

cuerpo luminoso a un fluido elasticísimo, y no pudo dar razón de la formación de los colores en la refracción ordinaria de la luz por medio del prisma (1). En suma, redujo a un examen experimental una clase entera de fenómenos que hasta entonces solo se habían observado como meras curiosidades, no adelantándose nada sobre este punto hasta que apareció Wollaston.

También fueron grandes los adelantamientos que Newton introdujo en la mecánica y en la dinámica. Wallis (1669) había completado un sistema de estática fundado en el principio de Stevin y de Galileo, diciendo que el equilibrio tenía lugar siempre que fueran iguales las sumas de los momentos, esto es, el producto de la fuerza y del peso por la velocidad del punto que se considera. Varignon dedujo toda la teoría del equilibrio en su *Proyecto de una nueva mecánica* (1687) del único principio de la composición de las fuerzas. Pero los *Principios* de Newton (2) causaron una completa revolución, reduciendo las tres leyes del movimiento a pura geometría, y midiendo la acción mecánica de los efectos que producen. Explicó todos los movimientos celestes por la sencilla ley de que cada partícula de materia atrae todas las de su clase con una fuerza proporcional al producto de sus masas e inversa del cuadrado de las distancias, con lo cual explicó todas las perturbaciones. Si un cuerpo sobre el que obra una fuerza impulsiva que le hace moverse uniformemente en línea recta, recibe un impulso en dirección inclinada a la primera, seguirá en su movimiento la resultante determinada por la diagonal del paralelogramo, cuyos dos lados representan las dos fuerzas. En este sencillo principio fundó Newton su teoría de las fuerzas centrales, por la que se concibe perfectamente el movimiento al rededor de un centro. De grandísima inventiva geométrica consiguió poner en evidencia el célebre teorema de que « un cuerpo lanzado en línea recta y sometido a la acción de una fuerza central, describirá una sección cónica, cuando la fuerza varíe en razón inversa del cuadrado de la distancia del foco. »

Con su gran inteligencia dedujo las consecuencias matemáticas de varios casos. Ya Kepler había expuesto las tres grandes leyes inductivas del movimiento celeste, y aventurado la hipótesis de que el sol atrae los cuerpos que se hallan en su esfera de acción con una fuerza que disminuye en proporción a la distancia, y además que la intensidad de luz se disminuye según los cuadrados de las distancias. También Bouillaud, introduciendo las órbitas elípticas

(1) Sin embargo, la teoría de las ondulaciones ó vibraciones, que hoy prevalece sobre la de las emanaciones, no fué desaprobada por Newton. En una carta suya a Boyle, que publicó la *Bibl. universelle de Genève*, 1822, admite la propagación de la luz mediante las vibraciones del éter preexistente y extendido por todas partes, y cree que la existencia de este éter puede también explicar los fenómenos del peso y de la atracción.

(2) *Philosophiæ naturalis principia mathematica.*

en su sistema astronómico, observó que « si la atracción existe, disminuirá según el cuadrado de la distancia. » Borelli (1) sostiene más claramente, que todos los planetas siguiendo una ley general, se mueven al rededor del sol, y los satélites al rededor de los planetas, y que esta propiedad, cuya única causa es el sol, los sujeta de modo que no pueden separarse de su centro de acción. Hooke, que había intentado medir las variaciones de la gravedad por el péndulo, quiso dar un sistema del universo fundado en tres hipótesis: 1ª que todos los cuerpos celestes gravitan hacia los centros, atrayendo no solamente sus propias moléculas, sino también los otros cuerpos celestes dentro de la esfera de su actividad; 2ª que todos los cuerpos puestos en movimiento sencillo le continuarán en línea recta, a menos que otra fuerza no les haga desviarse siguiendo una curva compuesta; y 3ª que estas fuerzas son más poderosas cuanto más cerca está de su centro el cuerpo atraído. Invitaba a que se examinaran estos puntos para hallar la ley verdadera por medio de la cual los astrónomos explicarían los movimientos celestes.

Estaban dados los primeros pasos para el descubrimiento de la gravitación y sus leyes, pero Newton llegó a él por otro camino. Los cuerpos tienden a moverse en línea recta; solo una fuerza externa puede darles un movimiento circular; luego si los planetas girando rápidamente al rededor del sol, no escapan por la tangente de su círculo, preciso es admitir que se lo impide alguna fuerza. Muy conocida es la anécdota de la bellota caída en la cabeza de Newton estando descansando en el jardín, y cuyo hecho le hizo reflexionar si hubiera podido caer la luna del mismo modo. Comparando las leyes de la caída de los graves, establecidas por Galileo, con la que mantenía a los planetas en su revolución al rededor del sol, Newton afirmó que tendían a caer en él por una fuerza igual a la que los rechaza en línea recta. Del mismo modo las leyes de las fuerzas centripeta y centrifuga no se limitan solamente a nuestro sistema solar, sino que también este es atraído por el sistema de las estrellas, y los cuerpos celestes se atraen unos a otros siempre en proporción de las masas, y en razón inversa de los cuadrados de las distancias.

Ya entonces Newton pudo explicar muchos hechos extraordinarios, puesto que la mutación de la tierra, su forma esferoidal, la precesión de los equinoccios, el flujo y reflujo, las aberraciones de la luna y las irregularidades aparentes de los otros planetas, nacen necesariamente de las leyes de la gravitación.

La aparición y los movimientos de los cometas se tenían como anómalos. Borelli fué el primero que sometió a cálculo su marcha, y en una carta dirigida al padre Estéban de Angeli, profesor de matemáticas en Padua, acerca del

(1) *Sui satelliti di Giove*, 1666.

cometa de diciembre de 1664, demostraba que no se podía representar su movimiento ni por el sistema de Tycho-Brahe, ni por el de Tolomeo, sino únicamente por el pitagórico; que del cálculo había deducido que giraban al rededor del sol describiendo una parábola, y que el que pudiese observarlo por mucho tiempo, hallaría una órbita elíptica. En otra carta de 4 de mayo de 1665 al gran duque, repetía que no se podía creer que los cometas formaran una línea recta, sino una curva semejante a la parábola (1). No se publicaron las demostraciones que prometió, pero entretanto véase ya anticipados en tres lustros los descubrimientos de Newton y explicado claramente lo que parecía tan confuso a Dörfel. También Hevelio había ya dicho que el movimiento de los cometas es más curvo en unos sitios que en otros, formando una parábola, cuyo vértice se encuentra en el punto en que el cometa se acerca más al sol. Newton no vió en todo esto más que un nuevo caso de la ley de gravitación, puesto que provenía de la fuerza de proyección original.

De este modo sujetaba a su descubrimiento todos los anteriores, los fenómenos del cielo a las leyes dinámicas y los teoremas geométricos a las hipótesis aventuradas. Concluye con un himno a la primera causa, de cuya existencia y perfección deduce las pruebas de las leyes admirables de los fenómenos materiales.

La afición al cartesianismo, este cúmulo de verdades tan diferentes de cuanto hasta entonces se había enseñado, y la imposibilidad de demostrarlas por los métodos antiguos de investigación matemática, fueron obstáculos a la teoría de la atracción; su misma claridad y sencillez hacía que la rechazasen aquellos que no entienden por filosofía sino lo que es difícil de entender.

Newton empleó su vida en pensar y calcular. Habiéndole preguntado cómo había hecho tan admirables descubrimientos, respondió: *Pensando siempre en ellos*. Algunas veces cuando se sentaba en la cama para vestirse, permanecía en este estado horas y horas entregado a una profunda meditación; otras olvidaba el comer, y hasta las menores acciones de su vida se mezclaban con sus pensamientos. En una carta dirigida a Bentley, decía: « Si he prestado algún servicio al público, no se debe sino a la perseverancia y a una profunda meditación; y en el prefacio de sus *Principios*: Todo lo difícil de la filosofía consiste en buscar con arreglo a los fenómenos del movimiento las fuerzas de la naturaleza, y por estas demostrar los demás fenómenos. »

En las matemáticas abstractas no tuvo más émulo que Leibnitz; y en los experimentos su ingeniosa paciencia le condujo a inventar métodos desconocidos para hallar los efectos de las causas que encontraba en sus observacio-

(1) *Zach. Zeitschrift für Astronomie*, t. VIII, p. 379, año 1827.

nes; con su vasto talento recogía las relaciones más lejanas, y en extensas teorías encerraba los esparcidos elementos de la verdad. Conocía la utilidad de las hipótesis para explicar los hechos, pero al suponerlas quería se tuviese presente: 1º que la cosa asentada como causa no fuese hipotética, sino real; 2º que fuese capaz de producir los hechos que por su medio se quisieran explicar. Tan poco caso hacía de las matemáticas y de sus propios descubrimientos, que se lamentaba de haber perdido la tranquilidad por ellas, y no publicó voluntariamente ninguno de sus escritos, sino que lo hizo obligado a ello ó para evitar los plagios; se negó varias veces a contestar a las objeciones y a aclarar las dudas, y decía: « No sé lo que pensará el mundo de mis trabajos, pero se deben asemejar a un niño que jugando en la playa se encuentra, ya una piedrecilla, ya una conchita, más bonitas que las que hallaron sus compañeros, mientras que tiene delante de sí, sin haberle descubierto aun, un inmenso océano de verdades. »

Decía que se distraía de tantos estudios con la historia y la cronología, a la cual intentó con más atrevimiento que fortuna aplicar las verdades astronómicas. *¡Oh física, sálvame de la metafísica!* Estas palabras parece indican era sensualista puro, pero por el contrario no se libró de la manía teológica de su siglo; complaciase en lo que él llamaba fantasías místicas; escribió muchas disertaciones teológicas, y se ofuscó queriendo introducir la luz en las tinieblas del Apocalipsis, asunto en que también se había entretenido Napier.

Antes de dejar la astronomía, diremos algunas palabras en elogio de una ilustre familia italiana. Juan Domingo Cassini, descendiente de una rica familia de Niza, educado con los Jesuitas, se aplicó secretamente a la astrología, la cual le condujo a la astronomía, que enseñaba a los veinticinco años en Bolonia, sucediendo a Cavalieri. Se dió a conocer primeramente con el examen del cometa de 1652, estudio entonces de gran valor y hoy de escasa importancia; resolvió el problema de Kepler y Bouillaud, « dados dos intervalos entre el sitio verdadero y medio de un planeta, determinar geométricamente su apogeo y la excentricidad; » determinó la rotación de varios planetas sobre sus ejes por medio de las manchas; corrigió las tablas de refracción, y construyó la célebre meridiana de San Petronio, uno de los mejores instrumentos de la astronomía, que sirve para fijar la ley de las variaciones diarias del sol. Cassini hizo todos estos estudios con objeto de averiguar un aserto de la teoría de Kepler, esto es, que la tierra camina con más lentitud cuanto más dista del sol, y con más velocidad cuando se aproxima a él, y lo consiguió.

Confirmó igualmente la importantísima ley de las refracciones indicada por Tycho-Brahe, el cual sin embargo, creía que cesaban después que el astro se hallaba a más de 45º sobre el

Los Cassini. 1625-1712.

horizonte, mientras Cassini demostró que cualquiera que fuese la altura á que se hallase, se verificaría siempre aquella ley. De este modo la astronomía pudo medir exactísimamente, tanto que parecen milagrosas sus tablas solares, á las que por seguir la moda intituló *Oráculo de Apolo*. En el año 1664 empezó á estudiar á Júpiter, determinando su rotacion y las sombras que los satélites producen al pasar entre él y el sol; y en el de 68 publicó sus efemérides, admirables para aquella época. Perfeccionábase de este modo el descubrimiento de Galileo; los navegantes tenían un medio de conocer las longitudes, y el espectáculo de otro sistema planetario representado en pequeño por el nuestro, confirmaba la doctrina de Pitágoras y Copérnico, ofreciendo una nueva prueba de las leyes que se habian atribuido á los movimientos de la tierra.

Llamado juntamente con Viviani para fijar los límites entre la Toscana y los Estados Pontificios, estudió el curso del Pó y del Chiana, la estructura de los Apeninos y las conchas fósiles que encontró; observó además los pozos ascendentes que, como hemos dicho, son muy comunes en el ducado de Módena, y que hoy se tienen por cosa nueva con el nombre de *artesianos*. El papa, en premio de sus méritos, le nombró inspector de las aguas; la Academia francesa de Ciencias le nombró su corresponsal, y después de llamado por Luis XIV, « como Sosigénés fué llamado de Egipto por Julio César » (Fontenelle), pasó á Francia, donde se conaturalizó y tuvo familia.

Los honores que le prodigaron sirvieron para que tratase mejor de merecerlos; en union de Picard fué uno de los principales promovedores del viaje á Cayena para observar la paralaje de Marte, entonces muy cercano á la tierra, en cuya ocasion se precisó el valor de la paralaje solar que se halló ser próximamente de diez segundos, segun Cassini habia calculado; se conoció tambien matemáticamente la distancia de la tierra al sol, y por consiguiente las verdaderas dimensiones de nuestro sistema planetario, que Kepler habia creído mucho menores que eran, y se descubrió que disminuía el peso caminando hacia el Ecuador, lo cual conducia á encontrar la verdadera figura de la tierra.

Pero estos son ya méritos de otros: Cassini en este tiempo estudiaba la luz zodiacal, indicando ya aunque de paso por Kepler, estableciendo que el sol está rodeado de una especie de nebulosa que se prolonga en direccion de su ecuador hasta mas allá de Venus. Luego que Huygens descubrió el primer satélite de Saturno, como observó otros cuatro que se apresuró á dedicar al nombre del gran rey, sin conocer aun los otros dos que después halló Herschell en 1789, dió á conocer la libracion de la luna, perfeccionó, si no inventó, el modo de calcular los eclipses de sol para todos los países por

medio de la proyeccion de la sombra de la luna en el disco de la tierra, y el modo de valerse de ella para determinar la longitud terrestre.

A pesar de no haber hecho ningun descubrimiento principal, la naturaleza de los que hizo popularizó su nombre hasta el punto de considerarle muchos como el creador del estudio de la astronomía en Francia, y todos como una de las lumbreras del reinado de Luis. Parece como hereditario en su familia el talento astronómico; su hijo Jacobo, que á los diez y siete años era socio de la Academia de Ciencias, y de diez y nueve de la Real de Lóndres, recorrió la Europa, y á su vuelta, en union de su padre, determinó la célebre meridiana del Observatorio de Paris, empezada por Picard en 1669, y hoy extendida hasta el Rossellon y Dunkerque.

En esta operacion halló, que desde los 6º y medio al Sur de Paris, eran estos mayores que en el Norte, lo que probaba contra la opinion general, que los grados disminuían hácia el polo, ó lo que es igual, que la tierra se aplanaba en vez de prolongarse, desmintiendo la magnífica teoría de Huygens y de Newton acerca de la formacion del elipsóide terrestre. Nacieron de esto grandes cuestiones; para resolverlas, se midió el arco del paralelo comprendido entre Brest y Strasburgo, obteniendo igual resultado que el dado por la meridiana y siendo los dos falsos. Los sostenedores de la verdad no se alucinaron con esta doble condenacion de su doctrina, y por fin la descubrieron. Cuando esta se conoció enteramente después de la expedicion científica del Norte, César Francisco Cassini se encargó de corregir los trabajos de su padre, y aunque no los perfeccionó, dió al meridiano la exactitud suficiente para servir de base á las grandes operaciones geográficas á que tres generaciones de esta familia habian contribuido.

De este modo se engrandecia la inteligencia humana, y Bossuet, que examinaba su marcha desde la cúspide del Sinai, exclamaba: « Yo no hago mucho caso de los conocimientos humanos; pero confieso, que no puedo mirar sin asombro los grandes descubrimientos hechos por la ciencia para penetrar la naturaleza, y tan bellas invenciones del arte para acomodarla á nuestros usos. El hombre casi ha cambiado la faz del mundo... se ha elevado hasta los cielos; para viajar con mas brevedad, enseñó á los ástros á guiarle en sus viajes para medir mas exactamente su camino; no; obligó al sol, digámoslo así, á que le diera cuenta de todos sus pasos... Pero ¿cómo hubiera podido adquirir tanta superioridad una criatura tan débil, si no tuviese en su mente una fuerza superior á toda la naturaleza visible, un hábito inmortal del espíritu de Dios, un rayo de su faz, un rasgo de su semjanza (1)? »

(1) Sermon del cuarto viernes de cuaresma.

## EPILOGO

Considerando esta época con relacion á la anterior en la que se verificaron tantas conmociones importantes, podemos mirarla como de paz á pesar de las muchas y frecuentes guerras por frívolos pretextos que hubo en ella. Á la época precedente pueden añadirse por apéndice revoluciones como la de Cromwell y ministros como Richelieu; en la presente se trata de vencer el entusiasmo con la regularidad, el fanatismo con la tolerancia, la ruina con la elegancia, la originalidad del pensamiento con el recto juicio y con un orden moral en la clase média. Siglo episódico que quiere aparecer grande sin atender al pasado en el porvenir, que reforma pero con ideas parciales; no sostiene la balanza la libertad y la religion sino la política, la hacienda y el comercio, cosas en que la sangre no tiene peso; los príncipes, dueños de todos los poderes públicos, dan tranquilidad en cambio de las franquicias, y no dejan hacer nada á los pueblos en provecho propio. La Fronda fué una imitacion de la Liga, como el jansenismo de la Reforma; en vez del concilio de Trento tenemos la bula *Unigenitus*; en las composiciones dominaba el arte mas que la idea; á los ingenios cultos como los de Bartoli y Fenelon, suceden otros ménos cultivados, pero originales; Racini á Shakspeare, Puffendorf á Grocio; los viajes no son sino una continuacion de los hechos por Colon y Vasco de Gama, la literatura eclesiástica sustituye á la teología, las aplicaciones á los descubrimientos, y el talento al genio. Turena militó al servicio de Luis XIV como Eugenio al del emperador: el bizarro Carlos XII no sufre la comparacion con los héroes de los Treinta Años; Torricelli se envanece con el título de discípulo de Galileo, el mismo Newton confirma las teorías de Kepler y de Copérnico: Boileau y Menzini dan las reglas de un arte que no produce obras maestras, las cuales se relegan al olvido; Bayle y Leclerc empiezan en el periodismo la guerra de personalidades, y Leibnitz predica un eclecticismo conciliatorio.

En este tiempo, sin embargo, el espíritu filosófico se madura y vuelve en sí para comenzar la batalla; es ménos el número de sabios profundos, pero se extiende la civilizacion; la ciencia es poca, pero está sólidamente arraigada; se usan las lenguas vivas, crece el espíritu de investigacion, se rechazan las antiguas preocupaciones, se separan por máxima la fe y la razon, la teología y la filosofía, la fantasía y el raciocinio, de modo que decae la una y triunfa el otro, dase publicidad hasta á las mas frívolas aventuras, medio eficaz para conseguir

que las grandes se consideren como ordinarias; la necesidad, ó por lo ménos el deseo que el espíritu humano tiene de asentimiento de sus semejantes, da origen á las academias, y la experiencia, después de ejercitarse en el mundo material, se aventura tambien á penetrar en el metafísico.

La Italia ya no es mirada sino como un botín de los demas, y sus esfuerzos para conseguir la libertad, se reducen á motines ineficaces; hasta los padecimientos disminuyen con la esperanza. España y Portugal, que como ella ocupan el primer puesto en las vicisitudes del siglo anterior, principian á ver la aurora cuando las demas naciones ven ya el sol en el zenit, además en aquellos reinos el pensamiento es servil. Vico, el único que se eleva á especulaciones originales, no es comprendido, ni aun citado por Buhle. El que culpe de esto al Catolicismo que profesaban España y Portugal, tenga en cuenta que tambien le profesaba la Francia y vea ¡cuánta luz difundió en torno suyo! Aquella universidad, aquella Sorbona reconocia en las verdades al papa por juez supremo, y sin embargo, produjo un gran número de hombres célebres. El cartesianismo fué un luminoso error que enseñó á averiguar la verdad por medio de nuestras propias fuerzas, emancipándose de las autoridades escolásticas. La Iglesia se asustó, pero no fué sin motivo, puesto que de él nacieron Malebranche y Espinosa, enemigos y sin embargo gemelos.

La relacion íntima que existe entre los progresos de la filosofía y de la lengua nacional pueden verse en Alemania, la cual por haber descuidado esta, ocupó el último lugar en la conquista del pensamiento, cuya libertad habia proclamado la primera. En Inglaterra la dominacion inexperta de algunos gobernantes hizo que los principales talentos se ocuparan en combatir á un mismo tiempo las creencias y la tiranía, de modo que á la vez desarrollaban la política, la filosofía y la religion.

Pero en todas partes lo mismo que allí, las cuestiones religiosas se convertian en políticas, y Luis XIV, al propio tiempo que arroja los protestantes de su reino, los protege en Alemania y celebra tratados con la Puerta. El Estado absorbe á la Iglesia, y el gran talento de Bossuet se ve obligado á sostener las incoherencias galicanas y á alabar los excesos de Luis. La religion, sin embargo, conserva aun fuerza de ley, y se atrae la imaginacion con la práctica, la inteligencia con las disputas, y el corazon con las instituciones; multiplicanse los institutos para las misiones y para la educa-