

## ATOMOS Y ESTRELLAS

*Por el Ingo. EMILE GIRARD, Profesor de la Facultad.*

(Viene del N° 70 de Noviembre de 1954).

...se calculó, hay resultados "anormales". Para explicar dichas anomalías, Sommerfeld, en 1916, tuvo la idea de aplicar la mecánica relativista a la cuantificada de Bohr, y obtuvo una segunda aproximación de la estructura fina de los espectros. Pero fue precisa la hipótesis de Uhlenbeck y Goudsmith para aclarar íntegramente la extrema complejidad de esta estructura. Dicha hipótesis fue la de considerar el electrón, no como una simple carga material, sino como un pequeño imán en rotación. Entonces el electrón de Dirac tiene a la vez masa, carga eléctrica, magnetismo y rotación propia.

Partiendo de este concepto y del principio de Pauli (dos electrones en el interior de un átomo, no pueden tener los mismos valores cuánticos), Dirac admitió que la onda asociada al electrón debe ser representada por una función de varias componentes. Esto lo llevó a limitar sus componentes a cuatro, entre los cuales estableció cuatro ecuaciones que sólo admiten cuatro soluciones posibles. Estas ecuaciones justifican plenamente la hipótesis de Uhlenbeck y Goudsmith, verifican los efectos Zeeman anormales, así como a posteriori, la realidad del spin.

Lo más curioso es que, al dar ciertas soluciones a la energía negativa, habían dado a Dirac la posibilidad de prever la existencia del electrón positivo (el positón descubierto en la cámara de Wilson), que formaría un par con un electrón negativo, y efectivamente tales pares aparecen en dicha cámara. Este concepto del electrón electromagnético de Dirac se hizo extensivo al protón, al neutrón, al mesotón y a todas las "partículas" materiales.

Sin embargo, cuando se quiso aplicarlo al fotón, se tuvo la sorpresa de constatar que un fotón, construido en esta forma, no tendría sino la mitad de la simetría necesaria para una teoría completa de la luz, para la polarización especialmente. Entonces Louis de Broglie propuso una modificación de la teoría inicial de su mecánica ondulatoria, que conduce a considerar el fotón, no como un corpúsculo de Dirac, sino como un par de dos medio-fotones.

**El magnetón de Bohr.** - Anteriormente y para explicar las propiedades de los cuerpos magnéticos, Bohr había imaginado que debían ser compuestos de corpúsculos elementales dotados de esta fuerza especial y no definida, llamada magnetismo, otro componente del universo, y propuso el término de magnetón. Luego al conocerse el electrón dotado de spin, de Dirac, se admitió que, además de su movimiento de rotación alrededor de uno de sus diámetros, debía tener un "momento magnético" generado por

dicha rotación e igual al de un magnetón de Bohr, con un momento de cantidad del movimiento igual a la mitad de la unidad cuántica:  $-\frac{h}{2\pi}$

En todo edificio complejo formado por corpúsculos elementales, los spins deben sumarse algebraicamente de manera que el spin total del edificio sea forzosamente  $h + \frac{1}{2} \frac{h}{2\pi}$  en unidades  $\frac{h}{2\pi}$ , sea con spin par o nulo, sea con spin impar, de donde dos categorías distintas de "edificios" con comportamiento diferente en lo que se refiere a sus propiedades estadísticas. Parece que los núcleos de spin par y los fotones siguen la estadística de Bose-Einstein, mientras los de spin impar y los electrones siguen la de Fermi. Es esta observación que llevó a Louis de Broglie a pensar que el fotón no es un corpúsculo elemental sino un conjunto de dos, uno positivo, el otro negativo del mismo spin  $\frac{1}{2}$ , dando un spin nulo para el fotón, y asimismo Dirac admitió el concepto de pares de electrones de signos contrarios lo que permitió deducir la posibilidad de existencia, por lo menos teórica, de un nuevo corpúsculo neutro de masa solamente doble de la del electrón: el neutrino.

Este pequeño neutrino constituiría la transición, el intermediario entre la materia y la luz, el estado de transición entre la constitución de la luz a partir de la materia y el retorno a ésta por desintegración de la materia, desintegración necesaria para explicar el efecto fotoeléctrico, en el cual se está obligado a constatar este desvanecimiento, por el impacto del fotón sobre la materia a la cual cede toda su energía.

Estas consideraciones llevan a considerar la existencia de tres clases de corpúsculos neutros: (a) el neutrón de masa igual a la "unidad" (la del protón), b) el neutrino de Fermi, con una masa muy inferior, c) el medio fotón de Broglie, de masa infinitamente inferior, prácticamente negligible, es decir sin carga eléctrica apreciable, pero que por causa de su spin manifiesta propiedades electromagnéticas. Parece que debería añadirse un cuarto tipo: el neutreto de Yukawa, si no se tratara probablemente de un corpúsculo no-elemental, ya que su masa, además de ser muy apreciable es variable. Este concepto del neutrino de Fermi, sería general: a cada corpúsculo positivo estaría asociado (tanto para la materia como para la luz) un anti-corpúsculo de carga contraria, ambos obedeciendo a las ecuaciones de Dirac y a la estadística de Bose-Einstein.

Una opinión de Dirac sobre la constitución del universo material, es de mayor interés: de acuerdo con su hipótesis apoyada por el principio de exclusión de Pauli (no puede haber más de un electrón por estado cuántico) todos los campos de energía negativa están normalmente ocupados en el universo, por un excedente de "estados" positivos. Los electrones de energía negativa no son normalmente observables, por estar distribuidos con una densidad uniforme pero, si bajo una influencia exterior pasan a un estado de energía positiva, hay aparición de un electrón de-

tectable experimentalmente, y de una laguna de un "hueco" en la distribución de los electrones negativos: creación de los pares en la cámara de Wilson, que trabajos más recientes de Anderson, Blackett, Ochiliani, han comprobado en casos excepcionales.

El magnetón de Bohr ya no se considera como teniendo una existencia real, sino como siendo una simple propiedad de los electrones resultando de su spin.

Sea lo que sea, la oposición entre la mecánica ondulatoria y la mecánica relativista, aún cuantificada, parece aparentemente irreductible mientras se halle un artificio todavía no encontrado o comprobado. Esta oposición reside en la necesidad de interpretar fenómenos que pertenecen a dos universos diferentes por métodos de cálculo especiales a cada uno de estos universos. La relatividad emplea el cálculo diferencial clásico, esencialmente basado sobre el concepto de "continuidad". La mecánica ondulatoria ha sido obligada a recurrir al cálculo de probabilidades el cual, y no menos esencialmente, está basado sobre el concepto de "discontinuidad".

El cálculo de probabilidades fue desarrollado por Henri Poincaré, quien estableció sus leyes; por Emile Borel que hizo resaltar todas sus consecuencias de orden filosófico y metafísico. Está basado sobre la hipótesis del azar, de la casualidad, del "chance" de todos los elementos o fenómenos cuyas leyes se busca establecer, y que se suponen no obedecer rigurosamente a ninguna ley originando sus movimientos o transformaciones, que se intenta codificar, traducir, expresar en lenguaje matemático. Pero, a pesar de este desorden total del estado inicial, a pesar de todo carácter privilegiado para tal o cual elemento considerado, aparece que el cálculo es riguroso (por ejemplo la ley de los grandes números) y conforme a la observación experimental.

Cabe hacer dos observaciones: 1º Para llegar a un resultado se considera un elemento medio e hipotético: la onda media de Louis de Broglie, por ejemplo. 2º La observación es subjetiva: depende del grado de atención del observador y de la precisión de los instrumentos empleados. Todo va bien cuando los cálculos y las observaciones de control se refieren a objetos del universo macrocósmico, y hasta el nivel del dominio molecular: a la escala del cálculo y de las observaciones la importancia o magnitud de los errores posibles no tiene influencia decisiva sobre los resultados. En el dominio microcósmico, el de los electrones y de los fotones, las condiciones son diferentes, muy diferentes.

Ya hemos visto, al hablar de la radioactividad, que de ninguna manera se pueden saber cuáles son los corpúsculos que van a ser alcanzados o afectados por el fenómeno; parece que una escogencia misteriosa los designa de antemano en el transcurrir del tiempo. Ocurre lo mismo al bombardear un átomo, cuando por los cálculos de la mecánica ondulatoria, se quiere determinar cuál será la posición "espacio-temporal" del corpúsculo alcanzado, y cuáles serán las magnitudes mecánicas de la onda asociada. No se sabe cuál de todos será el corpúsculo en cuestión, del cual no se conoce a priori ni el estado electromagnético real, ni el nivel

de energía, y si el observador quiere fijar su atención sobre esta posición no puede verificar en el mismo instante las cantidades de movimiento; y aun en el caso de que pudiera hacerlo, no obtendría un resultado riguroso, ya que desde 1932 Heisenberg hizo ver que los errores de observación, siempre posibles, son del mismo orden de magnitud que las cantidades por medir. Ocurre lo mismo para la onda asociada: la velocidad de esta onda teórica es la velocidad media del grupo (igual a la velocidad del corpúsculo) y entonces hay una infinidad de ondas estacionarias y de propagación, sin que se pueda afirmar que sus componentes sean idénticas a las de la onda considerada.

El principio de incertidumbre de Heisenberg significa efectivamente que el electrón inter-atómico, al cual se asocia una onda cuya energía y velocidad de propagación se calculan exactamente en un momento preciso, está (dicho electrón) realmente indeterminado; ocurre lo del fenómeno radioactivo: Se sabe que en un tiempo X hay desaparición de Y átomos pero no se sabe cuáles, mueren bruscamente sin haber envejecido, sin que pueda seguirse la pista de su degradación, lo que permitiría identificarlos. Parece que, como lo dijo Maxwell, una entidad burlona los escogiera a su capricho, así como un cálculo de prima de seguro se ve burlado por un accidente imprevisto. Es lo que los probabilistas, aplicando sus cálculos a la cinética de los gases, llaman una "fluctuación" siempre posible, lo que los biólogos llaman una "mutación".

El principio de incertidumbre de Heisenberg obliga entonces a la mecánica ondulatoria a ser probabilista, tanto en sus conclusiones como en sus primicias, para el universo que estudia; mientras que, partiendo de principios probabilistas, se obtendrían resultados prácticos, conformes a lo que llamamos realidad en el universo tangible, sensible, ordinario.

Se ha ensayado reemplazar los cálculos de probabilidad, de la teoría de Poincaré, por cálculos de estadística. Primero Boltzman, luego Bose y Einstein, Fermi y Pauli, han sucesivamente propuesto varios métodos, uno y otro teniendo casos de aplicación más precisa, pero todos tienen el mismo inconveniente, inherente a su naturaleza: sólo pueden dar resultados con probabilidad más o menos grande para ser válidos a escalas más o menos pequeñas; pero, por grande que sea la imposibilidad contraria, por esto no deja de existir. Cualquiera que sea el grado de precisión y refinamiento de nuestros métodos de cálculo, de nuestros instrumentos de medición, la sola presencia del observador frente a los fenómenos por estudiar implica, al hacer la observación, un elemento de inter-acción, es decir de incertidumbre, que impide el rigor absoluto del resultado. Estamos "ligados" a las cosas, nuestra propia existencia tiene una influencia sobre el universo, ínfima sin duda, pero no negligible. Así como, según el concepto de Einstein-Minkowsky, la presencia de la materia es causa de la curvatura del universo.

Otra consideración subraya la distancia que separa ambas mecánicas. Cuando Schoröedinger aplicó la mecánica de Louis de Broglie a los electrones, se vio obligado a considerar un espacio propio de tres dimensiones para cada electrón, y el choque

de dos electrones conducía a considerar un espacio de nueve dimensiones, hipótesis evidentemente absurda para nosotros.

Para volver a la estructura física del universo, y acabar este capítulo, la ciencia actual considera la materia y todas las radiaciones como "centros de energía electromagnética a los cuales, por un lazo todavía desconocido, están ligadas ondas de probabilidad". Las palabras "corpúsculo" y "onda", sin objetividad cierta, sólo se conservan como nociones para explicar, ilustrar, fácil y alternativamente, tal o cual fenómeno. Actualmente puede admitirse como conclusión, que la mecánica relativista basta para la explicación de los fenómenos a escala corriente, macrocósmica y hasta molecular pero, que para los fenómenos de lo infinitamente pequeño del microcosmos: electrones y fotones, la mecánica ondulatoria con sus nociones de corpúsculo y de ondas, dá mejor cuenta de los fenómenos naturales. El porvenir dirá si ambas mecánicas pueden refundirse en una sola más general ya que aparentemente la una y la otra no son más que apariencias que ocultan la realidad del universo.

Ya pueden esperarse nuevos conceptos: el del campo unificado de Einstein, el de H. Varcolier sobre propagación elipsoidal. Según este último, la onda emitida por un corpúsculo vibrando y en desplazamiento recto y uniforme debe ser elipsoidal y no esférica, como lo había postulado De Broglie para llegar a las ecuaciones de su mecánica ondulatoria. Partiendo de esta simple propiedad de la onda, vuelve a encontrar las ecuaciones de las mecánicas relativista y cuántica, aclarando y explicando los resultados negativos del experimento de Michelson, Sagnac y Gerbert que estaban en contradicción con dichas mecánicas, dando un concepto "posible" de la gravitación. Según este investigador, el neutrón estaría constituido por un protón alrededor del cual gravitaría un electrón, pero a una distancia  $10^{-11}$  cm. mucho más corta que la del electrón del hidrógeno  $10^{-8}$ , el neutrón sería un átomo de hidrógeno "comprimido".

Cuando el pensador anhela encontrar una respuesta a la primera de las tres grandes preguntas: ¿Qué es el universo, de dónde procede, a dónde va?, no se encuentra como Edipo al frente de una esfinge despiadada, sino que parece repetir la aventura de Pandora: no puede resistir a la tentación de abrir su famosa caja cuyo contenido vuela, disperso a los cuatro vientos: teorías y más teorías se lleva la brisa de los siglos, del tiempo que pasa. Pero gracias al cielo, como Pandora, el pensador siempre alcanza a cerrar oportunamente su mágica caja, a conservar aprisionada la Esperanza.

Cuando el espíritu humano se inclina sobre el átomo, cada paso dado hacia algo más pequeño, más sencillo, más elemental, hacia la "unidad" lo pone al frente de un nuevo problema, hasta llegar al punto de no saber si le es dado poder saber "qué es la materia". Después de alcanzar a ver que materia o energía parecen surgir de un origen común, tras largos años de investigaciones, el hombre de ciencia llega a dudar. Tengo la impresión nítida de que los matemáticos y físicos de nuestra época actual, aunque hayan aprovechado ampliamente los trabajos y conclusiones

de Heisenberg, no se dan cuenta cabal de su alcance filosófico. Si es correcto en el lenguaje matemático, hablar de su "principio de incertidumbre" me parece que también debe llamarse "principio de la duda" ¿No será una voz de alarma la de Heisenberg, cuando nos dice muy claramente: la magnitud de los errores posibles alcanza ya la magnitud de lo que se mide?

Parece que los hombres de ciencia, enfocados en el estudio de la materia y de la energía, se hayan desvinculado del cosmos, hayan olvidado que quizás, el espíritu también sea uno de los componentes del universo. Encerrados en infranqueables recintos, nuestros modernos alquimistas ya no buscan la piedra filosofal ni el elixir de larga vida, sino armas más mortíferas, más infernales.

"Amiga Física, mucho tiempo llevas ya en tus laboratorios, y sólo has llegado a la duda, yo también me siento viejo y cansado, pero como lo decía un poeta pocos días antes de subir al cadalso:

Quoi que l'heure presente ait de trouble et d'ennui

Je ne veux point mourir encore.

Amiga mía, la noche es bella, dame tu mano y caminemos mirando al cielo, alcemos la frente y miremos al firmamento, es algo de que se ha olvidado la humanidad de hoy".

#### IV La Astronomía y la Física

Al inverso de la física atómica, la astronomía estudia lo infinitamente grande. ¿Nos llevará a conceptos distintos? En primer lugar nos muestra que todos los cuerpos que estudia la físico-química terrestre existen en las estrellas, todavía no ha descubierto otros. El análisis espectral nos lleva a concluir que lo que estudiamos en nuestros laboratorios es aplicable al universo sideral. Veamos lo más brevemente posible cuáles son las nociones generales actuales, y cómo se relacionan a lo que la física terrestre nos enseña.

**Nebulosas.** - Casi toda la materia del universo está contenida en las estrellas, que se agrupan en sistemas análogos a nuestra Vía Láctea (galaxias o nebulosas), al interior de los cuales giran alrededor de uno o varios centros. En nuestro sistema se distingue un conjunto especial, local, (nuestro sistema de referencia) del cual hace parte nuestro sol y que tiene un apex particular.

**Nubes cósmicas.** - En las nebulosas ordinarias o espirales, además de millones de estrellas, se observan nebulosas luminosas, las nebulosas cósmicas todavía no "resueltas" por los mayores telescopios, y en donde se supone que la materia puede no obedecer a la ley de gravitación, por estar demasiado diluída o estar en estado radiante en el cual las fuerzas de cohesión son neutralizadas por repulsiones entre partículas elementales.

**Nebulosas oscuras.** - Son regiones oscuras de contornos definidos, no desprovistas de materia, pero en las cuales se halla en un estado tan rarificado que el calentamiento por las estrellas vecinas no es suficiente para llevarla hasta la excitación luminosa, es decir la emisión de fotones. Sin embargo, en los espectros de

estas zonas se han identificado el calcio, el sodio, el potasio, el titanio, y posiblemente los radicales CH y CN. Si aparecen las rayas del calcio por ejemplo, esto indica que este elemento ha sido ionizado, ha perdido un electrón, y por causa de la rarefacción del espacio sideral (se calculó 1 átomo por  $\text{cm}^3$ .) sólo tendría la posibilidad de encontrar un electrón cada cinco días, y otro átomo sólo una vez al año, efectuando un recorrido libre igual a la distancia Sol-Tierra. Por lo contrario, el proceso de desintegración parece repetirse: la mayor parte de los átomos de calcio han perdido dos electrones y no dan rayas. Además, es admisible que en el espacio interestelar el calcio se halle en la misma proporción que en la tierra (1%), y que sea el más apto para entrar en resonancia con la radiación dominante de las estrellas. Efectivamente, debe observarse que estas rayas proceden, por acumulación de átomos ionizados, del espacio incluído entre las estrellas y nuestros instrumentos, y no propiamente de las zonas oscuras, y no se puede infirmar la presencia en las nebulosas oscuras de otros elementos.

**Nebulosas verdes.** - Ciertas nebulosas observadas recientemente tienen un color verde. Esto se debe a la proximidad (relativa) de una estrella de muy alta temperatura (más de 30.000 C) cuyas radiaciones muy penetrantes mutilan ciertos átomos, hidrógeno y helio, que dominan en las nebulosas, y (estos a su vez) excitan otros átomos especialmente de oxígeno, llevándolos al estado "meta-estable" que está al origen de los fenómenos de fluorescencia. Estas rayas verdes son las llamadas "prohibidas" del oxígeno, inobservables en nuestros laboratorios con nuestros átomos en agitación. Sólo pueden observarse por su vida apacible en un medio infinitamente rarificado. Se ha calculado que un átomo de oxígeno de la nebulosa de Orión "trabaja" así una vez por siglo, para que podamos observar las rayas verdes de este elemento, es necesario que sus átomos se acumulen en el seno de la nebulosa, sobre centenares de años-luz en un estado meta-estable, es decir en espacios enormes. Naturalmente la nube cósmica también existe en nuestra galaxia, de hecho es el medio general, muy rarificado, que constituye el residuo de la nebulosa primitiva, el mal llamado vacío intersideral, y en el cual se han condensado las masas más o menos densas que constituyen las estrellas. Las nebulosas oscuras serían entonces nubes cósmicas, en las cuales la materia está menos rarificada, pero sin haber llegado todavía a un estado que permita la condensación en masas estelares.

En el espacio existen varias clases de "vacío relativo":

- 1º. - El vacío interplanetario, que contiene en realidad toda clase de elementos materiales, corpúsculos arrancados a los cometas, meteoritos, aerolitos, polvos cósmicos.
- 2º. - El vacío interestelar o nube cósmica, de temperatura vecina de 15000 C.
- 3º. - El vacío nebuloso, oscuro o verdoso, conteniendo calcio, sodio, helio, oxígeno y posiblemente otros elementos, a temperaturas superiores a los 30.000 C.

4º. - El vacío intergaláctico, que se cree sólo contener calcio en un estado infinitamente más rarificado que en el vacío interestelar.

**Galaxia Solar.** - La presencia de las nubes cósmicas muestra que la aglomeración de estrellas en las nebulosas no es uniforme. La nuestra, la galaxia solar, se ha dividido en 93 grupos, incluyendo más de cien mil millones de estrellas; y nuestro grupo local sólo tiene de particular el hecho de parecernos el más grande por la única razón de que nuestro sol hace parte de él. Ciertos cálculos dan para la Vía Láctea una masa de 165.000 millones de veces la del Sol, con una edad de unos 40.000 millones de años.

Este sistema de grupo de estrellas es simétrico en relación al plano de la Vía Láctea y ésta es una especie de disco lenticular de un diámetro de 200.000 años-luz, nuestro Sol estando a unos 30.000 años-luz de distancia del centro de dicho sistema. Este centro se halla en la constelación del Sagitario, los grupos giran a su alrededor con una velocidad que disminuye a partir de los bordes del disco, de manera que la rotación de nuestro grupo local se efectúa en 250 millones de años, a la velocidad de 300 kilómetros por segundo. Los grupos más cercanos al centro efectúan centenares de revoluciones durante el mismo lapso.

En nuestro grupo local, que también tiene una forma lenticular y es el más aplanado de todos, el Sol describe además, una rotación alrededor de un apex vecino de Sirio, girando sobre sí mismo en 11,2 años aproximadamente. Los planetas giran alrededor del Sol, el sistema solar alrededor de un centro vecino de Sirio, etc., y entonces? puede pensarse en una rotación general de todas las galaxias alrededor de un centro universal, el corazón del cosmos?

**Galaxias exteriores.** - Todas las estrellas visibles al ojo o con lunetas corrientes hacen parte de la Vía Láctea; fue preciso el uso del telescopio para conocer las galaxias exteriores, y ya se han encontrado más de 60 millones y apenas estamos principian-do. La expansión del espacio recientemente descubierta, hace pensar que, si las nebulosas espirales más lejanas que podemos identificar se alejan de nuestra galaxia con una velocidad que es la séptima parte de la luz, llegará el momento en que dejen de ser visibles para nosotros, y que por consiguiente debe haber millones de galaxias cuya luz ya no nos alcanza y que, si no existen para nosotros, no dejan de existir en realidad. Las nebulosas han podido localizarse aproximadamente en el universo por la observación de las Novas y de las Cefeidas que, como la Vía Láctea, contienen.

Las Novas son puntos muy brillantes que aparecen bruscamente en un sistema galáctico, aumentan de brillo y luego desaparecen después de períodos de luminosidad variable. Hay supernovas que se vuelven muchísimo más brillantes que las Novas corrientes, ambas constituyen referencias valiosas para el telescopio.

Las Cefeides son estrellas de luminosidad variable, pero según un ciclo, un ritmo propio a cada una y que, al contrario de las Novas, no aparecen bruscamente, no parten del cero para volver a desaparecer: Sus diámetros y sus períodos de rotación han podido determinarse. En el conjunto de las nebulosas se observan dos tipos netamente distintos: a) un conjunto de aspecto elipsoidal, en el cual la repartición aparece relativamente uniforme; b) un tipo con brazos giratorios que parecen alejarse progresivamente de la parte central: las nebulosas espirales, con una repartición muy irregular. Se cree que el primer tipo representa una primera fase de condensación, y el segundo una fase posterior en la cual las estrellas más exteriores desplazadas por otras vecinas de su órbita normal, adquieren velocidades que las eyectan del borde ecuatorial de la galaxia, mientras las del centro se apretujan. Nuestro sol estaría precisamente en uno de los brazos de la Vía Láctea, que aparece ser una nebulosa de evolución ya avanzada.

Las Novas parecen ser estrellas llegadas a un punto de su evolución en el cual estallan, después de una acumulación de gases periféricos, emitiendo una cantidad prodigiosa de radiación mientras la masa central se derrumba volviendo a su magnitud inicial, se vuelven "enananas" blancas muy calientes, de un radio estimado ser veinticinco veces menor que antes del cataclismo. A veces el fenómeno se repite, hay varios países de recrudescimiento y al fin la Nova desaparece o se parte en dos, tres o cuatro partes. La Estrella Polar sería una Nova cuádruple, Castor y Orión serían séxtuples. Es el origen de las estrellas llamadas dobles o triples, formando sistemas conjugados de astros girando los unos alrededor de los otros, a veces con diferencias de masa considerable, como por ejemplo el pequeño compañero de Sirio. Se conoce una Nova tres veces más pesada que el Sol y con un diámetro inferior al radio de la tierra, su temperatura sería de unos 28.000 C. Las Cefeides podrían considerarse como estrellas en el período de "pulsación energética" que precede la explosión de las Novas.

Debe observarse que no hay solamente nebulosas extra galácticas; el sistema de la Vía Láctea incluye gran cantidad, de dos tipos: unas llamadas nebulosas planetarias son atmósferas luminosas circundando una estrella única (por ejemplo la nebulosa anular de la constelación de la Lira), otras llamadas galácticas, son en realidad "atmósferas de estrellas" en las cuales la situación en el centro es, en general, curiosamente pequeña, con un diámetro de un quinto del de nuestro Sol y una temperatura mayor de 75.000 C (probablemente mucho más en su centro) lo que indica una condensación fantástica. De este último tipo se observan en las constelaciones del Cochero, del Escudo de Sobieski, de Orión, de las Pleyadas.

En cuanto a sus distancias, si la nebulosa extra-galáctica de la constelación del Triángulo, la más cercana de nosotros, sólo está a 850.000 años-luz, (en oposición a los 184.000 para el conjunto más cercano en nuestra galaxia). Las distancias de las más lejanas, estudiadas en Mount Wilson, van hasta 250 millones de años-luz. Así como la nuestra todas estas galaxias giran alrede-

dor de su centro, sencillamente son otras galaxias obedeciendo a las mismas leyes de evolución y, de acuerdo con su apariencia se han repartido en una serie que representa la historia pasada, presente y futura de la nuestra.

**Estructura de las estrellas.** - Las estrellas están clasificadas según su magnitud o luminosidad aparente. Las hay enanas y gigantes, azules, amarillas, rojas, que representan las diversas etapas de evolución de masas de materia reunidas alrededor de un centro de gravitación. A su nacimiento una estrella es una masa de gas frío, muy rarificado que ocupa un espacio inmenso: es una gigante roja. La gravitación concentra la masa y la temperatura aumenta, pasa progresivamente al estado de blanco brillante pero su tamaño disminuye considerablemente, luego pasa al estado de amarillo (tipo solar), después se vuelve roja, para terminar como enana roja oscura, muy condensada. Las masas, diámetros y densidades de las estrellas se han calculado, no los métodos empleados sino los resultados nos interesan.

Las conclusiones son bastante sorprendentes:

1º - Casi todas las estrellas tienen una masa análoga a la del Sol, variando de  $10^{32}$  gramos a  $10^{35}$  gramos (la del Sol es de  $2 \times 10^{33}$  gramos). Las estrellas tres veces más pesadas son raras y no se conoce ninguna que sea diez veces menos pesada.

2º - Las estrellas gigantes, como Betelgosa y Antares, con diámetros cuatrocientos cincuenta y doscientos cincuenta veces el del Sol tienen una densidad un millón de veces menor, y ya que seguramente gran parte de su masa debe estar concentrada en su núcleo, se vé que la rarificación de su atmósfera luminosa debe ser extrema. Es probable que, entre dicha rarificación material de estas estrellas y la zona oscura que las circunde (vacío interestelar), la diferencia sea mucho menor de lo que se supone generalmente.

3º - Por lo contrario las estrellas enanas tienen una densidad enorme, para ciertas enanas blancas, de un diámetro igual al de la tierra, se ha llegado a suponer una densidad dos mil veces superior a la del platino.

Una observación realizada sobre el Compañero de Sirio ha confirmado la predicción de Einstein de que la intensidad del campo gravitación a de los astros ultra-compactos debía desviar las rayas espectrales hacia el rojo. La medición de esta desviación se emplea corrientemente ahora para el cálculo de las masas en las ocultaciones de estrellas. Esta constatación implica que, para estas estrellas enanas, los átomos se hallan completamente despojados de sus electrones y reducidos a sus núcleos: están en un estado degenerado, desintegrado. Actualmente, se cree que ocurre lo mismo en la parte central de la tierra y en el núcleo de nuestro Sol, que es una estrella enana de color rojo-amarillento, una estrella vieja.

Se ha podido constatar que la velocidad de desplazamiento de las estrellas corresponde a la que exige la ley de repartición de la energía de los gases. Dicha ley establece que en una mezcla ga-

seosa, cuya temperatura aumenta, cada una de las moléculas adquiere la misma fracción de la energía total disponible, resulta un aumento de velocidad de las moléculas livianas, una disminución relativa para las más pesadas.

Después de que Maxwell aplicó esta ley a las moléculas gaseosas, Pauli y Fermi a los electrones (libres) de conductibilidad de los metales, Bose y Einstein a las radiaciones, Boltzman y Gibbs han extendido su método estadístico a las estrellas y a las galaxias exteriores, considerando que en realidad las estrellas no son sino gases de núcleos atómicos. Efectivamente, las observaciones recientes concuerdan para indicar que las nebulosas, teniendo en cuenta su distancia, deben tener como las estrellas la misma masa, y teniendo en cuenta su velocidad de alejamiento, tener la misma energía.

En esta forma, en la nebulosa primordial, en el Espacio, en el caos del Génesis, se habrían condensado alrededor de centros de actividad aglomeraciones idénticas de materia en fases de evolución diferentes, según la época de su formación, pero obedeciendo todas a un plan general. Hasta se cree factible admitir que la masa total de materia repartida en el espacio de una nebulosa es igual a la masa total de sus estrellas, habría equilibrio entre la parte condensada y la parte rarificada, aunque ésta última sea todavía un millón de veces más rarificada que el vacío más perfecto que podemos obtener en nuestros laboratorios.

**Rayos cósmicos.** - La constitución de las estrellas nos muestra que, como el Sol, tienen su materia en un estado radiante más o menos intenso, es decir con emisión de energía ya que materia y luz se resuelven en ecuaciones de energía  $W=h\nu$ , hace tiempo que debíamos haber previsto las consecuencias en nuestro globo terráqueo. Sin embargo, al principio no se creyó que fueran tan poderosas y sobre todo procedentes de regiones que se imaginaban vacías de toda materia. Es el estudio de los rayos cósmicos en la cámara de Wilson que nos ha ilustrado al respecto, al mismo tiempo que revelaba a los físicos la existencia de neutrones y positrones. La mayor parte de los tratados de física describe la cámara de Wilson y sólo hablaremos de lo que ahora se sabe con seguridad respecto a estos rayos cósmicos.

- 1º. - Al nivel del mar "cae" uno de estos rayos por minuto y por centímetro cuadrado.
- 2º. - A las altas altitudes la caída es mucho más abundante, en la estratosfera es doscientas veces mayor. El profesor Picard, subiendo a 17 kilómetros obtuvo mediciones análogas. Regener, extrapolando los resultados de sus numerosas observaciones con balones de sondeo, estima que en su conjunto la atmósfera terrestre, abajo de la capa ionizadora de Heaviside, absorbe el 98% de las radiaciones cósmicas.
- 3º. - Inversamente la caída disminuye abajo de la superficie terrestre y es nula en los pozos de minas profundas.
- 4º. - La intensidad varía apreciablemente con la latitud; Leprince-Ringuet ha encontrado entre París y el Ecuador magnético una

diferencia de 16%, con una predominancia de rayos procedentes del occidente en las bajas latitudes. Al Polo magnético la intensidad es constante, a 45° de latitud no crece apreciablemente.

- 5º. - Las anteriores constataciones indican cierta influencia del Sol, hay posibilidad de que parte de los rayos cósmicos procedan de él, pero se cree más generalmente que provienen de los espacios intergalácticos, ya que no parecen depender de la posición de las estrellas de la galaxia solar ni de la de las nebulosas espirales.
- 6º. - La intensidad de la radiación es infinitamente superior a la de los rayos gamma emitidos por los cuerpos radioactivos, y a la de todas las demás radiaciones producidas en nuestros laboratorios: es del orden de magnitud de la de la energía que sería liberada por la formación de los átomos partiendo de sus constituyentes elementarios (27 millones de electrón-voltios para formar un átomo de helio partiendo de 4 de hidrógeno, 216 para el silicio, 416 para el hierro, etc.). Al nivel del mar, a pesar de la "frenada" de la atmósfera, los experimentos de Anderson y Kuntze muestran que puede alcanzar  $5 \times 10^9$  ev para los elementos de energía máxima.
- 7º. - En la radiación cósmica se distinguen elementos de poder penetrante muy diferente, desde los componentes blandos próximos de los rayos gamma hasta los extraduros que pueden traspasar seis o siete metros de plomo y que no pueden ser desviados por los campos magnéticos más intensos. Se distingue una radiación llamada "primaria", electromagnética, formada de corpúsculos cargados sea positivamente, sea negativamente, de fotones y neutrones, y diversas radiaciones llamadas "secundarias" provenientes del choque de la radiación primaria sobre los átomos y moléculas de nuestra atmósfera.
- 8º. - Los elementos de menor energía son los que llegan en menor cantidad y según direcciones próximas a la horizontal.
- 9º. - Para los componentes blandos se ha comprobado una variación de 7% en el curso del día.

No es posible todavía hacerse una idea exacta y definitiva de lo que son en realidad los rayos cósmicos y de su verdadero origen. Existe la hipótesis de Millikan de que el rayo primario incidente no está compuesto sino de "fotones" con un "quantum" muy elevado, y que las radiaciones secundarias proceden del paso de las "primarias" a través del medio material de la atmósfera, del cual desprenden electrones y corpúsculos nucleares rápidos. Se admite también que se trata de un complejo de electrones rápidos que se ionizan continuamente por reacción con los de las capas profundas de Bohr y también de elementos nucleares producidos por colisiones, emparentados con las transmutaciones y que se hallan en libertad en el espacio intergaláctico. Parece que ambas teorías deben completarse, dada la diversidad de las radiaciones y la energía formidable de ciertos componentes, muy superior a la de la formación de los átomos.

**Expansión del espacio.** - El estudio de las nebulosas espirales ha revelado un hecho indiscutible que ha trastornado todos los anteriores conceptos de la invariabilidad del espacio de Newton y, por otra parte, corroborado el concepto del espacio de Einstein pero con cierta variación.

El abate Lemaitre fue el primero en mostrar, por el desplazamiento hacia el rojo de sus rayas espectrales (efecto Doppler-Fizeau), que estas nebulosas se alejan de nuestra galaxia con una velocidad que Hubble, en 1929, determinó como proporcional al alejamiento, y que para las más rápidas, es decir las más lejanas, se avalúa en la séptima parte de la velocidad de la luz.

Estudios ulteriores mostraron algunas espirales que parecen acercarse, pero la inmensa mayoría se aleja. No se puede dudar de que se trata de un fenómeno general y perfectamente real: las que parecen acercarse no lo hacen sino en apariencia, dicha velocidad aparente yendo en substracción en la velocidad de nuestra galaxia. Posteriormente, Compton demostró que una radiación también se desvía y se "vuelve más roja" cuando encuentra un electrón en el espacio; y Zwicky dio su hipótesis, verificada para el Sol, de que la atracción de las estrellas y de las nebulosas sobre la luz que pasa en su proximidad tiene un poder análogo. Esto llevó a la conclusión de que no trata de un alejamiento material, sería mas bien una dilatación del marco inmaterial en el cual se insertan las constelaciones: sería el mismo espacio el que expande. El espacio no sería ni euclidiano, ni de curvatura fija y elíptica según Einstein, ni de curvatura hiperbólica según Sitter (que sin embargo había previsto una apariencia de alejamiento de las espirales lejanas), sino de curvatura continuamente variable. Efectivamente, ya que la curvatura es determinada por la presencia de la materia, debe variar con las variaciones de repartición de dicha materia en el espacio. En esta forma nuestro universo estaría en un período de "sublimación" de la materia universal y las espirales que se acercan a nosotros también pertenecerían a un ciclo de formación incluido en el gran ciclo general de desintegración. Según el cálculo de Hubble, el universo duplicaría su radio en 2.000 millones de años, lo que es aproximado a la edad geológica posible de las capas terrestres más viejas.

**El Sol.** Partiendo del núcleo que se considera como un apelmazamiento de núcleos atómicos fantásticamente condensados, casi en contacto, se distingue:

1º - La fotosfera, el disco luminoso, que es una masa gaseosa de unos 700.000 kilómetros, con una temperatura de más de 6.000°C en la parte exterior, para subir según se cree ahora a 40 millones de grados en el centro.

2º - La capa reflectora o de absorción, delgada capa de unos 500 kilómetros en la cual se acumulan los átomos ionizados que se escapan de la fotosfera e intercepta los electrones libres emitidos por el núcleo solar. Es esta acumulación de átomos ionizados que hace aparecer las rayas negras del espectro solar, correspondientes a casi todos los elementos químicos conocidos en la tierra.

3º - La cromosfera, la región más luminosa y de densidad reducida; de unos 8.000 kilómetros es una capa superficial compuesta de elementos químicos livianos: hidrógeno, helio, calcio, que proyecta constantemente en forma de protuberancias a una distancia considerable, a veces igual al radio solar.

4º - La corona, resplandor blanco que emite penachos de luminosidad atenuada progresivamente a la periferia. Su densidad es prácticamente nula y sólo el análisis espectral ha podido revelar su tenue objetividad material.

5º - Las famosas manchas solares, que aparecen en la superficie de la fotosfera, son de temperatura baja de 3 a 4.000 C, son zonas de depresión en la atmósfera solar. Generalmente las manchas aparecen en pares de polaridad contraria en dos zonas extendidas de 5º a 30º de latitud norte y sur, con mayor frecuencia entre 10º y 15º. Originan campos magnéticos muy potentes cuyos efectos sobre nuestro globo son conocidos y se combinan con los efectos producidos por la radiación cósmica y la radiación electromagnética (ondas de radio de unos milímetros hasta 1 metro recientemente descubiertas).

**Un porvenir probable.** Parece que, como el hombre, el universo está sometido a una ley, a un proceso de desenvolvimiento mecánico, de evolución cíclica, de progreso. Se sabe ahora que la materia física existe por todas partes en el universo: en el espacio intergaláctico en un estado infinitamente diluido, en el espacio interestelar en un estado apenas diferente pero radiante (nubes cósmicas), en el espacio interplanetario en forma de electrones libres, de fotones y de rayos gamma blandos mezclados con rayos cósmicos, en las estrellas en masas iguales de átomos, que reducidos a sus núcleos (en el centro del astro) irradian sus elementos inestables, es decir, se desintegran constantemente. Las "adquisiciones": cometas, meteoritos, polvos cósmicos se añaden a la fuerza de gravitación y atrasan un poco, muy poco, la velocidad de desintegración y sostienen en algo la temperatura de los astros.

El estudio de las Novas, que tienen más o menos la misma brillantez absoluta lleva a suponerlas semejantes, en un estado físico bien determinado. Cuando sobreviene el cataclismo, su aumento de brillantez (de 1 a 60.000) también es más o menos constante y no hay cambio en su espectro. El cataclismo no se debe a un choque, sólo puede explicarse por un aumento de la superficie radiante, el diámetro pasando de 1 a 240.

Para las Cefeides, que tienen variaciones de actividad parecidas a las del Sol, Sappley y Eddington piensan que se deben a su pulsación, como el Sol serían "como seres vivientes que respiran", y esto explicaría la periodicidad de variaciones de las manchas. La tierra misma es un astro pulsátil, su corteza presenta movimientos periódicos.

Todas estas consideraciones llevan a dar a todos los astros del universo una vida y una duración propia. Pero esta duración ha de ser limitada, al expandirse el espacio se enfría y tiende hacia el cero absoluto. La ciencia ha llegado a esta certeza por la consideración de una magnitud que interviene frecuentemente en termodinámica: la entropía.

En realidad la entropía no es una entidad matemática que se presta bien al cálculo. Se puede definir como la medida de probabilidad termodinámica, del grado de generalidad de un estado dado, un estado general siendo siempre un estado de entropía mayor que la de un estado más raro. Para todos los estados que constatamos en el universo, los estados de entropía máxima son infinitamente más numerosos que los de entropía menor, no hay reversibilidad en la naturaleza. Parece seguro que cada estado del universo será seguido de un estado de entropía superior, que todo evoluciona hacia un estado de entropía máxima, del cual no podrá pasar, quedando en reposo.

El cálculo de probabilidad es muestra que la probabilidad inversa es del orden de  $10^{79}$  y también se ha calculado que el número de partículas en el universo es de la misma magnitud. En este estado de reposo el universo estaría a la misma temperatura por todas partes, con una concentración uniforme de la radiación: sería el fin de toda vida concebible. Se asigna a la duración del universo material unos 40.000 millones de años, cualquiera que sea la exactitud de esta cifra, llegará el momento en el cual todo estará reabsorbido en lo que el vulgo llama "la nada", y mientras tantos millones y millones de estrellas, inclusive nuestro Sol, habrán corrido la misma suerte.

Pero la mecánica de Schroedinger muestra que al cero absoluto la energía no es nula: un oscilador tendría todavía una energía igual a  $\frac{h\nu}{2}$ , que crecería luego a  $\frac{3h\nu}{2}$ , a  $\frac{5h\nu}{2}$ , etc., y también la teoría de Fermi muestra que al cero absoluto tampoco la presión de un gas es absolutamente nula.

Se debe deducir que, aún en este estado de reposo, la vida no sería totalmente abolida, estaría durmiendo, estaría en espera de un nuevo despertar.

-----

"Amiga Física, tu mano está fría y te has dormido; mirando las estrellas uno se olvida del reloj y pasa el tiempo".

Somnolienta todavía, Física me replicó: "¡El reloj!, el tiempo! Amigo mío, ¿qué sabes tú del tiempo?"

## V. EL TIEMPO... DE CONCLUIR

**Espacio y tiempo.** Para nosotros, seres humanos, espacio y tiempo no son realidades separables, sólo un "continuum" espacio-tiempo íntimamente ligados es el substrato de toda realidad concebible. Para medir el tiempo hay que apelar al desplazamiento de un objeto en el espacio, así como inversamente las variaciones de velocidad de este objeto en el curso del tiempo afectan el espacio al aumentar su curvatura: el tiempo es una cuarta dimensión del espacio. El tiempo absoluto de Newton, el tiempo matemático concebido como fluyendo de manera uniforme sin ser afectado por la aceleración o deceleración de lo material no existe para nuestra conciencia individual. Además hay varias clases de tiempo:

**El tiempo físico** o tiempo sidereal, el de nuestros relojes regulado por la rotación de la tierra alrededor del Sol, rotación que ya se sabe no ser rigurosamente inmutable. Este tiempo físico, sidereal, no tiene dirección, sólo el concepto de la entropía nos proporciona la única indicación objetiva acerca de la dirección en que transcurre el tiempo, del cual, hay que recordarlo, sólo tenemos conciencia puramente subjetiva.

**El tiempo interno** o personal, regido por la sucesión de nuestros estados de conciencia, es un tiempo mental.

**El tiempo fisiológico**, que depende del estado de nuestros tejidos, de nuestra edad, tiempo que parece ser particular a nuestra vida orgánica personal, subir fluctuaciones periódicas. Es un tiempo vivo, un tiempo especial a los seres organizados.

**El tiempo psicológico**, en relación directa con la calidad y la intensidad de nuestras sensaciones, con nuestra concentración de pensamiento, con nuestro estado de vigilia o de sueño y que se anula durante el sueño profundo.

De todos estos tiempos, el único que tiene para nuestra conciencia una realidad positiva es el tiempo fisiológico, porque es el de nuestro ciclo evolutivo específico, el principal constituyente de nuestro "yo", el de nuestra duración humana, el lazo que une nuestra memoria a las conciencias precedentes transmitidas por la palabra o por el libro. Las variaciones de este tiempo fisiológico según el estado de nuestros tejidos, es decir nuestra edad, fueron puestas en evidencia por los trabajos de Lecomte du Nouy, sobre la cicatrización de las heridas y del Dr. Alexis Carrel sobre los cultivos de tejidos vivos.

Anteriormente, Ebeling había podido demostrar que los mecanismos básicos de la reparación celular son de naturaleza química, partiendo del coeficiente de Van't Hoff, coeficiente de temperatura que mide la velocidad de las reacciones químicas, y estudiando la velocidad de cicatrización en heridas de caimanes jóvenes, mantenidos a temperaturas entre 10° y 40°C. Lecomte du Nouy ha añadido un segundo coeficiente, un factor de edad capaz de medir el envejecimiento de los tejidos. Los valores experimentales muestran que un herido de cincuenta años cicatriza dos veces más lentamente que uno de veinte años, y el niño de diez años cinco veces más rápidamente que el hombre de sesenta; entonces a distintas edades se requieren tiempos distintos para que nuestras células efectúen un mismo trabajo.

Por su lado Marcel Francois ha mostrado que nuestra apreciación del tiempo varía con nuestra temperatura interna y precisamente también de acuerdo con el coeficiente de Van't Hoff, en ambos casos nuestra apreciación del tiempo fisiológico depende de un proceso químico-orgánico.

El experimento del Dr. Carrel, de mantener vivo durante años un fragmento de corazón de embrión de pollo, sobre una gota de plasma de gallina y alimentado con jugo de embrión de pollo, muestra que sigue latiendo, prolifera por carioquinesis tan rápidamente que cada dos días hay que fragmentarlo y eliminar los

productos de excreción, para transplantarlo a un nuevo medio "normal". Los cultivos puros de tejido vivo no son influenciados por el correr del tiempo: salvo accidente no mueren, no tienen ciclo vital propio y no representan más que una suma, (una colonia) de una infinidad de vidas elementales, fuera de lo que llamamos el tiempo.

Pero, volvamos al tiempo interno. Está regido, como se vió, por nuestros estados de conciencia, está basado sobre la noción de duración, sobre este poder mental que percibe los hechos separadamente, somos sucesión; y no es más que por extensión que nosotros aplicamos esta percepción de nuestra vida interior a la materia circundante, dándole así la apariencia de participar en nuestra duración consciente. Pero la continuidad de la conciencia que mide este tiempo requiere la memoria. Un ser unicelular, que se reproduce por cispardidad, hasta por mitosis, puede ser considerado como inmortal. La célula sexual perpetúa la especie pero la memoria individual no se transmite. Este tiempo interno es algo absolutamente personal para cada individuo.

En cuanto al tiempo psicológico es inútil extenderse sobre su variabilidad, cada uno de nosotros ha podido verificar en sí mismo cuán diferente aparece, aún en estado de vigilia, según nuestros sentimientos, nuestras sensaciones o emociones, y más todavía como cambia de duración consciente durante los sueños para desaparecer casi por completo durante el sueño profundo.

¿Es posible conciliar estas diversas variedades de tiempo humano con el tiempo sideral y con el tiempo absoluto y uniforme de Newton?

Las diversas mecánicas de la materia y de las radiaciones son todas reversibles en relación al tiempo, contrariamente al concepto de entropía: los fenómenos de la vida, generalmente no son reversibles.

Estamos obligados a reconocer que el transcurso del tiempo afuera de nosotros y adentro de nosotros no puede apreciarse de la misma manera, porque esta apreciación no depende de los mismos mecanismos: el tiempo físico del universo inerte es un tiempo conceptual por oposición al tiempo vivido, al tiempo real.

Un sabio japonés, Satosi Watanabe, ha puesto en relieve el hecho de que si, en la mecánica ondulatoria hay efectivamente un fenómeno irreversible (como también en la mecánica clásica) que es la influencia de la observación sobre el conjunto estático de los sistemas, (principio de incertidumbre de Heisenberg), esto es lo mismo que decir que las observaciones dependen de nuestro cerebro, que ha concebido las leyes que interpreta: pero es él, y no el fenómeno que está sometido de manera irreversible al tiempo fisiológico y psicológico. Además, expresa Heisenberg, siempre hay elementos determinativos de un acontecimiento que sólo existen cuando se han cumplido: cada momento añade efectivamente algo nuevo a lo que anteriormente era algo imprevisible.

El tiempo sideral no puede considerarse, como lo hace Lecomte du Nouy, sino como la "curva-envoltura" de una infinidad de curvas elementales que serían los fragmentos no uniformes de tiempos

fisiológicos individuales, ligados entre sí por la tradición (transmisión) y la memoria de la conciencia universal.

Esto sería algo análogo al frente de una onda luminosa resultando de la sucesión de ondas elementales emitidas por una fuente luminosa. Esta "onda-envoltura" (y el tiempo sideral haría lo mismo) se desarrollaría, se extendería esféricamente y cada uno de sus centros vibrátiles se volvería a su vez, el centro de una onda esférica elemental.

Por otra parte sabemos que el tiempo sideral, el que medimos con nuestros relojes, no es uniforme, así como las líneas que trazamos con nuestras reglas, como lo mostró Einstein, son curvas y no rectas ya que, por una parte, la tierra gira alrededor del Sol y éste alrededor de su apex, etc., y que por otra parte la velocidad de la tierra alrededor del sol varía por múltiples causas.

¿Debemos entonces, hacer referencia a un tiempo absoluto?

Forzosamente debe existir un tiempo absoluto como "contingente" (iba a escribir recipiente) de todos nuestros tiempos conceptuales o subjetivos, pero este tiempo no es concebible separadamente del espacio. Esta noción de espacio, aunque sea innata en nosotros, no puede conducirnos a otra cosa que a la noción del tiempo porque sólo podemos tener un conocimiento personal de las cosas materiales. Para nuestro entendimiento sólo existe la soldadura "espacio-tiempo" porque sólo nuestra conciencia de recorrer el espacio en un tiempo dado nos dá la percepción de dicho espacio. Como lo dijo muy justamente Wells "no hay ninguna diferencia entre el tiempo y el espacio, sino el lapso de tiempo durante el cual se mueve nuestra conciencia".

Si uno quisiera, a pesar de todo, aferrarse a un tiempo y un espacio absolutos sería preciso, científicamente, referirse a un universo en el cual, como dijo Bergson, "ningún acontecimiento pudiera suceder, ninguna cosa subsistir; un universo sombrío y mudo, desconocido e incognoscible".

Sin embargo hay en nosotros un sentido innato que nos obliga a admitir un tiempo absoluto y un espacio separado, pero igualmente absoluto. Analizando nuestro modo de conocer el mundo exterior, Sir Jeans dice, más o menos lo siguiente: "Ya que nuestra experiencia del mundo exterior se debe al contacto de nuestros órganos sensoriales con parcelas (moléculas, átomos, fotones, es decir materia y energía) desprendidas de este mundo exterior, no se puede afirmar que la naturaleza objetiva no existe; sencillamente es diferente de lo que concebimos, aún con ayuda de la ciencia que sólo extiende en cantidad y calidad el alcance de nuestra experiencia personal. Esta apariencia es como un telón sobre el cual proyectamos nuestras imágenes conceptuales, pero bajo este universo N° 1 hay otro, subyacente o N° 2 que no podemos percibir y que, sin embargo, es presente. Es algo así como al ver el arco iris creemos que se formó donde lo vemos, cuando sólo se trata de la fragmentación de los rayos luminosos que llegan por nuestra espalda.

El resultado sensorial es una selección subjetiva, pero sacada de una realidad objetiva. Así pintamos nosotros mismos nuestras

representaciones de la naturaleza; en el continuum espacio-tiempo no hay ni dirección ni representación privilegiada, seres que se desplazan a velocidades relativas diferentes y que miden de manera diferente su tiempo interno, hallan todas las mismas leyes de la naturaleza. Es preciso que, a pesar de las diversas apariencias propias a cada uno, esta naturaleza tenga una realidad intrínseca. Si el tiempo en sí no es real, su apariencia participa de un carácter superior que lo metamorfosea sin quitarle toda existencia.

La astronomía nos muestra la existencia de un espacio y de un tiempo absolutos. Primero, Einstein declaró que el espacio es curvo por causa de la materia que contiene, y por consiguiente finito, porque lo consideraba en estado de equilibrio. Después el abate Lemaitre y Friedmann mostraron que, por lo contrario, el espacio está "en expansión" y la entropía prueba que llegará un tiempo en que, vuelto al verdadero estado de equilibrio estará vacío de materia y reducido a un punto. Un espacio así no puede ser sino una porción de espacio contenida en un continuum más extenso, el extremo de una vía de comunicación, con un nuevo más allá, una de las modalidades del Ser absoluto, como dijo René Guenon. De todas maneras hay que postular un Espacio-Tiempo universal en el cual, bajo una apariencia difícil de entender y variable para cada uno de nosotros, se dilata y se contrae alternativamente nuestro continuum individual físico.

**Materia y radiación.** Son dos manifestaciones transformables una en la otra, de una misma fuerza (todavía indeterminada) que se nos aparecen a través de la noción de ondas y de corpúsculos, aunque las mecánicas, hasta hoy hechas para explicar las leyes que los rigen, consideren la realidad de su existencia como una simple probabilidad. No son una sola y misma cosa, aún si se definen como ondas con energía calculable en un momento dado, sin que esta energía y este tiempo puedan ser fijados rigurosa y simultáneamente. Sólo puede decirse, con Mohasrrafa y otros, que si materia y radiación también son corpúsculos, los segundos se propagan en línea recta a la velocidad de la luz, acompañados de ondas más rápidas, los primeros girando mas lentamente, "la única diferencia entre ellos sería que la materia fuese una "radiación congelada".

Si por lo contrario, todo se reduce a ondas, la materia estaría constituida por "ondas cautivas" y su aniquilación por colisión o radioactividad, liberaría la energía ondulatoria aprisionada bajo la forma de radiación propagándose libremente en el espacio.

El universo objetivo se reduciría a dos modalidades de movimiento, a un mundo de luz: potencial o real. Es cierto que se atribuyen ciertas propiedades electromagnéticas a estas hipótéticas entidades corpusculares o simplemente energéticas (centros de fuerza), pero sin poder asignar una velocidad precisa a su valor energético, es decir una cantidad de movimiento, de manera que su posición exacta en nuestro continuum espacio-tiempo queda, como dice Heisenberg, "incierta".

Según el estado de condensación en el cual se considera la materia (estado electrónico y estado atómico-molecular) resultan

dos universos diferentes, sometidos a dos mecánicas incompatibles: el universo N° 1 o universo macroscópico, y el universo N° 2 o universo microscópico. (Algunos científicos ya van hasta considerar un tercero y un cuarto!!).

Lo que diferencia principalmente estos dos universos es que la apariencia del primero es de "continuo" y que las leyes físicas de probabilidad y los cálculos diferenciales dan de él una explicación conveniente; para el segundo la noción de "discontinuo" y la de quantum de acción o de energía imponen una estructura granular, es decir que la posibilidad de fluctuaciones y el principio de incertidumbre quitan todo rigor al determinismo del azar.

Sin embargo un principio queda en común: la entropía, que impide la reversibilidad de los fenómenos, y cuyo crecimiento obligatorio conduce al universo a un fin en el cual el desorden de la creación se volverá al orden final. Entonces, ya que hubo creación, ¿será el caos de donde procede y a donde vuelve, un final definitivo? Muchos sabios están diciendo que no, ya que su razón se opone a que el pensamiento humano, que en el universo total parece el punto más alto de este esfuerzo, vuelva a caer en la aniquilación absoluta.

Sir Jeans declara que la posibilidad de una alternancia de dilataciones y contracciones del universo explica las recesiones de nebulosas observadas. Vá más lejos, admite la existencia de un constructor del universo, de un Creador en el pensamiento del cual está formado el verdadero universo, telón polidimensional sobre el cual el nuestro es como un dibujo borroso, apenas esbozado. La ciencia moderna, dice, nos obliga a considerarlo como trabajando afuera del tiempo y del espacio, como el pintor está afuera de su tela. Nosotros descubrimos que el universo hace patente la existencia de una Potencia que concibe y controla el reino de la materia, de un Espíritu que gobierna nuestros espíritus individuales o, si se quiere, de un espíritu en el cual los átomos de donde nacieron nuestros espíritus individuales, existen como pensamientos.

En fin, yendo valerosamente hasta el fondo de su pensamiento, Sir Jeans concluye, como debemos concluir todos: "Toda la historia de la creación puede ser contada de una manera completa y perfectamente exacta en estas cinco palabras "Dios dijo: Hágase la luz".

## Colombiana de Construcciones

INGENIEROS — ARQUITECTOS — CONTRATISTAS

Juan Restrepo A. — Rafael Mesa S. — Juan J. Montoya M.

Edificio Colombiana de Construcciones 6° Piso.

TELEFONOS: 189-43 y 141-23.