

Las ideas de tiempo y espacio en la física moderna

POR

MANUEL ALMEYDA

(Conferencias dictadas el 26 de Septiembre y 3 de Octubre de 1916)

1.^a Parte

SUMARIO.—El Tiempo y el Espacio en la Filosofía.—Carácter relativo de los conceptos de tiempo y espacio.—El Principio de Causalidad.—Las ideas de Aristóteles, Descartes, Newton.—La existencia objetiva del espacio y del tiempo fundamento de la mecánica newtoniana.—Demostración de la existencia objetiva del espacio.—El experimento del vaso rotante.—Los sucesores de Newton.—La Física del éter: Young, Fresnel, Maxwell, Lorentz.—El éter se confunde con el espacio.—Crítica de la mecánica newtoniana.—La teoría de Neumann.—El cuerpo Alpha.—El tiempo kinético y el tiempo real.—Las ideas de Mach.—La relatividad completa del espacio i del tiempo.—«No es más cierto sostener que la Tierra gira al rededor del Sol, que lo contrario».—El mundo considerado como un mecanismo.—Las ideas de Bergson: el tiempo como fuente de evolución creadora.—Su interpretación física.—El 2.^o Principio de la Termodinámica.—La teoría de Boltzmann: explicación mecanística de la Ley de la Entropía.—La concepción termodinámica del tiempo.—Por qué llevamos la intuición de la duración bergsoniana.—Su ineficacia en las ciencias físicas.—La marcha del Universo con relación al tiempo kinético y al tiempo termodinámico.—Resumen.

El Tiempo y el Espacio son como dos marcos en los cuales se encierran todas nuestras percepciones. Nuestro conocimiento del mundo externo se halla tan íntimamente ligado a las ideas de tiempo y espacio, que Kant creyó definir para siempre su esencia diciendo que son «formas a priori de nuestra sensibilidad», o sea, que es propiedad inherente a nuestro espíritu la percepción de las sensaciones bajo un orden de coexistencia y un orden de sucesión.

Los filósofos han oscilado eternamente entre una concepción objetivista ingenua del tiempo y del espacio y una concepción puramente subjetiva.

En la antigüedad, y principalmente en la Edad Media, se creyó en el tiem

po y en el espacio como en realidades absolutas, exteriores a las cosas; seres infinitos e intangibles que se revelan en algunas de las cualidades de la naturaleza sensible: el espacio se revela en la extensión, cualidad primaria e indestructible; el tiempo, en la duración, en la existencia de un pasado cada vez más lejano y de un presente constantemente variable.

En la Edad Moderna, bajo el influjo de los filósofos empíricos, tomó desarrollo la concepción subjetiva del tiempo y del espacio. Según ésta, es la observación continuada del mundo externo, de sus variaciones y de nuestra situación entre las cosas, la que ha dado origen a esos conceptos: el tiempo i el espacio absolutos no existen, son puras ideas, abstracciones, no se esconde ninguna realidad objetiva detrás de ellas.

Los filósofos del siglo XIX han recogido las ideas de Kant y de los empíricos y las han profundizado. Apoyados en las disciplinas anexas, la lógica inductiva, la psicología y la psicofisiología, han desmenuzado (si se puede decir así) ambos conceptos, han estudiado su desarrollo a través de la especie y del individuo, han determinado la parte de cada sentido en la formación del concepto del espacio y la influencia de nuestro sistema nervioso en las nociones de presente y pasado, y han tratado de conciliar la tendencia espiritualista kantiana, con la tendencia sensualista empírica, explicando las intuiciones espaciales y temporales, como el resultado de un desarrollo psicológico de las percepciones sensibles, en el cual se toma en cuenta la estructura de nuestro espíritu.

El espacio y el tiempo absolutos han desaparecido del pensamiento moderno: ambos son ideas relativas, es decir, se han generado en nuestro espíritu por la comparación de las cosas y de los fenómenos entre sí. Las necesidades de la vida nos han obligado a relacionar la extensión en longitud, superficie o volumen, de un objeto recientemente conocido con la cualidad correspondiente de un objeto conocido desde antiguo y la repetición continuada de esta operación a través de la raza y del individuo, ha conducido, valiéndose de una generalización y abstracción conscientes, a la noción de espacio relativo.

«Si suponemos, dice Poincaré (1), que en una noche todas las dimensiones del universo, llegan a ser mil veces más grandes, el mundo habrá quedado igual a sí mismo. Solamente lo que tenía un metro de longitud medirá en adelante un kilómetro; lo que tenía un milímetro, tendrá un metro.... Cuando me despierte al día siguiente, ¿qué sentimiento experimentaré en presencia de una tan asombrosa transformación? Pues bien, no advertiré absolutamente nada. Las medidas más preciosas serían incapaces de revelarme algo de ese inmenso trastorno, puesto que los metros de que me serviría, habrán variado precisamente en las mismas proporciones que los objetos que trataba de medir. En realidad, ese trastorno no existe sino para los que razonan, como si el espacio fuese absoluto. Si yo he razonado un instante como ellos, es sólo para hacer notar mejor que su manera de

(1) Science et méthode. - París 1912, pág. 96.

ver implica contradicción. En realidad, sería más propio decir que, siendo el espacio relativo, nada ha sucedido y por esto no he advertido nada.»

Una suposición semejante podríamos hacer con respecto al tiempo: admitamos que en un momento dado, todos los fenómenos del Universo se desarrollen mil veces más ligero. ¿Qué sentido tendría esto? Ninguno, puesto que no habría manera de conocer esa variación de velocidad. La frase «más ligero» quedaría completamente vacía, por haber desaparecido el punto de comparación de que debíamos hechar mano, en el instante preciso en que lo necesitábamos para efectuar la comparación. Con igual razón se podría decir, entonces, que el Universo se seguía desarrollando mil veces más despacio, o igualmente ligero. En el hecho, el Universo en su conjunto no marcha con ninguna velocidad: son los fenómenos aislados los que se desarrollan en nuestra conciencia, unos más ligeros que otros. El tiempo es relativo.

En la ciencia moderna, esta relatividad del tiempo y del espacio se manifiesta en el Principio de Causalidad. Este Principio se enuncia generalmente así: «En la naturaleza todo fenómeno implica una causa que lo ha determinado a producirse,» es decir, que todo hecho sensible se encuentra íntimamente relacionado con otros hechos igualmente sensibles. Maxwell ha dado al Principio una forma negativa. (2) «Los fenómenos naturales no dependen del mero cambio de época o de lugar en que se produzcan,» es decir, que el tiempo y el espacio, por sí mismos, no son causas determinantes de los fenómenos, y si, por ejemplo, los cuerpos caen sobre la tierra con la aceleración g , seguirán cayendo eternamente con la misma aceleración, a pesar del transcurso de los años y de la marcha del sistema solar por los espacios interestelares, siempre que no venga una causa externa sensible a modificarla, como sería el acercamiento a otro astro, o la disminución de la masa terrestre por separación de una parte de ella. Es lo que se expresa también diciendo que el tiempo y el espacio físicos son homogéneos.

Empero, si, como hemos dicho, los conceptos de tiempo y espacio nacen de la interacción de las cualidades de nuestro espíritu con las cualidades del mundo externo, ¿en qué forma se ha manifestado la influencia de las cosas sensibles en la génesis de esos conceptos? ¿Por qué lo que percibimos se deja encuadrar en un orden de coexistencia y en un orden de sucesión? ¿Por qué son dos y no uno, o tres, o más, las formas bajo las cuales se presenta a nuestra conciencia el Universo?

La Filosofía, guiada por su método peculiar de investigación: la dialéctica, ha sido impotente para darnos una contestación satisfactoria a estas preguntas. En cambio, las ciencias físicas experimentales han ido aportando poco a poco los elementos para la construcción de una concepción positiva del tiempo y del espacio, a medida que sus investigaciones nos iban dando un conocimiento más completo de la naturaleza inanimada. Durante siglos, la contribución de la Física

(2) Matter and Motion.—London 1912, pág. 20.

a la solución de estos problemas fué mezquina; pero durante la última y la presente centuria, su avance ha alcanzado a tales regiones, que aún en este campo ha obtenido brillantes e inesperados resultados, que han atraído la atención de todos los pensadores.

Séame permitido hacer una corta relación de las ideas de tiempo y espacio, sustentadas por los físicos, en los siglos pasados.

«Aristóteles, dice un ilustre sabio contemporáneo, (3) se preocupó de saber si el espacio existe o no, cómo es, y lo que es. No podía concebir el espacio como un cuerpo, pero tampoco podía separar el espacio de los cuerpos, porque el lugar ocupado por un cuerpo, es lo que limita ese cuerpo, lo que lo encierra. Aristóteles pone en evidencia que no se hablaría de espacio si no hubiese movimiento». Esta importante conclusión ha sido precisada en nuestros días, por Poincaré (4), de la siguiente manera: Un sér absolutamente inmóvil no podría adquirir jamás la noción de espacio, porque, no pudiendo corregir por sus movimientos los efectos de los cambios de posición de los objetos exteriores, no tendría ninguna razón para distinguirlos de los cambios de estado: todos serían para él cambios de estado, y así el universo se desarrollaría a lo largo del tiempo, sin intervención de las relaciones especiales.

Sabemos ya cuál fué la tendencia predominante en la Edad Media: la creencia en el tiempo y en el espacio absolutos. Esta creencia estuvo muy esparcida también entre los sabios de la Edad Moderna. Para Descartes, el espacio y el tiempo se confunden y forman un solo todo con su concepción de la materia como origen del Universo. Este, según él, es la materia primitiva, imperceptible y eterna, cuyas únicas cualidades, constitutivas de toda su esencia, son la extensión (es decir, el espacio) y la movilidad (es decir, el tiempo).

En Newton, encontramos por primera vez la expresión clara y precisa de las nociones de tiempo y espacio.

«Tiempo, Espacio, Lugar y Movimiento, dice en su obra inmortal, como de todos conocidos, no necesitan explicación. Haré notar sólo, que corrientemente esas magnitudes se consideran únicamente con referencia a nuestros sentidos y de ahí provienen ciertos errores que se evitan distinguiendo entre absoluto y relativo, verdadero y aparente, matemático y vulgar».

«I. El Tiempo absoluto, verdadero y matemático se escurre uniformemente sin relación a nada externo. Se le llama también duración. El tiempo relativo, aparente y vulgar es esa medida sensible y externa de una parte de duración cualquiera, que se emplea comunmente en lugar del Tiempo verdadero, como hora, día, mes, año».

(3) Mach: *La Connaissance et L'Erreur*, trad. del al París 1908, pág. 357.

(4) *Ciencia e Hipótesis*, trad. del fr. Madrid 1907, pág. 77.

«II. El Espacio absoluto permanece, en virtud de su propia naturaleza y sin relación a ningún objeto externo, eternamente igual e inmóvil. El espacio relativo es una parte movable del primero, que es relacionada por nuestros sentidos con la situación de otros cuerpos y que generalmente se le toma en lugar del espacio absoluto».

«III. El lugar es una parte del espacio que el cuerpo ocupa y puede ser con relación a uno u otro espacio, relativo o absoluto».

«IV. El movimiento absoluto es la traslación de los cuerpos de un lugar absoluto a otro lugar absoluto, el movimiento relativo, la traslación de un lugar relativo a otro lugar relativo».

Si se consideran las ideas de Newton bajo el punto de vista de nuestra concepción actual del Universo, nos parecerá extraño que tan alto genio haya estado en la creencia de la existencia objetiva del tiempo y del espacio, según lo expresa claramente en los párrafos que acabo de citar. Sin embargo, estudiando la situación de ambos conceptos dentro de la ciencia de la Mecánica fundada por Newton, se comprende cuáles fueron las razones que lo impulsaron a aceptar esa existencia objetiva.

En efecto, su predecesor, Galileo, había enunciado una ley que dice: «un cuerpo abandonado a sí mismo conserva indefinidamente su estado de movimiento rectilíneo y uniforme». Para Galileo, esta ley tenía un significado bien definido: un cuerpo abandonado a sí mismo, es un cuerpo que no se roza con ningún otro y que se halla desligado de la atracción de la tierra. Si bien es cierto que esto último le era imposible realizarlo, Galileo lo conseguía más o menos satisfactoriamente manteniendo el móvil sobre una superficie horizontal bien lisa, y si de esta manera introducía una causa de perturbación, un rozamiento en la marcha del móvil, por una generalización muy accesible a la imaginación, admitía que en el caso ideal de una superficie perfectamente lisa y de un móvil matemáticamente esférico, la ley de la conservación del movimiento, o ley de la Inercia, como la llamó Newton, se verificaría rigurosamente. Sin expresarlo abiertamente, Galileo refería los movimientos a la Tierra; con respecto a ella, veía la velocidad de los cuerpos abandonados a sí mismos, mantenerse siempre igual en magnitud y dirección.

Pues bien, Newton, trasladó la Mecánica, como se ha dicho con mucha propiedad, de la Tierra al Cielo: observó que las leyes del movimiento se reproducían entre los astros a semejanza de entre los cuerpos sobre la superficie de la Tierra; la fuerza que hacía caer a los unos era la misma que hacía oscilar eternamente a los otros, y si esta fuerza se viera instantáneamente anulada, los astros seguirían errando por los espacios, sin variación, indiferentes unos a otros. ¿Pero, entonces, cual sería el guía que les trazara la dirección de su camino en la inmensidad vacía? Newton parece haber quedado perplejo ante la grandiosidad del problema que se presentaba a su espíritu, y en un rasgo de audacia, queriendo talvez fijar para siempre, en forma inamovible, las bases de la ciencia que lo había conducido a descubrir el misterio de la rotación de los astros, de la caída de los

cuerpos, de las mareas y de todas las grandes cuestiones que agitaban los cerebros de su tiempo, pensó en el espacio y en el tiempo absolutos como dos entidades extra-humanas que presidían con su esencia siempre igual e impasible, la marcha de todos los fenómenos del Universo.

Con todo eso, Newton no desconoció la gravedad de la determinación que iba a tomar y trató de justificarla por una comprobación objetiva de la existencia real del espacio absoluto, para cuyo fin ideó un experimento que es una de las manifestaciones más admirables de la profundidad de su genio. A pesar de ser muy conocido, voy a exponerlo aquí, porque ha servido de base hasta nuestros días para discutir la realidad del movimiento, y por ende del espacio, absolutos. «Si se hace dar vueltas, dice, un vaso suspendido a una cuerda hasta que ésta, por efecto de la torsión, quede bien rígida, si se vierte en seguida agua en el vaso y una vez estando el agua y el vaso bien en reposo, se deja desarrollarse a la cuerda, el vaso adquirirá por este medio un movimiento que durará largo tiempo; en el comienzo, la superficie del agua permanecerá plana, pero a medida que el movimiento del vaso se comunica poco a poco al agua, ésta comienza a dar vueltas, a elevarse por las paredes del vaso y a ponerse cóncava, hasta que el vaso y el agua se encuentren en un reposo relativo. La ascensión del agua hacia los bordes del vaso marca el esfuerzo que hace para alejarse del centro de su movimiento y se puede conocer y medir por este esfuerzo el movimiento circular verdadero y absoluto del agua, el que es completamente opuesto a su movimiento relativo; pues en el comienzo, en que el movimiento relativo del agua con respecto al vaso era mayor, este movimiento no excitaba en ella ningún esfuerzo para alejarse del eje de rotación, el agua permanecía plana, sin elevarse sobre los bordes del vaso. Habiendo, finalmente, el agua comenzado a rotar, la ascensión por las paredes fué máxima, precisamente cuando la velocidad relativa del vaso y del agua era nula». En consecuencia, pensó Newton, el movimiento absoluto existe; ¿y qué significado tendría éste, sin la existencia de un espacio absoluto a que referirlo?

Nadie que estudie las cosas bajo un punto de vista elevado, podrá negar la fuerza poderosa de este sencillo argumento; él subyugó los espíritus del siglo antepasado y ha sido la piedra angular de todas las discusiones sobre las leyes de la mecánica en el último siglo. Luego veremos algunas de esas discusiones que dicen relación con nuestro tema.

Sabido es que la influencia de Newton fué considerable entre sus contemporáneos y en todo el siglo XVIII sus concepciones científicas dominaron sin contrapeso. Sus discípulos no se contentaron con profundizar las ideas de su maestro, sino que las transformaron y en parte les dieron un carácter metafísico que estaba lejos de corresponder a las propias concepciones de Newton. Se estableció así la escuela newtoniana, de filosofía natural, según la cual las fuerzas físicas se propagan en el espacio instantáneamente. Una concepción de esta especie era muy propia para mantener la creencia en la realidad objetiva del espacio y del tiempo.

Especialmente esta última idea adquiriría un carácter de independencia y universalidad bien definidos. La marcha del mundo a lo largo del tiempo, que se nos presenta a la imaginación como el curso de un río, cuyas aguas son los fenómenos sensibles, se podría escalonar desde un punto cualquiera del espacio valiéndose de una fuerza propagada instantáneamente. Sea, por ejemplo, una perturbación electromagnética producida en el punto considerado a intervalos repetidos t , t' y t'' . Esta perturbación ejercería su acción en todos los puntos del espacio en los mismos tiempos t , t' y t'' , pues se ha propagado a través de cualquier distancia en un tiempo nulo. La marcha del Universo en el transcurso del tiempo quedaría así jalonada por estas perturbaciones, como queda jalonada una vía férrea por los postes que indican los kilómetros, y el mundo entero nos parecería entonces escurrirse en block, como un tren, sobre los rieles del tiempo.

Pues bien, la labor realizada por diversos sabios desde las primeras decenas del siglo XIX, iba a trastornar por completo las teorías sustentadas por Newton con referencia a la naturaleza de la luz y a la propagación de las fuerzas.

Primero, Young y Fresnel hicieron triunfar la teoría ondulatoria de la luz sustentada por Huygens y Euler, sobre la teoría emisiva sustentada por Newton y Laplace. La nueva Física confería con esto, al espacio, un algo de tangible, llenándolo de un fluido semimaterial infinito, con caracteres bien definidos, como la propiedad de transmitir con una velocidad constante las ondulaciones luminosas, en lugar del vacío absoluto intangible de Newton. Después, Faraday y Maxwell sepultaron para siempre la concepción de la acción instantánea a distancia, sustituyendo en su lugar la acción propagada a través del espacio y del tiempo con velocidad limitada.

Por supuesto que este reconocimiento del espacio como una entidad física perfectamente independiente, sólo pudo adquirirse después de una lucha entre las diversas teorías corrientes, que se prolongó durante siglos.

Para los sabios de la antigüedad, y aún del Renacimiento, el vacío absoluto era una aberración, no podía existir. Descartes estaba tan convencido de esta imposibilidad, que, según él, las paredes de un vaso cuyo contenido se pudiese vaciar completamente, se pondrían inmediatamente en contacto. La naturaleza tiene horror al vacío, se aseguraba; es este horror el que hace subir el agua en los tubes de aspiración, y grande fué la batalla que hubieron de trabar Torricelli, Guericke y otros para convencer a sus contemporáneos de la existencia real del vacío. Torricelli, por ejemplo, fué denunciado ante la Santa Inquisición convicto de brujería por haber pretendido hacer creer que el agua no puede ser aspirada a más de 10 metros de altura.

«Los progresos realizados en el conocimiento del vacío, dice Mach (5), han sido favorables a la concepción física del espacio. Hablando propiamente, el vacío no tiene para Guericke, sino propiedades negativas. Desde luego, el aire no pre-

(5) *La Connaissance et l'Erreur*, pág. 363.

senta para el observador sin ilustración, sino propiedades negativas. No se le ve, y no se le puede sentir por el tacto, sino cuando se halla en movimiento, lo que permite apreciar también su temperatura. Encerrándolo en una bolsa o en un vaso, se puede constatar que es impenetrable y pesado. Más tarde todavía se llega a verlo y finalmente se le reconocen todos los caracteres de un cuerpo. Lo mismo ha pasado con el vacío: al principio no tiene ninguna propiedad física, después Boyle demuestra que no impide la acción de una lente convergente ni de un imán. Según Young y Fresnel, es preciso admitir que, en el vacío en que se propaga la luz, los mismos estados físicos se encuentran a pequeñas distancias y debemos representarnos esos estados físicos como propagándose con una gran velocidad en la dirección de la luz. Los trabajos de Faraday, Maxwell, Hertz, etc., han establecido la existencia en el vacío de fuerzas eléctricas y magnéticas de tal manera ligadas, que toda variación de una despierta la aparición de la otra en el mismo lugar. De una manera inmediata, no podemos percibir nada de esas fuerzas, salvo en el caso de una modificación periódica extremadamente rápida que se manifiesta a nosotros como luz, pero por ciertos artificios, es fácil probar la existencia de esas fuerzas y su ausencia completa constituye un caso de excepción muy raro. Vemos, pues, que de ninguna manera el vacío es una nada; tiene, por el contrario, propiedades físicas muy importantes. Se puede llamar al vacío, un cuerpo (éter); esto no tiene importancia, pero no es posible negarle propiedades variables y dependientes unas de otras que le son inherentes, como a los cuerpos».

Para Fresnel, el éter era un verdadero fluido, como un gas sumamente enrarecido; después Cauchy, Green, Lord Kelvin, etc., han demostrado que más bien se parece a un sólido infinitamente elástico. Maxwell admitía que el éter, fuera de sus propiedades eléctricas, tenía propiedades mecánicas, como la posibilidad de sufrir presiones y tensiones y de transmitir las a los cuerpos que se encuentran en él inmersos. El éter de Maxwell se parece mucho menos a la materia ordinaria que el de Fresnel y sus sucesores.

El gran físico holandés Lorentz, al reunir la teoría de la electricidad de Maxwell con la teoría de los fluidos eléctricos enunciada por los físicos del siglo XVIII y sustentada por Coulomb y los matemáticos de principios del siglo XIX, constituyendo el cuerpo de doctrina que se llama la Teoría electrónica de los fenómenos naturales, quitó al éter todo su aspecto material: para Lorentz, el éter es absolutamente inmóvil e incapaz de ser sometido a ninguna presión ni acción mecánica de cualquier especie. Sus diversas partes son rígidas e invariables unas con respecto a otras; el papel del éter se reduce a servir de soporte, algo así como de sistema de referencia para las perturbaciones electromagnéticas que se propagan en el espacio. «El éter de Lorentz, dice un crítico, no es deformable, no es susceptible de entrar en tensión, y, por consiguiente, no ejecuta oscilaciones mecánicas. En otras palabras, no posee ninguna especie de elasticidad, ni inercia, ni

densidad» (6), es decir, masa. Sin embargo, al terminar su célebre curso de la Universidad de Columbia en Nueva York, decía Lorentz: «Yo no puedo dejar de considerar al éter, que puede ser el sitio de un campo electromagnético con sus energías y sus vibraciones, como dotado de un cierto grado de substancialidad, por muy diferente que pueda ser de la materia ordinaria» (7).

En resumen, el éter ha sido concebido por los físicos modernos, como un elemento independiente de la naturaleza, que ocupa todos los lugares imaginables, como un sér rígido y extático a la vez, cuyo papel sería el de albergar, dar campo al desarrollo de los fenómenos sensibles. Esta concepción permite que el éter infinitamente extenso pueda ser considerado como un espacio efectivo; no ya simplemente en cuanto relación de coexistencia de las cosas, sino en cuanto existencia real y absoluta de posiciones o lugares discernibles por sí mismos entre sí. Esta es la idea que toda persona ilustrada tiene hoy día del espacio real, es decir, del vacío interplanetario, muy distinta de la concepción del espacio absoluto como entidad objetiva extrasensible.

Ahora bien, si, como he indicado ya, los pensadores del siglo XIX habían relegado a segundo término la creencia en el espacio y en el tiempo absoluto, ¿podían los sabios seguir aceptando como definitivos los fundamentos dados por Newton a las leyes del movimiento? Indudablemente no, y en el hecho se han realizado diversas tentativas para explicar los principios mecánicos, excluyendo la concepción ontológica anticuada de la existencia objetiva del tiempo y el espacio.

No haré mención sino de la más famosa y al mismo tiempo la primera en el orden cronológico: fué enunciada por el matemático alemán Carl Neumann, en 1870, en su Lección inaugural titulada: «Über die Principien der Galilei-Newtonschen Theorie»: «La ley de la inercia expuesta por Galileo, dice Neumann, se expresa así: un punto material puesto en movimiento recorre, si no obra sobre él ninguna causa extraña y es dejado completamente libre, una línea recta continua y traza a iguales intervalos de tiempo iguales longitudes de camino. Bajo esta forma no puede la ley servir como fundamento para ninguna construcción científica, ni como punto de partida para ninguna deducción matemática, pues es completamente ininteligible. No sabemos lo que se debe entender por un movimiento en línea recta, o más bien dicho, sabemos que esas palabras pueden ser interpretadas de muy diversas maneras, son capaces de infinitos significados. En efecto, un movimiento que bajo el punto de vista de la Tierra es rectilíneo, es curvo si se le considera desde el Sol y será representado cada vez por una línea distinta, si lo observamos desde Júpiter, Saturno u otro planeta. En pocas palabras, todo movimiento que, considerado desde un cuerpo celeste es rectilíneo, parecerá curvi-

(6) Silberstein: *The Theory of Relativity*, London 1914, pág. 42.

(7) *The Theory of Electrons and its Applications to the Phenomena of Light and Radiant Heat*. Leipzig 1909, pág. 230.

líneo observado desde otro cuerpo celeste. Aquellas palabras de Galileo de que un punto abandonado a sí mismo recorre una línea recta, se nos presentan, entonces, como un principio sin significado, como una ley vagando en el aire que, para ser comprendida, necesita un fondo determinado que la sostenga. Por consiguiente, algún cuerpo especial en el Universo nos debe ser dado, como base de nuestros juicios, como aquel objeto al cual se deben referir los movimientos; sólo entonces podremos estar en situación de comprender el significado de aquellas palabras... Como primer principio de la Teoría de Galileo y Newton, debemos, pues, establecer, el de que en algún desconocido lugar del Universo un cuerpo desconocido existe, absolutamente fijo, cuyas figura y dimensiones sean eternamente invariables... ¿Dónde se encuentra ese cuerpo, qué base hay para conceder a él solo un lugar tan preponderante, una situación soberana sobre los demás? Sobre esto, dice Neumann, no podemos dar ninguna respuesta».

No se puede negar que el propósito de dar a las leyes de la Mecánica un valor absoluto, haciendo ver que ellas exigen, más aún, demuestran la existencia en alguna parte de un cuerpo o sistema de referencia estático, invariable y eterno, es comparable por su audacia y su grandiosidad a la pretensión de Newton de fijar el alcance absoluto de aquellas leyes por medio de la concepción del tiempo y el espacio absolutos como entidades objetivas. En realidad, la existencia del cuerpo Alfa (como llamó Neumann a su sistema invariable de referencia hipotético) no es otra cosa sino la prueba de la existencia real de un espacio objetivo, bien sean el espacio absoluto de Newton o un espacio físico directo o indirectamente accesible a nuestros sentidos; pues, por muy extraño que parezca a nuestro entendimiento la existencia de ese sér misterioso imaginado por Neumann, que con su esencia inmanente domina a través del espacio y del tiempo todo el Universo y le fija la ruta invariable de sus múltiples movimientos, un momento de reflexión nos hará ver que ese papel, único en el concierto universal, lo representa el éter, cuya importancia en las teorías físicas del siglo XIX conocemos, y en el hecho más adelante veremos que esta solución al problema ha sido intentada y ha dado lugar a los más sorprendentes resultados y a las hipótesis más atrevidas que registra la historia de la ciencia.

Neumann trató de demostrar el absurdo de la relatividad del movimiento, y por consiguiente, la necesidad de la existencia del cuerpo Alfa (o del éter o del espacio absoluto, como sería más propio decir), por medio de un experimento ideal semejante, bajo ciertos puntos de vista, al experimento del vaso rotante de Newton. Supongamos, dice, una estrella fluida girando en medio del Universo; a causa de la fuerza centrífuga de su movimiento de rotación, se aplastará en los polos y adquirirá la forma de un elipsoide de revolución. Admitamos ahora que todos los demás astros y cuerpos del Universo desaparezcan y quede sólo la estrella en medio del vacío; si el movimiento fuese sólo relativo, diremos que la estrella seguirá en reposo, puesto que no observaríamos variación relativa de lugar en ninguna parte, y por consiguiente, debería recobrar su forma esférica en el mis-

mo instante del desaparecimiento del resto del Universo. Pero esto es absurdo, pues la fuerza centrífuga no depende de los cuerpos extraños, sino del movimiento propio de rotación; la estrella permanecerá achatada y podríamos decir con seguridad que se encuentra en rotación absoluta.

Aparentemente, este argumento es tan sólido como el de Newton, sin embargo, parece que no resiste las siguientes objeciones que se le han hecho: 1.º al anular al Universo entero, con excepción de la estrella considerada, no sólo se la reduciría al reposo, sino su existencia misma se desvanecería, pues un cuerpo es incapaz de sobrevivir al sistema de relaciones que constituyen su propio ser (8); 2.ª si Neumann supone el aniquilamiento completo del Universo fuera de la estrella, quiere decir que anula al mismo tiempo al cuerpo Alfa y, como según él, las leyes del movimiento, sólo tienen significado con referencia a este cuerpo, no hay razón ni base para afirmar algo respecto al estado dinámico de la estrella en las circunstancias indicadas (9); y 3.º No se puede suponer a priori que el Universo entero no tenga influencia sobre el movimiento de una de sus partes, de manera que, aniquilando el resto de aquel la parte no experimente variación ninguna en su estado, como parece admitirlo tacitamente Neumann. (10)

No parece que han tenido mejor éxito que Neumann, otros sabios que han tratado de sustituir, como fundamento de la Mecánica, el espacio absoluto de Newton por una concepción relativa. Estos fracasos, más o menos importantes, han motivado una corriente regresiva en algunos eminentes pensadores modernos, hacia la creencia en la realidad objetiva del espacio absoluto o, por lo menos, ha hecho adoptar a algunos una actitud agnóstica con respecto a este problema, que contrasta con la repugnancia general de los filósofos anteriores a 1870, hacia la concepción absoluta del espacio.

Conjuntamente se realizaron tentativas para eliminar de la ciencia el tiempo absoluto, tratando de hacer descansar la medida del tiempo únicamente en el desarrollo de los hechos observables. Neumann, en la misma disertación citada, fue el primero en intentar ese objetivo.

Su método consiste en deducir la medida del tiempo, del movimiento uniforme y constante. Para esto enuncia el principio de Galileo en una forma distinta de la habitual; de esta manera (11): dos cuerpos cualesquiera A y B, no sometidos a fuerzas, describen líneas rectas con respecto al cuerpo Alfa, de manera que a longitudes iguales, recorridas por A corresponden longitudes iguales recorridas por B. Y de aquí define: tiempos iguales son aquéllos en los que un cuerpo no sometido a fuerza, describe iguales longitudes de camino.

(8) Stallo: *Die Begriffe und Theorie der modernen Physik*. Trad. del ing. 2.ª ed. Leipzig 1911, pág. 202.

(9) Broad: *Perception, Physik and Reality*. Cambridge University Press 1914, pág. 289.

(10) Mach: *Mechanik*. Trad. del alem. París 1904, pág. 491.

(11) No podría partir del enunciado que un cuerpo no sometido a fuerza, recorre espacios iguales en tiempos iguales, pues se trata de definir precisamente este último concepto.

A esta definición se le ha hecho la siguiente objeción (12): Neumann define el tiempo por medio de un cuerpo sobre el cual no obra fuerza alguna, pero no nos dice cómo podríamos distinguir este cuerpo de otro sometido a una acción exterior. ¿No están todos los cuerpos del Universo actuando perennemente, unos sobre otros, y un cuerpo completamente aislado, es acaso otra cosa que una simple abstracción inaccesible a la experiencia? Si es así, el tiempo de Neumann, lo mismo que el de Newton, no sería sino una concepción ideológica, sin contacto inmediato con la naturaleza sensible y no nos prestaría ayuda alguna en la investigación de las leyes naturales.

Por otra parte, como lo hace notar Meyerson (13), «el principio de inercia no es conocido sino desde los tiempos de Galileo y Newton, y, sin embargo, la humanidad ha tenido siempre un concepto muy neto de la uniformidad del curso del tiempo, y aún, desde hace largos siglos, ha sabido medirlo. Basta examinar los medios de que se valían los antiguos para efectuar esa medida, para encontrar su fundamento». Este no es otro que el principio de que *sucesos iguales se desarrollan en tiempos iguales*.

Las ideas de Neumann introdujeron en la Física el concepto del tiempo kinético, es decir, se le ha asimilado a un móvil animado de movimiento uniforme. Se ha aceptado como tipo el movimiento de rotación de la Tierra alrededor de su eje y se han comparado los fenómenos naturales a este movimiento. El tiempo kinético posee la simetría de una línea recta: es perfectamente homogéneo, infinitamente extenso en ambas direcciones y sin que encierre, al parecer, un sentido de evolución determinado. Es un tiempo estático, muerto; completamente distinto del tiempo de nuestra conciencia, de la noción intuitiva del flujo de las cosas, del eterno devenir que, en nuestra imaginación, reviste la simetría de una flecha.

El tiempo real, es por su misma esencia, inconmensurable (14); cada instante es distinto de todos los instantes pasados y de todos los instantes por venir. El tiempo lleva en sí algo nuevo, un principio de creación, y los físicos, como ha dicho tan justamente Bergson, para reducirlo a la noción de cantidad y poder medirlo, han debido espacializarlo.

En los mismos años en que Neumann daba a luz sus ideas sobre los principios de la teoría de Galileo y Newton, otro sabio, por distinta senda, trataba de descubrir igualmente los fundamentos reales de las leyes de la Mecánica. Pero si Neumann representa la tendencia clásica, es el continuador lógico de los fundadores de la ciencia del movimiento, este otro representa la tendencia innovadora-completamente opuesta. Me refiero a Ernesto Mach, antiguo profesor de Física y actual profesor de Filosofía de las ciencias en la Universidad de Viena, uno de los espíritus más profundos y revolucionarios del siglo XIX.

(12) Broad. loc. cit., p. 311.

(13) *Identité et Réalité*.—2.^a ed., París 1912, p. 23.

(14) Boirac.—Grande Encyclopédie. Art. Temps.

Para él, la relatividad del tiempo y del espacio, no admite discusión y se debe aplicar en toda su integridad al mundo físico. Las leyes que los investigadores han deducido del estudio de los fenómenos naturales, deben conformarse con las exigencias de aquel principio filosófico y le son subordinadas. Sentadas estas premisas, Mach dice que el principio de la inercia no significa otra cosa que el movimiento de los cuerpos celestes con respecto a la bóveda estrellada parece ser comparable al movimiento de los cuerpos terrestres con respecto a nuestro planeta. Pero como el sistema de las estrellas fijas es prácticamente infinito, la ley de la inercia no puede pasar de ser, en el estado actual de nuestros conocimientos, sino una regla más o menos aproximada, de la cual sólo se puede decir que ha dado hasta la fecha buenos resultados en los casos en que ha sido posible ponerla frente a frente de los hechos observables.

Siendo para Mach una cosa sin sentido el movimiento absoluto, es exactamente igual, según él, decir que la Tierra gira alrededor de su eje o decir que es el sistema de las estrellas fijas el que gira al rededor de la Tierra; es equivalente sostener que la Tierra describe su órbita alrededor del Sol o que es el Sol el que se mueve alrededor de la Tierra. En realidad, dice (15), sólo nos son dados en el mundo sensible, dos movimientos relativos de rotación: uno el de la Tierra con respecto a las estrellas, otro el de la Tierra con respecto al Sol. Sería absurdo sostener que si fijáramos la Tierra e hiciéramos rotar el cielo estrellado a su alrededor, la fuerza centrífuga de rotación de la Tierra desaparecería, y el plano de oscilación del péndulo de Foucault permanecería estable. Lo único que podemos decir es que si las leyes de la Mecánica no nos dan los mismos resultados, para este caso que para el inverso, considerado generalmente como el único real, quiere decir que esas leyes son sólo aproximadas, y que tarde o temprano será necesario reformarlas. Lo que es absurdo, según Mach, es pretender que esas leyes tienen un valor absoluto y que sea necesario admitir la existencia de entes metafísicos que el espíritu repugna, como el espacio absoluto de Newton o el cuerpo Alfa de Neumann, para hacer que los fenómenos naturales encuadren dentro del marco de la teoría. No es el Universo el que se ha hecho para las leyes del movimiento, sino las leyes del movimiento para el Universo.

Conociendo el alcance que da Mach a los conceptos de tiempo y espacio, es natural preguntarse qué significado tienen para él ambos conceptos, en las ciencias experimentales.

«Bajo el punto de vista físico, nos dice en su última obra (16), el tiempo y el espacio son relaciones particulares de los elementos sensibles entre sí. Una prueba es que los números que miden el tiempo y el espacio, intervienen en todas las ecuaciones de la Física y que nosotros adquirimos los conceptos cronométricos

(15) *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*. 7.^a ed., Leipzig 1912, p. 226. Trad. franc. citada, p. 224.

(16) *La Connaissance et l'Erreur*, p. 351.

por la comparación de los fenómenos físicos entre sí y los conceptos geométricos, por la comparación de los cuerpos físicos entre sí».

Para Mach, el tiempo y el espacio, no son otra cosa que la expresión de la dependencia de los fenómenos naturales unos de otros. Cuando se dice que tal fenómeno es una función del tiempo, no se expresa otra cosa que la dependencia mutua entre ese fenómeno y el movimiento de rotación de la Tierra.

Mach se figura al Universo como si fuera un inmenso mecanismo constituido por una infinidad de piezas, dependientes unas de otras por medio de un sinnúmero de relaciones. Si el número de estas relaciones fuera igual al número de piezas, el Universo sería invariable, la naturaleza permanecería extática como una armazón de fierro y podríamos decir que en ese mundo sólo existía el espacio. Si el número de relaciones fuera igual al número de piezas menos una, el Universo se nos presentaría como una máquina propiamente tal, como un motor, en que cada una de las piezas podría tomar un cierto movimiento en determinado sentido y en el sentido opuesto. Entonces se nos presentaría el tiempo como reversible. Pero si el número de relaciones es inferior en varias unidades al número de piezas, tendríamos una imagen semejante a nuestro mundo sensible, en que la posibilidad de los fenómenos es infinita y hay infinitos medios de producir un mismo fenómeno.

En realidad, esta comparación de Mach tiene mucho de sugerente; empero, no nos presenta bien claro al tiempo en lo que tiene de más característico: esa completa desigualdad entre el presente y el pasado, ese eterno caminar hacia adelante de lo conocido a lo desconocido.

El mundo parece ser algo más que un simple mecanismo, hay algo en él que encierra un principio de heterogeneidad entre los estados presentes y pasados, algo que lo hace rodar en nuestra conciencia, en un sentido invariable hacia el porvenir. El tiempo, ha dicho el insigne Bergson, lleva en cada momento el germen de una perenne evolución creadora.

Sabemos que los físicos han descubierto y enunciado una ley de evolución en la naturaleza, pues no otro es el significado del segundo principio de la Termodinámica, que dice: la entropía de un sistema aislado aumenta en cada transformación interna; sólo en un caso límite permanecerá invariable, jamás podrá disminuir, o, dándole un alcance mucho más amplio, podríamos decir con Planck (16): «Existe en la naturaleza una cantidad que cambia siempre en el mismo sentido en todo proceso natural». En otras palabras, el segundo principio de la Termodinámica, nos manifiesta que el mundo evoluciona y podríamos medir su marcha evolutiva si conociéramos el valor de su entropía; es decir, llegaríamos a establecer un tiempo físico semejante al tiempo de nuestra conciencia, continua-

(16) *Treatise on Thermodynamics*, trad. del alem. London, 1903, pág. 103

mente nuevo y heterogéneo, y dirigido de lo pasado a lo porvenir. La entropía del Universo nos proporcionaría una medida absoluta del tiempo (17).

Desgraciadamente, el mundo se presenta a nuestra experiencia como infinitamente extenso y, en consecuencia, su entropía deberá ser también infinitamente grande, indefinida. No conociendo el valor de esta entropía, nos es imposible medir la evolución del Universo; su marcha hacia adelante nos quedará para siempre ignorada. ¿Cómo se explica, entonces, que llevemos en nuestra conciencia la intuición profunda de esta evolución, manifestada en nuestra concepción de la relación temporal?

El teorema famoso enunciado hace 50 años por Boltzmann, sobre la naturaleza íntima del segundo principio de la Termodinámica, nos proporcionará la clave de esta aparente anomalía. El teorema de Boltzmann se basa en este concepto genial: el segundo principio de la Termodinámica, es decir, el principio del aumento de la entropía en toda transformación de un sistema aislado, no es una ley exacta y bien definida, es sólo el resultado eventual de un fenómeno estadístico. El partió de la hipótesis atomística de la materia y estudió un proceso físico más o menos semejante al siguiente: Supongamos un gas encerrado en un depósito con dos compartimentos iguales, que llamaremos A y B. Ambos compartimentos se pueden poner en comunicación por una pequeña abertura, y admitamos que el gas se halle primeramente concentrado en uno de los compartimentos, el A, por ejemplo. Si abrimos la comunicación, comenzará a pasar gas del compartimento A al B, hasta que la presión en ambos sea la misma. Esto es evidente; sin embargo, estudiemos el punto con más detalle y tratemos de darnos cuenta objetiva del proceso real que se ha verificado, para lo cual supondremos que el gas primitivamente encerrado en A se encuentre sumamente enrarecido, que se componga solamente de un número reducido de moléculas, digamos 100. Estas moléculas se comportan, según la teoría atomística, como esferas sólidas perfectamente elásticas, poseídas de una cierta energía de movimiento, de manera que se encontrarán en el vaso en continuo choque con las paredes y choques entre sí, cambiando rápidamente de velocidad en magnitud y dirección. Abierta la comunicación, algunas moléculas pasarán al compartimento contiguo y poco a poco éste irá conteniendo mayor número de moléculas. A medida que pasan moléculas de A hacia B, irá disminuyendo el número que pasa en un transcurso de tiempo dado, pues las que quedan aún en A son menos, y por consiguiente, hay menos probabilidad de que alguna vaya a dar precisamente en la abertura. Además, se presentará el caso, cada vez más frecuente, mientras más moléculas haya en B, de que una de estas moléculas vuelva al compartimento A, y si consideramos, por ejemplo, el momento en que se encuentren 60 moléculas en A y 40 en B, será lógico admitir que, si en cierto tiempo pasan 6 moléculas de A hacia B, pasarán en igual lapso, 4 moléculas de B hacia A. De manera que el estado de equilibrio se irá alcanzando cada momento

(17) Mach: *Prinzipien der Wärmelehre*. Leipzig, 1900, pág. 338 (nota).

con velocidad menor, hasta que por fin tengamos 50 moléculas en cada compartimento. No por esto dejará de continuar el intercambio de moléculas entre una y otra sección, tendremos un equilibrio dinámico que se mantendrá indefinidamente, pues la probabilidad de que pasen, digamos 20 moléculas de A hacia B en una hora, es evidentemente igual a la de que pasen, en sentido inverso, igual número en el mismo tiempo. Sin embargo, esto no quiere decir que, observando el proceso durante un tiempo suficientemente largo, no se encuentre alguna hora en que hayan pasado, por ejemplo, 25 moléculas de izquierda a derecha y sólo 20 o 15 de derecha a izquierda, así como en una partida de juego de azar, prolongada durante muchas horas, no es raro observar que triunfe un mismo color varias veces seguidas. Se tendrán entonces fluctuaciones en el número de moléculas de cada compartimento; en realidad, estas fluctuaciones serán continuas, a veces habrá 50 en cada lado, otras veces 49 o 48 en uno y 51 o 52 en el otro. A la larga se producirán fluctuaciones más pronunciadas y quizás si experimentando días y semanas enteras, se llegue a observar un momento en que se hayan juntado 60 en un compartimento y 40 en el otro. Empero, la razón nos indica que en un transcurso mucho más largo de tiempo se podrán producir fluctuaciones aún mayores y la imaginación no encuentra límites para admitir fluctuaciones más y más considerables, que se produzcan, a impulsos de la suerte, una vez en el transcurso de enorme serie de años. Podemos así, llevar estas variaciones idealmente hasta el extremo y decir: habrá un momento cada millón, tal vez cada millón de millones de años en que, por un extraño azar, tan improbable que llegaría casi a los límites del milagro, se encontrarán las cien moléculas nuevamente reunidas en un solo compartimento. Volverá entonces a verificarse otra vez el proceso que hemos estudiado y, de esta manera, podemos lógicamente aceptar que cada millón de millones de años, existe la probabilidad casi completa de que se repita la misma evolución.

¿Qué diferencia habría si en lugar de considerar 100 moléculas, hubiéramos considerado 1 000 o 100 000? Únicamente que la evolución del sistema, en vez de presentarse una vez cada millón de millones de años, se presentaría con cierta probabilidad sólo cada trillón o cada cuatrillón de millones de años. Y si pasamos al caso ideal de un gas que contiene un número de moléculas del orden del trillón por decímetro cúbico, el período de su evolución será tan enorme, que la mente se resiste a concebirlo. Boltzman ha calculado que, en este caso, el período constaría de un número tal de años, que se escribiría por la cifra inaudita de la unidad seguida de mil millones de ceros.

Un estudio semejante al que se acaba de indicar para la expansión de una porción de gas, se podría efectuar para la difusión recíproca de dos gases a diferentes temperaturas. Veríamos que se trataría igualmente, de una marcha hacia la homogeneidad del conjunto y, una vez alcanzada ésta, encontraríamos una tendencia constante a permanecer en ese estado indefinidamente, como resultado lógico de los principios de probabilidad matemática; pero, sin embargo, observa-

riamos, como en el caso anterior, que se presentarían diferencias con respecto al término medio entre las temperaturas de las diferentes partículas del gas, de manera que, si en verdad, en su conjunto éste posee una temperatura uniforme dependiente de las temperaturas de los gases primitivos, si consideramos sólo una porción extremadamente pequeña de la masa gaseosa compuesta de un número relativamente reducido de moléculas, esta porción tendrá una temperatura que se llevará oscilando continuamente alrededor de la temperatura media del conjunto, así como oscilaba, en el ejemplo de más arriba, el número de moléculas de los compartimentos alrededor del número correspondiente a una repartición uniforme.

Esas oscilaciones de la temperatura serán, en general, imperceptibles; pero observando una misma porción de gas durante largo tiempo, nos tocará medir una diferencia de temperatura apreciable, con respecto a la temperatura media del conjunto, y, si consideramos esta porción a través de períodos interminables de años, podremos asegurar que alguna vez se producirá en ella una temperatura doble, diez o cien veces mayor, o menor, que la temperatura media. Y lo mismo que decimos de esta porción, deberíamos decir de todas las demás porciones del gas; de modo que la temperatura de éste no viene a ser sino el resultado estadístico promedial de entre las infinitas temperaturas diferentes de sus partículas, y si separamos con la imaginación millones de estas partículas en una masa considerable de gas, sería probable que observáramos algunas que tuvieran 100, 1 000 o más grados de diferencia con la temperatura de la masa total en su conjunto, en un mismo momento.

Estos ejemplos nos demuestran que el paso de un sistema físico, de un estado a otro, no es más que la marcha de una situación menos probable a una de mayor probabilidad, obteniéndose una homogeneidad estadística de los elementos determinantes del conjunto, a través y a pesar de una heterogeneidad infinita de las partes.

Ahora bien, Boltzmann probó en su teorema que la entropía de un sistema físico es proporcional a la probabilidad de su estado termodinámico. Por consiguiente, la entropía de un sistema homogéneo no es más que la resultante estadística de una infinidad de entropías diferentes de sus partículas, y la tendencia de los sistemas a pasar de un estado de menor entropía a uno de mayor entropía, no es más que el reflejo de la tendencia a pasar de un estado de menor probabilidad a uno de mayor probabilidad y, en consecuencia, en el transcurso de los siglos, esta transformación se hallará sometida a las mismas incasantes variaciones que el número de moléculas en cada compartimento, en el ejemplo estudiado más atrás detalladamente.

Esta larga pero necesaria digresión nos permitirá comprender la manera

cómo deriva Boltzmann una concepción física del tiempo, partiendo de su teoría. Veamos cómo expone él mismo sus ideas (18):

«Se puede representar el Universo, dice, como un sistema mecánico compuesto de un número enorme de partículas y de duración inmensamente larga, de suerte que las dimensiones de nuestro mundo estelar de estrellas fijas sean minúsculas comparadas con la extensión total del Universo, y que la duración de los tiempos que nosotros calificamos de eras eternas, sea insignificante comparada a la duración del Universo. En éste reina casi por todas partes el equilibrio térmico, y, por consiguiente, la muerte: pero se encuentran por aquí y por allá dominios relativamente pequeños, de las dimensiones de nuestro mundo estelar, que llamaremos mundos individuales, los que durante el transcurso relativamente corto del orden de las eras, se separan notablemente del equilibrio térmico. (Así como hemos visto que las temperaturas de las partículas de una masa gaseosa se separan con el transcurso del tiempo, en proporción considerable, de la temperatura media del conjunto, única directamente observable). «Para algunos mundos individuales, la probabilidad de los estados crecerá con el tiempo, es decir, su entropía irá en aumento; para otros, por el contrario, la entropía tenderá a disminuir, en tanto que en su conjunto la entropía total del Universo quedará invariable, como la de un sistema llegado ya al término de su evolución, de su vida. Habrá, pues, dos direcciones opuestas para el tiempo, pero en el Universo entero será imposible distinguirlas; lo mismo que en el espacio no hay ni arriba ni abajo, así mismo en el inmenso Universo no hay ni pasado ni porvenir. Pero, así como en una región determinada de la superficie de nuestro planeta, consideramos como hacia abajo la dirección que va hacia el centro de la Tierra, así también un sér viviendo en una fase determinada del tiempo y habitando un mundo individual en marcha evolutiva, designará la dirección de la duración que va hacia los estados físicos menos probables, es decir, de menor entropía, de distinta manera que la dirección contraria: la primera indicará para él el pasado o el comienzo, la segunda el porvenir o el fin.»

Tal es la naturaleza termodinámica, la génesis física del tiempo según Boltzmann. Su esencia es de una completa relatividad: para el Universo colosal en su conjunto, sumido en un eterno letargo, el tiempo ha desaparecido; para los diminutos mundos individuales que el azar de la existencia los ha puesto en marcha evolutiva, entre la inmensidad de los mundos extáticos, muertos por los siglos de los siglos, el tiempo posee las dos direcciones posibles, pero si vivieran seres organizados semejantes en esos mundos, sus conciencias imaginarían el tiempo yendo siempre del estado menos probable al estado de mayor probabilidad, así como para todos los habitantes de la Tierra, los cuerpos caen siempre de arriba hacia abajo, en el espacio.

(18.) Leçons sur la théorie cinétique des gaz. Trad. del alem. París 1908, pág. 252.

Pues bien, nuestro propio organismo, rodeado por las cosas de la naturaleza inanimada, forma un sistema material relativamente aislado, que experimenta, de la cuna a la tumba, una evolución bien definida. La materia orgánica que constituye la base de nuestra contextura está sometida indudablemente a la ley de la entropía y el determinismo de las reacciones físico-químicas que constituyen la vida, debe imprimir, necesariamente, su sello sobre nuestra conciencia. De esta manera se explica, entonces, que llevemos profundamente arraigado en nosotros mismos el concepto intuitivo de la duración real, de modo que parece que la idea de tiempo brota espontánea de nosotros y se impone al Universo como una ley ineludible de las cosas. Desde el momento en que nos sentimos vivir, el tiempo nos acompaña indisolublemente y nos es imposible imaginarnos un ser que haya llegado a establecer una relación de coexistencia de los objetos sensibles, sin que vaya acompañada de una relación correlativa de sucesión en el tiempo. Hemos visto más atrás cómo Poincaré nos ha demostrado la posibilidad de una conciencia que conozca sólo el tiempo, con exclusión del espacio; empero, sería absurdo pretender imaginarse una conciencia para la cual no haya más que espacio, sin tiempo.

Algunos filósofos eminentes (19) parece que no aciertan a comprender el empleo fructífero que han hecho los sabios en sus investigaciones, del tiempo kinético, tan diverso de nuestro concepto intuitivo de la relación temporal, que constituye la esencia de la concepción humana del Universo y de la vida.

(Continuad).

(19) Fouillée. *Esquisses d'une interpretation de l'Univers*. París, 1903.