

CAPITULO IX

Controversia sobre el gobierno del universo.

Hay dos concepciones del gobierno del mundo: 1.º, por la Providencia; 2.º, por la ley. — La primera sostenida por el clero. — Bosquejo de la introducción de la última.

Keplero descubre las leyes que rigen el sistema solar. — Sus obras son denunciadas por la autoridad papal. — Leonardo de Vinci pone los cimientos de la filosofía mecánica. — Galileo descubre las leyes fundamentales de la dinámica. — Newton las aplica al movimiento de los cuerpos celestes y demuestra que el sistema solar está gobernado por la necesidad matemática. — Herschel extiende esta conclusión á todo el universo. — Hipótesis de las nebulosas. — Objeciones teológicas.

Pruebas del imperio de la ley en la formación de la Tierra y en el desarrollo de las series animal y vegetal. — Son producidas por evolución y no por creación.

El poder de la ley se demuestra por el proceso histórico de las sociedades humanas y por el del individuo.

Adopción parcial de estas ideas por algunas iglesias reformadas.

Dos interpretaciones pueden darse acerca del gobierno del mundo: ó por intervención divina incesante, ó por la acción de una ley invariable.

El clero se inclina siempre á la adopción de la primera, toda vez que aspira á que se le considere como intermediario entre la oración del devoto y la acción providencial. Su importancia aumenta por el poder que pretende tener de determinar la índole de esta acción. En la religión pre-cristiana (la romana), el oficio principal del clero era descubrir los sucesos futuros por los oráculos, los presagios ó la inspección de las entrañas de los animales y hacer propicios á los dioses ofreciéndoles sacrificios. Más tarde, en los tiempos cristianos se pretende un poder mayor; el clero afirma que, por su intercesión, puede trazarse el curso de los sucesos, advertirse los peligros, asegurarse los bienes, obrarse milagros y hasta cambiarse el orden de la naturaleza.

No sin razón, por tanto, miraron con desagrado la doc-

trina del gobierno por leyes fijas, porque parecía despreciar su dignidad, rebajar su importancia; era para ellos repulsivo un Dios que no puede ser influido por las peticiones humanas, una divinidad fría y sin pasiones; veían en esto algo fatalista y espantoso en consecuencia.

Pero el ordenado movimiento de los cielos no podía dejar de hacer en todos tiempos una profunda impresión en los observadores reflexivos; la salida y puesta del Sol; el aumento y disminución de la luz del día; las fases de la Luna; la vuelta de las estaciones en su propia marcha; el acompasado rumbo de los errantes planetas en el firmamento, ¿qué son todas estas y miles más, sino manifestaciones de una inmutable y ordenada serie de sucesos? La fe de los primeros observadores en esta interpretación pudo quizás haber sido quebrantada por fenómenos tales como los eclipses, ruptura brusca y misteriosa del curso ordinario de los sucesos naturales; pero debieron adquirirla de nuevo con fuerza décupla, tan pronto como se descubrió que los eclipses también tienen sus periodos y que pueden anunciarse.

Las predicciones astronómicas de todas clases dependen de la admisión de este hecho: que nunca ha habido y nunca habrá intervención alguna en las operaciones de las leyes naturales. El filósofo científico afirma que la condición del mundo en cualquier momento dado es el resultado directo de su condición en el momento anterior. La ley y el azar no son sino diferentes nombres de la necesidad mecánica.

Cerca de cincuenta años después de la muerte de Copérnico, Juan Keplero, natural del Wurtemberg, que había adoptado la teoría heliocéntrica, y que estaba profundamente penetrado de la creencia de que existen relaciones entre las revoluciones de los cuerpos planetarios alrededor del Sol, pensaba que si éstas se examinasen correctamente, revelarían las leyes bajo las cuales se verifican estos movimientos, y se dedicó al estudio de las distancias, tiempos y velocidades de los planetas y de la forma de sus órbitas. Su método fué someter las observaciones que pudo proporcionarse, como las de Tycho Brahe, á análisis basadas, primero en una, y luego en

otra hipótesis, rechazándolas si los cálculos no se acordaban con las observaciones. El increíble trabajo que emprendió (él mismo dice: «observé y calculé hasta tal extremo, que creí volverme loco»), fué al cabo recompensado, y en 1609 publicó su libro *Sobre los movimientos del planeta Marte*. En él intentó reconciliar los movimientos de este planeta con las hipótesis de las excéntricas y de los epiciclos, pero más tarde descubrió que la órbita de un planeta no es un círculo, sino una elipse, uno de cuyos focos ocupa el Sol, y que las áreas descritas sobre ella por una línea tirada del planeta á éste son proporcionales á los tiempos. Esto constituye las que se llaman ahora la primera y la segunda ley de Keplero. Ocho años después tuvo la satisfacción de descubrir una tercera ley, que definía la relación entre las distancias medias de los planetas al Sol y los tiempos de sus revoluciones: «los cuadrados de los tiempos periódicos son proporcionales á los cubos de las distancias.» En un *Epítome del sistema copernicano*, publicado en 1618, anunció esta ley y demostró que lo mismo se verifica en los satélites de Júpiter que en el planeta principal. De donde dedujo que las leyes que presidían á los grandes movimientos del sistema solar presiden también á los movimientos menores de sus partes constituyentes.

La concepción de la ley, que sin error se adquiere por los descubrimientos de Keplero, y la prueba que adujo en favor de la teoría heliocéntrica contra la teoría geocéntrica, no pudo menos de incurrir en la reprensión de las autoridades romanas. La Congregación del Índice, por lo tanto, cuando denunció el sistema copernicano como abiertamente contrario á las Sagradas Escrituras, prohibió el *Epítome* de Keplero sobre este sistema. Fué en esta ocasión cuando presentó su célebre manifiesto: «Ochenta años han pasado, durante los cuales la doctrina de Copérnico sobre el movimiento de la Tierra y la inmovilidad del Sol ha sido promulgada sin ser atacada, porque estaba permitido disputar sobre cosas naturales para elucidar las obras de Dios, y ahora que se descubren nuevos testimonios en prueba de la verdad de esta doctrina (testimonios desconocidos de los jueces espirituales) queréis

prohibir la promulgación del verdadero sistema de la estructura del Universo.»

Ninguno de los contemporáneos de Keplero creyó en la ley de las áreas ni fué aceptada hasta la publicación de los *Principios* de Newton. En suma, nadie en aquellos tiempos comprendió la importancia filosófica de las leyes de Keplero. El mismo no previó adónde debían llevar irremisiblemente, y sus errores prueban qué distante estaba de percibir su resultado. Tan es esto así, que creyó que cada planeta era asiento de un principio inteligente y que había una relación entre las magnitudes de las órbitas de los cinco planetas principales y los cinco sólidos regulares de la geometría. Al principio se inclinó á creer que la órbita de Marte era ovalada y sólo después de un delicado estudio descubrió la gran verdad, su forma elíptica. La idea de la incorruptibilidad de los cuerpos celestes había hecho adoptar la doctrina aristotélica de la perfección de los movimientos circulares en los cielos, y se creía que eran únicamente los que había. Se lamenta amargamente de este error, por haber sido para él «un gran ladrón de su tiempo»; el atrevimiento de su filosofía se demuestra en romper con esta tradición, consagrada por el tiempo.

En muchos puntos importantes adelantó Keplero á Newton. Fué el primero en dar ideas claras sobre la gravedad; dice que cada partícula de materia está en reposo hasta que alguna otra partícula la perturba, que la Tierra atrae á una piedra con más fuerza que ésta atrae á la Tierra, y que los cuerpos son atraídos entre sí en proporción á sus masas; que la Tierra se acercaría á la Luna un cincuenta y cuatro avo de su distancia, y que la Luna se movería hacia la Tierra un cincuenta y tres avo; afirma que la atracción de la primera es la causa de las mareas y que los planetas deben producir perturbaciones en el movimiento de ella.

Los progresos de la astronomía se dividen fácilmente en tres períodos:

- 1.º El período de la observación de los movimientos aparentes de los cuerpos celestes.
- 2.º El período del descubrimiento de sus movimientos

verdaderos y particularmente de las leyes de las revoluciones planetarias: esto fué demostrado señaladamente por Copérnico y Keplero.

3.º El período del descubrimiento de las causas de estas leyes. Esta fué la época de Newton.

El paso del segundo al tercer período, dependió del desarrollo de la dinámica, rama de la mecánica que había permanecido estancada desde los tiempos de Arquímedes ó de la Escuela de Alejandría.

En la Europa cristiana nadie había habido que cultivase la filosofía mecánica, hasta Leonardo de Vinci, que nació en 1452. A él, y no á Lord Bacon, debe atribuirse el renacimiento de la ciencia; Bacon, no sólo ignoraba las matemáticas, sino que desdeñaba su aplicación á las investigaciones físicas. Rechazó despreciativamente el sistema copernicano, alegando contra él objeciones absurdas. Cuando Galileo estaba á punto de efectuar sus grandes descubrimientos telescópicos, publicaba Bacon sus dudas sobre la utilidad de los instrumentos en las investigaciones científicas; atribuirle el método inductivo es desconocer la historia. Sus fantasías filosóficas jamás han sido de la menor utilidad práctica y nunca ha pensado nadie en emplearlas; excepto entre los lectores ingleses, su nombre es en general desconocido.

Más adelante tendremos ocasión de aludir á Vinci con más detalles. Quedan todavía de sus obras manuscritas dos volúmenes en Milán y uno en París, llevado por Napoleón. Después de un intervalo de cerca de setenta años, Vinci fué seguido por el ingeniero holandés Stevin, cuya obra sobre principios del equilibrio se publicó en 1586; seis años después vió la luz el tratado de mecánica de Galileo.

A este grande italiano se debe el establecimiento de las tres leyes fundamentales de la dinámica, conocidas por «leyes del movimiento».

Las consecuencias del establecimiento de estas leyes fueron muy importantes.

Se había supuesto que los movimientos continuos, como, por ejemplo, los de los cuerpos celestes, podían mantenerse sólo por un perpetuo consumo y aplicación de

fuerza; pero la primera de las leyes de Galileo declara que todo cuerpo perseverará en su estado de reposo ó de movimiento uniforme en línea recta, hasta que le obligue á salir de aquel estado otra fuerza perturbadora. Una clara percepción de este principio fundamental es esencial para la comprensión de los hechos elementales de la astronomía física. Como todos los movimientos que presenciarnos tienen lugar en la superficie de la Tierra y todos tienen fin, nace en nosotros la idea de que el reposo es la condición natural de las cosas; hemos hecho, pues, un gran progreso al llegar á saber que un cuerpo es tan indiferente al reposo como al movimiento, y que persiste igualmente en uno ú otro estado, hasta que es perturbado por otras fuerzas. Estas fuerzas perturbadoras, en el caso de los movimientos comunes, son el rozamiento y la resistencia del aire. Cuando no existe esta resistencia, el movimiento debe ser perpetuo, y esto es lo que sucede con los cuerpos celestes que se mueven en el vacío.

Las fuerzas, sean las que quiera sus diferencias de magnitud, ejercerán toda su influencia en conjunto y cada una separadamente y como si las demás no existieran. Así, cuando se abandona una bala á la boca de un cañón, cae á tierra en cierto intervalo de tiempo por el influjo de la gravedad sobre ella; pero cuando es lanzada por la pólvora, aunque recorre algunos millares de piés por segundo, el efecto de la gravedad sobre ella será precisamente el mismo que antes. En las combinaciones de las fuerzas no hay destrucción; cada una produce su preciso efecto específico.

En la última mitad del siglo xviii, por las obras de Borelli, Hooke y Huyghens se había hecho evidente que los movimientos circulares pueden explicarse por las leyes de Galileo. Borelli, ocupándose de los movimientos de los satélites de Júpiter, demuestra cómo un movimiento circular puede originarse por la influencia de una fuerza central. Hooke hizo patente la inflexión de un movimiento directo en circular por efecto de una atracción central.

El año 1687 representa, no sólo una época de la cien-

cia europea, sino también del desarrollo intelectual del hombre. Se señala por la publicación de los *Principia* de Newton, obra inmortal é incomparable.

Sobre el principio de que todos los cuerpos se atraen en razón directa de sus masas é inversa del cuadrado de sus distancias, Newton demostró que todos los movimientos de los cuerpos celestes pueden explicarse, y que las leyes de Keplero debieran todas haber sido predichas: los movimientos elípticos, las áreas descritas y las relaciones de los tiempos y las distancias. Como hemos visto, los contemporáneos de Newton habían comprendido cómo podrían explicarse los movimientos circulares; éste era un caso particular, pero Newton dió la solución general del problema, comprendiendo todos los casos particulares del movimiento en círculo, elipse, parábola, hipérbola, esto es, en todas las secciones cónicas.

Los matemáticos de Alejandria habían demostrado que la dirección del movimiento de los cuerpos que caen es hácia el centro de la Tierra. Newton probó que así tenía que ser precisamente, puesto que el efecto general de la atracción de todas las partes de la esfera es igual al que se produciría si todas ellas se hallasen reunidas en el centro.

A esta fuerza central que determina la caída de los cuerpos, se llama fuerza de gravedad. Nadie hasta entonces, excepto Keplero, había considerado cuán léjos llegaba su influencia. Pareció posible á Newton que pudiera extenderse hasta la Luna y ser la fuerza que la desvía de su camino rectilíneo y la hace girar en su órbita alrededor de la Tierra. Fué fácil computar, por el principio de los cuadrados inversos, si la atracción de la Tierra era suficiente para producir el efecto observado. Empleando las medidas del tamaño de la Tierra posibles en aquel tiempo, halló Newton que el desvío de la Luna era solamente de trece piés por minuto; al contrario, si su hipótesis de la gravitación era exacta, deberían ser quince piés. Pero en 1669, Picard, como hemos visto, verificó la medición de un grado con más esmero que el que se había tenido anteriormente; esto cambió el valor asignado á la magnitud de la Tierra, y por lo tanto el de su distancia á la Luna; y habiendo llamado la atención de

Newton hacia este asunto algunas discusiones que tuvieron lugar en 1679, en la Real Sociedad, obtuvo los resultados de Picard, volvió á su casa, buscó sus antiguos papeles y emprendió de nuevo los cálculos; cuando iba aproximándose al fin llegó á ponerse tan agitado, que se vió obligado á suplicar á un amigo que los concluyese. La coincidencia esperada se demostró y se probó que la Luna está mantenida en su órbita y obligada á girar alrededor de la Tierra por la fuerza de la gravedad terrestre. El genio de Keplero había dado origen á los torbellinos de Descartes, y éstos á su vez á la fuerza central de Newton.

Del mismo modo, la Tierra y cada uno de los planetas se mueven en órbitas elípticas alrededor del Sol por la fuerza atractiva, y las perturbaciones provienen de la acción de las masas planetarias entre sí. Conociendo las masas y las distancias, pueden calcularse estas perturbaciones. Astrónomos posteriores han conseguido efectuar el problema inverso, esto es, conociendo las perturbaciones ó irregularidades, hallar la posición y la masa del cuerpo perturbador. Así, pues, por las desviaciones de Urano de su posición teórica, se obtuvo el descubrimiento de Neptuno.

Consistió el mérito de Newton en aplicar las leyes de la dinámica á los movimientos de los cuerpos celestes, é insistió en que las teorías científicas deben sustentarse por la concordancia de las observaciones y el cálculo.

Cuando Keplero anunció sus tres leyes fueron recibidas con reprobación por las autoridades espirituales, no porque se creyese que contuvieran algún error, sino en parte porque servían de apoyo al sistema copernicano, y en parte porque se juzgó inoportuno admitir la preponderancia de una ley cualquiera, como opuesta á la intervención providencial. El mundo era considerado como el teatro en que la voluntad divina se mostraba diariamente; y era incompatible con la majestad de Dios que aquella fuese menoscabada en ningún concepto. El poder del clero se manifestaba principalmente en la influencia que pretendía tener para cambiar sus determinaciones arbitrarias. Por esto podía destruir la acción perniciosa

de los cometas, asegurar la lluvia ó el buen tiempo, prevenir los eclipses, detener el curso de la naturaleza y obrar toda clase de milagros; de este modo se hizo retroceder la sombra en el cuadrante y detener el Sol y la Luna en medio de su marcha,

En el siglo precedente á la época de Newton había tenido lugar una gran revolución religiosa y política: la Reforma. Aunque su resultado no había sido conseguir una libertad absoluta de pensamiento, había debilitado empero, muchas de las antiguas barreras eclesiásticas. En los países reformados, no hubo autoridad que pudiese condenar las obras de Newton, ni hubo entre el clero propensión á inmiscuirse en tal asunto; al principio, la atención de los protestantes estaba alimentada por los movimientos de sus grandes enemigos los católicos, y cuando este foco de inquietud cesó y surgieron las inevitables divisiones del protestantismo, la atención fué absorbida por las Iglesias rivales y antagonistas. La luterana, la calvinista, la episcopal, la presbiteriana, tenían cosa más urgente á la mano que las demostraciones matemáticas de Newton.

Así, impune y desapercibida, en este clamor de las sectas beligerantes, se estableció sólidamente la gran teoría de Newton. Su significación filosófica era más grande que los dogmas que aquella gente tanto debatía; no sólo aceptaba la teoría heliocéntrica y las leyes descubiertas por Keplero, sino que probó que, fuera cual fuese la importancia de la autoridad eclesiástica contraria, el Sol debía ser el centro de nuestro sistema y que las leyes de Keplero son resultado de la necesidad matemática. Es imposible que fueran de otro modo que como son.

Pero ¿cuál es el sentido de todo esto? Sencillamente que el sistema solar no es interrumpido por intervenciones providenciales; sino que está bajo el dominio de leyes irresistibles que á su vez son resultado de la necesidad matemática.

Las observaciones telescópicas de Herschel I demostraron que hay muchísimas estrellas dobles; dobles, no sólo porque accidentalmente se encuentran en la misma visual, sino porque están reunidas físicamente girando

una alrededor de la otra. Estas observaciones fueron continuadas y aumentadas grandemente por Herschel II. Los elementos de la órbita elíptica de la estrella doble ξ de la Osa mayor, fueron determinados por Savary, siendo su período de cincuenta y ocho años y un cuarto; los de otra σ de la Corona fueron determinados por Hind, siendo su período mayor de setecientos treinta y seis años. El movimiento de estos dos soles en su órbita es elíptico, lo cual nos obliga á admitir que la ley de la gravitación llega mucho más allá de los límites del sistema solar; ciertamente, en tanto cuanto alcanza el telescopio, se demuestra el imperio de la ley. D'Alembert dice en la introducción á la *Enciclopedia*: «El Universo es un hecho único, una sola y gran verdad.»

¿Debemos, pues, colegir que los sistemas solar y estelar han sido creados por Dios y que les ha impuesto por su voluntad arbitraria leyes bajo cuyo imperio era su placer que verificasen sus movimientos, ó hay razones para creer que estos varios sistemas no fueron creados por un fiat arbitrario, sino por el proceso de la ley?

Expongamos ahora algunas particularidades manifestadas por el sistema solar, según las enumera Laplace. Todos los planetas y sus satélites giran en elipses tan poco excéntricas, que casi son círculos; todos los planetas giran en la misma dirección y casi en el mismo plano; los movimientos de los satélites se verifican en la misma dirección que los de los planetas; los movimientos de rotación del Sol, de los planetas y los satélites se verifican en la misma dirección que sus movimientos de revolución y en planos poco diferentes.

¡Es imposible que tantas coincidencias sean resultado del acaso! ¿No es claro que debe haber habido un lazo común entre todos estos cuerpos y que son solamente partes de lo que un tiempo sería una sola masa?

Pero si admitimos que la sustancia de que consta el sistema solar existió alguna vez en estado nebuloso y que se hallaba en rotación, todas las particularidades anotadas se desprenden como consecuencias naturales; más aún, la formación de los planetas y de los satélites y asteroides se explica del mismo modo. Vemos por qué los pla-

netas exteriores y sus satélites son mayores que los interiores; por qué los planetas mayores giran rápidamente y los pequeños con lentitud; por qué los planetas inferiores tienen menos satélites que los superiores. Hallamos indicaciones sobre el tiempo de las revoluciones de los planetas y satélites en sus respectivas órbitas, y percibimos el modo de formación de los anillos de Saturno; hallamos explicación de las condiciones físicas del Sol y de los cambios de condición por qué han pasado la Tierra y la Luna, como lo indica la geología de ambas.

Sólo se han notado dos excepciones á las particularidades mencionadas, que son Urano y Neptuno.

Admitida la existencia de semejante masa nebulosa, todo lo demás se desprende necesariamente. ¿No hay, sin embargo, una gran objeción que hacer? ¿No es esto excluir al Dios Todopoderoso de los mundos que ha creado?

Primero, debemos cerciorarnos de si hay alguna prueba sólida para admitir la existencia de semejante masa nebulosa.

La hipótesis de las nebulosas descansa principalmente en los descubrimientos telescópicos hechos por Herschel I, de que hay esparcidas aquí y acullá en el firmamento pálidas manchas luminosas, algunas de las cuales son bastante grandes para ser percibidas á simple vista. De éstas, muchas pueden resolverse, por telescopios de bastante fuerza, en grupos de estrellas; pero algunas, como la gran nebulosa de Orion, resisten á los mejores instrumentos construídos hasta aquí.

Se aseguró, por los que no estaban dispuestos á aceptar la hipótesis de las nebulosas, que la no resolución era debida á lo imperfecto de los telescopios empleados; en estos instrumentos se pueden observar dos distintas funciones; su potencia como colectores de luz, que depende del diámetro del objetivo ó del espejo, y su poder de definición, que depende de la perfecta curvatura de las superficies ópticas. Los grandes instrumentos pueden poseer la primera cualidad en razón á su tamaño, pero difícilmente la última, ya á causa de mala elaboración en su construcción, ya por la flexión que su propio peso les impone. Pero mientras un instrumento no sea tan perfecto

en este punto como en el otro, no podrá descomponer una nebulosa.

Afortunadamente, sin embargo, disponemos de otros medios para resolver la cuestión. En 1846, descubrió el autor de este libro que el espectro de un cuerpo sólido incandescente es continuo, esto es, no presenta rayas negras ni brillantes. Fraunhofer había hecho saber anteriormente que el espectro de un gas incandescente no es continuo: de aquí, pues, que podamos determinar si la luz emitida por una determinada nebulosa proviene de un gas incandescente ó de un grupo de sólidos en ignición, estrellas ó soles. Si un espectro es discontinuo, son nebulosas ó gases, y si es continuo, indica una agrupación de estrellas.

En 1864, Mr. Huggins hizo el examen de la nebulosa de la constelación del Dragón y demostró que era gaseosa. Observaciones posteriores han hecho conocer que, de sesenta nebulosas analizadas, diecinueve presentan espectros discontinuos ó gaseosos y el resto espectros continuos.

Puede, por lo tanto, admitirse que se ha obtenido, al cabo, la prueba física que demuestra la existencia de vastas masas de materia en estado gaseoso y á la temperatura de la incandescencia.

La hipótesis de Laplace encuentra así una sólida base; en semejante masa nebulosa es necesario el enfriamiento por irradiación; la condensación y la rotación son las consecuencias inevitables. Debe haber una separación de anillos todos en un mismo plano, una generación de planetas y satélites, todos girando del mismo modo, un sol central y globos que lo rodeen. De una masa caótica, por obra de las leyes naturales, se ha producido un sistema organizado, convirtiéndose la materia en mundos á medida que disminuía el calor total.

Si es ésta la cosmogonía del sistema solar, ésta la génesis de los mundos planetarios, nos vemos obligados á extender nuestra doctrina del imperio de la ley, y á reconocer su acción en la creación tanto como en la conservación de los orbes innumerables que se amontonan en el Universo.