicos-filósofos, astrónomos-filósofos, físicos-filósofos, etc. No son filósofos profesionales, no proceden de la Facultad de Filosofía, sino que su profesión es de científicos que, llegados al límite de su respectiva ciencia, impulsada su inteligencia por la presión de aquélla, ésta la desborda liberándose de sus limitaciones y busca resolver los problemas que en el terreno de su propia ciencia se le plantean y ésta no puede resolver. Se trata de una aventura arriesgadísima; de una verdadera tentación.

Pudiera el físico limitarse a echar una ojeada a los modos de pensar de los filósofos sobre la Naturaleza y a enjuiciarlos desde el punto de vista de la Física, decidiendo cuáles son los inadmisibles desde el punto de vista de ella, cuáles están más distanciados o más próximos a ella, cuál sintoniza con mayor perfección con el espíritu de ella, de modo que se pueda decir que viene a dar la clave *filosófica* de la solución de los problemas de ultra-fondo que su ciencia le plantea a él, no como físico sino como hombre, y le obliga a dar el salto de información al campo de la filosofía. Es ésta la decisión más comedida, pues la doctrina de cada sistema filosófico acerca de la Naturaleza ha de basarse en consideraciones filosóficas y no simplemente científicas; y no puede esperar que las ciencias de la Naturaleza la avalen por su cuenta suficientemente.

El recurso de las ciencias a una determinada Filosofía de la Naturaleza, con preferencia a otra, no tiene más sentido que el de ver en ella (desde fuera de ella y desde dentro de las ciencias mismas) un motivo de inspiración para dar un nuevo enfoque al tratamiento de los problemas científicos, o una prolongación de la interpretación científica que ellas han dado de la Naturaleza, una meta-interpretación o ulterior interpretación de la Naturaleza.

El mismo Heisenberg se pregunta, al principio de su conferencia sobre *El descubrimiento de Planck y las bases filosóficas de la atomística*, «qué relación puede tener un descubrimiento dentro

de las ciencias naturales con los problemas generales de la filosofía»⁶³. Y se contesta que las repercusiones de un descubrimiento en las ciencias de la Naturaleza no llegan al extremo de ser un elemento clave que pueda decidir entre sistemas filosóficos discrepantes, o base firme para crear otro nuevo⁶⁴. Y advierte, además —y en consecuencia—, que no se ha de interpretar lo que va a decir de Demócrito y Platón «como si las afirmaciones de la teoría cuántica o la teoría atómica pudiesen inclinar la balanza en favor o en contra de cualquier sistema filosófico antiguo o actual»⁶⁵.

La segunda de las decisiones indicadas, pues, es la que adoptó Heisenberg, quien se limitó a buscar en la historia de la filosofía la meta-interpretación o interpretación filosófica de la Naturaleza que pudiera ser como la prolongación «meta-física» que de la Naturaleza había dado ya la Física cuántica. No corrió el riesgo de filosofar por propia cuenta sino que, consciente al rojo vivo de que «lo observable» en la Naturaleza termina antes de que haya terminado «lo que es», y de que «lo que es» es un campo que ha proclamado la filosofía desde siempre como suyo, con la serenidad de quien dominaba hasta el límite «lo observable» en la Naturaleza gracias al dominio que tenía de la Física cuántica, se asomó a la filosofía —a la historia de la filosofía— para ver lo que decían los filósofos acerca de «lo que es» la Naturaleza, «lo que son» los cuerpos, «lo que son» los modos de ser que se encuentran en el límite de la investigación de la ciencia física (el movimiento, el lugar, el espacio, el tiempo, la extensión, etc.), temas que desde siempre los filósofos los han considerado como temas propios y sobre los cuales la Física no tiene título para decidir pero sí lo tiene el físico para preguntar, informarse de las respuestas de los filósofos y enjuiciarlos desde los resultados a que ha llegado la investigación física sobre «los observables».

Y hemos visto, con sorpresa, a Heisenberg alejarse de Demócrito y acercarse a Platón y a Aristóteles, como a dos interpretaciones filosóficas en las que desembocan de por sí, según su opi-

63. HEISENBERG, W., *Más allá de la física*, p. 13.

64. *Id.*, *Ib.*, p. 14.

65. *Id.*, *Ib.*, p. 14. Cf. p. 185. Nacida y conocida la Física cuántica, los filósofos, por su parte, se han lanzado a su examen, cada uno desde su punto de vista filosófico. Los neopositivistas: Carnap, Reichenbach, Nagel, etc., seleccionaron como tema de reflexión el método de la teoría cuántica. Los representantes del materialismo dialéctico: Lenin, Blochinzew, Terlezki, etc., el contenido de la misma. Cada tendencia o escuela filosófica la ha juzgado desde los presupuestos propios y la ha aceptado o rechazado según significase confirmación o crítica de su propia postura.

nión, las investigaciones de la actual Física atómica. Ha llegado el momento de hacer el ajuste de resultados precisando en qué sentido concreto ello ocurre, no obstante ser aquéllas dos interpretaciones fuertemente contrapuestas en algunos puntos fundamentales⁶⁶.

2) *El recurso a Platón como meta-interpretación de la estructura atómica*

Como es sabido, Platón admite los cuatro elementos propuestos por Empédocles: fuego, aire, agua y tierra; cada uno de los cuales Platón lo presenta como constituido *según una figura geométrica poliédrica regular*⁶⁷.

Tales figuras geométricas vienen a ser las *ideas o formas puras*, como las claves matemáticas del ser de los elementos; siendo éstos, en consecuencia, como concreciones sensibilizadas e imitaciones de tales figuras.

Estas figuras, ideas o formas puras son, por tanto, como los principios, «la razón y medida»⁶⁸ de los respectivos elementos naturales. Pero, como poliedros (o sólidos) que son ellas mismas, tienen a su vez un origen todavía más simple en las superficies elementales de que constan.

Pues bien; estas superficies elementales de que constan se reducen, en último término, a *triángulos*⁶⁹.

66. El mismo Heisenberg confiesa: «A veces tengo dificultades para entender lo que quieren decir estas ideas [=las ideas de la filosofía tradicional]. Intento entonces traducirlas a una terminología moderna y ver si somos ahora capaces de darles nuevas respuestas» a los problemas planteados por la filosofía tradicional. *Diálogos sobre la física atómica*, p. 262.

67. Al fuego, como elemento el menos estable, le corresponde el tetraedro, que es el poliedro de base más pequeña; al aire, que tiene más estabilidad, le corresponde el octaedro, de base mayor; al agua, de mayor estabilidad todavía, le corresponde el icosaedro, de base todavía mayor; y a la tierra, que es el elemento más estable, el hexaedro, que es el de base más amplia y asentada. *Timeo*, 55d-56b.

68. *Timeo*, 53a.

69. Concretamente, los triángulos elementales o más simples, es decir, que son principio de los que se forman los poliedros elementales, son los *triángulos rectángulos*; y, más concretamente aún, los *triángulos rectángulos isósceles y escalenos*.

De triángulos rectángulos isósceles está estructurada cada uno de las superficies del hexaedro o cubo (=tierra); de triángulos rectángulos escalenos están estructuradas las superficies de los demás poliedros elementales (*Timeo*, 53c-55e).

«En cuanto a los principios superiores a éstos [=a los triángulos] sólo Dios los conoce y, entre los hombres, el que sea amigo de Dios» (*Timeo*, 53d). Con esta frase alude Platón, sin duda, al conocimiento de las Ideas subsistentes ultra-matemáticas, objeto de la visión «dialéctica».

Las dimensiones de las figuras poliédricas según las cuales están formados los cuerpos elementales (y con mayor razón los triángulos constituyentes de las mismas), dice Platón que son tan pequeñas que, debido a ello, son imperceptibles en sí mismas, y sólo son visibles los grupos o conjuntos que forman. Lo mismo hay que decir en lo que se refiere a su número, movimientos, etc.⁷⁰. Como se ve, Platón relega sus figuras elementales al mismo nivel de lo micro-físico al que Demócrito relegó sus átomos.

Es cosa fuera de toda duda (patente por los textos citados) que Heisenberg aceptó la Filosofía de la Naturaleza propuesta por Platón debido a la carga matemática que evidentemente encierra, debido a la razón y medida que busca en los fenómenos.

Demócrito proponía los átomos como corpúsculos sin forma o estructura original definida. Sin embargo, Platón propone los últimos elementos de la Naturaleza como dotados de formas regulares determinadas; interpretando además éstas como imitaciones de las respectivas formas geométricas puras, que son, por tanto, más fundamentales que los objetos en que se encuentran. En Platón, dice Heisenberg, «la estructura básica subyacente en los fenómenos viene dada, no por los objetos materiales, como los átomos de Demócrito, sino por la forma que determina a los objetos materiales. Las ideas son más fundamentales que los objetos»; y tales ideas o formas «son pura y simplemente formas matemáticas»⁷¹.

¿Da Heisenberg un paso adelante y acepta también el «idealismo trascendente» de las formas sugerido por Platón? En otras palabras: siendo así que, para Platón, al parecer, la idea, forma matemática o figura geométrica pura, determina el objeto material en que se concreta, ¿admite Heisenberg que esa idea o forma tiene de por sí, diríamos que en su estado puro, una realidad exenta, distinta, que viene a ser el hontanar de la realidad formal del objeto mismo?

Hay algunos pasajes en que parece insinuarse la aceptación de ese idealismo; pero creo que, de hecho, se trata nada más que de llevar la exposición del pensamiento platónico hasta el final, sin que Heisenberg llegue nunca a la aceptación efectiva del valor «trascendente» que parece entrañar el idealismo platónico.

70. *Timeo*, 56b-c.

71 Véanse estos textos anteriormente, los que corresponden a las notas 43 y 44. En adelante, citaré frecuentemente remitiendo a notas dadas anteriormente, en cuyos textos correspondientes podrá encontrar el lector las expresiones o incisos de Platón o Aristóteles que utilizo.

En una ocasión, por ejemplo, después de decir que en el siglo XIX se pensaba que la ciencia moderna de la Naturaleza favorecía al materialismo en contra de la filosofía cristiana, declara:

«creo yo más bien ahora [que se presenta] en favor del idealismo de Platón y en contra del materialismo de Demócrito»⁷².

Y en otra ocasión dice:

«Las partículas elementales... están determinadas por exigencias de simetría matemática... y apenas corresponden, por consiguiente, a lo que se podría designar, en sentido propio, como real»⁷³.

Pero ha de tenerse en cuenta que, con estas frases y otras que se podrían escoger, lo que está haciendo no es afirmar el «realismo ideal» platónico sino un esfuerzo por distanciarse del «reísmo» o realismo materialista de Demócrito. Al negar que las partículas elementales sean algo a lo que se pueda llamar, en sentido propio, real, lo que niega es que sean algo que se pueda concebir como «cosa material», como cuerpos en pequeño o atómicos. No son, pues, materia (en sentido físico, o sea, realidad masificada); y, por tanto, en este sentido, son «inmateriales», «irreales», aunque «actuales»⁷⁴.

Por otra parte, dice que las partículas elementales «representan simples manifestaciones de la estructura matemática fundamental..., el contenido de la ley fundamental de la Naturaleza»⁷⁵. Por tanto, las llamadas «partículas elementales» no son tampoco la estructura matemática fundamental sino manifestaciones o encarnaciones de la misma. Mejor dicho quizá: son el contenido de la ley de la Naturaleza, que es una ley física (es decir, un com-

72. *Ley natural y estructura de la materia*, en *Más allá de la física*, p. 185.

73. Véase la nota 38.

74. En un diálogo muy temprano (de 1920) entre sus amigos Kurt y Robert, pone en boca de Robert —replicando contra el «reísmo» que Kurt atribuía a los átomos— esta interesante distinción entre las palabras *actual* y *real*: «¿Llamarías tú 'actuales' y 'reales' a tales formas matemáticas? [se refiere a aquéllas de que habla Platón]. Si son expresión de las leyes de la naturaleza, expresión del orden central del acontecer material, se debería, tal vez, llamarlas 'actuales' [*wirklich*], porque de ellas proceden ciertas actuaciones o efectos [*wirkungen*]; pero no se las podría llamar 'reales', precisamente porque no son una *res*, una cosa». *Diálogos sobre la física atómica*, p. 20.

75. Véase la nota 38.

plejo de determinantes físicos según causa y efecto), no una ley matemática, aunque el modo cuantitativo de manifestarse esa ley sea expresable en fórmulas matemáticas que resultan ser una estructura matemática permanente y por ello se pueda decir, en cierto sentido, que son manifestaciones de la estructura matemática fundamental.

En total, Heisenberg encuentra en Platón el mérito de haber atribuido valores matemáticos a la estructura básica subyacente en los fenómenos; concede que, en efecto, la Física comprueba que tal estructura básica presenta valores matemáticos —aun cuando no sean adecuadas las figuras geométricas propuestas por Platón sino que haya que recurrir a ecuaciones muy complejas⁷⁶—, pero sin que llegue a ontologizar las «fórmulas» matemáticas de modo que las considere de por sí como «formas» reales, sino como claves de comprensión de los «sucesos», «acontecimientos» o «eventos» fundamentales de la Naturaleza.

Las estructuras matemáticas no son *los principios* de las formas físicas, sino tan sólo la clave de comprensión del modo de darse las formas físicas a partir de sus principios propios. Y decir, como alguna vez dice Heisenberg, que las formas elementales están determinadas «por exigencias de simetría matemática»⁷⁷, es quizá un decir demasiado fuerte, pero no permite pensar que con ello el autor dé un salto decidido de la Física a la Matemática pura. Las formas elementales están determinadas por sus principios formantes que son los que deciden y determinan.

En este plano radical, que es el de las formas de las partículas elementales y de las leyes naturales fundamentales, «es lícito preguntar por qué las leyes de la naturaleza tienen precisamente esta forma y no otra, de la misma manera que se puede preguntar por qué el cosmos tiene exactamente estas propiedades de simetría y no otras»⁷⁸; lo cual revela que las simetrías matemáticas de que se habla expresan las primeras decisiones que se presentan en la Naturaleza, pero no dan razón de ellas, ya que podrían ser otras.

Platón, por su parte, como filósofo que era, intenta «dar razón» de ese hecho; pero esa razón ya no es una pura *razón matemática* sino —digamos— una razón meta-matemática (o, en su terminología, «dialéctica»): la intervención del «Dios geómetra», del de-

76. Cf. *El descubrimiento de Planck y las bases filosóficas de la atomística*, en *Más allá de la física*, p. 32; *Ley natural y estructura de la materia*, *Ib.*, p. 183. Véase también la nota 46.

77. Véase la nota 38.

78. *Diálogos sobre física atómica*, p. 296.

miurgo que, con su acción ordenadora sobre el magma oscuro y caótico eternamente preexistente, lo geometriza⁷⁹, introduce en él las formas geométricas puras también preexistentes en el mundo de las Ideas, que le sirven de modelos⁸⁰; resultando así producido el mundo de los elementos a imitación del mundo de los números ideales⁸¹ y de las formas geométricas puras⁸².

De este modo —con el lanzamiento en escena del demiurgo y su acción geometrizante— Platón intenta dar razón ontológica de los valores matemáticos según los cuales están estructurados los elementos y se comporta la Naturaleza, y los convierte en principios reales.

¿Cuenta Heisenberg con un agente similar al demiurgo platónico? En los pasajes relativos al pensamiento de Platón que aparecen en sus obras, es muy reservado y se limita a consignar el modo matemático de considerar Platón los elementos, sin poner nunca en primer plano el trasfondo ontológico que tal consideración platónica presupone.

Esto no quiere decir que Heisenberg no admita la existencia de Dios. Al contrario, en muchos de sus escritos está apuntando insistentemente en esa dirección; y llega a dar una respuesta afirmativa a la pregunta que un amigo le hace sobre si admite un Dios personal. E incluso, en una ocasión, tirando del hilo del pensamiento platónico, llega a decir por su cuenta:

«Si queremos acercarnos al 'uno' [= al principio unitario que rige el transcurso del mundo, buscado por los antiguos] con los conceptos de un lenguaje científico preciso, debemos tener presente el centro de las ciencias naturales descrito por Platón, en el que se hallan las simetrías fundamentales matemáticas. En el modo de pensar de este lenguaje es necesario aceptar la afirmación 'Dios es matemático', pues volunta-

79. Plutarco atribuye a Platón la expresión ὁ θεός ἀπὸ γεωμετρίας (*Quaest. conv.*, 718c). Cf. *Ley natural y estructura de la materia*, en *Más allá de la física*, pp. 176 y 187.

80. *Timeo*, 27d-29d.

81. *Timeo*, 53b.

82. *Timeo* 56b. La acción demiúrgica presupone, además de los números y figuras ideales a imitación de los cuales, como modelos, va a actuar, y del caos amorfo e indistinto (que no es) sobre el que va actuar, el lugar o espacio en que va a actuar (*Timeo*, 48e-52b), receptáculo situado «fuera de todas las formas» (*Timeo*, 51a) y fuera del demiurgo (*Timeo*, 53b). Esta noción de lugar es, como es sabido, oscurísima. Aristóteles (*Phys.* IV, 2) dice que Platón identificó el lugar con la materia; pero el término «materia» no entra en la terminología de Platón.

riamente se ha restringido la mirada sobre el área del ser que puede ser comprendido en el sentido matemático del verbo 'comprender' y que puede describirse racionalmente»⁸³.

Pero no considero necesario detenerme a exponer aquí el salto que da Heisenberg, diríamos, de la Filosofía de la Naturaleza a la Metafísica, del mundo al más allá del mundo⁸⁴. Bástenos aquí con hacer constar que dio el salto del mundo de la Física al mundo de la Filosofía de la Naturaleza presentado por Platón, debido —como quedó dicho— a que interpretó las unidades mínimas de la materia como formas matemáticas según determinadas fórmulas matemáticas que vienen a ser la clave de la comprensión de la estructura y de la armonía de la Naturaleza.

Frente a la tesis democrítea: «Al principio era el átomo», la tesis platónica: «Al principio era la forma, la simetría».

3) *El hilemorfismo de Aristóteles, complementación del matematismo de Platón*

Aristóteles, como Platón, admite los cuatro cuerpos elementales propuestos por Empédocles. Rechaza, sin embargo, la explicación atómica de Demócrito, así como el idealismo trascendente de Platón y la explicación geométrica de los elementos que da éste en el *Timeo*⁸⁵.

En general, Aristóteles margina el uso de las Matemáticas en el estudio del ser de los cuerpos naturales por considerar que no son método apropiado⁸⁶. Así, se lanza a la interpretación del ser de es-

83. *Ley natural y estructura de la materia*, en *Más allá de la física*, p. 187. Cf. p. 176.

84. Próximamente aparecerá un artículo en la revista «Studium» (Madrid) que título *Werner Karl Heisenberg: su salto al más allá del mundo*.

85. «Cuanto hay escrito en el *Timeo* nada tiene de cierto ni preciso» (*De gen. et corr.*, II, 2; 329a 13-14. «Intentar atribuir figuras a los cuerpos simples no tiene, en absoluto, justificación racional» (*De caelo*, III, 8; 306b 3-4). «Considerar las superficies [triangulares] como principios de los cuerpos [=de los sólidos] sobrepasa los límites de lo razonable» (*De gen. et corr.*, I, 2; 315b 30-32). «Es evidente que quienes afirman construir los cuerpos con superficies atentan contra las mismas matemáticas. Sería preferible que no las utilizaran o, de hacerlo, que ello fuese con razones más convincentes que las meras suposiciones» (*De caelo*, III, 1; 299a 2-6).

86. Cf. *Phys.* II, 2. Sólo admite la utilización de las Matemáticas (matemáticas aplicadas) en Astronomía, Perspectiva y Acústica, que son objetos sometibles a medición (Cf. *Phys.* II, 2; 194a 7-9). Pero, en lo que se refiere al estudio del ser de los cuerpos naturales, el enfoque matemático no es procedente. En efecto; la exactitud matemática sólo puede ser exigida «en objetos que no tienen materia.

tos objetos con su conocida teoría de los dos principios constituyentes del ser de cada cuerpo dado en la Naturaleza, uno potencial y otro actual, que denomina «materia prima» y «forma» sustancial; teoría llamada por ello, más tarde, «hilemorfismo».

Según esto, podemos preguntarnos qué es lo que movió a Heisenberg a recurrir a esta teoría aristotélica y a considerarla como sintonizante con la teoría científica de la estructura de la materia.

Creo acertado responder que la clave está, por una parte, en la insuficiente teorización de las formas físicas por Platón; y, por otra, en la fecundidad teórica que encontró en la noción aristotélica de «potencia» y, en particular, de «materia».

a) Forma platónica y forma aristotélica

En lo referente a la «forma», encontró altamente sugestiva la teoría de Platón debido —como quedó dicho— al ropaje matemático con que éste la presentó.

No obstante, en Platón, la forma aparece, en realidad, desvinculada de la materia debido a la teoría meta-matemática de la «participación» o «imitación» efectuada gracias a la actuación demiúrgica. La materia no interviene en la aparición de las formas como determinante de ninguna clase, sino que Platón remite a un caos que recibe las determinaciones formales que efectúa el demiurgo en él imitando las Formas ideales que le sirven de modelos.

Según los textos platónicos, parece que no cabe hablar con propiedad de «formas encarnadas» o «formas materializadas», ya que no presupone «carne» o «materia» previa; cabe hablar más bien de «formas sensibilizadas», formas que, siendo en sí realidades ideales o intelectuales, pasan a reflejarse, en cuanto cabe, en la sensibilidad, debido a la eficacia plastificante del demiurgo.

Las formas elementales, más bien que formas de una materia, son formas deficientes (participaciones, imitaciones, copias) de las Formas puras, trascendentes y subsistentes. Los elementos, más bien que constar de materia y forma, son solamente formas inmersas en el devenir (γένεσις) caótico e informe⁸⁷.

Por ello no es el apropiado para el estudio de la Naturaleza; pues quizás toda la Naturaleza tiene materia» (*Met.*, II, 3; 995a 16-17). Es cierto que «lo que es imposible en Matemáticas también es imposible en Física. Pero no todo lo que es imposible en Física lo es también en Matemáticas; pues los objetos matemáticos resultan por sustracción [=abstracción, ἐξ ἀφαρέσεως]. mientras que los objetos físicos por adición [=ἐκ προσθέσεως]» (*De caelo*, III, 1; 299a 13-17. Cf. *Met.* XI, 3; 1061a 28-b4).

87. El devenir, de suyo caótico, desordenado e informe, es, en la mente de Platón, el mundo de la sensibilidad pura, no transida de inteligibilidad.

Por ello, no obstante el atractivo que ejerció sobre Heisenberg la investidura matemática con que Platón presentó las formas elementales (atractivo que persistió siempre debido a los hallazgos que la Física actual ha conseguido en el nivel fundamental de la Naturaleza gracias al método matemático), el conjunto de la teoría platónica no le podía satisfacer, pues el remite al mundo de las Formas ideales subsistentes significaba evadirse automáticamente —demasiado pronto— del campo de la Naturaleza.

En la teoría aristotélica, sin embargo, la forma es entendida en relación íntima con la materia, y viceversa⁸⁸; y una y otra —y no sólo la forma— son entendidas como principios radicales constituyentes de los cuerpos, de modo que a tales formas o estructuras no se estima correcto entenderlas como «participaciones» o «imitaciones» de formas o estructuras puras preexistentes fuera de la mente, porque tal preexistencia es supuesta y propuesta por Platón⁸⁹, pero no probada.

Lo único que nos consta, según Aristóteles, es que los entes, formas o estructuras matemáticas puras existen en nuestra mente y son extraídas (abstraídas) por ella de los entes naturales mediante un proceso de purificación mental matematizante.

Las formas físicas básicas, por su parte, se dan inmersas en la Naturaleza, ancladas en la materia; y las nuevas formas resultantes de los cambios físicos no llueven de fuera, de otro mundo hiperuránico, sino que surgen o afloran de la potencialidad de la Naturaleza según cierto código activo de las formas básicas ya existentes y según cierto código pasivo de la materia prima que ellas mismas informan.

¿Cuál es el número de formas básicas que se dan en la Naturaleza? Aristóteles aceptó el número de cuatro, lo mismo que Platón, dejándose llevar del espíritu ecléctico de Empédocles; las correspondientes a los cuatro elementos: fuego, aire, agua y tierra.

¿Cuál es el articulado de tales códigos y, por tanto, la amplitud de actuación que la Naturaleza posee? Aristóteles creo que no

Queda en el fondo el caliginoso («difícil y oscuro», dice Platón mismo) tema del «lugar» a que se refiere Platón, al que llama «matriz», «madre» y «nodriza» del devenir caótico, «soporte» y «receptáculo» de todas las formas y él, en sí mismo, amorfo (*Timeo*, 48e-51b).

88. Véase la nota 56.

89. Hay, como es sabido, el problema histórico de si Platón mismo defendió esta tesis. Así lo afirma Aristóteles, apoyado en los *ἀγαφα δόγματα* de sus últimos años (*Met.*, VII, 2; 1028b 20-21). Muchos historiadores, sin embargo, opinan como más probable que fuese tesis de sus discípulos Espeusipo y Jenócrates (Cf. G. Fraile, *Historia de la filosofía*, t. I, Madrid, BAC, 1956, pp. 278, 311-312).

lo determina. Aducirá ejemplos bastos, analogías toscas del nivel de observación normal más o menos depurada, pero nunca llega a comprometerse en serio con precisiones matemáticas. Al parecer, las Matemáticas no le iban muy bien a él y, lo que es más interesante, estaba convencido de que no le iban muy bien tampoco a la investigación de la Naturaleza. Hay, por de pronto, en la Naturaleza, leyes físicas; que esas leyes proceden en sintonía con los procesos matemáticos, es cosa de la que Aristóteles no creyó necesario preocuparse en averiguar⁹⁰.

b) «Corpúsculos-ondas» y «acto-potencia»

Se recordará que la Física cuántica, a partir de la interpretación de Copenhague, admite que la realidad física presenta dos aspectos fundamentales: el de «corpúsculos» (aspecto discontinuo) y el de «ondas» (aspecto continuo). Los físicos se vieron obligados a admitir estos dos aspectos o modos de presentarse la misma realidad física como indudables, por más que parezcan contradictorios y, por tanto, inconciliables entre sí. Lo único que había que hacer era comprender cómo es que ello es así y no se da incompatibilidad realmente tal.

La aludida interpretación teórica, como es sabido, fue la que gira en torno al «principio de indeterminación» de Heisenberg y, en general, en torno al «principio de complementariedad» de Bohr.

Pues bien; en sus «Gifford Lectures», dadas en 1955-1956, Heisenberg manifiesta por primera vez su recurso a la noción aristotélica de «potencia» para comprender el aspecto ondulatorio; correspondiendo la noción de «acto» al aspecto corpuscular⁹¹. De

90. En esto, tanto la Macrofísica como la Microfísica nos permiten ver y decir que Aristóteles se quedó corto. Está claro, contra lo que opinaba Aristóteles, que el propósito de estudiar la Naturaleza utilizando el método matemático no sólo tiene sentido y es eficaz en el terreno de la Astronomía, de la Perspectiva o de la Acústica, sino también en el terreno de la Física de los elementos y de las partículas elementales. Aun cuando persista, naturalmente, la restricción aristotélica (reconocida por la Física actual) de que es un despropósito pretender descubrir por el método matemático el ser de los entes naturales.

91. Esta interpretación de la pareja «corpúsculo-onda» en el sentido de «acto-potencia» ya la había propuesto Aloys Wenzl desde 1930. Véase WOLFGANG STROBL, *¿Hay indeterminismo en la nueva física? (Las equivocaciones idiomáticas y la realidad experimentada)*, en «Anuario filosófico» (Universidad de Navarra), IV (1971) 380.

En un diálogo, que Heisenberg sitúa en 1935-1936, ya dijo que «tal vez puede afirmarse que el 'quantum' de luz consta virtualmente de electrón y protón. El adverbio 'virtualmente' sugiere que se trata aquí de una posibilidad...» (*Diálogos sobre la física atómica*, p. 200).

modo que los «corpúsculos» elementales son entendidos como actos básicos del diversificarse la Naturaleza o realidad física en manifestaciones discontinuas casi-puntuales; y las «ondas» son entendidas como potencias o virtualidades de futuros actos, Unos y otras, determinables o representables en fórmulas matemáticas que expresarán las estructuras fundamentales —actuales o potenciales— de la Naturaleza.

Esta incorporación de la noción de «potencia» (a este nivel) en la Física tiene ya un valor importantísimo, pues con ella se intenta expresar una realidad intermedia entre el acto dado y la nada; realidad con que Heisenberg, intérprete de los sucesos fundamentales de la Naturaleza, se ve obligado a contar⁹².

Y advierte Heisenberg que esa «realidad potencial» que es la «onda» no se reduce a un juego matemático de probabilidades estadísticas de acierto entre diversas posibilidades, sino que es «*una singular realidad física* en medio de la posibilidad [= de la posibilidad de azar, como las seis posibilidades de las caras de un dado] y la realidad [actual, la cara del dado que quedará hacia arriba]»⁹³. La potencialidad que es la onda lleva en sí misma «*una tendencia hacia algo*»⁹⁴, ya que su relación con el acto no depende

92. Este nivel de determinaciones potenciales y actuales (ondulatorias y corpusculares), es el último y radical de la Física.

Heisenberg, sacando un pie de la Física, descenderá a otro nivel todavía más profundo (como vamos a ver) en el que la «potencia» equivaldrá a la «materia» o «sustrato energético».

Ciertamente, las nociones de potencia y acto son nociones de valor analógico o entitativamente proporcional; y ya Aristóteles advirtió que, tanto en el plano del ser como tal, como en cada una de sus categorías puede identificarse la pareja potencia-acto (*Met.*, XI, 9; 1065b 14-16. Cf. *Phys.*, III, 1; 201a-9-10).

93. Véanse las notas 54 y 59.

94. Véanse las notas 54, 55 y 59. En las *Rencontres Internationales de Genève*, de 1958, René Schaerer, deseando que Heisenberg esclareciese el parentesco que podría tener su noción de «potencia» con la de Aristóteles, le dice que ésta «es auténticamente finalista» (*El hombre y el átomo*, Coloquio, p. 110); y después le pregunta: ¿Corresponde esto [admitir la «potencia» de Aristóteles] a una tendencia de espíritu que le llevaría a admitir, más allá de ese mecanicismo [de Demócrito y Descartes] estadísticamente conocido, de modo más o menos probable, una finalidad que le pondría de acuerdo con sus grandes maestros Aristóteles y Platón?» (*Ib.*, pp. 110-111).

Conesta Heisenberg: «...aun cuando la finalidad haya sufrido una ligera atenuación en la teoría de los cuantos, aún queda algo de ella. Y nos hemos dado cuenta, principalmente por los trabajos sobre mecánica ondulatoria que explican casi toda la química, de que subsiste una gran proporción de finalidad en una concepción indeterminista. Si se perturba, de cualquier modo que sea, a un átomo o a una molécula, se hallará que, tras la perturbación, millones de estados diferentes son posibles, cada uno con cierta probabilidad. Pero si he empezado con un átomo de hidrógeno, por mucho que lo perturbe, sigue siendo un átomo de hidrógeno. Este es el toque de la finalidad que la química, al cabo, aporta a la

del azar sino que «está estrechamente sometida a rígidas leyes naturales»⁹⁵. Justamente, una aplicación de la noción aristotélica de «potencia» real. Las fórmulas matemáticas con que la Física cuántica determina o representa esa potencia son meras expresiones cuantitativas de esa realidad potencial tendencial sometida a las leyes naturales⁹⁶.

Como se ve, la noción de potencia, que jugó un puesto central en la filosofía de Aristóteles, frente a Parménides y Demócrito por una parte y frente a Heráclito por otra, «vuelve a ocupar un puesto central en la filosofía moderna»⁹⁷ y «sirve de base a la interpretación teórica» de los hallazgos de la investigación física, atormentada por «imágenes, aparentemente contradictorias, que surgen al expresar los experimentos físico-químicos»⁹⁸. Y ello, gracias al recurso de los mismos físicos a la filosofía aristotélica en busca de nociones-base con qué entender esos hechos, incomprensibles si no es a través de esa noción.

c) «Sustrato energético» y «materia prima»

El nivel-límite de la investigación micro-física (experimentación y medición) está expresado por las últimas unidades naturales conocidas: las ondas y los corpúsculos, los cuales son dos aspectos o modos complementarios de lo mismo: el aspecto potencial y el aspecto actual.

«Dos modos complementarios de lo mismo», he dicho. ¿De qué? Heisenberg remite a un «contenido» previo indefinido o indeterminado⁹⁹, que es el que se modula en ondas (determinadas potencialidades) y en corpúsculos (determinadas actualidades).

Pero, prescindiendo del detalle de esta doble modulación con que se presenta, Heisenberg relaciona directamente tal «contenido» indeterminado con las últimas o fundamentales determinaciones de que habla la Física: las llamadas «partículas elementales».

Entiende que las partículas elementales¹⁰⁰ son las «últimas uni-

física. El hecho de que un átomo de hidrógeno perturbado siga siendo un átomo de hidrógeno implica ciertamente una finalidad, pero ignoramos la causalidad de la misma. En suma, es la fusión de la causalidad con la finalidad lo que constituye una de las bases de la física moderna» (*Ib.*, p. 111).

95. Véase la nota 58.

96. Véanse las notas 54, 58, 59 y 65.

97. Véanse las notas 59 y 65.

98. Véase la nota 66.

99. Véase la nota 60.

100. Mejor que «partículas elementales» deberían llamarse quizás «sucesos, acontecimientos o eventos elementales». «Eventos» las suelen llamar Alfred North

dades» o «diferentes formas»¹⁰¹, las «formas básicas»¹⁰², que la investigación científica ha descubierto en la Naturaleza, sin apenas esperanza de que llegue a descubrir otras ulteriores, es decir, de un nivel inferior o más radical¹⁰³.

Whitehead y Stanley Eddington (Cf. Wolfgang Strobl, art. cit., p. 381). También las llama «sucesos» el mismo Heisenberg a veces (Cf. notas 54, 58 y 59). Este llega a declarar que hemos llegado al límite donde el concepto de partícula pierde su sentido» (*Más allá de la física*, p. 255).

101. Véanse las notas 57 y 60.

102. Véase la nota 61.

103. El convencimiento de Heisenberg, así como de muchos representantes de la Física cuántica, es que la investigación física no puede dar ya un paso más al fondo en la experimentación porque encuentra el camino cerrado.

La experimentación física, a lo que ha llegado en sus últimos progresos ayudada por la técnica de los grandes aceleradores, es a que, al fragmentarse las partículas elementales en innumerables trozos, dan como resultado sorprendente que «estos trozos no son más pequeños que las partículas de cuya destrucción proceden. Independientemente de la energía disponible (a condición de que sea lo suficientemente alta), siempre resultan de semejantes choques las mismas clases de partículas, que ya conocemos desde hace una serie de años. En la misma radiación cósmica, en la que la energía de que disponen las partículas puede ser miles de veces superior a la del acelerador más potente, no se ha encontrado otra clase distinta de partículas ni de menor tamaño. Su carga, por ejemplo, puede medirse fácilmente y es siempre igual a la del electrón o un múltiplo de la carga de éste. Por ello, para describir con la máxima perfección posible este proceso, no debemos afirmar que las partículas se rompen al chocar, sino que, de acuerdo con las leyes de la teoría de la relatividad, surgen nuevas partículas como consecuencia de la energía de choque... De esta forma los nuevos experimentos nos han enseñado que pueden conciliarse dos aspectos aparentemente contradictorios: 'la materia es divisible indefinidamente' y 'existen unidades últimas de la materia'. Y esto puede hacerse sin incurrir en dificultades lógicas» (*Ley natural y estructura de la materia*, en *Más allá de la física*, p. 181. El subrayado es mío. Véase también *¿Se ha llegado al cierre definitiva de la física?*, *Ib.*, pp. 255 y 257; y en *El hombre y el átomo*, pp. 94-95).

Aristóteles ya dijo: «No tiene nada de absurdo decir que el cuerpo sensible, en cualquiera de sus puntos, es divisible e indivisible; pues es divisible en potencia, pero indivisible en acto»... (*De gen et corr.*, I, 2; 316b 19-21).

Por ello, dice Heisenberg desarrollando la idea anterior, «podemos decir que hemos llegado al límite donde el concepto de partícula pierde su sentido y tenemos por ello motivos fundados para sospechar que las partículas elementales que hoy conocemos son realmente las partículas mínimas de la materia, si hemos de salvar básicamente el sentido de tal concepto» (*¿Se ha llegado al cierre definitivo de la física?*, en *Más allá de la física*, p. 255).

La sospecha en contrario, que intenta basarse en que de la aplicación de una energía mayor de la que ahora disponemos deben seguirse nuevos fenómenos cualitativos, «no está justificada ni empírica ni teóricamente» (*Ib.*, p. 257). Por eso «son muchos los físicos que opinan que en un futuro próximo se llegará a la clausura del reducido campo que supone la física de las partículas elementales» (*Ib.*, p. 257).

Ya que la experimentación no puede ser llevada adelante en el sentido de avance, los físicos se han lanzado a la búsqueda de ulteriores fórmulas matemáticas que pueden cifrar la ley natural de la «fuerza configuradora» fundamental de la Naturaleza, clave de las mismas configuraciones o estructuras «particulares» que serían resultantes de ella. Esto persiguen la teoría unificadora de campos y

Pues bien; Heisenberg, al «contenido» de referencia lo llama «materia universal»¹⁰⁴, «materia fundamental»¹⁰⁵, «materia prima fundamental de la física moderna»¹⁰⁶.

Lo llama, más en concreto, «sustrato energético»¹⁰⁷, «energía» básica, «fuerza» básica¹⁰⁸.

Lo caracteriza como una realidad *potencial*¹⁰⁹, aunque en un sentido más radical, diríamos que pre-científico o pre-físico, que las ondas (a las que también atribuye, como hemos visto, carácter potencial), pues éstas eran *determinaciones* potenciales, mientras que el ente de que ahora se trata es un contenido indefinido o *indeterminado* (e indeterminable, como tal) ante la investigación científica, al que, por tanto, considera en sí mismo, ésta no tiene acceso.

A tal sustrato energético potencial le atribuye ser aquello (la sustancia) *de que «están hechas»* las partículas elementales¹¹⁰, de que «está compuesto» el mundo¹¹¹.

Pero además, parece que le atribuye también —si no interpreto mal— ser aquello *que hace que sean* las partículas elementales, según la pauta de una «ley básica»¹¹². Si es acertada esta interpretación, el sustrato energético sería algo así como el hontanar potencial de efluvios energéticos formalizantes, foco activo que produce (según una ley natural básica) la floración de las formas, plasma germinal gracias a cuya potencia activante éstas emergen.

la teoría del proceso de «alternativas». Del Congreso de Pisa, en 1955, data el ensayo de Heisenberg de encontrar «la estructura matemática de una teoría de las partículas elementales» (*Diálogos sobre física atómica*, p. 276). Del Congreso de Padua, en 1957, data el intento de formulación matemática llamada «teoría unificadora de los campos de las partículas elementales», provocada por los hallazgos de Tsung Dao Lee y Chen Ning Yang el año anterior (*Ib.*, p. 284. Cf. *El hombre y el átomo*, pp. 95-98). En 1958, publica su fórmula (Véase la nota 62). Más tarde, Von Weizsäcker emprende la «fundamentación filosófica» de la teoría de los campos introduciendo la lógica de «alternativas» de probabilidad que determinan las simetrías (Cf. *Diálogos sobre física atómica*, pp. 301-303; *Más allá de la física*, p. 256. Véanse las notas 51 y 52).

104. Véase la nota 57.

105. Véase la nota 60.

106. Véase la nota 64.

107. Véanse las notas 60 y 61.

108. En orden a esclarecer la significación de los términos «energía» y «fuerza» tal como son empleados aquí, recuérdense los incisos que puede encontrar el lector en los textos correspondientes a las notas 57, 69 y 65.

109. Véase la nota 57.

110. Véanse las notas 57 y 60.

111. Véase la nota 60.

112. «Todas estas formas son... consecuencias de una ley básica, expresable en lenguaje matemático, según la cual las partículas elementales resultan como solución» (Véase la nota 60).

En total (si esta segunda atribución está fundamentada, como creo), el sustrato energético sería no sólo *algo que llega a ser formado o actualizado* sino también *algo que se auto-forma o auto-actualiza* produciendo las partículas elementales.

Heisenberg asimila la pareja «sustrato energético - partículas elementales» a la pareja aristotélica «materia-forma»¹¹³. ¿Es ajustada esta asimilación?

Por de pronto, podemos adelantar que tanto el sustrato energético como la materia aristotélica coinciden en ser entendidas como realidades de tipo *potencial* respecto a las actualizaciones, formalizaciones o determinaciones de cualquier tipo que intente llevar a cabo la investigación científica; incluso respecto a la ley natural básica, cuya formulación matemática busca la Física con la teoría unificadora de los campos energéticos.

Esta simple constatación de coincidencia ya es de un gran valor, pues ello significa que la Física se abre al reconocimiento de un estrato de la realidad física, existente —diríamos— más allá de su propio horizonte, de un sustrato potencial del que resultan como consecuencias las partículas elementales.

Pero el problema que surge gira en torno a los dos valores de «potencia» que parece atribuir Heisenberg a tal sustrato: el de *potencia pasiva* (aquello *de que están hechas* las formas) y el de *potencia activa* (aquello *que hace que haya* tales formas). Y el problema presenta estas dos formulaciones: 1) En el supuesto de que atribuya Heisenberg ambos tipos de potencia al sustrato energético, ¿se ajusta el pensamiento de Heisenberg al de Aristóteles? 2) En el supuesto de que atribuya al sustrato energético sólo el primer tipo de potencia, ¿se ajusta el pensamiento de Heisenberg al pensamiento de Aristóteles? Examinaré uno y otro caso.

En el primer supuesto, estimo como evidente que es precipitado asimilar el sustrato energético con la materia de que habla Aristóteles, pues creo que el análisis filosófico que éste efectúa todavía añade una instancia ulterior y más radical que hay que tener en cuenta para llegar al concepto estricto de materia que él propone como uno de los principios ontológicos de la realidad física¹¹⁴.

113. Véanse las notas 57 y 60.

114. Me refiero, naturalmente, a lo que Aristóteles, en los momentos de máxima precisión verbal, llama *πρώτη ὕλη*, «materia prima». Al hablar de «principios ontológicos» me refiero a los principios del ser; y, concretamente, a los principios del ser físico, que es al que nos circunscribimos.

Con lo que se viene a asemejar tal sustrato es más bien con lo que Aristóteles entiende por «Naturaleza», como noción general complexiva resultante del análisis ontológico efectuado sobre el conjunto de seres cambiantes que integran lo que vulgarmente llamamos mundo físico (y también «la Naturaleza») ¹¹⁵.

Aquella noción de «Naturaleza» está integrada de determinados factores físicos que, de suyo y como tales, tienen valor de principios ontológicos, mutuamente complementarios, respecto a cualquier objeto que se pueda dar en el mundo físico. Y estos principios son, como es sabido, cuatro ¹¹⁶: dos externos: la *causa eficiente* ¹¹⁷ y el *fin*; y dos internos: la *forma* ¹¹⁸ y la *materia*.

Heisenberg parece atribuir al sustrato energético el principio eficiente ya que —como hemos visto— dice que las formas o partículas elementales son consecuencias o resultados de una ley básica de causalidad. Ahora bien, ésta no es comprensible ontológicamente si no se da acción causante; y, a su vez, ontológicamente no se comprende tal acción sin intervención de un principio agente.

Asimismo, parece reconocer en el sustrato energético el principio de finalidad, pues, a pesar de las prevenciones contra el antropomorfismo, tan acusadas en los físicos (antropomorfismo que Heisenberg, naturalmente, también rechaza), admite que en los procesos de la actividad natural se da un sentido teleológico, es decir, se dan no simples posibilidades sino «más bien tendencias» hacia algo ¹¹⁹; admite que los procesos van dirigidos por cierta «intención» interna ¹²⁰ o cierto «propósito» ¹²¹.

115. *Phys.*, II, 1; *Met.*, V, 4. La Naturaleza, así entendida, resulta ser «el principio u origen fontal de la estabilidad y de los cambios del mundo físico» (Cf. *Phys.*, II, 1; 193a 28-30). Entendido que el nombre «principio» incluye los cuatro principios de que hablo a continuación; y, principalmente, los internos: materia y forma.

116. Cf. *Phys.*, I, 7.

117. Me refiero a las causas físicas *eficientes*, que son las que corresponden a lo que hoy entendemos con el término «causa», sin más; pues es sabido que, en la terminología de Aristóteles, este término tiene una acepción más amplia ya que también habla de causa material, causa formal y causa final (Cf. HEISENBERG, *La imagen de la naturaleza en la física actual*, p. 33).

118. A la *causa formalis* aristotélica «hoy llamaríamos acaso la estructura o contenido espiritual de una cosa» (*La imagen de la naturaleza en la física actual*, p. 33).

119. Véanse las notas 54, 55 y 59. La existencia de la «estabilidad» que se observa en la Naturaleza llevó también a Bohr a admitir en ella «una tendencia a configurar ciertas formas... y a hacer surgir de nuevo estas formas aun cuando sean perturbadas o destruidas» (*Diálogos sobre física atómica*, p. 50). Y el mismo Heisenberg habla de la «fuerza configuradora» (*Ib.*, p. 264).

120. *Id.*, *Ib.*, pp. 263-264.

121. *Id.*, *Ib.*, pp. 299-300.

No parece atribuir al sustrato energético principio formal alguno (al menos consignable por la investigación física), ya que parte del supuesto de que las partículas elementales son las formas básicas de la Naturaleza (consignadas por la investigación física) que resultan como consecuencias de la fuerza configurante o potencia activa formante del sustrato energético tendente a ellas.

Ahora bien; si se puede conceder sin ninguna dificultad que el sustrato energético, evocado por Heisenberg, visto desde el punto de vista de la Física (que lo ve desde las partículas elementales) no presenta forma alguna, pues el punto de vista de la investigación física es el de la experimentación y de la medición (y ésta no tiene acceso a ese sustrato, como tal), sin embargo, teniendo en cuenta el análisis ontológico que efectúa Aristóteles en su Filosofía de la Naturaleza, se llega a la decisión de que tal sustrato tiene que estar dotado, en sí mismo, de un principio formal. Y ello porque sólo en este supuesto es comprensible y tiene sentido *físico* el principio causal que, al parecer, le atribuye Heisenberg.

En efecto, el factor «forma» es el que posibilita ontológicamente la posición del factor causa o principio eficiente, pues, hablando en absoluto (es decir, en el orden del ser), si al efecto físico (las partículas elementales, en nuestro caso) precede ontológicamente la acción que lo efectúa, y a la acción precede la potencia eficiente, a la potencia eficiente precede el acto de ser, que es la forma¹²². No hay título alguno para lanzar presupuesto a medias. Si se comienza por admitir que las formas que son las partículas elementales son emergencias resultantes de la potencia eficiente del sustrato energético, el análisis filosófico nos urge inevitablemente a presuponer que esas formas no son ontológicamente las primeras sino que hay una al menos que las precede a ellas y a la potencia que produce las mismas, pues no tiene sentido presuponer una potencia productora volante, absolutamente exenta, sin un sujeto a que adscribirla. Y este sujeto de eficiencia no puede ser, de por sí, la materia prima pura a que me voy a referir, sino la materia actualizada por una forma.

No hay manera de justificar filosóficamente —dentro de los límites de la Filosofía de la Naturaleza— la emergencia de «formaciones» en la Naturaleza de un fondo energético en virtud de una potencia formalizante (según la pauta de una ley natural expre-

122. «Siempre, desde lo existente en potencia, es engendrado lo existente en acto por obra de algo existente en acto» (*Met.*, IX, 8; 1049b 23-25. Cf. *De gen. animal.*, II, 1; 734a 30-31. II, 6; 743a 23-25. *De gen. et corr.*, I, 5; 320b 17-19).

sable quizás matemáticamente) que se atribuye a ese fondo, si a ese fondo energético no se le presupone ya como un ser natural dotado de una forma más radical que las formas que son las partículas elementales, consideradas por la Física como «formas básicas». Pensar en la posibilidad de lo contrario es sufrir un mareo metafísico. A no ser que la potencia eficiente o estructurante de tales «formas básicas» no sea una potencia física; en cuyo caso, automáticamente se da el salto al demiurgo de Platón o al Dios creador cristiano; lo cual, si no es una evasión sin rumbo del campo de la Filosofía de la Naturaleza, sí es un salto al campo de la Metafísica.

Y lo que acabo de decir referente a los presupuestos ontológicos del principio de causalidad física, se puede decir análogamente del principio teleológico físico.

Finalmente, está claro que Heisenberg atribuye al sustrato energético peculiaridades que Aristóteles atribuye a la materia prima. A ella remite ya el mismo término «sustrato», bastante próximo a ἀποκείμενον de que habla Aristóteles. También, el considerarlo como «potencia» en el sentido de ser *algo de lo que están hechas* las formas básicas que son las partículas elementales¹²³.

Pero, si nos mantenemos dentro del supuesto de que el sustrato energético es entendido no sólo como aquello de lo que están hechas las partículas elementales sino también aquello que hace que haya tales partículas (y en este supuesto estamos ahora), la razón de que el análisis aristotélico descubra en tal sustrato energético el principio que llama «materia prima» es que se está en el supuesto de que tal sustrato es una entidad *física*; y, por ello, la forma que se le ha de atribuir por exigencias ontológicas de la potencialidad eficiente y teleológica no puede ser una forma pura y exenta, sino constituyente, junto con la materia prima, de un ser constituido, por tanto, de dos coprincipios: materia y forma.

Estos son los que dan sentido ontológico cabal a la eficiencia física, cuya ley ontológica fundamental es que: toda producción de una *nueva* forma procede *de la potencia activa* del agente (constituido de materia y forma) y a la vez (como dice la fórmula antigua) *de la potencia activa* de la materia», de la cual la forma es extraída por el agente¹²⁴. Es decir, toda acción *física* presupone

123. *Phys.*, I, 9; 192a 31 et passim.

124. «Formae proprie non fiunt, sed aducuntur de potentia materiae, in quantum materia quae est in potentia ad formam fit actu sub forma, quod est facere compositum». SANTO TOMAS DE AQUINO, *In Met.*, VII, 8, lect. 7, n. 1423.

una materia sobre la cual recaiga (que será sobre-informada o transformada) y un agente *físico* que ejecute la acción, el cual no puede ser la simple materia prima sino una materia ya formada (lo que Aristóteles llama, a veces, una «materia segunda»).

En el segundo supuesto (es decir, si el pensamiento auténtico de Heisenberg no es atribuir al sustrato energético potencia activa alguna que haga que haya las formas que son las partículas elementales, sino sólo potencia pasiva de la que están hechas), no habría inconveniente alguno —desde el punto de vista del análisis de Aristóteles— en admitir que las partículas elementales, que la Física actual considera como las «formas básicas» de la Naturaleza, fuesen de suyo u ontológicamente las primeras; y, asimismo, tampoco habría inconveniente alguno en admitir que el sustrato energético sea asimilable a la materia prima de Aristóteles. La «materia prima fundamental de la física moderna» (o mejor, actual) sería equivalente de la «materia prima» de la antigua filosofía de Aristóteles. La realidad potencial radical indeterminada a que remite la Física actual se asemejaría a la realidad potencial radical indeterminada a que remite la Filosofía de la Naturaleza de Aristóteles.

Sólo habría un inconveniente: el llamar a esa materia prima o sustrato potencial «sustrato energético». En el supuesto en que estamos, ¿qué puede significar el adjetivo «energético»?

Si tal sustrato no se representa como algo que hace que haya las partículas elementales porque se admite que éstas son filosóficamente y no sólo científicamente las «formas básicas», primeras y radicales de la Naturaleza, éstas habrán de ser entendidas como *hechos dados* de carácter primitivo, respecto a los cuales huelga todo intento de racionización *física*, ni científica ni filosófica ¹²⁵.

Por ello, la «energía» básica atribuida al sustrato potencial, y por ello llamado «sustrato energético», cambia de valor ontológico: no es energía propiamente «formante» sino «transformante» (a modo de trueque de formas elementales) o «ultra-formante» (a modo de emergencia o super-estructuración de formas más complicadas, como la del átomo, de la molécula o de la mole masiva).

Este valor concreto, por lo demás, es el que acaso pueda in-

125. Si se intenta «buscar la razón de ser» de tales hechos o «dar razón» (ontológica y no simplemente matemática) de los mismos, automáticamente se sale uno del nivel de la Filosofía de la Naturaleza y se da el salto a la Metafísica. La «razón de ser» del ser físico fundamental no es «física» sino «metafísica».

terpretarse que atribuye Heisenberg a la energía potencial incubada en el «sustrato energético». (Aparte de que, por otro lado parece que le atribuye —como quedó expuesto— el de «hacer que haya» las formas primitivas).

En efecto; cuando toca el tema de la energía básica, parece referirse al sustrato ontológico de las «leyes naturales» que presiden la «estabilidad» de las formas básicas o la transformación de las mismas formas, resultante de la «interacción» de unas en otras¹²⁶; por lo que, en todo caso, parece presupuesto el hecho de tales formas o partículas elementales.

Es cierto que Heisenberg llega al extremo de afirmar que las mismas partículas elementales son energía formada o formas de energía¹²⁷. Pero, aparte de que la prueba de esta tesis corre a cargo de la Física, su prueba efectiva no se opone, en absoluto, al pensamiento aristotélico, como se opondría el afirmar la existencia de un sustrato energético informe o meramente potencial, causa además de su propia formación en partículas elementales, como hemos visto anteriormente al hablar en el primer supuesto. Esta supuesta potencia auto-formadora emergente sí es incomprensible desde el punto de vista del análisis ontológico de la Filosofía de la Naturaleza de Aristóteles.

Según esto, el llamar «sustrato energético» al sustrato potencial del que «están hechas» las partículas elementales sólo tiene sentido filosófico similar a la «materia prima» de que habla Aristóteles si se lo entiende, no como una energía *capaz de diferenciarse por sí misma en las formas básicas*, sino como una energía *que comienza por estar ya, de hecho, diferenciada en ellas*; es decir, no como un supuesto «ser potencial» físico, sino como un «principio real y potencial» constituyente de los seres físicos junto con otro «principio real actual» (la forma) de los mismos.

La forma determina la potencialidad de la materia en cuanto que la actualiza o informa por intervención de un agente (físico o metafísico). La materia determina a la forma en cuanto que determina la acción del agente (físico) a un determinado repertorio de formas¹²⁸. La energía potencial estabilizante o transformante no puede menos de ser una realidad ontológicamente posterior, atribuible a los seres físicos ya constituidos radicalmente de materia y forma.

126. Véanse las notas 57, 59 y 64.

127. Véanse las notas 57, 60 y 64.

128. *De gen. animal.*, II, 6; 743a 23-25.

Aparte de estas observaciones analíticas acerca de la exactitud de la asimilación entre la pareja «sustrato energético - partículas elementales» y la pareja «materia-forma», no cabe duda de que el simple hecho de insertar Heisenberg la noción de «materia», con valor de «potencia», entre las nociones fundamentales a que ha de abrirse la Física para comprender a fondo el nivel a que ha llegado en su investigación de la Naturaleza, es un mérito indiscutible.

La realidad física, a los ojos mismos de la ciencia, es, en último término, no mera realidad básica (lo que se suele llamar ordinariamente «materia») sino realidad energética. Pero ésta, no es simple «energía actualizada» sino también «energía potencial». En cierto modo, ha desembocado en la «forma» y la «materia» que Aristóteles presentó como los principios constituyentes del ser físico como tal.

Superando la tesis platónica: «Al principio era la forma», aparece la tesis aristotélica: «Al principio era la forma y la materia»¹²⁹.

RESUMEN

En los siglos XVII-XVIII, la Física y la Filosofía de la Naturaleza coexistieron ignorándose; cada una ocupada en su propósito acerca de la Naturaleza: aquélla, en observar con detalle y medir los hechos, y ésta en definir su ser, esencia o naturaleza.

En el siglo XIX, la Física pretende suplantar a la Filosofía de la Naturaleza, haciendo el gesto de absorber el propósito de ésta, apropiándose de la teoría atómica de Demócrito, y proponiéndola como la filosofía científica acertada.

En el primer cuarto del siglo XX, se inicia el desvanecimiento de tal pretensión al tomar conciencia la Física de sus propias limitaciones, al desvanecerse la objetividad de las observaciones y mediciones (teoría de la relatividad) y complicarse en exceso los problemas que presenta la interioridad del átomo (teoría cuántica).

En 1925, con el nacimiento de la Física cuántica por obra de Heisenberg, la misma Física reconoce la autonomía de la Filosofía de la Naturaleza y formula instancias a ella en demanda de meta-interpretaciones o fórmulas ulteriores que den sentido pleno a los resultados desconcertantes de las investigaciones-límite a que ha

129. *Met.*, IX, 3; 1047a 18-19.

llegado la propia Física en su estudio de la Naturaleza: los referentes a las partículas elementales.

Werner Heisenberg mismo, el alma de la Física cuántica, marginando como inadecuado el recurso a la interpretación atomística de Demócrito, recurre a la interpretación geométrica de Platón y hasta eleva su instancia a la interpretación hilemórfica de Aristóteles.

Según el materialismo democríteo, «en el principio era el átomo», es decir, el corpúsculo o cuerpo pequeño, la partícula indivisible, la cosa material.

Según el idealismo platónico, «en el principio era la forma», o sea, la estructura matemática, la simetría.

Según el realismo aristotélico, «en el principio era la materia prima y la forma inmanente en ella», principios constituyentes del ser físico como potencia y acto.

«Para la moderna ciencia natural, en el principio se encuentra no la cosa material, sino la forma, la simetría matemática..., el sentido». Pero las «formas básicas» con que se encuentra, reconoce que están hechas de un «sustrato energético» potencial; son «formas de esa energía que es la materia prima fundamental de la física moderna, capaz de adoptar formas diferentes».

ISACIO PEREZ FERNANDEZ