

# LAS NOCIONES DE CAUSA, EFECTO Y CAUSALIDAD EN LAS CIENCIAS FÍSICAS MODERNAS

## ÍNDICE

### Introducción.

- I. Algunas palabras sobre la importancia filosófica y significación de las teorías modernas y su evolución.
  - II. Necesidad del principio de causalidad para la física experimental i teórica: Su sustitución por el axioma de funcionalidad.
  - III. Tipos metafísicos de causas. Causas productoras y libertadoras. Contenido y exigencias metafísicas del principio de la conservación de la energía.
  - IV. Existencia física y naturaleza metafísica de las causas teleológicas mundiales. Principio de la entropía.
  - V. Carácter tensorial de las relaciones físicas universales.
  - VI. Teoría moderna de los cuantos. Teoría de Heisenberg, Born, Jordan. Valor filosófico. Acción y reacción causal: sus relaciones con la emisión y absorción de las energías.
- Conclusión.

## INTRODUCCIÓN

Al hablar de las teorías físicas se ha hecho clásica la frase de Poincaré, de que "son cómodas y útiles, mas no verdaderas". Fiados en la palabra del célebre matemático francés, se creen dispensados muchos filósofos de seguir el movimiento científico y la evolución de las ciencias físicas. No somos los escolásticos los que usamos menos de tal privilegio. Y a la verdad que nuestros antepasados no entendían así las relaciones de las ciencias físicas con la filosofía. A los libros físicos de Aristóteles (1) seguían los del cielo, mundo y meteoros, en los que se estudiaban detenidamente, con los medios filosóficos demostrados en la física general o cosmología actual y con los elementalísimos

(1) ARISTÓTELES, *Opera omnia*, ed. Didot, París, 1927, vol. 2; sobre la infinidad del mundo, véase lib. 1, caps. 5, 6 y 7, pp. 372-378; sobre su figura total, lib. 2, cap. 4, pp. 393-394; sobre su centro, lib. 2, cap. 14, pp. 407-410; naturaleza de los astros y cielos, en lib. 1, caps. 3 y 4, pp. 369-372; lib. 2, caps. 7, 8 y 9, pp. 397-400, y los comentarios preciosos de Santo Tomás a los mismos lugares, en S. THOMAE, *Opera omnia*, ed. Leonina, Roma, vol. 3, 1886.

matemáticos y experimentales de entonces, cuestiones tan interesantes como la finitud o infinidad del mundo, su figura total, centro del mundo, naturaleza de los astros y cielos. En aquellos dorados tiempos, la filosofía escolástica poseía junto a la explicación metafísica del mundo, una explicación física, una teoría concreta del universo. Ninguno de aquellos datos físicos rudimentarios era sistemáticamente rechazado; se estudiaban sus relaciones con los principios abstractos; y lo que admira más, se tejían a base de ellos sutilísimas distinciones y se levantaban teorías metafísicas que aún hoy nos llenan de admiración reverente. Quién, por poco leído que sea en la Suma Teológica, no ha saboreado las filigranas metafísicas de Cayetano al estudiar la constitución y accidentes propios de los cuerpos celestes considerados como incorruptibles y eternos? (2). Aquel derroche de delgados perfiles que diferencian una materia acomodada o no a la forma según género y especie, género próximo o remoto (3), distinción entre potencias activas y principios activos (4), las varias especies de materia primera, y mil otros toques de luz sobre el pobre fondo de unos datos físicos vulgares? Aquellas demostraciones semigeométricas semiaritméticas de Aristóteles, de la finitud del mundo (5), de la estructura del continuo, de la posición central de la tierra (6), revelan todas una preocupación sentida de contacto con la realidad, de respeto a las ciencias, de contribución leal a su avance. — Quien haya estudiado algo detenidamente la manera como estaban unidas entonces con la filosofía las ciencias matemáticas y físicas, sabe muy bien que no se trataba de un mosaico más o menos habilidosamente concertado; reinaba la unión por continuidad característica de las relaciones de lo universal con lo particular, del principio con las consecuencias. No se incardinaban al cuerpo filosófico, ni todas las verdades de las matemáticas ni todos los procedimientos físico-técnicos: presidía una ley de selección, con doble finalidad: *hallar las nuevas cuestiones filosóficas planteadas por la física y matemáticas y cerciorarse de la adaptabilidad de los principios filosóficos, a los nuevos aspectos de la realidad*. Dado el realismo confiado y tal vez demasiado candoroso de los antiguos, la repercusión filosófica de cualquier dato físico nuevo, tenía que ser por necesidad muy profunda. Con el desarro-

(2) CAYETANO, *Coment. a la Suma Teológica*, 1 part., quaest. 66, art. 2, ed. Leonina, Roma, vol. 5, 1889, pp. 157-159.

(3) CAYETANO, *lug. cit.*, p. 158, n. 7.

(4) CAYETANO, *Com. a la Sum. Teol.*, 1 part. quaest. 77, art. 1, vol. 5, p. 239, n. 9.

(5) ARISTÓTELES, *Opera omnia*, ed. cit., vol. 2 *de Caelo*, lib. 1, cap. 5, con los comentarios de Santo Tomás. Véase una exposición concisa y clara de este punto en L. URBANO, *Estudio crítico de las teorías relativistas*, fasc. 1, Madrid, 1926, pp. 39-43.

(6) ARISTÓTELES, *Op. omnia*, ed. cit., vol. 2; *Naturalis auscultationis*, lib. 6, pp. 317-333; *de Caelo*, lib. 2, pp. 407-410.

lo inmenso de las ciencias físico-matemáticas y la decadencia filosófica que lo ha acompañado, los filósofos no han podido asimilar ni incorporar lo muchísimo aprovechable que ellas nos ofrecen: la escolástica ha perdido la continuidad con las ciencias. Y con todo, la empresa de unir las es por demás tentadora y dentro del espíritu y tradición genuinamente Aristotélico-tomista. No se nos ocultan las dificultades que supone el dominio de tres ciencias como la filosofía, matemáticas y física que todas y cada una de por sí bastan a ocupar la vida entera de un hombre. Por eso esperamos de la indulgencia de los peritos, que perdonarán nuestro atrevimiento. La circunstancia de que en este estudio preliminar queremos prescindir sistemáticamente del instrumental matemático, nos pondrá en la precisión de ser incompletos y a veces oscuros para los que no dominen tal ciencia. En otros trabajos posteriores más técnicos, resarciremos a la medida de nuestras fuerzas estos defectos.

Por fin una idea hemos de dejar anotada, pues ha sido el hilo conductor de nuestro trabajo en su aspecto filosófico. Considerando como núcleo del Aristotelismo y, por tanto, del tomismo, *la metafísica*, toda corrección y perfil nuevo en asuntos de cosmología y física, los hemos introducido y justificado por una noción metafísica que enriquecía ya los tesoros inexplorados de la filosofía perenne, aunque actualmente sólo figurase por vía de inventario, sin utilización práctica ninguna, como la teoría de los principios activos, de los elementos físicos primarios, mínimos específicos y otras filigranas ideológicas de rancio sabor aristotélico-tomista.

Aunque el presente estudio lleve un título determinado, pretendemos primariamente someter al juicio de los filósofos *la orientación general* de acoplamiento entre filosofía y ciencias físico-matemáticas, indicando en un caso concreto suficientemente amplio, el proceso y resultados. A la crítica inteligente de nuestros lectores y a su benevolencia, ofrecemos el presente estudio, seguros que las críticas más provechosas y más benévolas nos vendrán de los que por experiencia propia saben la dificultad del asunto.

## I. — ALGUNAS PALABRAS SOBRE LA IMPORTANCIA FILOSÓFICA Y SIGNIFICACIÓN DE LAS TEORÍAS MODERNAS Y DE SU EVOLUCIÓN

En la física moderna es imprescindible distinguir entre *teorías-imágenes* y *teorías-ideas*. Las *teorías-imágenes* (hipótesis) son construcciones mixtas de elementos sensitivos y leyes generales a todo fenómeno físico: los esquemas preferidos por los físicos, pertenecen

al modelo mecánico. Estudiemos una teoría-imagen típica y célebre: la teoría de la electricidad y de la luz de Maxwell-Hertz. Seguiremos como a maestro en la utilización sistemática de la imagen mecánica a Boltzmann en su clásica exposición de la teoría de Maxwell (7). Otras exposiciones, como las de M. Abraham, Poincaré (8), estudian más, las ideas físico-matemáticas que son el esqueleto de la imagen.

Estas teorías-imágenes, como confiesa el mismo Boltzmann, no pretenden explicar la naturaleza metafísica de los elementos y fuerzas de la naturaleza; se proponen únicamente construir mecanismos, máquinas desmontables y visibles, cuyo funcionamiento presente en su formulación matemática, la mayor semejanza posible con las leyes cuantitativas de los fenómenos electro-magnéticos (9). Partiendo de las mismas fórmulas matemáticas que la física experimental nos proporciona, observables bajo los matices sensibles de luz, calor, incandescencia, excitación de nervios por las corrientes, atracciones y repulsiones... construiremos una máquina que en su funcionamiento se rija por las mismas leyes *cuantitativas*, mas en que falten los concomitantes sensitivos de luz, calor, sacudidas... Poseeremos a base de *puros movimientos locales* una imagen *mecánica* de todo un complejo de fenómenos *físicos*. Nuestro artefacto funcionará cuantitativamente igual que los fenómenos electro-magnéticos, empero cualitativamente de un modo totalmente diverso. Boltzmann va construyendo en sus famosas lecciones modelos cada vez más complicados para traducir mecánicamente los fenómenos eléctricos. El movimiento rotatorio de un anillo al derredor de su eje, imita en sus leyes mecánicas las eléctricas de las corrientes circulantes y las fuerzas electromotrices. Añadiremos obstáculos mecánicos, que traducidos matemáticamente presenten igual ley que la de Ohm. Subiremos después a modelos más complicados vgr., tres tubos coaxiales sobre los que distribuiremos tres masas a distancias convenientes del eje central: una disposición acertada de engranajes, rozamientos y juegos libres, nos permitirá, puesto el conjunto en rotación, traducir mecánicamente un grupo de fenómenos eléctricos más complicados: la autoinducción, la inducción mutua, la acción entre dos corrientes eléctricas: añadiremos resis-

(7) L. BOLZMANN, *Vorlesungen über die Maxwell'sche Theorie der Elektrizität und des Lichtes*, 2 vol. Leipzig, 1908.

(8) M. ABRAHAM und A. FÖPPL, *Theorie der Elektrizität*, vol. 1, ed. 6, Leipzig, 1927; vol. 2, ed. 4, Leipzig, 1920; H. POINCARÉ, *Electricité et Optique*, ed. 2, Paris, 1901; SPRINGER, *Handbuch der Physik*, vol. 12, Berlin, 1927, cap. 1, pp. 1-142. Véase un tratamiento del campo eléctrico constante con su interpretación en tres diversas imágenes, en el *Traité de Physique* de O. D. CHWOLSON. Trad. franc., 2 ed., Paris, 1910, vol. 4, fasc. 1, p. 7 ss.

(9) L. BOLZMANN, *ob. cit.*, vol. 1, pp. 13-14.

tencias mecánicas calculadamente elegidas para traducir los fenómenos eléctricos en un dieléctrico y así sucesivamente (10). Tales modelos mecánicos pueden verse en los laboratorios de física.

Los entendimientos prácticos hallarán interesante tal procedimiento. Sir W. Tomson confesaba que no quedaba satisfecho ni le parecía entender claramente un fenómeno físico hasta que no tenía construída la máquina correspondiente.

Consideremos el aspecto y valor filosófico del método. Es evidente que del modelo mecánico no es lícito pasar al orden metafísico y objetivar sus características. Como demostró Poincaré (11) si es posible construir un mecanismo que traduzca exactamente las propiedades electro-magnéticas, se pueden construir por el mero hecho infinitos diferentes; al menos muchísimos, siguiendo la restricción que puso Darboux al teorema de Poincaré (12).

Las teorías-imágenes no fueron inventadas para estudiar la esencia de los fenómenos: no hay, pues, que metafisiquear a base de ellas ni rechazarlas con razones de filosofía. Las teorías-imágenes han permitido descubrir leyes, y han abierto camino para hallar nuevos fenómenos que por el procedimiento puramente experimental de controlar siempre lo que buenamente se presente, tal vez nunca se habrían encontrado o hubiera costado mucho formular la ley que los regía. A la teoría mecánica de la electricidad de Maxwell debemos en buena parte los descubrimientos de Hertz y muchas leyes imprevistas hasta entonces, como las relaciones entre el índice de refracción y la constante dieléctrica: las relaciones entre las unidades electroestáticas y electromagnéticas con la velocidad de la luz, que fueron el punto de partida para la teoría electromagnética de la luz. (13).

Hemos presentado un caso típico de *teoría-imagen*. En la física moderna no se emplea ya de una manera tan preponderante el modelo mecánico. Se dirige el interés principal a las leyes matemáticas que rigen los fenómenos. Un mínimo de teoría-imagen es imprescindible: desde el momento en que debemos usar de los sentidos e instrumentos se impone la introducción de imágenes. Tomemos en las manos la exposición de la teoría matemática de la luz por Poincaré (14) *Théorie mathématique de la lumière* y notemos el mínimo de teoría-

(10) BOLZMANN, *ob. cit.*, vol. 1, pp. 14-19.

(11) POINCARÉ, *Electricité et Optique*, ed. cit., introd., pp. 7-8.

(12) G. DARBOUX, *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, 2 ed., París, 1915, 2 part., chap. 8, pp. 496-505.

(13) O. D. CHWOLSON, *Traité de Physique*, loc. cit., pp. 5-6.

(14) POINCARÉ. Citaremos, por no tener a mano la edición francesa, su traducción alemana: *Mathematische Theorie des Lichtes*, Berlín, 1894, cap. 1, pp. 3-34.

imagen empleado. 1) Supondremos, dice, que tenemos un medio elástico, formado por moléculas separadas, es decir, discontinuo: la conformidad de la experiencia con nuestra imagen no podrá probar que exista realmente tal discontinuidad. La imagen nos servirá únicamente para simplificar las fórmulas matemáticas.—2) Supondremos que las moléculas se hallan sometidas a fuerzas mutuas, teniendo cada una de ellas una posición de equilibrio, al derredor de la cual puede verificar oscilaciones pequeñas.—3) Supondremos que el radio de acción de cada molécula es muy pequeño. Y otras hipótesis por el estilo, algunas de ellas de carácter puramente matemático. Todas ellas nos permiten y ayudan a formular las ecuaciones diferenciales del problema, los fenómenos luminosos, y después por vía puramente deductiva estudiar la reflexión, refracción, polarización, difracción, aberración... obteniendo las leyes experimentales conocidas (15). La concordancia de las consecuencias con la experiencia no permite deducir la concordancia de la imagen empleada con la realidad metafísica; las fórmulas matemáticas iniciales admiten otras muchas interpretaciones mecánicas.

Aduzcamos un caso más: en la teoría atómico-molecular moderna se nos habla de sistemas planetarios intraatómicos, de choques, órbitas, distancias, rotaciones, núcleo, electrones, estratos de energía. Una teoría-imagen fecundísima para obtener y descubrir nuevas leyes físicas y relaciones entre la materia, electricidad, luz, espectros. Han construido modelos atómicos de base mecánica Bohr y Sommerfeld (16), de base ondulatoria Schrödinger y de Broglie (17), de base energético-espectral, Heisenberg, Born y Jordan (18). El paso de tales imágenes a la realidad ni ellos lo han pretendido ni es posible con los solos medios de la física. Las mismas ideas fundamentales sobre la existencia individual del electrón, núcleo, fotón o átomos de luz, átomos de acción o cuantos de Planck, considerados como individuos metafísicos, son concepciones metafísicas injustificables con los solos recursos de la física. Por electrón, dirá Sommerfeld, que se debe entender un sumidero de energía, un lugar donde desembocan las líneas de fuerza y el núcleo un centro o fuente de partida de las

(15) POINCARÉ, *Electricité et Optique*, ed. cit., cap. 11, pp. 155 ss, 161-164, 164-167, 177-182 y *Mathematische Theorie des Lichtes*, caps. 5, 6, 7 y 8.

(16) A. SOMMERFELD, *Atombau und Spektrallinien* vol. I, Braunschweig, 1924, páginas 73-149.

(17) SOMMERFELD, ob. cit., *Wellenmechanischer Ergänzungsband*, Braunschweig, 1929, cap. I, pp. 1-169; A. HAAS, *Materiewellen und Quantenmechanik*, Leipzig, 1929, 2 ed., páginas 23-40 (teoría de Broglie); pp. 46-54 (teoría de Schrödinger).

(18) SOMMERFELD, ob. cit., vol. 2, cap. 1, pp. 34-45; HAAS, ob. cit., pp. 64-80; M. BORN, *Probleme der Atomdynamik*, Berlin, 1926, pp. 59-117.

mismas (19). Y en general cuanto o indiviçuo mínimo eléctrico, magnético, de acción, de luz, sólo puede significar con los puros medios de la física que hay puntos especiales de aglomeración de las energías, paquetes de energía como los llaman algunos modernos, que presentan una cierta estabilidad y firmeza física. El sentido absoluto y metafísico que los filósofos y no técnicos acostumbran a dar a estas expresiones es causa de mil dificultades y objeciones infundadas. Es la gran tentación ontológica del filósofo al leer los libros de física moderna (20).

Con todo, la misma fecundidad de tales teorías-imágenes nos hace sospechar que la realidad no debe de ser en si misma muy semejante de lo que nos imaginamos. El físico teórico al manejar las fórmulas matemáticas de la física sólo se diferencia del matemático en poseer un diccionario que le permite traducir e incardinar tal variable matemática a tal fenómeno y sus valores abstractos a los valores concretos que le ofrecen las medidas instrumentales.

¿Mas cómo acoplar la metafísica a un sistema de teorías-imágenes? Por medio del estudio metafísico de las teorías-ideas. Las teorías-ideas constituyen el meollo de la física moderna. Los principios de la conservación de la energía, de la entropía, de relatividad, de la acción mínima de Hamilton, de la menor construcción de Gauss, pertenecen al tipo conceptual puro, mas no al metafísico ni de suyo tampoco al matemático. Vamos a estudiar brevemente las características de uno de ellos.

Todos los acaecimientos y fenómenos físicos necesitan para desarrollarse, espacio, tiempo, energía; el estado final y el inicial están caracterizados por partir de unos valores de estas magnitudes y llegar a otros distintos. A base de la energía empleada pueden hacerse evidentemente muchos fenómenos; ¿cuál de ellos será el *real*? El principio de Hamilton nos dice: 1) El fenómeno real frente a los posibles, que se pudieran verificar en las mismas condiciones de espacio y tiempo, será aquel que emplee un mínimo de energía. — 2) Entre varios fenómenos que hayan de verificarse en un tiempo fijo y con una provisión invariable de energía, será *real* aquel que siga el menor camino, el geodésico. Prescindamos de las finuras matemáticas requeridas por

(19) SOMMERFELD, *ob. cit.*, vol. I, pp. 8-9.

(20) F. RENOIRTE. Léanse sus atinadas reflexiones sobre la naturaleza de las teorías físicas en *Revue Néoscholastique*, 27 (1922) 267-274. Para las teorías anteriores, además de la obra citada de Haas, introducción clara y precisa como pocas, véanse en nuestra lengua y de la pluma del P. PÉREZ DEL PULGAR, *Estado actual de la teoría electro-ondulatoria de la materia* en *Anales de la Asoc. de Ing. de la ICAI*, 9 (1930), 171 ss. y, del mismo, *Trascendencia filosófica de las investigaciones de la física matemática sobre la constitución de la materia* en *Estudios Eclesiásticos*, 9 (1930) 367-377.

los especialistas (21) y fijémonos en el valor teórico del principio. Es independiente de cualquier teoría-imagen con que pretendiésemos aclarar las nociones de masa, tiempo, energía, espacio. Expresa una ley universal: apenas nos presenten a discusión un fenómeno o queramos construir la teoría general de la luz, movimientos astronómicos, gravitación, movimientos intraatómicos, electricidad... lo primero que exigiremos y tomaremos como punto de partida será la ley de Hamilton: al modo como el metafísico al presentarle un ser finito ya sabe de antemano que en él hay esencia y existencia, sustancia y accidentes y mil otros detalles. La propiedad del principio de la mínima acción de Hamilton de quedar invariable para cualesquiera cambios de coordenadas, es causa de la importancia fundamentalísima que tiene en la física moderna (22). El físico teórico no pretenderá justificarlo *a priori*, ni menos con medios de filosofía: basta que sirva para obtener consecuencias controlables y concordantes con las leyes físicas inferiores directamente experimentables, para constarle de su validez física. Y por cierto que la realidad le concede la primacía sobre todos los demás principios de la física teórica. No nos detendremos en este trabajo en estudiar el fondo filosófico encerrado dentro de los principios generales de física teórica: queremos llegar pronto al asunto particular propuesto.

Las ideas generales que rigen la unión entre filosofía, matemáticas y física, se condensan en los siguientes enunciados:

1) Toda idea, especie o representación sensible que según las normas de la criteriología reúna las condiciones para ser objetivada metafísicamente al orden real, si se encuentra constituyendo una fórmula o principio físico ya hecho, o bien si se puede traducir matemáticamente, dará una fórmula o principio de valor metafísico, físico y matemático a la vez y la fórmula o ley correspondiente quedará incardinada al campo de la filosofía.

2) Establecido el diccionario metafísico-físico y matemático, cualquier fenómeno nuevo o viejo tiene triple sentido, uno meramente matemático y funcional, otro teórico-físico (teoría-imagen más o menos pronunciada) y el tercero, formalmente filosófico. Las palabras, espacio, tiempo, movimiento, masa, fuerza, medida... poseen este triple significado.

(21) BOLZMANN, *Vorlesungen über die Prinzipie der Mechanik*, 2 part., Leipzig, 1904, pp. 104-156; E. T. WHITAKER, *Analytische Dynamik*, Berlín, 1924, cap. 9, pp. 259-264; CL. SCHÄFER, *Die Prinzipie der Dynamik*, Berlín, 1919, pp. 30-33; SPRINGER, *Handbuch der Physik*, Berlín, 1927, vol. 5, cap. 2; L. NORDHEIM, *Die Prinzipien der Dynamik*, pp. 76-83.

(22) L. NORDHEIM, *ob. cit.*, p. 78.



Habrán puntos en que coincidirán las tres significaciones; en otros muchos se diferenciarán profundamente.

Cada teoría se encarga de redactar su diccionario físico-matemático en que muchas de las fórmulas matemáticas, idénticas casi siempre en las diversas teorías, adquieren una nueva significación física; Newton y Einstein usarán de la variable matemática " $t$ ", mas uno leerá, tiempo absoluto, el otro tiempo local: y el matemático puro no verá en ella, sino el signo de una variable independiente con campo infinito de variabilidad.

Tras del término "divergencia de un vector o tensor" el matemático no verá sino una ecuación diferencial homogénea o no: el físico encontrará simbolizado en ella el concepto de fuente de energía (23): Einstein se negará a admitirlo como ley del universo si no presenta forma tensorial; Newton no pedirá tanto. le bastará que en un sistema de coordenadas (vgr. la tierra) sea diferente de cero para afirmar que allí hay un manantial de energía gravitatoria, eléctrica. ¿Qué deberá leer el metafísico en tal caso?

El diccionario físico-matemático incluye la palabra *fuerza*: el matemático leerá: "fuerza significa una función especial de algunas variables dependientes y de una independiente y a veces de las derivadas de aquéllas con relación a ésta." El físico leerá; ley que une coordenadas espaciales al ritmo temporal y a las velocidades correspondientes. Newton catalogará entre las fuerzas, la del sistema propio y las del de referencia absoluto. Einstein declarará reales a las primeras y ficticias en muchos casos a las segundas.

¿Y cómo traducirá fuerza el metafísico?

El diccionario físico-matemático da por significación de la palabra *electrón*. 1) *Matemática*: punto de singularidad y discontinuidad matemática de una función, en cuya proximidad se hacen infinitas ciertas cantidades. 2) *Física*: sumidero o remolino de energía estable, centro a donde abocan las líneas de fuerza, paquete estable de energía...

Bajemos un poco más al detalle de la unión de física, matemáticas y filosofía. La condición preliminar que hemos señalado para la unión es puramente criteriológica. El realismo absoluto en el terreno físico es insostenible. Por fortuna dentro del campo escolástico se abre camino y conquista adeptos el realismo crítico, adeptos de la categoría de Mercier, Balmes, Gemelli, Geysler, Gründer; dejando las

(23) M. ABRAHAM, *Theorie der Electricit.*, vol. I, pp. 34-46; W. IGATOWSKY, *Vector-analysis*, 2 ed., Leipzig, 1921, vol. I, pp. 15-18.

razones psicológicas tan hábilmente expuestas por Gründer (24) entrémonos en el campo físico moderno. Si objetivamos todos los conocimientos directos de los sentidos tal cual nos los ofrecen y traducimos matemáticamente sus propiedades nos resultará una física rudimentaria, a saber, la física antigua tal cual la poseían los filósofos que no dispusieron de los medios modernos, sino de los solos sentidos, como Aristóteles. Tome cualquiera en sus manos los libros de "Caelo, Mundo et Meteoris", de Aristóteles, comentado por San Tomás y propóngase usar únicamente de los sentidos y observaciones de aquellos tiempos: de seguro que aun le probarán los argumentos para sostener la incorruptibilidad de los cielos, la quietud absoluta de la tierra en el centro del mundo, que todo cuerpo con movimiento circular no puede ser infinito y mil otras cuestiones curiosas resueltas bajo la suposición de ser totalmente valederos los datos inmediatos de los sentidos. Tal física es evidentemente opuesta a los experimentos más finos y comprobados modernamente. La inmensa mayoría de las afirmaciones filosóficas sobre el espacio, tiempo, movimiento, fuerza, continuidad, de que están llenos nuestros libros, admiten una formulación matemática y consiguientemente una constatación experimental o simplemente una comparación con las fórmulas matemáticas experimentales modernas. Y al oír matemáticas no hay que pensar en las elementales: son instrumentos demasiado bastos. Las matemáticas modernas se edifican sobre los conceptos universales de multiplicidad, orden, dependencia, grupo, relación... y sobre la operación "paso al límite" única capaz de atacar a fondo las cuestiones de la infinidad, continuidad y leyes físicas: y si a esto añadimos la tendencia modernísima de construir con pura lógica todo el edificio matemático definiendo los números por comprensión y no por extensión, es evidente que tendremos en las matemáticas un instrumento capaz de trabajar muchas nociones de filosofía. La cosmología escolástica se resiente muchísimo de los defectos de la física antigua; los datos de la cual fueron el fundamento y piedra de toque de sus construcciones. Todo nuestro trabajo crítico se ha reducido cuando más a abandonar algunos ejemplos infantilmente realistas.

Creemos que el día en que un matemático se tomase el trabajo (científicamente inútil) de traducir matemáticamente muchas de nuestras afirmaciones cosmológicas susceptibles de ello, adquiriría una evidencia palpable la necesidad de abandonar el realismo absoluto. Para

(24) H. GRÜNDER, *Curso de introducción teórico-práctica a la psicología experimental*, Barcelona, 1924. En casi todos los capítulos se hallarán consecuencias para nuestros intentos.

no traer sino unos ejemplos: la teoría escolástica del conjunto, pone de manifiesto que casi todos los que la tratan no conocen más operaciones que las elementales, ni más números que los racionales. La teoría del número infinito y sus clases descubre que ignoran la mayor parte completamente la única operación capaz de alcanzarlo, "el paso al límite" y las teorías de los números transfinitos de Cántor: y guiados por conceptos matemáticos rudimentarios barajados malamente con nociones metafísicas que son sino una trasposición disimulada de tales ideas matemáticas, dan soluciones híbridas que no pueden contentar a ninguno: la teoría tradicional del espacio y del tiempo traducida matemáticamente, equivale a la de Newton, contraria a las experiencias físicas: por espacio, no se concibe otro que el de Euclides y se da el fenómeno singularísimo de que propiedades fundamentalmente sensibles y controlables como las propiedades del espacio real, magnitud real, tiempo real, se declaran inexperimentables desde el momento que hay quien pretenda someterlas al control físico-matemático, reduciéndolas a puras realidades espirituales, cuando toda forma aun espiritual unida a la materia tiene repercusiones materiales y equivalentes físicos, como consta por la psicología más rudimentaria.

Una depuración criteriológica preliminar a base de la criteriología general, de la metafísica, de las matemáticas y física se impone, si queremos obtener el conocimiento metafísico del mundo y sus leyes sin contradecir a las experimentales modernas. El camino que indicamos no es otro que el tradicional "Las esencias de las cosas externas sólo pueden conocerse perfectamente por inducción." (25). Mas inducción servida por las matemáticas, por la física teórica y por los medios experimentales de la técnica moderna. El uso de solos los sentidos dió todo lo que podía dar con la constitución de la cosmología y física antigua y ya sabemos su suerte. Esta depuración criteriológica nos traerá otra ventaja: mostrarnos que el mundo actual podría ser teóricamente construido de muchas maneras, todas ellas lógicamente posibles: podemos determinar, *a priori*, cómo serían las leyes físicas en un espacio euclideo puro, como lo estudiaremos en el párrafo 4.º; en uno riemanno, de Veronese... Un mundo con sistema físicamente privilegiado de referencia o sin él: qué distribución y propiedades habría de tener la materia para que el espacio real fuese finito o de tal forma total: para una estabilidad absoluta astronómica... Nos hallaríamos ante cuestiones metafísicas tan nuevas como

(25) SANTO TOMÁS, 2, *Sent. dist.*, 35, q. 2, art. 2; *Suma Teol.*, 1, q. 58, art. 5, ed. cit., vol. 5, p. 87. Comentarios a los analíticos posteriores, lib. 1, lect. 30, ed. cit., vol. 1, pp. 259-260.

las que se presentaron en la teoría de la materia y de la forma al querer estudiar los cielos incorruptibles: y nos veríamos en la precisión de realizar faenas tan admirables como la de Aristóteles al estudiar si eran objetivas las irisaciones del nácar y de las burbujas de jabón, ya que se muda el color según el lugar de observación. Un desarrollo digno de estos puntos, nos llevaría muy lejos.

Conseguida la depuración criteriológica, la traducción metafísica del mundo real quedaría realizada. Las fórmulas matemáticas serían el lazo de unión entre la física moderna de teorías-imágenes y la física-metafísica: el contacto de la metafísica con la realidad quedaría restablecido, como lo estuvo en los dorados tiempos de Aristóteles y S. Tomás.

Mas ¿no nos expondríamos a los peligros de un concordismo continuo? Por cierto que los antiguos y típicos escolásticos no adoptaron nunca esta posición abstencionista, cómoda y cobarde, ante los problemas que por necesidad les planteaba cualquier dato físico. ¿Qué hubieran hecho ante la finura de nuestros experimentos y matemáticas? Se cuenta que algunos escolásticos del tiempo de Galileo se resistían a mirar por su célebre antejo por no ver las manchas del sol, signos evidentes de su estado de evolución, y se daban a las suposiciones más pintorescas para sostener su amada tesis de la incorruptibilidad de los astros. La anécdota se perpetúa.

Respondamos lealmente a la cuestión. Un concordismo de base criteriológica, usando de todos los medios de la metafísica, matemáticas y física sólo conduce a tener que perfilar constantemente las ideas filosóficas de cosmología, es decir, a una evolución perfeccionadora de la misma filosofía. Los hombres no podemos aspirar a la posesión por título hereditario de una filosofía perfecta: sus líneas estructurales y básicas han quedado definitivamente trazadas por los genios que nos precedieron, mas queda todavía un amplísimo campo de perfeccionamiento y evolución dentro de la misma filosofía. El estancamiento actual, que en algunos puntos parece momificación, desaparecería en beneficio de la misma filosofía.

La evolución filosófica consiguiente a un acoplamiento entre las tres ciencias dichas sería de tipo convergente, por aproximaciones sucesivas a la verdad integral, no un vaivén y movimiento de retroceso y adelanto sin objeto y término fijo. Progresaría la filosofía como la física moderna: cada teoría nueva no destruye las anteriores, es su complemento: únicamente las anula en aquello que tienen de exclusivo: se reduce a quitar de todas las proposiciones afirmati-

vas las palabras: "sólo así, únicamente así es verdad, no es posible otro modo de explicación..." y las consecuencias que de tales exclusivas se siguen en la formulación matemática, que son a veces profundas. Cuando la teoría gravitatoria de Einstein anuló la de Newton, quedó ésta como primera aproximación: la mecánica clásica pasó a ser un caso particular de la Einsteiniana para velocidades infinitamente grandes, y la de Einstein es un caso particular de la de Cosserat (26), que hasta ahora en toda su generalidad es una construcción puramente matemática: los experimentos van decidiendo cuál de estos grados es el real: toda nueva teoría física debe satisfacer el postulado fundamental de dar razón de todas las leyes anteriores y predecir nuevas o al menos sintetizar puntos incompatibles con las anteriores. El proceso de las teorías físicas es convergente, va de verdad imperfecta a perfecta: la evolución de las teorías físicas y su cambio continuo, (el fracaso de las ciencias, tópico de los oradores adocenados), lejos de ser un defecto es una garantía de segura y continua aproximación a la verdad. Si al acoplar la filosofía a las ciencias, tomamos como postulado fundamental explicar todas las leyes anteriores, la evolución no hará sino aportarnos nuevas ideas, indicarnos puntos de vista falaces, incompletos: en una palabra perfeccionar la filosofía.

Y como los ejemplos concretos son más convincentes y dan más luz y prueban más que ideas generales, vamos a estudiar las nociones de causa, efecto y causalidad en su triple aspecto metafísico, físico y matemático. La circunstancia de tener que prescindir de instrumentos matemáticos nos pondrá en la precisión de ser a veces incompletos y oscuros en algunos puntos.

## II. — NECESIDAD DEL PRINCIPIO DE CAUSALIDAD PARA LA FÍSICA EXPERIMENTAL Y TEÓRICA. — SU SUSTITUCIÓN POR EL AXIOMA DE FUNCIONALIDAD

Si preguntamos a físicos teóricos de la altura de Planck, Einstein, Chwolson, Laue, Schrödinger por la importancia para la física del principio de causalidad, uno nos dirá que es el fundamento sobre el que se debe edificar la ciencia toda de los fenómenos (27); otros,

(26) J. M. PLANS Y FREIRE, *Lecciones de mecánica clásica y relativista*, Madrid, 1921, pp. 93-99; O. CHWOLSON, *Traité de Physique*, ed. cit., vol. I, pp. 340-348; MM. F. y E. COSSERAT, *Note sur la dynamique du point...*

(27) CHWOLSON, *ob. cit.*, tom. I, p. 4.

que es el postulado preliminar de todo nuestro conocimiento de la naturaleza (28), cuya posibilidad y sentido fijo debe exigirla la física en todos los órdenes (29) y en todas las teorías clásicas o relativistas (30). Mas si estudiamos detenidamente la manera como aplican y entienden el principio, echaremos de ver que se trata de una significación *físico-matemática* bastante diferente de la metafísica y que se nos va a prestar para reflexiones filosóficas interesantes.

En lenguaje matemático diríamos que "el principio de causalidad en cuanto norma de la física equivale a pedir que los fenómenos constitutivos de una ley puedan ser representados por una función matemática directa e inversa uniforme, es decir, biunívoca". Expliquemos los términos a los que conviene se vayan acostumbrando nuestros lectores.

El concepto de función o ley de dependencia se ha hecho ya vulgar: para no traer sino ejemplos sencillos, el valor de la suma es función, depende del de los sumandos: el del producto total es función, depende del de los factores: el del cociente, de la cuantía del dividendo y divisor: el de una potencia es función de la base y del exponente: el valor de la suma en una progresión cualquiera es función de la razón: el espacio recorrido por un móvil en movimiento es función o depende del tiempo empleado: el volumen ocupado por un gas es función de la presión y de la temperatura. Los sumandos, factores, dividendo y divisor, base y exponente, razón de una progresión, tiempo, presión, temperatura hacen, en los casos citados, de variables independientes; la suma total, el producto, cociente, valor de la suma de los  $n$  primeros términos de una progresión, espacio, volumen, son variables dependientes o funciones de las anteriores: pues dependen en su valor de los que demos a aquéllas. Tomemos vgr. dos números fijos: el resultado de sumarlos, multiplicarlos, dividirlos, potenciarlos, dará en general un valor muy diferente: o sea, la cuantía de la función no sólo depende de los valores de las variables independientes, sino de la manera u operación por la que están unidos. Esta manera de unión o ley, que con nombre abreviado se llama función, en física es determinada comúnmente por la experiencia. Cuando enunciamos la ley de Mariotte (Boyle) para gases ideales, diciendo que el producto de la presión por el volumen es siempre constante, una cantidad inmutable, expresamos no solamente que el volumen depende o es función

(28) M. PLANCK, *Das Prinzip der Erhaltung der Energie*, Leipzig, 1921, p. 152.

(29) M. VON LAUE, *Relativitätsprinzip*, tom. 1, Braunschweig, 1921, pp. 6-62.

(30) A. EINSTEIN, *Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie*, Leipzig, en *Fortschritte der math. Wiss.*, Heft 2, 4 ed., 1922, p. 82.

de la presión a que esté sometido el gas, sino que medidos ambos datos en todos los casos y magnitud de volumen y presión (bajo la misma temperatura) y multiplicados sus valores correspondientes, el resultado es siempre el mismo número. Poseemos una ley matemático-física bajo forma del producto. Además esta fórmula nos permite, dado el volumen, hallar la presión correspondiente, y recíprocamente, dada la presión encontrar el volumen propio de ella: lo que se expresa diciendo que tanto la forma directa como la inversa es una función o ley uniforme, pues a cada valor de la variable independiente obtenemos uno solo de la dependiente y al revés. La función se llama entonces *biunívoca* (31). Fijado el valor de las variables independientes sale de ordinario un solo valor para la variable dependiente: y en general, si en una ley o función entran un número fijo de datos relacionados, la ley o función debe permitir, dados todos menos uno, hallar el valor de éste, sean cualesquiera los que hayamos elegido para punto de partida o como variable independiente.

Los físicos, al formular y averiguar las leyes, no se preocupan de que la causa técnicamente metafísica haga el oficio de variable independiente como le correspondería según la filosofía, ya que de ella parte y ella regula el influjo causal y su cuantía, sino de formular una ley matemática que una los datos dados en las medidas experimentales, eligiendo para variables independientes y determinadoras, no las que el metafísico señalase como causas, sino las más fáciles de medir exactamente (32).

Examinemos algunos ejemplos filosóficamente instructivos. Cuando en mecánica se formulan las leyes que unen el espacio recorrido al tiempo empleado, traduciéndolas bajo forma matemática funcional, diversa según sea el movimiento uniforme, acelerado, rectilíneo o curvilíneo, en todas ellas hallamos expresado el espacio recorrido en función del tiempo, que suele casi siempre hacer los oficios de variable independiente. Aquí evidentemente no se trata de relaciones causales metafísicas entre el espacio y el tiempo, sino simplemente de relaciones extrínsecas de medido a medida: la ley es reversible, por el espacio recorrido a tal velocidad podemos calcular el tiempo y por el tiempo deducir el espacio: tales leyes o funciones son, pues, en general biunívocas. Si entre los fenómenos físicos se dan verdaderas relaciones causales, hemos de hallar leyes en que *físicamente* nos veamos

(31) Para estas nociones ya corrientes véase nuestro REY PASTOR, *Curso cíclico de matemáticas*, Buenos Aires, 1924, pp. 332-335; más detalles en *Teoría de las funciones reales*, Madrid, 1928, fasc. 1, 2 ed., pp. 23-34, y para más finuras matemáticas; C. CARATHÉODORY, *Vorlesungen über reelle Funktionen*, 2 ed., Leipzig, 1927, p. 71 ss.

(32) LAUE, *Relativitätsprinzip*, vol. I, p. 62.

precisados a usar siempre de un fenómeno determinado como de variable independiente, es decir, de causa: única manera de obtener otro fenómeno, el efecto: la relación inversa y su experimento correspondiente serán imposibles físicamente: si un ser es bajo algún aspecto esencialmente efecto, no podemos aguardar que con el ejercicio de la actividad recibida, pueda producir otra semejante en su causa: un padre comunicará la vida a su hijo: mas la vida del hijo nunca puede rehacer la del padre: en la causalidad verdadera el orden es siempre y necesariamente irreversible: Inversamente en todo acaecimiento físico en que los datos integrantes puedan desempeñar indiferentemente el oficio de variable dependiente e independiente, allí falta verdadera unión y relaciones estrictamente causales. Hemos expuesto el tipo de causalidad genuina. Matemáticamente lo traduciríamos por una función no invertible: el experimento sólo podría hacerse en una dirección, partiendo de un fenómeno fijo como condición de posibilidad para obtener otro. Un tipo más imperfecto comprende las causas reales accidentales. Un fenómeno produce otro; empero en otra ocasión o experimento es posible trastocar los papeles; el que antes fué efecto será ahora causa, produciendo el antiguo fenómeno causa. Lo que sólo puede lograrse suponiendo la ausencia de un vínculo causal esencial profundo, de un orden de dependencia en la misma razón de ser. Si en igualdad de temperatura, aumento de presión (causa), el efecto será una disminución de volumen: mas si inmediatamente después aumenta el volumen, la presión disminuirá.

Si el mundo físico estuviese predominantemente regido y ordenado por causas del tipo genuino, la física experimental nos habría de ofrecer ejemplos a granel de experimentos realizables sólo en un sentido y tendríamos un criterio físico a la vez, y metafísico para señalar las causas verdaderas de los fenómenos y ordenar el curso del mundo. E inversamente, si las leyes experimentales se prestan a la reversibilidad real, es indicio seguro que allí interviene una mera causalidad accidental, no hay orden determinado. Cuestiones evidentemente resolubles con los medios que nos proporcionan la física moderna experimental, tanto en el macrocosmos como en el reino atómico y molecular. El primer deber de todo cosmólogo que quiera presentar ejemplos intachables de causalidades físicas genuinas, es estudiar los experimentos correspondientes, su reversibilidad o irreversibilidad, como primera condición para la existencia de relaciones y orden causal. Primer servicio que nos puede prestar la física moderna, y primer criterio metafísico-físico y matemático a la vez, para discernir las



verdaderas causalidades de las falsas o aparentes: la irreversibilidad experimental entre varios fenómenos es la condición necesaria, mas no suficiente: cuando al cabo de nuestro trabajo podamos usar de todos los criterios suficientes para estudiar bajo las exigencias de las matemáticas, física y metafísica los casos de relaciones causales, veremos que este primer criterio no basta para decidir la cuestión.

En física teórica se prescinde sistemáticamente del orden causal, irreversible: dada la función matemática traductora del fenómeno físico, se trata como una fórmula ordinaria: en un punto del problema convendrá traerla bajo forma directa, en otro resolverla según una variable especial o introducir otras equivalentes a las anteriores. La ley clásica de Newton que une la aceleración con la fuerza, a saber: fuerza igual al producto de masa por aceleración, es de tipo causal: la fuerza es causa de la aceleración y ésta multiplicada por un factor apropiado, la masa, indica exactamente la magnitud de la primera: por eso se escribe en forma de igualdad; lo que no obsta para poder traducir muy delicadamente la naturaleza diversa de la causa y del efecto: pues escrita tal ley en forma aprovechable, esto es, en forma de ecuación diferencial, la aceleración es la derivada segunda del espacio en relación al tiempo, un elemento por tanto de carácter infinitesimal, mientras la otra parte de la igualdad representante de la causa —la fuerza—, se presenta en forma finita y funcional. En la teoría gravitatoria nos bastará poner en vez de fuerza general, la conocida fórmula de Newton, —que une las masas gravitatorias al cuadrado de sus distancias mutuas—, para obtener una ecuación diferencial de segundo orden, que tratada con los métodos matemáticos nos permitirá deducir todas las características de nuestro sistema planetario (33). Einstein, como veremos pronto, traducirá de ordinario todas las leyes de la física en forma tensorial de divergencia (34), en que los fenómenos-causas aparecen bajo una traducción matemática que en lenguaje figurado equivale al concepto de fuente y manantial, expresando la fórmula o ley el caudal de energía que mana de ciertos puntos o elementos. Este criterio traduce el concepto común a toda causa de ser manantial, fuente de donde mana el influjo causal; la fórmula nos permite medirlo en cada caso y en todos los puntos de un campo de fuerza, aunque sin presentar contrapuestas las causas y

(33) W. KLINKERFUES, *Theoretische Astronomie*, Braunsschweig, 1912, 3 ed., lec. 1-15.

(34) LAUE. *ob. cit.*, vol. 1, ecuac. 13, 14 y 16; p. 176, ecuac. 17 y 18 para los fenómenos eléctricos; para los mecánicos véase en el párrafo 26 la ecuac. 26; y, para todos juntos, ecuac. 26a, p. 207. En la relatividad general véase del mismo autor el vol. 2, párrafo 14 (ecuac. 111), p. 140 y párr. 15 (ecuac. 136c y ecuac. 137), p. 157.

sus efectos, como las formulaciones tradicionales de la física clásica.

Para poder pasar por alto todas las sinuosidades y procesos ocultos de un acaecimiento causal complejo, como son todos los del mundo, la física teórica dispone de principios que permiten predecir el estado final sin preocuparse de lo sucedido en su producción (35). A esta categoría pertenecen los principios de la mínima acción de Hamilton, el de la menor constricción de Gauss, el de la conservación de la energía, el de entropía...: para juzgar de la importancia filosófica de este procedimiento el más fecundo de la física moderna, a pesar de hacer tan poco honor a las relaciones causales, nos será preciso aguardar unos párrafos más.

### III. — TIPOS METAFÍSICOS DE CAUSAS, CAUSAS PRODUCTORAS Y LIBERADORAS, CONTENIDO Y EXIGENCIAS METAFÍSICAS DEL PRINCIPIO DE LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA.

Siguiendo la línea de desarrollo que nos hemos propuesto, partamos del campo metafísico para llegar como término de este párrafo a una interpretación metafísica de ley de la conservación de la energía.

Ante todo, es menester que amplíemos el horizonte metafísico con algunas nociones delicadas y profundas salidas de las inmortales plumas de S. Tomás y Cayetano.

El orden sustancial creado para pertenecer al reino de la realidad, es imprescindible que lleve el sello de la singularidad, de la individualidad. Nuestros derechos y características como individuos, se concentran en todo y solo el orden sustancial de nuestra persona: dentro de él somos reyes absolutos, únicos en el mundo: nuestras realidades son incomunicables; nadie sino nosotros las posee: si lo que sucede en el orden sustancial pasase en el accidental, el universo tal cual aparece a nuestra vista sería imposible. Todas las potencias productivas, todas las facultades receptoras y consiguientemente las acciones y movimientos, las transformaciones del universo desaparecerían. A la manera como ninguno tiende ni puede pretenderlo, comunicar su propia realidad singular, producir otro yo con todos sus distintivos individuales, a pesar de ser el matiz individual lo más firme, actual y real que poseemos, realidad que hace valer sus derechos en todo fenómeno consciente presentándolo como nuestro, del mismo modo si todas las facultades del individuo estuviesen tan profundamente impregnadas de la singula-

(35) LAUE, *ob. cit.*, vol. I, p. 62.

idad como lo está la sustancia, ninguna de ellas podría tender a ser potencia activa productora de otros individuos que fuesen una reproducción exacta, un duplicado de sí mismas.

Cuando un ser posee toda y sola la perfección de un orden, no tiende a producir un igual a sí: Dios no siente la necesidad de hacer otro Dios: ni un ángel, otro de su especie: ni un individuo humano, otro duplicado suyo: cada uno de ellos llena todo un orden y agota todas sus características: es como si toda la luz posible perteneciese al sol, no sería hacedero hallar luz fuera de él, toda le pertenecería y dejar de ser suya y dejar por el mero hecho de ser luz, sería lo mismo. Si ningún ser, pues, puede pretender comunicar sus características individuales, sino debe guardárselas para gozarlas él sólo, la condición primera para una causalidad externa será poder comunicar al efecto una realidad con individualidad diferente totalmente de la de la causa. Y en segundo lugar, si la causa llena todo un orden como Dios, como cada forma subsistente en su especie, el efecto deberá necesariamente pertenecer a un grado inferior de ser: nunca a un grado igual, ni menos superior. Dios, que es el mismo ser subsistente y puro, resume en sí todas las perfecciones, bajo la forma y matiz de ser, de existencia: por eso es único en su orden: no puede producir otro Dios, pues no habría con qué hacerlo: mas puede crear los espíritus y seres materiales. Las formas subsistentes llenan cada una una especie entera, por eso un ángel no puede producir otro, mas puede influir en la producción de las formas materiales: un individuo material cualquiera no puede producir otro del mismo orden, siendo como son independientes entre sí e incommunicables como dos ángeles en sus especies (36): mas todo individuo material puede ser causa de otros individuos de una especie inferior. Los antiguos atribuían a los cuerpos celestes, la producción de las formas materiales: ellas formaban el oro y cuajaban los diamantes en las entrañas de la tierra y ayudaban a toda nueva forma a salir de la potencia de la materia (37). (I q. 104 art. I) (I q. 115 art. III: II de Generat. cap. X: II de los Fisic. cap. II). Las fuerzas de todo ser vivo, realizan mil transformaciones químicas admirables, fabricando compuestos no vivos de estructura complicadísima: mas cuando llega la hora de introducir la vida, o lo agregan a la propia o si quieren introducir una nueva de su especie, se requiere el concurso de las causas que miran a toda la especie y al orden entero del ser. Es doctrina expre-

(36) F. SUÁREZ, *Disputationes metaphysicae*, disp. 43, sect. 4, n. 56, ed. Vives, vol. 26, pp. 644-645.

(37) SANTO TOMÁS, *Sum. Teol.*, I, q. 104, art. 1, ed. cit., vol. 5, pp. 463-464 y I, q. 115, art. 3, ed. cit., vol. 5, pp. 541-542; *Physic.*, lib. 3, lect. 5, ed. cit., vol. 2, p. 118.

sa de S. Tomás (38): “hoc individuum agendo non potest constituere aliud in simili specie nisi prout est instrumentum illius causae quae respicit totam speciem et ulterius totum esse naturae inferioris, et propter hoc nihil agit ad speciem in istis inferioribus nisi per virtutem corporis caelestis nec aliquid agit ad esse nisi per virtutem Dei”, y hemos indicado poco ha las razones. Los antiguos atribuían la producción de la existencia a Dios, como a causa propia y principal: la de la forma a los cielos o cuerpos celestes, y a la forma individual solamente una influencia instrumental y secundaria sobre el nuevo individuo. De ahí aquella frase que hoy nos suena un poco extrañamente: “Al hombre lo engendran el Sol y el hombre.” Pronto veremos cómo deben suplirse las influencias causales de los cuerpos celestes en el estado actual de la ciencia por medio de las causas teleológicas mundiales.

El universo material podría hallarse, metafísicamente hablando, en dos estados diversos en especie. Sirviéndonos de una preciosa teoría de Cayetano (39), diríamos, que la materia primera, elemento esencial en un mundo material, puede encontrarse, o acomodada y sujeta a la forma y a todas sus actualidades, o bien no acomodada a ella. La materia de los cuerpos celestes en la teoría antigua, se hallaba totalmente adaptada a sus formas: por eso participaban de la inmutabilidad y eternidad propia de todo ser inmaterial: en los cuerpos sublunares, la materia no se encontraba sujeta y proporcionada a la forma según todas sus virtualidades, y por esta causa predominaban en el compuesto las cualidades de la materia, la mutabilidad, las producciones y consiguientes desapariciones de las formas anteriores. Ambas clases específicamente diversas de materia primera, traían como consecuencia la preeminencia de los cuerpos celestes sobre los sublunares: preeminencia que se revelaba en la misma estructura de la sustancia y de los accidentes; en la inmutabilidad, orden y concierto de esferas que tan hermosamente nos describe nuestro Fr. Luis de León. Los cielos han perdido para nosotros estos misteriosos encantos metafísicos: mas al abandonar el ejemplo, hemos pensado tener que arrinconar con él la teoría metafísica correspondiente. Sin embargo, nos va a permitir el lector, la audacia de resucitarla bajo otra forma, que será una transcripción metafísica de las propiedades físico-matemáticas de la conservación de la energía, de la entropía y de las propiedades del espacio riemanno.

(38) SANTO TOMÁS, *Quaestiones disputatae de Potentia*, q. 3, art. 7, ed. Marietti, Roma, 1927, vol. I, p. 60.

(39) CAYETANO, *Coment. a la Sum. Teol.* I, q. 66, art. 2, ed. cit., vol. 5, pp. 157-159.

En un mundo sujeto a la evolución y transformación, como el actual, la estructura y propiedades de las potencias transformadoras, poseen propiedades metafísicamente notables. Además de emanar de la sustancia como expresión y flor de su actualidad, proceden como instrumentos con finalidad cosmológica junto a la individual. La energía calorífica de un cuerpo terrestre, no sólo lleva la marca individual de la sustancia a que pertenece, posee, además, una finalidad cosmológica, ser principio de transformación, de nuevos fenómenos. En un universo de la inmutable quietud de los cielos antiguos, la luz, el calor, las propiedades todas de los astros, no tenían finalidad cosmológica dentro de las órbitas celestes; allí no había transformación alguna: tales accidentes servían únicamente para adorno del sujeto: tan sólo en el terreno sublunar gozaban de la prerrogativa de causas generales.

La finalidad cosmológica de los accidentes activos de nuestro mundo real, no se la puede dar la sustancia, total y necesariamente individualista, anticosmológica, le viene de causas superiores que miran como propias las finalidades del mundo en cuanto unidad total. Estudiemos brevemente la naturaleza de estas causas cosmológicas mundiales, sucesoras de los antiguos cuerpos celestes.

Si fuésemos a buscar en el reino de los posibles, tipos y modelos que llenen las exigencias universalistas para que son menester, correríamos el riesgo de tejer una teoría tal vez muy afligrida metafísicamente, mas irreal.

Usando de los datos de la física moderna, podemos fijar con bastante aproximación el tipo real de causa cosmológica mundial.

El principio de la conservación de la energía, nos dice que tales causas se limitan modestamente a libentar o a atar energías haciéndolas pasar del estado potencial al actual, o del actual al potencial. El principio de la entropía nos descubre que la finalidad de tales causas es una igualación de diferencias, una democratización total, el uniformismo mundial en cierto aspecto, más a la vez, como veremos más tarde, una cristalización dinámica del universo. El ritmo de la evolución del cosmos, resulta de la composición de los efectos de dos causas, las individuales y las cosmológicas. En el desarrollo de toda forma individual, se establece una lucha entre el aumento y despliegue de energías internas individuales, nuevas como la singularidad, y la influencia conservadora de la acción de las causas teleológicas mundiales: traducida por el principio de la conservación de la energía: todo individuo no vive como tal, sino luchando juntas ambas tenden-

cias del mundo. Dejémonos de afirmaciones generales y vengamos a los indicios físicos, que parecen favorecer nuestro aserto.

En un mundo con tendencias teleológicas productoras, la energía total habría de aumentar constantemente: los fenómenos de producirse unas energías a costa de otras, energía actual a costa de la potencial, transmisión de energías, causas represivas de ellas, no deberían hallarse como *leyes ordinarias*. La realidad no sigue este camino: el principio de Hamilton y las ecuaciones de Lagrange, que regulan todos los fenómenos conocidos, parten como de base ordinaria, de que el gasto de energía empleada para la producción de un fenómeno se mide exactamente por la diferencia entre la energía potencial y actual, en el estado inicial y en el final (40). Todo fenómeno nuevo se verifica a expensas de energías potenciales o actuales preexistentes. En todas las ramas de la física moderna, no sólo se establecen las leyes cuantitativas de los fenómenos, sino que inmediatamente se demuestra que satisfacen al principio de la conservación de la energía. La teoría gravitatoria, clásica y relativista, prueban que sus ecuaciones satisfacen al principio dicho y en el problema de los tres cuerpos, caso simplificado de la astronomía, la integral proporcionada por el principio de la constancia de la energía, es uno de los medios necesarios para la solución del problema (41), solución tan fina que permite con el perfeccionamiento einsteiniano, dar razón teórica, deductiva de todos los datos astronómicos. La teoría electromagnética demuestra igualmente que las ecuaciones diferenciales traductoras de las leyes reales, satisfacen las exigencias del principio de la conservación de la energía (42). Lo mismo la teoría de la luz (ondulatoria) de Fresnel (43). Los que hayan estudiado los procedimientos técnicos de estas demostraciones de carácter físico-matemático, no exigirán más explicaciones y aún juzgarán inútiles las apuntadas.

Metafísicamente resultan interesantes estas especies de causalidades materiales. La causa eficiente y la causa material y formal, concurren de una manera muy diferente a la formación de un nuevo ser real. La causa eficiente no puede entrar a componer el nuevo ser (44), le comunica no una parte del suyo, sino produce algo nuevo: por eso una causa eficiente como tal, por modesto que sea su rango,

(40) L. BOLZMANN, *Vorlesungen über die Prinzipie der Mechanik*, vol. 2, pp. 116-122; CL. SCHÄFER, *Die Principien der Dynamik*, p. 32; *Handbuch der Physik*, vol. 5, p. 77.

(41) KLINKERFUES, *Theoretische Astronomie*, ed. cit., p. 19; PLANCK, *Das Prinzip der Erhaltung der Energie*, ed. cit., pp. 184-188.

(42) PLANCK, *ob. cit.*, pp. 226-270; ABRAHAM, *ob. cit.*, vol. 1, pp. 218-222; LAUE, *ob. cit.*, vol. 1, p. 115.

(43) POINCARÉ, *Mathematische Theorie des Lichtes*, ed. cit., p. 3, n. 3.

(44) CAYETANO, *Com. a la Sum. Teol.*, 1, q. 75, art. 5, ed. cit., vol. 5, p. 203.

no se agota obrando: Dios, después de producir el mundo, guarda tan intacta su potencia como antes: empero las causas internas del ser, claro está que se agotan constituyéndolo, mi forma sustancial no puede servir para otro que para mí, y mi materia primera mientras esté unida a mi forma, no puede servir para constituir otros seres (45). Las potencias activas de las formas unidas a la materia, cuando ésta no fué perfectamente acomodada a la forma, tienen que mantener una lucha constante para no perder la materia que las sustenta: la materia de los seres de un universo en evolución, es campo abierto a la invasión de todas las actividades transformadoras e introductoras de nuevas formas: la unión de materia y forma en tales seres es casi fluctuante, dinámica: pululan dentro de nosotros y de todos los seres de nuestro universo, mil formas que procuran salir a luz, desarrollarse, apropiarse toda nuestra materia. Si nuestra vida es una lucha sin cuartel contra innumerables clases de microbios, de gérmenes internos ansiosos de apropiarse nuestra materia y ahogar la forma si pudieran, la permanencia de un ser puramente material en el orden físico-químico, es resultado de una victoria semejante. El debilitarse de las potencias activas de los seres materiales no proviene de obrar, pues el obrar es acto, perfección, sino de fluctuaciones de la unión de materia y forma, a causa de la lucha entre las formas que trabajan por desarrollarse y la nuestra. Aquella profunda idea de S. Agustín de las razones seminales, creemos que corresponde mejor a la realidad, que toda la teoría estática aristotélico-tomista de la producción de formas de la potencia de la materia, en la que no preexistían bajo ningún acto próximo. La imagen más apropiada que nos podemos formar del mundo, es la de un despliegue constante de energías, un hervidero inmenso de gérmenes, todos en acto, unos con fuerza suficiente para ahogar provisoriamente y reducir a un estado potencial o latente las energías de los otros, que entonces bajo un acto más remoto, mas siempre en acto, pugnan y conspiran realmente para desarrollarse del todo: otras esperando la coyuntura más favorable para realizar la conquista de una materia propia y desplegar en acto total, triunfante, lo que ahora sólo es una tendencia real. La teoría agustiniana bien desarrollada, encierra una concepción metafísica del mundo, de la unión de esencia y existencia, de materia y forma, de sustancia y accidentes mucho más acomodada a la realidad de un mundo en evolución que la tradicional: nos lo reservamos para otros estudios. Por de pronto, creemos que la física moderna la favorece muchísimo: las energías en estado poten-

(45) Véase, para mayor ampliación, el artículo del autor *De metaphysica multitudinis ordinatione* en *Discursus Thomas*, Piacenza, 31 (1928) 88-90; 94-98; 104-105; 107-109.

cial no se hallan como estaría tentado de decir un aristotélico rígido, en la potencia de la materia: o sea sin ninguna existencia propia y próxima: no, son actividades impedidas en su aplicación, como un fuego que actualmente no quema: prueba de ello es que para hacerlas actuales bastan movimientos puramente mecánicos o remoción de obstáculos: no, causas eficientes rigurosamente tales.

Además, predominan en la naturaleza física, los principios activos sobre las potencias activas, sirviéndonos de una delicada distinción de Cayetano (46). En los primeros, a pesar de distinguirse la sustancia de las potencias y éstas de sus actos, con todo las tres cosas son inseparables: el calor, como decían los antiguos, por sí mismo y siempre calienta, la luz siempre y por sí misma ilumina, aunque sus esencias y las actualidades de estar calientes y lucir se distinguan realmente entre sí: bien al revés de las potencias activas, que son separables de sus actos respectivos, como el entendimiento que no siempre entiende en acto, y la potencia visiva que no siempre está en acto de ver. Los principios activos, todos del orden accidental según la teoría tomista, no han menester pasar de un estado potencial al actual: impedidos o no de obrar sobre los objetos, siempre están en sí mismos en acto: por eso para que produzcan sus efectos propios, basta remover obstáculos, llevarlos de un lugar a otro, poner condiciones puramente externas. Pues éstas son y no otras, las características de las energías físicas y de sus pasos del estado potencial al actual y viceversa. Luego si el paso de las energías reales del estado potencial al actual y viceversa sólo incluye remoción de obstáculos, movimientos puramente mecánicos, es evidente que las energías no cambian *cuantitativamente*, que se mantienen idénticas, constantes, que vale, en una palabra, el principio de la constancia, de la conservación de la energía en el universo. Por tanto, formulado metafísicamente este principio, equivale a afirmar:

- 1) Todas las energías físicas pertenecen al tipo de *principios activos* y no al de *potencias activas*.
- 2) A aceptar que no se da la educación de la potencia de la materia de formas completamente nuevas, entendido según la teoría aristotélico-tomista, sino que se trata simplemente de un desarrollo de gérmenes preexistentes, impedidos por otras formas más desarrolladas, según la teoría agustiniana, que no es sino una consecuencia inmediata de lo anterior, auténticamente tomista. Las causas físicas que cumplan estas dos condiciones, las llamaríamos, si nos lo consiente el lector, causas *libertadoras*, frente a las *productoras* de la teoría tradicional.

(46) CAYETANO, *Com. a la Sum. Teol.*, I, q. 77, art. 1, ed. cit., vol. 5, p. 239.



#### IV. — EXISTENCIA FÍSICA Y NATURALEZA METAFÍSICA DE LAS CAUSAS TELEOLÓGICAS MUNDIALES. PRINCIPIO DE LA ENTROPÍA

La existencia de causas teleológicas mundiales va a difundir nueva luz metafísica sobre muchos puntos de las teorías físicas modernas. Uno de los rasgos característicos de la teoría de Maxwell frente a las anteriores, consiste en la introducción de concepto de campo de fuerza, como sede principal de los fenómenos electromagnéticos (47). Los peritos en matemáticas saben que el concepto y propiedades de campo conducen derechamente a expresar las leyes de los fenómenos que en él se producen bajo forma de ecuaciones diferenciales: por eso revisten tal forma las de Maxwell-Hertz (48). Como propiedad interesante para nosotros, digamos que el concepto de campo y ley diferencial exigen la supresión de toda acción a distancia, la propagación temporal y la continuidad del fenómeno. La teoría de la relatividad ha perfilado mucho más la noción y propiedades de campo. Desterrado el éter como medio de propiedades físicas y existencia incontrolable, no ha dejado un inmenso vacío entre los cuerpos: queda reemplazado ventajosamente por los campos gravitatorios ampliados, de que vamos a hablar: campos cuya existencia en todos los puntos del espacio es experimentalmente controlable, propiedad que no poseía el éter de la física antigua (49).

A los escolásticos que vivieron en los tiempos de Newton, preocupó seriamente la explicación del movimiento inercial (50). Aquel continuar moviéndose los cuerpos después de cesar la influencia impulsora y moviéndose precisamente en línea recta e indefinidamente, era un enigma para cuyo desciframiento no llegó nunca a contestarles la teoría filosófica del *impulso*, de aquellas cualidades activas y cinemáticas, un poco —*Deus ex machina*—, que la causa imprimía en el cuerpo en el momento de soltarlo o darle el impulso de gracia. Se buscó cuidadosamente, predicamento en qué alojar la cualidad motriz —impulso—: los antiguos, mirando el ejemplo del movimiento de la saeta, pensaron pertenecer al tipo de cualidades pasibles, transitorias,

(47) ABRAHAM, *ob. cit.*, vol. 1, pp. 1-2; BOLZMANN, *Vorlesungen über die Maxwell'sche Theorie*, vol. 1, pp. 1-3; *Handbuch der Physik*, vol. 12, pp. 41-49.

(48) ABRAHAM, *ob. cit.*, pp. 209-216, 216-218, 369-373; *Handbuch der Physik*, vol. 12, pp. 74-76, 142-145.

(49) A. S. EDDINGTON, *Espace, temps et gravitation*, trad. franc., Paris, 1921, 1 part., chap. 2, pp. 48-55; A. EINSTEIN, *Zur Elektrodynamik bewegter Körper (Sammlung-Das relativitätsprinzip)*, Leipzig, 1922, ed. 4, pp. 26-27; H. WEYL, *Raum, Zeit, Materie*, Berlin, 1923, d. 5, p. 162.

(50) L. URBANO, *Estudio crítico de las teorías relativistas*, Madrid, 1926, pp. 168-173.

como la duración del movimiento: mas al proclamar Newton, basado en las leyes físicas, que el movimiento inercial era de suyo de duración indefinida, fué menester cambiar la etiqueta.

La concepción que de la estructura física del mundo se formó Newton, era muchísimo más profunda de lo que se cree: y sólo al contraste con la relativista, se han puesto en claro las ideas inconscientes y básicas que guiaban muchas afirmaciones.

La física clásica supone que el espacio real posee la estructura y propiedades del espacio matemático euclídeo: es un modelo real de un tipo ideal. Matemáticamente el espacio euclídeo y su geometría se define por un cierto número de axiomas o postulados independientes entre sí e indemostrables, con los que pueden probarse deductivamente todos los teoremas de la geometría ordinaria, que conocen la mayoría de nuestros lectores, aunque tal vez no tantos bajo la forma sistemática o axiomática (51). De conocer nada más una geometría, a considerarla como la única posible, hay un paso para la mayoría de los hombres y lo dieron todos los matemáticos (no digamos los filósofos) hasta Lobatchewski, Bolyai y Gauss.

Lo que en un espacio geométrico abstracto es puramente ideal, para realizarlo físicamente hay que dotar los elementos de propiedades reales que aseguren la concordancia, la imitación real del tipo abstracto: igual que para realizar el tipo abstracto de hombre, pedimos que tenga entendimiento real. Un espacio físicamente euclídeo cuyas propiedades euclideanas no sean controlables experimentalmente, no hayan cristalizado en propiedades físicas, es una ficción inútil del todo para la física experimental y teórica. La exigencia de la experimentabilidad no puede incluir dificultad filosófica ninguna, aunque a algunos se les hará un poco nueva: si las propiedades materiales de los seres sensibles no son controlables con los aparatos, ¿para qué realidades guardamos las cualidades de ser sensibles, tangibles y medibles?

Consideremos un espacio cuyos elementos para ser determinada-mente colocados en un lugar propio y característico exijan tres datos, tres números o variables independientes, no función unas de otros, tres coordenadas en lenguaje geométrico o tres dimensiones en la acepción ordinaria. Supongamos colocados en su lugar todos los elementos y fijemos la noción de distancia, concepto primordial de toda geometría métrica (52): si para medir la distancia entre dos puntos

(51) D. HILBERT, *Grundlagen der Geometrie*, Leipzig, 1913, ed. 4, pp. 1-22; A. M. LÉOD, *Introduction a la géométrie non-euclidienne*, Paris, 1922, pp. 9-25.

(52) WEYL, *ob. cit.*, pp. 24-30; *Grundlagen der metrischen Geometrie*, pp. 121-128; *Der metrische Raum*; EDDINGTON, *ob. cit.*, 1 part., chap. 3, pp. 56-70 y 2 part., pp. 3-7 y 64-66.

cualesquiera próximos o remotos, exigimos que los elementos de nuestro espacio estén dispuestos de manera que se cumpla el teorema de Pitágoras (cuadrado de la hipotenusa igual a suma de los cuadrados de los catetos, fórmula a la que podemos llevar todas las más ampliadas por una conveniente transformación de coordenadas), tendremos ya todas las características que necesitamos para definir matemática y físicamente el espacio euclídeo. Tal espacio tridimensional tendrá como líneas naturales, las rectas: éstas medirán las distancias más cortas o geodésicas: el espacio euclídeo no posee curvatura ninguna (53). Así como existen dentro de una dimensión líneas rectas y curvas; y en dos dimensiones, superficies rectas o planos y curvas; con tres dimensiones que cumplan la segunda condición de regirse por el teorema de Pitágoras, sólo pueden existir espacios rectos, no curvos.

La constancia de los coeficientes en la forma métrico-diferencial de Pitágoras, trae como consecuencia la anulación del tensor de Riemann-Christoffell, la falta de curvatura del espacio en lenguaje geométrico (54). El espacio euclídeo es, pues, abierto, infinito de suyo como la línea recta.

Supongamos ahora un espacio real, físico, modelado según el tipo abstracto. Lo primero que exigiremos será, naturalmente, que las propiedades abstractas características del espacio euclídeo matemático, sean defendidas en la realidad por propiedades físicas experimentables. Si la línea recta es la natural del espacio euclídeo físico, los cuerpos al moverse libremente, cesando la influencia perturbadora de las causas particulares, deberán seguir la línea recta como trayectoria natural y moverse indefinidamente en ella: he aquí la transposición física de una propiedad matemática de la geometría euclídea matemática y abstracta, verificada por la ley de la inercia, según la física clásica (55). Todo cuerpo en movimiento regla su camino bajo la influencia constante de dos fuerzas (vectores), una la fuerza de la inercia, fuerza mundial que tiende a defender y hacer cumplir realmente los derechos de la geometría euclídea en el espacio físico: otra, la fuerza particular que impele al cuerpo en cada caso particular vgr. arrastre, rotación... De la composición de ambas, resulta el movimiento real y observable (56). De aquí que, cesando la influencia de la causa particular, siga obrando la universal, la inercia, y enderece al cuerpo por la línea geométrica natural del universo, la recta indefinida: y esta fuerza es la verdadera

(53) EDDINGTON, *ob. cit.*, part. 2, pp. 64-65; LAUE, *ob. cit.*, vol. 2, pp. 94-95.

(54) Véanse los lugares y autores citados en la nota anterior.

(55) WEYL, *ob. cit.*, pp. 219-221.

(56) WEYL, *ob. cit.*, pp. 220-221.

causa del movimiento y de su perpetuidad, no la fuerza perturbadora particular, ni la cualidad motriz o impulso. No hay que concebir, pues, el espacio físico como un ser sin estructura, sin propiedades reales, cual lo sería un espacio euclídeo puramente matemático e ideal (57). No, el espacio euclídeo físico posee todas las fuerzas físicas necesarias y suficientes para garantizar el cumplimiento de las propiedades del espacio euclídeo matemático, de su tipo abstracto. Un espacio puramente matemático no nos serviría para nada en un mundo real y no tendría sentido alguno aceptable, decir que el espacio real es de estructura euclídea, sino poseyese propiedades euclídeas reales controlables experimentalmente.

La unión de la geometría euclídea con la física newtoniana y experimental, no puede ser más íntima y razonable.

Debiendo poseer la geometría real, propiedades físicas controlables experimentalmente, nada extraño es que con el perfeccionamiento de los instrumentos, tenga pleno sentido hablar de una investigación de la euclideanidad de nuestro espacio. El fenómeno real más susceptible de decidir si la estructura del espacio es euclídea o no, es evidentemente la propagación de la luz: si la trayectoria natural del universo es la recta euclídea y toda curvatura más o menos pronunciada sólo puede venir de influencias de causas particulares, conocida la cuantía de la influencia perturbadora de éstas, podremos determinar exactamente la curvatura natural del rayo de luz y su rectilineidad absoluta. El experimento no puede ser conceptualmente más sencillo. Al pasar rasante un rayo de luz enviado por una estrella junto al sol, la trayectoria real (fotográficamente constatable y medible), debe resultar de la composición de la línea natural del universo (recta perfecta según Newton), con la desviación determinada por la fuerza gravitatoria del sol. La teoría de Newton daba un valor fijo para la trayectoria resultante, ligeramente diferente de una recta ideal (58): las famosas observaciones astronómicas conocidas de todos, dieron un valor doble del previsto por la teoría de Newton: la influencia perturbadora del sol igual necesariamente en ambas teorías, explica una cierta fracción de la desviación total, la otra mitad queda como influencia de la línea natural del universo: las líneas naturales no son, por tanto, rectas, son curvas, de curvatura ciertamente pequeñísima, mas observable. El espacio real no es euclídeo: en un trozo pequeño podrá parecer tal, mas en espacios tan amplios como los interestelares, las discrepancias son perfectamente observables. Descartada experimentalmente la geometría

(57) WEYL, *ob. cit.*, p. 221.

(58) EDDINGTON, *ob. cit.*, I part, pp. 135-136.

de Euclides como geometría natural y física, se pensó en buscar otra cuya línea característica fuese una curva: la más adaptable parece ser la de Riemann: el universo es cerrado, finito en volumen; aunque dada una vuelta a su derredor siguiendo la línea natural o geodésica no hallaremos ningún obstáculo para repetir cuantas veces queramos nuestro camino: bajo este aspecto (cuya importancia matemática y física no todos saben apreciar) se llama a veces infinito, sin paredes (59).

La identificación entre las líneas de inercia y las trayectorias naturales del universo riemanniano con las líneas de fuerza gravitatoria, es obra de Einstein que no nos detendremos a exponer en este trabajo.

Demos un paso más en el estudio de las propiedades físicas del espacio en cuanto tal.

Idea genial de Weyl y de Eddington (60), secundada últimamente bajo otra forma por el mismo Einstein (61), quien al principio se mostró algún tanto escéptico por este complemento de su teoría (62), fué explicar la electricidad y sus fenómenos como una propiedad del espacio, del universo como tal y de su geometría. El espacio real poseería como propiedades características y distintivas, las acciones gravitatorias y las eléctricas. En unos casos, según los factores externos, predominarían unas sobre otras: mas todos los fenómenos participarían en grado mayor o menor de ambas propiedades, al modo como nos dice la psicología que en nuestros actos intervienen todas las facultades de vez, aunque uno sea el predominante y que atrae la atención de la conciencia.

Esta última teoría del espacio (de una complicación matemática inmensa, cual ha de ser la del universo), no ha alcanzado aún su último desarrollo. Con estas ideas sumariamente expuestas, podemos dar una idea de la significación filosófica de las causas teleológicas mundiales.

En un universo invertibrado, sin estructura física propia y característica del todo en cuanto tal, no cabe hablar evidentemente de causas físicas del mundo, como unidad total y suprema. Empero en un cosmos que posea leyes reales proporcionadoras de una distribución de sus partes bajo una norma directiva real, el orden reina, resulta todo un orga-

(59) EDDINGTON, *ob. cit.*, part. 1, pp. 195-202.

(60) WEYL, *Raum, Zeit, Materie*, ed. cit., cap. 4, párr. 40; EDDINGTON, *ob. cit.*, 2 part., pp. 116-140.

(61) EINSTEIN, *Zur einheitlichen Feldtheorie* en *Sitzungsber. der P. Akad. der Wiss.*, I (1929) 1 ss.; EINSTEIN UND W. MAYER, *Zwei strenge Lösungen der Feldgleichungen der einheitlichen Feldtheorie* en *Sitz. berichte der P. Akad. der Wiss.*, 6 (1930) 110 ss.; EINSTEIN, *Die Kompatibilität der Feldgleichungen in der einheitlichen Feldtheorie*, I (1930) 18 ss.

(62) EINSTEIN, en una nota a la traducción alemana del libro de Eddington ya citado, segunda parte, que lleva el título *Relativitätstheorie in mathematischer Behandlung*, Berlin, 1925, p. 371.

nismo, un cuerpo con unidad total y funciones propias: y como toda ley real física, encarna una finalidad inmanente, impone un orden fijo y lo consigue con su intervención constante y determinista, de ahí que el concepto de causas físicas teleológicas mundiales, no sea una idea abstracta más o menos seductora, sino una realidad concreta, necesaria, imprescindible en un mundo que no queramos suponer desordenado, sin finalidad, ni orden natural conseguido o a conseguir con el juego constante de todas las fuerzas. Con la teoría primitiva de Einstein (63), identificaríamos las causas teleológicas universales ordenadoras del mundo como tal, con las fuerzas gravitatorias generales: decimos generales, porque la equivalencia entre gravitación e inercia, el descubrimiento de la inercia propia de cada energía, junto con las relaciones entre electricidad, luz, calor, espectros... dan a la gravitación un campo de acción universal y profuncísima.

Si queremos dar un paso más con Weyl, Eddington y Einstein en sus últimos trabajos, las causas físicas teleológicas mundiales corresponderán a las gravitatorias y eléctricas fusionadas en una unidad superior, que es eminentemente ambas. Dejemos al porvenir decidir sobre estos puntos.

Si en el universo real que habitamos se dan causas reales de influjo experimental controlable, ordenadoras del inmenso número de elementos que lo componen y que ponen en todo fenómeno nuevo y ley física particular, nada más espontáneo que preguntar: ¿En qué estadio de evolución se halla nuestro mundo respecto de alcanzar aquella distribución y orden típico que pretenden imponerle las causas teleológicas mundiales?

Comencemos diciendo que para resolver cumplidamente la cuestión propuesta, nos faltan aún elementos suficientes: para ello fuera menester poder observar una porción mucho mayor de espacio de la que nos es permitido; conocer exactamente las influencias gravitatorias sobre los fenómenos electromagnéticos, la estructura del átomo, la confirmación experimental de las teorías de Einstein, Weyl y Eddington, en cuanto a la fusión de electricidad y gravitación (64). Con todo, algunos indicios físicos nos van a permitir aventurar una respuesta probable.

La teoría cosmológica de Einstein, exige un espacio cerrado con una distribución uniforme de las masas y velocidades, según las

(63) EINSTEIN, *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*, col. cit., pp. 130-139, y del mismo, *Spielen Gravitationsfelder im Aufbau der mat. Elementarteilchen eine wesentliche Rolle?*, ibid., pp. 142-146.

(64) WEYL, *ob. cit.*, pp. 3044-308; EDDINGTON, *ob. cit.*, part. 1. pp. 215-220.

leyes del equilibrio estadístico de Maxwell (65): mas todas las observaciones espectroscópicas nos dicen que el mundo, lejos de haber llegado al término de su evolución natural, se encuentra comenzando la vida (66): estamos en momentos interesantes para descubrir las leyes del universo como tal: las tendencias cosmológicas de las fuerzas directrices del mundo. La teoría cosmológica de "de Sitter" con su universo de forma hiperboloide, parece responder mejor a las observaciones: con todo, experimentalmente es por hoy imposible decidir entre ambas teorías (67).

La ley de la entropía nos ofrece algunos indicios para determinar el estado final del universo, cuando las causas teleológicas mundiales junto con las particulares hayan obtenido su completo desarrollo. Un universo en evolución dirigida por causas internas puede tener estados finales muy diferentes. Si conociésemos las leyes físico-matemáticas que lo regulan, sería relativamente fácil determinar si hay uno o muchos estados de equilibrio de una probabilidad máxima estadística y hasta calcular cuándo llegaremos a ellos. La teoría de Weyl, Eddington, nos da indicios sugestivos en este punto. Suponiendo que el medio que habitamos y sus propiedades actuales son el término relativamente estable de una evolución verificada bajo la acción de las causas mundiales y de las individuales o atómicas, podemos asegurar que la distribución y orden final del universo al conseguir victoria, todas las causas cosmológicas será un uniformismo total, una como cristalización de todos los elementos del universo bajo la forma típica y propia de la geometría mundial, quedando niveladas todas las energías individuales en un estado de equilibrio que impida disgregaciones ulteriores.

En un espacio físico de tipo euclídeo y con una ley gravitatoria como la de Newton, el equilibrio y el estado final no se conseguiría nunca: las líneas naturales del universo impuestas por las causas ordenadoras del mundo, harían emprender pronto o tarde a todos los elementos el viaje al infinito, la dispersión por un espacio sin límites, sin vuelta posible (68). Las ecuaciones Newtonianas padecen de estos inconvenientes por no poseer condiciones en el límite, usando de la terminología matemática. Mas exigiendo los experimentos actuales (vgr. desviación de la luz), un espacio curvo y finito (69), la distribución

(65) WEYL, *ob. cit.*, pp. 283-293; EDDINGTON, *ob. cit.*, part. 2, pp. 95-97; EINSTEIN, *Kosmologische Betrachtung*, col. cit., pp. 132-139.

(66) WEYL, *ob. cit.*, p. 292.

(67) WEYL, *ob. cit.*, p. 297.

(68) EINSTEIN, *Kosmol. Betracht.*, pp. 130-132; WEYL, *ob. cit.*, pp. 286-289.

(69) EDDINGTON, *ob. cit.*, part. 2, pp. 146-149; EINSTEIN, *Kosm. Betr.*, pp. 138-139.

final espacial y dinámica adquiere un sentido definido, que no acertamos a comparar sino a la distribución armoniosa de las moléculas de un cuerpo cristalizado: distribución y orden espacial conseguido por el equilibrio dinámico de todas las fuerzas.

La existencia de esta tendencia a la cristalización mundial dinámica, la pone de manifiesto la ley de la entropía. En su sentido más general significa según Planck (70), que se da una dirección fija en las transformaciones físicas y según la interpretación estadística de Boltzmann (71), que el mundo se desarrolla y evoluciona hacia un estado de probabilidad máxima. La entropía, que no es sino el logaritmo natural de tal probabilidad, crece constantemente durante cualquier transformación y fenómeno (72). El calor, es la forma de energía más probable de todas; por eso todos los fenómenos dejan casi siempre un residuo calorífico que es su tributo a la ley de la entropía y su contribución a formar el estado de máxima probabilidad final. En un universo de finalidad dirigida, ha de regir *necesariamente* una *cierta irreversibilidad*: no se consigue nunca un fin poniendo y quitando los medios, ni se llega a un término dando un paso adelante y otro atrás: es menester que en la dirección y movimiento hacia el fin, se haga siempre un pequeño avance, quede un superávit que permita formar poco a poco el capital final. La existencia de tal irreversibilidad en los fenómenos de transformación de las energías, es la ley de entropía y la que impide la construcción de un móvil perpetuo (73), del dorado sueño de los técnicos aficionados al movimiento perpetuo sin suficiente amplitud de visión para ver leyes del universo actual que destruyen sus ilusiones, irrealizables en nuestro mundo.

Empero al hablar del estado de probabilidad máxima que tiende a imponer la ley de la entropía, del uniformismo o muerte o equilibrio de las energías y frases semejantes, los no-técnicos se imaginan un universo tan prosaicamente dispuesto como un montón inmenso de arena, perdidas y para siempre todas las bellezas que traen consigo los fenómenos electromagnéticos, luz, calor..., y sucede, precisamente, todo lo contrario: al modo como los cuerpos cristalizados son mucho más hermosos que los amorfos y presentan cualidades ópticas, eléctricas y magnéticas notabilísimas, así el estado de máxima probabilidad a que nos encaminamos, es un estado de equilibrio mundial, de cristali-

(70) M. PLANCK, *Vorlesungen über Thermodynamik*, Berlín, 1917, ed. 5, pp. 85-87.

(71) Véase una breve y clara exposición en A. HAAS, *Einführung in die theoretische Physik*, Leipzig, 1922, vol. 2, pp. 191-196, y en CHWOLSON, *Traité de Physique*, tom. 3, fasc. 2, pp. 457-459, 537-542.

(72) PLANCK, *ob. cit.*, pp. 102-107.

(73) PLANCK, *ob. cit.*, pp. 79-87.



zación cósmica, de armonía total de todas las fuerzas: equilibrio y armonía que durarán indefinidamente o que podrán ser principio de otro ciclo de evolución según sean las relaciones de la energía actual con la potencial y otros detalles técnicos que pasaremos por alto.

Volviendo al aspecto metafísico de la cuestión, diremos que las fuerzas teleológicas mundiales son del tipo de *principios activos*, de *causalidad libertadora*: un universo regido por fuerzas teleológicas *productoras*, no puede satisfacer al principio de la conservación de la energía y mucho menos al de la entropía: pues las causas productoras son matemáticamente funciones crecientes sin límite superior, sin término de evolución.

El tipo metafísico del mundo físico actual discrepa, al parecer, del mundo aristotélico: creemos que falta realmente toda educación de formas de la potencia de la materia, en razón de la ausencia de causas productoras y del predominio de las libertadoras. Otra tal vez habría de ser nuestra respuesta si pretendiésemos estudiar los fenómenos vitales, que en comparación del universo son un punto y un centro de energía insignificante. Hemos dicho tal vez, pues creemos que la teoría agustiniana de las razones seminales, ampliada convenientemente es la clave para la explicación del modo y caracteres con que se nos presentan a la conciencia psicológica, los fenómenos vitales de todos los órdenes. Mas nos hemos propuesto estudiar únicamente las causas físicas y sus distintivos.

## V. — CARÁCTER TENSORIAL DE LAS LEYES FÍSICAS MUNDIALES

Una de las ideas de más profundidad filosófica y fecundidad físico-matemática de la teoría de la relatividad generalizada es, sin duda, el empleo sistemático del cálculo diferencial absoluto o tensorial (74).

En la sección astronómica del museo alemán de Munich, no se cansan los visitantes de contemplar la preciosa imitación que de los movimientos y leyes astronómicos de nuestro sistema planetario ha hecho la casa Zeiss. En una cúpula de fondo blanco, después de hacerse una discreta oscuridad en la sala, proyecta una máquina todo el pano-

(74) Todos los tratados relativistas comienzan con una buena mano de páginas dedicadas al cálculo diferencial absoluto. Véase, por ejemplo: EINSTEIN, *Grundlagen* ya citados, pp. 89-107; LAUE, *Relativitätsprinzip*, vol. 1, pp. 2-102 y vol. 2, pp. 42-99; EDDINGTON, *Space, time and gravitation*, ed. cit., part. 2, pp. 24-56; WEYL, *Raum, Zeit, Materie*, ed. cit., pp. 30-57, 104-136. La obra más amplia de este asunto es la de J. A. SCHOUTEN, *Der Ricci-kalkül*, colección *Grundlehren der mathematischen Wiss. in Einzeldarstellungen*, Band. 10, Berlin, 1924.

rama de un hemisferio celeste, el que acostumbra a verse de noche en nuestras latitudes, con sus estrellas en proporción concorde con la realidad: la imitación de la suave luz difusa de una noche estrellada, da al conjunto un tinte de realidad y verismo. Comienzan mecánicamente a aparecer el sol, la luna, los planetas, y a realizar sus ciclos y revoluciones diarias y anuales; imitando el sistema geocéntrico, es decir, reproduciendo los fenómenos tal cual se presentan a nuestra vista, tomando la tierra como punto de referencia: la velocidad con que se producen, permite observaciones muy interesantes, que escapan a la vista ordinaria. Llamán la atención los movimientos extraños de los planetas: salen del horizonte moviéndose con pasos solemnes, y, de repente, emprenden una carrera acelerada y rápida, para retardarla después: unas veces se mueven con movimiento directo, y al cabo de poco varían de camino andando en dirección contraria: describen curvas irregulares recorriéndolas y no con aquellos pasos acompasados y medidos que nos describen los poetas. Si pasamos a la sala siguiente, podremos admirar el aspecto de los ciclos astronómicos referidos al sol como centro. Todo adquiere una sencillez admirable: no se presenta otra curva que la elipse casi indiscernible de una circunferencia: los planetas siguen su curso pausadamente sin apresuramientos: uno se siente inclinado a pensar que uno de los dos planetarios no refleja la realidad y pocos se quedarán satisfechos pensando que panorama y movimientos tan diferentes provengan únicamente del punto de vista, del sistema de referencia de unos mismos movimientos. Nadie diría que para recorrer una elipse con movimiento prácticamente uniforme y para realizar los movimientos irregulares que se acabaron de ver en el otro sistema, puedan servir las mismas leyes, las de Newton. Cuando en el sistema geocéntrico vemos acelerarse el movimiento de un planeta, pediríamos con la mecánica una variación de fuerza que lo produzca, y al verle volverse atrás o realizar movimientos en espiral, todos nos sentiremos tentados a admitir que una nueva ley ha entrado en funciones. El sistema heliocéntrico pone de manifiesto la unidad y sencillez de las leyes; pero no por eso es el verdadero.

Si nos propusiésemos describir los mismos fenómenos astronómicos contemplados desde Venus, Júpiter, Saturno o desde las estrellas fijas o bien desde un cometa que apresuradamente atravesase nuestro sistema, tendríamos tan diversas imágenes de unos mismos fenómenos, apariencias geométricas tan distintas que se nos haría muy difícil reconocer la identidad profunda de las leyes. Lo que acabamos de decir de las leyes astronómicas, vale para cualquier otro fenómeno:

la forma geométrica de su trayectoria, las velocidades y aceleraciones aparentes son tantas, cuantos son los puntos y movimientos del que las observa: dependen en lenguaje técnico de las condiciones geométricas y cinemáticas del sistema de referencia. Si pretendiésemos, pues, incardinar a la ciencia las leyes físicas tal cual nos las ofrecen directamente los sentidos y tal cual se presentan contempladas desde diversos puntos de referencia, tendríamos de un mismo fenómeno, una variedad inmensa de traducciones matemáticamente diferentísimas. El cálculo de los invariantes y más particularmente el cálculo diferencial absoluto o tensorial nos permite descubrir una forma matemática universal, una ley formulada independientemente de las apariencias que puedan presentar al cambiar de coordenadas, de sistema de referencia, ley matemática que en tal forma invariante traducirá directamente la ley física que es una e invariable frente a las apariencias accidentales (75). Las leyes físicas formuladas tensorialmente presentan, además, la inmensa ventaja de ser especializables para cualquier sistema particular de referencia, y dan la forma geométrica fija que ofrecerá la ley universal vista desde tal sistema. Filosóficamente no se puede emprender un estudio serio de las leyes del mundo sin servir-se del cálculo diferencial absoluto: toda ley que no sea formulable tensorialmente, no es ley del mundo como tal, será a lo más, fenómeno particular de un sistema especial. Las ideas anteriores hay que tenerlas muy en cuenta para enjuiciar acertadamente y resolver fácilmente ciertas dificultades que en nombre del sentido común oponen algunos no especialistas a la teoría de la relatividad. Las leyes físicas escritas bajo forma tensorial, o sea bajo la forma propia de una ley universal, objetiva, no pueden ser observables por nadie, pues todos hemos de ocupar por necesidad un lugar en el universo y estamos sujetos a las condiciones cinemáticas de él: empero puestos los datos físico-geométricos característicos de nuestro sistema de observación en las fórmulas tensoriales, pierden éstas el carácter mundial y nos dan el aspecto geométrico y aparente bajo el que se nos presentan las leyes. No hay, pues, ambigüedad ni choque con el sentido común ni con los datos inmediatos de nuestros sentidos: con todos los perfiles que introduce la teoría de la relatividad en el movimiento, espacio y tiempo es perfectamente compatible la imagen y forma como se desarrollan los sucesos en *nuestro sistema*: y al añadir esta última limitación, damos la clave de la dificultad y de su solución: si los movimientos del sol, planetas y estrellas parecen tan diferentes geoméricamente y física-

(75) EDDINGTON, *ob. cit.*, part. I, pp. 106-115.

mente en trayectoria, velocidad y aceleraciones, duración y dirección con sólo cambiar el punto de observación e irnos de la tierra al sol, ¿no sucederá lo mismo y por iguales razones con todos los movimientos y leyes de la tierra vistos desde otro punto y en condiciones geométricas y cinemáticas diferentes? Claro que sí; pues bien: la teoría de la relatividad nos da una fórmula modesta y humilde para acertar al hablar de leyes: o formularlas bajo forma tensorial, como leyes del universo, o añadir la frase: *esta ley me aparece así en este sistema de referencia en que me hallo*: No hay que objetivar metafísicamente como *fenómeno mundial* lo que sólo puede ser tal vez un modesto *fenómeno particular*. No negamos los derechos del sentido común; los reducimos solamente a sus justos límites y fijamos su verdadero campo de aplicación. Las consecuencias inmensas para la física del uso sistemático de la forma tensorial no podemos exponerlas aquí.

Algunas breves aplicaciones filosóficas, cerrarán este párrafo demasiado largo.

#### APLICACIÓN CRITERIOLÓGICA

El realismo natural y absoluto de nuestros sentidos no posee valor objetivo mundial, sino meramente relativo a nuestro sistema de referencia; la realidad no puede ser directamente igual a todas las apariencias diversas bajo las que se presenta en sistemas diferentes. Con una comparación matemática diríamos que la realidad es como una fórmula general de álgebra que para cada valor de las letras que la componen da un resultado diferente: todos estos valores verifican la fórmula, están contenidos virtualmente en ella; mas la fórmula es en sí muchísimo más amplia y fecunda: nuestros sentidos no hacen sino dar un valor particular a los datos geométricos y cinemáticos que en forma universal, tensorial, nos ofrecen las leyes: y al modo como erraría gravemente en álgebra el que confundiese una fórmula general con un valor particular que la verifica y negase la posibilidad de otros muchos que la cumplen igualmente, así cometería un grave error criteriológico el que pensase que el mundo es únicamente como lo vemos nosotros, confinados a un sistema particular de referencia: y obligados por nuestros sentidos a traducir y particularizar las leyes universales del mundo. Admitir esta relatividad del conocimiento sensitivo no es destruir la realidad, es sencillamente confesar que la realidad es muchísimo más rica de lo que nos la presentan nuestros sentidos, que es a la manera de aquellas causas generales de que nos

habla la filosofía que tienen muchísimos efectos, acomodando su acción a la capacidad y facultades del que recibe sus influencias o contempla sus manifestaciones. Bajo este aspecto tan razonable, la teoría de la relatividad resulta incompatible con el realismo candoroso de algunos filósofos y de la mayoría de los hombres guiados únicamente por los sentidos.

### APLICACIÓN COSMOLÓGICA

El orden irreversible entre las verdaderas causas y sus efectos, debe estudiarse tanto en su formulación tensorial o mundial como en la particular de nuestro sistema de referencia. Las nociones de simultaneidad y sucesión están también sujetas a la relatividad. Cuando filósofos como Maritain y Gredt se obstinan en defender la simultaneidad absoluta con el dilema “en este instante dos fenómenos o existen o no existen, si lo primero, son simultáneos, si lo segundo, tendrán entre sí alguna relación o modo de sucesión”, reforzando la prueba con el carácter absoluto de la noción de existencia, la solución es muy sencilla: no nos la dará Einstein, sino el mismo S. Tomás y Cayetano (76): Coloquémonos por un instante en el observatorio metafísico por excelencia, la eternidad: el orden de presente, pasado y futuro, desaparece a la divina mirada: para ella todo es presente, y a pesar de ello todo aparece ordenadísimo, porque el orden metafísico, el de la existencia, no se funda en relaciones de sucesión temporal, sino en relaciones de dependencia esencial: a la manera como las consecuencias científicas no dejan de ser tales aunque un entendimiento poderoso las perciba simultáneamente con los principios, antes bien esta simultaneidad de percepción hace resaltar por contraste mucho mejor su dependencia de ellos, de la misma manera el orden metafísico no fundamenta las relaciones causales y de dependencia, en existir antes la causa que el efecto, sino en la estructura de la esencia y de existencia de ciertos seres que por constitución dependen de otros. Hablando pues, en rigor metafísico y a lo divino, las nociones de simultaneidad y sucesión temporal no tiene valor alguno metafísico: son maneras de mirar el mundo propias de los sentidos y que malaventuradamente trasladamos al orden intelectual. La realidad física en cuanto regulada por las leyes metafísicas, únicas reales, se guía en punto a las propiedades de simultaneidad y sucesión temporal por la

(76) SANTO TOMÁS, *Sum. Teol.*, I, q. 14, art. 13, ed. cit., vol. 4, pp. 186-187. Léanse los sutilísimos comentarios de Cayetano a este lugar, pp. 188-189.

eternidad de Dios por el orden de dependencia esencial, no por el de dependencia temporal. Al pedir con Einstein para las relaciones temporales una formulación tensorial, exigimos ni más ni menos lo que un verdadero metafísico pediría: dar a las leyes físicas una traducción en que sólo se refleje el carácter mundial, el orden metafísico de los fenómenos: fórmulas que presentarán la ventaja de poder especializarse e imitar así el orden temporal con que los fenómenos nos aparecen en un sistema particular de referencia.

Y a la manera como la introducción de una geometría física frente a la puramente matemática euclídea, sobre la que calcaron los escolásticos sus teorías filosóficas del espacio, exige una revisión de las nociones de espacio, la introducción sistemática de la noción de simultaneidad y orden metafísico frente al orden temporal, trae consigo una profunda transformación de nuestras teorías filosóficas del tiempo y del movimiento: baste haber indicado la necesidad, aún desde el punto de vista de las grandes ideas metafísicas tradicionales.

Una vez más vemos que el acoplamiento de física, matemáticas y metafísica, conduce a un perfeccionamiento de la filosofía misma, a descartar ideas falsas e incompletas.

## VI. — TEORÍA MODERNA DE LOS CUANTOS. TEORÍA CUANTÍSTICA DE HEISENBERG, BORN Y JORDÁN. LA ACCIÓN Y REACCIÓN EN LA CAUSA Y EL EFECTO. SUS RELACIONES CON LA EMISIÓN Y ABSORCIÓN DE ENERGÍAS

Las teorías atómicas modernas siempre han hallado en el campo escolástico una grande oposición. Y es muy natural: en un sistema que profesa por tradición muchas veces secular el realismo total y la objetividad inmediata de los datos todos de los sentidos, ha de hallar resistencia toda teoría que aún basada en experimentos sustituya la continuidad con que se presentan los cuerpos a los sentidos, por una discontinuidad rayana en lo increíble.

Si la física experimental se hubiera desarrollado bajo la dirección de la escolástica tan rígidamente entendida como lo hacen algunos, presuponiendo como verdaderamente continuo y compacto lo que los sentidos nos presentan por tal, a saber, la inmensa mayoría de los cuerpos, nunca se hubiera inventado el microscopio, así como nunca se hubiese creído al prisma de Newton si a priori hubiésemos tenido por infalible la vista que solo vé en la luz solar un color. Mas si los

sentidos nos presentan como continuo lo que no lo es y lo que lo es en realidad, a saber las magnitudes intraatómicas, resultan inasequibles a nuestra vista, nos encontrábamos ante un dilema desagradable: sostener el realismo natural y la objetividad inmediata de los datos de los sentidos, negando todos los datos experimentales, o si aceptábamos éstos, profesar un realismo mitigado, crítico: lo primero era tradicional aunque no moderno: lo segundo moderno, mas no tradicional. Y con todo, nuestra metafísica posee marcos amplísimos capaces de dar cabida a ideas mucho más atrevidas que las modernas con sólo desarrollar puntos que los grandes genios de Aristóteles, S. Tomás y Cayetano, dejaron en la penumbra por no ver casos de aplicación en los datos experimentales de su tiempo. Permítannos los lectores una breve exposición de ellos. Comentando Cayetano el artículo 8 de la cuestión 76 de la primera parte de la Suma teológica (77), distingue sutil y acertadamente tres géneros de formas. De entre las formas del universo, nos dice, hay algunas como el alma humana que de tal y tan exclusiva manera pertenecen al *todo* que basta la división y separación de algunas partes para que se deshaga el compuesto y vuela la parte principal al cielo; el alma humana pertenece al *todo* y él es el *primariamente* perfeccionado e informado por la forma: se ha de una manera totalmente diversa para con el *todo* y con las *partes*. Otras formas como las de los vegetales y animales inferiores, pertenecen al todo *primariamente*, mas no exclusivamente: por la división no se suele deshacer el compuesto específico: en cada parte renace una nueva forma de la misma especie y perfección que la primitiva. Finalmente, las formas materiales de los minerales perfeccionan al todo, pero sin ninguna preferencia sobre las partes: una cantidad grande de agua no pierde su naturaleza aunque se la divida en porciones muy pequeñas. La naturaleza se salva igual en las partes que en todo primitivo: la división puede prolongarse hasta el *mínimo específico* sin perder la especie propia: bien al revés del alma humana en que el *mínimo específico* perfecto es el *todo* y cualquier separación de miembros aún secundarios, priva al hombre de sus funciones propias: en el reino mineral, las partes conservan no sólo la especie del todo, sino todas sus propiedades y tan perfecto es el todo como las partes: las mismas propiedades posee un metro cúbico de agua que una millonésima de milímetro cúbico.

Según la física antigua formaban un verdadero todo vgr. el agua del mar, cualquier bloque que a los sentidos se presentase compacto y poseyese alguna propiedad de dureza, trabazón física que garantizase

(77) CAYETANO, *Com. a la Sum. Teol.*, I, q. 76, art. 8, ed. cit., vol. 5, pp. 233-234.

de alguna manera la unión de todas las partes específicamente iguales: en una palabra, se daban verdaderos todos homogéneos gozando de verdadera unidad y propiedades exclusivas del todo como tal. Aquí de las teorías y disputas escolásticas sobre si las partes homogéneas tenían en el compuesto subsistencia propia, de cómo desaparecía la forma del todo por separación o adyunción de una nueva parte, si se daban indivisibles sustanciales continuantes y terminantes, clase de unión entre seres metafísicamente perfectos cual son vgr. todas las gotas de agua del mar: si al unirse una de ellas al océano perdía éste su subsistencia propia, si existían las partes con la existencia del todo y mil sutilezas delgadas que ponían a prueba los entendimientos.

Para pasar a las teorías modernas, sólo habemos menester probar que en los seres inanimados la división en *mínimos específicos* está realizada de antemano y que las propiedades físicas de unión y trabazón que algunos todos homogéneos presentan, la forma superficial que adoptan diferenciándose de meros agregados, depende no de uniones sustanciales, sino simplemente de equilibrio de fuerzas, sin continuidad real ninguna. Llamemos con términos modernos a los mínimos específicos —cuantos—; a las fuerzas de unión, fuerzas de cohesión y tendremos la trasposición moderna a base de las teorías metafísicas antiguas. La idea de los mínimos específicos es de gran profundidad filosófica: en los todos homogéneos como una gota de agua, la división en otras menores que conserven la misma especie, no puede prolongarse indefinidamente: llega un instante en que la división que de suyo no es acción destructiva de formas (78), hace perder la especie porque todas las formas sustanciales materiales para desarrollar sus actividades y propiedades no sólo exigen la unión con alguna materia, sino piden una determinada cantidad de ésta; esta cantidad mínima exigida para la permanencia de una forma se llama mínimo específico y variará en general con las formas específicamente diferentes.

Suponer, pues, que todos los elementos inanimados están bajo la forma de mínimos específicos, no incluye ninguna repugnancia filosófica: un atomismo de esta naturaleza no puede chocar a metafísicos de raza. Es una cuestión experimental que no pueden decidir los sentidos: mas los experimentos modernos nos demuestran palpablemente la discontinuidad total de la materia inorgánica: por entre sus elementos pasan radiaciones de mil clases, se reflejan y difractan al chocar con los mínimos o cuantos atómicos, exactamente igual que en los cuerpos de mayores dimensiones. La teoría filosóficamente naturalísima de la

(78) CAYETANO, *lug. cit.*, p. 234.



necesidad de los mínimos específicos encierra consecuencias físicas brillantemente confirmadas por la física moderna. Fijados los mínimos, cualquier todo homogéneo, sólo puede componerse de un número exacto de cuantos fundamentales: es decir, todos los cuerpos homogéneos son múltiplos enteros del mínimo específico: porque éste es indivisible en acto y potencia como dice Cayetano (79), si queremos conservar la especie: y si además suponemos experimentalmente demostrado que todos los todos homogéneos están ya naturalmente divididos en cuantos, el todo, sólo puede resultar de una suma de unidades enteras iguales entre sí: debe ser, pues, un múltiplo entero y exacto del mínimo específico o cuanto fundamental. No otra es la teoría moderna de los cuantos (80).

Otra consecuencia filosófica de los mínimos específicos es que el atomismo específico afecta no sólo al orden *cuantitativo*, sino *indirectamente* al orden de *la cualidad*, de las potencias activas, digamos de las energías físicas. Junto al *mínimo cuantitativo específico* debemos admitir un *mínimo cualitativo* o *cuanto de energía*. Expliquémonos: por efecto de la individuación de la forma por su mínimo material y cuantitativo, las cualidades activas y pasivas (energías) quedan individualizadas y como *graduadas* en *intensidad* de modo que nunca su valor cualitativo o intensidad sea inferior al característico de la especie. Si además suponemos demostrado experimentalmente, que en todos los cuerpos físicos están naturalmente reducidas sus partes al estado de mínimo, se sigue que las cualidades activas y pasivas no pueden ser mayores en intensidad que lo exigido por el mínimo específico, de lo contrario atentarian unas contra la existencia de las otras por el superávit de energía y darían transformaciones entre los mismos mínimos, lo que es imposible: han de ser todas, por tanto, del mismo grado e intensidad. Con esto tenemos transcrito metafísicamente la teoría de los cuantos de energía de Planck. Los primeros de estos cuantos de energía descubiertos experimentalmente, fueron los átomos de luz o fotones (81): los cuerpos luminosos emiten o producen luz por cantidades que son múltiplos enteros exactos de un mínimo de luz. Después se descubrieron los eléctricos y los magnéticos fijando cuantitativa-

(79) *Ibid.*, n. 7.

(80) SOMMERFELD, *Atombau und Spektrallinien*, ed. cit., vol. 1, pp. 94-100; A. HAAS, *Materiewellen und Quantenmechanik*, ed. cit., pp. 1-12; M. BORN, *Vorlesungen über Atomdynamik*, ed. cit., pp. 1-13; M. PLANCK, *Das Weltbild der modernen Physik*, Leipzig, 1929, pp. 20-24; *Handbuch der Physik*, vol. 23; W. PAULI, *Quantentheorie*, cap. 1; P. PÉREZ DEL PULGAR, *Estado actual de la teoría electro-ondulatoria de la materia* en *An. de la As. de Ing. de la ICAI*, 9 (1930) 171 ss.

(81) PLANCK, *Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung*, ed. cit., pp. 148-156; SOMMERFELD, *Atombau...*, vol. 1, pp. 41-44.

mente su valor: y avanzando apoyados en la metafísica, podemos predecir que se llegaría a encontrar cuantos o mínimos característicos de todas las energías o cualidades activas de los cuerpos.

Adelantemos un paso más, guiados por la metafísica. La física antigua, basándose en las observaciones vulgares de que el fuego siempre quema y nunca puede perder el calor y otros cuerpos aunque puedan estar calientes lo pueden perder, concluían que el calor estaba en el fuego como en su propio principio y en los demás sólo por participación; y, por iguales razones, la luz era atributo característico del sol, causa propia de ella e igualmente caracterizaban el aire, el agua y la quinta esencia. La idea profundamente filosófica que les guiaba a través de datos tan pobres, es perla que no hemos de dejar perder. "Para cada atributo o propiedad física primitiva e irreductible a otras, hay que buscar un cuerpo que la posea como *causa propia y distintivo de su esencia*, y además esté en él como en *principio activo*, nunca bajo la forma de *potencia activa*, en el sentido que explicamos, y de él se debe difundir a los demás por vía de participación". De ahí la teoría de los cuatro elementos sublunares y del quinto para los cielos. Siguiendo, pues, el *espíritu aristotélico-tomista* ayudándonos de los experimentos infinitamente más finos que los datos brutos de los sentidos, preguntemos a los modernos, cuántas son las propiedades irreductibles según la física experimental, y nos dirán que las del núcleo o protón de hidrógeno y las eléctrico-negativas del electrón (82): las primeras incluyen las de peso atómico y funciones periódicas de éste, como la valencia, según la teoría de Mendelejeff y Meyer; las segundas o eléctricas encierran virtualmente todos los fenómenos electromagnéticos, como la luz: y entre las dos clases se producen los fenómenos mecánicos exigidos por la ley de Newton de base gravitatoria y la de Coulomb, de carácter ponderomotriz entre cargas eléctricas: y cual efecto residual de todos el calor. Que más podrían pedir ahora S. Tomás y Aristóteles, sino que estas propiedades específicamente diferentes se atribuyesen a cuerpos diferentes como propiedades características de ellos y como causas propias de tales fenómenos en los demás? Pues ni más ni menos afirman los modernos al separar núcleo y electrón: el primero, constituido de hidrógeno o helio, el segundo, de la electricidad negativa: ambos con su masa propia, caracterizable experimentalmente por la inercia y a la que los modernos llaman materia (83). En cuanto a esta posesión eminente y virtual de la electricidad negativa, causa de la luz en sus mil variadas clases de radiaciones y de los fenómenos pre-

(82) SOMMERFELD, *ob. cit.*, vol. 1, pp. 4-9; 73-79.

(83) SOMMERFELD, *ob. cit.*, y, además de los lugares citados, véase pp. 24-25.

ponderantemente eléctricos o caloríficos, tenemos un precedente metafísicamente instructivo en las propiedades que se atribuían a la luz solar en la física antigua. En la luz solar se hallaban identificadas y fundidas sin *distinción real* en una unidad superior la luz, el calor, la virtud de secar... y llegaba a decir Cayetano: "Virtus calefactiva et dissecativa in luce solis formaliter inventae sicut in lucis natura adunantur, ita in lucis ratione formali indistincte formaliter sunt: ita ut adsignata completa definitione solaris lucis non sit opus ultra earum quaerere definitiones" (84). Unamos ahora todas las afirmaciones anteriores para poder sacar algunas consecuencias que de todas ellas dependen.

1) No hay más mínimos específicos reales que los protones y los electrones negativos. Todo otro cuerpo y todas sus propiedades son un múltiplo entero exacto del protón inicial (H) y del electrón negativo; los dos únicos cuerpos específicamente diferentes en términos metafísicos.

2) Como en todos los cuerpos físicos se hallan reducidas sus partes componentes al estado de mínimos específicos, no hay en rigor científico ninguna transformación sustancial.

3) Empero se dan uniones estables caracterizadas o por la probabilidad estadística máxima de las propiedades dinámicas de los elementos que intervienen o bien por el valor mínimo de la energía actual y potencial. Caso que corresponde y explica las propiedades de los cuerpos específicamente diferentes según la acepción ordinaria.

4) Finalmente se pueden realizar otras especies de uniones reales que llamaríamos accidentales, más o menos inestables caracterizadas físicamente por una probabilidad no máxima o por una relación de equilibrio inestable entre la energía actual y la potencial, cuando las dos no se hallan en el valor mínimo compatible con las condiciones del sistema. Unión que produce físicamente los compuestos accidentales reales en el estado amorfo de los cuerpos.

Expliquemos un poco las consecuencias anteriores. Al afirmar la existencia de dos cuerpos fundamentales específicamente distintos, el protón formado de hidrógeno y el electrón; el metafísico demostrará que internamente están compuestos de materia y forma, elementos metafísicos de todo cuerpo, sirviéndose de pruebas puramente metafísicas como la individuación de las formas materiales, de las relaciones de potencia a acto: entre ambos cuerpos primitivos o elementos físicos no se ha hallado transformación directa de uno en otro: no podríamos,

(84) CAYETANO, *Com.* al opúsculo de Santo Tomás de *Ente et essentia*, Roma, 1907, cap. 6, q. 13, pp. 175-176.

pues, probar con datos científicos, únicos seguros, basándonos en el argumento de las transformaciones sustanciales, su composición interna de materia y forma.

El argumento fundado en la contrariedad de propiedades inercia, pasividad, masa, actividad, energía... nos costaría muchísimo defenderlo científicamente, pues toda energía tiene su correspondiente masa de inercia, como demuestra la teoría de la relatividad (85) y la experiencia, y hay estados físicos en que la masa y su propiedad característica de inercia adjudicada a la materia por los filósofos, desaparece totalmente como sucede en la masa de reposo de los átomos de luz o fotones (86).

Empero, a pesar de no constar por ahora la transformabilidad mutua de los elementos físicos primitivos, aún podemos hablar en algún sentido de transformaciones sustanciales: bajo las condiciones señaladas en la consecuencia tercera. Los que hayan estudiado física teórica, saben muy bien que las ecuaciones llamadas de estado (87), equivalen en física a las definiciones esenciales de los filósofos, permitiendo deducir de ellas todas las propiedades del cuerpo en sus estados líquido, sólido y gaseoso: hasta ahora no se ha podido formular ninguna de estas definiciones físicas esenciales para los tres estados (88): mas existen para el estado gaseoso y líquido vgr. las fórmulas de Van der Waals y Clausius: de una sola ecuación podemos deducir todas las relaciones entre temperatura, presión, volumen, comprensibilidad, saturación, puntos críticos, temperatura crítica, presión crítica y volúmenes críticos... (89). Consideremos un conjunto de elementos primitivos en determinado número y formuladas exactamente las influencias mutuas de las energías que lo componen, ordinariamente como funciones de la distancia (90). Aunque matemáticamente, revista lo dicho una complicación inmensa (basta recordar la teoría físico-matemática de los cristales) podemos suponer reunidas en una función compuesta, todas las leyes que definen el complejo de elementos de que hemos partido: tal ley global admitirá de ordinario para ciertos valores de las variables independientes, valores estacionarios (máximos o mínimos), es decir, ciertas relaciones de compensación entre

(85) EINSTEIN, *Über den Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes*, col. cit., pp. 74-76; LAUE, *Relativitätsprinzip*, vol. 1, pp. 192-205; 221-222; WEYL, *Raum...*, ed. cit., p. 201.

(86) A. HAAS, *ob. cit.*, pp. 39-40.

(87) PLANCK, *Vorlesungen über Thermodyn.*, ed. cit., p. 5; CHWOLSON, *Traité de Physique*, ed. cit., tom. I, fasc. 2, pp. 437-442.

(88) PLANCK, *ob. cit.*, p. 20.

(89) PLANCK, *ob. cit.*, pp. 13-20.

(90) BORN, *Probleme der Atomdynamik*, ed. cit., pp. 122-180.

las fuerzas y energías que permite una estabilidad: porque conviene recordar que en las leyes matemáticas complejas, no todos los elementos que las integran poseen las mismas propiedades: entre estos valores distinguidos interesan al físico y al matemático los que llevan consigo un cierto carácter de estabilidad y de equilibrio. Para mantenerlo en la realidad física, no se ve una necesidad positiva de introducir una nueva forma que unifique todas aquellas actividades bajo el grado y orden conveniente para mantener la estabilidad: estabilidad que lleva consigo una cierta permanencia de las propiedades, de las energías mecánicas, eléctricas, inerciales, luminosas, caloríficas... Claro está que la introducción de una forma total que contuviese eminentemente en su amplitud y simplicidad todas las virtudes de las elementales, garantizaría perfectamente la estabilidad físico-química de los llamados cuerpos específicamente diferentes (los 92 que se conocen): mas el que domine un poco a fondo la teoría físico-matemática de la estabilidad sabe que se puede alcanzar ésta sin añadir una entidad especial que la guarde: la estabilidad de nuestro sistema astronómico no exige ninguna forma total que la defienda: proviene de la disposición de las masas y distancias y fuerzas. La estabilidad física se defiende por sí misma dentro de ciertos límites como la estabilidad mecánica, y recobra sus posiciones y distribución característica como ciertas figuras que todos conocen de la física experimental.

Casos concretos de estabilidad físico-química, los encontramos en los 92 cuerpos de la serie natural. Las fuerzas atractivas de los cuantos fundamentales o protones del hidrógeno, pueden dar un equilibrio estable frente a ataques físico-químicos mientras los protones no lleguen a pasar de un número elevado vgr. 226 protones y otros tantos electrones en el Radio, 238 en el Uranio: por eso, como observa muy atinadamente Sommerfeld (91), los últimos elementos de la serie natural parecen representar estados hipertróficos, poco estables, siendo esta poca estabilidad interna de los componentes o poca probabilidad estadísticamente hablando, la causa de que principalmente en ellos se manifieste la radioactividad o desintegración atómica. Si nos dejásemos llevar únicamente del sentido común para decidir de la diversidad específica de los cuerpos una misma sustancia amorfa y cristalizada, presenta propiedades tan diferentes (físico-químicas) que nadie reconocería la identidad específica y profunda.

Los compuestos sustanciales dentro del reino inorgánico corresponden simplemente a uniones estables de los elementos primordiales.

(91) SOMMERFELD, *Atombau...*, ed. cit., vol. I, p. 60.

Es inversamente, la ruptura del equilibrio equivale a una transformación sustancial, pues dada la tendencia impuesta al mundo por la ley de la entropía, de buscar un estado lo más probable posible, los estados de equilibrio transitorio o inestable, pasan prontamente y apenas si juegan un papel muy secundario en física experimental y teórica. Mas dentro de la estabilidad hay muchos grados: la estabilidad del átomo es tan fuerte que no bastan los miles de millones de choques que se producen en un segundo entre las moléculas, para separar los electrones del núcleo propio (92). La estabilidad y unión interna de los cuatro núcleos de hidrógeno que componen el helio es tanta, que con ninguno de los medios actuales de la física, se puede destruir. Como nota Eddington (93), la energía calorífica que se desarrollaría al juntarse unos cuantos por cien de los núcleos de hidrógeno que están sueltos en el sol, daría un calor suficiente para mantener su temperatura por millones de años: de aquí se puede calcular la energía encerrada en los átomos de helio y en los demás cuerpos de él compuestos. Además, la teoría de los cuantos ha permitido explicar la permanencia del átomo, descubriendo estados de equilibrio en que el átomo no pierde energía de ninguna clase, ni emite rayas espectrales (94): es un cuerpo aislado del exterior e incomunicado hasta cierto grado, tal como exigen los filósofos del individuo real. Todas las manifestaciones de energía de los cuerpos, se deben a algún desequilibrio interno mayor o menor, desequilibrio que es controlable por la emisión o absorción de energía, reflejándose todo en los espectros característicos del cuerpo. Para traer algún ejemplo: los choques entre electrones y átomos, estudiados por Frank y Hertz (1913) (95), nos dicen que al llegar la energía cinética del electrón en movimiento a cierta magnitud y chocar con un átomo, éste emite una nueva raya espectral, como traduciendo luminosamente lo que le fué comunicado mecánicamente: regidos todos estos fenómenos por las leyes de los números enteros, como exige la teoría de los cuantos. La teoría de los cuantos de energía trae consigo una cierta estabilidad: mientras las influencias no lleguen a formar un múltiplo exacto del cuanto fundamental, no se producirá cambio ninguno: e inversamente todo cambio llevará consigo una emisión o absorción de energía que siempre será un múltiplo entero de los cuantos fundamentales.

Con esta introducción sistemática y comprobada experimental-

(92) SOMMERFELD, *ob. cit.*, vol. I, pp. 214-215; BORN, *Atomdynamik*, ed. cit., p. 5.

(93) EDDINGTON, *Nature*, 3 (1923) 5-12.

(94) SOMMERFELD, *Atombau...*, vol. I, pp. 98-99.

(95) SOMMERFELD, *ob. cit.*, vol. I, pp. 509-512.

mente, la exactitud y afinación experimental llegan a un límite más allá del cual no puede pasar (96). No podemos disminuir indefinidamente y afinar los rayos de luz y las cantidades de electricidad de modo que podamos observar cualquier magnitud por pequeña que sea. Ya la luz ordinaria es demasiado basta para pasar entre las moléculas: y sólo rayos más finos consiguen atravesar entre ellas: como sabemos por los experimentos de Laue, Knipping y Bragg. El camino de una afinación indefinida experimental, se nos cierra por otro lado y al parecer decisivamente. Toda ley física es un resultado de relacionar datos experimentalmente medidos con la mayor exactitud: la condición fundamental exigida por los filósofos y físicos de todo instrumento de medida es que no influya ni altere lo medido: de otra manera el dato o fenómeno experimentado nos demostrará, no las propiedades del medio, sino el conjunto de la medida y medido. Pues bien: al llegar al orden atómico o cuantístico, la medida y lo medido pertenecen al mismo orden de magnitud, influenciándose mutuamente de modo que dentro de ciertos límites fijados por Heisenberg, resulta imposible separar experimentalmente las propiedades específicas de lo medido de las de la medida. Si queremos vgr. determinar lo más exactamente posible los dos datos fundamentales, posición e impulso (o sea, coordenadas definidas experimentalmente por las líneas espectrales correspondientes: impulso es lo mismo que masa por velocidad) y nos servimos de los rayos más finos, los gamma (cuya longitud de onda es de cinco a cien veces menor que el radio del átomo más pequeño, el hidrógeno) los cuantos o átomos del rayo gamma comunican sus cantidades de movimiento a los electrones iluminados, haciéndoles variar de lugar: la posición verdadera del electrón resulta inverificable: pues la medida más fina la perturba. Si queremos fijar la magnitud del impulso o componentes de la velocidad, sirviéndonos del principio de Döppler, a saber, que toda variación de velocidad del foco se traduce por un corrimiento de las rayas espectrales hacia los extremos del espectro (rojo o violeta) (97), habremos de emplear ondas largas y entonces perdemos la posibilidad de determinar la posición del electrón.

Como se ve, los datos fundamentales, posición e impulso, no son determinados directamente, sino por la repercusión espectral de la posición y velocidad: o sea por una traducción o equivalente espectral y

(96) HEISENBERG, *Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik*, *Zeitschrift f. Physik*, 43 (1927) 172 ss.; HAAS, *ob. cit.*, pp. 100-102; PLANCK, *Das Weltbild...*, *ed. cit.*, pp. 34-37; SOMMERFELD, *ob. cit.*, vol. 2, pp. 300-301.

(97) SOMMERFELD, *ob. cit.*, vol. 1, pp. 52-55; CHWOLSON, *Traité de Physique*, tom. 1, vol. 1, pp. 241-244.

energético, únicos datos directamente observables del dominio atómico. Del mismo método nos servimos en astronomía para determinar la posición y velocidad de las estrellas, estudiando las variaciones de su espectro correspondiente. El campo atómico nos queda definitivamente cerrado con los medios actuales: la finura de las medidas experimentales tiene límite: Empero esta propiedad un poco desconcertante, admite una aclaración filosófica precisa. Sigamos la teoría de Heisenberg, Born y Jordan, que posee un mínimo de teoría-imagen y un máximo de teoría-idea y utiliza directa y únicamente los datos experimentales. Como indicábamos, poco ha, de todas las magnitudes experimentales atómicas, únicamente son directamente observables por los sentidos, los espectros emitidos por los átomos. Cada espectro posee un conjunto de líneas características más o menos intensas y en orden y distancia típicas. Los cuerpos sólidos incandescentes, presentan un espectro continuo: los gases y vapores, un espectro de líneas o de bandas: el espectro de líneas proviene de los átomos, ya que es menester disociar atómicamente, dentro de un tubo de Geissler, al cuerpo para que el espectro continuo se convierta en lineal: el de bandas es producido por las moléculas. Así en el espectro del vapor de yodo, comienza a desaparecer el espectro de bandas y aparecer las líneas típicas del cuerpo a manera que progresa la disociación molecular (98).

El cuerpo químico más simple, el hidrógeno, una vez disociado atómicamente dentro de un tubo de Geissler, da un espectro lineal ordenadísimo en que las distancias entre las líneas va disminuyendo gradualmente según la ley descubierta por Balmer. Estas energías espectrales, su intensidad, frecuencias propias de sus vibraciones, distancias y datos análogos son los directamente observables: Otras magnitudes como distancia de los electrones del núcleo, órbitas, rotaciones, estratos de energía, no son observables directamente: sólo una teoría-imagen de base claramente mecánica, puede pretender dar una traducción mecánica, semiastronómica de los datos energéticos: en el párrafo primero de este trabajo, hemos visto que su importancia filosófica es de suyo nula, aunque contribuyen muchísimo a encontrar nuevas leyes experimentales. Para estudiar, pues, metafísicamente, el valor de los datos experimentales atómicos, nos habremos de servir de las explicaciones de Heisenberg, Born y Jordan, en cuanto utilizan como punto de partida los datos directamente observables, y procuran definir las coordenadas, impulso... o sea las nociones fundamentales por medio de los datos espectrales inmediatos. La introducción del cálculo de las

(98) SOMMERFELD, *ob. cit.*, vol. I, pp. 81-94.



probabilidades, que como *teoría* adjunta, acompaña sus escritos, la dejaremos para otro estudio (99).

Admitida como llena de sentido metafísico la teoría de los mínimos específicos o cuantos, en el orden de la materia y de las energías o cualidades activas, recordando, además, que tales cualidades activas no deben ser clasificadas con las potencias activas, sino con los principios activos, se sigue inmediatamente que los únicos estados fijos y permanentes de los cuerpos, son aquellos en que todos sus elementos cumplan la condición cuantística de Planck, a saber, poseer un número exacto del cuanto o magnitud mínima fundamental. En tales casos, el equilibrio dinámico y energético, impide toda emisión o absorción de energía, o sea, todo cambio. Son los estados naturales o de conservación, de afianzamiento individual: inversamente, toda emisión o absorción de energías, que se refleja inmediatamente en las líneas espectrales, sólo puede provenir de un desequilibrio interno del átomo y de sus energías, del paso de un estado cuantístico caracterizado por un número entero a otro definido por un número entero mayor o menor: estados intermedios en que las energías sólo poseen fracciones del mínimo específico fundamental, no pueden ser estables, son estados de paso, únicos en que el cuerpo emite o absorbe energía la que sea preciso para llegar a un número entero de cuantos. Veamos ahora los caracteres de la causalidad atómica. Toda actuación causal atómica procede de un desequilibrio interno de la causa: la duración del influjo causal posee términos naturales de intensidad y duración: la intensidad de la acción causal en la emisión y de la recepción causal en la absorción, se rigen por la ley de los cuantos: lo emitido y absorbido es siempre un múltiplo entero del mínimo específico propio: posee, además, una duración natural, pues al llegar la acción o recepción a un valor cuantístico, el equilibrio se restablece y cesa espontáneamente la emisión y la absorción (en términos metafísico, la acción y la recepción o pasión) a no ser que otra causa en desequilibrio, continúe influyendo. Todos los que hayan leído aquellas cuestiones clásicas sobre “de modis incipiendi et dessinendi” verán que estos datos físico-filosóficos solventan muchas de las dificultades que atormentaban a los escolásticos.

Otra aplicación importante de la teoría de los cuantos, es la solución de las antinomias del continuo físico y la divisibilidad física.

(99) El método de las matrices introducido por Heisenberg, por su manera de definir las magnitudes fundamentales—coordenadas e impulso—y por la introducción que permite hacer del cálculo de las probabilidades, es como nos decía Sommerfeld en Munich, el medio más apropiado desde el punto de vista matemático para tratar la mecánica cuantística. Sobre la trascendencia filosófica de estas teorías véase el artículo del P. PÉREZ DEL PULGAR en *Estudios Eclesiásticos*, 9 (1930) 367-377.

Dejando para otro trabajo el estudio del continuo matemático, en física se da un mínimo real indivisible por todas las fuerzas físicas en todos los órdenes, sea de materia (protón) sea de electricidad, luz, acción... la cantidad y materia física no admite un tratamiento infinitesimal: se rige únicamente por los números enteros.

Cuando las facultades de acción pertenecen al tipo de principios activos, o sea de facultades siempre unidas a sus actos propios, el paso a una causalidad en acto o acción, no exige un previo perfeccionamiento de la potencia, un paso interno de potencia a acto, es decir, otra causa física sobre las internas y externas metafísicas y universales como Dios: la emisión consiguiente o acción, depende únicamente del equilibrio o desequilibrio interno, de la probabilidad mayor o menor de los elementos que integran el ser compuesto total. Un ser físico en equilibrio interno absoluto, en estado de máxima probabilidad, no puede obrar espontáneamente, pues toda acción o emisión espontánea de energía, sería un atentado contra el principio de la entropía, pues tendería a disminuirla, a conducir el mundo a un estado menos probable, más desequilibrado. Por eso, como indicábamos hace poco, una emisión natural (espontánea la llaman los modernos) de energía sólo tiene lugar en los edificios atómicos hipertróficos, de peso atómico muy elevado, que son los que emiten mil clases de rayos, alfa, beta, gamma, Röntgen, catódicos, canales...

De aquí que la ley fundamental de la desintegración por radioactividad, encontrada por Rutherford y Soddy, nos diga que la radioactividad sea proporcional a la probabilidad de desintegración del sistema (100). La ruptura o mutabilidad del equilibrio interno de los elementos de ciertos cuerpos simples (Radio, Uranio, Polonio...) es causa de sus acciones externas y por cierto de las más poderosas energías. En los demás cuerpos de mayor estabilidad interna, la causalidad debe ser provocada por presiones, campos de fuerza y otros medios. La causalidad atómica presenta otra característica verdaderamente notable: en ella no se cumple la propiedad conmutativa de los factores en la multiplicación: el producto de las coordenadas por el impulso, es diferente del impulso por las coordenadas, y la diferencia de ambos es un múltiplo entero del cuanto de acción de Planck (101).

Para dar una justificación filosófica de esta propiedad, deberíamos estudiar detenidamente el cálculo de las matrices, la estructura de la función de Hamilton y qué significa fallar la conmutabilidad del pro-

(100) SOMMERFELD, *Atombau...*, vol. 1, pp. 64-75.

(101) SOMMERFELD, *ob. cit.*, vol. 2, pp. 37-38; HAAS, *Materiewellen...*, ed. cit., pp. 71-73; BORN, *Atomdynamik*, ed. cit., p. 66.

ducto, cosas todas que fuera de presuponer extensos conocimientos matemáticos, nos llevarían muy lejos.

## CONCLUSIÓN

Demos una mirada al camino recorrido: el acoplamiento sistemático de metafísica, matemáticas y física, que defendíamos al principio de nuestro trabajo nos ha permitido, imitando las normas y ejemplos aristotélicos, ver realizadas en el mundo actual muchas de las ideas metafísicas que parecían confinadas al terreno abstracto y posible.

Hemos presentado criterios para discernir las causalidades y leyes mundiales de las particulares: hemos intentado una reconstrucción del concepto de causas teleológicas mundiales que den al universo el orden, perfección y unidad, que como a todo supremo le convienen. Nos hemos adentrado un poquito en el funcionamiento y desarrollo de la causalidad en el terreno atómico, acercándonos a las mismas fuentes de donde mana el influjo causal. Una idea nos permitimos recordar a los lectores antes de dar por terminado nuestro trabajo: a través de todo él, hemos procurado destacar la fecundidad de la metafísica escolástica: en este punto no hemos cedido ni una línea: es el núcleo vital del sistema: en otros puntos secundarios de cosmología y matemáticas, no hemos guardado tantos miramientos, empero toda corrección introducida, lo ha sido siempre a nombre y bajo la luz de ideas metafísicas que o en germen o plenamente desarrolladas nos dejaron los genios inmortales de Aristóteles, S. Tomás y Cayetano.

Como indicábamos al principio de este trabajo, más que resolver plenamente la cuestión, nos proponíamos presentar al juicio de los lectores las líneas generales del proceso que en trabajos más técnicos pretendemos perfilar. Todos los estudios futuros de la cosmología escolástica los haremos, Dios mediante, sirviéndonos de la *metafísica* y de las partes *rigurosamente metafísicas* de la antigua *cosmología* y de los *datos y métodos físico-matemáticos* modernos. Mal podríamos echar mano de la cosmología que se trata de reformar. Durante estos estudios, nos sucederá frecuentemente tener que alargar y perfeccionar los mismos cuadros *metafísicos* tradicionales, por *evolución homogénea*: éste será uno de los frutos y no el más despreciable, de la controlación de la *aplicabilidad* de la *metafísica* (ciencia de lo real) a la *realidad* y de la *traducción metafísica*, mejor, del estudio metafísico de la realidad y de los datos físico-químicos modernos.

El primer ejemplo que pensamos ofrecer a nuestros amables lectores, será el estudio de las clases de *potencias* y constitución *metafísica* de un universo material regido por el *cálculo matemático de las probabilidades*. El que siga las novísimas orientaciones de la física de nuestros días, reconocerá la importancia capital del asunto que afecta, al parecer, a los principios más fundamentales de la filosofía, como el mismo principio de causalidad.

DAVID GARCÍA, C. M. F.

*Prof. en el Colegio de filosofía de Solsona*