

JORGE ALVAREZ LLERAS

Director del Observatorio Astronómico Nacional de Bogotá.

En el supuesto de que nos dirigimos en el presente escrito a quienes no estén muy familiarizados con los antecedentes y la naturaleza de los problemas resueltos por Garavito en el dominio de la Óptica matemática y astronómica, conviene hacer primeramente una relación histórica breve sobre los puntos siguientes, antes de transcribir los folletos a que nos hemos referido:

1º Sobre el descubrimiento del fenómeno de la Aberración de la luz;

2º Referente a la interpretación de él en el campo de las teorías de la propagación de la luz;

3º Sobre las ideas tenidas hasta ahora respecto al papel del éter en la propagación de la luz, cuando se trata de medios diáfanos en movimiento;

4º Referente a los experimentos verificados para estudiar el movimiento del éter en ese caso; y

5º Sobre la intervención de la teoría einsteniana de la relatividad para explicar los experimentos de Fizeau y de Michelson y Morley.

Historiando estos puntos por separado, y de la manera más completa que lo permitan los límites reducidos de este escrito, será fácil comprender los puntos de vista de Garavito respecto de la Física moderna, y prever el alcance de sus escritos en el campo de la crítica científica.

* * *

Breve relación histórica referente al descubrimiento de la Aberración y a la aplicación que de tal fenómeno se ha hecho en el campo de la Astronomía de posición y de la Geometría celeste.

Fue Bradley quien en 1725 efectuó este descubrimiento, uno de los más importantes que se hayan hecho, de carácter astronómico, en los últimos tiempos, y que en el terreno de la Física hayan provocado más activas investigaciones prácticas y especulativas.

Este descubrimiento imprevisto tuvo lugar durante una serie de observaciones emprendidas por Bradley para hallar paralajes estelares, paralajes que sólo pudieron determinarse un siglo más tarde, pues todos sabemos que la paralaje de la estrella más cercana a nosotros, no alcanza a un segundo de arco.

A pesar de esta circunstancia, varios astrónomos del siglo XVII pretendieron haber determinado tales paralajes. Picard, en 1680, adujo como resultado de diez años de observación, que las variaciones de posición de la estrella polar

llegaban, por año, a 40". Flamsteed, en 1689 y años posteriores, aseveró que la declinación de la polar era 40" menor en julio que en septiembre, y Hooke, en 1674, dedujo de sus observaciones que γ Draconis estaba 23" más al norte en julio que en octubre.

Cuando Bradley y Molyneux empezaron a ocuparse de este asunto de las paralajes estelares, en 1725, todavía reinaba entre los astrónomos mucha incertidumbre sobre los resultados obtenidos hasta entonces, y así Bradley se dedicó a este trabajo con gran asiduidad en Kew, empleando, con su compañero, un telescopio especial sujeto verticalmente y cuya posición se había fijado cuidadosamente por medio de la plomada. La estrella que usaron los dos astrónomos fue la misma empleada por Hooke (γ Draconis), por ser ésta una estrella que pasa muy cerca del zenit en la latitud de Kew, pudiéndose así prescindir en las observaciones de las correcciones de refracción (1).

En diciembre de 1725 comenzaron estas célebres observaciones, y el 17 del mismo mes Bradley encontró que la estrella se movía hacia el sur, siendo de notar que como el movimiento de la estrella en esta época del año, por causa de la Aberración, es rápido (cerca de 3"2 en 10 días), la atención de los observadores tenía que fijarse en tal hecho culminante con singular cuidado. Por consiguiente, ellos continuaron sus observaciones hasta marzo del año siguiente, cuando la posición de γ Draconis, hacia el sur, se había separado 20" de su posición en diciembre. En abril fue aparente para ellos que la estrella volvía de nuevo hacia el norte, y en septiembre de 1726, que había alcanzado su límite norte extremo. Así, entre marzo y septiembre, se verificaba el mayor desplazamiento de la estrella en cerca de 40".

Aunque Bradley y su compañero perseguían tal resultado, inmediatamente se dieron cuenta de que el fenómeno observado no podía atribuirse a paralaje de la estrella, o sea al desplazamiento debido al cambio de posición de la tierra en su órbita, por cuanto el máximo de tal desplazamiento paraláctico para γ Draconis debía ocurrir entre junio y diciembre. Desde luego, se ve que la Aberración y la paralaje se distinguen fácilmente por su diferencia de faz de tres meses, puesto que el desalojamiento de la estrella debido a la Aberración hace siempre un ángulo de 90° con el debido a la paralaje.

(1) Estas medidas se tomaron con un micrómetro filar.



Una de las hipótesis que podía aceptarse entonces para explicar este hecho, observado por Bradley y Molyneux, era que la dirección del eje de la tierra y, por consiguiente, la de la vertical, variaba, produciéndose un desalojamiento aparente de la estrella, cuando su posición se medía en relación con la dirección de la plomada. Así, y para aclarar este punto, se hicieron observaciones con otra estrella diametralmente opuesta a γ Draconis en relación con el polo. Pero entonces los resultados demostraron que los desalojamientos anotados no podían atribuirse a movimientos del eje terrestre.

Desde luego, es preciso advertir que sí existen tales movimientos, aunque en un grado mucho menor de lo observado entonces, y que para separarlos de los desalojamientos estelares debidos a la Aberración, fue preciso que Bradley mejorara sus observaciones con un telescopio zenital micrométrico que le permitía observar estrellas distantes del zenit hasta 6° al sur y al norte, y que empleara mayor número de estrellas en ese estudio.

Así, y después de numerosas observaciones sobre quince estrellas apropiadas, pudo él hablar de la *nutación* como efecto debido a desplazamientos reales del eje de la rotación de la tierra, y de la *Aberración* como fenómeno debido al cambio de dirección del rayo luminoso que nos llega de la estrella y que a cada instante es el resultado de la composición de la velocidad variable de la tierra en su órbita, con la velocidad definida de la luz, que previamente había descubierto Roemer en 1666.

He ahí descubierta la Aberración anual debida al movimiento orbital de la tierra y que actualmente se tiene en cuenta por los astrónomos juntamente con la precesión y con la nutación, para reducir la posición aparente de las estrellas a sus posiciones medias, agregando una pequeña corrección atribuible a la *aberración diurna*, es decir, a la debida al movimiento del observador al rededor del eje terrestre por causa de la rotación de la tierra.

Como la velocidad de la luz se ha medido con extrema precisión por los físicos últimamente, y la constante de la Aberración se conoce por observaciones numerosísimas y muy exactas, se concibe que, por este medio, se pueda conocer la velocidad de la tierra sobre su órbita. Esta misma velocidad puede calcularse conociendo el radio de la órbita terrestre mediante observaciones de la paralaje solar.

Así, la determinación de la *constante astronómica: paralaje solar* y de la *constante de la Aberración*, venían sirviendo para verificarse mutuamente, hasta cuando David Gill, Director del Observatorio del Cabo, en 1896, dijo lo siguiente, copiado por Garavito, en una *Memoria sobre la determinación de la paralaje solar, de la masa de la luna*, etc.:

“Cuando se trata de deducir el valor de la paralaje solar de los valores observados de la constante de la Aberración y de la velocidad de la luz, surge la siguiente cuestión: ¿Se puede considerar como exacta la teoría, generalmente aceptada, de la Aberración?”

“En la teoría de la emisión de la luz, no habría duda para ello, pero no creo que se pueda probar, en la teoría ondulatoria de la luz, que el seno del valor observado de la constante de la Aberración sea verdaderamente idéntico a la relación entre la velocidad media de la tierra en su órbita y la velocidad de la luz, o que este seno no sea sino el término principal de una serie que exprese esta relación y cuyos otros términos nos son actualmente desconocidos”.

“Si esto es así, el deber de los astrónomos está claramente trazado: consiste en determinar la constante de la Aberración con toda la exactitud posible; pero mientras los físicos no hayan probado la exactitud incontestable de la teoría de la Aberración, la constante observada no debe emplearse en la deducción de otras constantes astronómicas”.

Evidentemente, la seriedad de esta cuestión planteada por Gill en términos tan precisos, es inobjetable, y debió llamar ella poderosamente la atención de los físicos contemporáneos, pues desde tiempos de Arago, en 1818, se indicó por este astrónomo que la refracción en un prisma (que depende de la relación de velocidades de la luz en el aire y en el vidrio), debería alterarse por causa del movimiento del prisma a través del éter.

* * *

Breve relación histórica referente a los conceptos de los físicos sobre el éter y la propagación de la luz.

Evidentemente, la explicación más sencilla que puede darse del fenómeno de la Aberración reside en el concepto cinemático de la primitiva teoría corpuscular de la luz (teoría de la emisión, o de Newton; generalmente aceptada cuando ocurrieron los descubrimientos de Bradley); por cuanto si imaginamos el *rayo de luz* que procede de una estrella como una *corriente* de proyectiles que nos llega con una velocidad definida, es claro que la dirección aparente del punto de donde provienen esos proyectiles tendrá que ser afectada por el movimiento de la tierra en su órbita.

Por esa razón nosotros consideraríamos como fundamentalmente más razonable la teoría de la emisión, y más conforme con los hechos, si los físicos no hubieran tenido que inventar la teoría ondulatoria de la propagación de la luz por circunstancias que veremos adelante.

Naturalmente, en la teoría ondulatoria la existencia del *éter* se desprende como consecuencia fatal, puesto que con ella es necesario concebir un medio o vehículo de propagación del *es-*

tremecimiento elemental, que constituye la onda imaginada por Huyghens.

La Aberración y el éter.—Acabamos de decir que en la teoría de la emisión y para explicarnos el fenómeno de la Aberración, podíamos imaginarnos la luz moviéndose en línea recta desde una estrella, sin que ese movimiento fuera modificado por el de la tierra, que arrastra al observador consigo, siendo sólo el cambio de posición del punto luminoso mera composición cinemática de dos velocidades.

Pero en presencia de la teoría ondulatoria, los físicos tuvieron que decirse: “Esto no puede ser verdad si el éter en nuestra vecindad fuera arrastrado por la tierra en su movimiento, por cuanto cuando la luz llega a esta *región de éter en movimiento* su carrera se perturbara sobreponiéndose el movimiento de ese éter a la velocidad ordinaria de la luz que lo atravesara en reposo”. Por eso Arago, en 1818, como se dijo atrás, indicó que los índices de refracción deberían alterarse por causa del movimiento de la tierra a través del éter, y así concluyó que como tal alteración no ocurría, el éter tenía que ser arrastrado totalmente por ese desplazamiento de la tierra en el espacio.

Naturalmente, para los espíritus lógicos, como el de Garavito, tal conclusión debería imponerse sin restricciones, aceptando él, según veremos adelante, *el arrastre total del éter por la atmósfera de la tierra*, para explicar la Aberración y la refracción de la luz a través de las capas sucesivas de esa atmósfera.

Para nosotros, en nuestra simpleza de criterio, no hay complicación alguna en este punto, pues suponemos que el fenómeno de la propagación de la luz, a lo largo de un tubo de flujo luminoso (rayo de luz), se puede efectuar fraccionariamente de dos maneras: por transporte de corpúsculos en movimiento (proyectiles que provienen del cuerpo luminoso) en la parte del tubo que corresponde al espacio *vacío*, y por propagación del estremecimiento ondulatorio, de la teoría de Huyghens, en la parte que corresponde a los cuerpos diáfanos, en cuyo interior molecular la luz se propaga según lo supone la teoría.

Pero no sucede lo mismo a los físicos imbuídos en la necesidad de que haya un medio que llene los espacios interestelares para servir de vehículo de propagación de los fenómenos luminosos, siendo para Arago evidente, al tratarse del prisma de nuestro ejemplo, que si no había alteración en el índice de refracción de ese prisma, en relación con el aire que lo rodeaba, por causa del desalojamiento del conjunto (aire y vidrio) a través del éter, era necesario concluir que el éter que rodeaba al prisma participaba por completo de su movimiento.

Mas no era esto solo lo que consideraban los físicos al analizar el asunto: también miraban ellos el resultado de medir la velocidad de la luz

a través de la atmósfera de la tierra en movimiento con relación al éter en reposo, siendo claro que según este criterio de deslizamiento absoluto del éter, los valores medidos horizontalmente sobre la superficie terrestre, de la velocidad de propagación de los fenómenos luminosos, debían acusar tal movimiento.

Según las modernas ideas del átomo, introducidas por Rutherford en 1911, los electrones y los núcleos atómicos son tan pequeños que el éter puede deslizarse a través de los vacíos interiores del átomo tan fácilmente como si lo hiciera a través del sistema solar. Así en esa fecha no se creyó posible que ocurriera choque alguno entre los átomos y el éter, considerándose como absurdas las ideas del siglo XIX, y que obligaron a pensar en un arrastre total. Desde luego, pues, apareció contradictorio el experimento de Michelson, después del análisis de Rutherford; pero, ¿no tendrían razón quienes pensaron, como Arago, cuando vieron confirmadas sus ideas por tal experimento?

De esa suerte pensó Garavito, cuando dijo:

“Los experimentos de Michelson nos han parecido superfluos, pues para nuestra manera de ver, semejaban a la tentativa de medir la velocidad de un tren con un anemómetro colocado en el interior de un vagón cerrado. No nos fundábamos, pues, para esto, en el principio de la relatividad. No tenemos derecho de suponer en reposo absoluto el medio en el cual se propaga la luz; puede éste quizás desalojarse en el espacio con nuestra Vía Láctea con relación al vehículo que transmite la gravitación, por ejemplo”.

En realidad, las complicaciones que ha introducido la hipótesis del éter en la explicación de la Aberración han sido tantas que se comprende perfectamente la necesidad del arrastre parcial de Fresnel.

En su tiempo, Fresnel replicó a la argumentación de Arago introduciendo *un coeficiente de arrastre*, en la hipótesis de que el éter vehículo de la luz dentro del prisma, no participaba por completo del movimiento de éste, siendo solamente arrastrado en parte.

Este hecho se verificó aparentemente por Fizeau en 1851, enviando un rayo luminoso en direcciones opuestas a través de una corriente circular de agua y estudiando su velocidad en la dirección de esa corriente y en sentido contrario. Según la interpretación de Fizeau, su experimento demostraba el arrastre parcial. Pero Garavito, como se verá en los escritos a que sirve de introducción esta “Explicación preliminar”, demostró que la experiencia de Fizeau había sido mal interpretada y que ella confirmaba, precisamente, el arrastre total.

Posteriormente, en 1871, Airy realizó su telescopio de agua, sugerido por Boscovitch, y por medio del cual midió la constante de la Aberración. Razonando de manera muy sencilla era

claro en este experimento que usando un anteojito cuyo tubo estuviera lleno de agua, el valor de la Aberración debería crecer, desde luego que la velocidad de la luz en el agua es menor que en el aire. Pero contra todo lo esperado, se obtuvo el valor normal de la Aberración y no otro.

Como Fresnel había predicho que debería haber una compensación cuando se tenía en cuenta la alteración de la refracción en la superficie del líquido en movimiento, parecía deducirse de estos resultados que el arrastre del éter estaba limitado al interior de los cuerpos en movimiento y que sus efectos se compensaban por cambios de refracción en la superficie de esos cuerpos, excepto cuando, como en el experimento de Fizeau, se trataba de diferencia de movimientos.

De esta suerte, el éter fuera de la tierra estaba en reposo como lo exigía la teoría de la Aberración. Pero de acuerdo con el experimento de Michelson y Morley, ya mencionado, resultó que el éter era arrastrado totalmente por la tierra en su movimiento orbital, planteándose así el conflicto que condujo a la teoría de la relatividad para tratar de explicarlo.

Hé aquí por qué puede decirse sin exageración que el problema o los problemas tratados por Garavito son aún de palpitante actualidad y no han sido resueltos hasta ahora satisfactoriamente desde el punto de vista de la Física moderna.

El éter en los fenómenos de la propagación de la luz a través de medios diáfanos en reposo o en movimiento relativo.

Antes de continuar adelante, conviene recordar que la teoría ondulatoria se funda en las siguientes hipótesis:

1ª Existe en el universo un flúido eminentemente sutil, al cual se ha dado el nombre de *éter*, y del cual acabamos de hablar incidentalmente.

2ª Ese flúido está extendido en todos los cuerpos ponderables.

3ª Es perfectamente elástico.

4ª Sus propiedades físicas pueden variar según la manera como estén agrupadas las moléculas en cada punto del cuerpo ponderable que penetra.

5ª Los cuerpos luminosos comunican al éter vibraciones rectilíneas.

6ª Un estremecimiento en un punto cualquiera del flúido se transmite en el vacío o en un cuerpo isótropo, con una misma velocidad en todas las direcciones, y llega en un mismo instante a todos los puntos de la superficie de una esfera cuyo centro es el origen del movimiento. Esta superficie es una onda que a una distancia suficientemente grande del centro de estremecimiento, puede ser considerada como plana.

7ª Que la onda sea esférica o plana, el movimiento vibratorio es perpendicular al rayo.

Dando extensión a ese hecho experimental, Huyghens formuló el principio siguiente:

“Las vibraciones del éter en un punto cualquiera del espacio pueden ser consideradas como

resultante de la reunión de los movimientos elementales que producirían aisladamente al mismo instante todas las partes de las superficies de las ondas en cualquiera de sus posiciones anteriores”.

Con el auxilio de las ocho hipótesis que se han transcrito, Fresnel logró explicar *la doble refracción, las interferencias, la difracción y la polarización*. La Aberración anual y la refracción astronómica quedaron, sin embargo, sin explicación, según vimos, y una nueva hipótesis, el arrastre parcial o deslizamiento del éter se hizo indispensable para tal efecto.

Además de esto y para sintetizar en este punto de nuestra explicación cuanto hemos dicho atrás, procurando, al mismo tiempo, refrescar ideas elementales sobre Optica general, nos valemos de las propias palabras de Garavito, en esta forma:

“La propagación de la luz obedece a las siguientes leyes:

“1ª En los medios homogéneos la luz se propaga en línea recta. Sobre este hecho, la Física experimental funda la teoría de las sombras y la de las imágenes formadas por las pequeñas aberraturas.

“2ª Cuando la luz pasa de un medio a otro, los rayos incidente y refractado están en un mismo plano normal a la superficie de separación de los dos medios, y la relación de los senos de los ángulos de incidencia y refracción es constante. Las superficies pulidas reflejan la luz como si se tratase de un choque elástico.

“Las observaciones astronómicas han puesto de manifiesto los siguientes hechos:

“3ª La luz se propaga en el espacio con una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo, próximamente.

“4ª La velocidad de la luz se compone, conforme a la Cinemática, con la velocidad de la tierra, de manera que los astros se ven en la dirección de la velocidad relativa (fenómeno de la Aberración).

“5ª La refracción astronómica, referente a la propagación relativa de la luz, es independiente del ángulo de las velocidades de la luz y de la tierra.

“Las experiencias físicas han demostrado que:

“6ª La luz se propaga con igual velocidad en todos sentidos horizontalmente en el interior de la atmósfera de la tierra (Experiencias de Michelson y Morley).

“7ª Al formar un sistema dióptrico en el interior del cual haya un líquido transparente (agua) al cual se le pueda imprimir un rápido movimiento, se observan los hechos siguientes: el rayo que desciende la corriente de agua y el rayo que la asciende, describen en el mismo tiempo espacios distintos: como si la luz fuese arrastrada parcial y no totalmente por el agua. (Experiencia de Fizeau).

“8ª La luz es una forma de la energía, puesto que ciertas radiaciones solares afectan al termómetro, otras a las placas fotográficas y a la retina.

“9ª Hay además razones muy poderosas para admitir que la luz o la energía que esa manifestación representa, se transmite de unas masas a otras, como se transmite la energía vibratoria que produce el sonido. Cuando el aire está en reposo, la velocidad del sonido es la misma en todos sentidos horizontalmente: el aire es arrastrado por la tierra en su movimiento. Las experiencias de Michelson y Morley, según las cuales la velocidad de la luz es la misma en todos sentidos horizontalmente, demuestra que el vehículo de la luz en la superficie de la tierra o dentro de la atmósfera, es arrastrado totalmente por ésta en su movimiento.

“Fresnel, después de haber elaborado la teoría de la luz, sobre la hipótesis ondulatoria de Huyghens, se encontró con hechos elementales, los que no había tenido en cuenta al principio de sus investigaciones: tales hechos son los marcados con los números 4º y 5º. Logró, no obstante, explicar el conjunto de los fenómenos 4º y 5º, mediante la hipótesis de un arrastre parcial del éter por la materia”.

Del repaso que hiciéramos de estas leyes y de la consideración de las hipótesis relativas a la teoría ondulatoria de la propagación de la luz que nos sirvieran para explicar las interferencias, la difracción, la polarización, la doble refracción, etc., fenómenos estudiados en los medios diáfanos materiales que están al alcance de nuestra experimentación directa, deduciríamos claramente que la hipótesis de la emisión necesariamente falla para explicarlos, como es inadecuada, hasta cierto punto, la teoría ondulatoria para explicar la propagación rectilínea de la luz a través del espacio *vacío* inaccesible a toda experiencia. *Por tal motivo la idea de combinar ambas teorías para satisfacer los conceptos físicos que hasta ahora tenemos de la acción a distancia, absurda a primera vista, merece, sin embargo, un análisis más detenido, de acuerdo con la interpretación mecánica que del rayo de luz nos da Garavito.*

Al analizar esta interpretación, conviniendo simplemente en que la luz es energía, y que se trata, por tanto, del transporte de energía en el espacio, debemos ocuparnos con mayor detenimiento de las consecuencias que se derivan de la hipótesis del éter en la teoría ondulatoria.

Según los físicos modernos, el término *éter* se refiere de modo general a *cierta entidad especial que llena todo el espacio, sin separación, cavidad ni vacío alguno, en forma de una realidad física omnipresente, y de la cual la materia misma es una de sus modificaciones en el universo material.*

Evidentemente, esta definición es tan vaga, tan metafísica y abstracta, que se escapa a toda concepción nuestra por los sentidos, a toda idea que hubiera estado primero en los sentidos, que son los medios de contacto entre nuestro entendimiento y el mundo externo (1).

Así, de las propiedades del éter podemos tener las ideas que nos vengan en gana, ya que ellas están por encima de todo el mundo físico. Si se trata de la densidad y de la elasticidad, por ejemplo, de este fluido misterioso imponderable, llegamos a la conclusión de la Física moderna que adopta la materialización electromagnética del átomo de Rutheford, de que en términos de propiedades materiales, la inercia del éter es del orden de la de masas de 1.000 toneladas por milímetro cúbico, siendo su elasticidad igual a su densidad multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz.

Además de esta fantástica densidad y de su elasticidad infinitamente más fantástica e inconcebible, el éter debe poseer una transparencia perfecta, no disipando energía alguna a través de su masa, pues de lo contrario las nebulosas espirales situadas a distancias enormes de nosotros, no podrían enviarnos su luz. No puede haber fricción alguna entre el éter y la materia, pues al haberla, el movimiento planetario sufriría modificaciones que ya la Mecánica celeste hubiera puesto en evidencia. En el éter no puede haber, pues, viscosidad, ni fricción fluida alguna; no hay calor, ni sonido, ni manifestación elástica alguna distinta de la que aparece en la propagación por ondas de la energía a una velocidad constante y definida, que es la velocidad de la luz, la velocidad universal.

De acuerdo, pues, con la Física moderna, y hablando en términos concretos, el éter es un fluido imponderable y continuo de una densidad infinita, de una elasticidad infinita, de una movilidad absoluta y de una tenuidad infinita, puesto que pasa a través del espacio interelectrónico que constituye el átomo, con la misma facilidad con que lo hiciera a través de los espacios interplanetarios. Además de esto es infinitamente diáfano y diatérmico, pues, transmite el calor y la luz, por radiación, sin absorción alguna en los espacios infinitos, y posee toda la energía eléctrica potencial, y la magnética, en los campos de fuerza de líneas magnéticas y eléctricas concadenadas, tal como se explica la propagación de la luz en la teoría electro-magnética de Maxwell.

Ciertamente, parece imposible que de tal fluido inmaterial y esencialmente misterioso, podamos formarnos idea física aceptable, y entonces al imaginarlo los físicos han colmado una laguna insondable en la posibilidad de nuestros conocimientos reales, con una hipótesis metafísica de

(1) Nihil est in intellectu quod primum non fuerit in sensu.

carácter teológico incompatible con los métodos experimentales de investigación usados anteriormente, en el siglo XIX, cuando la Mecánica racional tenía contacto directo con la experimentación de nuestros sentidos y, lo mismo que la Geometría, era una intuición de nuestro cerebro, influenciado secularmente por el medio, a través de las generaciones.

Por estas consideraciones, más o menos complejas, podemos aceptar sin limitaciones el concepto puramente matemático de Garavito, quien al explicar mecánicamente la propagación luminosa prescinde de toda hipótesis referente a la constitución íntima de la luz.

Valor crítico de los puntos de vista de Garavito.

Y así ha obrado este sabio profesor porque en realidad y por conclusiones negativas a que se llegó en el Congreso de Física de Roma de 1931 (1), la inmensa labor científica de los físicos de las postrimerías del siglo XIX y primer cuarto del presente, necesita una reconsideración general para ver de establecer los principios de la ciencia sobre fundamentos sólidamente indiscutibles.

A este propósito dijo Garavito:

“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. Le Verrier, 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”.

(1) M. Jean Labadié, en el número 176 de “La Science et la Vie”, correspondiente a febrero de 1932, dijo así: “Es, pues, ahora que se 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...”

“La Óptica astronómica debe establecerse desligada de las teorías hipotéticas de la Física, que no son sino teorías provisionales; ella debe fundarse sobre bases experimentales de valor incontrovertible”.

Cuáles deban ser éstas bases, nos lo está indicando Garavito, cuando en otra parte de sus escritos agrega:

“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 sí 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”.

Y esto lo ha realizado Garavito aplicando tal principio a la propagación de la luz, al aceptar el hecho de que la luz produce un empuje o impulsión en el sentido en que se propaga (1) y al deducir que la conservación del flujo de energía, antes y después de la refracción, es condi-

(1) Los físicos americanos Nicholls y Hull, en 1908, ante la Sociedad Física Americana pusieron de manifiesto, de modo satisfactorio, que las radiaciones luminosas producen un empuje o acción mecánica sensible.

ción suficiente para la existencia del índice de refracción entre dos medios.

Así él nos habla del transporte en el espacio de un estremecimiento que equivale a la energía que anima en un instante a una porción o cantidad de agente luminoso, cuando dice:

“La masa individual m no se transporta en el espacio, sino el estremecimiento que la ha activado. La intensidad de la luz varía, en efecto, en razón inversa del cuadrado de la distancia, y como la velocidad de propagación en el mismo medio es constante, resulta que habrá conservación de energía y de cantidad de movimiento a condición de conservarse constante la cantidad de masa vibrante, siempre que se considere como masa mecánica, esto es, como coeficiente de inercia. El estremecimiento se propaga en línea recta en un mismo medio, y se refleja formando ángulos iguales de incidencia y de reflexión, de manera que cumple las condiciones de mínimo espacio y mínimo tiempo, de conformidad con el principio de la menor acción”.

“Por tanto, la energía que anima, a un instante dado, a la porción de masa m , se transporta sucesivamente activando masas individualmente distintas pero iguales en cantidad, y ese transporte cumple exactamente las mismas condiciones mecánicas que cumpliría una misma masa mecánica individual m , animada de la misma velocidad, y siguiendo la misma trayectoria que el estremecimiento. Así se puede en rigor individualizar el transporte de la luz y estudiar su movimiento con las leyes de la Mecánica, cualquiera que sea la naturaleza de ese agente físico”.

Como hemos dicho, Garavito no hizo hipótesis alguna sobre la constitución de la luz, en obediencia a un impulso categórico de su criterio científico, al cual repugnaba por modo completo todo aquello que no se dedujera mediante la lógica matemática del razonamiento. Así nosotros, al sugerir una nueva hipótesis al respecto, faltamos, hasta cierto punto, a las enseñanzas del maestro; pero como se trata de una explicación sencilla y sin compromisos, que sirva para hacer sensible la idea de un flujo luminoso o de energía lumínica a lo largo de un tubo de flujo de energía —de que él nos habla en su transporte mecánico— creemos del caso insistir sobre este punto manifestando que se puede prescindir del éter como vehículo de las radiaciones de energía a través del *espacio vacío*, volviendo a la descartada hipótesis de Newton, que en realidad no desentona por completo con las últimas teorías relativas al flujo de la energía. (Teoría de Planck).

Así sucede que del cuerpo luminoso, o mejor, del cuerpo que emite energía en el espacio, proceden corpúsculos o electrones, para darle algún nombre, que se mueven con una velocidad definida en línea recta, y a los cuales, en un medio

material, se asocian ondas que se mueven juntamente con él. (Hipótesis de Broglie).

A través del *espacio vacío*, en donde no podemos efectuar experiencia alguna, estas ondas no existen: el electrón es un corpúsculo de masa mecánica m (coeficiente de inercia), que se mueve con determinada velocidad v representando así cierta cantidad de energía potencial que se transforma, mediante la presencia de un medio ponderable (conjunto de átomos de los medios diáfanos) en movimientos ondulatorios (energía cinética).

Aquí conviene recordar que el fracaso del átomo de Bohr en espectroscopia, ha conducido últimamente a la Mecánica *ondulatoria* de Broglie, la cual consiste fundamentalmente en suponer que un electrón es, en realidad, una sucesión de ondas. Un átomo en esta nueva Mecánica, a diferencia del átomo de Rutherford, consistiría en un núcleo positivo rodeado por una distribución continua de electricidad negativa que oscilara con frecuencia determinada. Así la radiación emitida se determinaría por la aceleración de la electricidad, de acuerdo con la teoría clásica electromagnética.

Pero no pretendemos entrar en consideraciones de este orden, ajenas por completo a lo que nos proponemos, sino tan sólo hacer notar que el concepto mecánico de Garavito subsiste íntegramente dentro de la nueva hipótesis, como se ve claro en los siguientes párrafos:

“Toda la actividad que anima a la materia móvil que cubre la corteza terrestre proviene del sol y nos llega bajo la forma de radiaciones solares. Los efectos mecánicos de la luz se ponen de manifiesto por medio de aparatos especiales”.

“Pero si aquello que nos llega bajo la forma de radiaciones luminosas es algo que se transforma en energía mecánica es porque realmente es energía homogenizable producto de masa mecánica por velocidad”.

“En la teoría balística la luz estaría constituida por masas animadas de velocidad; en la teoría elástica el mecanismo de la propagación consistiría en una sucesión de transformaciones de energía potencial en cinética, y recíprocamente, en la cual la masa activada avanza sucesivamente como en la teoría balística, pero con la diferencia de que no sería la misma masa individual sino masas sucesivas, como acontece en el sonido. En la teoría electromagnética la propagación se efectúa a causa de transformaciones sucesivas de la energía eléctrica en electrodinámica y recíprocamente, pero el lugar de la transformación avanza de manera continua como la masa balística o como la masa activada en la teoría elástica; pero todos estos diversos modos de considerar la luz poseen una identidad completa en lo que concierne a la propagación de la energía mecánica a través del espacio”.

La inexistencia del éter como realidad física no repugna, según lo indicamos atrás, sino desde el punto de vista metafísico de las escuelas filosóficas, pero cabe dentro de las teorías einstenianas, por las cuales al concepto newtoniano de la gravitación se sustituye esta afirmación escueta y sin compromisos ulteriores: la gravitación es una propiedad del espacio.

Suponiendo que las cosas fueran en realidad como se sugiere en este escrito, en donde se avanza tímidamente la idea de asociar la teoría balística de la luz, con la elástica o la electromagnética (teoría ondulatoria) para prescindir del éter y explicar el transporte ondulatorio a través de los medios diáfanos de realidad física experimentada, la experiencia de Michelson no serviría sino para afirmar el hecho de que el vehículo de transporte del estremecimiento ondulatorio se desaloja totalmente con la tierra en el espacio, por cuanto es la propia atmósfera de ella.

Entonces resultaría claro que la Física podría contestar victoriosamente al astrónomo Gill, diciendo: "Puede tenerse como exacta la teoría generalmente aceptada de la Aberración, por cuanto la hipótesis de la emisión tiene fuerza si se considera el espacio fuera de la atmósfera terrestre; siendo la teoría ondulatoria aplicable sólo a los medios diáfanos terrestres, en donde se verifica que la velocidad de propagación de la luz depende de la densidad del medio, y la refracción es un fenómeno que no admite discusión".

Y esto dentro de la Mecánica clásica, como lo entiende Garavito, conservando al tiempo y al espacio las cualidades absolutas que les concediera el viejo concepto newtoniano, y que nuestro sabio profesor explica de esta suerte: "La generalidad de los filósofos considera el tiempo como una idea derivada únicamente de la sucesión de los acontecimientos. Pero si meditamos 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?" "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 almacenada, como material de una mina que aprenden a explotar los que ejercitan el entendimiento".

"La Mecánica, al concebir el espacio absoluto y el tiempo absoluto, ha llegado a conclusiones que la experiencia confirma. ¿Es que los fundadores de la Mecánica crearon el espacio y el tiempo? O ¿es, más bien, que han sabido inter-

pretar correctamente las leyes que rigen el movimiento de los cuerpos?"

"No es la sola sucesión de los acontecimientos la única y principal fuente de experiencias o de hechos que han servido para modelar nuestra abstracción del tiempo. La ley de inercia ha influido aquí como influyó también en el concepto de la orientación".

"No poseemos sentidos absolutos: el medio externo influye sobre nuestra sensibilidad mediante impulsiones mecánicas, y el resultado de nuestras impresiones implica de hecho una relación entre las entidades externas. De ahí que podamos hacer depender cada una de las entidades externas de la combinación de las otras. Si poseyésemos sentidos absolutos, tendríamos cuatro unidades fundamentales en vez de tres. Carecemos de ellos, pero la gran variedad de impresiones recibidas y la enorme diversidad de circunstancias en que se reciben, hace que esas dependencias se nos presenten de manera tal que, aunque imperfectamente, nos han sugerido ideas atávicas o intuitivas sobre la existencia propia de todas y cada una de esas entidades".

"La orientación del universo en el espacio y la uniformidad absoluta del tiempo, son, en cierto modo, el resultado de la eliminación de las entidades que con ellas se relacionan en el juego incesante de las percepciones del medio externo. Es a la ley de inercia a la que debemos esos conceptos; y esta ley no es, por otra parte, otra cosa que la conservación del movimiento".

Por lo expuesto hasta aquí habremos de deducir que la tarea de Garavito en el campo de la Óptica astronómica ha sido esencialmente conservadora y destinada a salvar viejos principios, de acuerdo con la experiencia secular. Estos principios se han visto ahora arrollados por la avalancha demoledora que las hipótesis físicas ensayadas en sucesiva y rápida evolución, han desatado sobre la sólida estructura mental de la Geometría de Euclides y la Mecánica de Newton.

Tales hipótesis se van pesando y al hallarse fallidas para explicar nuevos hechos, necesariamente se reemplazan por otras, llegándose así al estado reconocido por el Congreso de Física de Roma, de 1931, en donde se indicó, por algunos, la conveniencia de reconstruir el complicado edificio elevado por los físicos de fines del siglo XIX y primer cuarto del siglo XX, levantándolo de nuevo desde sus cimientos.

Esta labor es la que previó el genio de Garavito como necesaria e indispensable, pues él pudo demostrar que hechos aparentemente en contradicción, en el dominio de la Óptica, fácilmente pónense de acuerdo, explicándolos dentro de la Mecánica clásica y de acuerdo con la vieja Geometría euclidiana, sin necesidad de echar por tierra esos dos pilares milenarios sobre que ha descansado hasta ahora la razón humana: el Tiempo y el Espacio.