

la pequeñez de las masas de que proceden, es preciso forzósamente que estos anillos hayan sido delgados y que se hayan aproximado de nuevo á la forma de aro; por esto es por lo que los planos de rotación se separan de nuevo sensiblemente, aunque más ó menos, de los de las órbitas. Si se tiene en cuenta el aplastamiento progresivo del esferoide primordial en los diversos momentos de la condensación y la masa más ó menos grande de los anillos destacados, nos parece que los diversos movimientos de rotación de los diferentes cuerpos distan mucho de contra decir nuestra hipótesis.

Pero no es solamente el sentido, sino también la velocidad de la rotación, la que se explica por lo que queda dicho. Sería natural suponer que los grandes planetas girarán sobre sí mismos, con más lentitud que los pequeños; y esto es lo que nuestras experiencias en la superficie de la Tierra nos impulsan á creer. Ahora bien; es un corolario de la hipótesis de la nebulosa, entendida sobre todo como hemos dicho, que los grandes planetas deben tener una rotación rápida y los pequeños lenta. La observación comprueba este aserto. En igualdad de circunstancias, una masa nebulosa en vía de concentración, que ocupa un vasto espacio, y cuyas partes exteriores tienen, por consecuencia, que recorrer un largo camino para llegar á su centro de gravedad común, debe adquirir una velocidad considerable en el curso de su condensación; y lo contrario lo que debe suceder con una débil masa. La diferencia habrá de acrecerse aun cuando la forma del anillo primitivo contribuya también á aumentar la velocidad de rotación. En igualdad de circunstancias, un anillo primitivo que tenga su mayor espesor en la dirección de su radio, producirá una masa cuya velocidad de rotación excederá á la de una masa salida de un anillo que tenga su mayor espesor en el sentido vertical, y si el anillo es espeso no solo por comparación, sino absolutamente hablando, la rotación será muy rápida. Estas condiciones, como hemos visto, han sido rea-

lizadas en lo que concierne á Júpiter, pues este planeta gira sobre su eje en menos de diez horas. Saturno, en quien no se han encontrado de modo tan favorable las condiciones para una rotación rápida, emplea diez horas y media en girar sobre su eje. Por el contrario, Marte, la Tierra, Venus y Mercurio, cuyos anillos deben haber sido delgados, tienen necesidad de doble tiempo; y los más pequeños son los más lentos.

De los planetas pasemos á los satélites. En éstos hay, por de pronto, los hechos que se señala de ordinario; realizan su revolución en el mismo sentido que su rotación, en planos que se separan poco de su ecuador y en órbitas casi circulares; pero además, hay en ellos muchos rasgos significativos que no debemos omitir.

Ante todo he aquí uno: y es que cada grupo de satélites ofrece una miniatura del agrupamiento de los planetas alrededor del sol; por de pronto para las particularidades citadas, y luego en cuanto al orden de magnitud. Cuando se va en el sistema solar del exterior al centro, se encuentran cuatro grandes planetas exteriores y después cuatro interiores, que son pequeños relativamente. Igual contraste existe entre los satélites interiores y exteriores de cada planeta. Los cuatro satélites de Júpiter observan este orden entre sí, tanto como lo permite su pequeño número; los dos del exterior son los más grandes y los dos de dentro los más pequeños. Según las más recientes observaciones de M. Lassell, lo mismo sucede en los cuatro satélites de Urano. Para Saturno, que tiene ocho planetas secundarios girando alrededor suyo, la semejanza es más sorprendente todavía, tanto por el arreglo como por el número; los tres satélites exteriores son grandes, los interiores pequeños; y en cuanto á sus magnitudes, las diferencias resultan aquí mucho más marcadas; el más grande casi iguala á Marte, y el más pequeño apenas se deja ver con los mejores telescopios.

Por otra parte, la analogía no se detiene en esto. Lo

mismo que para los planetas hay ante todo progresión en la magnitud, cuando se avanza desde Neptuno, y de Urano, que apenas difiere de él, á Saturno, que es mucho más grande, y á Júpiter, el más enorme de todos; de igual modo, en los ocho satélites de Saturno, el más grande no es el más exterior, sino el antepenúltimo; así también, en los cuatro de Júpiter, el mayor es el penúltimo.

Pues estas analogías no se explican con la teoría de las causas finales. Si se trata del alumbrado y se atribuye semejante utilidad á los cuerpos secundarios, hubiera sido preferible que los más grandes fuesen los más próximos; en el estado presente, su alejamiento les hace menos útiles que los más pequeños. Pero, para la hipótesis de la nebulosa, estas analogías constituyen una nueva fuerza, porque resultan signos de una causa física común, y suponen en la formación del todo una ley que abarca los sistemas secundarios lo mismo que el principal.

Todavía se puede sacar más luz de la manera como están repartidos los satélites, faltando aquí, encontrándose allí y en mayor ó menor abundancia. En este particular la doctrina del plan preconcebido resulta impotente. ¿Se tratará de decir que los planetas más próximos que nosotros al sol, no tienen necesidad de luna? Por de pronto, siendo sus noches tan oscuras y hasta, en comparación con sus días espléndidos, más oscuras que las nuestras, la necesidad de satélites es bien apremiante; y además, ¿qué decir de Marte, que estando mucho más alejado que nosotros del sol, no tiene luna? ¿Ni cómo explicar la suerte de Urano, que estando dos veces más alejado que Saturno, no tiene, sin embargo, más que una vez y media tantas lunas? Pero si la hipótesis vulgar resulta aquí insostenible, la hipótesis de la nebulosa nos permite comprenderlo todo, puesto que nos coloca en estado de predecir, con la ayuda de un cálculo más complicado, dónde los satélites debían abundar y dónde debían faltar. Seguid con atención este razonamiento.

En un esferoide nebuloso que se concentra en forma de

planeta, existen en actividad y en oposición dos fuerzas; la centrípeta y la centrífuga. Mientras que la gravitación tiende á reunir todos los átomos del esferoide, su momento tangencial puede resolverse en dos componentes, uno de los cuales es opuesto á la gravitación. La relación de esta fuerza centrífuga con la gravitación varía en igualdad de circunstancias, como el cuadrado de la velocidad. Por consecuencia, la condensación de un esferoide nebuloso, girando sobre su eje, será combatida más ó menos poderosamente por esta tendencia centrífuga de sus partículas, según sea la solución más ó menos enérgica; la resistencia á la condensación en esferoides iguales, resultará cuádruple cuando la velocidad de rotación sea doble, nueve veces mayor cuando esta velocidad sea triple, y así sucesivamente. Ahora, para que de una masa nebulosa, en vía de producir un planeta, se destaque en anillo, es preciso que en la zona ecuatorial de esta masa la fuerza centrífuga producida por la concentración haya llegado á contrabalancear la gravitación. Es, pues, bastante claro, por lo tanto, que se destacarán con más frecuencia anillos de una de las masas en que la relación de la fuerza centrífuga á la gravitación sea más grande. Sin duda, no se puede calcular la relación primitiva de estas dos fuerzas en el esferoide de donde cada planeta ha nacido, pero se puede determinar donde ha sido más grande y donde más pequeña. A decir verdad, la relación actual de la fuerza centrífuga con la gravedad, en el ecuador de cada planeta, difiere notablemente de lo que ha sido en los tiempos primitivos de la condensación; á decir verdad también, el cambio que ha sufrido esta relación depende de la cantidad con que cada planeta se ha contractado, y, por consecuencia, no ha sido la misma en dos planetas diferentes; sin embargo, se puede admitir fundadamente que allí donde esta relación es aún más grande, ha debido serlo desde el comienzo. La tendencia que cada planeta ha mostrado para formar satélites resultará casi indicada por la proporción que en él existe actualmente entre la fuerza de condensa-

ción y la fuerza antes opuesta á ella. Realizando el cálculo, se descubre un maravilloso acuerdo entre esta previsión y los resultados. El cuadro siguiente da en cada caso la relación de la fuerza centrífuga con la centrípeta, luego la relación entre esta fracción y el número de los satélites del planeta:

Mercurio.	Venus	La Tierra.	Marte	Júpiter.	Saturno.	Urano.
$\frac{1}{362}$	$\frac{1}{282}$	$\frac{1}{289}$	$\frac{1}{326}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{6,2}$	$\frac{1}{9}$
		1 satélite		4 satélites.	8 satélites y 3 anillos.	4 satélites (66, según Herschel.)

De modo que tomando por tipo á la Tierra con su única luna, vemos que Mercurio y Marte, donde la fuerza centrífuga es menor, no tienen satélites. Júpiter, donde esta fuerza es mucho mayor, tiene, seguramente, cuatro y probablemente más. Saturno, donde alcanza su más alto grado, puesto que iguala casi la sexta de la gravedad, posee, incluyendo los anillos, doce satélites. El único caso en que la concordancia de la observación con la inducción no se manifiesta, es el de Venus. En este planeta la fuerza centrífuga es, relativamente, un poco más enérgica que sobre la Tierra, y según la hipótesis, Venus debería tener un satélite. Pero hay dos maneras de explicar esta anomalía aparente. Más de un astrónomo ha afirmado que Venus tenía un satélite. Cassini, Short, Montaigne de Limoges, Roedkier y Montbarron declaran haberle visto, y Lambert ha calculado sus elementos. Admitamos, no obstante, que se han equivocado; queda siempre el hecho de que se varía sobre la estimación del diámetro de este planeta, y que con un ligero cambio en los cálculos, la fracción sería más pequeña, en lugar de ser más grande que la de la Tierra. En suma, tenemos el desacuerdo por probado; la concordancia de que se trata, hasta con esta restricción, resultaría aún á

nuestros ojos una de las más poderosas confirmaciones de la hipótesis de la nebulosa (1).

Penetrando más en el detalle, se encuentran ciertos caracteres de los satélites que es preciso referir, porque dan mucho en que pensar. Ante todo, la relación en el período de revolución y el de rotación. No se comprende en qué puede ser útil que la Luna gire sobre su eje en el mismo tiempo que emplea en dar la vuelta á la Tierra; por lo que á nosotros respecta, nos acomodariamos muy bien con una rotación más rápida de este satélite; y en cuanto á los habitantes de la Luna, si los tiene, todavía se encontrarían mucho mejor. Aun se podía suponer que esta igualdad es un hecho debido al azar; pero, como dice Laplace, hay para apostar hasta el infinito contra una sola probabilidad, á que no existe nada de esto. Por el contrario, si este arreglo no se explica ni por un designio premeditado, ni por un azar, la hipótesis de la nebulosa nos da la clave del problema. En su *Exposición del sistema del mundo*, Laplace muestra, por un razonamiento demasiado largo para que pueda ser referido aquí en detalle, que en las circunstancias dadas esta combinación de movimientos era la que tenía probabilidad de establecerse.

Los satélites de Júpiter, además de que cada uno de ellos ofrece estos mismos movimientos sincrónicos, muestran también entre sí una relación más notable todavía. «La velocidad angular del primer satélite, aumentada en un doble de la del tercero, es igual al triple de la del segundo»; y

(1) Después de la publicación de este Ensayo, las indicaciones de los cálculos precedentes han cambiado por el descubrimiento de que la distancia del sol es tres millones de millas menos de lo que se creía. De aquí una disminución en la estimación de su masa y de la de otros planetas (excepto la Tierra y la Luna). Como todavía no se ha publicado un cálculo rectificado en estas medidas, el cuadro ha sido reimpresso en su forma primitiva. Pues se trata de una disminución que puede llegar á una décima y que no altera, esencialmente, las relaciones indicadas antes.

«resulta de ello que siendo conocida la situación de dos cualesquiera, se puede encontrar la del tercero». Pero de éste, como de los fenómenos precedentes, no resulta ninguna ventaja imaginable. El enlace de estos movimientos tampoco puede ser un puro accidente; hay en ello, en efecto, una infinidad de probabilidades en contra y una en pro. Luego una vez más la hipótesis de la nebulosa, según Laplace, nos facilita una solución. ¿Todos estos hechos no tienen alguna significación?

Aunque el más significativo de todos los fenómenos es el que ofrecen los anillos de Saturno. Laplace lo ha dicho; estos anillos constituyen como otros tantos testigos aún presentes del procedimiento de formación concebido por este astrónomo. Aquí vemos la materia guardando todavía, de una manera permanente, una forma parecida á la que atravesó antes cada planeta y cada satélite, y sus movimientos son precisamente los mismos que exige la hipótesis. «La duración de la rotación de un planeta debe, pues, según esta hipótesis, dice Laplace, ser más pequeña que la duración de la revolución del cuerpo más próximo que circula alrededor de él (1). Y dicho esto, hace notar que la duración de la rotación en Saturno es á la de la revolución de sus anillos como 427 á 438. Una diferencia de este orden es la que se debía esperar.

Pero además de la existencia de estos anillos, además de sus movimientos tan fielmente conformes con la teoría, hay un detalle lleno de sentido que Laplace no ha notado; es á saber, el lugar donde han sido producidos. Si el sistema solar se hubiera formado como imagina la gente vulgar, no habría razón ninguna para que los anillos de Saturno no se hubiesen mantenido á una distancia más grande del planeta. O en vez de dar estos anillos á Saturno, que con sus ocho satélites hubiera podido pasarse sin ellos, más habría valido dar uno á Marte para que supliese á la

(1) *Mecánica celeste.*

luna que le falta. También hubiesen estado muy oportunamente colocados alrededor de Urano, que para alumbrarse, tendría mayor necesidad de ellos que Saturno. En la hipótesis popular, repitámoslo, no hay razón para que se encuentren donde están mejor que en otra parte. Pero en la hipótesis de la evolución, este arreglo, en lugar de crearnos una dificultad, nos aporta un socorro, porque estos anillos se encuentran en el único lugar donde podían producirse, cerca del cuerpo de un planeta, en que la relación de la fuerza centrífuga con la gravitación es elevada. No podrían existir anillos permanentes á una distancia considerable del cuerpo de un planeta; y esto es lo que la hipótesis de la nebulosa pone en evidencia. Anillos destacados muy pronto en el curso de la concentración del planeta y que, por consecuencia, serían de una materia gaseosa muy poco coherente, no tendrían fuerza alguna para resistir á las causas de ruptura nacidas de un equilibrio imperfecto; se resolverían en satélites necesariamente. Un anillo líquido es el único capaz de permanencia. Pero un anillo de este género no puede producirse más que cuando la condensación toca á su fin, cuando la materia, abandonando el estado gaseoso, se licua y cuando la masa está cerca de adoptar la figura de planeta. Y aun entonces, para producirse, exige ciertas condiciones especiales. Como la gravitación obtiene una preponderancia rápidamente creciente durante los últimos períodos de la concentración, la fuerza centrífuga no puede de ordinario destacarse en anillos cuando ya la masa se ha vuelto densa. Había necesidad de que en un caso, el de Saturno, la fuerza centrífuga permaneciera siendo poderosa hasta el fin para que fuesen formados anillos líquidos. Así es como la teoría de la nebulosa nos hace concebir por qué semejantes cuerpos subordinados rodean á Saturno y faltan en todas partes además.

No olvidemos tampoco que Saturno posee un anillo descubierto hace pocos años, *nebuloso*, y al través del cual se ve el cuerpo del planeta como á través de un espeso velo.

Colocado en la única situación, según parece, en que pudo conservarse, suspendida, por decirlo así, entre los anillos más densos del planeta, subsiste todavía una de esas masas anulares de materia difusa, de donde han nacido, en nuestro sentir, los satélites y los planetas.

Así, al lado de estos fenómenos sorprendentes del sistema solar, que dan la primera idea de su modo de formación, hay otros muchos menos importantes, que nos invitan á insistir en la propia idea. Aunque no hubiera otra prueba, estas combinaciones mecánicas, en su conjunto pesarian extraordinariamente en favor de la hipótesis de la nebulosa.

Hé aquí lo que se refiere á la mecánica del sistema solar; lleguemos ahora á los caracteres físicos y comencemos por las densidades específicas de los planetas y por las conclusiones que se pueden deducir de ellas.

En general, los planetas más densos son los más próximos al sol; á los ojos de muchos esto constituye un indicio más en favor de la doctrina que los hace nacer de la nebulosa. Las partes exteriores de un esferoide nebuloso en rotación, en las primeras edades de la condensación, resultan relativamente rarificadas; porque si la masa entera, al contractarse, adquiere una densidad mayor, esta verdad se aplica á las partes exteriores como á las demás; y se concluirá de ello que los anillos destacados sucesivamente serán cada vez más densos y formarán planetas dotados de pesos específicos cada vez más considerables. Pero, sin hablar de otras objeciones, esta explicación es completamente impotente para dar cuenta de todos los hechos. Tomando la Tierra como punto de comparación, estableceremos así las densidades relativas de los cuerpos del sistema:

Neptuno.	Urano.	Saturno.	Júpiter.	Marte.	La Tierra.	Venus.	El Sol.
0,14	0,24	0,14	0,24	0,95	1,00	1,12	3,25

Esta serie nos ofrece dos objeciones en apariencia insuperables. La primera consiste en que la progresión no es más que fragmentaria. Neptuno es tan denso como Saturno, y no debiera serlo. Urano es más denso que Saturno y la Tierra más que Venus, dos hechos que, lejos de apoyar la explicación propuesta, la combaten formalmente. La otra objeción, todavía más grave, es la débil densidad del sol. Si en la época en que el futuro Sol llenaba la órbita de Mercurio, estaba bastante condensado para que un anillo destacado de él formase un planeta cuyo peso específico fuera el del hierro, entonces el mismo sol, hoy día que está concentrado, debería tener un peso específico superior al del hierro; por el contrario, su densidad apenas excede de la del agua. Es necesario buscar alguna otra interpretación al hecho.

Las diferencias de densidad de los cuerpos de nuestro sistema solar pueden ser debidas á diversas causas aisladas ó cooperantes. 1.º Aquella de que hemos hablado ya: la diversidad de naturaleza de las substancias de que están compuestas respectivamente; 2.º la diferencia en la cantidad de estas substancias, pues, en igualdad de circunstancias, la gravitación mutua de las partes tiende á producir en las grandes masas una densidad más elevada que en las pequeñas; 3.º sus diferencias de estructura interna, inevitable en cuerpos llegados á grados diferentes de concentración, que tienen por causas determinantes, por de pronto, el volumen de la masa (un cuerpo poco voluminoso se enfría antes que otro), después la relación de la fuerza centrífuga con la gravedad (la fuerza centrífuga opone un obstáculo á la concentración). Ahora una mirada arrojada sobre el cuadro precedente, nos mostrará la distancia enorme que separa las densidades de los grandes planetas, tan débiles, de las densidades considerables de los pequeños; de donde se deduce la sospecha de que la última de las causas enumeradas podría ser capital. Para pasar del estado gaseoso al estado de fusión, la masa debe atravesar todos los estados

intermedios; durante tales períodos, las materias gaseosas están mezcladas de una manera ó de otra con las líquidas, y la proporción de las unas á las otras cambia continuamente. En el comienzo, la masa es una cubierta de nubes formadas por precipitación y de donde caen en la dirección del centro gotas de una lluvia de metal; después esta lluvia cada vez más espesa, acaba por llenar el interior; entonces un núcleo en fusión comienza á formarse; más tarde, por último, el término previsto será alcanzado y toda la materia condensable estará reunida bajo la forma de un esferoide en fusión. Pues estos cambios se cumplirán, la cosa es clara, en un tiempo mucho más corto, en un planeta como la Tierra, que en un cuerpo inmenso como Júpiter y Saturno; sin contar que, en semejante cuerpo, la fuerza centrífuga es considerable. Luego se puede deducir de la hipótesis de la nebulosa esta conclusión: que en igualdad de circunstancias, los pequeños cuerpos celestes habrán alcanzado ya un estado avanzado de concentración y poseerán densidades elevadas, cuando los más grandes estarán aún en el principio de su condensación y no tendrán más que densidades muy débiles.

A propósito de las densidades de los cuerpos celestes, hemos debido hablar del calor que ellos desarrollan. Pero lo que todavía no hemos dicho, es que sus condiciones actuales de temperatura facilitan un nuevo punto de apoyo á nuestra argumentación y hasta uno de los más sólidos que sea posible encontrar.

Una materia difusa que se condensa bajo forma concreta, no puede por menos de engendrar calor; y en todo el curso de nuestro razonamiento, hemos admitido este desprendimiento de calor como un acompañamiento de la condensación de una nebulosa. Luego si la hipótesis de la nebulosa es verdadera, debemos encontrar, en todos los cuerpos celestes, ó temperaturas altas, ó las huellas de temperaturas elevadas, en la actualidad desaparecidas.

En los límites de lo que se puede observar, los hechos están conformes con lo que la teoría exige. Diversas pruebas concurren á demostrar que más allá de cierta profundidad la Tierra está en fusión. Antes debió de estarlo por completo, porque el acrecimiento de temperatura que se observa á medida que se desciende por debajo de la superficie, es precisamente el que debería presentar una masa en vía de enfriamiento después de un tiempo inmenso. La Luna también, con sus arrugas y sus volcanes tan notables, nos muestra que ha sufrido un enfriamiento y una concentración semejantes á los que se observan en la Tierra. Las montañas que se ven en Venus, son aún otras tantas arrugas, testigos de la solidificación de una corteza, ó son las huellas de una reacción del fuego interior contra esta corteza; quizá ambas cosas á la vez.

Pero con la teoría ordinaria de la creación, estos fenómenos resultan inexplicables. ¿Porque con qué objeto estuvo la tierra antes en fusión en estado completamente impropio para soportar seres vivientes? Esto es lo que no puede decirse. Para explicar satisfactoriamente una tal hipótesis, la tierra hubiera debido desde su origen resultar apropiada á los fines para los cuales se la había creado. Y lo mismo se puede decir de los demás planetas. Por eso las huellas de una incandescencia primitiva y las altas temperaturas interiores que se conservan hoy en estos cuerpos celestes, son otras tantas dificultades insolubles para esta teoría, así como constituyen poderosas confirmaciones para la hipótesis de la nebulosa.

Pues no es este el único argumento que se puede deducir de los fenómenos de temperatura, puesto que nos queda por indicar un hecho más saliente y más importante todavía. De que el sistema solar se ha formado por la concentración de una materia difusa, que ha desprendido calor al adoptar, por el efecto de la gravitación, su forma y su densidad actuales, se deducen ciertos corolarios completamente naturales concernientes á la temperatura particular

de cada uno de los cuerpos del grupo. En igualdad de circunstancias el cuerpo últimamente formado será el más lento en enfriarse y conservará por un tiempo casi ilimitado una temperatura más alta que sus antecesores. En igualdad de circunstancias la masa más considerable gracias á su tendencia mayor á la unidad, resultará más caliente que las otras é irradiará calor con más intensidad; en igualdad de circunstancias también, la masa más considerable deberá, á pesar de la temperatura más alta que alcanza, perder con más lentitud el calor que produce, y esto á causa de su débil superficie relativa. Luego si existe un cuerpo, no solo de formación más reciente que los otros, sino extraordinariamente superior por el volumen, deberá adquirir una incandescencia mucho más enérgica y permanecerá en este estado largo tiempo después de que todo el resto se haya enfriado. Este cuerpo existe y es el sol. Resulta un corolario de la hipótesis de la nebulosa que en el momento en que la materia del sol ha adquirido la forma definitiva en que hoy se la ve, hacía ya mucho tiempo que los planetas habían constituido cuerpos bien determinados. La cantidad de materia contenida en el sol es casi cinco millones de veces mayor que la del más pequeño planeta y excede en más de cinco mil á la del más grande. Por una parte, gracias á la enorme fuerza gravitativa de los átomos, el desprendimiento de calor ha debido ser inmenso en él, y por otra parte, la irradiación ha sido menos fácil. De aquí una elevada temperatura que se mantiene siempre. Tal debía ser necesariamente, según la hipótesis de la nebulosa, el cuerpo central del sistema, y tal se ofrece á nosotros el sol.

No será malo examinar un poco más cerca cuál debe ser el estado en la superficie solar. Ante todo, parece ser un globo formado por materias incandescentes en fusión, tal resulta á nuestros ojos el cuerpo visible del sol. Después á su alrededor se encuentra, como todo el mundo sabe, una atmósfera voluminosa; tenemos indicios de ello en el brillo menos grande de los bordes del astro y en las apariencias

que presenta durante los eclipses totales (1). ¿Luego cuál debe ser la naturaleza de esta atmósfera? A una temperatura un millón de veces más elevada que la de la fusión del hierro (y esta es la que el cálculo señala para la superficie del sol) la mayor parte, si no la totalidad de las substancias que conocemos en el estado sólido, se vaporizarían. Cierito que la poderosa atracción del sol se opondría enérgicamente á esta transformación; pero no es dudoso, si el cuerpo del sol está constituido de substancias en fusión, que muchas de ellas no sufran una vaporización continua. No es de creer que los gases pesados así formados constituyan la masa entera de la atmósfera solar. Si nos fuera permitido aquí en nuestras inducciones ayudarnos con la hipótesis de la nebulosa y con las analogías ofrecidas por los planetas, habría necesidad de admitir que la parte más exterior de esta atmósfera está formada de gases llamados permanentes, es decir, incapaces de licuarse á las más bajas temperaturas; si nos transportamos á la tierra cuando todavía estaba en estado de fusión y á lo que ha debido pasar en su superficie, veremos que probablemente alrededor de la superficie aún en fusión del sol se encuentra una capa de gases pesados, constituida de metales y compuestos metálicos sublimados; después, por debajo de ellos, una capa comparativamente rarificada y semejante al aire. Por consiguiente, ¿en qué deben transformarse estas dos capas? Si ambas estuviesen constituidas de gases permanentes, no podrían permanecer siendo distintas, pues según una ley muy conocida acabarían por formar una mezcla homogénea. Pero este fenómeno no puede verificarse aquí, porque la capa inferior resulta constituida de substancias que no son gaseosas más que á temperaturas extremadamente altas. Elevándose desde una superficie en fusión, subiendo entonces, dilatándose, enfriándose, alcanzan así una altura límite, pasada la cual no pueden existir en estado de vapor, por lo tanto, se

(1) Véase Herchell, *Bosquejo de astronomía*.

condensan y se precipitan. Sin embargo, la capa superior, cargada de ordinario de una dosis suficiente de estos vapores, como nuestro aire lo está de agua, y presta á precipitarlos al primer descenso de su temperatura, no podrá generalmente recibir un aumento de gases arrancados á la capa inferior, y por consecuencia, esta capa permanecerá completamente distinta.

Desde la época en que apareció el párrafo precedente por primera vez (1858), la proposición que en él se encuentra expuesta á título de corolario de la hipótesis de la nebulosa, ha sido en gran parte comprobada. Después de los maravillosos descubrimientos debidos al análisis espectral, no es posible dudar que la atmósfera solar deje de contener en estado gaseoso diversos metales: hierro, calcio, magnesio, sodio, cromo y níquel, con algunas huellas de bario, de cobre y de zinc. ¿Existen en esta atmósfera otros metales semejantes á los que encontramos sobre la tierra? Hay motivos para creerlo. ¿Contiene elementos desconocidos de los hombres? Es muy posible.

Sea lo que sea, hay necesidad de colocar entre el número de verdades, ésta: que la atmósfera del sol está en gran parte formada de vapores metálicos, y se deduce de ello casi necesariamente que el cuerpo incandescente del sol está constituido de metales en fusión. Hé aquí, pues, una conclusión sacada *á priori*, que sin duda debe parecer á más de un lector una especulación bien atrevida, por más que se encuentra sólidamente justificada por observaciones, realizadas aparte de toda teoría; es este un hecho muy saliente. Y viene aún en apoyo de la teoría de donde esta conclusión *á priori* ha sido sacada. El mismo Kirchoff, á quien debemos el descubrimiento relativo á la constitución de la atmósfera solar, advierte, bueno es decirlo, en su memoria de 1861, que los hechos nuevos están de acuerdo con la hipótesis de la nebulosa.

Tampoco nos olvidaremos de decir que los descubrimientos de Kirchoff tienen una importancia notable para la

teoría que hemos sostenido en un pasaje precedente. Aparte del bario, el cobre y el zinc, que según parece no están en grandes proporciones en la atmósfera solar, los metales que se encuentran en ella en estado de vapor, y por consecuencia en el estado líquido, en el núcleo incandescente, tienen una densidad media de 4,25. Pero la densidad media del sol es poco menos de 1. ¿Cómo explicar esta diferencia? Afirmar que el sol está formado casi únicamente de los tres más ligeros entre los metales enumerados, es exceder en mucho á lo que está probado; los resultados del análisis espectral nos autorizan lo mismo para decir que el sol está constituido casi por completo de los tres más pesados. Tres de estos metales (dos de ellos pesados) ha sido probado ya que no existen en él más que en débiles dosis; la única suposición sobre la cual se puede basar una apreciación seria del peso específico del todo, es, pues, que los otros se encuentran en él en cantidades casi iguales. ¿Será acaso que los metales más ligeros predominarían en el núcleo en fusión, aunque resultando menos abundantes en la atmósfera? La cosa resulta muy inverosímil; los hábitos conocidos de la materia mejor nos harían suponer lo contrario. ¿Será que con la temperatura y la fuerza gravitativa que reinan sobre el sol, el estado de condensación llamado licuación resultaría absolutamente distinto de lo que es sobre la tierra? Es esta una hipótesis muy temeraria; nuestra experiencia en la superficie de la tierra no nos facilita nada concluyente en su favor, y aun cuando se admitiera esta semejanza, apenas hace creer que pudiera hacer variar las densidades en la proporción de 4 á 1. La conclusión más legítima es la de que el sol no está formado en toda su profundidad de una materia en fusión, sino que está constituido por una cubierta en fusión con un núcleo gaseoso. Y este es, como hemos visto, un corolario de la hipótesis de la nebulosa.

En su conjunto, las series de argumentos que acabamos de aportar, llegan casi á constituir una demostración. Las

teorías recientemente admitidas relativas á la naturaleza de las nebulosas, si se las somete á un examen crítico, conducen á sus defensores á verdaderos absurdos, como hemos visto; por el contrario, las apariencias variadas de estas mismas nebulosas se explican como otros tantos estados sucesivos de una substancia difusa que se precipita y se condensa. Los cometas, con su constitución física, sus órbitas prodigiosamente alargadas y de direcciones variables, con la repartición de estas órbitas en el espacio, con sus caracteres que los aproximan evidentemente al sistema solar, son otros tantos testigos de un tiempo pasado en que todo este sistema estaba en el estado nebular. Sin hablar de los caracteres más sorprendentes que presentan en sus movimientos los planetas, caracteres que dieron la primera idea de la hipótesis de la nebulosa, ni de las pruebas que se pueden deducir de ellos, un examen atento descubre otros todavía en las inclinaciones tan poco diferentes entre sí de sus órbitas, en sus velocidades de rotación respectivas, en la diversidad de dirección de sus ejes de rotación; y, por su parte, los satélites confirman estos testimonios por muchos caracteres, pero especialmente por el hecho de que abundan ó faltan en los lugares mismos que exigía la hipótesis. Siguiendo el curso de la condensación de los planetas, llegamos, tocante á su estructura interior, á conclusiones que de una parte explican sus densidades en apariencia anormales, y de otra, concilian ciertos hechos contradictorios á primera vista. Además, lo que la hipótesis nos había permitido prever *a priori*, en cuanto á las temperaturas de los cuerpos nacidos de la nebulosa, resulta confirmado exactamente por la observación; y así nos explicamos la temperatura relativa y la temperatura absoluta del Sol y los planetas. Abracemos de una mirada todas estas pruebas; consideremos que con la hipótesis de la nebulosa los fenómenos principales del sistema solar, y del cielo en general, se explican; que por el contrario, la cosmogonía vulgar no tiene un solo hecho que invocar en favor suyo y que resultan en contradicción con

todo lo que sabemos de ciencia positiva sobre la naturaleza; entonces la demostración nos parecerá superabundante.

Pero nos queda una reflexión que hacer; si la formación del sistema solar nos resulta inteligible por lo que dejamos dicho, y con ella la de una infinidad de sistemas semejantes, el misterio supremo no por eso resulta menos impenetrable que nunca. El problema de la existencia en general no está resuelto; solamente ha retrocedido un paso. La hipótesis de la nebulosa nada nos aclara sobre el origen de la materia difusa; y la materia difusa no exige menos una explicación que la materia concreta. La formación de un átomo no es más fácil de concebir que la formación de un planeta. Pero aún hay más; en lugar de hacer al universo menos misterioso, la hipótesis acrece el misterio. La creación por un artesano es cosa mucho más humilde que la creación por desenvolvimiento. Un hombre puede construir una máquina; pero hacer que se desarrolle por sí misma, no puede hacerlo. El obrero hábil, capaz (se ha visto algunos) de imitar la vida hasta el punto de hacer á un autómeta tocar el piano, puede llegar á concebir que con un talento infinitamente superior al suyo otro obrero construyese artificialmente un hombre completo; pero lo que no puede concebir es cómo un organismo tan complicado puede salir por grados de un pequeño germen informe. ¡Pensar que nuestro armonioso universo estuvo antes contenido en potencia en una materia difusa é indefinida, de donde ha salido para llegar por grados á su estado actual de organización!... Hay aquí con qué asombrar al espíritu mucho más que con la fabricación de este mismo Universo, por el procedimiento que imagina el vulgo... Los que creen legítimo concluir de los fenómenos los *noumenos*, tienen el derecho de decirlo; la hipótesis de la nebulosa implica una causa primera tan superior al Dios mecánico de Paley, como éste lo es al fetiche del salvaje.