

Configuración, métrica y estado actual del Universo Físico

III

LA LUZ DA LA VUELTA AL MUNDO

EN resumen: Toda superficie que nos ofrece la Naturaleza, especialmente si se la considera a la escala cósmica, está «combada» y todo volumen, al hallarse limitado por superficies de curvatura universal, tiende a una conformación más o menos «redondeada». *En virtud de lo cual el pensamiento, el humano pensamiento, se ve llevado a un concebir el «Todo» material a base de una configuración aproximadamente esférica, elipsoidal.*

Pues bien. En el Universo, caracterizado por semejante arquitectura, un rayo de luz inextinguible que parta desde un astro en cualquier dirección no podrá alejarse indefinidamente perdiéndose en el «infinito». Primero por que el Universo es «finito». Segundo por que al compás que se aleja deberá irse «curvando gradualmente» por la fuerza del «campo» digámoslo así, y de manera semejante a como se curvan las líneas «meridianas» dibujadas sobre la superficie de una esfera, o como los caminos de las singladuras. Su distancia al punto de partida será cada vez mayor hasta que llegue un momento a partir del cual el rayo de luz, siguiendo su marcha curvada hacia delante inicia el camino de regreso al foco de origen. Por fin llegará a éste, pero por la espalda, con dirección contraria a la de partida. Parecido a los meridianos que vuelven al punto de arranque, parecido al periplo de Magallanes-Elcano, el rayo de luz ha dado entonces la vuelta al Mundo, describiendo una circunferencia o una elipse. Puede decirse que ha medido el contorno del Universo.

La recurrencia a las líneas de una superficie esférica o a los meridianos de la Tierra para sensibilizar la incurvación de los rayos que parten de un punto y su vuelta al mismo después de recorrer el espacio universal, podemos llevarla adelante con la condición de introducir una importante corrección, al objeto de evitar errores posibles de interpretación. Es el caso que en todas las superficies esfé-

ricas que se pueden ofrecer directamente a nuestra intuición, los segmentos de las líneas meridianas señalan siempre, en el orden bidimensional, la más corta distancia entre dos puntos. Son, pues, líneas geodésicas. Pero se apartan de la línea visual y por lo tanto no coinciden con las trayectorias de los rayos luminosos. En conclusión, son líneas geodésicas pero no *universales*, propiedad que tienen los rayos de luz. Ello es debido a que el radio de curvatura de las mencionadas esferas es muy pequeño. Pero si suponemos que dicho radio se va alargando en la escala necesaria, llegará un momento en que el diámetro de la esfera coincidirá con el diámetro del Universo y, en tal caso, sus líneas geodésicas han dejado de ser locales y convertidas en «universales». De aquí se infiere que si nos queremos aproximar a la verdadera representación del cosmos físico como un Todo, debemos concebirle a base de la configuración determinada por las trayectorias de los innumerables rayos luminosos, que partiendo desde un foco plano en todas las direcciones del mismo, circulan libremente por el espacio físico, suponiéndole con una densidad material media constante.

DESDE LA SUPERFICIE ESFERICA AL VOLUMEN ESFERICO, O ELIPSOIDAL

Falta completar un aspecto esencial de la cuestión. Toda superficie esférica o elipsoidal forma un «continuo» de dos dimensiones solamente: longitud y latitud. Pero es que en nuestro espacio real percibimos no sólo dos, sino tres dimensiones: longitud, latitud y altura o cota. Los geómetras, que tienen inexcusable necesidad de simplificar los elementos de las cosas reduciéndolos a esquemas—tan complicados para nosotros los ingenuos—designan simbólicamente esas tres coordenadas por las letras X, Y, Z.

Los rayos luminosos, desde luego, deben comportarse dentro de este «continuo tridimensional» lo mismo que en el «bidimensional», curvándose en la misma proporción que las líneas meridianas en la superficie de una esfera de radio cósmico. Por lo tanto la «curvatura» tiene que afectar a esa tercera dimensión de igual modo que a las dos primeras. Luego hay que completar la concepción geométrica del Mundo que se trata de esbozar incorporando a la superficie esférica «bidimensional» una *tercera dimensión curva*. Cosa imposible de imaginar adecuadamente. El recurso más expeditivo para ello es pensar la cosa como si de cada punto de la superficie curva y por ambas caras, cóncava y convexa, surgieran ortogonalmente líneas luminosas, por tanto geodésicas universales. Dichas líneas vuelven naturalmente a sus puntos de partida y de esta suerte lo que antes aparecía como mera superficie curva, ha quedado convertido en «volumen»; volumen intrínsecamente esférico, es decir de estructura curva en todas las direcciones posibles.

Tal es probablemente la representación más aproximada que puede hacerse en el terreno conjunto de la Ciencia-Epistemología-Lógica acerca del Universo material considerado como un Todo.

UNA ACLARACION

Es necesario subrayar bien el detalle básico de que esta textura geométrica del Cosmos no es en modo alguno independiente de la materia-energía que en él hay. Antes bien, sucede justamente todo lo contrario. Llevados por arcaicos hábitos imaginativos propendemos a figurarnos las cosas de esta manera: Primero, allá en el origen del Mundo material existiría en «espacio vacío», el gran recipiente insustancial de todos los cuerpos, determinado geométricamente por una forma cualquiera, o tal vez por una forma perteneciente a la familia de la esfera. Después, *en virtud de una contingencia de orden metafísico*, esa esfera espacial vacía se hubo de llenar de materia-energía que naturalmente no pudo menos de tomar la misma figura del gran recipiente.

Pero esta manera de ver las cosas es fundamentalmente errónea. Entre otras razones por que hace al espacio independiente respecto de la materia, y esto es algo que carece por completo de sentido real. Además, resultaría que la materia en tal caso no tendría por sí misma ninguna configuración determinada, sino que recibiría accidental y transitoriamente la forma del recipiente, poco más o menos como el agua adopta la forma del vaso que la contiene.

Mas la verdadera representación debe ser muy distinta. Ni antes ni después, sino en indisoluble conexión simultánea surgen «materia-energía» y «espacio», es decir el «campo», en el instante metafísico—instante creacional—anterior al momento cero, primer punto de partida para la Ciencia positiva. Dicho «campo» es toda la realidad física. Es el Universo físico. No hay en él vacío absoluto. Todo está lleno de materia-energía. En todas las regiones del Universo hay una densidad «media» superior a cero. Y justamente esta circunstancia, la presencia del Tensor energía-materia es la que imprime una determinada textura geométrica a este conglomerado inextricable de «materia-energía-espacio-tiempo» que llamamos Mundo físico. ¿Cuál habría de ser en líneas generales esa estructura? Competía intrínsecamente a la luz hacer semejante revelación. ¿Estructura recto-euclidiana? ¿O curva? A la escala de las dimensiones «medias», dentro de las cuales ha girado habitualmente el pensamiento humano, no hay duda que era imposible detectar desviaciones sensibles de la Geometría tradicional. Pero también es cierto que «a priori» podía temerse, mejor dicho, podía sospecharse que si se llevara la observación mucho más allá de la escala ordinaria, aparecerían tal vez desviaciones notablemente sensibles. Buena prueba de ello es que ya en el siglo pasado dos geniales matemáticos, Gauss y Lobatschewsky hicieron por separado unas mediciones en este sentido; mediciones que no condujeron a ningún resultado por falta de ciertas condiciones necesarias. Desde luego, el principio que dirigía las experiencias no podía ser más acertado. Mas por fin, llevada la experiencia al orden colosal de las dimensiones astronómicas, en condiciones excepcionalmente favorables y con arreglo a una técnica científica de la más alta precisión, hemos visto cuál es, con gran

probabilidad, esa estructura cósmica universal resulta ser de tipo elíptico.

LA GRAVITACION Y SU LEY VISTAS EN CONEXION CON LA CURVATURA DEL ESPACIO

Si desde aquí echamos una ojeada retrospectiva a las consideraciones que preceden, encontramos una cuaterna de puntos sobresalientes sobre los cuales es necesario insistir de momento. Uno es el principio conocido desde hace mucho tiempo en la Física clásica, bajo el nombre de equivalencia de masa inerte y masa gravitatoria, el cual dice: el número que define la masa inerte de un cuerpo es igual al número que define su masa gravitante, es decir, de peso. Otro es el principio de la constancia de la aceleración por la gravedad: prescindiendo de la resistencia del aire y otras circunstancias extrañas, todos los cuerpos arrojados desde la misma altura y al mismo tiempo llegan simultáneamente al suelo con la misma velocidad cualesquiera que sea su peso, naturaleza, forma y volumen. El tercero se refiere al hecho, relacionado con los dos principios anteriores, consistente en que el grado de curvatura de las trayectorias descritas por los cuerpos al desplazarse en un campo gravitatorio, depende exclusivamente de la velocidad que les anima y no de su masa, forma o naturaleza—prescindiendo de la resistencia atmosférica, etc. El cuarto, por fin, se refiere también a otro hecho según el cual es ley general inexorable de la Naturaleza, que todo movimiento desde la luz al astro se desarrolla en línea curva. El principio de inercia tomado en absoluto rigor nunca se cumple. En la Naturaleza no hay sistemas inerciales con toda exactitud.

Ahora, sin perder de vista estos cuatro puntos pensemos por unos instantes en la *estructura curvada del espacio físico*. Es muy posible que a más de un lector se le ocurra la idea siguiente; la de que si los cuerpos marchan siempre y necesariamente siguiendo líneas curvas, esta circunstancia podría deberse simplemente al hecho inevitable de que el campo mismo del Universo, es decir, el «espacio-materia-energía» cósmico no tiene caminos rectos, sino solamente curvos; ni puede tener otros como consecuencia natural de su interna textura esferoide. En realidad esta ha sido la ocurrencia que le ha permitido a Einstein elaborar la teoría genial de la Relatividad Generalizada, si bien es verdad que precedida de una endiablada máquina matemática.

Cuando Newton hubo descubierto su célebre Principio, le dió forma verbal con estas cautelosas palabras: Todos los cuerpos se mueven *como si* se atrajeran con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias entre sus centros. Resplandece en esta fórmula un rasgo de prudente cautela que más tarde se ha olvidado generalmente, llegando a convertirse en algo así como un axioma que no admite discusión. El mismo Laplace escribió en su «Exposición du Systeme du Monde»: es imposible encontrar nada mejor demos-

trado en Filosofía natural que el Principio de gravitación universal.

Debe reconocerse desde luego que este gran principio nunca ha sido desmentido por la observación astronómica. Nunca, salvo en el *corrimiento secular del perihelio del planeta Mercurio*. Allí donde su aplicación resulta posible—en dominios relativamente reducidos y cercanos a nuestro sistema solar y local—pone de manifiesto su maravilloso poder de explicación. Por eso sigue siendo hoy la palanca principal en Astronomía mecánica y de posición.

Pero en la expresión de la citada ley aparece algo que no es del todo evidente. Newton introduce en ella el término: «como si...» Es igual que decir: «parece que...» Esta expresión en boca de un hombre positivo por dos razones, — por británico y por científico — es probable exponente de una cierta duda en el pensamiento del gran investigador. Ahora bien: ¿De dónde podía surgir la sombra de duda? ¿De la expresión matemática del fenómeno: producto de masas partido por el cuadrado de la distancia? O bien: ¿Del concepto de «fuerza»? Prácticamente imposible sería hoy puntualizar debidamente esta cuestión. Es arriesgado, sin embargo, negar en redondo que alguna vez se presentara a su penetrante intelecto esta elemental reflexión: Si, por un lado, la «gravitación es una fuerza»; y por otro, si de acuerdo con el Principio fundamental de la Dinámica: *toda fuerza que acciona a un cuerpo es igual al producto de la masa por la aceleración que le produce*, de donde resulta que «cuanto más pequeña es la masa mayor es la velocidad que le imprime», entonces ¿cómo se explica que una gran esfera rellena de plomo cae al suelo con igual velocidad que la misma esfera vacía?

LA GRAVITACION NO ES UNA FUERZA

Al margen de lo que Newton pensara, el hecho citado es aplastante. De donde, a pesar de todas las apariencias, sólo hay un paso para negar que la «gravitación» sea una fuerza, o por lo menos que sea una fuerza como las que maneja la Física. Es casi imposible detener este paso al considerar que «inercia» y «peso» son exactamente iguales, y que, por consiguiente, un sistema o campo inercial debe ser enteramente equivalente a un sistema o campo gravitacional. Pero el mencionado paso ya no se puede lógicamente detener cuando se piensa que todo movimiento en la Naturaleza, desde la luz hasta el astro, es curvilíneo y que por consiguiente el espacio mismo debe caracterizarse por una determinada curvatura. Curvatura que, como se ha visto más arriba, es una resultante necesaria del Tensor universal «materia-energía», o con otras palabras, del «campo-materia-energía».

Buscando una explicación al doblamiento de los rayos luminosos hemos dicho más arriba que se debía al propio peso de la luz. Como se ve esta es la única explicación que cabe dentro del marco de la Física Galileo-Newton, aunque a decir verdad se ha podido apreciar que la determinación cuantitativa del fenómeno no cuadra satisfactoriamente con los datos de la observación.

Pero ahora, desde la altura a que hemos llegado puede y debe darse una explicación muy distinta y mucho más sencilla, es decir, que implica menos postulados y por lo tanto aparece como siendo más racional. La luz describe en su marcha trayectorias curvas precisamente por que los caminos, por que los carriles posibles abiertos en el espacio son curvos. Estos caminos son curvos porque el espacio mismo es curvo. El espacio es curvo por efecto de la densidad del campo materia-energía. No es pues una fuerza extraña, misteriosa, la gravitación que obliga a la luz a caminar curvilíneamente. No existe tal fuerza. Si se sigue hablando de ella en física cósmica es por que constituye un medio relativamente familiar y fácil de entenderse. Pero hemos visto que la gravitación no puede ser una fuerza, so pena de tirar por tierra el segundo principio de la Dinámica. No se entienda tampoco que es el espacio por sí mismo el que dirige las trayectorias. Es la distribución del Tensor materia-energía la que imprime al espacio una determinada configuración y, por tanto, si el espacio muestra unas propiedades mecánicas éstas son pura función del Tensor. Al disminuir o aumentar la densidad del Tensor es evidente que se modificará paralelamente la curvatura del espacio, con lo que la curvatura de los rayos de luz disminuirá o aumentará respectivamente. Por esta vía pueden pensarse dos casos límites. Uno, el espacio absolutamente vacío, de densidad cero, estructura euclidiana. Caso irrealizable porque para ellos se necesitaría contar con un espacio infinito, lo cual es absurdo por varios conceptos. Es incluso una contradicción *in terminis*. El otro caso sería la concentración máxima de toda la materia-energía en un punto. Densidad máxima, casi infinita, mejor dicho ilimitada. Caso teóricamente posible. Algo así pudo ser la creación, según el astrónomo belga Lemaitre.

LAS ÓRBITAS DE LOS ASTROS Y LA CURVATURA DEL ESPACIO

Habiendo excogitado un nuevo modo de explicación para las curvas de los rayos luminosos al margen de la teoría de la gravitación de Newton, es imposible detener al pensamiento ante otros casos análogos. El imperativo de unidad, sencillez y claridad teóricas que dirige desde siempre la marcha de la investigación científica y filosófica, exigen que se adopte el mismo tipo de explicación para las curvas planetarias y estelares en general. Efectivamente si todos los cuerpos observables—inmensos, medianos y pequeños—dibujan al moverse, lo mismo que la luz líneas curvas, debe ser por que los carriles del espacio que recorren son también curvos. La piedra, el proyectil, el satélite, el planeta, la estrella, los sistemas de estrellas, las galaxias, los sistemas de galaxias, circulan por los cauces parabólicos, circulares o elípticos que la estructura del espacio tiene pre-fijados para ellos en proporción a su velocidad y a la densidad del campo donde se mueven. Tampoco hay aquí una fuerza misteriosa, la gravitación, que hace girar a los cuerpos celestes en órbi-

tas cerradas, sino la propia curvatura del espacio que tiene determinadas condiciones mecánicas en función de la materia-energía. Ocurre con la marcha curvilínea de los astros algo parecido a lo que sucede con el ciclista cuando entra en la curva bien peraltada de la carretera, donde la propia estructura del camino le empuja a practicar un cierto giro favorable a la curva y más o menos abierto en proporción a su velocidad y al peralte del camino, de tal modo que el ciclista no tiene que preocuparse de la dirección y sí sólo de seguir pedaleando hacia delante.

Desde este nuevo punto de vista el concepto de gravitación—genial a pesar de todo—introducido felizmente por Newton en el corazón de la Mecánica celeste, no queda anulado. Subsiste en la Física cósmica, pero recibe una nueva interpretación: en vez de significar la fuerza que obra entre dos masas que se mueven una en torno de la otra, significa ahora la «medida de la curvatura del espacio». Medida que sirve para fijar los valores de los factores determinativos en los sistemas de coordenadas gaussianas que reemplazan a los sistemas de coordenadas cartesianas. (1)

ELISEO ORTEGA RODRIGO

(1) Continuará.

TRES ESCRITORES EXTREMEÑOS

(Micael de Carvajal, José Cascales Muñoz, José López Prudencio), por Francisco Elías de Tejada.

Volumen IX de la Colección de Estudios Extremeños publicados por los Servicios Culturales de esta Excelentísima Diputación Provincial.

DE VENTA EN LAS PRINCIPALES
LIBRERIAS DE CACERES