EL POSITIVISMO EN LA FISICA MODERNA Y LA EVOLUCION DE LA CIENCIA (1)

JORGE ALVAREZ LLERAS
Director del Observatorio Astronómico Nacional

Señoras y señores:

Obedeciendo a la ordenado por el Ministerio de Educación Nacional, me atrevo a desarrollar el tema: "El positivismo en la Física moderna y la evolución de la ciencia" en el curso de esta conferencia que intento dictar ante vosotros, sin parar mientes en lo escaso de mis conocimientos sobre estas materias, porque estimo como deber ineludible para los miembros de la Universidad cooperar, cada cual dentro de sus capacidades, en la obra de cultura, de propaganda y difusión instruccionista, que este Despacho se propone adelantar mediante las presentes exposiciones de extensión universitaria.

Entrando en materia y al hablar de los progresos de las ciencias físicas durante las postrimerías del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XIX, con el propósito de referirme con más detenimiento a la Física moderna, principio por preguntarme: ¿Qué es la ciencia?

Mas, al formular tal pregunta de fundamental importancia cuando se trata de avanzar históricamente por en medio de las contradicciones, de las hipótesis, de las teorías, y aún de los errores que constituyen la trama de las evoluciones ideológicas en el período a que me refiero, menester habré de un apoyo para mi flaco entendimiento, de un guía acertado para mi ignorancia y mi incapacidad y de un mentor experto en cuyas doctrinas haya descansado mi fé al contemplar el derrumbe actual de muchas nociones que se creyeron indestructibles. Este guía, este maestro, por cuya glorificación científica he trabajado sin descanso durante todo el curso de mi opaca carrera, es Garavito, el sabio astrónomo de nuestra Patria, el matemático y el filósofo, que tal vez para algunos de vosotros sea desconocido, aun cuando su prestigio, al igual del prestigio de Caldas, debiéralo hacer absoluta y totalmente popular para todos los colombianos.

Y si tal no hiciera y por mi cuenta y riesgo me expusiera a las justas críticas de quienes me oyen y que podrían preguntarse con cuál autoridad me atrevo a transcribir de papeles extranjeros para hacer creer en una originalidad imposible, o con qué objeto entresaco de mi biblioteca para daros la sensación de una erudición falsa y postiza, sin contacto alguno con nuestra propia cultura, yo mismo tendría exacta sensación de un esfuerzo vano e inútil y, hasta cierto punto, ridículo.

Mas siguiendo a Garavito paso a paso, procurando en el curso de mis explicaciones sin mérito alguno, hacer brillar ante vosotros parte siquiera de la obra admirable del sabio maestro, espigo en nuestro propio solar y os intereso en la ciencia propia: en la ciencia de Colombia, que ha tenido ya su tradición desde los tiempos de Caldas y que no puede considerarse, por este aspecto, desligada de la obra universal de cultura que voy a esbozar brevemente en esta conferencia, o mejor dicho, en esta charla sin consecuencias ni compromisos.

Al inquirir, pues, respecto de la ciencia, como concepto general en el campo de los conocimientos, y en un sentido estrictamente positivo, es necesario principiar por transcribir a Garavito, diciendo:

"¿Qué es ciencia?

"Esta pregunta se la han hecho los principales pensadores de las diversas épocas, sin que aún se tenga una respuesta definitiva de tal cuestión. La dificultad consiste en los diversos puntos de vista psicológicos en que se han colocado los filósofos.

"La palabra ciencia presenta dos aspectos diferentes: uno como símbolo de verdad incontrovertible; otro como el conjunto ordenado de conocimientos, hipótesis y explicaciones, más o menos verosímiles, relativas a cualquiera de los ramos de un estudio".

"La primera de estas acepciones corresponde a los conocimientos ya definitivamente establecidos; la segunda se aplica a la iniciación misma del estudio, y a las hipótesis o teorías provisionales referentes al ramo. Tomamos aquí la palabra ciencia en su primera acepción".

Desde luego se ve claramente cómo Garavito va derecho a su fin cuando intenta hacer la crítica de la ciencia moderna, a la cual despoja de toda vana erudición, y priva, como lo hizo Poincaré, en su célebre libro "La Ciencia y la Hipótesis", de aquel prestigio, sin valor sólido alguno, que le han dado

(1) Conferencia dictada en el Teatro de Colón, en enero de 1937, por orden del Ministerio de Educación Nacional, para completar la serie de exposiciones culturales verificadas por profesores de la Universidad en el curso de extensión universitaria de este año.

quienes acumularon hipótesis sobre hipótesis y teorías sobre teorías para explicar hechos y prever fenómenos irreales y sin contacto con la experiencia. Así pudo Garavito continuar diciendo:

"El valor que se le confiere a la ciencia implica la aceptación del realismo; no del realismo vulgar o pueril, sino del filosófico".

"Hé aquí un símil de este realismo. En matemáticas, en la teoría de las transformaciones de variables aparecen expresiones covariantes e invariantes, las cuales expresan las propiedades proyectivas o las propiedades métricas de las figuras, según sea la transformación homográfica o de movimiento".

"Asimismo, en el juego incesante de las percepciones por los diversos sentidos y en condiciones variadas, aparecen entidades, a la manera de invariantes, que nos revelan bajo forma abstracta las modalidades de la realidad externa".

Y evidentemente es a esta realidad que debemos atenernos, según lo ha dicho el Profesor Pérez Arbeláez refiriéndose a las llamadas ciencias naturales, pues, en concepto de pensadores como Garavito, la realidad externa, en contacto con nuestro cerebro, es solamente aquello que puede darnos noción de un conocimiento científico. Así continúa sobre este tema, y refiriéndose al tiempo, al espacio y al número, el sabio colombiano:

"La coexistencia de nuestras impresiones y la sucesión de ellas, han dado origen a las ideas del espacio y del tiempo, mediante un largo proceso de circunstancias determinantes, en condiciones variadísimas".

"La generalidad de los filósofos considera el tiempo como una idea derivada únicamente de la sucesión de los acontecimientos. Pero si meditamos reflexivamente sobre la inercia de la materia y sobre la alta importancia que esta cantidad desempeña en Mecánica, podemos entrever la realidad de su existencia desde otros puntos de vista. ¿Cómo es posible calcular un péndulo que dé determinado número de oscilaciones en un día? ¿Qué significado tiene la aserción de que los días solares no son iguales, mientras los siderales sí lo son?"

"La idea de número la hallamos en todo conjunto de objetos semejantes o clasificables en un mismo grupo: dedos de las manos, árboles, hombres, cabezas de ganado, etc. Tal idea nos viene no sólo por la vista sino por todos los sentidos: podemos enumerar los sonidos, las impresiones táctiles, las motrices, etc. La idea de número es, pues, abstracta, no está vinculada a ningún sentido particular; es un variante de nuestras percepciones que manifiesta una modalidad de la realidad externa".

"Nada es grande ni pequeño en absoluto, sino relativamente a aquello de su misma naturaleza con lo cual se le puede comparar. El resultado de la comparación es la medida, esto es, el número, el cual es independiente de la naturaleza de lo comparado. En la idea de relación está eliminada la percepción particular de los objetos medidos; no queda en ella nada concreto vinculado con nuestra manera de sentir, sino una noción completamente abstracta".

"El estudio de las propiedades de los números da origen a un amplio campo de investigación, de carácter netamente intelectual, y constituye el análisis matemático".

"Las ideas materia de este ramo son distintas de las imaginativas representables objetivamente, como son las que conciernen a la noción de espacio, las cuales, aunque abstractas, también están relacionadas más especialmente con el órgano de la visión".

"Gran número de las netamente abstractas pueden sí traducirse gráficamente en líneas y superficies, como acontece en Geometría analítica, la cual no es otra cosa que la objetividad del Algebra cuando no se pasa de tres variables independientes".

"Las ideas cuantitativas a que nos referimos forman el principal conjunto de las llamadas innatas o verdades necesarias, por Descartes y Leibnitz, o de las asociaciones indisolubles de transmisión hereditaria, de Herbert Spencer".

"Spencer define la ciencia: *"extensión de las percepciones por medio del razonamiento"*. Pero el verdadero realismo no puede referirse a las percepciones mismas sino a la concordancia entre las relaciones internas y las relaciones externas concernientes a dichas percepciones".

"Tal concordancia, por no referirse a nada vinculado con un sentido especial, es una adaptación o acomodación exacta entre la ley o relación externa y la idea que tenemos de ella".

"No es el caso de insistir en esclarecer el hecho de cómo siendo falaces las indicaciones de nuestros sentidos podemos, sin embargo, comprender la naturaleza; tendríamos para ello necesidad de un desarrollo demasiado extenso. Sólo diremos, por analogía, que el hombre aprende el idioma universal de los sentidos, con el cual le habla la naturaleza, como el niño aprende el lenguaje de sus padres".

"Las propiedades cuantitativas son algo como la armadura o esqueleto del medio que nos rodea, y cuya persistente influencia ha modelado y modela continua y sucesivamente el organismo humano a través de todos sus ascendientes, y en especial la forma cerebral, en donde residen aquellas ideas en estado latente de memoria orgánica, almacenadas como material de una mina, que aprenden a explotar los que ejercitan el entendimiento".

"Desde este punto de vista, la ciencia pura es la interpretación cuantitativa de las leyes naturales, y se distingue de la ciencia en general, la cual se refiere al conjunto de hechos o conocimientos concernientes a los diversos ramos de estudio".

Esta ciencia pura, a que se refiere Garavito, es la Física, llamada matemática, para distinguirla de la experimental, con la cual guarda las mismas relaciones que las que existen, por ejemplo, entre el resultado numérico de una medida y los instrumentos y métodos empleados para verificarla.

Por tal motivo, al entrar en la breve historia que pretendo haceros, es bien entendido que trato de la Física como de la ciencia moderna, o conjunto de ciencias, que intenta la interpretación mecánica racional de todos los fenómenos del universo y que busca el explicar estos fenómenos reduciéndolos a los elementos de masa y movimiento y exhibiendo sus diversidades y cambios como meras diferencias y variaciones en la distribución y agregación de las extremas e invariables partículas de que suponemos se componen los cuerpos en el espacio.

Naturalmente, y desde este punto de vista, en la historia de la ciencia la supremacía de la Mecánica se puso de manifiesto primeramente en aquellas ramas que tratan de movimientos visibles, de masas palpables, en la Física de los cuerpos, o en Astronomía, por ejemplo, tal como lo insinuó Garavito en los parágrafos transcritos. Pero luégo su reconocimiento se extendió a todas las ciencias físicas, incluyendo no solamente la Física molecular, atómica e interatómica sino también la Química, llegándose con ello hasta a alcanzar bases del conocimiento relacionadas con la misma vida orgánica.

Frecuentemente se ha dicho que los progresos teóricos y, aún los prácticos, de las ciencias naturales (la Física y la Química en especial) durante los tres últimos siglos, se deben principalmente a la Mecánica, la cual, además de haber perfeccionado los instrumentos de la investigación científica, ha suministrado los principios y métodos más apropiados para esta investigación. Así es incontestable que la tentativa de una constante y universal aplicación de los principios de la Mecánica a la investigación científica señala una nueva época en la historia de la ciencia.

Los fundadores de la Física durante los siglos XVII y XVIII, procedieron bajo el supuesto, tácito o explícito, de que todas las verdaderas explicaciones que podían hacerse de los fenómenos físicos eran explicaciones mecánicas. Y aunque este hecho claro no encontró, desde luego, manifiesta expresión en los escritos de los nuevos pensadores, ello se debió, en parte, al hecho de que los principios nuevos necesitan afirmarse a sí mismos en pensamiento y en acción antes de ser generalmente comprendidos, y, en parte, y principalmente, a la circunstancia de que las ciencias hasta entonces, durante todo el decurso de la Edad Media y durante el primer período del Renacimiento, se habían visto obligadas a vegetar bajo la sombra de la Metafísica y al amparo de la Teología.

Sin embargo, y a pesar de esto, no fue mucho tiempo después de Galileo, Stevinus, Fermat, Hobbes y demás iniciadores de la ciencia moderna, que se afirmó indiscutiblemente en las Universidades que toda manifestación física es el resultado de una acción mecánica. Y aun durante la propia vida de Galileo, un año antes de su muerte, Descartes llegó a anunciar que *"todas las variaciones o transformaciones o cambios de la materia y la diversidad de sus formas, dependen del movimiento"*.

Y ya nueve años antes de la aparición de los "Principios" de Newton (Principia) Tomás Hobbes declaró *que toda transformación o cambio físico no es otra cosa, necesariamente, sino el movimiento de las partes del cuerpo que ha cambiado"*, agregando en seguida: *"que no puede haber causa de movimiento o cambio en un cuerpo, si no existe otro contiguo que esté cambiando o esté en movimiento"*.

En este punto Leibnitz se mostró aún más enfático asegurando que la doctrina en cuestión era no solamente una inducción experimental, sino una verdad evidente por sí misma. *Todo en la naturaleza* —dice en alguno de sus escritos— *se efectúa mecánicamente, siendo éste un principio que puede deducirse por la razón solamente, sin necesidad de experimentos, por numerosos que sean.* Además, de esto insistía en otra parte, en que todo movimiento se causa por impacto, afirmando: *"Un cuerpo nunca se mueve espontáneamente, sino por causa de otro cuerpo que lo comprime, tocándolo.*

Igualmente, Huyghens, el gran físico contemporáneo de Leibnitz y de Newton, e inventor de la teoría ondulatoria de la luz, decía que en verdadera Filosofía, las causas de todos los efectos naturales debieran concebirse mecánicamente, *so pena de tener que renunciar a comprender cosa alguna en el mundo físico.* Posteriormente, en el primer tratado comprensivo de Física escrito hasta entonces, el de Musschenbrosek, se sostenía axiomáticamente, que *"no hay cambio o transformación producidos en los cuerpos, cuya causa no sea el movimiento"*.

Y para hablar así, en los tiempos no distantes de la condenación de Galileo, de las prácticas nigrománticas de los alquimistas y astrólogos, de Raimundo Lulio y de Gabriel de Acosta, del predominio de la Astrología judiciaria por todas las cortes de Europa —según lo prueba la existencia tristemente vergonzante de Kepler y Tycho Brahe— de los anatemas contra el sistema de Copérnico y, en fin, de las célebres exposiciones de la Sorbona y de la Universidad de París, que cerraron el período medioeval en el mundo culto de la época, para hablar y pensar así, digo, se necesitaba valor.

Ciertamente, debiéramos trasladarnos a esos tiempos en que las ciencias positivas apenas ensayaban tímidamente sus pasos separadas de la Teología y sin el apoyo de la Metafísica aristotélica, para comprender cómo fue de difícil la intromisión de la Mecánica racional, recientemente fundada sobre el Análisis infinitesimal, en la explicación de los fenómenos del mundo físico.

Así, no es difícil entender que la proposición de que el verdadero propósito y el fin razonable de las ciencias físicas debe consistir en la reducción de todos los fenómenos naturales a un sistema mecánico coherente, solamente pudo tener cabal interpretación y franca y libre exposición, durante la primera mitad del siglo XIX.

En efecto, ello sólo fue posible después de los descubrimientos de la Química orgánica hechos por medio de la teoría atómica, de las revelaciones del

espectroscopio, del establecimiento de la doctrina de la conservación de la energía y de la promulgación de la teoría mecánica del calor (Termodinámica de Carnot), con su complemento natural, la teoría cinética de los gases.

Así Kirchoff, uno de los fundadores de la teoría del análisis espectral, decía en 1865: "El más alto fin al cual las ciencias naturales deben tender, pero que no alcanzarán jamás, *consiste en la determinación de las fuerzas que se manifiestan en la naturaleza y en el conocimiento del estado resultante de la materia, por esta causa, en determinado momento, y en determinado fenómeno,* o en otras palabras, *en la reducción de todos los fenómenos de la naturaleza a la Mecánica".* Igualmente Helmholtz, en su memoria inaugural, presentada ante la reunión de la Asociación de físicos y naturalistas, en Innspruck, en 1869, declaró: *"El objeto de las ciencias físicas es encontrar los movimientos sobre los cuales se basan los cambios o transformaciones de los cuerpos y sus correspondientes fuerzas motoras, para resolverlos, por consiguiente, en simples fenómenos mecánicos".*

No menos explícito es Maxwell al escribir: *"Cuando un fenómeno físico puede describirse completamente como un cambio en la configuración y movimiento de un sistema material, se dice que la explicación dinámica del fenómeno es completa. No podemos concebir que cualquiera explicación ulterior sea necesaria, deseable o posible, en este caso, porque tan pronto como sabemos qué es lo que se entiende por las palabras configuración, masa y fuerza, comprendemos que las ideas, que las tales representan, son elementales y no pueden, por tanto, explicarse con ninguna otra cosa".*

Citas como las anteriores, tomadas de los escritos de físicos eminentes de los siglos XVIII y XIX, pudieran multiplicarse indefinidamente. Y si pasamos de los físicos a los biólogos, fisiólogos y naturalistas, nos encontramos con declaraciones igualmente explícitas: *"Cualquier análisis,* decía Ludwig en 1852, *que hagamos del organismo animal siempre se nos ponen de presente un determinado número de átomos químicos, la existencia del vehículo de la luz y el calor, el éter y flúidos eléctricos y acciones magnéticas. Este resultado conduce a la deducción de que todos los fenómenos de la vida animal son consecuencia de simples atracciones y repulsiones, resultantes de la concurrencia de tales causas elementales".*

En igual sentido escribió Wundt, veinticinco años más tarde: *"El punto de vista, que ha llegado a ser ahora dominante en Fisiología, y que se designa con los atributos generales de la Mecánica, tiene su origen en la concepción causal, que ha prevalecido desde tiempo atrás en otros departamentos similares de las ciencias naturales, y que considera a la naturaleza como una cadena de causas y efectos en la cual las leyes últimas de la acción causal son las leyes de la Mecánica. De esta suerte, la Fisiología aparece como una rama de la Física aplicada, siendo sus problemas una reducción de los fenómenos vitales a las leyes generales de la Física, y, en último extremo, a las leyes fundamentales de la Mecánica".*

Aún más general y definitivo se muestra Haeckel en este sentido, cuando dice: *"La teoría general de la evolución supone que en la naturaleza existe un proceso único, grande, continuo y permanente de desarrollo, y que todos los fenómenos naturales, sin excepción, desde los movimientos de los cuerpos celestes y la caída de la piedra que rueda, hasta el crecimiento de las plantas y la propia conciencia del hombre, están sujetos a la misma gran ley de causalidad que, en último extremo, puede reducirse a la Mecánica atómica". "Esta teoría,* declara Haeckel, *es la sola teoría científica, que nos suministra una explicación racional del universo, satisfaciendo así el anhelo vehemente de nuestro entendimiento por conexiones causales, de causa y efecto, puesto que liga a todos los fenómenos de la naturaleza como partes de un gran proceso de desarrollo en una serie mecánica de causas y efectos".* En igual sentido Huxley habla de *"ese punto de vista puramente mecánico hacia el cual tiende la moderna Fisiología".*

Entre las explicaciones lúcidas y precisas, hechas por allá entre 1870 y 1880, para exponer cuáles debían ser entonces los fines y propósitos de las ciencias físicas, se encuentra la de Du Bois-Reymond, muy distinguido físico y naturalista francés, quien se expresaba así: *"Las ciencias naturales, o más estrictamente, los conocimientos científicos de la naturaleza o conocimientos del mundo material por medio de las ciencias físicas teóricas, constituyen sistemas de reducción de los cambios o fenómenos del mundo material a los movimientos de los átomos causados por fuerzas centrales independientes del tiempo, o sea, constituyen modos de resolución de todos los fenómenos materiales a la Mecánica atómica. Es un hecho de experiencia fisiológica que siempre y cuando tal reducción o resolución se ha efectuado con éxito, nuestra necesidad mental de causalidad se satisface ampliamente. Y como las proposiciones de la Mecánica son reducibles a formas matemáticas, resulta que esa reducción o resolución lleva consigo la misma calidad de certeza de la que es propia de las matemáticas puras. Así, cuando los cambios o fenómenos que ocurren en el mundo material han sido reducidos a una suma constante de materia, no resta nada en estos fenómenos que necesite posteriores explicaciones. Así la afirmación de Kant en el prefacio de su libro "Rudimentos Metafísicos de las Ciencias Naturales" y que dice que en cualquiera de los ramos de las ciencias de la Física (referentes al mundo físico) hay justamente tanto de conocimientos científicos cuanto haya en ellas de fundamentos matemáticos, debiera precisarse poniendo en lugar de "fundamentos matemáticos", Mecánica de los átomos. Esto fue evidentemente, su propio pensamiento* (el de Kant), *cuando él negó a la Química la categoría de ciencia pura. Así, hablando con Kant podemos afirmar: La resolución de todos los cam-*

bios o transformaciones del mundo material (fenómenos físicos) *en movimientos atómicos causados por fuerzas centrales constantes, sería la justificación y completamiento de todo lo que llamamos ciencias naturales en su sentido estricto y preciso".*

Desde luego, con el concepto de Du Bois-Reymond, que acabo de leer, no se aclara bien lo que dice relación con la transformación sucesiva, o alternada, de energía potencial en cinética y por eso reservo la explicación de este punto para más adelante.

Y como lo habréis también notado, en las citas que he hecho de diversos autores, salta a la vista que hasta 1880 o 1890, cuando ocurrió la gran transformación de la Física experimental, de que me ocuparé luégo, casi todos los hombres de ciencia andaban obsesionados en atribuír a la intervención de la Mecánica racional en los fenómenos naturales, un alcance que posteriormente se fue limitando por la crítica científica más moderna.

Pero esto no obsta para que en algún otro escrito deje yo de seguir a Garavito en la exposición originalísima que él solía hacer de cierto determinismo científico aplicable al estudio de las sociedades humanas, considerándolas como agrupaciones dinámicas susceptibles de interpretación mecánica, según lo son, en su movimiento, todos los sistemas del mundo físico. Mas ello con intervención de un criterio nuevo respecto de la energía y referente a la aplicación sensata que debe hacerse de los dos grandes principios de la Mecánica que explican toda la Física: el principio de la menor acción, y el de la mínima resistencia.

En un breve estudio mío que se publicó no há mucho en un libro consagrado a la memoria de Mutis, y que se insertó con el título: *La Mecánica y la Filosofía Natural,* expuse tan completamente como me fue posible, el desarrollo y el alcance de estos puntos de vista de Garavito, y por ello en algún próximo escrito me ocuparé de él.

Por ahora quiero hacer un resumen de lo expuesto hasta aquí en forma tan deshilvanada y con carencia absoluta de amenidad y bien decir, para poner de manifiesto el hecho protuberante en la Historia Universal, de que el día en que Galileo observó las oscilaciones rítmicas de una lámpara colgante en la Catedral de Florencia, para deducir las leyes del péndulo, nació propiamente el criterio científico moderno.

Porque antaño, como lo indiqué atrás, la ciencia anduvo tras la Metafísica y la Teología, como anda el niño de la mano de su nodriza al dar los primeros pasos, y porque este tutelaje sólo se pudo salvar de modo completo cuando otro genio positivo, Isaac Newton, dedujo de la caída de una manzana la gravitación universal, identificando la atracción de los astros con el peso de los cuerpos.

Mas esta última afirmación no quiere decir, en forma alguna, que yo considere posiblemente antagónicas a la Teología y a la Física, pues los dominios del sentimiento religioso y los métodos realistas de investigación nunca pueden interferir por encontrarse situados en planos totalmente distintos y separados. En mi sentir, pues, todo conflicto entre la religión y la verdadera ciencia positiva, es imposible; y esto más si se agrega que la lucha entre espiritualismo y materialismo es absurda, por cuanto aún desconocemos qué es la materia. (1)

Por eso Garavito, con un profundo sentido de la verdad, decía: *"El valor que se le confiere a la ciencia implica la aceptación del realismo; no del realismo vulgar o pueril, sino del filosófico";* agregando después: *"Pero el verdadero realismo no puede referirse a las percepciones mismas sino a la concordancia entre las relaciones internas y las relaciones externas concernientes a dichas percepciones".* De esta suerte se mantuvo él tan igualmente alejado del estrecho determinismo de Locke, como de las escuelas ideológicas modernas, que por un espíritu de reacción, hasta cierto punto justificado, han opuesto a la práctica de una intervención exagerada de la Mecánica en todos los fenómenos, práctica dominante en la ciencia del siglo XVIII y de gran parte del siglo XIX, según lo acabamos de ver, una reacción crítica exagerada, de análisis sobreagudo, que desdeñando toda realidad intuitiva, se aleja, cada vez más, de la investigación rigurosa experimental y de la posibilidad cognoscitiva de nuestro entendimiento.

Mirando las cosas desde este punto de vista, qué admirable equilibrio se advierte en el espíritu de Garavito cuando dice, según lo copiamos atrás: *"No es el caso de insistir en esclarecer el hecho de cómo siendo falaces las indicaciones de nuestros sentidos, podemos, sin embargo, comprender la naturaleza"* y, cuando agrega: *"Sólo diremos por analogía, que el hombre aprende el idioma universal de los sentidos, con el cual le habla la naturaleza, como el niño aprende el lenguaje de sus padres".*

Y para que se vea, desde ahora, con cuánta razón Garavito se aferró a lo absoluto, cuando se trata del tiempo y del espacio, y cómo puédense corregir los errores atribuídos a la Física del siglo XIX, sin necesidad de recurrir al relativismo de los conceptos, me permito copiar del libro de Henri Poincaré, "El valor de la Ciencia", lo siguiente:

"Tenemos, pues, muchas clases de intuiciones; en primer término, la que invocamos con los sentidos

---

(1) En el escrito a que se ha hecho referencia *(La Mecánica y la Filosofía Natural),* se dijo en alguna parte:

"El objeto que nos proponemos ha sido solamente hacer notar la manifestación de ciertas propiedades del movimiento en el desarrollo sucesivo de los hechos naturales; tema de suyo abstruso y difícil de presentar con claridad. Por esto aparentemente se deduce que la Mecánica en esta forma mezclada en asuntos referentes a los fenómenos de la vida da a la exposición la apariencia de una tesis de filosofía materialista, al estilo de las del siglo XVIII.

Mas la aseveración de que los fenómenos naturales obedecen a las leyes mecánicas no implica la de que no obedezcan a algo que, sin contradecirlas, escapa a ellas. Todos los hechos referentes a las formas de la extensión obedecen a la Geometría; sin embargo, la Geometría no explica la belleza de la forma.

Quienquiera que hallare en estos conceptos un fundamento para controversias de orden teológico, debe volver atrás y examinar atentamente nuestra afirmación de que el determinismo científico no interfiere en nada con los principios morales y religiosos de las sociedades humanas. Los métodos científicos de investigación son más precisos, y por tanto, deben sustituir al empirismo con que generalmente se ha venido interpretando la marcha del universo, sin que por ello se crea que se invade voluntariamente el campo, vedado a nosotros, de la Teología.

y la imaginación; después la generalización por inducción, calcada, por decirlo así, sobre los procedimientos de las ciencias experimentales; y tenemos, por último, la intuición del número puro, que puede engendrar el verdadero razonamiento matemático".

"Las dos primeras no pueden darnos la certidumbre; pero, ¿quién dudará seriamente de la tercera? ¿Quién dudará de la Aritmética?"

"Por consiguiente, en el análisis de hoy, cuando se quiere proceder con verdadero rigor, no hay más que silogismos o llamamientos a esta intuición del número puro, que es la única que no puede engañarnos, y hasta es posible decir hoy que el rigor absoluto está conseguido".

"Todavía hacen los filósofos una nueva objeción: Lo que ganáis en rigor, dicen, lo perdéis en objetividad. No podéis elevaros hacia vuestro ideal lógico, más que cortando los lazos que os unen a la realidad. Vuestra ciencia es impecable, pero tiene que quedar encerrada en una torre de marfil, estándole prohibida toda relación con el mundo exterior, y hay necesidad de que salga de su retiro cuando pretenda dar la menor aplicación".

"Quiero demostrar, por ejemplo, que tal propiedad pertenece a tal objeto, cuya noción me parece desde luego indefinible porque es intuitiva. Fracaso en el acto o debo de conformarme con explicaciones poco definitivas; me decido por fin, a dar a mi objeto una definición precisa, lo que me permite establecer esta propiedad de un modo irreprochable".

"¿Y después?, añaden los filósofos: Queda aún por demostrar que el objeto que corresponde a esta definición es el mismo que el que os ha hecho conocer la intuición; o mejor todavía, que tal objeto real y concreto, en que pretendíais reconocer inmediatamente la conformidad con vuestra idea intuitiva, responde bien a esta definición nueva. Entonces, únicamente podréis afirmar que goza de la propiedad en cuestión. Por lo tanto, no habéis hecho más que cambiar de sitio la dificultad".

"Y esto no es exacto; no se ha cambiado la dificultad, sino que la hemos dividido. La proposición que se trataba de establecer se componía en realidad, de dos verdades distintas, pero cuya diferencia no se había señalado de antemano. La primera era una verdad matemática y está ahora rigurosamente establecida. La segunda era una verdad experimental, y únicamente este método podrá revelarnos que tal objeto real y concreto responde o no a tal definición abstracta. Esta segunda verdad no se demuestra matemáticamente, porque, no puede serlo, de igual manera que no pueden serlo tampoco las leyes empíricas de las ciencias físicas y naturales. Sería absurdo pedir más".

En mi concepto, corresponde a Garavito el altísimo honor entre los matemáticos y físicos modernos, de haber entendido mejor que nadie esta diferencia en la intuición a que se refiere Poincaré en los párrafos transcritos, y que lo condujo a especular en el campo de la Optica con el propósito de poner de acuerdo la teoría ondulatoria de la propagación de la luz con el fenómeno observado de la aberración, sin alterar para nada los conceptos lógicos de la Mecánica racional. Así él vio claramente en los postulados de la Optica una verdad matemática y en la aberración astronómica y en los experimentos de Michelson y Morley una verdad experimental.

No obraron así los físicos y matemáticos de principios del siglo XX, quienes ante los fracasos de los experimentos de segundo orden, en especial de los de Michelson y Morley, que acabo de citar, para descubrir el movimiento de la tierra a través del éter del espacio, se lanzaron a especular con dos teorías completamente diversas, faltando, hasta cierto punto, a los preceptos de la teoría del conocimiento, o de la ciencia pura, que he tratado de explicar en esta conferencia.

Estas dos teorías fueron: la de la contracción de los cuerpos sólidos, por rígidos que se consideren, en la dirección del movimiento absoluto, y en la proporción $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}:1$, hipótesis propuesta por Fitzgerald y Lorentz, y preferida, según expresión de Augusto Righi, Profesor de la Universidad de Bolonia, *"por aquellos a quienes el hábito de las ciencias experimentales hace un poco reacios a todas las especulaciones de carácter metafísico"* y la de la relatividad de Einstein. Cuantitativamente ambas teorías, sin embargo, llevan a las mismas fórmulas matemáticas denominadas por los físicos *de transformación,* o sea: *fórmulas de transformación Lorentz-Einstein.* Empero, ¿estarán ellas de acuerdo con la experiencia? ¿Podrán considerarse como verdades experimentales? ¿Corresponderán exactamente a lo que se ha convenido en llamar lógica matemática pura?

Esto es lo que se atrevió a poner en duda el cerebro poderoso de Garavito, quien, al resolver el problema de la paradoja de la Optica y explicar la Mecánica de los electrones, según los principios clásicos, se propuso dar otra orientación a la Física moderna, distinta de la del relativismo.

* * *

En la primera parte de esta conferencia he procurado hacer una ligera reseña histórica de la evolución de las ciencias físicas durante los siglos XVII, XVIII y la mayor parte del siglo XIX, mediante citas tomadas de autores eminentes; y hubiera querido agregar, juntamente con una corta exposición referente a la idea precisa que debemos tener de la ciencia positiva, una relación que tomara del escrito mío publicado con ocasión del segundo centenario del sabio Mutis, con el título: "La Mecánica y la Filosofía Natural", para presentaros un ejemplo racional, en mi sentir, de la aplicación que puede hacerse de las ideas mecánicas, en la explicación del progreso universal. Mas como el tiempo de que dispongo es reducido, me limito a indicaros la lectura de ese escrito, para la mejor comprensión de esta tesis.

Ahora, en la exposición que pretendo hacer para dar cima a mi labor, necesario es llegar al suceso culminante en la historia de la Física, que ocurrió cuando los primeros experimentos de Becquerel pusieron de manifiesto los fenómenos, hasta entonces desconocidos, de la radioactividad.

Desde 1880 a 1890 se extiende en la historia de la ciencia un período de descanso y de satisfacción completa, por decirlo así, a causa de los éxitos obtenidos hasta entonces en la construcción de un edificio científico completo, sólido, de estructura ordenada y que formaba un conjunto de unidad inobjetable. La teoría atómica, con todas sus consecuencias en la Química cuantitativa, los fundamentos de la Electricidad, la teoría cinética de los gases, la aplicación de la Mecánica en la explicación de todos los fenómenos de la Optica, el establecimiento de las leyes de la Termodinámica y del principio de la conservación de la energía, la aceptación, por casi todos los científicos, de los principios del electromagnetismo, llevados a su último extremo por Maxwell con su teoría electromagnética de la propagación de la luz, la comprobación, al parecer admirable, de las ideas de Maxwell, por Hertz, con sus célebres experiencias relativas a las ondas electromagnéticas, y, más que todo, los triunfos absolutos de la Mecánica celeste, que con Leverrier alcanzaron para la gravitación universal, según la ley de Newton, una aceptación definitiva, fueron dando al grandioso edificio de la Física moderna, durante gran parte del siglo XIX, tan sólido aspecto, que parecía él más estable que las pirámides faraónicas, hasta el punto de que se llegara entonces al abuso de la interpretación mecánica absoluta de que hablé atrás.

Pero entonces, al finalizar el siglo XIX, aparecen experiencias desconcertantes fundadas en los tubos de Crookes, que energizados eléctricamente y con un vacío parcial, permitían fenómenos luminosos especialmente interesantes y que al fin pararon en el descubrimiento de los rayos X de Roentgen.

En estos tubos de Crookes, los llamados rayos catódicos, pusieron de manifiesto que corpúsculos elementales, portadores de cargas eléctricas y provistos de masas mecánicas, se movían con enormes velocidades, produciendo al chocar con los cuerpos colocados en su camino efectos mecánicos, caloríficos y luminosos, al mismo tiempo que radiaciones de longitud de onda mucho menor que la de las ondas hertzianas de la propagación electromagnética.

Pero no fue esto todo: simultáneamente con las experiencias de los rayos catódicos, Becquerel descubría que algunos cuerpos, a semejanza de los rayos X, gozaban de la propiedad de impresionar la placa fotográfica, emitiendo rayos que atravesaban las materias opacas para la luz ordinaria. Estos cuerpos se llamaron radioactivos.

Posteriormente, y de trabajos extensos y complejos efectuados con el auxilio del electroscopio, para descubrir minerales cada vez más radioactivos, se llegó al hallazgo del *radium,* en la forma espectacular que todos vosotros conocísteis, y que paréceme inútil historiar en detalle.

Ante los fenómenos radioactivos debidos al radium se plantearon para la Física las más desconcertantes paradojas, pues todos sabemos que las sales de radium en los experimentos de laboratorio actúan como los rayos X, y que en las radiaciones se presenta verdadera desintegración de la materia, con la transmutación de la misma, oh! maravilla de los alquimistas de antaño! al propio tiempo que estos fenómenos presuponen una reserva, al parecer inagotable, de energía.

Así los viejos principios de la ciencia positiva: *la conservación de la energía y la indestructibilidad de la materia,* parecieron venir a tierra entonces con estrépito y para regocijo de todos aquellos que habían visto en la petulancia del positivismo científico un yugo insoportable. Sonó la hora de la reacción. Llovieron objeciones por todas partes al ver que el grandioso edificio científico del siglo XIX se agrietaba y se conmovía. Entramos, en ese momento, pues, de lleno en el período de las hipótesis nuevas acopiadas con premura para rellenar las grietas y levantar ruinas sobre antiguos conceptos; en el período de caóticas deducciones y de teorías atrevidas; en el de resurrección de las Geometrías no euclídeas: las de Rieman y Lobachestky, que hasta ese momento se habían considerado como juegos malabares de las matemáticas puras, en fin, en el de negación de los principios fundamentales de la Mecánica clásica: el tiempo y el espacio absolutos.

Entre las muchas objeciones fundamentales que se presentaron entonces a la ciencia del siglo XIX, cuento la formulada por los astrónomos al considerar la incompatibilidad que existe entre los resultados de la teoría ondulatoria de la propagación de la luz y el fenómeno reconocido como constante astronómica, de la aberración. Igualmente se debe contar entre esas objeciones las que resultaron de los experimentos de Michelson y Morley, cuando estos físicos midieron la velocidad de la luz sobre la superficie terrestre.

Pero la más grave de todas, a mi parecer, se fundó entonces sobre los experimentos efectuados con los rayos catódicos con el propósito de medir la masa, la carga eléctrica y la velocidad de los electrones en los tubos de Crookes. Los físicos que tal hicieron, entre ellos Thompson, establecieron las ecuaciones de movimiento de los electrones midiendo las desviaciones sufridas por las corrientes de ellos, o sea, los rayos catódicos, en dos campos de fuerza simultáneos o coexistentes: uno electrostático y otro magnético.

No es necesario entrar aquí en detalles para deducir que las relaciones buscadas entre la carga eléctrica de un electrón o corpúsculo con masa eléctrica, su masa mecánica y su velocidad se pueden estudiar experimentalmente para cada caso particular con singular precisión, de suerte que las inducciones hechas sobre tales experimentos indujeron a Kauffman y otros a decir que la masa

mecánica de los electrones variaba con la velocidad, aproximándose ésta al infinito cuando la velocidad se aproximaba a la de la luz. Naturalmente tales afirmaciones debían desquiciar, cuando se hicieron públicas, los fundamentos de la Mecánica en la conciencia de las gentes, produciéndose un ambiente propicio a toda clase de críticas y favorable a toda suerte de innovaciones.

Entonces aparece formidable la teoría relativista, que llevó la crítica contra la Mecánica clásica hasta sus últimos extremos, con furor inexplicable y con entusiasmo general, que sólo podía úno aceptar como resultado de la reacción de que hablé antes. La segunda década del siglo XX perteneció, por tanto, al relativismo casi sin restricciones, pues fueron pocas en el mundo las inteligencias que lo pusieron en tela de juicio. Entre esas inteligencias que no siguieron la moda reinante, tenemos la honra los colombianos de contar la de Garavito.

Este sabio auténtico, sin ambición de gloria, sin prejuicios ancestrales, independiente y valeroso, con inteligencia poderosa, propúsose salvar la Mecánica clásica del turbión que ya casi la hundía, lográndole, en mi sentir, con éxito admirable, que habrán de reconocer las generaciones venturas.

Para ello resolvió el problema de la Optica astronómica, que él llamó: *"la paradoja de la Optica"*, demostrando que dentro de la Mecánica clásica puédese explicar perfectamente la aberración de la luz; dio una teoría precisa y sencilla para solucionar las dificultades que se presentaban en la Mecánica de los electrones, sin necesidad de tocar el concepto de masa mecánica como coeficiente de inercia; explicó cuáles son los sofismas o artificios fundamentales que sirven para disfrazar a las Geometrías no euclídeas, y se propuso estudiar la teoría cinética creada para explicar la gravitación, insistiendo en el hecho de que las anomalías de la ley de Newton, puestas de manifiesto por los movimientos de Mercurio y de la luna, debieran esperarse naturalmente, pues es imposible suponer que la expresión newtoniana sea perfecta.

Por esto que acabo de exponeros brevemente, comprenderéis que lo mejor que puedo hacer ahora es ceder la palabra al propio Garavito, quien dijo lo siguiente en la introducción a su escrito póstumo: *"Teoría de la refracción y de la aberración anual"*.

"Al finalizar el siglo XIX la teoría de la gravitación pronunciaba, a nuestro juicio, su última palabra con los trabajos del Profesor Simón Newcomb, aunque esta aseveración sorprenda a muchos. El progreso es indefinido pero no infinito, como es indefinido el número de términos en una serie convergente, siendo finita la suma de ellos; y así como puede hallarse el valor de esta serie sin necesidad de sumar uno por uno todos sus términos, asimismo se puede prever el alcance y límite de una ciencia pura.

"Los trabajos del aludido profesor han comprobado, en efecto, lo previsto por los sabios del siglo XVIII al poner de manifiesto que la gravitación es en realidad la fuerza motriz de los cuerpos celestes y que ella obedece a la ley de Newton: pues las tablas astronómicas basadas en esta ley han alcanzado un altísimo grado de perfección.

"Quedan, sin embargo, dos pequeños residuos, referente uno al movimiento del perihelio de Mercurio y el otro a una fluctuación que presenta el movimiento medio de la luna.

"El desalojamiento del perihelio de Mercurio es en un siglo de 577 segundos de arco, según lo ha indicado la observación; mientras que el cálculo basado en la ley de Newton sólo le asigna 536. Hay por tanto una diferencia de 41 segundos por siglo.

"Para subsanar esta pequeña diferencia bastaría cambiar el exponente 2 de la ley newtoniana por $2-\varepsilon$, siendo ε igual a 0.000000151. Lo cual prueba que la acción perturbadora, causa de este error, es insignificante respecto de la gravitación misma.

"La desigualdad que presenta la longitud media de la luna alcanza a 13 segundos de arco y su período es de 275 años. Se explicaría esta desigualdad al restar de la acción solar una cantidad periódica de 10^{-8} de su valor y de período igual a la revolución sinódica de la luna. Es decir, muy insignificante respecto de aquélla.

"Estos resultados ponen, pues, de manifiesto la conclusión anunciada; esto es, que además de la gravitación newtoniana hay algo que perturba el movimiento de los astros. Este algo puede consistir, ya en un defecto del valor asignado a la ley newtoniana, o bien provenir de causa extraña, o de ambas a la vez. Pero en todo caso la magnitud de este residuo es apenas un diezmillonésimo de la gravitación misma.

"Esta conclusión era la esperada, pues no es posible llegar a la perfección absoluta en los hechos naturales.

"La ley de Newton es una expresión sencilla que implica condiciones absolutas, como la transmisión instantánea de la fuerza, su independencia completa del estado de reposo o de movimiento y presupone, además, el vacío absoluto del espacio interplanetario.

"La razón se opone a aceptar tales condiciones; y la conclusión a que se ha llegado al prever los residuos satisface mucho más al espíritu que la perfectibilidad absoluta de los movimientos con la sola ley de la gravitación.

"Así, en lugar de ser la atracción newtoniana una fuerza misteriosa, esto es, perfecta en la sencillez de su expresión y reina absoluta de los movimientos celestes, es en cambio una fuerza natural, tan perfecta como pueda serlo la acción natural más perfecta y tan preponderante que todas las otras causas no alcanzan a un diezmillonésimo de su valor. Tal fuerza no es hipotética sino real: es la misma que hace caer los cuerpos a la tierra y con la cual estamos familiarizados.

"Tratar de explicar la gravitación por el electromagnetismo y sustituír la ley de Weber a la de Newton, sería algo como agregar términos negativos de valor sensible a una serie de términos cono-

cida, cuya suma total difiere casi insensiblemente del valor hallado; sería esto, reemplazar un hecho real, conocido, como lo es la gravedad, por una hipótesis no comprobada, lo cual es retrogradar en vez de avanzar.

"La teoría cinética ha tratado de explicar la gravitación por medio de choques de corpúsculos de un orden de pequeñez tal que su masa en relación a los átomos químicos sería como la de éstos a los cuerpos celestes; corpúsculos a los cuales se les supone dotados de velocidades inauditas en todos sentidos.

"Esta hipótesis es la que mejor satisface al espíritu; y al tomarla como punto de partida se notaría que la ley de Newton no podría ser sino una primera aproximación, muy grande es cierto, pero aproximación al fin. Esta fuerza, débilmente influenciada tanto en su intensidad como en su dirección, procuraría el logro de un acuerdo perfecto entre la observación y el cálculo, por la introducción de constantes desconocidas. Pero es claro que este acuerdo artificial, obtenido de la manera indicada, está lejos de ser una verificación de la hipótesis cinética; puesto que con diversas hipótesis se podría llegar al mismo acuerdo. Además, sería necesario dotar a estos corpúsculos de una perfecta elasticidad, y ¿cómo explicar esta misteriosa acción, tan oscura al espíritu como la misma atracción a distancia? No se ganaría, pues, nada en el terreno netamente científico.

"Lo propio acontecería con cualquiera otra hipótesis, porque de todas maneras se llega a algo que escapa a la razón, dada la manera de ser de nuestro entendimiento.

"La Astronomía comprueba que los movimientos celestes obedecen a la Mecánica racional, conclusión de alta importancia filosófica, puesto que demuestra que lo que pudiéramos llamar material abstracto del entendimiento, ya se le considere como verdades necesarias, ya como asociaciones indisolubles, corresponde a la realidad externa.

"A esta misma conclusión deberá llegarse por medio de la Física.

"En un sistema material, en donde no haya sino fuerzas interiores, como sucede en el universo entero, la energía total se conserva constante siempre que las fuerzas cumplan cierta condición analítica, la de depender de una función potencial. En la hipótesis cinética la función potencial es constante y la energía afecta la forma actual; las fuerzas no serían, en esta hipótesis, sino efectos debidos a los choques, de la misma manera que esta teoría explica la gravitación; y los diversos agentes físicos o físico-químicos no serían tampoco en este supuesto, sino manifestaciones aparentemente distintas de una sola cosa: la energía cinética.

"De ahí la equivalencia de las transformaciones de los diversos agentes físicos entre sí, como la energía calorífica en química, en eléctrica, etc., y de éstas en trabajo mecánico, equivalencia que se verifica satisfactoriamente hasta donde es posible.

"Esta conclusión no confirma, sin embargo, la hipótesis cinética, porque con otras hipótesis podría llegarse al mismo resultado; pero si comprueba la conservación de la energía y la unidad de las fuerzas físicas; y hace ver que esta conservación y esta unidad concuerdan bien con la razón humana. Tal es el principal papel de esta hipótesis.

"Para demostrar definitivamente tal conservación y tal unidad, los fenómenos físicos deben cumplir también con el principio de la menor acción, y el objeto de la Física matemática no deberá ser otro que el de verificar esta verdad, con lo cual la comprobación será concluyente.

"Otra, ha sido, por desgracia, la tendencia de los investigadores: en lugar de buscar las grandes leyes a que obedece la naturaleza, se han ido a elucubrar detalles minuciosos de los movimientos materiales, que escapan a la percepción.

"Esto ha provenido de que los brillantes éxitos obtenidos desde un principio por la teoría de la gravitación y los trabajos de Bernoulli, de Lagrange y Laplace en Acústica, parecían demostrar la posibilidad de obtener pronto y eficaz éxito en la elaboración de las teorías correspondientes a los varios ramos de la Física. Además, la gloria póstuma que cubrió los nombres de Kepler y de Newton sirvió de estímulo a la generación que se educó al finalizar el siglo XVIII. Estos motivos fueron suficientes para que los esfuerzos intelectuales de multitud de jóvenes se dedicasen a la elaboración de la Física matemática.

"La Optica había sido abordada por Newton y por Huyghens desde distintos puntos de vista. El primero, sugestionado por la teoría de la gravitación, no podía concebir otra fuerza que no fuese gravítica; el segundo sugestionado con las ondas lentas del agua, formuló la teoría ondulatoria. Ambas deberían estar erradas: suponer lo contrario sería dar un gran valor al azar.

"Cuando hay dos pareceres distintos sobre un asunto, es creencia general, aunque irreflexiva, que uno de ellos está en lo cierto y el otro en el error. Tal fue el concepto de Fresnel al aceptar el punto de partida de Huyghens en vez de haber estudiado más a fondo el asunto.

"En las investigaciones científicas se debe proceder de lo conocido a lo desconocido y no al contrario. De las leyes de Kepler dedujo Newton la de la gravitación: partió de hechos conocidos y halló por causa una fuerza real y conocida.

"En Física matemática, mejor dicho, en la Optica, se ha procedido a la inversa: no se ha ido del fenómeno a su causa inmediata, sino que de causas hipotéticas se ha tratado de deducir las leyes que rigen los fenómenos conocidos, ya sea aumentando o modificando las supuestas causas, ya agregando nuevas hipótesis, hasta conseguir un acuerdo más o menos completo.

"Pero es evidente que no hay fenómeno, por complejo que sea, que no pueda explicarse mediante hipótesis más o menos complejas.

"Este procedimiento constituye el llamado método *a priori*. Con él no podrá llegarse a una teoría

positiva que interprete la realidad externa sino, a lo más, a hallar reglas neumónicas que resuman en unas pocas fórmulas matemáticas el conjunto de las leyes que corresponde a un ramo de la Física.

"La Física general está en el estado de desarrollo en que se hallaba la Astronomía después de Kepler, y antes de Newton: se conocen experimentalmente sus leyes, pero no han sido interpretadas correctamente.

"Es probable que no pueda avanzarse de este estado. Se ha dicho, en efecto, repetidas veces y con razón, que si las observaciones de Tycho Brahe hubieran sido más numerosas o practicadas con instrumentos de mayor precisión que los empleados por aquel astrónomo, Kepler se hubiera dado cuenta de que sus leyes no eran exactas, sino simplemente aproximadas, y Newton no hubiera hallado la causa capaz de producir el movimiento kepleriano.

"Esta consideración ha servido a Emile Picard para explicar la dificultad con que tropiezan los físicos modernos, puesto que se tiene inmenso acopio de observaciones físicas de alta precisión, que aumentan diariamente y las cuales, siendo resultantes de múltiples causas de diferente orden, es imposible separarlas.

"Pero la dificultad no está solamente en esto; hay en mi concepto una causa aún mayor, que imposibilita hacer de la Física una ciencia racional, un apéndice de la Mecánica. El universo astronómico es, en efecto, más sencillo desde el punto de vista de la Mecánica que el mundo molecular: todo es visible en el primero, todo es oculto en el segundo. La gran solidez que tiene la ciencia astronómica consiste precisamente en la objetividad de la causa y del efecto. Leverrier, por ejemplo, supuso que un nuevo planeta era el causante de las perturbaciones conocidas de Urano, calculó la posición de esa masa oculta y la observación descubrió a Neptuno. La causa se hizo así visible. En Física una verificación semejante es de todo punto imposible.

"Es injustificable la pretensión de los físicos modernos de conferir a sus teorías hipotéticas valor equiparable al de la astronómica. Lo único verificable en Física es la comprobación de que sus fenómenos obedecen a las leyes de la Mecánica; pero es incauto aspirar al conocimiento íntimo y detallado de ellos".

A lo que acabo de leer podría agregar parte pertinente de mi opúsculo: "El Dr. Julio Garavito Armero y las teorías eléctricas modernas—Crítica a la hipótesis de los electrones", opúsculo en el cual traté de demostrar que en el método seguido para determinar *la masa, la velocidad* y *la carga eléctrica* de los electrones, se ha incurrido en tres contradicciones fundamentales. La primera consiste en el hecho de que mecánicamente es muy difícil demostrar que una masa eléctrica, un punto matemático con carga eléctrica en movimiento, equivale, para los efectos magnéticos, a una corriente eléctrica.

La segunda reside en el hecho de que al obrar así se funda uno en la misma Mecánica, que luégo se desconoce en sus propios fundamentos; y la tercera consiste en la circunstancia de que para una misma masa eléctrica los campos magnético y electrostático no pueden coexistir.

Si hubiera lugar para ello entraría de lleno en este asunto, que me parece de fundamental importancia, mas como debo terminar la historia de las evoluciones de la Física moderna, para exponer qué es lo que debe entenderse por positivismo científico, y como él tiene su aplicación aún hoy en que al rigorismo de la observación y a la precisión y lógica de las hipótesis se ha substituído la audacia de las deducciones, continúo haciéndoos notar cómo de la misma historia de la Física se puede concluír una afirmación paradojal, al decir que al primitivo triunfo de las ideas mecánicas, dentro de una orientación absolutamente positivista, se ha sucedido la negación crítica o la concepción alambicada de los conceptos, con un positivismo no menos exagerado que el de Wundt o el de Haeckel.

Porque del átomo de Bohr no puede pensarse menos que de los elementales y simples principios de la vieja teoría atómica de mediados del siglo XIX, cuya simplista realización del átomo permitió establecer todas las teorías clásicas de la electrolisis, del magnetismo, de la cinética de los gases *et sic de caeteris.*

Pero de la misma manera que en la historia de la Física, que estamos contemplando, la teoría atómica del siglo pasado tuvo que ceder ante las innovaciones que trajo consigo la revolución de principios y de hechos, a que me referí atrás, así la composición electrónica del átomo, impotente para resolver muchos hechos nuevos de la Optica, se ha visto obligada a disolverse en nuevas conjeturas, tal como se comprende por la opinión de muchos físicos modernos al respecto.

Esta opinión se manifestó expresa y clara en el último Congreso de Física de Roma (1930), pudiendo, por ello, el escritor y físico Jean Labadié, hablar de esta suerte:

"La conclusión que se impone, por último, es: la Ciencia física debe revisar sus definiciones. Cuando yo pedía a M. Leon Brillouin sus impresiones al salir del Congreso de Roma, me respondió: *"Decididamente, me parece que en estas operaciones matemáticas, el electrón mismo desaparece, se disuelve. Tal vez en este juego de fórmulas sólo hay una ilusión subjetiva, un miraje intelectual, que es preciso definir. En otros términos: es necesario revisar las definiciones del electrón, del núcleo y del átomo mismo".*

"Es ésta, en mi sentir, una palabra filosófica eminentemente profunda. Para el filósofo, el fiasco periódico de toda Mecánica a base de corpúsculos sin cesar desdoblados (lo que los antiguos llamaban ya *dichtomia*) procede, en efecto, de una ley incontrovertible de la inteligencia y no de la naturaleza. Así Henri Bergson ha demostrado, desde hace largo tiempo, que desde que el matemático se crea su punto material simple para hacer la Mecánica, es-

te punto lleva consigo la huella de la conciencia que lo ha creado. Es esta huella lo que el físico encuentra al cabo de sus sabios cálculos, en los cuales parece que quisiera descubrir de nuevo, como lo dice M. Leon Brillouin, *"la ilusión subjetiva"*.

"Es, pues, ahora que va a comenzar la verdadera revolución de la Ciencia física, después de que un sabio feliz haya puesto en evidencia este espejismo que hace inextricables las ecuaciones de la Física moderna. Todo el trabajo que se ha hecho desde 1900 hasta nuestros días no será, pues, sino un trabajo de desmonte, de demolición, como lo dice tan justamente M. Eddington —el astrónomo-físico de Cambridge— aunque él prohibe a los filósofos entrar a este lugar del conocimiento, en espera, tal vez, de que los tales vuelvan de repente la tableta donde eso se haya escrito, para poner: "Se ruega a los filósofos que salgan...", por lo menos mientras es tiempo de saber de qué se habla, como ya lo preconizaba en su época, Blas Pascal". (1)

Como veis, señores, es mucha la distancia que hay entre las afirmaciones de Maxwell, que os he leído atrás, y lo que acabáis de oír. Comparemos: *"Cuando un fenómeno físico,* dijo Clerk Maxwell, *puede describirse completamente como un cambio en la configuración y movimiento de un sistema material, se dice que la explicación dinámica del fenómeno es completa. No podemos concebir que cualquier explicación ulterior sea necesaria, deseable o posible, en este caso, porque tan pronto como sabemos qué es lo que se entiende por las palabras configuración, masa y fuerza, comprendemos que las ideas, que las tales representan, son elementales y no pueden, por tanto, explicarse con ninguna otra cosa".*

De la comparación de términos que os he sugerido surge clara la enorme distancia que media, a lo largo de la evolución de la Física por espacio de ochenta años, entre los conceptos positivos de mediados del siglo XIX, y el positivismo de que podemos hacer gala durante el primer cuarto del siglo XX, cuando se hace preciso, según opinión muy autorizada de varios físicos modernos representados en el Congreso de Roma de 1930, orientar la revolución actual de la Ciencia hacia una finalidad más positiva y con procedimientos más ordenados, declarando que *"todo el trabajo que se ha hecho desde 1900 hasta nuestros días no es sino un trabajo de desmonte, de demolición",* por decirlo así, para despejar el terreno y sobre campo nuevo, con nuevos y sólidos fundamentos, levantar otra vez el hermoso edificio de que os hablé atrás, y que en tiempos de Tyndall, de Maxwell y de Faraday parecía desafiar las adversidades del tiempo.

A la reconstrucción de este edificio habrán de prestar valiosísima ayuda los cerebros como el de Garavito, esencialmente lógicos, para quienes no hay contradicción entre los principios sólidos de la Mecánica clásica y los nuevos fenómenos físicos que desde los trabajos de Becquerel han venido sugiriendo tan encontradas como cuestionables hipótesis. Para esos cerebros la Física moderna necesita una fundamental revaluación que conduzca a interpretaciones más lógicas de los fenómenos que el llamado *átomo de Bohr,* por ejemplo, y de las cuales no se pueda decir como de este último —para criticar la composición planetaria atómica, de electrones, protones, neutrones, núcleos y demás imaginaciones de los físicos modernos— *"parece que en las operaciones matemáticas el electrón mismo se disuelve, porque en el juego de fórmulas sólo hay una ilusión subjetiva, un miraje intelectual, que es preciso definir".*

Para terminar esta conferencia, y prometiéndome en las posteriores desarrollar íntegramente mi tesis e ilustrar la opinión de que los métodos y principios de la Física fundamentados en conceptos lógicos aún perduran y que dentro del clasicismo científico, y sin tornar al abuso materialista e ingenuo de la Mecánica, se puede dar aplicación general a dos principios fundamentales de ella: el de la menor acción y el de la mínima resistencia, concluyo con las siguientes palabras de Garavito, que cierran magistralmente la historia de la evolución de la Ciencia en ochenta años y que he tratado de exponeros de la manera más breve posible. Dijo así Garavito:

"El movimiento intelectual moderno sigue dos rutas opuestas, en lo que respecta a la Física. La una, la de la ciencia clásica, continúa en su derrotero y no confiere a las teorías otro papel que el de resumir en unas pocas ecuaciones diferenciales el conjunto de leyes que se refieren al orden de fenómenos que estudia la teoría. A este respecto la Termodinámica no deja qué desear; es el modelo de lo que deben ser las teorías físicas. En la Optica y en la Electricidad se ha necesitado, desgraciadamente, del auxilio de hipótesis destinadas a guiar el pensamiento en el planteo de las ecuaciones que resumen las leyes que rigen los fenómenos concernientes a esos ramos; pero los verdaderos sabios no ven en tales hipótesis otra cosa que simples metáforas, y sólo confieren valor a las relaciones cuantitativas expresadas en las ecuaciones.

"La corriente opuesta pretende adivinar el mecanismo íntimo de los fenómenos físicos a fin de hacer en esta ciencia lo que se realizó en Astronomía con la gravitación; pero si se atiende a que los fenómenos relativos a los movimientos celestes están al alcance de nuestros sentidos y de nuestros instrumentos, y son infinitamente más sencillos que los que corresponden a la materia atómica, se comprenderá que el fin perseguido en la Física por la tendencia modernista, es de éxito improbable".

Uno de los filósofos del siglo XIX más competente para establecer el positivismo científico sobre sólidos fundamentos, Herbert Spencer, parte en su riguroso análisis de lo incognoscible, de un concepto fundamental: nuestro entendimiento es forzosamente limitado, pues fisiológicamente se mueve en el campo de la experiencia que nos suministran los sentidos, y lógicamente sólo se da razón del número, en la forma intuitiva y analítica de

(1) *La Science et la Vie* (Nº 176). Febrero de 1932.

sus razonamientos. Así él se mueve dentro de un círculo definido y limitado, que ciertamente puede considerarse como un límite hacia el cual tiende sin cesar avanzando, como en una serie muy convergente, sin nunca llegar a él.

Desde luego se ve que aceptando ese círculo que nos rodea en el campo indefinido de la verdad, según el concepto valeroso, sincero y admirable de Spencer, es como nos colocamos en el positivismo científico insospechable de quienes fundaron las Ciencias físicas para llevar la razón humana al contacto con la realidad externa, hasta entonces desconocida por la Metafísica aristotélica. ¿Por qué, pues, se nos haya de tachar, a quienes así pensamos, de agnósticos retardatarios, de incapaces de investigación profunda y de conservadores *a outrance* y sin justificación científica *a posteriori?*

No, señores que me escucháis, no es a la escuela sinceramente positivista moderna de los filósofos discípulos de Spencer a quienes hay que dirigir el apóstrofe irónico de Eddington, pues la lógica es, precisamente, lo que obliga a no aceptar esos conceptos que corresponden a una ilusión subjetiva y que se han lanzado por los físicos modernos con ánimo de no retroceder jamás en el terreno de las hipótesis.

En cuanto a mí, en mi incapacidad e ignorancia, como lo dije en el principio de esta conferencia, sólo puede existir para descanso de la mente y descargo de la conciencia, una intuición serena y lógica a la vez, que conduzca a las afirmaciones de Garavito, que os he leído atrás, pero que me complazco en repetir una vez más, como evangelio de certeza en la obra nueva que se intenta al empezar la reconstrucción de la Física preconizada por M. Jean Labadié:

"Es injustificable la pretensión de los físicos modernos de conferir a sus teorías hipotéticas valor equiparable al de la astronómica. Lo único verificable en Física es la comprobación de que sus fenómenos obedecen a las leyes de la Mecánica; pero es incauto aspirar al conocimiento íntimo y detallado de ellos".

"La Astronomía comprueba que los movimientos celestes obedecen a la Mecánica racional, conclusión de alta importancia filosófica, puesto que demuestra que lo que pudiéramos llamar material abstracto del entendimiento, ya se le considere como verdades necesarias, ya como asociaciones indisolubles, corresponde a la realidad externa.

"A esta misma conclusión deberá llegarse por medio de la Física.

"En un sistema material, en donde no haya sino fuerzas interiores, como sucede en el universo entero, la energía total se conserva constante siempre que las fuerzas cumplan cierta condición analítica, la de depender de una función potencial.

"De ahí la equivalencia de las transformaciones de los diversos agentes físicos entre sí, como la energía calorífica en química, en eléctrica, etc., y de éstas en trabajo mecánico, equivalencia que se verifica satisfactoriamente hasta donde es posible.

"Para demostrar definitivamente tal conservación y tal unidad, los fenómenos físicos deben cumplir también con el principio de la menor acción, y el objeto de la Física matemática no deberá ser otro que el de verificar esta verdad, con lo cual la comprobación será concluyente.

"Otra ha sido, por desgracia, la tendencia de los investigadores: en lugar de buscar las grandes leyes a que obedece la naturaleza, se han ido a elucubrar detalles minuciosos de los movimientos materiales, que escapan a la percepción".

Probablemente, la investigación de estas grandes leyes lleve algún día a algún matemático afortunado a la solución del problema que pesa como una montaña sobre la Física del siglo XX, en la consideración del movimiento que sirve para explorar el espacio geométrico euclídeo, y el movimiento propiamente llamado ondulatorio. Tal vez sea la llamada "Mecánica ondulatoria" de De Broglie la iniciación de un feliz camino que conduzca por fin a las Ciencias físicas al terreno sólido en donde se respete la lógica del entendimiento y se establezcan, de vez en cuando, puentes que nos comuniquen con el mundo exterior, por medio de la experiencia, y justifiquen la afirmación filosófica admirable de Lord Kelvin: *"Ningún fenómeno no es conocido si no se interpreta numéricamente de modo correcto".*

He dicho.

BIBLIOGRAFIA

Henri Poincaré.—"La Ciencia y la Hipótesis".—"El valor de la Ciencia".

J. B. Stallo. —"The concepts and theories of modern Physics".

Julio Garavito Armero.—"La Mecánica de los electrones". "Teoría de la aberración de la luz". "Notas sobre Optica matemática"—"La paradoja de la Optica"—"Optica astronómica"—"Nota sobre las Geometrías no euclídeas".

Jorge Alvarez Lleras.—"Julio Garavito Armero y las teorías eléctricas modernas.—Crítica a la hipótesis de los electrones"—"La Mecánica y la Filosofía natural".

Ingeniero Gaetano Ivaldi.—"Sulla erroneitá della teoria relativística di Einstein".

Louis Roy.—"L'Electrodynamique des milieux isotropes en repos, d'aprés Helmholtz et Duhem".

N. Whewell.—"History of the Inductive Sciences".

J. J. Thompson.—"Electricidad y Materia".

William B. Taylor.—"Kinetic theories of Gravitation".

"Actas del Congreso de Física de Roma de 1930".