

ciones particulares de copos podrán ser llevadas al centro de gravedad común, antes de que las masas de que se componen hayan tenido tiempo de unirse. Suponedla más grande, los grupos parciales serán á la vez más considerables y estarán más alejados del centro común; entonces habrán podido condensarse y formar masas de materia en fusión, antes de que la distribución de estos grupos en el sistema haya sido alterada notablemente. En suma, según los casos y las circunstancias determinantes, las distintas masas producidas de este modo podrán variar hasta el infinito en cuanto al número, á la magnitud, á la densidad, á los movimientos, á la distribución.

Volvamos ya á las apariencias características que presentan las nebulosas vistas al través de los modernos telescopios. Comencemos por la descripción de las nebulosas que, en nuestra hipótesis, serían aún las menos avanzadas en su evolución.

«Entre las nebulosas irregulares, dice sir John Herschel, se pueden comprender todas aquellas que por de pronto no son ni enteramente ni siquiera parcialmente solubles para el reflector de veinte pies, y que además se alejan demasiado de la forma circular ó elíptica, ó que con esta forma presentan una disposición muy poco simétrica para poder ser admitidas en la primera clase, la de las nebulosas regulares. Esta segunda clase comprende muchos de los objetos celestes más dignos de atención y de interés, y que ocupan la mayor parte *del espacio visible*.

M. Arago, haciendo alusión al mismo género de objetos, dice: «Las formas de las nebulosas más vastas no parecen definibles, pues no ofrecen un contorno regular».

Así, magnitud, resistencia al análisis, irregularidad, contornos indeterminados; hé aquí otros tantos caracteres que se encuentran reunidos: este hecho está lleno de enseñanzas. Podíamos prever *á priori* que las nebulosas más grandes serían insolubles ó muy difíciles de resolver; por-

que la insolubilidad significa que la materia precipitada no está muy avanzada en su trabajo de condensación, y esto es lo que debe suceder en una nebulosa muy extensa. De igual modo, para la forma irregular de estas vastas nebulosas insolubles se podría esperar lo mismo: sus contornos (Arago las compara á las apariencias fantásticas que adquieren las nubes empujadas y azotadas por vientos violentos y con frecuencia contrarios), son también indicios de una masa que no se ha concentrado todavía por el efecto de la atracción mutua de sus diversas partes. Y por último, si estas vastas nebulosas irregulares é insolubles tienen contornos indefinidos, que se pierden insensiblemente en las tinieblas circundantes, hay necesidad de interpretarlo de igual manera.

Tomando las cosas en bloque (y de hecho las distancias de estos objetos son demasiado diferentes entre sí y no se puede hablar más que del término medio), las nebulosas en espiral son más pequeñas que las nebulosas irregulares y solubles, sin serlo tanto, sin embargo, como las nebulosas regulares. Esto es lo que la hipótesis hacía suponer. El movimiento en espiral tiene por causa un estado de concentración en que los grupos de copos son más vastos, y por tanto, más visibles que en un estado anterior. Además, las formas de estas nebulosas en espiral concuerdan perfectamente con nuestra explicación. Los regueros curvos de materia luminosa que presentan no son los que producirían masas más ó menos perceptibles partiendo de un estado de reposo y moviéndose al través de un medio resistente hacia un centro común de gravedad, sino que son semejantes á los que producirían masas cuyo movimiento sería modificado por la rotación del medio ambiente.

En el centro de toda nebulosa en espiral se ve una masa más luminosa á la vez, y más soluble que el resto. Admitamos que en la sucesión de los tiempos los regueros en espiral de materia luminosa que convergen hacia este centro, tiendan á absorberse en él, como es inevitable; admitamos

también, que los copos ú otras masas perceptibles de que están formados estos regueros, se condensarán en masas más considerables á medida que se aproximarán al grupo central, lo que es también un resultado necesario; entonces el producto último será un grupo globular compuesto de estas masas enormes y que resultará ya más fácil de analizar. Prosiguiéndose la unión y la concentración de las partes, las masas componentes resultarán por grados menos numerosas, más gruesas, más brillantes, y formarán un agrupamiento más apretado alrededor del centro de gravedad común. Pues ved si esta conclusión no concuerda enteramente con los hechos observados. «La forma circular es la característica ordinaria de las nebulosas solubles», dice Arago. «Las nebulosas solubles, dice sir John Herschel, resultan, casi sin excepción, redondas ú ovaladas. Por otra parte, en el centro del grupo es donde ordinariamente están las masas componentes más estrechamente apretadas; pero está probado que con la ley de la gravitación, hoy en día extendida á las estrellas mismas, esta disposición no es un estado de equilibrio, sino que supone una concentración gradual. Y, por último, si hemos inducido que la condensación debió, según los casos, haber alcanzado un grado más ó menos avanzado, vemos de hecho que existen nebulosas en todos los grados de solubilidad, desde aquellas que están formadas de una cantidad innumerable de pequeñas masas perceptibles, hasta aquellas otras donde se muestran solamente algunos grandes cuerpos dignos ya del nombre de estrellas.

Llegamos así á estos dos resultados: por de pronto, la teoría que se ha aceptado sin examen en estos últimos años, teoría que asimila las nebulosas á agrupamientos blancuzcos de estrellas muy alejados de nosotros y semejantes á aquellos de que se compone nuestra vía láctea, no puede conciliarse con los hechos y nos conduce á verdaderos absurdos. Además, la hipótesis de la condensación de las nebulosas concuerda con los resultados más recientes de la Astronomía

estelar y nos pone asimismo en situación de explicar diversas apariencias que serían incomprensibles sin ello.

Descendamos ahora hasta el sistema solar y consideremos, ante todo, una clase de fenómenos que en cierto sentido se pueden llamar transitorios; nos referimos á los que presentan los cometas. En los cometas vemos todavía en la actualidad una materia semejante á aquella de la cual ha salido, según la hipótesis de la nebulosa, el sistema solar. Para explicar estos cuerpos celestes nos es preciso remontarnos al tiempo en que la materia de donde han nacido el sol y los planetas no estaba aún concentrada.

Cuando una materia difusa empieza á dar un precipitado en un medio más rarificado que ella, no pueden menos de producirse acá y allá pequeños copos que permanecerán suspendidos, ya por efecto de corrientes locales, ya por atracciones de sentido contrario, ejercidas sobre ellos por las masas circundantes: así, en un cielo sereno, se forman ligeras nubes. En una nebulosa en vía de concentración, estos copos acabarán, la mayor parte de las veces, por fundirse con los copos más considerables de su vecindad. Sin embargo, resulta bastante claro que muchos de los más alejados de estos pequeños copos nacidos en los últimos límites de la nebulosa no se fundirán con las masas más interiores y más considerables, y no harán más que seguirlas lentamente sin unirse á ellas. La razón está en la resistencia, proporcionalmente más grande, que les opone el medio. Si una pluma cae en el aire, al propio tiempo que una masa de plumas escapada de un almohadón que se vacía, la primera será bien pronto adelantada en su camino; de igual modo, en la marcha común hacia el centro de gravedad del sistema, los copos de vapor más alejados serán dejados atrás por las grandes masas de vapor más aproximadas al medio. Por otra parte, no estamos reducidos aquí á las únicas pruebas de razonamiento. La observación nos muestra *que de hecho* las partes exteriores menos condensadas de las nebulosas, son dejadas atrás por las porciones interiores y más

condensadas. Toda nebulosa, hasta regular, en un fuerte telescopio, parece circundada de regueros luminosos cuyas direcciones muestran que tienden á absorberse en el conjunto. Con un telescopio más potente aún, la nebulosa deja ver regueros más pequeños, más pálidos y dispersos sobre un radio más vasto. Luego no se puede poner en duda que los fragmentos más débiles, que ningún telescopio hace perceptibles á nuestra vista, son aún más numerosos y más dispersos. De modo que la observación confirma en cierta medida la inducción.

Admitamos que la gran mayoría de estas porciones esparcidas de materia nebulosa sea absorbida por la masa central, mucho antes que ésta haya tomado una forma determinada; es probable, sin embargo, que muchas, entre las más pequeñas y las más lejanas, tengan otra suerte; que antes de su llegada á la vecindad de la masa, esta última se habrá condensado bajo un volumen relativamente medio. ¿Cuáles serán, entonces, los caracteres de estas porciones llegadas tarde?

Por de pronto, tendrán órbitas de una extrema excentricidad. Abandonadas en el momento en que gravitaban hacia el centro común, según trayectorias apenas curvas; no teniendo, por lo tanto, más que muy débiles velocidades angulares, se aproximarán á la masa principal siguiendo elipses extremadamente alargadas; darán rápidamente la vuelta y se dispersarán en el espacio. Es decir, que se conducirán exactamente como vemos que lo hacen los cometas, cuyas órbitas son de ordinario demasiado excentricas para distinguirse de una parábola.

En segundo lugar, llegarán de todos los puntos del cielo. En nuestra hipótesis, estas masas han sido abandonadas en un tiempo en que la masa nebulosa tenía una forma irregular y no había adquirido un movimiento de rotación determinado; además, no existe razón para creer que se hayan destacado de un punto de la nebulosa antes que de otro; en consecuencia, deberán llegar hacia la masa central

de todos los puntos del espacio. Esto es precisamente lo que sucede. Diferentes en esto de los planetas, cuyas órbitas están todas próximas al mismo plano, las órbitas de los cometas no tienen analogías de situación, pues cortan el plano de la eclíptica bajo todos los ángulos.

En tercer lugar, y por las mismas razones, los copos más lejanos de materia nebulosa, en el comienzo de su carrera hacia el centro común, serán desviados de la línea recta, no todos de un mismo lado, sino del lado que exija su forma. Habiendo sido dejados atrás antes del principio de la rotación de la nebulosa, cada uno guardará su movimiento individual. De aquí, que siguiendo á la masa en su retirada, podrán venir á dar la vuelta lo mismo de un lado que de otro; marcharán indiferentemente de izquierda á derecha ó viceversa. Aun en este caso la inducción corresponde perfectamente á los hechos. Al contrario, los planetas, que todos dan la vuelta alrededor del sol yendo de Oeste á Este, los cometas ejecutan su revolución con tanta frecuencia de Oeste á Este como de Este á Oeste. De 210 cometas conocidos hasta 1855, 104 son directos y los 106 retrógrados. Esta distribución igual es justamente lo que el cálculo de probabilidades hubiera hecho prever.

Cuarto, en suma, la constitución física de los cometas concuerda en absoluto con la hipótesis. La capacidad de la materia nebulosa para condensarse y para tomar una forma definida está en razón de su masa. Para que sus átomos elementales se aproximen á la distancia en que la combinación química resulte posible, es decir, en que puede producirse una materia más densa, es preciso que su repulsión sea sobrepasada. Pues la fuerza que se opone á esta repulsión, es la gravitación de los unos hacia los otros. Para que esta última engendre una presión y un calor bastante intensos, es preciso que estos átomos se acumulen en masas prodigiosas, y, aun entonces, la aproximación no puede producirse más que lentamente, á medida del desprendimiento de calor producido. Con una débil cantidad de áto-

mos, y por consecuencia con una débil cantidad de fuerza atractiva, nada forzará á los átomos para unirse. De lo cual se deduce la conclusión de que estos fragmentos de materia nebular permanecerán en su estado primitivo. Esto es lo que se verifica. Los cometas están formados de una materia extremadamente rarificada, cuyos caracteres, indicados en la descripción ya citada de sir John Herschel, asemejan á los que debían pertenecer, según nuestras conclusiones, á una masa nebulosa semi-condensada.

Otro hecho todavía y lleno de enseñanzas, es el que se observa en la distribución de los cometas, que proceden de todos los ámbitos del firmamento; sin embargo, no son igualmente abundantes en todas partes, pues resultan mucho más numerosos en la vecindad de los polos de la eclíptica. En general, los cometas cuya órbita está en un plano muy inclinado, sobre la eclíptica, tienen el gran eje de su órbita igualmente muy inclinado sobre la eclíptica y vienen de latitudes elevadas. No quiere decir esto que los dos hechos vayan ligados necesariamente: el plano de la órbita *podría* encontrarse muy inclinado sobre la eclíptica, y el gran eje muy poco inclinado con relación á ella. Pero como este caso no se presenta de ordinario, se está en el derecho de decir que por *término medio* toda órbita de cometa que está fuertemente inclinada, tiene un eje fuertemente inclinado también. Luego, si las órbitas de los cometas cortando la eclíptica bajo un ángulo considerable, son los más numerosos, es que los grandes ejes, cortando la eclíptica bajo un ángulo considerable, están en mayoría. Y así es para las órbitas de los cometas, como se puede ver por el cuadro siguiente, que ha confeccionado M. Arago, y en el cual he añadido yo una columna, presentando los resultados recogidos en los dos años que han seguido á su redacción:

INCLINACIONES	Número de los cometas en 1831.	Número de los cometas en 1853.	Número de los cometas en 1855.
De 0° á 10°.....	9	19	19
De 10° á 20°.....	13	18	19
De 20° á 30°.....	10	13	14
De 30° á 40°.....	17	22	22
De 40° á 50°.....	14	35	36
De 50° á 60°.....	23	27	29
De 60° á 70°.....	17	23	25
De 70° á 80°.....	19	26	27
De 80° á 90°.....	15	18	19
TOTALES.....	137	201	210

A primera vista, este cuadro no parece justificar nuestra afirmación. Si se admite, entre la inclinación de la órbita del cometa y la dirección del espacio de donde viene, la relación general que hemos dicho, el cuadro parece dar el resultado siguiente: Acrecimiento del número de los cometas cuando se eleva de la eclíptica al 45°; luego, desde aquí al 90°, disminución. Pero esta disminución aparente procede de que el área de las zonas va decreciendo rápidamente en la proximidad de los polos. Teniendo en cuenta este hecho, encontramos que el acrecimiento en la frecuencia de los cometas continúa hasta en las más grandes inclinaciones. En el cuadro citado más abajo, en que el orden de las latitudes ha sido invertido para mayor comodidad, hemos tomado como unidad de extensión la de la zona que se acerca al polo, y como tipo de la riqueza en cometas, la de esta misma zona; luego hemos calculado las áreas de las otras zonas, y las cantidades de cometas que ellas debieran contener si los cometas estuviesen distribuidos por igual; por último, hemos mostrado cómo van creciendo los déficits cuando se desciende de los polos á la eclíptica:

ZONAS	Area de la zona.	Número de cometas que tendría la zona si estuviese distribuida igualmente.	Número real de cometas.	Déficit.	Riqueza relativa.
Del 90° al 80°...	1	19	19	0	11,5
Del 80° al 70°.	2',98	56'6	27	29,06	5,5
Del 70° al 60°...	4',85	92	25	67	3,12
Del 60° al 50°...	6', 6	125	29	96	2,66
Del 50° al 40°...	8',13	154	36	118	2,68
Del 40° al 30°...	9,42	179	22	157	1,4
Del 30° al 20°...	10,42	198	14	184	0,8
Del 20° al 10°...	11, 1	210	19	191	1,04
Del 10° al 0°...	11, 5	218	19	199	1

En rigor, el cálculo debiera ser relacionado, no con la eclíptica, sino con el ecuador del sol, y la progresión podría entonces aparecer más ó menos regular. Esta progresión cambiaría un poco de este modo si el cálculo estuviese fundado, no sobre las inclinaciones de las órbitas, sino sobre la de los grandes ejes. Sin embargo, tal como es, el resultado es bastante claro; sin duda, al decir que los cometas son once veces y media más abundantes en la vecindad de los polos de la eclíptica que en la vecindad de este plano, no se puede llegar más que á una grosera aproximación de la verdad; pero este contraste sorprendente subsistiría verosímilmente todavía, sin gran alteración, después de todas las correcciones.

¿Ahora cuál es el sentido de este hecho? Tiene muchos. Destruye la suposición, admitida por Laplace entre otros, suposición que hace de los cometas cuerpos antes errantes en el espacio ó arrancados á otros sistemas, porque entonces hay una infinidad de probabilidades contra una para que las órbitas de estos cuerpos errantes no debiesen tener ninguna relación definida con el plano del sistema solar. Por la propia razón, el mismo hecho condena la hipótesis de Lagrange, que tiene además otros muchos lados débiles, hipótesis que hace nacer los cometas de catástrofes planeta-

rias, semejantes á aquella de donde han salido los asteroides, según se supone. Este hecho nos prueba que los cometas no son miembros *accidentales* del sistema solar, sino *esenciales*, y que constituyen parte integrante de su estructura con igual título que los planetas. Si los cometas abundan alrededor del eje del sistema solar y disminuyen al aproximarse á su plano de rotación, es porque la formación de los cometas ha seguido determinada ley, una ley que no deja de estar en relación con la formación del sistema solar.

¿Hay en este arreglo alguna causa de la que se designa con el nombre de causas finales? Imposible de descubrir una; hasta el día en que se haya encontrado á los cometas alguna utilidad probable, no se podrá, por ninguna razón, mostrar que debían estar distribuidos como lo están. Pero, si consideramos la cuestión á la manera del físico, vemos que los cometas forman como una antítesis con los planetas; por de pronto por su débil densidad, sus movimientos, que son directos ó retrógrados indiferentemente, la excentricidad de sus órbitas y las direcciones variadas de ellas; además, y con mayor evidencia aún, por el hecho de que en lugar de tener en su distribución una tendencia hacia el plano de rotación de la nebulosa, como los planetas, tienen una tendencia hacia el eje (1). Sin pretender dar cuenta de esta relación, se ve bien, por el solo hecho de que existe, que los cometas han nacido por vía de evolución; y este hecho nos lleva á un tiempo en el cual la materia que constituye en la actualidad nuestro sistema solar, estaba esparcida hasta esas lejanas regiones del espacio donde los cometas se hunden.

Obsérvese ahora de qué modo tan distinto se comportan las otras hipótesis en presencia de esta clase de fenómenos.

(1) Un hecho digno de notarse y que da en qué pensar, es que hay una relación del mismo género entre la distribución de las nebulosas y el eje de la vía láctea. Así como los cometas son abundantes alrededor de los polos de nuestro sistema solar, y raros cerca de su plano de rotación, de igual modo las nebulosas abundan cerca de los polos de nuestro sistema estelar y son raras en la vecindad de su ecuador.

Para la hipótesis generalmente admitida, los cometas constituyen una piedra de obstáculo. ¿Cómo es que existen centenares (y probablemente millares) de masas gaseosas en extremo rarificadas, rodando acá y allá alrededor del sol? Esto es lo que no se explica con tal hipótesis, pues no puede dar cuenta de sus constituciones físicas, de sus movimientos variados y excéntricos, ó de su distribución. La hipótesis de la evolución, por el contrario, no solamente nos facilita esta respuesta, aplicable á todos, diciendo que son productos secundarios del sistema, sino que hasta nos permite aún dar una especie de explicación de algunas particularidades de detalle.

Pero ya hemos dicho bastante sobre estos cuerpos erráticos; volvamos á los miembros más conocidos y más importantes del sistema solar. La armonía sorprendente que reina entre los movimientos de aquellos astros, fué la que inspiró á Laplace la primera idea de su teoría, impulsándole á admitir que todos ellos habían surgido de una sola y misma génesis. Sir William Herschel, observando las nebulosas, había sido inducido á concebir las estrellas como agrupamientos condensados de una materia difusa; de igual modo que Laplace, observando la estructura del sistema solar, llegó á pensar que un movimiento de rotación, impreso á una materia en vía de condensación, era el único que podía explicar todas las particularidades del sistema. En su *Exposición del sistema del Mundo* (1), enumera de este modo las principales razones en favor de esta teoría del desenvolvimiento: 1.º, los movimientos de los planetas que se verifican en la misma dirección y casi en el mismo plano; 2.º, los movimientos de los satélites, dirigidos como los de

(1) Esta obra de Laplace es de 1796; pero en 1755 Kant, en su *Historia natural del cielo*, había expuesto la misma teoría. El mérito de prioridad no puede concederse al primero, por más que se reconoce, generalmente, que no tenía noticia de la obra del famoso filósofo alemán.—(N. del T.)

los planetas; 3.º, la rotación de estos diferentes cuerpos y del sol, que se verifica en la misma dirección que sus revoluciones y en planos poco diferentes; 4.º, la débil excentricidad de las órbitas de los planetas y de los satélites, opuesta á la excentricidad considerable de las órbitas de los cometas. Había, según sus cálculos, infinidad de millones de probabilidades para apostar contra una, á que estos movimientos harmónicos tenían una causa común.

Esta probabilidad tan elevada, obsérvese bien, no se relaciona en nada con la existencia de una causa común tal como se la entiende ordinariamente, de una potencia invisible, procediendo á la manera de un «Gran Obrero», sino más bien con un poder invisible cuyo procedimiento se llama evolución. Porque si los defensores de la hipótesis vulgar pueden alegar una razón de estabilidad en favor de la revolución de los planetas en un mismo sentido y casi en un mismo plano, no pueden explicar del mismo modo la identidad de dirección de todos los movimientos de rotación. El equilibrio mecánico del sistema no hubiera sufrido nada, aun cuando el sol no hubiese tenido ningún movimiento de rotación, ni aun cuando hubiese girado alrededor de su eje, en sentido inverso de la revolución de los planetas, ó según una dirección perpendicular á sus órbitas. Tampoco habría ningún peligro en que la revolución de la luna se hiciese en sentido inverso de la rotación de la tierra, ni en que el movimiento de los satélites alrededor de Júpiter fuera opuesto al movimiento de este planeta sobre su eje, ni en que ocurriese lo propio con los de Saturno. Y toda vez que ninguna de estas posibilidades ha sido realizada, la uniformidad de los hechos exige, aquí como siempre, que se los relacione con alguna ley general que les rige; esta ley supone lo que se llama una causalidad natural, es decir, lo opuesto de una combinación arbitraria.

Por eso la hipótesis de la evolución sería la única probable, aun cuando no tuviéramos dato alguno sobre el género particular de evolución de que se trata. Pero cuando

un matemático cuya autoridad es indiscutible viene á ofrecernos una teoría precisa de esta evolución, que funda sobre leyes mecánicas demostradas, y que da cuenta de estos diversos detalles, así como de otros muchos hechos secundarios, entonces resulta imposible no concluir que el sistema solar *se ha* formado por evolución. Apenas hay necesidad de exponer los trazos principales de la teoría de Laplace. Los libros de astronomía popular han familiarizado ya á los lectores con semejantes concepciones; todo el mundo sabe que, según él, la materia concentrada hoy en día bajo la forma del sistema solar, constituía antes un vasto esferoide muy poco denso, girando sobre su eje, y cuyo radio sobrepasaba el de la órbita de Neptuno. A medida que el esferoide se contractaba, su velocidad de rotación crecía por ello mismo; aumentando de este modo la fuerza centrífuga, la zona ecuatorial se encontraba de tiempo en tiempo en la imposibilidad de seguir á la masa en vía de condensación; quedaba entonces rezagada y producía un anillo en revolución; cada uno de estos anillos giratorios, destacados de tal manera en diversas épocas, concluía por romperse en su punto más débil, se replegaba sobre sí mismo y por grados se formaba en una masa animada de un movimiento rotatorio; esta masa, como la masa madre, adquiriría una rotación más viva á medida que su volumen decrecía y dejaba á su vez anillos, que por fin llegaban al estado de esferoides en rotación; y de tal modo de estos anillos primarios y secundarios salían planetas y satélites, mientras que de la masa central nacía el sol. Todo el mundo sabe igualmente, que esta deducción *á priori* concuerda con los resultados de la experiencia. El doctor Plateau ha hecho ver que una masa fluida, protegida en todo lo posible contra la acción de las fuerzas exteriores, y á la cual masa se ha impreso una rotación de velocidad suficiente, produce anillos independientes; que estos anillos, al romperse, forman esferoides que giran sobre sus ejes en la misma dirección que la masa central. Por eso, una vez supues-

ta la nebulosa primitiva animada de un movimiento giratorio, adquirido del modo que queda dicho, y que á la larga se ha condensado en un vasto esferoide girando sobre su eje, los principios de la mecánica harán el resto. Se puede predecir la formación de un sistema solar, animado de movimientos semejantes á los que se observan en el nuestro; y el razonamiento en que se apoya esta predicción resulta confirmado por la experiencia (1).

Veamos ahora si además de estos caracteres, los más salientes que ofrece el sistema solar, no habría otros secundarios, y que se explicarían por idénticas razones. Comencemos por la relación que hay entre los planos de las órbitas planetarias y el plano del ecuador del sol. Si en el tiempo en que la nebulosa sobrepasaba la órbita de Neptuno, todas sus partes hubiesen ejecutado su revolución en un mismo plano, ó mejor, en planos paralelos, si todas hubiesen tenido un solo y mismo eje, entonces los planos de los anillos sucesivamente destacados habrían todos coincidido en conjunto con el plano de rotación del sol. Pero basta con remontarse á las edades primitivas de la concentración, para ver que no podía haber entonces nada semejante á un movimiento completamente uniforme de conjun-

(1) Ciertamente, bajo la forma que Laplace ha dado á sus proposiciones no resultan á cubierto de toda crítica. Un astrónomo insigne, que ha tenido la bondad de dirigirme algunas objeciones sobre este ensayo, afirma que en lugar de un anillo nebuloso rompiéndose por un solo punto y replegándose en una masa única, hay muchas probabilidades para que el anillo se rompa en muchas masas. Esta hipótesis parece seguramente más probable. Pero admitamos que un anillo se rompe en muchos pedazos; se podrá aún sostener que no serán ni equidistantes ni equivalentes y que no podrán permanecer así distribuidos alrededor de la órbita común; esta cadena anular de masas gaseosas se reducirá á muchos grupos de masas; estos grupos acabarán por unirse en grupos más vastos, y en suma, el resultado será la terminación de una masa única. He interrogado sobre esto á un astrónomo cuya autoridad no cede á la del precedente, y ha convenido conmigo que tal resultaría probablemente la marcha de las cosas.

to. Los copos, que como hemos observado, formaban un precipitado en el medio de una nebulosa irregular, prodigiosamente dilatada, y que se dirigían de todas partes hacia su centro común de gravedad, debían moverse, no en un plano, sino en una infinidad de planos, cortándose entre sí bajo todos los ángulos posibles.

Poco á poco se estableció un movimiento giratorio, cuya producción hemos ya previsto, y semejante á aquél, cuyos indicios vemos hoy en las nebulosas espirales; este es el primer paso hacia el movimiento en un solo plano, el plano del más grande movimiento. Pero este plano no puede fijarse más que lentamente. Los copos que no se mueven en él, y que vienen á unirse al todo bajo todos los ángulos imaginables, tendrán que acabar sus revoluciones alrededor del centro común y perseverando en sus planos propios; solamente á la larga es cuando sus movimientos serán en parte destruidos por movimientos contrarios, en parte absorbidos en el movimiento de conjunto. Especialmente las partes más exteriores de la masa giratoria, habrán de ser las que guardarán largo tiempo sus direcciones más ó menos independientes, pues no habrá allí ni frotamiento ni atracción del centro, bastante enérgicos para eprimirlas mucho. Luego es posible que los anillos destacados en primer lugar se alejarán mucho del plano medio del sistema, y que los últimos se alejarán poco. Todavía en este caso la experiencia confirma en gran parte la teoría. La progresión, sin duda, no es regular, pero en término medio las inclinaciones decrecen á medida que se aproximan al sol.

Examinemos ya el movimiento de los planetas sobre sus ejes. Constituía, en opinión de Laplace, una prueba de la comunidad de origen de los planetas, el sentido de su rotación y la situación de sus ejes. Después se ha descubierto una excepción á esta regla general y otra segunda más reciente aún; concerniendo una á Urano y la otra á Neptuno, por lo menos en lo que atañe á los movimientos de sus saté-

lites. Esta anomalía pareció á muchos que causaba un grave daño á la probabilidad de la teoría, y á primera vista semejante juicio parece verdadero. Pero reflexionando un poco sobre ello, se va á ver, así lo espero, por lo menos, que la anomalía no tiene nada de inexplicable; solamente que Laplace ha ido demasiado lejos al considerar como uno de los resultados inevitables de la evolución de una nebulosa lo que no es, en ciertos casos, más que un acompañamiento probable. La causa determinante del sentido de la rotación era, según él, la superioridad de la velocidad absoluta de las partes exteriores del anillo destacado. Pero hay ciertas circunstancias en que esta diferencia de velocidad puede ser despreciable ó hasta nula y tales otras donde, aunque importante, no bastará á determinar el sentido de la rotación.

Primer punto que hay que notar: las diferentes capas de un esferoide nebuloso en vía de concentración, en virtud de su origen, no podrán apenas moverse con una sola y con una misma velocidad angular; se necesitaría, para igualar sus velocidades, un frotamiento prolongado durante un tiempo indefinido, y en este caso, sobre todo, las capas más exteriores son las que deberán conservar, durante más largo tiempo, su movimiento particular; acabamos de decir las razones de ello. Luego es muy posible que en los primeros anillos destacados, los rebordes exteriores no hayan tenido una velocidad absoluta superior á la del resto; los planetas que nacerán de ellos tendrán entonces una rotación retrógrada. Además hay que tener en cuenta el corte del anillo, y este corte puede diferir más ó menos de un caso á otro. Pero aquí, para ser claro, me hace falta recurrir á un ejemplo. Tomemos una naranja: el cáliz y el peciolo nos representarán los polos; quitémosle una tira de corteza siguiendo el ecuador; coloquemos sobre una mesa esta tira, reuniendo sus dos extremos, y formará un anillo comparable á un aro de tonel; este anillo tendrá un espesor muy débil en el sentido de su diámetro, pero una longitud considerable en



el sentido de la perpendicular á su diámetro. Ahora, en lugar de una naranja, que es un esferoide apenas aplastado, tomemos un esferoide muy aplastado, aproximadamente parecido á una lenteja de muy débil convexidad. Si, sobre el reborde ó ecuador de este esferoide lenticular, se recortase un anillo de mediano volumen, diferiría del precedente en que tendría su mayor espesor en el sentido del diámetro y no en el perpendicular; luego sería un anillo bastante comparable á un disco, pero mucho más delgado. Así, pues, según el grado de aplastamiento de un esferoide, el anillo que se desprenderá de él tendrá la forma de un aro ó la de un disco.

Otro hecho que se debe notar: en un esferoide muy plano ó lenticular, el anillo cambiará de forma, según su volumen. Un anillo muy delgado, formado de la sola superficie del ecuador, se asemejará á un aro; un anillo de una masa notable, mordiendo hasta cierta profundidad sobre el diámetro del esferoide, será de forma discoide. Por eso, según el aplastamiento del esferoide y el volumen del anillo destacado, este último tendrá su mayor espesor en el sentido de su plano ó en el sentido perpendicular. Luego esta circunstancia tendrá también una acción marcada sobre la rotación del planeta que habrá de nacer de él. En un anillo nebuloso que ofreciese bien marcadamente la forma de un aro, las diferencias de velocidad entre la superficie interna y el exterior serán muy débiles; y semejante anillo, viniendo á replegarse en una masa cuyo mayor radio está en ángulo recto con el plano de la órbita, comunicará casi seguramente á esta masa una tendencia predominante á ejecutar su rotación en un sentido perpendicular al plano de la órbita. Si el anillo no tiene una forma circular tan marcada, en este caso la diferencia de velocidad entre el interior y el exterior será más pronunciada, y las fuerzas contrarias, la una que tiende á determinar la rotación en el plano de la órbita, y la otra en el plano perpendicular, se ejercerán simultáneamente; y el plano de rotación adoptado será inter-

medio. Por último, si el anillo nebuloso es claramente discoide y si se repliega en un cuerpo teniendo su mayor dimensión en el plano de la órbita, las dos fuerzas tenderán juntas á determinar la rotación en este mismo plano.

Arrojemos una mirada sobre los hechos; los encontraremos, en la medida en que son accesibles, de acuerdo con nuestra idea. Al ver el inmenso radio de la órbita de Urano y su masa, que por comparación resulta pequeña, se puede creer que el anillo de donde ha nacido era delgado y, por consecuencia, tenía la forma de un aro, especialmente si, como se tiene derecho á pensar, la masa nebulosa era en esta época menos aplastada que lo fué más tarde. Luego su plano de rotación debió ser casi perpendicular sobre su órbita y el sentido de la rotación no tenía ninguna relación con el de la revolución. Saturno tiene una masa siete veces tan grande y una órbita de un diámetro mitad menor; y es en razón de que su anillo originario, teniendo una circunferencia por lo menos dos veces menor y un espesor vertical la mitad más pequeño (porque el esferoide entonces estaba *tan* aplastado y hasta *más* aplastado), ha debido ser considerablemente más ancho, menos circular, más aproximado á la forma discoide; a pesar de la diferencia de densidad, debió tener un espesor por lo menos doble ó triple, medidas según el plano de su diámetro. Por eso Saturno tiene su rotación dirigida en el mismo sentido que su traslación y en un plano que se separa en 30 grados solamente del otro.

En cuanto á Júpiter, cuya masa es tres veces y media la de Saturno y cuya órbita es poco más de la mitad de la precedente, su anillo primitivo, por las mismas razones, debió ser mucho más ancho todavía, y podemos decir que completamente discoide; de aquí un planeta cuyo plano de rotación no se separa apenas más que tres grados del plano de la órbita. Por último, si se considera la pequeñez relativa de Marte, de la Tierra, de Venus y de Mercurio, como la disminución del radio de los anillos no basta para explicar