

Los gigantes de Newton

¿Quiénes fueron los personajes en los que se apoyó y qué hicieron para ser considerados así por el científico inglés?

DR. JUAN MANUEL LOZANO*

El día 5 de julio de 1987 se cumplieron trescientos de que se terminó la impresión de uno de los libros más famosos en la historia de la ciencia. Este libro se llama "Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica" y su autor es Isaac Newton.

Newton es universalmente conocido por sus trabajos en física, astronomía y matemáticas, pero sus intereses y actividades fueron sumamente variadas; se dedicó a la alquimia, a la teología, a la historia sagrada, a combatir a los falsificadores de moneda, a pelearse con otros hombres de ciencia y defender la autonomía universitaria, entre otras cosas.

Newton, uno de los mayores revolucionarios de la ciencia, nació en 1642 cuando se iniciaba la revolución inglesa encabezada por Cromwell y que culminó, después de que le cortaron la cabeza al rey Carlos I, con la instauración de la república. Siendo todavía muy joven le tocó ver como se reimplantó el reino con Carlos II en 1660. En el mismo año en que se publicó su célebre libro, 1687, defendió los derechos de la Universidad de Cambridge en contra del rey Jacobo II, que poco después fue derrocado por su yerno Guillermo III, el cual nombró a Newton director de la Casa de Moneda en 1699; un poco después, en 1705 la reina Ana lo nombró caballero; y todavía vivió lo bastante para ver como llegaba

Andrés Cellaria (1661)



Nicolás Copérnico impugnó el sistema de Ptolomeo por considerarlo extremadamente complejo, y propuso su sistema heliocéntrico. Las implicaciones de este sistema constituían un serio cuestionamiento a los dogmas religiosos, por lo que Osiander, discípulo de Copérnico, elaboró un prefacio en donde aclaraba que esta teoría no tenía nada que ver con la realidad física, y que se trataba únicamente de una forma más sencilla de elaborar cálculos astronómicos. El trabajo de Copérnico fue de tal importancia, que nos referimos a él como la Revolución Copernicana.

a ser rey de Inglaterra un alemán que nunca aprendió a hablar inglés, Jorge I.

Es comprensible que de un hombre de ciencia tan extraordinario se conozcan no sólo sus aportaciones científicas, sino también muchas frases sueltas y que además se hayan inventado muchas leyendas acerca de su personalidad. Una de esas frases muy conocidas, y que da

impresión de modestia, es la que dice "Si he logrado ver más lejos ha sido porque estoy parado sobre hombros de gigantes".

Es cierto que Newton dijo, o por lo menos escribió esa frase, pero en realidad se trata de una cita, pues más de quinientos años antes de que Newton la escribiera, un filósofo platónico que murió aproximadamente en 1127 y que se llamaba Bernardo de Chartres, había dicho, consciente del crecimiento histórico, "la verdad es hija del tiempo, somos enanos subidos sobre hombros de gigantes; vemos más que ellos y más lejos no porque nuestra mirada sea penetrante ni nuestra talla elevada, sino porque su estatura gigantesca nos eleva, nos ensalza". Otros escritores muy conocidos como el holandés Erasmo de Rotterdam (1467-1536) y el francés Rabelais (1495-1553) habían repetido la misma idea, de modo que en realidad lo que Newton indica cuando la repite, es que se da cuenta de que la ciencia crece y se desarrolla gracias a la colaboración y al apoyo que se establece entre diferentes hombres de ciencia al comunicarse sus respectivas ideas, métodos y teorías. Y esto es independiente de la simpatía o antipatía personales que puedan sentir entre sí.

Pero, ¿Quiénes fueron los gigantes en los que se paró Newton? ¿Qué hicieron para ser considerados gigantes?

Empecemos por dar cierta información sobre el mismo Newton. Era huérfano de padre desde varios meses

* Investigador del Instituto de Física, UNAM

antes de nacer el 25 de diciembre de 1642 en una aldea llamada Woolsthorpe, cerca de un pueblo que se llama Grantham. Cuando tenía dieciocho años, una vez que demostró, afortunadamente, que no tenía talento para ser granjero, ingresó a la Universidad de Cambridge, en la que estudió principalmente matemáticas, óptica y astronomía y en la que trabajó en ciertos servicios domésticos, por ejemplo de mesero, mientras fue estudiante. Se graduó en 1665, año en que una grave epidemia que había azotado parte del continente europeo llegó a Inglaterra; para evitar el contagio, Newton regresó a su aldea natal y fue ahí donde, según le contó a un amigo sesenta años más tarde, empezó a pensar en el problema de la gravedad al ver caer una manzana. También durante su permanencia en su casa natal empezó a investigar la naturaleza de la luz. Regresó a Cambridge a fines de 1667 y obtuvo la maestría a principios del año siguiente en el que además construyó el primer telescopio reflector siguiendo en parte el diseño que cinco años antes había desarrollado el astrónomo escocés James Gregory (1638-1675), que además investigó sistemáticamente las series convergentes. En el año 1669 Newton le mostró al que había sido su profesor Isaac Barrow (1630-1677) un manuscrito titulado *De analysi* que contenía algunos resultados de lo que ahora llamamos cálculo; en el mismo año Newton fue nombrado profesor de matemáticas de la Universidad de Cambridge y empezó a enseñar óptica.

En 1671 la Royal Society, que había sido fundada por Carlos II ocho años antes, invitó a Newton a que presentara su pequeño telescopio (medía quince centímetros) para ser inspeccionado; al año siguiente ingresó a la sociedad, a la cual perteneció cincuenta y cinco años y a la que presidió durante los últimos veinticuatro de su vida. Apenas había ingresado a la Royal Society cuando empezaron sus disputas con Robert Hooke (1635-1703); al principio el motivo fue la óptica y años después la causa fue la gravitación. Lo que pasó es que Newton había propuesto el modelo corpuscular de la luz y Hooke el modelo ondulatorio.

El hecho de que Hooke y Newton estuvieran peleando durante treinta años no impidió que cada uno reconociera el talento del otro; esto se puede ver en las cartas que intercambiaron. En una de ellas, de 1676, Newton escribió a Hooke, refiriéndose a la óptica, lo siguiente:

"The Crowne of Nature" anónimo S.XVI



Poco se conoce de la actividad de Newton en el campo de la alquimia. Así como Galileo elaboraba horóscopos y conocía perfectamente bien la astrología, Newton practicaba la alquimia, pero tuvo a bien ocultar sus escritos y reflexiones sobre la materia. Esta ilustración representa la esencia del mercurio. Los símbolos de la plata, oro y mercurio son los brazos de este monstruo cuya cabeza es la de un alquimista

"...lo que Descartes hizo fue un buen paso. Usted ha añadido mucho en varias formas... Si he logrado ver más en lo personal ha sido porque estoy parado sobre hombros de gigantes". Por otra parte, en una carta de Hooke a Newton le propone el problema de encontrar la curva que sigue un cuerpo que se mueve sujeto a la acción de una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y añade "no dudo que usted, con su excelente método, encontrará fácilmente cuál ha de ser esa curva y cuáles son sus propiedades, y sugerirá una razón física de esta proporción". Unos años después, en 1686, Newton le dijo a Edmond Halley (1656-1742) que había reflexionado en física en la medida en que lo empujaron las cartas de Hooke.

Vemos pues que Newton consideraba explícitamente como gigantes de la ciencia a Descartes y a Hooke. Pero no eran los únicos. En el texto de los *Principia*, Newton menciona con elogio a algunos otros hombres de ciencia. Por ejemplo, en el comentario que sigue a la formulación de las tres leyes del

movimiento dice que Wallis, Wren y Huygens son "los mejores geómetras de nuestro tiempo" y más adelante, en el comentario a la proposición IV califica de "eximio tratado" a una obra de Huygens, el *Horologium Oscillatorium*. Y, por supuesto, hay otros tres gigantes mencionados en los *Principia* aunque sin calificativos elogiosos; Copérnico, Galileo y Kepler.

Llevamos así una lista de ocho gigantes, aunque en realidad, es necesario reconocer que para que Newton pudiera llevar al cabo la primera gran síntesis en la historia de la física, tuvo que apoyarse en un trabajo previo que duró muchos siglos y que requirió el esfuerzo de muchísimos hombres que, poco a poco, fueron creando el ambiente social y cultural en el que pudo florecer Newton.

Como no es posible hablar de todos esos hombres nos limitaremos a decir algo acerca de quiénes eran y qué hicieron esos ocho gigantes mencionados antes.

Hay que empezar con Nicolaus Copernik, mucho mejor conocido por Copérnico. Nació en Thorn, Polonia en 1473; estudió en la Universidad de Cracovia que era el más importante centro intelectual de Polonia y, a los veintitres años de edad, pasó a la Universidad de Padua y luego a la de Bolonia, en Italia, donde estudió medicina y astronomía. Fue en esa época cuando a Copérnico le pareció que el modelo geocéntrico del alejandrino Claudio Ptolomeo (90(?)-168(?)) basado en el de Hiparco (190-120 a.c.), era demasiado complicado y que las tablas astronómicas de Alfonso X, el sabio, rey de Castilla (1221-1284), que eran las que se usaban todavía en esa época, no eran suficientemente buenas.

Copérnico pensó entonces que las tablas astronómicas se podrían calcular más fácilmente si se consideraba al Sol y no a la Tierra como centro del universo. Esta idea había sido propuestas antes por Aristarco de Samos (320-250 a.c.), por Azarquiel de Toledo (1029(?)-1087(?)) y por Nicolás de Cusa (1401-1464). Lo importante del trabajo de Copérnico es que se puso a estudiar los movimientos de los planetas desde el punto de vista del sistema heliocéntrico, o sea que hizo cálculos y no meras sugerencias. Lo malo fue que Copérnico siempre pensó que las órbitas planetarias eran circulares, lo



"Si he llegado a ves más lejos, ha sido porque estoy parado sobre hombros de gigantes". Esta frase atribuida a Newton, ya había sido pronunciada anteriormente por varias personalidades. Erasmo de Rotterdam, prominente humanista del s. XVI y autor del célebre "Elogio a la locura", figura entre ellos.

que hizo que sus sistema se complicara mucho.

Cuando regresó a Polonia, después de pasar diez años en Italia, se dedicó a asuntos eclesiásticos y administrativos y a ejercer como médico; sin embargo tuvo tiempo de preparar un resumen de sus ideas y cálculos que se difundió entre los de la época. Por otra parte escribió un libro más extenso llamado *Sobre las revoluciones de las esferas celestes* que fue publicado casi al mismo tiempo en que se murió su autor en 1543. El libro de "las revoluciones" armó la mayor revolución científica que se había tenido hasta entonces, la llamada revolución copernicana.

El sistema heliocéntrico de Copérnico fue rechazado por muchos y admitido por otros, entre los cuales hubo dos hombres excepcionales, Galileo y Kepler.

Galileo (1564-1642) era un hombre que tenía mucho talento para las matemáticas, para la física, para la astronomía, para la literatura y para crearse enemistades. Además fue un brillante profesor. Galileo fue el primero que hizo física en un sentido moderno, ya que su actividad científica está fundada en la experimentación y en las matemáticas. No sólo hacía observaciones y las expresaba en forma matemática; no hacía experi-

mentos sólo para ver qué pasaba, sino que primero pensaba en qué era lo que quería saber, por qué lo quería saber y cómo podía llegar a saberlo; llegó el principio de inercia por medio de una combinación de experimentos reales y de experimentos pensados; empleó las matemáticas para todo esto y para calcular, relacionar y predecir resultados.

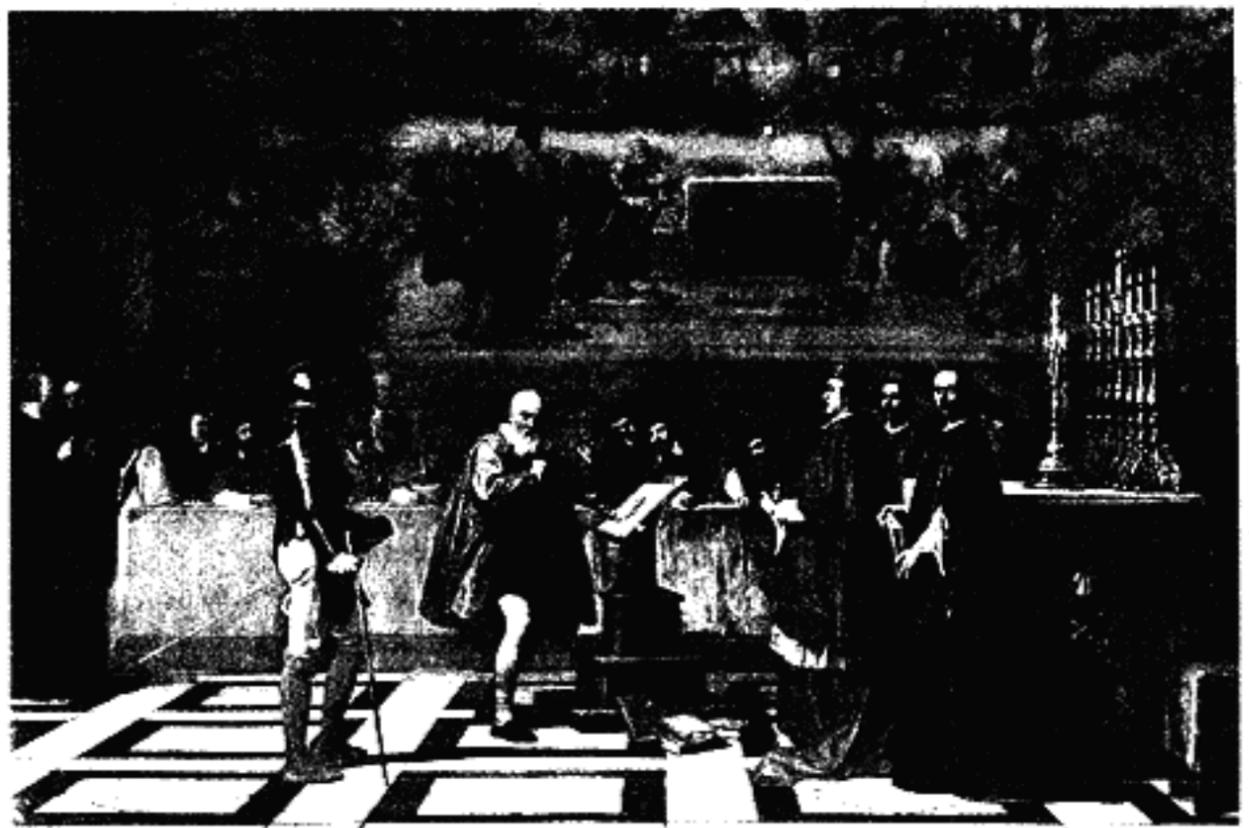
Galileo recibió desde niño una educación esmerada; era hijo de un músico de gran cultura y a los diecisiete años ingresó a la Universidad de Pisa. Su primer descubrimiento, la ley del péndulo, lo realizó cuando cursaba su segundo año en la Universidad. A los veinticinco años fue nombrado profesor de matemáticas en la Universidad de Pisa y en 1592 pasó con el mismo cargo a la Universidad de Padua. En 1609 se enteró de que en Holanda un joven fabricante de anteojos, H. Lippershey (1587-1619), había inventado el telescopio, por lo que se dedicó a construir uno propio con el que realizó sus descubrimientos astronómicos, aunque algunos de ellos fueron anunciados por medio de anagramas incomprensibles, que descifraba cuando se lo pedía alguien muy importante. De cualquier manera esos anagramas ya descifrados no son claros, al menos para nosotros. Por ejemplo,

el importantísimo descubrimiento de que el planeta Venus presenta fases como la Luna lo expresó así: *Cynthiae figuras aemulatur mater amorum* lo que significa que la madre del amor emula las formas de Cintia.

Dentro de los muy abundantes trabajos científicos de Galileo hay dos cosas de enorme importancia para el desarrollo posterior de la mecánica: el principio de inercia, aunque no lo formuló en la forma y con la generalidad con que hoy lo conocemos, y el concepto de aceleración. Sus obras más conocidas son: *El mensajero de las estrellas*, *Diálogo sobre los dos grandes sistemas del mundo* y *Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*; en esta última, escrita cuando tenía más de setenta años, pone las bases de la cinemática y de la resistencia de materiales.

En los años que pasó Galileo en Padua empezó a tener correspondencia con otro gran astrónomo, el alemán Johannes Kepler (1571-1630), de cuya vida, ideas y circunstancias se sabe más que de nadie porque todo lo contaba en sus innumerables cartas y en sus obras científicas. Pertenecía a una familia pobre, pendenciera y vagabunda, pero pudo estudiar gracias a que recibió una beca que le permitió

Tomado de: Doce mil grandes de las ciencias exactas



Hombre de gran vitalidad y genio, Galileo es una de las figuras más destacadas de estos gigantes. Se le considera —y con razón— el padre de la ciencia moderna. Primero en utilizar un telescopio para hacer observaciones celestes; hábil experimentador; introductor de las matemáticas como lenguaje de la ciencia. Hombre de su tiempo, luchó contra el poder eclesiástico. Pero en ese desigual combate, Galileo tuvo que retractarse de sus ideas en el ya célebre juicio de 1633, de otra forma, lo hubiese pagado con su vida. Murió casi ciego, aislado del mundo, víctima de una sociedad que vivía su fin.



Tomado de: Doce mil grandes de la ciencias exactas.

graduarse en la Universidad de Tübingen en 1592. Dos años después, siendo estudiante de teología fue nombrado profesor de matemáticas en Grats, donde tuvo tan pocos alumnos que lo pusieron a enseñar retórica. En 1596 publicó su primera obra, el *Misterio cosmográfico* en la que, entre muchas otras cosas, dice que los planetas se mueven por una fuerza que emana del Sol y que disminuye con la distancia de la misma manera en que disminuye la intensidad luminosa con la distancia. Era la primera vez que se intentaba una explicación y no sólo una descripción en la astronomía.

Interesado en múltiples áreas del conocimiento (óptica, astrología, morfología de cristales de nieve...), Kepler bien puede ser considerado como el iniciador de la Astronomía moderna por la gran precisión de sus observaciones. Sin embargo, en sus investigaciones había una intensa búsqueda de la armonía y los secretos del orden celestial; y es a través de esta búsqueda que Kepler encuentra que las órbitas planetarias no son circulares, sino elípticas.

En 1600 pasó a Praga a trabajar con Tycho Brahe (1546-1601), un danés que fue el último gran astrónomo a ojo desnudo y que había hecho muy cuidadosas observaciones del movimiento de los planetas, principalmente de Marte. Cuando murió Tycho, Kepler se quedó con todos los papeles y empezó a trabajar sobre ellos empleando el sistema copernicano y su enorme habilidad matemática.

En 1609 Kepler publicó un libro llamado *Nueva astronomía* dedicada al em-

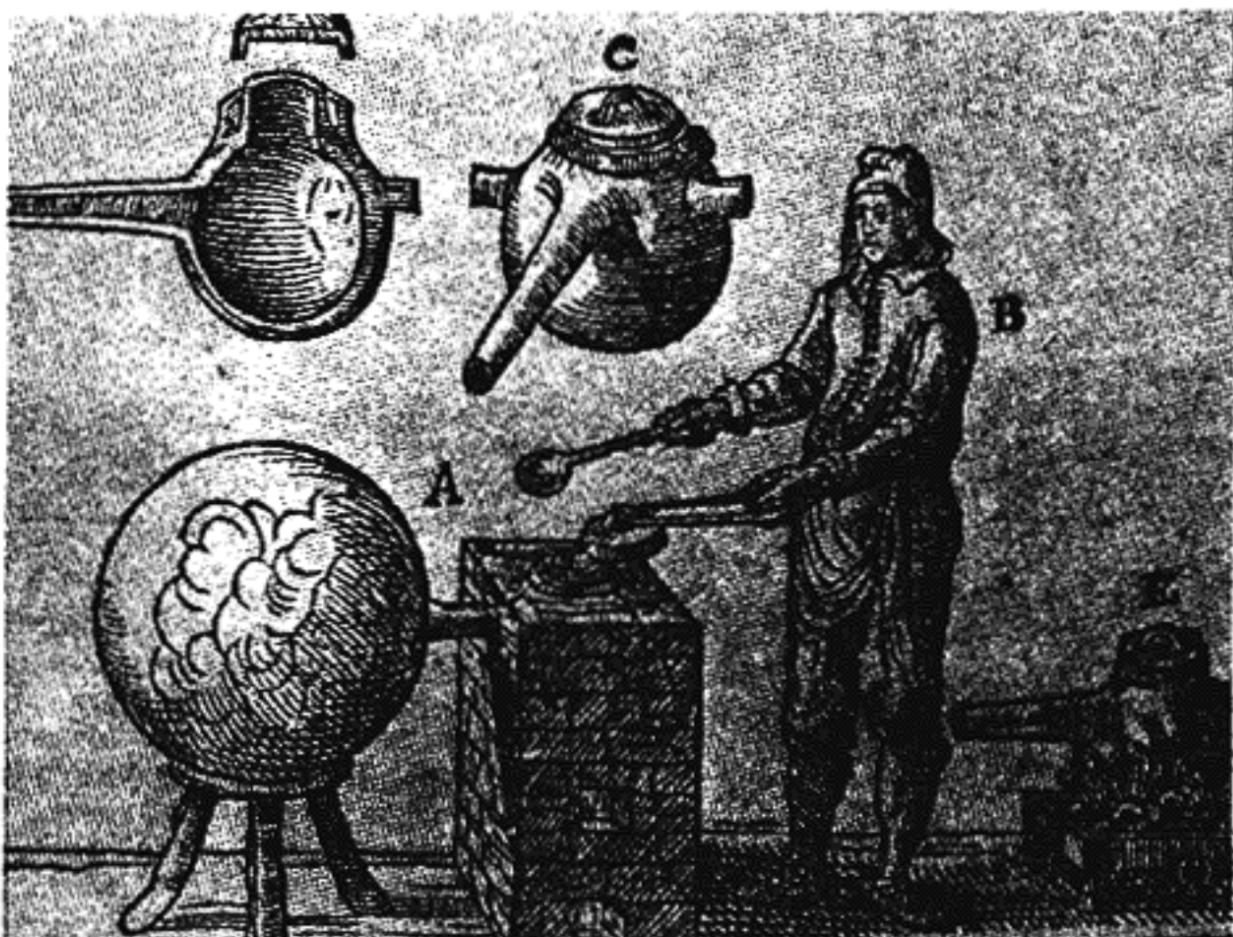
perador Rodolfo II que lo había nombrado matemático imperial con un salario mediocre que no siempre le pagaban. En este libro Kepler intenta hacer física del cielo, llega a la idea de inercia, palabra inventada por él, y formula las dos primeras leyes que hoy llevan su nombre. Poco después recibió una copia del *Mensajero de las estrellas* de Galileo y empleando el telescopio que Galileo le regaló al duque de Baviera, confirmó la existencia de los satélites de Júpiter. Kepler fue el que les llamó satélites. En 1619 publicó otro libro, *Armonía del mundo*, en la que aparece su tercera ley. Kepler fue el primero que usó los logaritmos, inventados por el escocés John Napier (1550-1617) en la astronomía. También fue el primero que escribió un relato de ciencia ficción, el "Sueño".

En el mismo año en que Kepler publicó su *Misterio cosmográfico*, nació en Francia René Descartes (1596-1650), el que es muy conocido como matemático y como filósofo, pero que también trabajó en física. Era una persona bastante extraña que pasaba casi todo el tiempo en la cama, se graduó en derecho a los veinte años, estuvo en el ejército de Holanda, de Italia, de Rusia y de Prusia, pero nunca participó en una batalla pese a que estaba Europa padeciendo la guerra de los treinta años. Fue en esa época cuando se le ocurrió la geometría analítica al contemplar una mosca; vivió veinte años de soledad en Holanda y murió en Suecia porque no aguantó el frío de las madrugadas en el invierno, ya que tenía que enseñar filosofía a la reina Cristina

a las cinco de la mañana; fue decapitado después de muerto para que su cuerpo se enterrara en Francia pero su cabeza se quedara en Suecia.

Además de su importantísimo trabajo de combinar la geometría y el álgebra, se dedicó a la óptica y encontró la ley de la refracción de la luz expresándola en la forma que hoy usamos, aunque el holandés Willebrord Snell (1591-1626) la había encontrado antes expresada en forma distinta. Desarrolló una teoría de la estructura del sistema solar que tuvo mucha difusión pero que se abandonó por completo después de los trabajos de Newton, sin embargo en su libro *Principios de Filosofía*, publicado en 1644 (cuando Newton tenía un año de edad) enuncia el principio de inercia diciendo: "cada cosa continúa en el mismo estado y sólo cambia por el encuentro con otras cosas. Cada parte de la materia, en particular, no tiende a continuar moviéndose en líneas curvas sino rectas, se desvía porque encuentra otras en su camino". Es claro que aunque el lenguaje es otro, el contenido de esa frase está ya muy cercano a la primera ley de Newton.

Otra contribución importantísima de Descartes, es el principio de la conservación de la cantidad de movimiento y el concepto mismo de cantidad de movimiento, aunque no le dio el carácter vectorial. Esto hacía que el principio de la conservación de la cantidad de movimiento en la formulación de Descartes fuera válida sólo en una dimensión, sin embargo se "sentía" que debía haber un principio de validez general acerca de la





Maestro de Kepler y observador incansable, Tycho Brahe es una figura central de la Astronomía. Constructor de aparatos y amante de la precisión, legó a Kepler todas las notas de sus observaciones. Vivió y murió en la más grande opulencia (no cualquiera puede tener un trozo de nariz de oro). Para que no abandonara Dinamarca, —su país natal— el rey Federico II le ofreció una isla completa (Hveen), para que instalase ahí su observatorio y poder trabajar tranquilamente.

cantidad de movimiento. Así fue que la Sociedad Real en Inglaterra hizo un llamado a los hombres de ciencia para que le remitieran las investigaciones que hubieran hecho al respecto; esto ocurrió en 1668, dieciocho años después de la muerte de Descartes. La Sociedad Real recibió tres comunicaciones entre finales de noviembre de 1668 y principios de enero de 1669. Sus autores fueron los "tres mejores geómetras de la época", Wallis, Wren y Huygens.

John Wallis (1616-1703) obtuvo su doctorado en Cambridge y fue profesor de geometría en Oxford durante cincuenta y cuatro años. Fue uno de los fundadores de la Sociedad Real en la que presentó lo que fue su mayor contribución a la física, el estudio de las colisiones inelásticas. También trabajó en álgebra y en productos infinitos. Hizo una contribución importante a la notación matemática al usar el símbolo ∞ para indicar infinito. Más que un gran matemático, fue un gran profesor.

Apenas estaba saliendo Londres de la terrible peste que se abatió sobre ella, cuando le vino una calamidad de otro tipo, un enorme incendio que duró casi

una semana y que destruyó más de la mitad de la ciudad. Esto hizo que fuera necesario reconstruir Londres y alguien debía encabezar los trabajos; para esto se recurrió a un hombre que había iniciado una brillante carrera científica que abandonó para convertirse en uno de los mayores arquitectos de la historia. Se trata de Christopher Wren (1632-1723), profesor de astronomía en Oxford. Aunque su trabajo como arquitecto absorbió casi todo su tiempo durante más de cincuenta años, siempre conservó el interés por la física y la astronomía. Enunció en 1668 el principio de conservación de la cantidad de movimiento en las colisiones elásticas en dos dimensiones y, unos años después, sus conversaciones con Hooke y Halley acerca del movimiento planetario influyeron para que Newton retomara el problema y escribiera sus Principia.

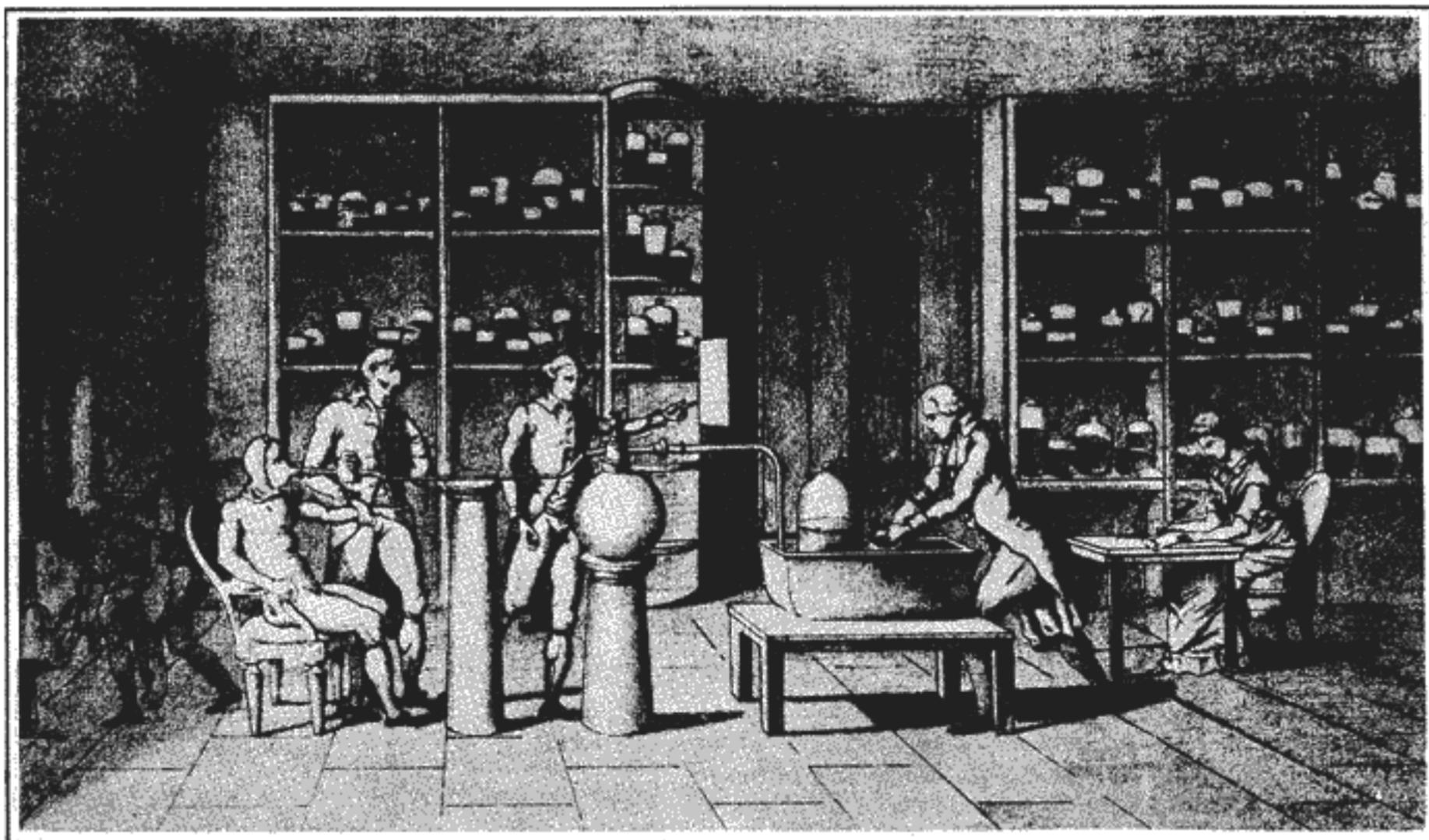
Un mes después de que Wren comunicara sus resultados sobre la conservación de la cantidad de movimiento a la Sociedad Real, se recibió un trabajo sobre lo mismo enviado desde Francia por el holandés Christian Huygens (1629-1695). Sus mayores contribuciones fueron a la astronomía, a la óptica, a la mecánica y a la instrumentación. Como astrónomo descubrió la nebulosa de Orión, un satélite y el anillo de Saturno, las manchas en la superficie de Marte y fue el primero en calcular las distancias que nos separan de las estrellas; empleó los resultados del astrónomo Danés Olaüs Röemer (1644-1710) para calcular la velocidad de la luz. Como instrumentista desarrolló una nueva y mejor manera de pulir lentes, inventó un micrómetro con el que podía medir ángulos de unos pocos segundos, construyó el primer reloj de péndulo (Galileo lo había pensado unos quince años antes pero como estaba muy viejo y ciego no llegó a construirlo), con lo que mejoró enormemente la precisión de la medida del tiempo. Como óptico desarrolló el modelo ondulatorio de la luz e introdujo los conceptos de longitud de onda y de frecuencia. Su libro llamado *Tratado de la luz*, escrito en Francia en el año de 1678 y presentado a la Academia de Ciencias, es una de las obras clásicas de la ciencia que además está escrito con muy buen estilo.

En la mecánica, Huygens hizo contribuciones muy importantes; desarrolló el concepto de fuerza centrípeta, aunque fue Newton el que le dio ese nombre; el concepto de momento de inercia, aunque fue Euler (1707-1783) el que le llamó así; estableció el principio de conservación de la cantidad de movimiento y descubrió también la conservación de

la energía cinética en colisiones elásticas, aunque este resultado se publicó después de su muerte. En su libro acerca de los relojes llamado "Horologium Oscillatorium", publicado en 1673, catorce años antes de los Principia de Newton, dice Huygens que "si la gravedad no existiera ni la atmósfera obstruyera el movimiento de los cuerpos, un cuerpo matendría para siempre un movimiento, una vez que se le haya impreso, con velocidad uniforme en línea recta". Esta formulación del principio de inercia es el antecedente más próximo a la primera ley de Newton.

Un poco antes que Huygens desarrollara su teoría ondulatoria de la luz, el inglés Robert Hooke había tenido ideas muy parecidas, aunque no tan elaboradas. Hooke era un hombre de carácter difícil, enfermizo, pobre y soltero contra su voluntad, pero extraordinariamente ingenioso y hábil; ingresó a la Universidad de Oxford donde entró en contacto con el irlandés Robert Boyle (1627-1691) quien lo hizo colaborador suyo en sus estudios sobre los gases y en la construcción de una nueva bomba para producir vacío. Perteneció a la Sociedad Real casi desde su fundación y fue secretario de la misma desde 1677 hasta su muerte en 1703. Cuando encontró su famosa ley de la elasticidad que hoy lleva su nombre, la anunció de una manera bastante rara: "ceiinossttuv"; es claro





que esto no se podía entender sin que el mismo Hooke lo descifrara; lo que hizo finalmente colocando las letras en orden correcto, o sea "ut tensio sic vis", lo que ya es entendible para los que saben latín, y en su época todos los físicos lo sabían.

También descubrió la isocronía del movimiento armónico simple, con lo que pudo construir relojes de resorte espiral que son más prácticos que el reloj de péndulo. Fue un excelente microscopista, lo que lo llevó a trabajar en biología, principalmente en entomología; descubrió la célula y le dio ese nombre, que se ha usado desde entonces. Trabajó mucho en meteorología e inventó varios instrumentos que necesitaba para sus estudios y registros climatológicos.

En sus estudios de mecánica Hooke llegó a la idea de descomponer la aceleración en dos componentes, una tangencial a la trayectoria de un móvil y otra perpendicular a la primera, y se acercó bastante a la ley de la gravitación, por lo menos a la dependencia con la distancia. Aunque reconoció el talento de Newton, estuvo peleando con él durante treinta años. Newton sólo pudo ser electo presidente de la Sociedad Real después de la muerte de Hooke. Y también la publicación de su libro *Optica* fue posterior a la muerte de Hooke.

Para poder realizar su gran síntesis, Newton necesitó también apoyarse en

otros hombres de ciencia como William Gilbert (1544-1603), que fue médico de la reina Isabel de Inglaterra, que estudió el magnetismo y la electricidad (inventó la palabra "eléctrico") y propuso que la causa que mantiene a los planetas en sus órbitas era una fuerza de atracción.

También tuvo importancia el trabajo de un joven curandero inglés llamado Jeremiah Horrocks (1619-1641) que demostró que la Luna se mueve en una elipse en uno de cuyos focos está la Tierra y que cumple la ley de las áreas; también dijo que los planetas deben influirse entre sí e hizo la primera observación de un tránsito de Venus y dijo cómo podía emplearse este fenómeno para calcular el tamaño del sistema solar; corrigió asimismo las tablas astronómicas de Kepler. ¡Y murió antes de cumplir veintidos años! Otro hombre importante fue el francés Jean Picard (1620-1682) que hizo una muy buena determinación del radio terrestre que permitió que Newton pudiera encontrar, al comparar la atracción gravitatoria en la superficie de la Tierra con la aceleración de la Luna, que éstas se relacionan en proporción inversa al cuadrado de la distancia. Finalmente hay que mencionar las observaciones, principalmente acerca de la Luna, que realizó el astrónomo inglés John Flamsteed (1646-1719), primer director y único empleado del célebre observatorio de Greenwich que se fundó, con edificio pero sin

instrumentos, en 1676. Los minuciosos trabajos de Flamsteed fueron utilizados ampliamente por Newton aunque estuvieron peleando durante cuarenta años.

¿Y qué fue lo que hizo Newton? Ciertamente tuvo muchas ideas propias tanto en las matemáticas como en la física, pero es de un valor singular la idea de realizar una síntesis coherente de muchas piezas aparentemente sin conexión entre sí. A partir del esquema heliocéntrico de Copérnico, Kepler consiguió expresar, abandonando la idea de las órbitas circulares, sus famosas tres leyes; Galileo aportó una versión del principio de inercia, el concepto de aceleración y el estudio de la caída de los cuerpos y del tiro parabólico; Descartes fundó la geometría analítica, el concepto de cantidad de movimiento, la idea de su conservación y una versión mejorada del principio de inercia; Wallis, Wren y Huygens mejoraron las ideas cartesianas de la cantidad de movimiento, y además Huygens introdujo la idea de fuerza centrípeta y formuló el principio de inercia en forma casi final; Hooke entrevió la ley de la gravedad y planteó el problema dinámico del movimiento planetario. ¿Y entonces qué hizo Newton? Pues muy sencillo, subirse en los hombros de los gigantes y ver más lejos. ⊕