

ACADEMIA ESPAÑOLA

EVOLUCION DE LOS CONCEPTOS
FISICOS Y LENGUAJE

POR

D. BLAS CABRERA Y FELIPE

DISCURSO LEÍDO POR EL AUTOR EN EL
ACTO DE SU RECEPCIÓN ACADÉMICA
EL DÍA 26 DE ENERO DE 1936

CONTESTACIÓN DE

D. IGNACIO BOLIVAR Y URRUTIA



MADRID
C. BERMEJO, IMPRESOR
Stna. Trinidad, 7. - Teléfono 31199
1936



ACADEMIA ESPAÑOLA

EVOLUCION DE LOS CONCEPTOS
FISICOS Y LENGUAJE

POR

D. BLAS CABRERA Y FELIPE

DISCURSO LEÍDO POR EL AUTOR EN EL
ACTO DE SU RECEPCIÓN ACADÉMICA
EL DÍA 26 DE ENERO DE 1936

CONTESTACIÓN DE

D. IGNACIO BOLIVAR Y URRUTIA



MADRID
C. BERMEJO, IMPRESOR
Sana. Trinidad, 7. - Teléfono 31199
1936

UNIVERSIDAD DE LA PATAGONIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS Y LETRAS

CONSEJO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

1980

CONSEJO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

CONSEJO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

CONSEJO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



CONSEJO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

DISCURSO
DE
D. BLAS CABRERA Y FELIPE

SEÑORES ACADÉMICOS:

Ni siquiera a solas con mi conciencia, libre de la barrera que el temor a los juicios de la opinión impone a los afanes por la propia exaltación, soñé jamás con llamar a vuestra puerta. Vuestra es, por tanto, la responsabilidad de encontrarme en este lugar y atiendo al llamamiento porque negarme sería muestra de soberbia injustificable. Si me considero sin méritos para colaborar en vuestras tareas, tampoco puedo permitirme discutir la designación. De sobra conocéis lo que puede convenir al buen éxito de esta Academia que procura el perfeccionamiento de la lengua española, enriqueciéndola como instrumento de expresión de las ideas. Puesto que me habéis llamado es que algo esperáis de mi colaboración. Contad con mi firme voluntad de corresponder a vuestra distinción con la máxima eficacia de que sea capaz. Es la única forma de saldar mi deuda con esta casa.

Además vuestro llamamiento para suceder a don Santiago Ramón y Cajal llena mi espíritu de intensa emoción porque a él debo cuanto soy o pueda significar en el porvenir, pues su impulso y ayuda enderezó la actividad de mi inteligencia por la senda de la investigación científica. Y no pretendo con esto haber merecido

de su parte una atención singular. Cuantos terminamos los estudios universitarios en los últimos años del pasado siglo y comienzos del actual pudimos oír su cálida admonición con el señalamiento de nuestros deberes para levantar el prestigio de España. Mucho significó su magna obra científica para el mejoramiento de la concepción de nuestra patria, pero no es inferior el mérito de haber iniciado el movimiento científico que, poco a poco, pero con paso seguro, nos va acercando a la posición que tenemos el deber de ocupar en el concierto de los pueblos cultos.

Ramón y Cajal tuvo el genio necesario para abrir una nueva época en la historia de la cultura española. Cuando los hombres de mi generación volvemos la vista a nuestra época de estudiantes, en los últimos años del pasado siglo, rememorando lo que eran por aquellos días nuestros centros superiores de cultura, y los comparamos con su vida actual, el cambio es tan radical que no es posible interpretarlo como el resultado de una evolución normal, sino que tiene todas las características de un salto que ha elevado el nivel cultural a un plano muy superior al de aquella época.

Por entonces, los estudiantes de cualquier capítulo de la ciencia hallaban muy difícilmente un nombre español en la literatura científica. Esta marcada ausencia de nuestra colaboración en el progreso científico fué tema de abundante discusión entre los que la consideraban prueba irrefutable de la incapacidad orgánica de la raza para estos menesteres y aquellos otros que, por sobrevalorar las escasas contribuciones de nuestros compatriotas, atribuían el poco aprecio que en general merecían, a una enemiga que sólo existió en la imaginación de quienes la pregonaban.

Fué en estos momentos cuando Ramón y Cajal leyó su discurso de ingreso en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (diciembre de 1897), más tarde transformado en el libro "Reglas y consejos para las investigaciones biológicas". Cajal atribuía nuestra pobreza científica a la falta de voluntad para el trabajo de investigación y aspiraba a corregir esta abulia por una acción directa sobre la juventud. A ello tendía la obra citada; pero además su predicación era incesante cerca de cuantos tuvimos la suerte de recibir su influencia directa, bien como discípulos en la disciplina que fué su especialidad, o como meros contertulios de la mesa del café Suizo donde casi a diario nos estimulaba para colaborar eficazmente en la elaboración de la ciencia, haciéndonos sentir la responsabilidad en que incurriamos como españoles al olvidar que los pueblos que se limitan a usufructuar de los beneficios que de ella derivan, sin contribuir a su gestación, se hallan expuestos a convertirse en meras colonias de los más activos.

Para muchos, y en particular para mí, esta acción tuvo al menos la virtud de neutralizar el ambiente de escasa simpatía que envolvía a cuantos soñaban contribuir al progreso científico. Los frecuentes fracasos en el intento de resolver algún problema concreto eran recibidos con una sonrisa que hería al amor propio más vivamente que una crítica franca. Con los cuidados que de ordinario se emplean para transmitir una mala noticia se nos señalaban las condiciones excepcionales que se suponía adornan al investigador y que de modo implícito se nos negaban. Conscientemente o no, la mayoría del profesorado universitario, tenía una pobrísima idea de la capacidad española y consideraba verdadero sacri-

legio cualquier intento de comparación con el profesorado de otros países.

Y como era natural, para quienes improvisábamos en la técnica no fácil de escrutar los secretos de las leyes naturales, la frecuencia del fracaso parecía justificar la actitud de quienes se abstenían de toda actuación en tal sentido. Por esto, tuvo importancia decisiva el apoyo moral que recibimos de Cajal. Felizmente la transformación producida en España desde los primeros años del siglo actual, probablemente a consecuencia de nuestra derrota en la guerra que liquidó el imperio colonial, convirtió aquel apoyo moral en algo más positivo, pues puso en las manos del sabio maestro el maravilloso instrumento que ha sido la Junta para Ampliación de estudios, cuya presidencia ocupó desde el día de su creación hasta que la muerte cortó el hilo de su vida. No creo que haya otro capítulo en los presupuestos del Estado cuyo rendimiento para el progreso de España sea comparable al obtenido por esta benemérita institución. Acaso para un espíritu estrecho de tenedor de libros esta afirmación pueda parecer desatinada. La pobre consignación que los Gobiernos han puesto a su disposición no se halla compensada por ninguna partida en los ingresos. Pero la Junta ha elevado de tal modo el prestigio científico de nuestro país que nadie es hoy capaz de adoptar las posiciones que eran bien corrientes en la fecha que recordaba hace un instante.

Conviene poner un poco en evidencia la razón de la eficacia de esta actuación. Sería absurdo ignorar que en todo tiempo han existido compatriotas nuestros conocedores de la ciencia de su época; pero no sería menos erróneo pretender que de ello debiera deducirse

una colaboración eficaz en la elaboración del saber, de que no existe muestra apreciable. El secreto de esta aparente anomalía estriba en que el libro y aún la monografía escrita para exponer al detalle las peripecias de una investigación son realmente obras muertas. Cuantos tienen el hábito de la investigación saben que no basta la lectura de las memorias originales por detallada y cuidadosa que sea su redacción, para adquirir la técnica indispensable en éste, como en todo trabajo. En la exposición que cada investigador hace de su obra se encuentra seguramente la referencia exacta del aspecto del problema que le ha preocupado, pero existen circunstancias que el autor silencia por considerarlos de menor interés, o de notoriedad que hace innecesario subrayarlas, y aún algunas que acaso pasaron inadvertidas. Y sin embargo, pueden ser notas esenciales para quienes buscan guía o inspiración para su trabajo. Sólo el comercio directo con el maestro es modo seguro para educar al investigador que no posea condiciones geniales. Por esto fué tan eficaz para muchos jóvenes la pensión que les otorgó la Junta para Ampliación de Estudios para acudir a los centros científicos de vida intensa, donde pronto lograron prestigio estimable, frecuentemente justificado por la continuación de una labor eficaz al retornar a nuestra patria.

El mérito de la iniciación de esta obra corresponde al Conde de Romanones, segundo Ministro de Instrucción Pública, pero fué unos años más tarde cuando otro Ministro del mismo departamento, D. Amalio Jimeno, la organizó en forma eficaz entregando la administración de las cantidades que el Gobierno dedicó a este servicio a la benemérita Junta para Ampliación de Estudios. Un cuarto de siglo de actuación suministra

ya elementos de juicio suficientes para valorar su eficacia como instrumento de transformación de nuestra vida científica. Para enjuiciar la obra de la Junta conviene subrayar lo exiguo de los créditos que se pusieron en sus manos. Ello obligó a reducir la cuantía y número de las pensiones en forma que impedía frecuentemente el acceso a ella de no escaso número de aspirantes. Por otra parte dificultó esta obra la guerra europea que creó situaciones poco favorables para el trabajo científico, no sólo en la época de la actividad bélica propiamente dicha, sino en los años siguientes.

A pesar de todo, el beneficio logrado para nuestra actividad científica no puede ser negado por quienes seriamente y sin prejuicios consideren lo que fueron y lo que son nuestras Universidades. Sobre todo, el grupo de las ciencias físicas es particularmente adecuado para valorar la eficacia de la actuación de la Junta comparando nuestra ausencia casi absoluta en su historia anterior al siglo actual, con la producción de estos días. Para ofrecer una imagen eficiente del pasado y el presente de la Física española yo traigo a la memoria de aquéllos entre vosotros que lo conocieron el barracón levantado en el patio del viejo convento de la Trinidad, sede del Ministerio de Fomento, donde se alojaba el único laboratorio de Física de que disponía la Universidad Central. Mi generación fué la última que disfrutó de aquel humilde cobertizo y esta circunstancia nos permite medir todo el progreso que representa la posesión del Instituto, con magníficas instalaciones, que donó a España el International Education Board de Rockefeller Junior. Tal donación fué el premio otorgado a una obra en que han participado, ciertamente con funciones muy diversas, desde la Junta para Am-

pliación de Estudios hasta el último de los colaboradores que frecuentó el Laboratorio de Investigaciones Físicas del Hipódromo. Los azares de la suerte han hecho que sirva de enlace entre aquel pasado y este presente y por ello me ha tocado la mejor parte en el beneficio, pero el mérito se reparte por igual.

La falta radical de tradición española en las Ciencias físicas se explica recordando que su nacimiento ocurrió justo en el momento en que nuestras energías habían sido agotadas por la intensa vida de los primeros siglos de la edad moderna. Además la trayectoria histórica de España en esta época aisló a nuestros estudiantes del comercio general de las ideas en Europa. Debíó influir marcadamente en este aislamiento la pragmática de 22 de noviembre de 1550 firmada por Felipe II prohibiendo salir de nuestro país para seguir las enseñanzas de Universidades extranjeras. Con ello nuestros futuros físicos y químicos tuvieron limitadas las posibilidades de educación a la lectura de las obras magistrales, con la dificultad señalada arriba. La consecuencia fué la falta de la colaboración española en el desarrollo de la Física, con la consiguiente depresión de cultura.

La justificación de la importancia que atribuimos a la falta de contacto de nuestros estudiantes con aquellos lugares donde se desarrollaban los nuevos métodos de investigación científica, la suministra el triste cuadro que ofrecían nuestras Universidades, donde se ignoró durante siglos el método experimental. El testimonio de los críticos de su vida en el siglo XVIII permite apreciar el lastimoso estado en que se hallaba en nuestra patria el cultivo de la Física, que ya en esta época

conocía en varios de sus capítulos una perfección comparable a la actual.

Tales críticas dieron un fruto positivo en los últimos años de aquel siglo. La predicación de algunos hombres inteligentes que tuvieron ocasión de apreciar directamente los frutos obtenidos por la ciencia que no había encontrado acogida aún en nuestras Universidades, logró despertar el interés de grupos selectos que se apresuraron a facilitar la salida de unos cuantos jóvenes estudiosos y simultáneamente la creación de unos pocos laboratorios incipientes y de cátedras especiales regentadas por maestros probados en las ciencias físicas, siempre fuera de las Universidades oficiales. Aquel movimiento que honra a los directores de la vida española de la época de Carlos III se acredita en la historia de nuestra cultura por los nombres de un corto número de cultivadores de gran saber que dejaron claro rastro de su ciencia y que olvidados durante un siglo en nuestra patria comienzan a ser objeto de serios estudios. Pueden señalarse el discurso reciente de Moles, escrito para su ingreso en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y el libro de Gálvez Cañero sobre D. Fausto de Elhuyar. Desgraciadamente este movimiento de incorporación a la vida científica europea no pudo adquirir pleno desarrollo ganando a las viejas Universidades de nuestro país, incorporación que hubiese sido el símbolo de la plena victoria de la revolución de nuestra cultura. Como tantas otras veces la guerra se interpuso en el camino de la civilización. Empezó con la forma santa de una lucha por la independencia contra la invasión de los ejércitos napoleónicos, pero se continuó por una serie de guerras civiles fratricidas que consumieron todas las energías de un siglo y engen-

draron sentimientos de odio e intransigencia que acaso hayan sobrevivido a sus progenitores.

Es necesario llegar a los primeros años del siglo actual para que se reemprendiera el camino iniciado por los coetáneos de Carlos III, precisamente gracias a la obra que comenzaron los hombres beneméritos que presidió Cajal. Pertenezco yo a la última generación que se encontró huérfana de una tradición que le orientara por camino real en los años más difíciles para las grandes resoluciones que pueden guiar toda una vida y por ello mismo expuesta a la pérdida de las ventajas que por compensación se ofrecen a la actividad por la frescura imaginativa que sugiere métodos ricos en frutos para la propia labor. Por mi suerte, como ya señalé, tuve en cambio las ventajas derivadas de la acción directa de Ramón y Cajal.

Quizá parezca un poco artificiosa esta afirmación teniendo en cuenta que soy físico, mientras Cajal era biólogo. Pero aparte del carácter general de las predicciones del sabio maestro destinadas a levantar la moral de los investigadores de cualquier especie, Cajal no era extraño a la ciencia que absorbe mi actividad intelectual. Sentía por ella un entusiasmo sincero, apreciaba con toda justeza todo su interés y las dificultades que han de vencer sus cultivadores. Por ello sus consejos y excitaciones eran siempre optimistas y abrían los horizontes de la esperanza.

Además él mismo abordó algún problema estrictamente físico aplicando con éxito innegable los métodos propios de la ciencia histológica.

Natural consecuencia del entusiasmo de Cajal por el dibujo y de su gusto y opinión favorable a buscar la más perfecta reproducción del modelo, limitando la

libertad del vuelo de la imaginación del artista, fué su afición por la fotografía, a cuyo estudio y práctica dedicó atención y tiempo que han rendido importantes resultados para la ciencia. Me limitaré a señalar sus trabajos sobre la fotografía de los colores que constituyen el núcleo interesante del libro "Fotografía de los colores. Bases científicas y reglas prácticas", donde se hace un estudio completo del estado de este problema en la fecha de su publicación (1912). En él va contenida una exposición elemental de sus interesantes trabajos sobre la estructura de las placas impresionadas por el método interferencial de Lippmann, que resolvieron algún problema muy discutido, como el modo de obtención del blanco. Como ya indicamos antes, este resultado se obtuvo mediante la aplicación del microscopio al examen de las placas fotográficas.

Otro caso igualmente interesante recuerdo oírle contar a nuestro inolvidable amigo en la hora diaria dedicada en la tertulia del Suizo a ponerse en contacto con el mundo social, más tarde recogido también en sus "Recuerdos de mi vida". Cajal fué de los captados por el entusiasmo fonográfico en la época en que este invento americano se propaló por el mundo. Pero claro es que su entusiasmo había de tener características diferentes que en los restantes aficionados. No se podía contentar con lamentar los defectos que aun poseía el maravilloso reproductor de la voz humana. Indagó con éxito el origen de dichos defectos mediante el análisis microscópico y comprendió con certera intuición que la deformación de los sonidos intensos era la consecuencia de la distribución desigual de la resistencia ofrecida por la cera al punzón inscriptor de movimiento vertical. Sustituyendo este método de registro de las vibraciones

por una inscripción superficial lograda haciendo que el punzón vibrase paralelamente a la lámina de cera, podía evitarse el defecto. La idea era justa y el mejoramiento esencial que el gramófono había de presentar sobre el fonógrafo. Pero su realización práctica exigía un ejecutor hábil y al mismo tiempo en condiciones de completar los detalles técnicos de ejecución que escapaban a la preparación de D. Santiago. En ello no tuvo éxito, aunque un tosco modelo de su idea le consintió cerciorarse de la eficacia de su procedimiento. Tuvo que conformarse con ello y años después, en su visita a los Estados Unidos, con ocasión del centenario de la Universidad de Clark, pudo admirar los primeros modelos del gramófono que realizaban su misma idea, claro que complementada con aquello que no le supieron dar los técnicos a quienes tuvo que acudir en nuestra patria.

Reconozco que estos episodios tienen escaso valor frente a la obra que ha dado relieve a la figura científica de Cajal, pero habéis de perdonarme que yo les dé un realce acaso exagerado, pero en proporción con la influencia que ejercieron en mí. Ya os he dicho que es su consejo y estímulo el origen de cuanto yo he producido científicamente. En aquella época en que de mi entorno sólo recibía indicaciones que aludían a las condiciones excepcionales que han de adornar a los investigadores, D. Santiago se esforzaba para convencerme de que cuanto él había realizado era fruto de una voluntad firme. Claro que nunca di crédito a tales afirmaciones y en todo momento conservé el culto y la veneración que inspiraba su genio científico, pero fué al contemplar aquellos productos interesantes obtenidos fuera de los dominios de su especialidad cuando yo abrigué la esperanza de alcanzar resultados equivalentes con to-

das mis facultades puestas al servicio de un problema. Con toda sinceridad os digo que la valoración de mi obra no la pongo por encima de esta aspiración que entonces tuve, sino por la masa de los materiales acumulados y esto sí que es el producto puro del tesón en la labor que alguna vez puede sustituir al genio creador.

* * *

Acaso penséis que no es congruente mi declaración de insuficiencia para llenar un hueco en esta casa, sobre todo si vengo a ocupar el sillón que honró un escritor astro de primera magnitud en nuestra literatura como D. Juan Valera con la inmediata aceptación del puesto con que me habéis honrado desproporcionadamente. Os confieso que siento vergüenza por mi determinación que contrasta con la modestia de su inmediato sucesor don Santiago Ramón y Cajal, en cuya desobediencia de los preceptos reglamentarios de esta casa influyó mucho el respeto que sentía por la obra literaria de Valera.

Me interesa que no quede en vosotros la más ligera sospecha de insinceridad de sentimientos, precaución elemental en quien aspira al respeto y estimación de sus conciudadanos. Si estoy aquí, es para libramme un poco de la responsabilidad que atribuyo a mis antecesores españoles en el cultivo de las ciencias físicas por la situación en que nos encontramos los jóvenes de mi generación que sentíamos el culto por esta rama del saber y la aspiración de honrar a la patria dedicando nuestro esfuerzo a la investigación de la verdad en su dominio.

Porque, señores Académicos, aquella situación, allá en los últimos años del siglo XIX y los albores del XX, era tal que los amantes de las ciencias físicas nos vimos forzados a descuidar la lengua materna en términos ta-

les que casi llegamos a desconocerla. La simple información del estado de estos conocimientos era necesario adquirirla en lengua extranjera, pues ni siquiera disponíamos de las buenas traducciones españolas de obras fundamentales que hoy abundan, apesar de que en último término los libros de texto nacionales que se nos ofrecían con honores de libros originales eran, las más de las veces, malas adaptaciones de segunda mano.

¡Y si al menos se nos hubiese colocado en condiciones de utilizar idiomas extranjeros! La única lengua contenida en el cuadro de la enseñanza secundaria era el francés, pero enseñado en forma tal que no creo puedan aducirse muchos ejemplos de buenos estudiantes que hayan salido del Instituto capacitados para utilizarle en la expresión de las ideas más simples. La máxima ventaja obtenida con los dos años cursados de esta lengua era la posibilidad de mal leer obras didácticas de léxico reducido. Pero sin la posesión franca de las lenguas sabias en que la ciencia se hacía y divulgaba, la información indispensable para quien aspirase a colaborar en ella seriamente suponía un esfuerzo titánico y un tiempo que impedía toda posibilidad de lectura de las obras maestras de nuestra literatura. De otra parte, la versión en lengua materna de las ideas ya captadas planteaba problemas casi insolubles para quienes a la par carecíamos de conceptos *suficientemente claros* y de dominio del espíritu del idioma a que habíamos vuelto la espalda.

Es la lengua producto de la cultura toda de los pueblos que la hablaron, pues en ella va quedando el sedimento de la vida intelectual de las generaciones pasadas. Los diversos órdenes de ideas influyen en la medida de su intervención en la vida ordinaria. Es, por tanto, lógico que

la literatura y las artes en general ocupen el primer rango por la importancia principalísima que en estos aspectos de la actividad intelectual tiene la vida interna del espíritu humano, pero sería error fundamental desconocer la contribución de las ciencias en la formación del arsenal de medios de expresión, para los sentimientos e ideas elaborados por la inteligencia. Téngase presente que en cuanto el hombre se sintió espectador de la naturaleza aspiró a interpretarla y comprenderla, utilizando las ventajas que de este conocimiento pudo deducir para mejorar su condición vital. De este modo nacen los diversos capítulos de la ciencia cuyas aportaciones al patrimonio cultural contenido en el lenguaje son proporcionadas a la participación en que sus problemas afectan a los intereses y gustos de la humanidad, pues el lenguaje se constituye a impulsos de la necesidad de comunicar las ideas que reflejan las preocupaciones individuales.

En primer término, las diversas técnicas que el hombre ha ido creando para auxiliarse en la satisfacción de sus necesidades físicas exigen la introducción de palabras para designar los nuevos artificios, cualidades o modos de actuar. La celeridad de su evolución durante el siglo último ha creado un problema de cierta trascendencia que ha obligado a atender con esmero a la selección de los términos adecuados. Y así en vez de dejar libre al genio del lenguaje se crean comisiones internacionales de especialistas que determina el vocabulario. Como es lógico en ellas tienen la hegemonía los pueblos que han contribuido más intensamente al progreso técnico. Quienes se limitan a utilizar sus ventajas suelen cargar el idioma nacional de barbarismos innecesarios y excesivos sin ninguna atención al espíritu de aquél,

que en ocasiones podría respetarse con sólo seleccionar convenientemente el origen del vocablo aceptado, y aun a veces se olvidan palabras bien castizas cuya significación cuadra exactamente con la idea que se quiere representar. Decimos barbarismos excesivos porque estamos muy lejos de intransigencias en este orden. En el mundo científico y en el industrial, sin distinción de razas, es frecuente aceptar un término extranjero para la designación de un fenómeno o de una de sus cualidades características, prescindiendo de palabras del propio idioma que designan exactamente la misma idea. Es ello un tributo pagado a los autores del descubrimiento y por consecuencia un poco excepcional.

El caso que criticamos es la invasión en masa del vocabulario de una técnica que es consecuencia del usufructo de sus ventajas materiales sin contribuir a su progreso. Claro que entendemos por colaboración en el progreso técnico sólo aportaciones que mejoran la industria de manera esencial, y no la mera aplicación de patentes extranjeras, aunque se realicen en centros productores de importancia. Un cierre de fronteras, de aquellos bien frecuentes en la Europa de la gran guerra, cortaría la corriente fertilizante que es para su funcionamiento el consejo de los hombres que han creado o modificado esencialmente los procedimientos industriales. La garantía de la continuidad e independencia de la vida industrial exige que se disponga de directores de capacidad técnica suficiente para renovar los métodos. En la industria como en las demás actividades humanas lo esencial son las ideas, cuya realización se encomienda a los organismos sociales adecuados para darles efectividad.

Las exigencias idiomáticas de la ciencia pura son

más importantes que las procedentes de la vida industrial, porque se refiere a concepciones muy fundamentales que requieren un modo de expresión adecuado para transmitir las fielmente. Concretando más puede afirmarse que las Ciencias físicas ocupan el primer rango como promotores de la cultura moderna. Así se comprende el daño que ha sido para el idioma español nuestro alejamiento del comercio intelectual en la época precisa en que nacieron y se constituyeron aquellos capítulos fundamentales del saber. Fueron entonces indispensables no pocos retoques de la lengua vulgar, que ciertamente no se prestaba para las nuevas preocupaciones. No sólo faltaron nombres adecuados para la designación de objetos reales o conceptos que no cabían en los moldes hechos; fué también necesario precisar relaciones que exigen flexibilidad y justeza del lenguaje utilizado en su exposición.

Recordemos que la Física se constituyó cuando Newton obtuvo la descripción precisa de los movimientos planetarios desarrollando lógicamente sus postulados dinámicos. Pero éstos no se le ofrecieron como una revelación milagrosa, cual podría presumirse dando crédito a la vieja tradición de la caída de la manzana. Aceptarlo sería falsear la historia con desprecio imperdonable de las obras igualmente geniales de Galileo y Keplero. El análisis que el primero hizo de la teoría del movimiento le llevó a denunciar los errores fundamentales de la Física aristotélica, descubriendo que el efecto de la pesantez en la caída de los cuerpos se mide por la aceleración y no por la velocidad, afirmación que Newton generalizó a toda clase de fuerzas al formular el segundo de los postulados de la Mecánica. Los experi-

mentos de Galileo respecto de la caída de los graves y el movimiento pendular, repetidos por Newton con mayor precisión, reunieron el material resumido en aquellos postulados, base de su construcción lógica.

De otra parte, el trabajo de interpretación realizado por Keplero sobre el conjunto de las observaciones planetarias de su maestro Tycho-Brahe y las suyas propias, le permitió una descripción sencilla de las órbitas de los planetas fijando los datos indispensables para determinar sus respectivos movimientos. Este material inestimable permitió a Newton construir su maravillosa teoría de la gravitación, aceptando provisionalmente la atracción inversa del cuadrado de la distancia. Un día tras otro la observación astronómica, que por muchos años ha sido modelo único de precisión, fué acumulando pruebas al parecer irrefutables de la ciencia newtoniana y se llegó hasta olvidar la prudente reserva de su autor respecto de la realidad de la mencionada fuerza. Tampoco es extraño que sirviese de modelo a los otros capítulos de la Física, cuyo valor epistemológico se medía por la perfección con que se adaptaba al patrón. Reducida a sus líneas más esenciales, la construcción de una teoría que aspirase a merecer el crédito de que gozaba la newtoniana había de apoyarse en el conocimiento de los hechos empíricos que un análisis atento reduce a un corto número de leyes aceptadas como postulados fundamentales, de los cuales se deduce por el razonamiento matemático la descripción circunstanciada de la realidad externa.

Así se han construido los diversos capítulos de la Física clásica. Citemos primero la Dinámica analítica, digno coronamiento de la Mecánica de Newton, y la Termodinámica, acaso la más perfecta expresión del

pensamiento filosófico que presidió todo el brillante período inaugurado por el genial profesor de Cambridge y abierto hasta los primeros años del siglo actual. Su nota característica es no utilizar otros entes que aquellos al alcance directo de la observación, realizada con la minuciosidad y perfección obtenidas por la técnica experimental de nuestros días. Sus resultados se traducen por magnitudes específicas de naturaleza claramente definida a las cuales se aplica el cálculo matemático.

Otro ejemplo igualmente interesante es la teoría del campo electromagnético, cuyos primeros pasos fueron orientados hacia la explicación de los experimentos de Coulomb, Oersted y Ampère, cristalizando en la obra de Poisson sobre los campos estáticos, traslación a este orden de fenómenos de la teoría de la gravitación con retoques a que obligaban algunas de sus condiciones específicas. Los fenómenos de inducción descubiertos por Faraday no cabían en este cuadro porque en ellos es esencial la rapidez de cambio de la intensidad del campo, pero Maxwell logra construir una teoría completa, fiel a los principios filosóficos establecidos por Newton. Sus postulados resumen el conjunto de leyes indispensables para precisar el sentido de las diferentes magnitudes que determinan los campos y las relaciones entre ellas. Van contenidos en el llamado grupo de ecuaciones de Maxwell, obtenidas generalizando las leyes empíricas más inmediatas de modo que consientan la interpretación lógica del conjunto de fenómenos estudiados.

El éxito de la teoría formulada por Maxwell no se contrajo a la interpretación racional del electromagnetismo que le suministró sus elementos constructivos. Fué

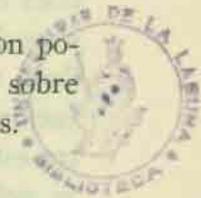
mucho más. Incluir en el cuadro de estos fenómenos el importante grupo de los luminosos que hasta entonces había parecido esencialmente heterogéneo con ellos, pese a los esfuerzos hechos por el propio Faraday para descubrir relaciones sugeridas por ciertas influencias del campo magnético sobre la propagación de la luz.

Maxwell descubrió el modo de engendrar eléctricamente una onda luminosa, aunque la técnica experimental necesitó esperar hasta Hertz para realizarlo concretamente. Esta luz artificial es la que hoy sirve de vehículo al pensamiento en la radio difusión; pero antes de que tal perfeccionamiento de la técnica consintiera una confirmación completa de las deducciones teóricas inmediatas, el propio Maxwell pudo hallar la interpretación de cuantos fenómenos integran el vasto capítulo de la Óptica.

Tales eran los títulos que la Física de Newton podía ofrecer a la consideración de quien meditaba sobre ella allá en los primeros años del siglo que vivimos.

* * *

Fiel la ciencia al espíritu infundido por Newton habrá de someterse a las sentencias inapelables de la experiencia. Una contradicción manifiesta de los fenómenos observados con las predicciones teóricas no podrá resolverse sino retocando aquellos postulados que erróneamente se creyeron reflejo exacto de la realidad. Ni un solo hombre de ciencia ha podido nunca negar la justificación de este modo de proceder, pero es muy otra cosa apreciar hasta dónde es indispensable su aplicación concreta a cada caso. En tal momento surgen dudas respecto a la valoración de los hechos que parecen exigir la renuncia a ideas que han arraigado profunda-



mente en nuestro pensamiento, hasta el punto de atribuir carácter axiomático a proposiciones que son mera interpretación de los fenómenos observados.

La historia de la teoría de la Física en el primer tercio del siglo actual nos ofrece un claro ejemplo de estas situaciones complejas en la evolución del conocimiento. Me refiero concretamente a los episodios que han matizado los días y hasta las horas del nacimiento de la concepción relativista de Einstein. En las últimas decenas del siglo precedente Michelson, desarrollando la teoría ondulatoria de la luz que un siglo de trabajos experimentales había asentado en las bases más firmes, vió la posibilidad de medir la velocidad absoluta de la Tierra a través del espacio. Tal posibilidad significaba una flagrante contradicción con los principios fundamentales de la propia mecánica de Newton, que afirman la imposibilidad de alcanzar un conocimiento más detallado del movimiento que el representado por la aceleración. La medida directa de las fuerzas nos suministra esta característica absoluta del movimiento, en tanto la velocidad no se puede conocer sino respecto a un sistema de referencia que se juzga en reposo. Para salvar dicha contradicción se identificaba la velocidad que hemos llamado absoluta con la celeridad del movimiento relativo al éter, medio universal hipotético definido como sujeto del verbo vibrar u ondular en el fenómeno de la luz. Ciertó que se evitaba la dificultad, pero la noción del éter es un caso notorio de tautología. No tenemos una noticia evidente de su existencia; lo creamos para conservar las ideas que en nuestra inteligencia han ido sedimentándose como detritus de las interpretaciones de la realidad. El éter no es más ni menos que el sistema de referencia que nos consiente hablar

sin escándalo del movimiento absoluto de un observador en el espacio. Poco tiempo antes de los días en que Einstein rectificó el rumbo de la ciencia, J. J. Thomson formulaba, del modo más preciso que yo conozco, la pretendida prueba de la existencia del éter, apoyándose en la validez hipotética de los principios que en Dinámica se llaman de conservación de la energía y de la cantidad de movimiento.

En un instante definido ocurre en los cielos ese interesante fenómeno que se llama *una estrella nueva*: Un astro de escasa o nula visibilidad pasa bruscamente a estrella brillante, a veces de magnitud superior a los mayores luminares que conocemos en los cielos. Se trata de un cataclismo ocurrido en dicho astro por el cual se libera una enorme cantidad de energía, lanzada al espacio con la velocidad de la luz, pero que permanece sin manifestación ostensible hasta que más o menos tarde, a veces muchos años y aún siglos después, es recogida por nuestra retina o sobre una placa fotográfica. Si postulamos la conservación de la energía y reducimos la luz a una *ondulación*, necesitamos un medio que llene el espacio entre la estrella nueva y nosotros, y para este fin y sólo para él creamos el éter. No tiene esta justificación mayor ni menor valor que considerarlo como sistema de referencia para evitarnos hablar de la velocidad absoluta.

Pero esta manera sencilla de salvar la dificultad se desacreditó, como antes decía, cuando Michelson fracasó en la aplicación de su procedimiento para denunciar la repetida velocidad respecto del éter, no obstante deducirse con todo rigor lógico de los postulados aceptados por Newton. La inercia mental, de que no podemos quejarnos porque es la defensa natural del cono-

cimiento contra todo impresionismo un poco novelero, llevó a buscar causas de error en el método experimental capaces de explicar el fracaso, tanto mediante el análisis del planteamiento del problema como por la repetición frecuente y variada de los experimentos dirigidos al mismo fin. Y así Michelson con Morley, primero y después Morley con Miller y aun Miller, R. J. Kennedy, A. Picard y E. Stahel, Michelson con Pease y Pearson, han repetido con insistencia y creciente sensibilidad de los aparatos utilizados el experimento en cuestión. Y de otro lado Trouton y Noble pusieron a contribución otros métodos diferentes en la forma pero que conducían siempre al mismo resultado: Imposibilidad de conocer la velocidad absoluta o con relación al éter universal, que en último término, insisto sobre ello, era conservar su pristino valor al principio del movimiento relativo de la Mecánica de Newton.

Conviene a mi objeto, más de lo que importa al interés técnico, poner de relieve que sólo una vez los resultados experimentales denunciaron una parcial coincidencia con el objeto previsto. Ello ha ocurrido en los experimentos realizados por Miller entre 1921 y 1926. Su propia interpretación afirma la existencia de un movimiento del sistema solar hacia un cierto apex próximo al polo Sur de la eclíptica, con velocidad más de diez veces la de traslación de la Tierra en su órbita, que compuesta con ella suministra la resultante que se aprecia en los experimentos. Apesar de esta importancia ningún otro observador, ni siquiera los que han operado por el mismo método, han podido percibirlo.

Las críticas adversas a las ideas de Einstein se hallaban ya muy debilitadas porque toda inercia se opone sólo a los cambios bruscos de celeridad. El resultado

despertó el entusiasmo defensivo de las antiguas ideas que le valoraron muy alto, estimándolo como su justificación inmediata, no obstante demostrar en realidad su insuficiencia. Yo recuerdo a este propósito que en una reunión de la Unión Internacional de Física pura y aplicada, celebrada en Bruselas en el mes de julio de 1925, a raíz de la publicación de las primeras noticias del experimento en cuestión, Lorentz me declaraba comentando el momento, que recibiría con alegría la confirmación definitiva de los resultados de Miller puesto que significaban la vuelta al pensamiento clásico.

Pero no ha sido así. Al año siguiente se celebró en Pasadena, bajo los auspicios del Instituto Tecnológico de California una conferencia a la que asistieron Einstein, Michelson, Miller y el propio Lorentz, entre otros, y donde se discutió a fondo el problema planteado. Todos convinieron en el interés de los experimentos y la realidad del fenómeno, pero también en la imposibilidad de interpretarle en contra del principio de Relatividad tal y como había sido propuesto por Einstein. Sin embargo, los intentos conservadores han seguido manifestándose y sería olvido de las enseñanzas de la historia del pensamiento científico toda esperanza de una conformidad plena antes de que la posición de la relatividad sea la retaguardia de la ciencia física.

Veamos ya cuáles son las características de la nueva doctrina einsteiniana. Ante el fracaso contrastado de las predicciones teóricas había que buscar su raíz en los postulados que le servían de fundamento. El propósito era lógico, puesto que dichos postulados son siempre enunciados que resumen nuestro conocimiento empírico y es posible que se deslicen en ellos errores evi-

denciables en estados posteriores de la construcción de la ciencia.

Einstein fijó su atención en las categorías de espacio y tiempo que Newton aceptó tales y como nos aparecen en nuestra vida interna consciente. Es decir, que el proceso utilizado para fijar el lugar y el momento en que un hecho se produce en el mundo exterior, no difiera esencialmente del que nos permite distinguir aquello que está arriba de esto que está debajo, la izquierda de la derecha, lo distante de lo cercano. Y del mismo modo lo que fué antes, de lo que es ahora y de lo que sucederá después.

Cierto; la precisión exigida a la ciencia obliga a una definición más estricta de la posición de cada punto, utilizando un sistema adecuado de coordenadas que requiere una regla graduada para la medición de distancias y al propio tiempo un reloj en cada lugar que señale el momento en un flujo continuado de sucesos identificables. El espacio y el tiempo de nuestra conciencia son categorías absolutamente independientes que permiten hablar de un panorama instantáneo y de su evolución en el tiempo como superposición del fluir de los fenómenos en cada punto. Así, nada impide que el aspecto del mundo difiera con el lugar desde el cual lo contemplamos, pero no depende de la rapidez con que nos movamos al pasar por él, como tampoco se altera la seriación de los fenómenos en el tiempo: se supone que el antes, el ahora y el después no se modifican al cambiar de observador.

La raíz de esta posición es la posibilidad de fijar la noción absoluta de simultaneidad; esto es, la creencia de que existe modo de reglar los relojes de todos los puntos del Universo asegurándonos de su perfecto sin-

cronismo, sea cual fuere su estado de reposo o movimiento. Einstein señaló que semejante afirmación es completamente gratuita. En su lugar postula la invariancia de las leyes naturales para cualquier movimiento uniforme del observador; es decir, la imposibilidad de descubrir la velocidad absoluta por el estudio de cualquier fenómeno físico como lo era ya para los mecánicos. Tal postulado conduce a resultados en abierta contradicción con no pocos teoremas de la ciencia clásica, que así ha perdido el prestigio de la exactitud que se le atribuyó durante más de dos siglos. Su rango ha descendido a la condición de primera aproximación, al conocimiento aunque suficiente para interpretar una gran extensión del mundo de nuestras percepciones, dentro del grado de precisión alcanzado por los métodos de observación de que la ciencia dispone. El fracaso de sus previsiones es excepcional, pero deshecho el mito de su validez universal está obligada a señalar con precisión las fronteras de sus dominios. Dentro de ellas queda mucho de lo que aprendimos sobre las leyes naturales en los dos siglos precedentes, pero necesitamos precavernos contra extrapolaciones que antes nos parecían perfectamente justificadas.

En primer término hemos de rechazar la independencia absoluta del espacio y el tiempo que es notoria para el mundo de nuestra conciencia y nuestro entorno inmediato, fundiéndolas en una categoría única espacio-temporal que cada observador separa según sus propias conveniencias de modo análogo a como la separación entre lo que se halla arriba y abajo, a la derecha y a la izquierda, delante y detrás, es peculiar de la posición ocupada por quien realiza la clasificación. Semejante fusión ha de acarrear corolarios que contradicen el modo

de ver de la ciencia clásica. Citemos la contracción de las dimensiones paralelas a la velocidad en los cuerpos rígidos y el retraso de los relojes en movimiento.

Otro corolario del postulado relativista que interesa recordar es la negación de la invariabilidad de la masa que Newton aceptaba como un hecho empírico. La nueva concepción adiciona a la masa inicial de cada cuerpo un término dependiente de su energía y en consecuencia exige un crecimiento rápido de la inercia de los cuerpos cuando su velocidad se aproxima a la de la luz, en términos que al alcanzar este valor la masa sería infinita, siguiendo una ley de aproximación que la experiencia ha confirmado con todo rigor.

De aquí resulta la imposibilidad de que cualquier partícula material logre esta velocidad límite. Para alcanzarla es necesario utilizar un proyectil sin masa inicial. Esta condición la llena el *foton* que en cierto modo recuerda el viejo corpúsculo-luz de Newton. Es un hecho empírico bien establecido que una onda electromagnética transporta una cantidad de energía que se puede determinar por el gasto exigido para su creación o los efectos que produce su absorción. Ya dijimos que fué con el fin de comprender esta distribución de energía en el espacio para lo que se creó la noción del éter. La dependencia esencial entre la energía y la masa que hemos dicho establece la relatividad, autoriza a sustancializar la onda electromagnética y evita la necesidad del soporte material que era el éter; pero diversos hechos empíricos, que no es el momento de recordar, obligan a concretar más nuestra imagen localizando toda la energía de una onda en un pequeño volumen, no obstante la extensión indefinida de aquélla. Este volumen es el *foton*. No es posible penetrar más en el análisis de su natu-

raleza y los problemas fundamentales que plantea, según veremos más tarde. Por el momento sólo quiero subrayar que la constancia de la velocidad de la luz, postulada por Einstein como base de su teoría, concuerda con la condición de hacer infinito el factor que multiplicado por la masa nula del *foton* ha de dar un valor determinado a su energía. Y no se piense que este postulado significa negar validez a la interpretación clásica del índice de refracción, como cociente de las velocidades de la luz en los dos medios considerados, pues estas velocidades a que se alude aquí son magnitudes más complejas nacidas al superponerse a la onda fundamental las que ella engendra en los átomos materiales.

Conviene subrayar que al restituir Einstein todo su valor al principio fundamental de la mecánica newtoniana, que afirma la imposibilidad de conocer el valor absoluto de la velocidad de traslación, lograba restituir el perfecto acuerdo de las afirmaciones de la ciencia con los dictados que parecen más inmediatos del sentido común. Basta el intento de representarnos el movimiento de un punto absolutamente aislado en el espacio; es decir, infinitamente apartado de todo otro cuerpo que permita por su distancia señalar una posición, para comprender la imposibilidad de atribuirle un sentido. Y sin embargo, los experimentos aludidos antes, cuya realización fué dictada por la Física clásica, presuponían la posibilidad de conocer dicho movimiento. Ello quería decir que la ciencia pretendía ampliar esencialmente la capacidad de la inteligencia y no exclusivamente precisar la firmeza de los detalles de su descripción del mundo de fenómenos que nos envuelve.

Analizar este aspecto de la teoría del conocimiento que en el fondo representa resolver el viejo problema

filosófico de la realidad del mundo exterior, cae fuera de mi competencia. Sin embargo, permítaseme una digresión que interesa a la finalidad que persigo. He hablado antes de la inercia mental como origen de las dificultades con que tropieza una idea nueva si lleva aparejada la renuncia de otras que han jugado papel principal en las concepciones anteriores. Una primera interpretación de esta resistencia, progresivamente debilitada, puede ser el perfeccionamiento paulatino de la capacidad de nuestra inteligencia a consecuencia de un esfuerzo para comprender. Pero no es la única. Las nuevas ideas que brotan en un cerebro no quedan incorporadas a la ciencia hasta que han encontrado una descripción adecuada para ser comunicadas y reconocidas si vuelven a surgir. Se requiere para ello un lenguaje apropiado que frecuentemente necesita una elaboración difícil. La importancia de esta labor adjetiva pero esencial aparece con claridad meridiana si se compara la rápida evolución de la teoría relativista con la lentitud del progreso de la cuantista. Aquélla halló ya construido un lenguaje adecuado en el cálculo diferencial absoluto, mientras la última necesitó elaborar poco a poco su algoritmo propio que parece haber encontrado en el cálculo simbólico de la Mecánica ondulatoria. Acaso la inercia mental sea pura manifestación de este esfuerzo para hallar los modos adecuados para transmitir las nuevas ideas. Naturalmente, sus efectos alcanzan hasta el mismo lenguaje vulgar que, poco a poco, va precisando la significación de las palabras de uso corriente.

Siguiendo de nuevo el hilo de un razonamiento precedente, interesa señalar que no sólo carece de sentido el hablar de la velocidad absoluta de un punto único en el espacio. Tampoco lo tiene la pura noción del movi-

miento sea cual fuere su clase. Y sin embargo, la Mecánica de Newton, ya lo hemos dicho, afirmaba la posibilidad de conocer la aceleración en valor absoluto, porque los cambios de velocidad provienen de fuerzas cuya existencia puede juzgarse directamente mediante la sensibilidad muscular. También se planteó Einstein la razón lógica de esta distinción entre el movimiento uniforme y cualquier otro variado en celeridad y dirección. A Newton le era imposible conocer el valor absoluto de la velocidad de un cuerpo que se traslada uniformemente en el espacio, pero pretendía que tiene un sentido claro la rotación uniforme de un cuerpo. Imaginemos un vaso cilíndrico lleno de agua y capaz de girar sobre un eje con velocidad angular constante. La superficie libre del líquido, que es plana y horizontal cuando el vaso está en reposo, adopta la forma de un paraboloide de revolución alrededor del eje de giro momentos después de comenzar éste. Newton explica el fenómeno por la intervención de una fuerza centrífuga que se compone con el peso.

En este experimento interviene un campo gravitatorio externo, pero también existe la aceleración centrífuga que se combina con él para crear la forma parabólica y cuyo origen es la rotación. Mas nada impediría atribuirle a la atracción de masas dispuestas alrededor del eje de giro en forma conveniente. Si nadie adopta este camino es por la notoriedad de la rotación gracias a la existencia de cuerpos externos que son referencias directas. En cambio sería muy difícil discernir entre el movimiento del propio cilindro y otro de conjunto del Universo alrededor del propio eje con velocidad igual y contraria, mientras el vaso permanece en reposo. Pero la equivalencia entre ambos movimientos es sólo

cinemática. Desde el punto de vista dinámico y en tanto conservemos la ciencia clásica, la confusión es imposible porque la fuerza centrífuga es la consecuencia del movimiento y si el agua, con el vaso, se halla en reposo ha de faltar su acción para atribuir a la superficie libre la forma parabólica. En todo caso queda la imposibilidad de discernir entre los efectos de la aceleración o la presencia de un campo adecuado.

Esta imposibilidad es una verdad empírica conocida desde Galileo. La ley bien conocida de la identidad de la rapidez de caída de los cuerpos, sea cual fuere su naturaleza, que Galileo formuló, y su equivalente, la independencia de la duración de oscilación del péndulo respecto de la materia con que se haya construido formulada por Newton y reiteradamente confirmada con precisión creciente, son modos de expresar el mismo hecho convertido por Einstein en un nuevo postulado fundamental. A saber: *la equivalencia absoluta de la aceleración del sistema de referencia con un campo de fuerzas en cuyos efectos no interviene ningún coeficiente específico del cuerpo sobre quien actúa*. De hecho, cuando el geofísico determina la intensidad de la gravedad en un lugar de la tierra obtiene un resultado complejo, superposición de la gravitación y de la aceleración centrífuga originada por la rotación de nuestro planeta. Ambos términos serían indiscernibles para un observador incapaz de conocer aquella rotación por el movimiento diurno de la bóveda celeste.

Ahora bien; Einstein utiliza esta indeterminación para formular una teoría precisa de este grupo de fenómenos, el mismo que dió ocasión a que Newton elaborase su magnífica interpretación del sistema planetario. En ella se reemplaza la atracción universal por

una simple fuerza centrífuga. Es interesante comparar el sentimiento de extrañeza e incredulidad con que la nueva doctrina fué recibida con la verdadera posición de Newton al formular su célebre ley de atracción en razón inversa del cuadrado de las distancias. El se limitó a afirmar que los hechos ocurren en la naturaleza como si esta atracción fuese una realidad, porque la mente de los hombres de ciencia de su época sentía una repulsión justa contra la idea de una acción a distancia; es decir, fuera de la posibilidad de contacto directo del agente con el paciente. Pero los éxitos continuamente logrados en la interpretación de estos fenómenos naturales fueron borrando poco a poco esta lógica resistencia y llegamos a considerar evidentes aquellas acciones, defendiendo su existencia con tanto o mayor ahínco del que pudo oponerse a su aceptación.

Le habría sido muy difícil a Einstein convencer al mundo científico de la verdad de su doctrina sin los éxitos innegables que obtuvo tanto en la explicación de fenómenos naturales que habían resistido a la Mecánica celeste clásica, de que es buen ejemplo el movimiento secular de 42° en el perihelio de Mercurio, como en la predicción cuantitativa de otros pocos fenómenos que la observación confirmó sin regateo: la pesantez de la luz y el corrimiento hacia el rojo de las rayas espectrales al aumentar la intensidad del campo gravitatorio donde se encuentra el foco luminoso, que significa una menor rapidez de la marcha de un reloj cuando se le traslada de un lugar a otro donde el campo gravitatorio es más intenso.

La atracción universal de Newton tiene que ser reemplazada por una acción de contacto que encorve la trayectoria conforme la observación denuncia en todo pro-

yectil, sea planeta o una simple piedra lanzada por una onda. Buscando una imagen adecuada se ofrece inmediatamente el caso de una bola que rueda sobre una superficie cóncava. Su trayectoria es también curva, pero la curvatura la impone la resistencia del material que forme la taza, acción evidentemente de contacto y así es perfectamente aceptable hablar de una curvatura del espacio aunque nuestra imaginación sea incapaz de darnos una imagen clara de lo que ello pueda ser. La curvatura del espacio significa pura y simplemente un conjunto de propiedades de las trayectorias que siguen los puntos materiales o los rayos de luz, comparables a las que distinguen la seguida por la bola a que aludíamos antes. Por ejemplo, el retorno del móvil al punto de partida sin que en ningún momento se produzca la inversión del sentido del movimiento, ni más ni menos que retorna un barco al puerto de salida después de un viaje de circunvalación durante el cual sostiene siempre el rumbo hacia el Occidente.

Este espacio no sólo curvado sino cerrado sobre sí mismo ofrece una condición muy alejada de nuestra intuición inmediata, eliminando la infinitud aunque conserva su condición de indefinido. No es posible concebir los límites del espacio porque la nada escapa a nuestra imaginación, pero la representación que la ciencia se había formado del espacio, atribuyéndole las características propias de la geometría de Euclides no encuentra otro modo de escapar a la existencia de un límite que retirándolo hasta el infinito con todas las dificultades que ello acarrea, tanto desde el punto de vista filosófico como del técnico. Estas fueron las eliminadas al considerar el espacio cerrado.

Puesto que su curvatura ha de reemplazar la atrac-

ción de Newton su magnitud cambia con la densidad de la materia, que en cierto modo define la curvatura local. Sin embargo, es posible considerar un valor medio para el Universo imaginando toda la materia contenida en él distribuída uniformemente. Claro que al incluir el Universo entero en nuestro conocimiento éste pierde precisión, porque aun considerándole finito la observación directa sólo cubre una fracción pequeña de él. Por consiguiente la inteligencia ha de reemplazar el saber concreto por hipótesis que ciertamente responden a orientaciones del pensamiento guiadas por las leyes comprobadas en nuestros dominios y generalizadas con sujeción a la lógica más rigurosa, que es difícil admitir pueda conducirnos con oposición a los procesos naturales; pues aun respetando el misterio que encierra la naturaleza y esencias del mundo espiritual no es concebible que su representación del Universo material que nos interesa pueda contradecir a las leyes que rijan este último, conocidas o ignoradas.

Desgraciadamente las orientaciones aludidas son bastante vagas para ofrecer diversos caminos con idéntica sugestividad. Primero pareció lógico aceptar un Universo estático; es decir, dotado de la condición de estabilidad que corresponde a un sistema en equilibrio. Sus dislocaciones locales, que explican las mutaciones que en último análisis son el origen de los fenómenos observados, son a modo de las deformaciones elásticas producidas en dichos sistemas. Pero existen, al menos, dos concepciones diferentes que satisfacen dichas condiciones; la una, formulada por el propio Einstein, acepta la descomposición del Universo en un espacio cerrado y un tiempo que fluye uniformemente desde un origen infinitamente lejano en el pasado hasta su fin en un

porvenir también infinito. De modo que la acertada eliminación de los límites del espacio, plenamente lograda, no encuentra solución para el tiempo. La otra concepción que debemos a Sitter acepta también un tiempo cerrado sobre sí mismo de modo que el posible viaje de circunvalación que vuelve el móvil al punto de partida, aunque avance con rumbo invariable, ocurre igualmente cuando consideramos su *línea de vida*: ella le devolverá al momento actual. Sin embargo, esta afirmación no tiene sentido sino consideramos la posibilidad de una conciencia que comprueba el hecho y la propia teoría nos declara su imposibilidad. Sea cual fuere el observador los sucesos que registra poseen una celeridad decreciente a medida que se alejan de él, llegando a la anulación cuando alcanzan el llamado *horizonte del Universo*, que le ofrece las características de un eterno presente. Cualquier sistema natural seguido en toda su evolución por nuestro conocimiento partiría de uno de estos estados para volver a igual condición y ello no difiere esencialmente de la vieja concepción que extrae el *Universo de la nada para volver a sumergirlo en ella*.

La elección entre las dos sugerencias de Einstein y Sitter puede abordarse desde diferentes puntos de vista que no dan soluciones coincidentes. Consideradas como construcciones lógicas, la de Einstein nos hace concebir el espacio como un receptáculo cuya capacidad es justa la necesaria y suficiente para contener la materia que en él existe. Si podemos crear materia o destruirla simultáneamente ensanchamos o estrechamos el espacio en la proporción necesaria para darle cabida. Por el contrario el espacio de Sitter está prácticamente vacío, de modo que el Universo real no puede identificarse con

él sino en primera aproximación gracias a la pequeñez de la densidad de la materia que contiene.

Pero si desde este punto de vista el Universo einsteiniano es más satisfactorio que el sitteriano, existe un hecho de observación que sólo encuentra explicación lógica en el último. El estudio espectral de las nebulosas que cubren por millones la bóveda celeste, concentrándose aparentemente en los casquetes polares de la Vía Láctea por el velo con que la materia difusa que llena la región del espacio ocupada por este gran sistema, dificulta la visión de la zona sobre la cual se proyecta; el estudio decía del espectro de esas nebulosas, tan lejanas que apesar de su pequeñez hemos de atribuirles dimensiones y riqueza estelar comparable a la de nuestro sistema galáctico, nos denuncia en todas ellas un ritmo decreciente del tiempo, en proporción a su lejanía, fenómeno que corresponde rigurosamente a la previsión de Sitter.

Las observaciones de Hubble y Humason no dejan lugar a duda respecto del hecho, pero su interpretación puede hacerse desde otro punto de vista diferente aunque no menos sorprendente. La vida moderna nos ha familiarizado con el cambio brusco de tono del silbato de una locomotora o la bocina de un automóvil en el momento de pasar por un observador: la nota emitida mientras se acerca es más elevada que al alejarse y si se determinan los números de vibraciones para cada caso respecto al que puede contar quien vaya transportado por el vehículo cabe deducir el valor de la velocidad relativa. Este teorema descubierto por Doppler se aplica también a la luz cuyo color se corre hacia el violeta cuando la distancia del foco al observador disminuye y hacia el rojo cuando aumenta. Así los resultados de

Hubble y Humason se interpretan siguiendo este criterio como una velocidad de alejamiento creciente con la distancia de las nebulosas, cual si el Universo entero experimentase una expansión que ha sido comparada al efecto producido en un globo de caucho sobre el cual se marquen aquellas nebulosas como pequeñas manchas de magnitudes comparables a su tamaño relativo. Este globo representa el espacio esférico de Einstein, al cual se agrega como hecho empírico nuevo la expansión.

La necesidad de esta aportación empírica para completar la teoría denuncia su imperfección que también ha sido apoyada en razones de otro orden. Dijimos antes que los modelos de Einstein y de Sitter presuponen un Universo en equilibrio estable, condición que sabemos incompatible con sus características. El Universo de Einstein corresponde en realidad a un equilibrio inestable y si una perturbación le lanza en un proceso de dilatación o contracción seguirá por dicho camino. Este descubrimiento llevó a un análisis más detallado de la imagen que hoy podemos formarnos del Universo, atendidas las exigencias de los fenómenos conocidos. El estrecho dominio donde alcanza este conocimiento deja una tan amplia libertad en la selección que con igual derecho podemos aceptar un modelo en que la evolución procede en dirección única, desde un Universo primitivo de Einstein a otro de Sitter, o, por el contrario, un modelo pulsante en que se suceden indefinidamente los estados de expansión y contracción. Como siempre cuanto más amplio es nuestro saber más profunda nos parece nuestra ignorancia.

Volvamos por un momento al espacio-tiempo en que fundió Einstein las dos categorías de la ciencia clásica. Espacio y tiempo separadamente sólo existen para un

observador frente a su realidad actual, de modo que la distribución puede variar tanto al pasar de un observador a otro como en el curso de la vida de uno mismo. Einstein nos proveyó de una imagen clara de esta idea comparando el sistema de referencia que realiza la separación aludida a un pulpo cuyos brazos se amoldan a la roca en que se apoya. Esta fusión de las categorías de espacio y tiempo de nuestra conciencia cuando las proyectamos para servir de cuadro al conocimiento de la realidad exterior exige cierto cuidado en la interpretación de la idea del Universo construida por la relatividad general; principalmente en el modelo del propio Einstein, pero también en todos los derivados de él. Se habla allí de un Universo cerrado en sus dimensiones espaciales, cuyo radio medio está al alcance de la observación, y ello podría llevar a atribuirle una permanencia que le daría realidad independiente del tiempo. Concebirlo así sería un error fundamental. Cuando nos referimos a espacio y tiempo separados va implícito el sujeto a cuyo conocimiento corresponden aquellas categorías. La realidad objetiva que este conocimiento aspira a traducir se reduce al intervalo que separa los sucesos que le definen y dicho intervalo puede descomponerse de infinitos modos en espacio y tiempo como un segmento rectilíneo, puede ser hipotenusa de un número infinito de triángulos rectángulos. Si la teoría nos afirma que el espacio es cerrado y nos da la manera concreta de medir su radio medio ello no significa sino una condición agregada al espacio, como lo sería la longitud de uno de los catetos en el triángulo rectángulo de nuestro ejemplo. Ni separadas ni conjuntamente bastan estas condiciones para definir totalmente la realidad. Para llegar hasta ella se necesita un número de condiciones,

la posibilidad de cuyo conocimiento negamos en principio: la determinación concreta del triángulo exige la fijación del plano en que se halla contenido y precisamente la imposibilidad de separar el espacio y el tiempo, que sostiene el principio de relatividad, corresponde a negar *a priori* en nuestro ejemplo la posibilidad de conocer simultáneamente la longitud de un cateto y la orientación del plano.

La observación irá restringiendo la libertad de selección del modelo de Universo compatible con la realidad sin que llegue a una determinación unívoca y así ya se vislumbra la posibilidad de distinguir entre el tipo de expansión indefinida y el pulsante por la medida del término de segundo orden en la velocidad de alejamiento de las nebulosas con auxilio del nuevo telescopio de cinco metros de diámetro, actualmente en construcción en los Estados Unidos.

* * *

La inteligencia humana no limitó sus preocupaciones a los grandes fenómenos al alcance de nuestros órganos de relación con la realidad externa. Aspiró a discernir los detalles de constitución de la materia rebasando por intuición los límites del conocimiento empírico. Ya la Filosofía griega nos legó la hipótesis atomista que ha sido durante más de dos siglos instrumento eficaz de trabajo de la ciencia física. En ella se admite que la materia se halla integrada por partículas pequeñísimas e indivisibles que los griegos llamaron *átomos*, por considerar esencial dicha indivisibilidad y que además imaginaron especificados por diferentes condiciones objetivas, cual su forma.

La teoría clásica supuso que estos átomos se com-

portan como puntos materiales, o esferas elásticas sometidos a las leyes de la Mecánica, atribuyendo formas convenientes a sus acciones mútuas. Pero la aplicación de esta ciencia sólo es sencilla para el caso de dos puntos únicos, como los sistemas Tierra-Luna y Sol-planeta. Para los más complejos es incapaz de tratar sus problemas en términos precisos y generales. Felizmente en la teoría del sistema planetario la acción del astro central es de tal manera preponderante que el movimiento de cada planeta puede estudiarse considerando las fuerzas procedentes de los otros como pequeñas perturbaciones abordables por métodos aproximados que permiten hallar una órbita coincidente con la trayectoria efectiva, dentro de los errores de observación, para largos períodos anteriores y posteriores a las épocas en que se han recogido los datos que sirven de base para el cálculo.

El caso es muy otro en la teoría de los cuerpos de extensión finita y deformables concebidos como una acumulación de átomos ligados por acciones mútuas de magnitudes sensiblemente iguales. Seguir sus trayectorias individuales excede con mucho la capacidad de la ciencia, pero su pequeñez y el consiguiente elevado número contenido en un volumen de dimensiones bastante reducidas para quedar por bajo del poder separador de nuestros órganos de observación, consienten la identificación de todas ellas sustituyendo los movimientos reales de los átomos por el flujo de un material continuo que llena aquel volumen elemental. Analíticamente esta hipótesis permite reemplazar el conjunto de ecuaciones simultáneas en número casi infinito que definen los movimientos de los respectivos átomos por una sola ecuación de derivadas parciales que ha de integrarse

sobre una extensión finita, atendiendo a las condiciones en los límites que imponen los problemas propuestos. Por este camino es posible ligar los diversos parámetros que definen la materia y son accesibles a la observación, ignorando cuanto se encuentra más allá de su alcance. Su eficacia la acreditan los más bellos capítulos de la Hidrodinámica, la Elasticidad, la Termodinámica y la Electricidad.

Pero no es este el único método aplicado por la Física clásica. Desde sus primeros días intentó considerar separadamente las partículas independientes que componen una masa determinada de un cuerpo, partículas a las que llamó moléculas con el sentido que veremos más adelante. No se pretende seguir al detalle sus movimientos lo que carecería de sentido para su lejanía de nuestra percepción, pero sí prever los efectos globales originados por su hormiguelo. Para este fin se razona de modo comparable a como se realiza el estudio de los fenómenos sociales. Se comienza por la estadística atenta de los hechos individuales que se agrupan, obteniendo promedios cuyas relaciones son la expresión de las leyes investigadas. Por esto la doctrina de este método ha recibido, desde fines del pasado siglo, el nombre bien expresivo de Mecánica estadística.

La analogía señalada no va más allá de la supuesta estadística inicial, que en el caso social se puede realizar efectivamente porque los fenómenos individuales son perceptibles, mientras en el campo de la Mecánica estadística escapan a nuestro conocimiento directo y han de construirse de modo que las leyes deducidas coincidan con las obtenidas por la observación empírica. Así aparece claramente la aplicación inversa del método estadístico en la Sociología y la Física. En la primera se

parte de los fenómenos individuales y se buscan las leyes generales, mientras que en la segunda se conocen éstas y se investigan aquéllos.

Claro que si las leyes tienen el sentido que les atribuye la Mecánica estadística pierden la condición de necesarias e infalibles que acostumbramos a atribuir a las que rigen los fenómenos del mundo físico. Aquellos atributos se sustituyen por una *probabilidad* mayor o menor, planteando un problema epistemológico que analizaré más adelante.

Pero este fracaso de las leyes físicas es la clave que permite interpretar el sentido físico de ciertas magnitudes cuya medida se logra mediante nuestros instrumentos. Ejemplo típico es la *entropía*. Nacida como corolario del segundo principio de la Termodinámica que declara la imposibilidad de *perpetuum mobile* de segunda especie, la Mecánica estadística nos descubre que se reduce a una medida de la probabilidad de existencia de cada estado particular del sistema. El hecho reconocido por la experimentación es que todo sistema evoluciona en el sentido en que su entropía crece. Pero si de otra parte atribuimos a cada configuración del mismo una *probabilidad* de realización se comprende que la transformación ocurra en el sentido que indica su crecimiento, claro que sin considerar este proceso como un hecho fatal, cual podría entenderse según el modo de concebir las leyes físicas en la ciencia clásica. Se señala el curso probable de la evolución sin declarar la imposibilidad de cualquier otro, aunque frecuentemente dicha probabilidad es tan próxima de la certidumbre que autoriza la aceptación de la fatalidad de las leyes físicas. Un ejemplo célebre puede servir de justificación. Imaginemos con Boltzmann dos vasos A

y B con dos gases: por ejemplo oxígeno y nitrógeno. En cierto instante abrimos una llave que los comunica. Si realizamos un análisis del contenido de cada uno veremos que la cantidad de oxígeno en B va creciendo mientras en A aumenta la de nitrógeno, hasta llegar a la misma composición del gas en cada uno. Esta mezcla es el resultado del movimiento de las moléculas con velocidades medias proporcionales a la temperatura y sin dirección privilegiada. Cada una describe una trayectoria poligonal complejísima cuyos vértices corresponden a los encuentros con otras moléculas, mientras las porciones rectas son los recorridos libres. Mas por hipótesis dichos encuentros se rigen por las leyes conocidas del choque elástico, que como todas las de la Mecánica racional satisfacen al principio de reversibilidad absoluta. Por consiguiente, transcurrido un tiempo suficiente para que se haya obtenido la mezcla perfecta de los dos gases, imaginemos un ser capaz de actuar sobre cada una de las moléculas invirtiendo simultáneamente sus respectivas velocidades; todas se moverán desde este momento describiendo en sentido inverso la misma trayectoria que le ha llevado hasta su estado actual y, por tanto, se irán reproduciendo en sentido ascendente todas las configuraciones que fué adoptando la mezcla desde el instante en que se abrió la llave de comunicación hasta el estado en que la sorprendió el ser imaginario encargado de la inversión de los movimientos individuales. El resultado fatal de esta operación será que al final tendremos de nuevo separados los dos gases, oxígeno y nitrógeno, en sus respectivos vasos.

El experimento ideal descrito conduce a un resultado que nadie ha observado jamás y aun si alguna vez le encontrásemos realizado a nuestro paso le rechazaría-

mos como inadmisibles, atribuyendo su producción a la influencia de acciones externas incontroladas. Sin embargo, el proceso descrito es rigurosamente conforme a las leyes físicas. En verdad el ser hipotético que ha jugado el papel decisivo en él, no existe y por ello nuestro experimento es imposible, pero el hecho esencial es la producción de una configuración del conjunto de las moléculas, en la cual cada una posee una velocidad igual y opuesta a la que poseía en el instante que consideramos como final del proceso de mezcla, configuración tan posible como otra cualquiera. Si dejamos evolucionar libremente el gas nada se opone a que ella se produzca en un cierto instante que señalaría el comienzo de la reversión del sistema al estado de separación inicial.

¿Con qué derecho negamos la producción efectiva de este fenómeno? Simplemente porque nos creemos autorizados para confundir una probabilidad muy grande con la certidumbre. Aquella configuración particularísima que es el principio fatal del proceso de reversión es una de las muchas que las moléculas del gas pueden adoptar, pero es una, frente a un número prácticamente infinito de otras que no producen dicho efecto. Toda la fuerza de nuestro derecho para negar el fenómeno descrito proviene del gran número de moléculas contenidas en los vasos. Si su presión es la atmosférica en cada centímetro cúbico este número es algo menos que 3 seguido de 19 ceros, cuyo valor es tal que toda la humanidad aplicada a la tarea de contarlas no las habría agotado en toda la era cristiana. Pero el número de configuraciones que pueden construirse con estos elementos es fantásticamente mayor y de entre ellos sólo un corto número puede producir el efecto descrito. Su realización tiene la probabilidad del premio de una lotería con

un número de billetes tan grande que la esperanza del jugador más entusiasta sería nula.

Tal es la interpretación que la Mecánica estadística da de la fatalidad de las leyes físicas, reduciéndolas a relaciones de elevada probabilidad. Entonces no es extraño que en ciertas condiciones dicha probabilidad disminuya al punto de hacer apreciables los casos de excepción, originando los llamados fenómenos de fluctuación, a veces tan notorios como el color azul del cielo y el movimiento browniano, cuyo estudio ha suministrado la prueba concluyente del atomismo, solucionando una discusión de historia varias veces milenaria.

* * *

Pero los átomos que así venían a atraer la atención del físico diferían notablemente de la primitiva concepción de Demócrito. El análisis de las cualidades específicas de la materia permitió ir perfilando su noción hasta considerarles como las porciones menores de un cierto número de cuerpos llamados simples, porque toda especie química o materia de naturaleza estrictamente homogénea es el resultado de la asociación de algunos de ellos en proporciones bien definidas. También cada especie química tiene una divisibilidad limitada, pero sus últimas partículas se llaman *moléculas*. Como ya hemos visto son estos los individuos sobre quienes opera la Mecánica estadística. En realidad se trata de sistemas complejos integrados por el número relativamente corto de átomos de los cuerpos simples descubiertos por la química. Y aun mediante el estudio de sus diversas cualidades se ha podido llegar hasta una descripción detallada de la arquitectura de muchas de

estas moléculas que son configuraciones estáticas de gran estabilidad.

Por último y ya desde comienzos del último tercio del siglo anterior logró la Química establecer una clasificación natural de los diversos cuerpos simples representados en el conocido cuadro de Mendelejeff que venía a ser una sinopsis de la materia. Su misma existencia excluía la posibilidad de que los átomos fuesen realidades absolutamente primarias. Sólo en el caso de imaginarles sistemas organizados con ciertos elementos comunes y regidos por leyes de validez universal, pueden comprenderse las relaciones resumidas por el químico ruso. Pero fueron necesarios varios decenios para que la Física descubriera que dichos elementos son las cargas eléctricas positiva y negativa más pequeñas que pueden existir que ha designado con los nombres respectivos de *proton* y *electron*.

El valor absoluto de su carga eléctrica es el mismo, pero difieren radicalmente en su masa material, cerca de dos mil veces superior para el primero que para el segundo. El edificio atómico aparece constituido por dos porciones esencialmente diferenciadas. El llamado *núcleo* donde se alojan todos los protones y por consiguiente la casi totalidad de la masa material, a pesar de que su volumen es pequeñísimo, de dimensiones diametrales del orden de una diez milésima del edificio completo. La otra parte es la *zona cortical* integrada por electrones exclusivamente.

Cada uno se halla sometido a las fuerzas de Coulomb procedentes del núcleo, que tienden a precipitarle sobre él, y al propio tiempo sus repulsiones mutuas que también obedecen a dicha ley. Se demuestra rigurosamente que no se puede constituir un sistema estático en

equilibrio y por ello fué menester acudir a una configuración dinámica que introduce fuerzas centrífugas de inercia y da pábulo a la esperanza de lograr un sistema estable al modo como lo es el formado por los planetas bajo la acción rectora del sol. La identidad formal de las leyes de Newton y Coulomb invitaba a la comparación utilizando para construir el modelo del átomo mucho de lo averiguado por la Mecánica celeste sobre el sistema planetario.

El éxito fué completo en la teoría de la dispersión de los rayos α que permitió descubrir los núcleos atómicos y determinar sus características principales, pero al dirigir la atención sobre el movimiento de los electrones corticales, la carga eléctrica introduce una condición que inutiliza el recurso de la fuerza centrífuga. Es sabido que esta fuerza es la consecuencia de la aceleración la cual engendra una radiación electromagnética que agota rápidamente la energía del sistema, de modo equivalente a si la carga del electrón oscilase en una antena de longitud igual al radio del átomo con frecuencia medida por el número de revoluciones en un segundo de tiempo. En definitiva, en vez del sistema estable que forman un satélite con su planeta principal, en el átomo de hidrógeno con un solo electrón gravitando alrededor del núcleo, la órbita descrita deberá ser una espiral que le llevaría a caer sobre el núcleo sin gran diferencia con el efecto que produciría la fuerza de Coulomb sin compensación.

Quiere esto decir que la Física de Newton no es capaz de interpretar la organización atómica y ello fuerza a modificarla, claro que conservándola como una primera aproximación, suficiente para los fenómenos que justificaron su elaboración. El primer paso en dicho sen-

tido lo dió el físico danés Bohr formulando un corto número de principios o postulados que, como los primeros de Newton, traducen los hechos observados en un lenguaje preciso. En vez de aceptar como posibles la infinidad de órbitas que pueden deducirse atribuyendo al electrón una velocidad inicial de dirección y magnitud arbitrarias, esta teoría la limita a una serie discontinua definida por cuatro parámetros o *números cuánticos* que sólo pueden tener los valores de la serie natural de los números aritméticos. Las configuraciones del sistema núcleo-electrón así definidas se suponen estacionarias suspendiendo la aplicación a ellos de las leyes generales del Electromagnetismo, mientras se conservan válidas las de la Dinámica. En cambio los tránsitos de uno a otro de estos estados se producen con radiación de energía y sin que nada podamos conocer de los detalles del proceso. La única guía que se encuentra para prever los resultados del mismo es la aceptación de la ciencia clásica cuando nos acercamos a estados que caen dentro de su dominio. Por ejemplo, haciendo crecer los números cuánticos de modo que el átomo llegue a ser gigante, en él se cumplirán las leyes de la Mecánica de Newton. Esta condición asintótica constituye otro principio básico de la teoría de Bohr que se llama *principio de correspondencia*.

El método de Bohr tenía todas las características del aplicado por la Mecánica estadística. No son ya los movimientos de los átomos que ocurren fuera del alcance de nuestros medios directos o indirectos de observación. Es la estructura del mundo atómico. Se describen sus detalles con toda precisión imaginando de nuevo el ser superdotado que percibe la marcha de los electrones como nuestros astrónomos siguen las órbitas

planetarias. Como en la Mecánica estadística, la única confirmación de toda la armazón de la teoría del átomo se busca y obtiene por la comparación de los resultados macroscópicos previstos con sus correspondientes aprendidos por la observación. El éxito es cualitativa y cuantitativamente inmejorable en no pocos casos y, sin embargo, no podía ser tenido como una teoría lograda. Muchos eslabones de la cadena de su razonamiento faltan y es necesario conformarse con las imposiciones empíricas en espera de una interpretación lógica satisfactoria.

El mayor pecado de los constructores de la teoría del átomo fué apoyarse en la experiencia imaginaria del observador ideal que seguía el curso del movimiento de los electrones. Nuestro conocimiento no puede tener otras fuentes que la observación del mundo exterior mediante los órganos a ello destinados. Todas las magnitudes inobservables deben ser rechazadas; los únicos elementos con que podemos y debemos operar en nuestros cálculos son números que miden cualidades directamente observables. Imposibilitados para seguir el movimiento de los electrones carece de sentido cuanto afirmemos respecto de las órbitas respectivas, así como las velocidades con que son descritas. En cambio tienen realidad la frecuencia de la onda radiada y sus estados de polarización.

Desarrollando esta idea Heisenberg construye la llamada Mecánica cuántica, pero quedaba un poco en la penumbra la razón de esta incapacidad para obtener algún rendimiento de la pretendida experiencia del observador ideal que considerábamos antes. El propio Heisenberg halló pronto un principio que resuelve la dificultad: la precisión con que podemos conocer la con-

figuración y el estado dinámico de un sistema está limitado a un cierto intervalo definido por una constante universal que se llama *cuanto de acción*. Esta limitación de las posibilidades de nuestro conocimiento proviene de que la observación no significa que seamos meros espectadores ante el mundo exterior. Para adquirir noticias concretas de nuestro contorno necesitamos palparle, siquiera sea por métodos tan delicados como los rayos de luz que iluminan el panorama. Cuando las fuerzas que intervienen son grandes frente a estas acciones, cabe despreciarlas y alimentar la ilusión de un conocimiento sin intervención sobre los procesos objeto de estudio. Tal es el caso para los fenómenos que han sido la preocupación de la Física clásica. Pero cuando descendemos al mundo atómico las condiciones son muy otras. El contacto que debemos establecer con el sistema a fin de adquirir los datos indispensables para construir su teoría perturba profundamente el curso de los fenómenos. Por ello carecemos de noticias suficientemente precisas sobre los estados del átomo. Así aquellas órbitas que suponíamos estudiadas por el observador ideal carecen de realidad. Lo único que queda de ellas es una cierta estructura del espacio que rodea al núcleo donde se dibujan ciertos dominios de máxima probabilidad de presencia de un electrón, en virtud de sus complejÍsimas trayectorias que escapan a nuestro conocimiento. Las leyes físicas que reemplazan a las ecuaciones clásicas del movimiento de cada electrón sólo permiten definir esta probabilidad de encontrarle en un punto determinado, en un cierto instante. Tal probabilidad depende de cuatro parámetros que corresponden a los llamados números cuánticos de Bohr, cuyos valores posibles forman una progresión aritmética discon-

tinua, de igual modo que para las vibraciones de un sólido elástico o de un fluido que llene una cavidad.

El movimiento evidente de los electrones de la zona cortical del átomo se refleja en la definición de la repetida probabilidad de su presencia mediante una ecuación de ondas y como estas ondas se hallan encerradas en el volumen finito de un átomo, debemos circunscribir la atención a las ondas estacionarias compatibles con su forma y dimensiones, por cuyo camino se introducen de modo natural los números cuánticos, magos definidores de la estructura de cada átomo en la primitiva teoría de Bohr.

El principio fundamental que da consistencia lógica a todo el razonamiento precedente se llamó por su mismo autor *principio de indeterminación*, y ha provocado críticas no menos apasionadas que el espacio-tiempo de Einstein y también como entonces sostenidas por la incompatibilidad de sus corolarios con las consecuencias a que nos condujo la antigua doctrina. El modo como lo hemos introducido facilita, sin duda, su aceptación porque enmascara sus aspectos más abiertos a la contradicción y además esenciales en el pensamiento de Heisenberg. Por el camino seguido sólo negamos la posibilidad de conocer el curso de los sucesos en que un electrón es actor, puesto que cada observación del sistema con el fin de adquirir las noticias indispensables para dicho conocimiento significa una nueva intervención que altera los procesos que investigamos. Esto no rompe con nuestros hábitos mentales hasta que afirmamos la imposibilidad de reducir la perturbación por bajo de todo límite apreciable. La incertidumbre del conocimiento abarca un dominio finito determinado por el cuanto de acción, cierta-

mente muy pequeño para los fenómenos a nuestra escala, pero ya notable cuando se pretende describir lo que ocurre en el mundo de un átomo.

Esta manera de abordar el problema le acerca mucho a la posición inveterada de la ciencia frente a los datos de la experiencia y la observación por la incertidumbre que engendran los errores de medida. La sola diferencia estriba en que se acepte o no la posibilidad de alcanzar la certidumbre por el perfeccionamiento progresivo de la técnica experimental, posibilidad que aceptaba la ciencia clásica mientras es negada por la nueva doctrina. En ella la incertidumbre del conocimiento significa que las leyes de la física son impotentes para afirmar con certeza los estados futuros de un sistema cuyas condiciones iniciales se dan, afirmación que significa el fracaso del principio de causalidad, borrando lo que parecía característico de la ciencia.

En este punto se plantea el viejo problema de la congruencia del conocimiento con la realidad. ¿Tiene o no sentido aceptar una realidad fuera de nuestro conocimiento? En la vieja posición que postula su perfeccionamiento ilimitado, la contestación a la pregunta formulada no es de gran trascendencia. Aun negando la realidad tiene un sentido preciso para el físico, pues significaría el límite de un conocimiento indefinidamente perfeccionable. En el nuevo punto de vista si se postula una realidad es con la condición de declararla inabordable.

La negación de la ley de causalidad, o lo que es equivalente, atribuir un cierto libre albedrío a la naturaleza muerta, equivale a responder negativamente la pregunta antes formulada y es muy difícil que un verdadero espíritu físico; es decir, una mente habituada

a meditar sobre los problemas que nos plantea la observación del mundo exterior, se avenga fácilmente a tal juicio. Para ella la incertidumbre de nuestro conocimiento quedará siempre dentro del marco de la imagen que construimos para representarnos una realidad que de cerca o de lejos guía nuestro pensamiento, y esa realidad aun inabordable, acaso no la podemos concebir fuera de un determinismo fatal.

La idea de una voluntad libre que sustituya al determinismo en los fenómenos naturales despierta una explicable resistencia apoyada en la bien contrastada existencia de leyes fatales que rigen aquéllos, mientras el comportamiento de la vida animal denuncia múltiples casos donde la intervención del acto voluntario parece indiscutible. A este propósito conviene insistir sobre el diferente carácter de aquellas leyes a que, sin duda, es atribuible validez fatal, de estos otros actos donde el libre arbitrio rige. Son éstos estricta y esencialmente individuales, mientras los primeros son efectos globales en que intervienen numerosísimas unidades cuya actuación independiente se quiere deducir a través del hecho colectivo. Como hemos dicho antes de ahora la teoría de estos fenómenos se aborda por el mismo método estadístico aplicado a la deducción de las leyes sociales. La diferencia se reduce a que en este caso conocemos el hecho individual y por esto realizamos efectivamente la estadística, mientras en el otro sólo percibimos el fenómeno global y debemos construir cada elemento independiente con las condiciones adecuadas para reproducir por acumulación aquel efecto global. Ello significa que la descripción ha de limitarse al estado medio y, por tanto, va implícita la identidad absoluta de todos

los individuos que engendran el conjunto por acumulación, en contraposición a la variedad de proceder que distingue a los individuos sociales cuya eliminación se busca determinando la conducta media para llegar a la uniformación indispensable en la deducción de las leyes generales.

Esta uniformización es tanto más perfecta cuanto mayor el número de hechos individuales que se utilizan en la deducción de las medias. Si no es suficientemente grande, los valores medios fluctúan alrededor del límite obtenido cuando aquél tiende a ser infinito. En muy pocos casos se alcanza este límite, pero cuando se llega a él las leyes estadísticas adquieren el carácter de leyes fatales, del tipo de las descubiertas por la observación y la experimentación física. Las más de las veces hemos de conformarnos con fenómenos de fluctuación, pero aún en este caso las regularidades que manifiestan justifican el método.

Si desde este punto de vista consideramos los sistemas físicos cuyos individuos integrantes queremos descubrir, la fatalidad de las leyes globales significa sólo que su número rebasa los límites que borran toda fluctuación. Y el caso no es extraño si se recuerda el de moléculas reales contenidas en un miligramo de cualquier cuerpo, masa ya cercana al límite de apreciación de nuestros métodos normales de pesar. Pero interesa también advertir que si bien la fatalidad de las leyes físicas prueba que felizmente para la construcción de la ciencia tratamos con multitudes prácticamente infinitas, existen casos notorios de fluctuación que justifican la hipótesis molecular.

Ahora bien, y esta es la observación que quería subrayar, ¿qué resquicio habría en las estadísticas hu-

manas por el cual pudiéramos descubrir el libre albedrío, si el número de casos a que aquélla se aplicase aumentara en la proporción que significaría incrementar la superficie terrestre, sin alterar la densidad de población, hasta una esfera del radio de la órbita de nuestro planeta cerca de 12.000 veces mayor que el efectivo? Cuantos tienen idea aproximada de la proporción en que disminuye el riesgo de quiebra de las compañías aseguradoras con la extensión de la clientela, comprenderán que un incremento que la multiplica 135 millones de veces atribuye a sus reglas toda la fatalidad de las leyes físicas y, sin embargo, quedamos por bajo del caso representado por los conjuntos de moléculas a que me refería. ¿En tales condiciones tiene sentido apoyarse en los argumentos empíricos para justificar el determinismo del mundo atómico? Ciertamente no, aunque termino declarando que la incertidumbre que es lógico sea atributo de nuestro conocimiento, no puedo avenirme a proyectarlo sobre la realidad que él refleja sino en tanto su adquisición significa que intervenimos en ellos al azar.

Sea cual fuere el valor epistemológico del principio de indeterminación, es gracias a él que han adquirido sentido lógico las analogías y diferencias descubiertas empíricamente entre los diversos cuerpos simples reunidas en el cuadro célebre de la clasificación periódica, que es tanto como declarar científicamente sistematizada la variedad infinita que ofrece la materia aun antes de ser animada por el soplo vital. Sin duda quedan muchas zonas nebulosas, pero son aspectos de condición secundaria que no hacen sino subrayar la importancia del problema resuelto.

El método de la Mecánica ondulatoria no se aplica

exclusivamente al interior de un átomo. La determinación del lugar y velocidad de una partícula en cualquier tiempo anterior o posterior al momento en que la observación suministra su estado inicial, se hallan tan sujetas a incertidumbre como para los electrones de la zona cortical. También tenemos que conformarnos aquí con el conocimiento de la probabilidad de presencia en cada punto y del vector que representa su velocidad en dirección y magnitud, todo ello definido por la ecuación de propagación de una onda que se asocia a la partícula. Si imaginamos su trayectoria definida por aberturas de dimensiones muy pequeñas en dos pantallas, lo cual, geoméricamente, equivale a limitar el haz de rectas entre las cuales debe encontrarse la verdadera trayectoria de la partícula, la introducción de la onda asociada determina la aparición del fenómeno bien conocido de la *difracción*, que consiste en la producción de máximos y mínimos en la amplitud de la onda cuando consideramos direcciones que forman ángulos pequeños y crecientes con la del haz geométrico aludido.

El caso es notorio en la propagación de la luz y cualquier otra clase de ondas electromagnéticas. En los cursos de física elemental se viene realizando el experimento desde fines del siglo XVII. Sobre una pantalla, colocada detrás de las que sirven para definir el haz, aparecen, en vez de la mancha luminosa sección de aquél, una serie de franjas alternadamente brillantes y oscuras (supuesto el foco monocromático) cuya anchura y visibilidad decrecen rápidamente a medida que aumenta su radio, contado a partir del pie del eje del haz geométrico. Además, midiendo aquella anchura, se deduce con gran exactitud la longitud de la onda. Precisamente el estudio de este importante fenómeno, so-

bre todo después de los trabajos de Fresnel, vino a resolver de manera que pareció definitiva el viejo pleito de la naturaleza de la luz, iniciada con la polémica de Newton y Huyghens. Para el primero, la luz está constituida por un conjunto de partículas de lumínico lanzadas desde el foco. Todos los fenómenos en su tiempo conocidos encontraron interpretación adecuada en los cambios de velocidad de las partículas al pasar de un medio a otro. Pero quedaban fuera ciertos hechos empíricos derivados del fenómeno de interferencia, algunos conocidos del propio Newton que le llevaron a atribuir a cada partícula una simetría axial que le dió un medio, siquiera artificioso, para explicarse los anillos coloreados en las películas delgadas.

En cambio, la hipótesis ondulatoria de Huyghens daba clara interpretación de la totalidad de los fenómenos conocidos en la época del físico holandés y aún de los descubiertos hasta los últimos años del siglo pasado, sin otra mejora que sustituir las ondas longitudinales que imaginaba Huyghens, influido por los fenómenos acústicos, por ondas transversales indispensables para explicar la polarización de la luz. Aun prescindiendo de la obra de Fresnel y sus continuadores es incomprendible que desde el primer momento no se haya impuesto la teoría de Huyghens. Sólo pensando en la autoridad del genio de Newton, acreditado por su admirable teoría de los fenómenos mecánicos, incluyendo la gravitación universal, resulta explicable que su pensamiento avasallara a la inmensa mayoría de los físicos anteriores a Fresnel.

Pero hemos de confesar que en nuestros días el punto de vista de Newton nos resulta menos extraño y hasta se puede pensar que fué una intuición genial cuya

base empírica tardó un par de siglos en aparecer con evidencia suficiente. Esta base la forma el grupo de fenómenos llamados fotoeléctricos y muy particularmente el descubierto por Compton al finalizar el primer cuarto de nuestro siglo. Concebida la luz como una onda, la energía que ella transporta es lógico imaginarla distribuida uniformemente en su frente. Por tanto, la energía recogida sobre una superficie finita debe caer por igual sobre cada área unidad. Pero cuando la luz ilumina la materia expulsa electrones de los átomos que la integran, a los cuales impulsa, comunicándoles una energía cinética fácilmente medible. Si el principio de conservación es exacto esta energía no puede exceder a la que recoge el área transversal del electrón o al menos la del átomo que le lanza. No obstante el rigor lógico de nuestro razonamiento, los resultados de la medida se hallan en completa contradicción con la previsión precedente. Si en el lanzamiento del electrón no interviene más energía que la que puede encontrarse en una columna cuya base es la sección transversal del átomo, transcurriría un tiempo muy apreciable entre el instante de comenzar la iluminación y el del lanzamiento del electrón siempre que la luz utilizada tenga una intensidad muy pequeña, como es el caso para la recibida de las estrellas. Pero en todos los casos conocidos el lanzamiento sigue instantáneamente a la iluminación. El que ésta sea más o menos intensa influye sólo en el número de electrones emitidos por un área definida.

El fenómeno ocurre como si la energía en vez de hallarse uniformemente distribuida sobre la onda electromagnética estuviese concentrada en un punto de ella, constituyendo un corpúsculo de volumen pequeñísimo que al encontrar a un electrón le comunica su energía.

Dicha partícula es el *fotón*, a que ya nos referimos, y que se distingue de cualquier otra partícula material por carecer de masa, en reposo. En consecuencia su velocidad no puede tener otro valor que el correspondiente a la propagación de la luz. Por lo que hace al mecanismo de transmisión, el encuentro del fotón y el electrón se produce de modo análogo al de dos esferas elásticas que chocan. Después del encuentro ambas esferas avanzan en direcciones y con velocidades tales que la energía total y la resultante de las cantidades de movimiento sean idénticas antes y después del choque. El fotón y el electrón satisfacen a las mismas condiciones con las diferencias que acarrea la naturaleza del primero. Así el fotón posterior al fenómeno no es el mismo que el inicial sino que corresponde a una frecuencia menor.

En definitiva las teorías corpuscular y ondulatoria de la luz se reducen a dos aspectos diferentes en vez de ser dos concepciones incompatibles del mismo fenómeno real. Tal conclusión evidencia que no es posible identificar nuestro conocimiento con la realidad exterior.

La misma dualidad que para la radiación electromagnética se ofrece en el caso de la materia ordinaria, sólo es diferente la importancia relativa de ambas concepciones. En el caso de la radiación su aspecto más intuitivo es el ondulatorio, mientras la existencia de los fotones sólo se imponen en algunos fenómenos muy importantes pero que han podido escapárseles durante mucho tiempo. Por el contrario, para los fenómenos materiales es el aspecto corpuscular el más intuitivo y el ondulatorio no se impone sino en contados casos cuya percepción exige una técnica experimental muy delicada. Pero estos casos son perfectamente conocidos y repetidamente confirmados. En particular cuando un haz de

partículas materiales pasa por una abertura muy estrecha se dispersa de modo que recogidas sobre una pantalla donde se registran sus impactos se reconoce inmediatamente una distribución que reproduce las franjas de difracción correspondientes a la onda de probabilidad.

* * *

Volvamos a la teoría del átomo. Hemos visto cómo la Mecánica ondulatoria logró interpretar la diversidad de caracteres de los cuerpos llamados simples mediante la organización de la zona cortical cuyo único ingrediente es el electrón o partícula elemental negativa. Pero nos queda aún el núcleo que da cohesión al sistema mediante su carga positiva medida por el *número atómico* Z , expresión del lugar ocupado por el cuerpo en la lista ordenada de todos ellos y parámetro principal para la determinación de sus propiedades.

Para conocer algo más referente a su naturaleza y constitución es necesario abordarla directamente desbordando la barrera levantada por los electrones corticales. Las dificultades son comparables al interés que este conocimiento despierta por su íntima relación con el problema que ha sido fundamental para la inteligencia desde que tuvo conciencia de su condición de espectadora del mundo exterior. Aludo al problema cosmogónico, formulado y resuelto en cada época de la manera más adecuada al alcance del saber logrado en ella.

Así en cuanto al modo de solución se comenzó atribuyendo la organización general del Universo y de cada uno de los sucesos que en él se producen a la voluntad de dioses que a veces llegan a penas a merecer la estimación de superhombres y más tarde se ha pensado en pro-

cesos regidos por las leyes físicas, hasta el punto de considerar que el conocimiento exacto de la Naturaleza en un instante cualquiera permite a la inteligencia de capacidad infinita que hemos de atribuir a Dios la reconstrucción de todo el pasado y la previsión de todo el porvenir; expresión la más científica de la onnipresencia que es atributo de la idea religiosa de Dios.

Y en cuanto al contenido, su primer paso debió limitarse a explicar la formación de un mundo constituido por la materia indistinta que evoluciona desde una condición caótica inicial hasta la organización actual, siempre sometida a leyes que la observación y la experiencia mostraban inmutables. Esta eliminación de las diferencias específicas de naturaleza que se reflejan en el cuadro de Mendelejeff se lograba olvidando testimonios claros sobre la materia en la superficie de las estrellas obtenidos mediante el análisis espectral. Directamente se pudo perfeccionar el conocimiento de las temperaturas reinantes en la zona conocida de cada estrella, e indirectamente auxilió al descubrimiento del estado físico en que pueden hallarse las masas que llenan la región central donde la observación no puede alcanzar. Los millones de grados que allí deben reinar impiden la existencia de los átomos tales y como son conocidos en nuestros laboratorios. La energía que ellos representan es suficiente para deshacer de modo más o menos completo la zona cortical reduciendo cada átomo a su núcleo, con el aumento consiguiente de la densidad a límites que hace poco eran insospechados. Sin duda sus propiedades no tienen nada de común con las manifestadas en los fenómenos que estudia la Química. Podría decirse que nuestros cuerpos simples sólo están en potencia. Pero en esta forma están ya, pues la organización del edifi-

cio atómico completo a partir de cada núcleo es un proceso que puede seguirse teóricamente.

¿Pero cómo y dónde han nacido estos núcleos atómicos y cuál es el árbol genealógico que traduce su evolución? Este es precisamente el problema que se ofrece al estudio de la nueva cosmogonía. Por la misma época en que se denunció la insuficiencia de la ciencia de Newton y nacieron las teorías relativista y cuántica fué descubierto el primer fenómeno que daba un asidero para el conocimiento del núcleo atómico, ciertamente antes de que su existencia hubiese sido sospechada, circunstancia que explica el que por mucho tiempo apareciese como un fenómeno misterioso producido mucho más allá de las fronteras de nuestro dominio sobre la naturaleza; quiero decir, sin que el más ligero cambio revelara un modo de influir sobre los procesos en cuestión. Tal era la condición de las trasmutaciones radioactivas que venían a dar un argumento a la posibilidad del problema que con tanto ahinco, pero a destiempo, persiguieron los alquimistas. El lanzamiento de las partículas α y β que denuncian aquellas trasmutaciones, revelaron la complejidad del núcleo antes de su descubrimiento.

A esta radioactividad espontánea e inaccesible a toda influencia reglable por nuestra voluntad ha venido en estos últimos años a agregarse otro fenómeno del mismo género, pero provocado mediante acciones que al menos podemos orientar de modo que sus efectos sean más aparentes. Gracias a esta nueva radioactividad hemos sabido que en el núcleo existen las partículas α y además protones y neutrones y acaso otros sistemas más complejos. Parece hoy cosa averiguada que los verdaderos elementos simples son el protón y el neutrón. El primero posee una carga positiva igual a la del electrón

negativo, carga de la que carece el segundo. De otra parte la masa material de ambos es igual a la del núcleo del hidrógeno, aunque quizá la del neutrón sea ligeramente inferior. La acción mutua entre los protones se rige por la ley conocida de Coulomb, pero de las que puedan provocar y sostener la ligadura de protones y neutrones y de éstos entre sí, no tenemos la menor idea aunque su realidad es innegable.

En definitiva, cada núcleo resulta ser un sistema complejo de Z protones y $A-Z$ neutrones, organizado de manera aun desconocida. Sólo sabemos que aquellas partículas elementales se agrupan frecuentemente constituyendo sistemas subordinados de gran estabilidad, como las partículas α (núcleos de helio), probablemente tales y como son cuando forman núcleos simples o a lo más deformados por los campos intranucleares.

El número Z mide la carga eléctrica positiva, según ya dije, y en consecuencia fija el número de electrones corticales que la neutralizan, los cuales se organizan por sí mismos bajo los dictados de la Mecánica ondulatoria. Por ello, todos los átomos que integran un cuerpo simple son idénticos desde el punto de vista químico; pero la medida precisa de la masa atómica, realizada en estos últimos años por Aston, denuncia diferencias muy apreciables en el valor de A que obligan a distinguir entre átomos de igual estructura cortical. Todos los que poseen igual Z forman el grupo de los llamados *isótopos*, y sin duda las diferencias que les separa provienen del número de neutrones contenidos en el núcleo.

Antes de alcanzar la precisión actual del método seguido por Aston para pesar los átomos, pareció que A es siempre un número entero, sugiriendo la existencia de un elemento común a todos los núcleos, elemento que

es justamente el protón o núcleo del átomo de H, aunque la masa de éste parece superior a la unidad, puesto que se eleva a 1,0075. Esta parecía única excepción a la regla del valor entero de A hasta que el perfeccionamiento del método le llevó a descubrir pequeñas diferencias en todos los casos, cuya interpretación fué inmediata aceptando los principios de la ciencia clásica, juntamente con la relación relativista que permite atribuir una masa determinada a cada cantidad de energía.

Aquellos principios llevan a afirmar que la organización de todo sistema físico se realiza de modo que su energía interna disminuya, disminución que se traduce por un defecto de masa, según la última relación, y por tanto es lógico que un núcleo integrado por los Z protones y $A-Z$ neutrones posea una masa inferior a la de A núcleos de hidrógeno, depresión tanto mayor cuanto más grande es la estabilidad del sistema constituido. Aston, además, pudo construir una curva que define la pérdida media de la masa de un protón en la serie de los átomos, curva que desciende hasta las vecindades del Fe para crecer luego lentamente hasta los elementos radioactivos.

Esto significa notoriamente que para los elementos ligeros debe existir una tendencia a unirse constituyendo otros más pesados y complejos, mientras los átomos más pesados deben tender a convertirse en otros más ligeros. Este último fenómeno puede producirse espontáneamente cualesquiera que sean las circunstancias del entorno al núcleo, y así se explican las trasmutaciones radioactivas con su inmutabilidad frente a todo cambio del ambiente, dentro de las posibilidades de la técnica actual. La energía perdida por cada unidad de disminución de A en estos procesos se puede medir directamente y se obtienen

valores del orden de la pendiente de la curva de Aston, como debía esperarse de las consideraciones precedentes.

La generación de elementos más pesados partiendo de los más ligeros ha de ser más difícil de observar, puesto que exige el acercamiento de dos núcleos a distancias para las cuales las fuerzas de atracción sean preponderantes. Aun aceptando que las altas temperaturas estelares bastan para eliminar totalmente las zonas corticales electrónicas, que por sus mutuas repulsiones producen la impenetrabilidad aparente de la materia, queda la repulsión electrostática correspondiente a las cargas positivas. Todo ello hace que aun en el corazón de las estrellas, donde la Astrofísica ha podido calcular reinan temperaturas del orden de los millones de grados, el fenómeno ha de producirse con frecuencia relativamente baja.

Estas reacciones internucleares fecundas para la generación de las diversas clases de átomos no son fenómenos hipotéticos puesto que en los laboratorios han podido ejecutarse múltiples experimentos de esta especie, claro que utilizando núcleos dotados de enormes velocidades que la agitación térmica no produciría sino excepcionalmente aun a aquellas temperaturas fantásticas. En este caso se encuentran las partículas α lanzadas en ciertas trasmutaciones radioactivas o algunos núcleos ligeros sometidos a campos eléctricos de intensidad suficiente. La energía de movimiento les consiente vencer los obstáculos señalados penetrando en el núcleo y reaccionando con él para engendrar otro más complejo.

Ciertamente todos los ejemplos conocidos se refieren a la formación de núcleos ligeros, pero ya basta para que el problema de la generación de los diversos núcleos podamos considerarle científicamente esbozado y no muy

lejano el día en que se vislumbre la solución. Para acercarnos a ella es necesario una descripción de las estructuras nucleares más precisa de la que hoy poseemos.

En este orden nuestros conocimientos son aún muy precarios. El dato más importante que la experimentación ha descubierto es la existencia de diversos niveles de energía que llevan aparejados tránsitos en los cuales se emiten las diferencias de energía como ondas electromagnéticas más penetrantes que los rayos X, designados desde su descubrimiento y antes de que su naturaleza se hubiese fijado con el nombre de rayos γ . Las configuraciones correspondientes a dichos niveles se atribuyen a diferencias de enlace de una partícula α que se reflejan en las velocidades con que son lanzadas, constituyendo un espectro discontinuo y en estricta relación con los rayos γ , al modo como se relacionan también los rayos X de los espectros característicos de los átomos con los electrones lanzados de ellos por efecto fotoeléctrico.

Por lo que hace al lugar efectivo donde se elaboran los núcleos, parece que hoy se acepta con más unanimidad que hace unos años la idea de atribuir las condiciones adecuadas a la región central de las estrellas, cuya elevada temperatura, sostenida por períodos acaso no menores que varios millares de millones de años, exige la presencia de una fuente adecuada de energía, muy superior a cuanto podría esperarse de todo mecanismo conocido fuera de la destrucción de una masa de magnitud conveniente.

Por otra parte, es lógico imaginar el mecanismo del proceso evolutivo que nos interesa como la adición sucesiva de protones individuales que determina la disminución apreciable en la estrella del contenido en hidrógeno con su envejecimiento. Es interesante que en

estos años se haya demostrado que las estrellas contienen una proporción de hidrógeno muy superior a lo que se creía antes, así como se ha comprobado su empobrecimiento progresivo con la edad del astro.

Pero acaso sea excesivo localizar la generación de los diversos núcleos exclusivamente en el seno de las estrellas. Nada se opone a que igual fenómeno ocurra en los espacios prácticamente vacíos. Desde el primer momento del descubrimiento de los rayos cósmicos se atribuyó su origen a la integración de determinados núcleos, como el helio, el oxígeno, el nitrógeno y aun otros más pesados como el silicio y el propio hierro. No puede atribuirse hoy demasiado valor a los razonamientos que condujeron a tales resultados, pero es innegable la posibilidad de formación de los núcleos más ligeros sin el auxilio de las elevadas temperaturas del interior de las estrellas. Su papel se concreta a la destrucción de la zona cortical y proveer a los núcleos reaccionantes de la energía relativa necesaria para vencer la acción de Coulomb; pero lo primero tiene escasa importancia en los átomos más ligeros y la aceleración de los protones y aun de otros núcleos de número atómico bajo se logra también por campos eléctricos no muy exagerados, pero que actúan a lo largo de los grandes trayectos libres que pueden seguir en los espacios interestelares.

No se trata aquí sino de atisbos más o menos lógicos relativos al proceso que nos interesa. La solución de este problema es difícil que se logre antes de que se disponga de más amplias noticias respecto a las leyes que determinan la organización nuclear, pero la inteligencia no suele avenirse a una espera prudencial, y dejándose arrastrar por motivos generales que llevan a buscar la explicación de cada fenómeno con los recursos de la cien-

cia ya constituida, dirige el primer intento de interpretación teórica del núcleo según los métodos de la Mecánica ondulatoria. Los resultados no prometen el éxito, sino más bien sugieren la necesidad de una nueva forma de la teoría física que sería una aproximación más íntima a la realidad desconocida.

La experiencia adquirida en la construcción de los anteriores grados de aproximación; lo mismo en la Mecánica ondulatoria que en la relativista y en la propia física newtoniana, lleva a buscar cuál sea entre los postulados aceptados como base de la teoría aquel que ha de retocarse. La atención se ha fijado hasta hoy en el principio de conservación de la energía, al parecer incumplido en alguno de los fenómenos radioactivos. Me refiero a las transformaciones con emisión de rayos β . Estos rayos son electrones lanzados con velocidades que a veces se aproximan mucho al valor límite representado por la velocidad de propagación de la luz. Como es fácil medir dicha constante para cada partícula β y sabemos la energía que corresponde a cada valor de v , conocemos la pérdida que acompaña a la transmutación; pérdida, por otra parte, perfectamente definida mediante los estados inicial y final del núcleo. La única incertidumbre procedería de que algunos de los núcleos pudiesen hallarse u obtenerse en estado de excitación, pero siempre los rayos β formarían un espectro discontinuo más o menos complicado.

Esta predicción es consecuencia de las concepciones hasta hoy aceptadas en todas las teorías que han venido informando el conocimiento físico, pero fracasa claramente en el estudio de la radiación β de las transmutaciones mejor caracterizadas. En vez del espectro discontinuo esperado se obtiene una distribución con un máxi-

mo, para velocidad inferior a la exigida por el principio de conservación, el cual sólo parece satisfecho por las partículas más rápidas, pero escasas en número. No han faltado los intentos de siempre buscando la explicación del hecho sin renunciar al principio, intentos hasta ahora infructuosos, y aunque tampoco se ha logrado un esbozo de construcción lógica que sustituya a la vieja ciencia, es el caso que nos vamos acostumbrando a la idea de renunciar al postulado que parecía más firme. Bien entendido que esta renuncia no puede ser total. Existe la prueba de su validez en casos de trascendencia indudable para las concepciones generales relativas a la realidad exterior que ya hemos recordado al ocuparnos de las reacciones internucleares. Como un segundo ejemplo conviene considerar las relaciones entre la energía y la materia. En la Física clásica ambas nociones nos aparecían irreductibles, la materia como sostén de la energía y esta última como animadora de la primera, especie de espíritu vital que interviene en cuantos fenómenos se producen en la Naturaleza, en los cuales se conservan separadamente la una y la otra, mientras se altera la distribución de la energía sobre cada porción de materia, tanto respecto de la forma en que aparece como de las cantidades que contiene. El principio de relatividad vino a romper la supuesta barrera infranqueable con el teorema que define la masa de una cantidad de energía mediante su cociente por el cuadrado de la velocidad de la luz. Ello significa que la emisión o la absorción de energía por un cuerpo produce una disminución o aumento definido de su masa. Se desprende de lo ya visto que las transformaciones radioactivas y las reacciones internucleares suministran pruebas empíricas múltiples de la

exactitud de este teorema, pero existe una de notoria evidencia que quiero señalar aquí.

Cuando una onda electromagnética de frecuencia suficientemente alta acierta a penetrar en un campo eléctrico poderoso, como los que han de existir en el entorno de un núcleo de número atómico elevado, desaparece totalmente y en su lugar nace una pareja de cargas eléctricas, positiva y negativa, con la masa característica del electrón y con velocidades tales que la suma de sus energías corresponda exactamente a la del fotón que las engendró. La técnica experimental moderna permite ver estos electrones y determinar el signo de sus cargas y la magnitud de sus energías con la misma seguridad que en cualquiera de los otros casos de cuya evidencia no dudamos, y el fenómeno en sí tiene toda la trascendencia que traduce la designación usada por Mad. Curie: *materiización de la energía*. También del fenómeno inverso existen claros signos, aunque no tan evidentes, pues exigen la coincidencia de los dos electrones positivo y negativo, de cuyo encuentro nace un fotón γ .

Si aceptamos que la atracción mutua de ambos electrones conduce fatalmente a la conversión de su energía interna en radiación γ , obtendremos simultáneamente la explicación de la corta vida de los primeros, pues dada la abundancia de los negativos, como elementos integrantes de la zona cortical de cada átomo no ha de conservarse largo tiempo sin topar con un electrón negativo que vuelva la energía a su forma radiante, *desmaterializándola*.

Henos aquí de nuevo en presencia de una contradicción comparable a la que indujo a Einstein y a los creadores de la Mecánica ondulatoria a retocar los postulados de la ciencia que hasta sus respectivos momentos ha-

bían acreditado su validez. Es lógico pensar en que debe seguirse la misma conducta en presencia de la nueva dificultad, pero aun nos encontramos ante un interrogante que permanece abierto.

* * *

He querido en las páginas precedentes subrayar las concepciones generales introducidas para la interpretación racional del mundo físico desde Newton, cuyas exigencias dialécticas precisan y perfeccionan el lenguaje enriqueciendo sus posibilidades de expresión. No he pretendido trazar un cuadro completo de la evolución del pensamiento físico, porque sólo quería evidenciar la conveniencia, sino la necesidad, de que en la labor de esta casa esté presente la Ciencia que desde hace más de un siglo preside el desenvolvimiento cultural. Con la misma sinceridad que aplaudo este que supongo origen de vuestro llamamiento, expreso mi temor respecto a la selección de mi persona para llenar el hueco. Sin embargo esto no podría justificar mi indolencia, y si aspiro a que recaiga sobre vosotros la responsabilidad de mi presencia aquí, debo poner de mi parte todo el esfuerzo de que sea capaz para sentarme dignamente en el sillón donde, por la modestia proverbial de D. Santiago Ramón y Cajal, se ha conservado la sombra del magnífico escritor castellano que fué D. Juan Valera. Que perdonen todos mi atrevimiento.

CONTESTACIÓN

DE

D. IGNACIO BOLÍVAR Y URRUTIA

ATLANTIC OCEAN DEGREE 42

MEMORANDUM

SEÑORES:

¡Ojalá lleguen pronto los tiempos del trabajo alegre y de la alegría trabajadora!

Con esta frase terminaba Echegaray el discurso con que la Academia de Ciencias recibía a D. Blas Cabrera hace poco más de veinticinco años. El gran matemático no podía suponer que aquellos tiempos por los que suspiraba con dego de amargura estuvieran tan próximos que pudiera disfrutar de ellos su patrocinado. Y en efecto, ¿quién hubiera previsto entonces la posibilidad de que una dedicación a la Ciencia, con el fervor del investigador y libre de las preocupaciones de la vida, estuviese tan próxima que pudieran verse ejemplos de ella en tan corto espacio de tiempo?

Mediaba el siglo XIX y aun iba corrida buena parte de su último tercio sin que en el concierto científico mundial se dejase oír la voz de España, ahogada por las continuas guerras sostenidas, allende los mares por oponerse a una independencia y del lado de acá por defender la propia, seguidas de otras intestinas que constituyen uno de los períodos más lamentables de nuestra historia; y ello precisamente cuando las Ciencias, y en especial las Naturales, habían empezado a desarrollarse con potente impulso amparadas por gobernantes conscientes de su importancia, augurando brillante porvenir, y a tal pun-

to llegó el abandono en que quedaron sumidas y tanta fué la duración de aquel período de su historia, que cuando comenzó nuestro resurgimiento a la vida científica llegaron a causar extrañeza las aportaciones de los españoles al acerbo común de la Ciencia.

Bien claramente lo demuestra la extrañeza manifestada por una corporación de las más significadas en el mundo científico, la Real Sociedad de Microscopía de Londres, que al examinar una Memoria escrita en castellano sobre la teoría de la visión microscópica de Abbe no ocultaba su sorpresa de que asuntos de aquella naturaleza pudiesen ser tratados en un idioma tan poco a propósito como el nuestro para aquel género de estudios. La Memoria era de D. Joaquín M.^a de Castellarnau y había sido publicada por la Sociedad Española de Historia Natural. La sorpresa con que fué acogida aún se acrecía por la excelencia del trabajo, que hacía desear al secretario de aquella corporación que fuese traducida al inglés para que no faltase en la mesa de trabajo de ningún microscopista de su país. Bien se comprende que la prevención que esto revela, aunque atribuída al idioma, era causada por el hecho de que un español estuviese capacitado para tratar de aquellas materias. Tal era la idea que nuestra ausencia del palenque científico había hecho nacer, apenas hace cincuenta años, sobre la capacidad de los españoles para tratar de otras materias que no fueran las de Arte y Literatura, y aquí encontraría nuestro nuevo compañero razón suficiente, si no hubiera otras, para explicarse la elección que de él ha hecho la Academia Española al llamarle a su seno, ya que ha contribuído como pocos a demostrar la falsedad de aquella prevención, contribuyendo con sus valiosos escritos a demostrar que el idioma castellano es tan hábil para tra-

tar los asuntos científicos como cualquiera otro y que la excelstitud que en todo tiempo alcanzó en Literatura podrá extenderse a las Ciencias Físicas como a todas las demás cuando haya hombres que las posean con el absoluto dominio que tiene demostrado D. Blas Cabrera.

En el discurso que acabamos de oír se revela el estado de pobreza de que por entonces adolecía nuestra aportación científica; la penuria de nuestros centros de enseñanza y la escasa afición de los españoles a la investigación, que Cajal atribuía a falta de voluntad para este género de trabajos. Pero ésta, afortunadamente, si existía, no era congénita, sino, en todo caso, heredada y mantenida por la aridez del medio, que por entonces no ofrecía facilidades ni aliciente alguno para despertar el deseo de entregarse a la investigación, como no naciera éste de un espontáneo impulso ingénito.

La acción del Estado apenas dejaba sentir su influencia en el desarrollo de esta clase de estudios. Al mediar el siglo sólo hacía tres años que había sido creada la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, institución destinada, en el ánimo de sus fundadores, a fomentar el estudio de las ciencias en todas sus manifestaciones. Para su constitución se eligieron las personas más eminentes de aquel tiempo; ilustres varones que alcanzaron en aquella ocasión justo premio a sus merecimientos, pero creada aquella institución por el patrón de otras análogas ya existentes, no se la daba participación en la enseñanza, por lo que no pudo ejercer influencia sobre ésta, ni tampoco facilidades para la comunicación con la vida científica exterior, que empezaba a desarrollarse. Hubiera sido conveniente procurar, no tan sólo la justificada consagración de las personas que se distinguieran en el estudio de las Ciencias, sino conce-

derles la necesaria dinamicidad—perdonadme el vocablo—para lograr la cooperación que echaba de menos ante la misma Academia, en bien reciente discurso, uno de sus preclaros miembros, tan necesaria para conseguir el ansiado fruto de la renovación, mejor dicho, del resurgimiento científico de nuestro país.

La Ciencia no puede ser obra de una sola persona ni de un reducido grupo de ellas por eminentes que sean, sino de la aportación de cuantas la cultivan; los más insignificantes datos, recogidos quizás por los más humildes, pueden servir de base poderosa enlazados sabiamente por otros, como las piezas de un mosaico, para realizar descubrimientos de importancia o para hallar las leyes que rigen los fenómenos naturales.

Otras corporaciones privadas que la necesidad hizo surgir espontáneamente más tarde a impulso del ansia de progreso y de renovación que en todos los órdenes de la vida, no sólo en el terreno científico, empezaron a dejarse sentir y que el gran Costa sintetizó con la palabra *europización*, recogieron aquellos anhelos y se erigieron en centros de comunicación y de intercambio de las actividades individuales, donde los neófitos alternaban con los avezados a los trabajos científicos, encontrando en ellos apoyo y protección y en cuyas publicaciones hicieron sus primeras armas los que luego contribuyeron con la pujanza de sus escritos y la multiplicidad de sus observaciones y descubrimientos a elevar la ciencia patria a la altura a que hoy ha llegado.

Permitidme la debilidad de que cite entre ellas, como una de las que más contribuyeron a formar el terreno conveniente para la vida científica en el campo de las Ciencias Naturales y a difundir por el mundo el conocimiento de este resurgimiento, a la Sociedad Española

de Historia Natural, guión pudiera decirse de otras que no tardaron en constituirse, como la de Física y Química, en la que tan valiosa participación ha tomado nuestro nuevo compañero haciendo de sus *Anales* el instrumento poderoso que tanto ha influido en el florecimiento de la física española. Así se llegó a constituir en las postrimerías del pasado siglo el ambiente necesario para que la semilla sembrada por Cajal no se perdiera, ambiente indispensable como lo es para el vegetal el terreno convenientemente preparado, en que va a cultivarse y de cuya fertilidad depende que prospere y se desarrolle con brío y pujanza, ya que sin esas condiciones los más robustos gérmenes no pueden producir sino frutos desmedrados y raquíticos.

El Estado, despierto de su letargo por tan fuertes aldabonazos, tuvo a principios de este siglo el acierto de crear un instrumento poderoso que puesto desde su principio en las hábiles manos de Cajal, secundado por prestigiosas personalidades entrañablemente afectas al pensamiento que lo engendrara, ha tenido una innegable participación en el desarrollo de la Ciencia y de la cultura española, y aun cuando sólo sea incidentalmente por no ser ésta ocasión de hacerlo con mayor detalle, he de mencionarle, que no cabe omitir su intervención cuando se trate de conocer los factores del desarrollo científico y cultural de nuestro país en lo que va de siglo, y su influencia en la rapidez con que se ha verificado.

Me refiero, como lo ha hecho también el Sr. Cabrera, a la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, y sería atribuirme una intervención mayor de la que yo he tenido en su obra si apelara a la modestia para disculparme de hacerlo. La obra de la Junta comenzó aceptando la colaboración de los centros

oficiales que quisieron prestársela para preparar los pensionados cuando éstos no ofrecieran garantías de representar dignamente a España por la deficiencia de sus conocimientos y para recogerlos a su vuelta y procurar que los conocimientos adquiridos por su permanencia al lado de los más eminentes sabios extranjeros no se perdieran por el abandono en que se hallarían al reintegrarse a los establecimientos a que pertenecían, faltos en aquel tiempo, por lo general, del material de estudio indispensable para que continuaran en ellos sus investigaciones, y de que esto se logró habla bien claro el hecho de haber sido algunos de ellos solicitados para formar parte del profesorado de Universidades extranjeras o para la dirección de Centros científicos o culturales de otros países; lo que, si por una parte es honroso para nuestra patria, es por otra de lamentar, porque esos elementos sustraídos a la cultura del país eran los más preciosos para intensificar en él la obra que se perseguía; pero esto era inevitable, la Junta no disponía de recursos para sostenerlos hasta que consiguieran cargos oficiales. También renovó procedimientos puestos ya en práctica en tiempos pasados y de los que los nombres de Loeffling, Bowles y Proust, entre otros, son buena demostración, invitando y logrando traer a España profesores extranjeros que difundieran sus conocimientos dando conferencias y hasta cursos repetidos sobre materias insuficientemente conocidas en nuestro país, puesta siempre la mira en el interés de la Ciencia y de la Patria, que ha sido la divisa inexcusable de su Presidente, y con aquel fin se crearon: el Centro de Estudios Históricos con sus Cursos para extranjeros; el Laboratorio de Investigaciones Físicas, de especial recordación ahora, como luego diré; se ampliaron los laboratorios y se crearon

otros nuevos y también clases prácticas en el Museo de Ciencias Naturales; se formó la Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas; se fundaron el Instituto-Escuela y las Residencias de Estudiantes con los diversos laboratorios que las complementan, encomendándolos a personalidades bien conocidas por su competencia y especialización; se procuró el intercambio de alumnos y profesores con centros extranjeros; se publicó gran número de obras que no hubieran encontrado editor por su especialización, así como las producidas por los centros creados; se dió vida a revistas bien acreditadas hoy en el extranjero, como la de Filología: la sugestión de su ejemplo dió origen a las Culturales de las Repúblicas americanas que tanto han contribuído a aumentar el renombre de valiosas personalidades científicas que han sido solicitadas para dar cursos y conferencias en los respectivos países; y, por fin, intentó la extensión a provincias de su obra, solicitando, como no podía menos, la colaboración de aquéllas; de lo que es buena prueba la Misión Biológica de Galicia, que tan excelentes resultados viene dando para el mejoramiento de razas y cultivos; en suma: procuró el cumplimiento de los deberes que la imponía su título de Ampliación de Estudios y de Investigaciones Científicas.

Fuerza es reconocer que el resultado de tantos esfuerzos y de la cooperación de otras varias instituciones y personalidades, todas ellas animadas de idénticos deseos, ha sido el de producir una floración científica notable, que así merece ser calificada, por la rapidez y la intensidad de su desarrollo, como lo ha hecho notar el Sr. Cabrera. De ella da eficaz testimonio el hecho de haber podido fundarse el Instituto Nacional de Ciencias,

el de Cajal, el de Física y Química, el Laboratorio de Histología normal y patológica y el que haya podido celebrarse en Madrid en el transcurso de estos últimos años, los Congresos internacionales de Geología, de Química y, por fin, y más recientemente, el de Entomología; a los que han asistido centenares de sabios extranjeros, ansiosos de conocer nuestro progreso, y ante cuya evidencia han hecho repetidas y significadas manifestaciones en numerosos escritos que han difundido el derecho de España a figurar entre las naciones en las que se rinde copioso tributo a la Ciencia.

* * *

Cajal simboliza justificadamente el progreso realizado en España en el terreno científico, por haber contribuido a él poderosamente, no sólo con sus escritos, sino, además, como lo habéis oído, ejerciendo una eficaz influencia sobre los cultivadores de otras ramas científicas, distintas de las de su predilección... Pero Cajal no ha llegado a tomar parte en los trabajos de esta Academia, lo que parece incompatible con el respeto que le inspiraba y con el amor que sentía por las letras patrias; ello, sin embargo, tiene fácil explicación para el que conoce el poder atractivo que lleva consigo todo trabajo creador; bien lo acaba de expresar nuestro eximio Director en la inauguración de la Casa de Lope, glosando el pensamiento del poeta: "el trabajo creador no se puede interrumpir cuando se quiere, pues no se recobran a voluntad sus rachas caprichosas". Pretender que se interrumpa, y menos que se abandone, la resolución de un problema en el que se tiene puesta toda la atención y cuya solución puede dar la clave para la explicación de fenómenos controvertidos en materia científica, y en el

que se viene trabajando quizás años enteros, para escribir forzosamente un discurso que, por ser suyo, no habría de ser banal, destinado tan sólo a llenar un requisito reglamentario, sino pensado y meditado con la profundidad de pensamiento y la claridad de juicio que le era peculiar y aderezado además con un lenguaje atildado, purgado de los términos y de las expresiones propias de las especialidades científicas, siquiera para él fuera esto cosa baladí, es demasiado exigir, y por esto su retraso ha de ser dispensado y hasta celebrado si en su lugar realizó descubrimientos del interés de todos los suyos, recabando para la Ciencia patria lo que demoraba conceder a las Letras... Otra cosa hubiera sido tal vez si los neófitos pudieran entrar en el templo sin esperar esta confirmación.

Cajal ha conocido el trabajo alegre a que aspiraba Echegaray, que consiste en abstraerse del mundo exterior para sumirse por entero en el estudio, abstracción no exenta quizás de egoísmo, puesto que no cabe hacer partícipes a los demás del placer a que nos entregamos, lo que lleva como descargo de conciencia al anhelo de sugestionar a otros para que se dediquen al mismo trabajo, mejor dicho para que disfruten de igual goce y encanto.

La observación de la Naturaleza es un medio poderosamente sugestivo que absorbe la atención y aísla por completo al que a él se consagra, llevado del deseo de levantar un poco más el velo que ocultaba, un hecho, un fenómeno, una relación; figuraos la satisfacción inmensa de Cajal al escudriñar con su sagaz mirada lo que él llamó "el bosque impenetrable de la substancia gris de los centros nerviosos", pertrechado de su microscopio y de sus seleccionantes reactivos para hacer resaltar las

particularidades deseables sobre otras ya conocidas, avanzando con exquisita precaución para no alterar las conexiones de las fibras nerviosas y poder seguir su trayectoria hasta relacionar cada una de ellas con los elementos de que proceden y elevarse después de esto a la concepción de su funcionamiento, llegando en sus investigaciones sobre la fina estructura del más noble de los sistemas orgánicos, como en otra ocasión dije, hasta la frontera infranqueable donde termina la materia; penetrando más que hombre alguno en los maravillosos alcázares donde la substancia más delicadamente organizada y de trama más exquisita sirve de substrato a las asombrosas manifestaciones del pensamiento... donde, si cabe expresarse así, se verifica el contacto, la articulación de lo material con lo inmaterial, de lo finito y perecedero con lo permanente y eterno.

* * *

El progreso realizado por la Física en el período que analizamos es bien manifiesto, y así se deduce de la admirable exposición que acabamos de oír, pero no es inferior el llevado a cabo en su enseñanza en nuestras Universidades, y en ambos ha colaborado D. Blas Cabrera, contribuyendo por modo notable a su florecimiento.

Desde que terminó sus estudios universitarios, y aun pudiera decirse durante éstos mismos, la vida de Cabrera ha estado dedicada por modo muy constante al estudio de su ciencia favorita, la que estudia los fenómenos físicos sin alterar la naturaleza de los cuerpos; ciencia que hoy más que nunca exige una base matemática que, como la plataforma sobre la que se va a actuar, es en absoluto indispensable para profundizar en su es-

tudio y que Cabrera alcanzó impulsado por los deseos sentidos, como él mismo ha dicho en otra ocasión, con intensa vehemencia de contribuir al progreso científico de España, siempre animado con la esperanza de verlos cumplidos o, cuando menos, de tranquilizar su conciencia al poner de su parte cuanto fuera menester para lograrlo, y, en efecto, antes de obtener la cátedra que desempeña en la Universidad de Madrid ya había comenzado a distinguirse y gustado de la satisfacción que produce el trabajo científico cuando se profesa con el amor y el entusiasmo que ha sido siempre la característica de su personalidad. Y si al ingresar en la Academia de Ciencias podía recordar los tres sucesos de su vida intelectual que habían quedado más profundamente grabados en su memoria, como eran: la obtención del grado de Doctor, la del nombramiento de catedrático y su ingreso en aquella Academia de Ciencias, hoy podría agregar a ellos otros muchos entre los que seguramente contará como jalón de los más apreciados en su brillante carrera la celebración del acto a que asistimos.

El reconocimiento de los méritos del académico de la de Ciencias, hecho por su panegirista, era por tal modo completo que ahora que a tantos merecimientos se han agregado otros muchos, si cabe más importantes que los hasta entonces conseguidos por Cabrera, no puede haber superación, y descansando en aquella superior inteligencia podría limitarme a repetir su parecer tan oportuno para la demostración del tema principal de este discurso, afirmando que los trabajos de nuestro nuevo compañero demuestran cuánto ha progresado España no sólo en cultura matemática, sino en cuanto a estudios físicos se refiera de cuarenta años acá.

Ya no puede decirse, añadía entonces Echegaray, que seguimos en la impedimenta al numeroso ejército del progreso, sino que hemos entrado en filas y es de creer que nuestros combatientes, que ya lograron buena graduación, conquisten por fin los más preciados entorchados.

Estos felices éxitos de Cabrera llevaron a la Junta para Ampliación de Estudios a ofrecerle la creación de un laboratorio y los recursos necesarios para que pudiera realizar sus deseos de entregarse a la investigación y conjuntamente a la formación de un personal reclutado entre los jóvenes alumnos más aventajados de la Universidad; que fuese el germen de la renovación científica en el terreno de la Físico-Química de nuestro país, y así nació el Laboratorio de Investigaciones Físicas, que aquélla fundó para promover los estudios de esta ciencia en 1910, cuando la Academia de Ciencias acababa de recompensar los trabajos de Cabrera recibéndole como miembro numerario. Esta fecha señala el comienzo del período de más intensa actividad de este investigador y el más fecundo hasta hoy de su vida científica.

Sus primeros trabajos de Física propiamente dicha habían versado sobre las propiedades de los electrólitos, citándose aún como una tentativa plausible su teoría del fenómeno de la disociación en las disoluciones, y a ella habían seguido sus estudios sobre la resistencia eléctrica de una aleación (mangánica) muy utilizada para la construcción de los patrones de resistencia eléctrica y sobre los cambios de la imantación de los imanes permanentes con la temperatura, y los de la resistencia eléctrica del níquel y del hierro cuando actúa un campo magnético poderoso, asunto este último que después ha vuel-

to a estudiarse por diferentes físicos extranjeros que renovaron el descubrimiento, sin reclamación por parte de Cabrera, que nunca fué dado a las fútiles cuestiones de prioridad.

Pero desde entonces comenzó a especializarse en los estudios magnéticos, por los que siempre había manifestado predilección, y abandonando resueltamente los cauces por los que venía discurriendo la Física, dió un gran paso para su estudio, tratando de llegar al átomo, comprendiendo que las investigaciones magnéticas constituyen el medio más eficaz para llegar a penetrar en ese territorio incógnito de la constitución íntima de la materia, vedado hasta entonces a los investigadores, y cada una de sus publicaciones es una nueva conquista en ese terreno virgen por entonces de toda tentativa para su conocimiento.

Da idea de la intensidad del trabajo del Sr. Cabrera la afirmación del Director del Instituto de Física de la Universidad de Estrasburgo de que, de los 180 artículos sobre esta materia con que cuenta la rica biblioteca de aquella Universidad, se elevan a 24 los salidos del Laboratorio de Investigaciones Físicas, publicados por la Junta para Ampliación de Estudios, encontrándose entre ellos el que más ha contribuído a ensalzar el nombre del físico español, porque en él se establece la ley que regula las variaciones que en el sistema periódico de los elementos sufren los momentos magnéticos de los átomos de la familia del hierro; ley que es conocida por todos los físicos con el nombre de *curva de Cabrera*, por la curva que la representa. Y no contento con haber deducido esta ley como consecuencia del resultado de repetidos ensayos y experimentos ha procurado conocer su significado, interpre-

tando su relación con la dinámica especial de lo infinitamente pequeño, cuya conquista definitiva será uno de los mayores timbres de gloria de nuestra época.

Otro de sus importantes trabajos y que mayor pericia ha exigido sin duda para su realización es el de la imantación de las tierras raras, cuyo resultado fué publicado por la Sociedad Francesa de Física en sus *Anales*.

Ha llamado también la atención de este sabio investigador, y aun puede asegurarse que ha constituido siempre un asunto de su predilección, el estudio del magnetismo de la materia, buscando por este camino la aclaración del magno problema de la constitución del átomo y la molécula, y aparte de las numerosas memorias publicadas sobre él, deben citarse dos publicaciones de conjunto que han tenido resonancia en los centros científicos; sobre una de ellas versaron las tres conferencias dadas en el Instituto Henri Poincaré, de París, que se insertaron en los *Anales* de dicho Instituto, y otra es el informe sobre el paramagnetismo, con que contribuyó al Congreso Solvay, de 1931.

Pero la actividad de Cabrera no se ha mantenido encerrada en las paredes de su laboratorio, sino que ha procurado difundirse fuera del mismo, siguiendo las gloriosas y fecundas huellas de su maestro en matemáticas; así, le vemos tomar parte muy activa en la vida científica de nuestra época, asistiendo a los Congresos de Física; representando a España en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas; formando parte del Comité del Instituto Internacional de Física Solvay; de la Unión Internacional de Físicos, y en la celebración del Centenario de Pasteur; llevando en todos estos cargos

y actos el nombre de España al puesto elevado que más podíamos desear.

Y aparte de estas participaciones en la vida extranjera de la Física, ha tomado otras no menos apreciables y merecedoras del agradecimiento patrio encaminadas a la difusión de los conocimientos de su especialidad en nuestro país, sobre todo en los relativos a temas de gran actualidad, como lo acredita el volumen sobre *Relatividad* que publicó la Residencia de Estudiantes, libro notable no sólo por la claridad con que están expuestas materias tan abstrusas como las que en él se tratan, sino por lo afortunado de su redacción, que podría servir de modelo para esta clase de obras, y basta, como antes dije, a justificar su elección como Miembro de esta Academia, y lo mismo cabría decir de las memorias y artículos sobre la evolución de los elementos químicos que han aparecido en los *Anales de la Sociedad de Física y Química* y en las *Actas de la Academia de Ciencias de París*, en las que se exponen ideas originales sobre el modo de formación de los átomos, incorporadas ya a la Ciencia; pero como no es posible seguir exponiendo toda la labor realizada por Cabrera ni es necesario hacer resaltar la importancia de su valiosa contribución al progreso de la Física, reconocida por los sabios extranjeros, habré de terminar recordando que ella le ha valido la concesión del título de Doctor *honoris causa* por la Universidad de Estrasburgo, con el que quiso esta Universidad recompensar de modo tan honroso al hombre que ha consagrado su pensamiento y su mayor actividad a la investigación científica.

Pero siendo esta distinción tan alta y envidiada, aun hay algo que debe enorgullecer tanto como ella a nuestro compañero, y es el haber conseguido atraer la aten-

ción del mundo científico por la importancia de sus trabajos y publicaciones y de los de sus colaboradores del Laboratorio de Investigaciones Físicas, haciendo nacer la certera esperanza de que con mayores medios, con más perfeccionados elementos de trabajo, sus observaciones podrían ser más numerosas y perfectas y sus descubrimientos más importantes; esto llevó a la Junta a elevar a la categoría de "Instituto" el antiguo Laboratorio y a solicitar de la Institución Rockefeller la construcción de un edificio dotado de todos los elementos necesarios y del material más moderno para todo género de investigaciones de Física y Química; lo que es ya un hecho, y del que es Director D. Blas Cabrera, y la Junta ha visto coronados sus esfuerzos por aclimatar en España de una manera permanente las investigaciones físicas como las biológicas con el Instituto Cajal.

De la importancia de esta Institución y del aplauso con que ha sido recibida en el extranjero puede tenerse idea por la felicitación del Director del Instituto de Física de la Universidad ya citada, en la que se condensan los votos de aquel profesorado por que en ella se cumplan todas aquellas promesas, para su satisfacción personal, para la de España y para la Ciencia.

A esto sólo me resta añadir que esa satisfacción se extiende ahora a esta Academia, donde es recibido el nuevo Académico con la seguridad de la activa colaboración que ha de prestarle, celebrando que el progreso de las Ciencias y la consideración que han alcanzado en nuestro país permita modificar la frase de Echegaray diciendo:

Ya han llegado los tiempos del trabajo alegre y de la alegría trabajadora.

ACABÓSE
DE IMPRIMIR
EN LOS TALLERES GRÁFICOS DE C. BERMEJO
EL DÍA 23 DE ENERO
DE 1936