

LOS FUNDAMENTOS IDEALES DE LA COSMOLOGIA MODERNA

por el prof. PASCUAL JORDAN

Los grandes progresos de la exploración astronómica a partir de comienzos de nuestro siglo han hecho posible el planteamiento de problemas científicos que antes ni siquiera se imaginaban. Por una parte los osados avances de la investigación empírica instrumental, y por otra la reflexión teórica, se han impuesto como finalidad el atisbo del Universo en toda su vastedad y totalidad. La "Cosmología" —como un intento de convertir el Cosmos en objeto de aprehensión total, planificada— ha adquirido, más cada día, la importancia de una esfera propia de investigación de la ciencia natural. En tal designio se ha recurrido, con orientaciones diversas, a nuevas modalidades de ideas que, en parte, otorgan al contenido ideal de las teorías cosmológicas actuales un bien abstracto carácter.

No se trata de un hecho fundamentalmente incomprensible. Los grandes éxitos de la física de nuestro siglo en el esclarecimiento del mundo de los átomos y los "cuantos" sólo han sido posibles, igualmente, en virtud de la decisión de hollar caminos completamente nuevos bajo la presión de una opulencia —alcanzó magnitudes ingentes— de comprobaciones experimentales al principio incomprensibles. Los átomos, los electrones, los núcleos atómicos, son de tan infinita pequeñez, que los experimentos adecuados para la exacta investigación de sus cualidades deben proceder de modo completamente distinto al de los viejos experimentos que nos revelaron las leyes generales de la mecánica y de la teoría de la electricidad. Por su pequeñez las minúsculas partículas de la "microfísica" son algo tan remoto a todos los demás objetos de la ciencia natural anteriormente investigados, que, por así decirlo, forman un reino aparte de la ciencia que hasta comienzos de nuestro siglo era casi totalmente ocluso e inaccesible. Ahora bien, así como con el descubrimiento de nuevos continentes —de América o Australia, por ejemplo— nos sorprendió el hallazgo de especies de animales y plantas completamente nuevas, así también la irrupción exploradora en el nuevo reino de la ciencia, antes ocluso, de los átomos, debería llevarnos al descubrimiento de formas completamente nuevas de los fenómenos y las leyes naturales. Las situaciones y circunstancias que se nos revelan en la microfísica son diferentísimas y de distinta especie de todas las experiencias que les fue posible lograr a anteriores investigadores en la esfera de objetos de mayor magnitud y más toscos procesos.

No es, pues, incomprensible, que las leyes de la física atómica, tal como van siéndonos gradualmente conocidas y van adquiriendo diafanidad para nosotros, se distinguan, frente a todas las ideas físicas de anterior creación, por su carácter extremadamente abstracto. Este carácter abstracto en el fondo sólo es expresión de que la microfísica de átomos y cuantos es de naturaleza distinta por completo comparada con las circunstancias y condiciones de toda la física anterior. Ahora bien, es perfectamente comprensible que este carácter abstracto, que se manifiesta tanto en los conceptos fundamentales como en las formulaciones matemáticas de la física atómica y cuántica, haya producido por lo pronto un efecto retrayente en muchos físicos. Se tenía la impresión de que la inevitable renuncia a ideas claras, intuitivas, tal como llegó a ser un hecho en la "mecánica cuántica", fuera al mismo tiempo renuncia a la comprensión y el conocimiento verdaderos. Sin embargo, ha habido que resignarse a que nuestro conocimiento del reino de los fenómenos de la microfísica sólo vaya siendo posible en virtud de una adaptación de nuestras ideas a la realidad de los nuevos descubrimientos. No podemos pedir, que, inversamente, los hechos se sometan a nuestros hábitos de pensamiento y se ordenen en una imagen de la índole intuitiva a que estamos acostumbrados.

La "impenetrabilidad intuitiva" de los fenómenos microfísicos se manifiesta —por ejemplo— en el hecho de que un electrón pueda manifestarse en forma de partícula presente en determinado lugar en unos casos y en otros como fluencia ondulatoria de amplio despliegue espacial; o en el hecho de que es imposible dar una imagen intuitiva de los movimientos de los electrones en un átomo; o bien en el hecho de que para la exacta aprehensión de las leyes cuánticas haya que recurrir a una rama especial de matemática abstracta: la matemática de las matrices y operadores. Todas estas curiosidades, tan remotas a las ideas físicas de anteriores tiempos, van de la mano del carácter de impulsos discontinuos de los más finos procesos microfísicos descubiertos por Max Planck.

Cuando por otro lado la astronomía no sólo estudia estrellas, sino sistemas de estrellas de la naturaleza de la gigantesca Vía Láctea, incluso arriesga el intento de aprehender el Cosmos como un todo, puede decirse que se aleja, en sentido inverso, ciertamente, más con parecida decisión, de las esferas de la vieja ciencia natural. Los avances de la investigación en el estudio de las entidades mínimas de la naturaleza nos ha obligado a adaptar nuestro pensamiento a las exigencias de conexiones lógicas de supremo carácter abstracto. No deberá, pues, asombrarnos, que para la exploración de las más ingentes magnitudes nos veamos obligados a muy abstractos esfuerzos del pensamiento.

Ciertamente la cosmología está aún muy lejos de alcanzar la definitiva seguridad de conocimiento hace décadas lograda ya por la física atómica. La cosmología debe,

por el contrario, ser todavía considerada como una ciencia muy joven. Si bien la astronomía moderna ha desvelado ya numerosos hechos transcendentales que deben contarse entre los fundamentos de la cosmología, podría, sin embargo, compararse hoy ésta al dibujo de un mosaico en proceso de formación. En su superficie se advierten ya pequeños grupos de piedra colocadas en forma definitiva, mas parece aún muy incierto qué fisonomía presentará el dibujo terminado. Mas determinados asertos sobre la forma de la imagen por lo pronto sólo pueden tener el carácter de presunción, de hipótesis. Ciertamente la investigación cosmológica actual ha sido fecundada y estimulada por buen número de hipótesis, muy ingeniosas y sagaces. Pero las de diversos autores están en amplia contradicción entre sí y serán necesarios grandes esfuerzos de la investigación para determinar cuáles son las acertadas y refutar las erróneas.

Ya en el siglo pasado se plantearon en la matemática procesos de ideas que si para la exploración astronómica de la época eran inaplicables han llegado a constituir en nuestro tiempo uno de los cardinales recursos de la fundamentación teórica de la cosmología. Estas investigaciones (de Gauss, Bolyai, Lobachevski) se consagraron especialmente al estudio del problema de las paralelas desde la antigüedad famoso (sospechoso también por su dificultad). La gran obra de Euclides sobre las leyes de la geometría, compuesta en la Alejandría helenística no sólo ofrece un resumen de los conocimientos geométricos de la época, sino —y sobre todo— el estilo del pensamiento propio del saber matemático en forma que llegaría a constituir dechado para los doctos de las generaciones venideras. Todas las leyes geométricas entonces conocidas pudieron —como “teoremas”— ser demostradas, por rigurosa reflexión lógica, como obligada verdad. No ciertamente sobre la base de la nada, sino sobre la del reconocimiento de unas pocas leyes fundamentales aceptadas explícitamente sin prueba como verdaderas. La mayoría de estos “axiomas” de la geometría son de máxima simplicidad, como el axioma, por ejemplo, de que por dos puntos sólo puede pasar una recta y sólo una. Pero entre estos axiomas se incluye también el célebre axioma de las paralelas, según el cual dados una recta y un punto, a través de éste sólo podrá trazarse una paralela a la recta y sólo una. Este axioma ya en la antigüedad se pensó si no podría ser reducido a premisas más simples aún, de modo que pudiera convertirse de un axioma sin prueba en un teorema probado. Tras diversos intentos, reiterados a través de siglos, los tres matemáticos mencionados dieron al problema un nuevo giro. Pensaron en lo que podría ocurrir con el edificio axiomático de la geometría si se considerase explícitamente falso el axioma de las paralelas. Ya en la obra de Euclides se había manejado con virtuosismo el método de la “prueba indirecta”, según el cual para probar determinado aserto se hace el ensayo de considerar exacto lo contrario. Se demuestra luego por reflexión lógica que se da así lugar a inferencias contradictorias.

Ahora bien, la premisa propuesta por los creadores de la geometría no euclidiana no suministró, en modo alguno, una prueba indirecta de la exactitud del axioma de las paralelas. Demostró que puede erigirse un edificio de la geometría modificada en el que no se prueba ser axioma dicho axioma. Esta geometría "no euclidiana" se contrapone totalmente a nuestras ideas habituales del espacio, incluso se aparta de ellas ya en las premisas fundamentales. Pero en el sentido de la lógica abstracta está por completo libre de contradicción, y es, con ello, incontestable.

En nuestro siglo se ha puesto de actualidad esta geometría no euclidiana, tanto desde el punto de vista físico como cosmológico, con la Teoría de la Relatividad de Albert Einstein. La diferencia entre la geometría no euclidiana y la euclidiana puede también expresarse por el hecho de que en ésta la suma de los ángulos de un triángulo es siempre igual a dos rectos, mientras en la no euclidiana adquiere otros valores. En el llamado espacio de "curvatura positiva" es siempre mayor que dos rectos y en el caso de un espacio de "curvatura negativa" es siempre menor.

La teoría de Einstein ha suministrado, pues, fuertes fundamentos a la sospecha de que en la geometría euclidiana no siempre se procede con exactitud. Ateniéndose a las ideas de Riemann, el genial matemático que en el pasado siglo rebasó ampliamente el vuelo ideal abstracto de la geometría no euclidiana, la Teoría de la Relatividad pretende que las leyes de la geometría euclidiana sólo son de fiar cuando se trata de figuras geométricas que no son demasiado grandes. El triángulo que podamos dibujar en un papel se somete a las leyes euclidianas, lo mismo que cualquier triángulo que pudiera situarse en nuestro sistema planetario, o por lo menos en nuestra Vía Láctea. Pero incluso ésta, con sus cien mil millones de soles (y un diámetro de cien mil años-luz) puede considerarse pequeña comparada con las esferas del espacio que la actual astronomía explora. Se extienden éstas hasta lejanías de varios cientos de miles de millones de años-luz. Y contienen miles de millones de galaxias, semejantes y afines a la nuestra. Einstein sospecha que las leyes de la geometría euclidiana demuestran ser más inexactas a medida que observamos figuras cada vez más grandes. Y que, en toda su vastedad, el espacio del Universo no responde a las leyes euclidianas, sino a las del espacio no euclidiano de curvatura positiva.

Es ésta una de las presunciones que preocupan a quienes se han consagrado a la elaboración de los problemas cosmológicos en las últimas décadas. Los dos telescopios más grandes del mundo —instalados en California— deben su construcción al designio de investigar a fondo la presunción de Einstein en virtud del avance de la exploración astronómica hasta la lejanía de enormes distancias. Sin embargo, no está aún decidido si es certera dicha presunción. Algunos especialistas siguen hoy creyendo en la probable validez irrestricta de la geometría euclidiana. Crean otros

tener suficientes razones para suponer que el espacio del Universo es, ciertamente, no euclidiano, mas de curvatura negativa. A todo esto están ligados muchos otros problemas en discusión de la cosmología, que deberán también mantenerse en suspenso mientras la geometría del espacio del Universo no sea cosa decidida. Nuevas esperanzas de que vamos acercándonos a la solución de este problema nos brinda la radioastronomía, con la que, en los años posteriores a la guerra, puede decirse que la exploración astronómica se ha enriquecido con un sentido nuevo en cierto modo. Para la exploración del espacio del Universo no se emplean hoy sólo telescopios, sino grandes instalaciones de radar. El alcance de nuestra observación, en su vuelo hasta extremas lejanías, puede ser aún aumentado considerablemente.

La gran seducción de la presunción einsteiniana reside en el hecho de que, según ella, toda la vastedad del espacio del Universo —el espacio como tal— sería sólo de magnitud finita. La célebre teoría de Giordano Bruno de un espacio del Universo de magnitud infinita se basa en el supuesto de que sólo existe una geometría: la euclidiana. El espacio no euclidiano de curvatura positiva, inimaginable para nuestra intuición, pero accesible a una reflexión matemática abstracta en apremiante lógica, en cambio, tiene la cualidad de ser, ciertamente, ilimitado, pero de magnitud total finita, sin embargo, de modo parecido (aunque tridimensionalmente) a la superficie bidimensional de una esfera. Esta posee también la cualidad de no tener límite, de no tener borde, teniendo, sin embargo, magnitud finita, superficie finita. Si fuese certera la presunción de Einstein, la magnitud del espacio del Universo podría —probablemente y de modo aproximado— expresarse en centímetros cúbicos con uno y ochenta y cuatro ceros.

Ahora bien, este dato sólo podría referirse al presente. Pues los astrónomos saben que el sistema total de las galaxias se encuentra en un proceso de constante expansión: vistas en conjunto, se alejan cada vez más unas de otras. Según la hipótesis del espacio finito, por lo tanto, quiere esto decir que la magnitud del espacio aumenta ella misma constantemente.

Si, sin embargo, el espacio es infinito, se da la posibilidad de mantener la idea de que el espacio del Universo, a pesar de la constante expansión del sistema total de las galaxias, permanece idéntico a sí mismo; para que la densidad media de la materia se mantenga a pesar de la constante expansión, deberá producirse, ciertamente, una constante renovación de la misma. Esta teoría —de autores ingleses— del “cosmos estacionario” (steady state theory) ha encontrado muchos partidarios últimamente. Tropieza, sin embargo, con el escepticismo o la repulsa de algunos especialistas.

Mientras esta teoría representa, en cierto modo, la última posibilidad, aceptable

para los conocimientos actuales, de mantener la vieja idea de Giordano Bruno, según la cual el Universo, en toda su vastedad, se conservaría en estado eternamente invariable, otros modelos cosmológicos se apartan hoy de esta vieja idea en forma mucho más radical. Si se imagina la expansión cósmica vinculada a una constante disminución de la densidad de la materia, nos encontramos ante una verdadera modificación del Universo. Y apenas se podrá menos de concluir que en un pasado de sólo tiempo finito la densidad de la materia ha sido muy grande, o incluso infinita. Hechos astronómicos alegan efectivamente a favor de que tal haya sido el caso hace unos ocho mil millones de años, y radicales teorías astronómicas, apoyándose en la Teoría de la Relatividad, llegan a presumir que (hace unos ocho mil millones de años) incluso ha tenido lugar un comienzo del tiempo como tal. (Esta posibilidad había sido ya prevista, por lo demás, por el pensamiento filosófico escolástico). El supuesto de un espacio finito del Universo de curvatura positiva induce a atribuir también al espacio del Universo, en el punto del principio del tiempo, sólo la magnitud de un punto.

Una hipótesis establecida por el célebre físico inglés Dirac afirma que la evolución expansiva de los mundos va acompañada de una gradual debilitación de la gravedad. Recientemente parecen brindar fuerte apoyo a esta hipótesis hechos de la geofísica y la geología.

breves científicas

HOLANDA

Estudiantes del Delft convierten el agua de mar en agua potable

Donación norteamericana a investigación

El "Fondo Para Ayuda A la Investigación y Educación en Ultramar", FORGE, de Nueva York, EE. UU. DE N. A., ha anunciado el otorgamiento de una donación de US\$ 1.500 al Profesor de la Cátedra de Química Analítica de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de Chile, prof. Eduardo Schalscha B., como contribución al desarrollo de los trabajos de investigación sobre el contenido de elementos trazas en suelos agrícolas del sur del país.

FORGE es una fundación autónoma que da ayuda directamente a profesores e investigadores de diversos países para reforzar a través de éstas, la investigación, educación y enseñanza en esos países.

FORGE es una institución financiada por particulares, tales como varias empresas internacionales, entre ellas la Gillete Company; I. B. M. World Trade Corp.; Smith, Kline and French International Company y la Richardson-Merri Company.

Una de las actividades del Laboratorio de Instrumentos Químicos de la Escuela Superior Técnica de Delft es estudiar el modo de obtener, sobre una base industrial, agua potable del agua de mar. Este laboratorio, dirigido por el prof. Dr. F. C. A. A. van Berke, Catedrático de Aparatos Químicos, sirve de enlace entre la tecnología mecánica por una parte y la tecnología física y química por otra y se dedica a proyectar y construir instalaciones para el proceso industrial. Los estudiantes de mecánica y química están realizando investigaciones —en el Laboratorio y en el papel— sobre el proceso técnico y piezas de instalaciones relacionadas con la materia que nos ocupa. La técnica de la producción industrial de agua potable extraída del mar ya es bastante vieja. En Curazao y Aruba ya se obtenía en gran escala, antes de la guerra, este vital producto. La gran trascendencia de los procesos económicos y merecedores de confianza para la desalación del agua marina y salobre no se ha reconocido hasta hace un par de años. Desde entonces muchos institutos