HISTORIA

DE

LAS MATEMATICAS

POR

CARLOS WARGNY

TERCER PERIODO

(Continuación)

Bernardo *Frenicle* de Bessy (1605-1670) compuso numerosas memorias sobre las combinaciones; la teoría de los números i los cuadrados májicos; i desafió a Huyghens a resolver en números enteros el sistema de ecuaciones

$$x^2 + y^2 = z^2\,,\; x^2 = u^2 + v^2\,,\; x - y = u - v.$$

Antonio de *Laboubère* (1600 1664) era jesuita i estudió las propiedades de la hélice, desconocidas hasta entónces.

Nicolas *Mercator* (1620 1687), cuyo verdadero nombre era Kauffmann (mercader), escribió *Logarithmo-techmica* i encontró (1652) la serie de log (1 + x) de Saint Vincent, que demostró espresando la ecuacion de la hipérbola así:

$$y + \frac{1}{1 + x} = 1 - x + x^2 - + {}^{33} + \ldots,$$

a la que podia esplicarse el método de la cuadratura de Wallis.

Isaac *Barrow* (1630 1677) llevó una juventud disipada; pero pudo completar sus estudios en Cambridge, donde, años mas tarde, llegó a ser profesor de Jeometría.

En 1669, cedió su puesto a su alumno Isaac Newton, cuya alta superioridad reconocia. El resto de su vida lo consagró al estudio de la relijion.

Era de baja estatura, flaco, de tez pálida, descuidado en el vestir i fumador incansable. Gracias a la fuerza i al carácter de que estaba dotado, en cierta ocasion pudo salvar el buque en que viajaba del ataque de los piratas. Su espíritu vivo i mordaz lo hizo el favorito de Cárlos II; i su talento de escritor i su grande elocuencia, le asignan un puesto sobresaliente en su época.

La primera de sus obras fué una edicion completa de los *Elementos* de Euclides (1655), que despues vertió al ingles (1670); en 1657 habia publicado los *Data* del mismo autor.

Sus *Lecciones de Matemáticas*, dadas a la estampa en 1683, tratan de las bases metafísicas de las verdades matemáticas i son una compilacion de sus conferencias universitarias.

Entre ellas dá a conocer el análisis que condujo a Arquímedes a sus principales descubrimientos. En sus *Lecciones de Optica i Jeometría* (1669) advierte en el prefacio que la obra fué revisada i correjida por Isaac Newton, quien ademas agregó algunos de sus trabajos de Jeometría. La edicion con comentarios de los cuatro primeros libros de las *Cónicas* de Apolonio i de las obras de Arquímedes i Teodosio, apareció en 1675.

Los problemas de dióptrica i catóptrica de sus conferencias publicadas, están tratados con verdadera lucidez e injenio. Dá la definicion de los focos de los espejos i demuestra que la imajen es el lugar de los focos jeométricos de cada uno de los puntos del objeto.

Estudió tambien las propiedades elementales de las lentes delgadas i simplificó la esplicacion cartesiana del arco iris.

Sus lecciones jeométricas contienen algunos métodos nuevos para hallar las áreas i tanjentes de las curvas. Para estas últimas opera conforme con las ideas de Fermat sobre el cálculo diferencial. Habia observado este ilustre matemático frances que si, ademas del punto P, se conocia otro punto Q de la curva, el problema de la tanjente estaba resuelto; porque, en tal caso, se podia determinar la subtanjente MT i, en consecuencia, la tanjente P T. Barrow, a su vez, consideraba los puntos P i el consecutivo *anterior* Q, de la curva; trazaba la ordenada P M, suponia que M T era la subtanjente i P T la tanjente; i formaba el triángulo infinitesimal P Q R, que llamó *triángulo diferencial* a causa de estar formado por las diferencias de las coordenadas de P i Q. Sentaba entónces la relacion

$$\frac{MT}{MP}=\frac{QR}{PR}$$

Para la segunda razon, suponia que x e y eran las coordenadas de P i que $x—dx$, $y-dy$ eran las de Q. Sustituia estas última en la ecuacion de la curva, despreciaba los valores de un grado superior i así obtenia la razon $dx : dy$.

La inversa de esta razon fué denominada *coeficiente angular* de la tanjente, en conformidad con una idea anterior emitida por Sluze.

El lector debe tener presente que en la esposicion que estamos haciendo, nos valemos de la notacion diferencial moderna, distinta de la que empleara nuestro autor. Barrow aplicó este método a la cuartica *Kappa* $x^2(x^2+y^2) = r^2y^2$, a las cúbicas $x^3+y^3=r^3$, $x^3+y^3=rxy$ (folium de Descartes) i a las trascendentes $y=(r-x) \operatorname{tg}\frac{\pi}{2r}x$ (cuadratriz) e $y=r\operatorname{tg}\frac{\pi}{2r}x$.

Como ejemplo, tendremos para el punto P de la parábola $y^2=px$, i para Y:

$$(y-dy)^2=p(x-dx)$$

$$\text{o bien: } y^2 - 2y\,dy + dy^2 = px - p\,dx;$$

restando la primera ecuacion, se obtiene:

$$-2y\,dy + dy^2 = -p\,dx;$$

pero, siendo dy^2 de un órden superior, es infinitesimal respecto de los demas términos; luego, despreciando este valor, resulta:

$$2y\,dy = p\,dx \therefore \frac{dy}{dx} = \frac{p}{2y}.$$

Volviendo a la proporcion de arriba, se escribe:

$$\frac{MT}{y} = \frac{dx}{dy} = \frac{2y}{p} \therefore MT = \frac{2y^2}{p} = 2x.$$

Se observa que este método es el mismo del Cálculo Infinitesimal, con la sola diferencia de que los modernos poseemos un método de diferenciacion que nos da inmediata i directamente la primera derivada.

Guillermo *Brouncker* (1620-1684), lord vizconde de Castle Lyons, canciller i guarda-sellos de la reina, fundador i primer presidente de la Sociedad Real de Lóndres, fué uno de los mas brillantes matemáticos de su tiempo i mantuvo relaciones con Wallis, Fermat i otros sabios renombrados. Resolvió un problema de Bramagupta; probó que el área de la hipérbola equilátera es igual a:

$$\frac{1}{1.2} + \frac{1}{3.4} + \frac{1}{5.6} \ldots \text{ o a } 1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \ldots;$$

ocupóse en otras cuadraturas empleando espresiones análogas; escribió sobre la rectificacion de la parábola i de la cicloide; empleó las séries infinitas para el valor de ciertas funciones i, en respuesta a una cuestion de Wallis, demostró que la razon del área del círculo π r^2 a la del cuadrado circunscrito 4 r^2 es

$$\frac{1}{4}\pi = \frac{1}{1} + \frac{1^2}{2} + \frac{3^2}{2} + \frac{5^2}{2} + \frac{7^2}{2} + \ldots$$

El segundo miembro de esta igualdad es una fraccion contínua escrita conforme a la rotacion inglesa. Las fracciones contínuas habian sido creadas por Cataldi con el objeto de estraer la raiz cuadrada de los números (1613); pero parece que Brouncker es el autor mas antiguo que estudió sus propiedades.

Santiago *Gregory* (1638-1675), profesor en Edinburgo, dió a conocer el telescopio con reflector de su nombre, en la obra *Optica promota* (1660). Siete años despues compuso su *Vera Circuli et Hiperbolse Quadratura*, en la que demuestra la manera de espresar las áreas del círculo i de la hipérbola en séries infinitas converjentes, siendo el primero que distinguió las séries converjentes de las diverjentes. Demuestra ademas que la razon del área del sector circular a la del polígono inscrito o circunscrito no se puede espresar en forma aljebraica i en un número finito de términos.

Sin embargo, su ravaciocinio no es concluyente.

Esta obra tambien contiene el desarrollo en série de sen x, cos x, arc sen x i arc cos x, en el apéndice, *Jeometricae Pars*, esplica cómo se halla el volúmen de los sólidos de revolucion. En 1671 establece la relacion:

$$y = \operatorname{tg} x - \frac{1}{3}\operatorname{tg}^3 x + \frac{1}{5}\operatorname{tg}^5 x - \ldots\ldots,$$

série que ha servido de base para diferentes cálculos aproximados de π.

Sir Cristóbal *Wren* (1632-1723), arquitecto de la Catedra de San Pablo de Lóndres, presidente de la Sociedad Real i profesor de Astronomía en Oxford, estudió con Wallis i Huyghens el choque de los cuerpos; descubrió la doble jeneracion de una recta del hiperboloide de una hoja; i escribió sobre la resistencia de los fluidos i el movimiento del péndulo. Amigo de Newton i admirador de sus trabajos inmortales, habia tentado, lo mismo que Huyghens, Hooke, Halley i otros mas, demostrar que la fuerza que produce el movimiento de los planetas está en razon inversa del cuadrado de la distancia al sol.

La Sociedad Real de Lóndres o Academia de Ciencias, uvo por principales fundadores a Wallis, Brouncker, Wrent i Boyle; principió por ser el *colejio indivisible* (1645); en 1660 fué constituida en Sociedad i organizada en cuerpo el 15 de Julio de 1662. La *Academia del Lincei* se fundó en 1603, la Academia de Francia en 1666 i la de Berlin en 1700.

Roberto *Hooke* (1635-1703) estudió en Oxford i fué profesor de Jeometría en Gresham. Descubrió que la tension de una cuerda, dentro de ciertos límites, es proporcional a su alargamiento; inventó el péndulo cónico i estudió sus propiedades; fué el primero en sostener que el movimiento de los cuerpos celestes son simples problemas de dinámica. De un carácter tan orgulloso como irascible i envidioso, llegó hasta acusar a Newton i a Huyghens de haberse apropiado de sus descubrimientos. Como Huyghens, Wren i Halley, creia que la fuerza que rije el movimiento de los astros está en razon inversa del cuadrado de la distancia al sol. Descubrió las propiedades del resorte en espiral i, al mismo tiempo que Huyghens construyó un reloj de balancin.

Juan *Collins* (1625-1683) merece ser citado aquí por las relaciones que cultivó con los grandes matemáticos contemporáneos i por los numerosos informes que ha dejado acerca de sus descubrimientos.

Juan *Peel* (1610-1685) dió a conocer, como el anterior, los descubrimientos de su época i publicó el áljebra de Brouncker i Rhonius i una tabla de cuadrados.

Renato Francisco *Sluze* (Slucius) (1622-1685), canónigo de Lieja, encontró el mismo valor de Hudde para las subtanjentes, escribió numerosos trabajos i discutió las aspirales i los puntos de inflexion.

Vicente *Viviani* (1622-1703), discípulo de Galileo i de Torricelli, hizo una restitucion del libro perdido sobre las *Cónicas* de Apolonio i sobre la obra de Aristeo; esplicó la manera de resolver la triseccion del ángulo por medio de la hipérbola i de la concoide; propuso, en 1692, el problema de abrir en una bóveda hemisférica cuatro ventanas iguales de modo que el resto de la superficie se pudiera cuadrar exactamente, que resolvieron Willis, Leibuitz, Daniel Grégory i Santiago Bernoulli.

Ehrenfried Walther von *Tschirnhausen* (1631-1708), natural de Sajonia, estudió la teoría de las cáusticas por reflexion o catacáusticas i construyó espejos ustorios de gran poder. Redujo la forma de las ecuaciones, eliminando uno a uno sus términos, a la forma binomia $x^n + 1 = 0$.

Felipe de *Lahire* (1640-1719), discípulo de Desargues, escribió sobre los métodos gráficos, las cónicas, epicicloides, cicloides, concoides i los cuadrados májicos de Moscopulo.

Olof *Roemer* (1644-1710) danés de oríjen, fué el primero que midió la velocidad de la luz observando los eclipses de los satélites de Júpiter; estableció el anteojo meridiano i el círculo mural como instrumentos fundamentales de todo observatorio astronómico; introdujo el uso del micrómetro i del microscopio i fijó la forma de los dientes de las ruedas de engranaje.

Miguel *Rolle* (1652-1719) fué profesor de caligrafía. Resolvió con brillo un problema de aritmética propuesto por Ozanam, triunfo que le acarreó la alta proteccion del ministro Colbert. En 1689 apareció su libro de Aljebra que contiene el teorema de que dos raices consecutivas de $f(x)=0$ comprenden una raiz de $f'(x)=0$. Publicó ademas un tratado de la resolucion de ecuaciones determinadas o indeterminadas. Consideraba el cálculo diferencial como un conjunto de artificios injeniosos.

CAPITULO XVI

NEWTON

A Descartes i a sus contemporáneos, cuyos trabajos se analizaron en el capítulo anterior, les pertenece la gloria de haber echado los cimientos de las matemáticas modernas.

Empero, esta obra nueva i variada necesitaba perfeccionarse, i solo un hombre dotado de un jenio tan estraordinario como Isaac Newton pudo llevarla a cabo, mejorando considerablemente los métodos inventados por sus predecesores i creando procedimientos nuevos que hicieron progresar con asombrosa rapidez cada una de las ramas de las matemáticas de su tiempo.

Amigo de Wallis, Huyghens i otros sabios contemporáneos, profundo conocedor de su ciencia i esperimentador insigne, de 1656 a 1686, realizó la mayor parte de sus descubrimientos, los que ejercieron una influencia igualmente poderosa i benéfica en el desarrollo científico de la Europa entera.

Isaac Newton nació cerca de Grantham, entre Leicester i Nottingham, el 25 de Diciembre de 1642, i murió en Lóndres el 20 de Marzo de 1727. Cursó sus estudios en Trinity-College de Cambridge (1661-1669), en cuya Universidad fué profesor durante 27 años (1669-1696), i en éste período de su brillante existencia produjo toda su obra matemática. Desde 1688 representaba a la Universidad en el Parlamento; i en 1695, Lord Halifax, su antiguo alumno, le dió el puesto de inspector de la Moneda; cuatro años despues desempeñaba el cargo de director de la misma, i la Academia de Ciencias de Paris lo nombraba miembro correspondiente. En 1703, la Sociedad Real de Lóndres lo elevó a la dignidad de Presidente.

Nació ántes de tiempo, como Kepler, i se creyó que no viviria. Su padre habia muerto ántes de su nacimiento; i su madre, despues de contraer segundas nupcias en 1645, confió el cuidado de su hijo a su abuela, con el propósito de dedicarlo a la esplotacion de una propiedad que poseia. A los doce años de edad, entró a la escuela de Grantham, donde llamó la atencion de sus maestros por su viva intelijencia i sus disposiciones para la mecánica. Cuéntase que aquí construyó un reloj de agua o clepsidra. En 1656 volvió a su hogar para iniciarse en la administracion de sus bienes; mas, como se le viera constantemente preocupado de la resolucion de problemas, de esperimentos de física i de construcciones mecánicas, su madre tomó al fin la acertada determinacion de enviarlo a la Universidad de Cambridge, donde entró, en 1661, cuando contaba 19 años de edad. Por casualidad cayó en sus manos un libro de astrolojía, que no pudo comprender a causa de los términos matemáticos que contenia; entónces trató de procurarse un Euclides, i con sorpresa constató que las proposiciones de *Los Elementos* le parecian casi evidentes. Leyó en seguida la *Clavis* de Oughtgred i la *Jeometría* de Descartes; parece, sin embargo, que esta última obra no la comprendió tan fácilmente. El placer que le proporcionaron la lectura i el estudio de estas producciones matemáticas, le confirmó la intencion que abrigaba de dedicarse al cultivo de las ciencias exactas. Se impuso despues de la *Optica* de Kepler, de los escritos de Vieta, de la *Miscelánea* de van Schwten i de la *Arithmetica Infinitorum* de Wallis, miéntras seguia en la Universidad el curso de Isaac Barrow. Mas tarde, cuando volvió a Euclides, se formó una idea mui alta de este testo clásico de enseñanza, sintiendo no haber profundizado mas *Los Elementos*, ántes de haberse iniciado en el análisis aljebraico.

Newton llevaba un diario de sus labores i ocupaciones, i en él se encuentra que el 28 de Mayo de 1665, dia en que obtuvo el grado de bachiller en artes, ya habia cimentado el cálculo de las fluxiones i descubierto el teorema del binomio. Tenia en esa fecha 22 años de edad. A causa de una epidemia que apareció en la comarca, el colejio se cerró i Newton tuvo que volver al seno de su familia. Aquí, aparte del mundo i entregado a sus pensamientos, concibió los principios fundamentales de la gravitacion i perfeccionó su método de las fluxiones.

Se conserva un manuscrito con fecha 16 de Noviembre de 1665, en que se puede leer la aplicacion de este método a la determinacion de los tanjentes i radio de curvatura en un punto cualquiera de una curva.

En 1669, comunica a sus amigos i alumnos los resultados obtenidos con este nuevo procedimiento.

Por este mismo tiempo imajina instrumentos para pulir las lentes de superficies curvas i es probable que comenzara sus célebres esperimentos de la descomposicion de la luz.

El mas grande de sus descubrimientos es la lei de la gravitacion universal espresada por la fórmula:

$$f = C \frac{m\, m'}{r^2},$$

en la que C es un coeficiente constante; m, m' son las masas de los cuerpos, r su distancia i f la fuerza de atraccion que uno ejerce sobre otro.

El coeficiente C, que depende de la densidad de la tierra i de su radio, valores que no conocia exactamente Newton, es igual a una quince millonésima de miligramo: es la atraccion ejercida por las masas de un gramo a un centimetro de distancia.

Para poder darse cuenta del significado de estas magnitudes, supondremos, como Newton, que la fuerza que mantiene a la Luna en su órbita es la misma de la gravedad, hipótesis que está fundada en las siguientes observaciones:

Todo cuerpo situado cerca de la superficie de la tierra, cae con una velocidad de unos diez metros en el primer segundo; la Luna, situada a 60 radios terrestres de nosotros, recorre 360° en 27 dias i $\frac{1}{3}$ i, en consecuencia, recorrerá un kilómetro por segundo, mas o ménos; el camino recorrido debia ser rectilíneo: pero tendrá que ser otra su trayectoria, si está sometida a la accion de la tierra.

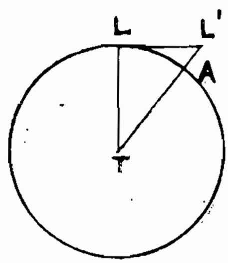

Fig. 9.

Sea T la tierra i L la luna sobre una órbita supuesta circular; si L no estuviera bajo la atraccion de T, seguiria la recta LL'; pero a causa de esta fuerza atractiva cae segun la vertical L'T, de L' a A i el camino que recorre es el circular LA.

En virtud de la tercera lei de Kepler i segun las ideas de varios físicos de la época, Newton admitió que la atraccion terrestre disminuye con la mayor distancia del cuerpo i varia en razon inversa del cuadrado de la distancia. Por tanto, la razon de L'A a 10 metros debe ser igual a la inversa de la razon del cuadrado de L'T al cuadrado del radio terrestre.

En 1666, cuando quiso verificar con el cálculo estas relaciones, no poseia un valor exacto de la distancia lunar AT i encontró una diferencia inesplicable; mas, en 1679, volvió a efectuar las mismas operaciones con nuevos i mejores datos i obtuvo entónces el resultado apetecido.

Newton, despues de concebir la gran lei de la gravitacion, por mas que sus primeros cálculos no le dieron una comprobacion numérica, jamas modificó la idea primitiva que tuvo de que la materia atrae a la materia i de que la atraccion terrestre se estiende hasta su satélite. Sin embargo, conviene agregar que el gran matemático i astrónomo no pretendió esplicar la causa de la gravitacion sino espresar sus efectos por medio de una lei.

Cotes, alumno de Newton, fué el primero que habló de *atraccion a la distancia*, concepto desgraciado que se apropiaron todos los físicos, hasta que Faraday esplicó la verdadera concepcion de Newton, haciendo ver qne la lei de la gravitacion es sencillamente descriptiva.

En 1668, Newton revisó el curso de su maestro Barrow; mejoró la traduccion del áljebra de Kinchhuysen; en 1670, comenzó una esposicion sistemática de su análisis por las séries infinitas, i se ocupó, de preferencia, en sus investigaciones ópticas.

Desde 1669, desempeñaba la cátedra de Jeometría de la Universidad de Cambridge, que le habia cedido Barrow. Daba una leccion semanal durante media hora i destinaba ademas cuatro horas para los estudiantes que deseaban discutir o imponerse de mas detalles.

Se conservan los manuscritos de sus lecciones enseñadas durante 17 años.

Antes de 1669, habia descompuesto la luz por medio del prisma, lo que le permitió dar una esplicacion admirable del arco iris. Los principales resultados se publicaron en las *Philosophical Transactions* de 1672; i sus lecciones en la obra titulada *Lectiones Opticæ* (1724). En la primera seccion de esta obra da a conocer el fenómeno de la descomposicion en siete colores de la luz solar por medio del prisma, consecuencia de la desigual refrinjencia de sus rayos luminosos; en la segunda seccion, el método que imajinara para determinar los índices de refraccion de diferentes sustancias, lo que consigue haciendo pasar un rayo luminoso en su desviacion mínima, al traves de un prisma compuesto de la sustancia estudiada; i halla, para el índice de refraccion, el valor:

$$\text{sen}\ \frac{1}{2}\ (i - \delta)\ \text{cosec}\ \frac{1}{2}\ i,$$

siendo i el ángulo del prisma i δ la desviacion del rayo; en la tercera seccion trata de la refraccion de las superficies planas i demuestra que si un rayo luminoso atraviesa un prisma con la desviacion mínima, el ángulo de incidencia es igual al de emerjencia; la cuarta seccion contiene la discusion de la refraccion en las superficies curvas. Las cuatro secciones anteriores forman el primer libro; el segundo está destinado a la cromática i esplicacion del arco iris.

Como no pudiera conseguir el acromatismo de las lentes, abandonó la idea de construir un telescopio de refraccion i propuso uno de reflexion, como el de Grégory; inventó un microscopio reflector (1672) i el sestante, que Halley descubrió de nuevo, en 1731.

En el decenio trascurrido de 1673 a 1683, su curso universitario versó sobre el áljebra i la teoría de las ecuaciones, dedicándose ademas a innumerables investigaciones de química i estudios de teolojía.

Su teoría de los colores fué atacada con violencia por Pardies, en Francia, Linus i Lucas, en Lieja, Hooke, en Inglaterra i Huyghens, en Paris, consiguiendo al fin confundir a sus contendores, despues de una larga i reñida controversia.

Estas penosas discusiones le hicieron perder el tiempo que dedicaba a sus estudios predilectos.

En una carta de 9 de Diciembre de 1675, dice: «Me he atormentado de tal manera con esta discusion sobre mi teoría de los colores, que me he reprochado con dureza el haber cometido la imprudencia de abandonar un bienestar tan grande como es la tranquilidad i el reposo de mi vida, para correr tras una sombra.»

Newton, tenia horror a las discusiones i no aceptaba que se pusieran en duda los resultados de sus estudios.

Profundamente interesado por conocer la naturaleza de la luz, en las postrimerias del año 1675, emitió la teoría corposcular o de la emisión, consecuencia probable i correlativa de sus investigaciones de la gravitacion.

Algunos filósofos griegos creian que el ojo emite algo que hace perceptibles los objetos; otros, que el objeto percibido emite la luz i hiere la retina; por último, Hooke i Huyhens admitian que entre el ojo i el objeto luminoso existe un medio sensible a la luz, por el cual se propaga el ajente físico por vibraciones i ondulaciones. Estas dos últimas teorías sirvieron a los físicos para esplicar los fenómenos de la óptica jeométrica.

A principios del siglo XIX, los trabajos de Fresuel desterraron del campo de la física la teoría newtoniana de la emision i fué adoptada la de las ondulaciones. Sin embargo, no está demas advertir que Newton formuló su teoría como una mera hipótesis; i si no aceptó la de las ondulaciones fué porque con ella no le fué posible esplicar la difraccion.

La teoría de la emision fué comunicada a la Sociedad Real en 1675 i publicaba en 1704 en el *Tratado de Optica*, en el cual Newton esplica la refranjibilidad, la trasparencia, los fenómenos luminosos de las láminas delgadas, la coloracion de las láminas gruesas i la difraccion.

Desde algunos años a esta parte nuevos trabajos científicos tienden a hacer revivir la teoría de la emision. Segun estas nuevas teorías, parece que los cuerpos están formados de átomos cargados de electricidad positiva i de corpúsculos cargados de electricidad positiva que jiran alrededor de aquellos: los átomos se llaman *iones* i los corpúsculos, *electrones.*

La masa del electron es de 10^{-27} gramos, su dimension alcanza a 10^{-13} centímetro i dista 10^{-8} centímetros del ion; este último i los electrones, que circulan a su rededor, se pueden comparar, en relacion a sus dimensiones i distancias, con el sistema solar i sus planetas. Las partículas lanzadas por el catodo de un tubo de Crookes son electrones separados de sus átomos que se mueven con la enorme velocidad de 30,000 kilómetros por segundo, cien veces mayor que la de la tierra en su movimiento de traslacion. Las observaciones que se han hecho en el espectroscopio i el desgaste de los electrodos comprueban estas nuevas ideas.

Rowland i Lorentz atribuyen al movimiento de los iones la causa de los movimientos eléctricos.

La prioridad del invento del cálculo infinitesimal, disputada por Leibniz i Newton, es de interes para nuestra historia por el modo i forma cómo nacieron i se desenvolvieron las ideas que llegaron a constituir el cuerpo de doctrina mas importante de las ciencias matemáticas.

Despues de su estadía en Lóndres, Leibniz comunicó, en 1673, a la Sociedad Real que habia hallado algunos resultados enteramente nuevos; pero se le observó que Newton ya los habia encontrado; en 1674 comunicó ademas que poseia procedimientos analíticos jenerales que reposaban sobre las séries infinitas.

Oldenburg, secretario de la Sociedad, le contestó que Newton i Grégory habian hecho cálculos análogos con anterioridad; i el mismo Newton (13 Junio 1676) esplicó su método i agregó su teorema del binomio i el desarrollo de sen x en série, lo que le permitia calcular el seno en funcion del arco, siendo éste el ejemplo mas antiguo de una inversion de séries; espresaba tambien el largo de un arco elíptico por medio de una série infinita. A la peticion de datos que hiciera Leibniz (27 Agosto 1676), contestó Newton (24 Octubre 1676), por intermedio de Oldenburg, dando a saber de qué modo habia llegado a las séries en cuestion. Dijo que se habia valido de tres métodos; la Interpolacion, empleada por Wallis para la cuadratura del círculo i de la hipérbola, le daba la lei que liga los coeficientes sucesivos de:

$$(1 - x^2)^{\frac{1}{2}}, \ (1 - x^2)^{\frac{3}{2}}, \ldots\ldots ;$$

i por analojía encontraba el término jeneral; luego habia comprobado el resultado, elevando al cuadrado el desarrollo i estrayendo la raiz de $(1 - x^2)$ por el procedimiento aritmético. De igual manera habia cuadrado el círculo i la hipérbola.

En este punto de nuestro relato conviene hacer notar que los matemáticos, por lo jeneral, proceden de casos particulares i sencillos a hechos jenerales i complicados; por cuanto es mas fácil jeneralizar un conocimiento ya adquirido que descubrir una proposicion nueva, por sencilla que sea.

El segundo método, empleado ántes de 1665, consistia en desarrollar en série la espresion por medio del binomio

$$(a+b)^n = a^n + n\,a^{n-1}\,b + \frac{n\,(n-1)}{2!}\,a^{n-2}\,b^2 + \ldots\ldots,$$

i así aparece publicado en su *Tratado de Optica* i en su *De Analysi Equationes Numero Terminorum Infinitus.* El mérito de Newton está en haber probado que el esponente *n* del binomio puede ser *cualqviera,* esto es, entero, fraccionario, positivo o negativo.

El tercer método, dado a conocer a Barrow i a Collins en 1669, era el de las fluxiones.

Da el ejemplo de la cuadratura de la curva

$$y = a\,x^m\,(b + c\,x^n)^p\,,$$

funcion que tiene la forma de nuestras diferenciales binomias i cuya integracion es posible si $p + \frac{m+1}{n}$ es entero. Haciendo, para abreviar, $a + b\,x^n = z$, $c + d\,x^n = u$, $a + b\,x^n + c\,x^{2\,n} = v$, encuentra la integrales de

$$x^{m-n-1}\,v^{-1}\,,\ \left(x^m + \frac{1}{2}\right)^{n-1} v^{-1}\,,\ x^{m-n-1}\,v^{-\frac{1}{2}}\,,$$

$$x^{mn-1}\,z^{\pm\frac{1}{2}}\,u^{-1}\,,\ x^{mn-n}\,z\,u^{-\frac{1}{2}}\,,$$

en los que *m* es entero positivo i *n*, cualquiëra.

Termina esplicando su método inverso de las tanjentes, dando fórmulas para la inversion de las séries, i agrega que posee dos métodos mas, los que esplica por medio de un anagrama, solo comprensible para aquél que hubiera poseido los principios de las fluxiones.

El 21 de Junio de 1677, Leibniz contesta i esplica la manera de trazar las tanjentes a las curvas, procediendo no por fluxiones sino por diferencias e introduce su famosa notacion $d\,x$, $d\,y$ para las diferencias o crecimientos infinitesimales de las coordenadas x, y de una curva; resuelve ademas el problema de hallar una curva de subtanjente costante, prueba evidente de que ademas sabia integrar.

En 1679, Hooke, por medio de una carta, solicitó de Newton que comunicara a la Sociedad Real sus nuevos descubrimientos; contestó el gran matemático que habia abandonado el estudio de la física; pero agregó que se podia comprobar la rotacion diurna de la tierra observando la desviacion de la vertical de un cuerpo que cae de cierta altura, lo que ha sido verificado varias veces i se constató en Freyberg, donde la desviacion fué de 28,3 milímetros al oriente, siendo la caida de 158,5 metros.

Hooke hace mencion, en esta carta, de las medidas jeodésicas llevadas a cabo en Francia por Picard, quien obtuvo un nuevo valor para la lonjitud del radio terrestre, lo que indujo a Newton a revisar sus cálculos de 1666 sobre la gravitacion, llegando al resultado previsto de que la accion de la gravedad se estiende hasta nuestro satélite i que varia en razon inversa del cuadrado de la distancia.

Despues de este glorioso triunfo, el eminente astrónomo pasó a estudiar la teoría jeneral del movimiento bajo la accion de la fuerza centrífuga, i demostró: 1.° el teorema de las áreas; 2.° que si un móvil describe una elipse alrededor de un foco en virtud de dicha fuerza, la lei es la del cuadrado de la distancia; i 3.° recíprocamente, que la trayectoria de un cuerpo solicitado por tal fuerza es una cónica. Mas, no quiso publicar sino cinco años mas tarde todas estas conclusiones, por temor de entrar en apasionadas controversias científicas.

En 1701, vió la luz pública su *Aritmética Universal*, obra de áljebra, en la que esplica cómo las raices de una ecuacion corresponden a las diferentes soluciones que puede tener el problema que se desea resolver; i cómo es que, en ciertos casos, las raices no satisfacen un enunciado particular o mal establecido; estiende la regla de los signos de Descartes para fijar el límite del número de raices imajinarias; se sirve del principio de continuidad para esplicar la trasformacion de dos raices reales i desiguales en otras imajinarias; demuestra, ademas, que estas últimas se presentan pareadas o que son conjugadas; da reglas para hallar el límite superior de las raices positivas de una ecuacion numérica i para determinar el valor aproximado de las mismas; enuncia el teorema de la suma de las enésimas potencias de las raices de una ecuacion i funda la teoría de las funciones simétricas de dichas raices. Para encontrar el número de raices imajinarias, escribe debajo de las $n+1$ fracciones

$$1, \frac{n}{n-1} \cdot \frac{1}{2}, \frac{n-1}{n-2} \cdot \frac{3}{1}, \ldots \frac{n-p+1}{n-p} \frac{p+1}{1}, \ldots \frac{2}{1}, \frac{n}{n-1}, 1,$$

los términos correspondientes de la ecuacion de n.º grado, i despues de efectuar una operacion de signos, distingue i discute cuatro casos.

Este principio, que no es jeneral, fué estudiado mas tarde por Campbell, Mac Laurin, Euler i Sylvester.

En 1684 habia recibido la visita del astrónomo Halley, quien deseaba consultarlo sobre la gran lei de la gravitacion.

Ya hemos dicho que Hooke, Huyghens, Halley i Wren, deducian, por conjeturas, de las leyes de Kepler, que la fuerza atractiva de los astros variaba en razon inversa del cuadrado de la distancia, fundándose probablemente en que si v es la velocidad del planeta, r el radio de su órbita supuesta circular i T la duracion de la revolucion, se tendrá la razon del espacio al tiempo

$$v = \frac{2 \pi r}{T};$$

pero si f es la aceleracion, tendremos ademas

$$f = \frac{v t}{r};$$

luego, la eliminacion de v, nos dará:

$$f = \frac{4 \pi^2 r}{T^2};$$

mas, segun la tercera lei de Kepler, T^2 varia como r^3, luego f es inversamente proporcional a r^2. Halley con estos antecedentes no habia podido, sin embargo, encontrar la forma de la órbita planetaria. Newton le hizo ver que ésta era elíptica i le permitió que publicara su demostracion de 1679.

Alentado por Halley, Newton comenzó a escribir el primer libro de los *Principios, Motu Corporum* i que aun existe manuscrito. En fin, gracias a la influencia i al tacto de Halley, en Noviembre de 1684 se decidió a entrar de lleno al estudio del problema de la gravitacion, quedando comprometido a publicar sus resultados.

Tal es el oríjen de su obra inmortal: *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*, estimada por los sabios como la obra maestra del jenio humano.

En los primeros meses de 1685, resolvió el problema relativo a la atraccion de un cuerpo esférico ejercida sobre un punto esterior i calculó los detalles de los movimientos planetarios. Tres son las bases fundamentales de los *Principios:*

I atraccion mútua de los diferentes puntos materiales del Universo (1666); II lei de las áreas i sus corolarios; i ademas que si la atraccion obra en razon inversa del cuadrado de la distancia, la órbita descrita por un punto alrededor del centro de la fuerza atractiva, debe ser una cónica (1679); III toda esfera cuya densidad en cada punto depende solo de su distancia al centro, otrae un punto esterior como si toda la masa estuviera concentrada en dicho punto (1685). El primer libro de los *Principios* quedó terminado en Setiembre de 1685 i, despues de revisado i correjido, su autor lo presentó a Sociedad Real el 28 de Abril de 1686. Su contenido comprende el estudio del movimiento de los puntos o cuerpos en un espacio libre segun órbitas dadas o sometidas a fuerzas conocidas o a mútuas atracciones. El autor jeneraliza la lei de la atraccion i se adelanta a decir que en el universo cada partícula de la materia atrae la partícula vecina con una fuerza que varia inversamente al cuadrado de la distancia. En la introduccion de este libro esplica los principios de la dinámica i establece los límites que ha de tener toda investigacion matemática. Su trabajo, dice, tiene por objeto aplicar las ciencias exactas a los fenómenos de la naturaleza, entre los cuales ocupa lugar predominante el movimiento, que tiene por causa la fuerza, de naturaleza ignorada, pero cuyos efectos son conocidos i susceptibles de poderse medir.

En Diciembre de 1686 quedó terminado el segundo libro que trata del movimiento de los cuerpos en un medio resistente; de la hidrostrática i de la hidrodinámica con aplicaciones a las ondas, a las mareas i a la acústica; concluye haciendo resaltar la discordancia que hai entre la teoría de los torbellinos de Descartes i los hechos comprobados i las leyes del movimiento.

Diez meses despues, dió término al Libro III. Comienza por discutir hasta qué punto es permitido formular hipótesis para esplicar los fenómenos observados; aplica en seguida los teoremas del Libro I con el objeto de determinar las masas i las distancias de los planetas i sus satélites; entra en los detalles del movimiento de la luna i su desigualdades, i estudia el fenómeno de las mareas; examina la teoría de los cometas; los que, a su juicio, pertenecen al sistema solar, i no son cuerpos errantes i sin sujeccion a ninguna lei, como entónces se creia; esplica de qué manera es posible determinar su órbita con tres observaciones i aclara teoremas tan importantes aplicándolos a cometas particulares. Considérase este Libro III como un simple bosquejo de lo que Newton se proponia llevar a cabo.

En las Colecciones de *Portsmoutt*, ademas del plan orijinal de esta seccion de su obra, se rejistran las notas de los trabajos posteriores que hiciera mas tarde, entre los cuales llaman la atencion las demostraciones jeométricas de los resultados que obtuvo mediante el empleo de las fluxiones. Newton se valió de la prueba gráfica en la obra impresa, porque no se atrevió a lanzar ideas nuevas demostradas por medio del cálculo infinitesimal, cuyos fundamentos, por ser enteramente desconocidos de sus contemporáneos, podrian ser discutidos i aun rechazados. Penetróse de tal modo de la jeometria de los griegos que la empleó en el curso de toda su obra; por esta razon es que está escrita en lenguaje arcaico, por lo cual su lectura es difícil i penosa.

La habilidad que debe haber poseido en el cálculo de las fluxiones se manifiesta principalmente en la traduccion que tuvo que hacer de las proposiciones en el lenguaje jeométrico corriente, que era el único comprendido por los sabios de su tiempo.

La obra completa apareció en el verano de 1687, i todos los gastos los hizo Halley, corriendo ademas con la revision de las pruebas de imprenta.

El contenido de esta obra monumental, accesible a un número reducido de lectores, fué aceptada por casi todos los hombres de ciencia de la Gran Bretaña, diez años despues de su publicacion. En Francia dominaron las ideas cartesianas hasta 1738, año en que Voltaire, despues de su estadia en Inglaterra, se hizo el campeon de la teoría newtoniana.

En 1687, Newton defendió los derechos de la Universidad ante Jacobo II, que pretendia imponer como maestro en artes a un sacerdote católico romano. Con este motivo fué elejido, en 1689, representante de la Universidad en el Parlamento; en 1701 fué reelejido, pero jamas tomó una parte activa en la política.

De 1690 a 1693 se dedicó a esplicar su método de las fluxiones. En esta época de su vida fué atacado de una enfermedad nerviosa i de insomnios que le hicieron perder la vivacidad de su espíritu, i desde entónces no pretendió ocuparse en cuestiones nuevas.

En 1694 estudió las irregularidades del movimiento de la luna con el fin de completar esta parte de los *Principios*; i envió a Flamsteed una tabla de correcciones de la refraccion para que sus observaciones fueran hechas con mayor exactitud. La tabla construida por Newton es otra de las tantas pruebas de su jenio poderoso, pues el mismo Euler no pudo resolver este problema, i con la regla que en 1782 estableció Laplace, se llega a resultados que concuerdan con los de Newton.

En 1696 fué nombrado rector; i, tres años despues, director de la Moneda, con un sueldo anual de 33000 pesos de nuestra moneda (£ 1500). Desde esta época ya no ocupó sus ratos de ocio en nuevas investigaciones científicas.

En 1701, abandonó la cátedra universitaria; en 1703, fué elejido Presidente de la Sociedad Real, i en 1704, publicó su *Optica* con dos anexos, que eran antiguos manuscritos conocidos de sus amigos i discípulos. El primero titulado *Enumeratio Linearum tertii ordinis*, i que es una aplicacion de la jeometría analítica al estudio de las curvas de tercer grado o cúbicas, comienza con algunos teoremas jenerales; clasifica las curvas, segun sus ecuaciones, en aljebráicas i trascendentes: las primeras son cortadas por una recta en un número de puntos igual al grado de la ecuacion; las segundas, en un número infinito de puntos; muestra la analojía que hai entre las cúbicas i las cónicas, i discute la teoría de las asíntotas i de los diámetros curvilíneos; a continuacion estudia las cúbicas i hace notar que deben tener por lo ménos un punto en el infinito. Si la tanjente o la asíntota en este punto está a una distancia finita, puede ser tomada como eje de las y; esta asíntota corta a la curva en tres puntos, dos de los cuales, por lo ménos, están en el infinito; si el tercer punto está a una distancia finita, la ecuacion puede tomar la forma

$$a\,x^3 + b\,x^2 + c\,x + d = x\,y^2 + h\,y, \qquad \text{(I)}$$

en la que los ejes coordenados son las asíntotas de la hipérbola, que es el lugar de los medios de todas las cuerdas paralelas al eje de las y; mas, si el tercer punto en que la asíntota corta a la curva se encuentra tambien en el infinito, se escribe

$$a\,x^3 + b\,x^2 + c\,x + d = x\,y. \qquad \text{(II)}$$

Considera, en seguida, el caso en que la tanjente por el punto real en el infinito no está a una distancia finita, i toma como eje de las x una línea paralela a la direccion hácia el infinito de la curva, que corta a ésta en tres puntos, de los cuales uno, por hipótesis, está en el infinito i otro, necesariamente, a una distancia finita; sentado lo cual, pasa a demostrar que si el tercer punto de interseccion está a una distancia finita, la ecuacion se puede escribir bajo la forma:

$$a\,x^3 + b\,x^2 + c\,x + d = y^2\,, \qquad \text{(III)}$$

miéntras que si está a una distancia infinita, debe escribirse

$$a\,x^3 + b\,x^2 + c\,x + d = y \qquad \text{(IV)}$$

Toda cúbica, en conclusion, puede ser reducida a una de las cuatro clases indicadas; las estudia una a una i examina sus puntos singulares, llegando, por último, al resultado de que una cúbica puede tomar 78 formas posibles, de las cuales Newton enumera 72; Stirling encontró cuatro mas (1717); una Nicole (1731) i otra Nicolas Bernouilli (1731). Newton enuncia ademas el siguiente notable teorema: así como la sombra de un círculo proyectado por un punto luminoso sobre un plano forma todas las cónicas, del mismo modo las sombras de las curvas de la ecuacion III dan oríjen a todos las cúbicas, proposicion que fué un enigma para todos los matemáticos, hasta que Nicole i Clairaut, en 1731, lo esplicaron.

El segundo anexo de la *Optica*, titulado *De Quadratura Curvarum*, contiene los estudios que hiciera desde 1665. Da a conocer el método de las séries que sirve para determinar la cuadratura i la rectificacion de las curvas, i aquí aparecen por primera vez impresos los esponentes literales i el teorema del binomio. El objeto principal de este escrito es desarrollar en série la funcion $y = f(x)$, ampliando los resultados que obtuviera Wallis. Por este medio efectúa Newton la cuadratura de las curvas

$$y = \frac{a^2}{b + x}, \; y = \sqrt{a^2 \pm x^2}, \; y = (x - x^2)^{\frac{1}{2}}, \; y = \sqrt{\frac{1 + a\,x^2}{1 - b\,x^2}}.$$

Pasa en seguida a las curvas, cuya ordenada es una funcion implícita de la abscisa, pero los cálculos son de una complicacion estrema. Equivale su método a integrar respecto de x la diferencial $(1 - y'^2)^{\frac{1}{2}}$. Newton, al emplear el método de las séries, hace ver la importancia que tiene para conocer los caracteres de su converjencia, estudio que Gauss i Cauchy emprendieron dos siglos mas tarde con grande acierto. Esta parte del anexo se reprodujo en *De Analysi per Equatione Numero Terminorum Infinitus*, obra que apareció en 1711. En esta misma fecha se publicó su *Methodus Differentialis*, complemento de la anterior; en el cual, despues de dar algunos teoremas nuevos, discute su procedimiento de interpolacion, considerando la curva $y + f(x)$, conocidos los valores a_1, a_2, a_3, ... de x i los correspondientes b_1, b_2, b_3 .... de y; entónces 1.º hace pasar por los puntos (a, b), (a_1, b_1) una parábola

$$y = p + q x + r x^2 + \ldots ;$$

2.º la ordenada de esta parábola será un valor aproximado de la ordenada de la curva. Si n es el número de puntos (a, b), n — 1 será el grado de la parábola. Newton hace observar que este método permite obtener una cuadratura aproximada de la curva.

La segunda parte del apéndice *De Quadratura Curvarum* contiene el método de las fluxiones que pasamos a analizar, para lo cual tomaremos tambien en cuenta un resúmen que hizo Newton i que Juan Colson publicó en 1716.

Antes de entrar a esta parte de nuestra historia, hai que tener presente que el cálculo de las fluxiones i el infinitesimal no difieren entre sí mas que en el lagoritmo o notacion.

Newton admitia que todas las magnitudes jeométricas pueden considerarse como enjendradas por un movimiento contínuo: un punto, al moverse, enjendra una línea; una línea, una superficie; i ésta, un volúmen; por rotacion, una línea enjendra un ángulo, etc.

La cantidad enjendrada la llama *fluente* i la velocidad de la cantidad en movimiento, *fluxion*. Por esta nueva concepcion de las cantidades, se vé que Newton fué el primero que tuvo una idea clara de lo que es funcion contínua, si bien se encuentran indicios de la misma nocion en algunos escritos de Napier.

Al entrar en materia, Newton hace observar que son dos las clases de problemas por resolver: primeramente hai que hallar la fluxion de una cantidad dada, o bien, «dada la relacion de los fluentes, encontrar la relacion de sus fluxiones», lo que equivale a nuestra diferenciacion de las funciones, en la que se dá $y = f(x)$ i se pide $d\,y = f'(x)\,d\,x$.

El segundo problema es el método inverso de las fluxiones i consiste en «dada la ecuacion de las fluxiones de ciertas cantidades, encontrar las relaciones de dichas cantidades o fluentes» i corresponde este problema a nuestra integracion o sea $y = \int f'(x)\,d\,x$, operacion que Newton llamaba cuadratura; para él, la resolucion de las ecuaciones diferenciales era el método inverso de las tanjentes.

Despues de dar ámplios detalles sobre los procedimientos que sirven para resolver estas cuestiones, aplica los resultados obtenidos a la determinacion de los máximos i mínimos, al trazado de las tanjentes i a la curvatura de las curvas, es decir, al cálculo de las coordenadas del centro de curvatura, los radios de la misma i la razon de su crecimiento; estudió tambien la cuadratura i rectificacion de las curvas. Por lo que hace a los máximos i mínimos, miéntras nosotros consideramos el cambio de signo de dos valores consecutivos como el verdadero criterio que indica cuándo y es máximo o mínimo, Newton estima que siempre que una cantidad creciente ha alcanzado su máximo, no puede tener otro incremento; i cuando una cantidad decreciente se hace mínima, tampoco puede tener otro incremento ulterior; en consecuencia, la fluxion debe ser nula.

Damos todos estos detalles sobre el cálculo de las fluxiones, porque los historiadores, al hablar de este invento, creen que Newton no presentó su cálculo fluxional en un cuerpo completo de doctrina matemática; esto es, bajo la forma de un conjunto de reglas lójicamente coordinadas i con correspondientes aplicaciones.

Newton representa las cantidades o fluentes por x; las fluxiones, por la misma letra con un punto encima, $\dot{x}$; la fluxion de una fluxion lleva dos puntos, $\ddot{x}$. Del mismo modo, el fluente de $\dot{x}$ lo designa por $\boxed{x}$, x' o $/x/$.

El crecimiento infinitesimal en un tiempo mui pequeño 0, llamado el *momento* del fluente, lo designa por $\dot{x}$ 0. Hace notar que en todo problema se pueden despreciar los términos multiplicados por las potencias de 0 superiores a 2, i que siempre será posible construir una ecuacion entre x, y i las fluxiones $\dot{x}$, $\dot{y}$. La aplicacion de este principio tan importante constituye una de las principales ventajas de dicho cálculo; porque si se desea hallar el efecto producido por varias causas que obran sobre un sistema, i si se puede avaluar el efecto producido por cada causa obrando solo en un tiempo mui pequeño, el efecto total producido en dicho tiempo será igual a la suma de los efectos aislados.

Vince i otros autores ingleses emplearon erradamente la notacion $\dot{x}$ para designar el valor $d\,x$ creado por Leibniz i no la velocidad, que era la magnitud considerada por Newton en las fluxiones, en las cuales $\dot{x}$ 0 equivale en realidad a $d\,x$.

En el curso del desenvolvimiento de este nuevo cálculo, luego se abandonó la idea orijinal de movimiento que le diera Newton, i se hizo crear gradual e igualmente la abscisa x con el objeto de obtener los diferentes valores de las ordenadas. El fluente es, por esta razon, nuestra variable independiente; su fluxion era la «fluxion principal» i si se designa por $\dot{x}$, en tal supuesto $\dot{x}$ era constante i $\ddot{x}=0$.

Está fuera de toda duda que Newton empleaba el método de las fluxiones desde 1666, i que en 1669 ya habia comunicado a sus amigos i alumnos su invento maravilloso. Estos conocimientos fueron redactados por su autor de 1671 a 1677; pero, desgraciadamente, el público no los conoció sino en 1792, por la carta que Newton dirijió a Wallis. Sin embargo, i a pesar de todo, hai que convenir en que el análisis matemático tendía, en aquella época, a la creacion de los métodos del cálculo infinitesimal: rudimentos de estas ideas se pueden hallar en las obras de Napier, Kepler, Cavalieri, Pascal, Fermat, Wallis i Barrow. Newton tuvo la rara fortuna de llegar en el momento oportuno en que todo estaba preparado para su descubrimiento, i su jenio, secundado por su profunda ilustracion matemática, le permitió construir de un golpe un cuerpo de doctrina completa.

La notacion del cálculo de las fluxiones no tiene las ventajas del algoritmo diferencial, empleado hoi dia por todos los matemáticos. Este último fué inventado por Leibniz probablemente en 1675, i publicado en 1684, nueve años ántes que salieran a luz los trabajos de Newton.

La cuestion, aun hoi mismo tan debatida, de saber si Leibniz tomó de Newton estas nuevas ideas, fué el oríjen de una controversia larga i reñida, cuyos detalles daremos en el capítulo siguiente de nuestra historia.

Por mas que la opinion jeneral admitida es que el invento del cálculo diferencial fué la obra simultánea e independiente de un filósofo i de un matemático, Leibniz i Newton, prevalece en Inglaterra la opinion de que el primero se habia impuesta, en 1675, de un manuscrito de Newton que trata del cálculo de las fluxiones.

En 1705, la reina Ana, en atencion a sus méritos, le confirió la dignidad de caballero i se llamó entónces Sir Isaac Newton, título que los autores ingleses se complacen en darle todavía. Despues de haber sido honrado tan altamente, Newton se dejó arrastrar por la corriente de su tiempo i se dedicó al estudio de la teolojía i escribió largas reflexiones tocante a las profecias i predicciones.

En 1707 se dió a la estampa su *Aritmética Universal*, i en 1711, *Analysis by infinite series*, en cuya impresion no tomó parte.

En 1714 comunicó a la Cámara de los Comunes la manera de determinar la lonjitud en alta mar, procedimiento que señala una época en la historia de los adelantos de la Navegacion.

Desde 1708 hasta 1716, se suscitó la querella con Leibniz acerca del invento del cálculo infinitesimal; en 1713 apareció la segunda edicion de los *Principios*, i en 1726, un año ántes de su muerte, la tercera edicion.

Los funerales de este sabio tan insigne se hicieron con gran pompa.

Fué enterrado en la abadía de Westminster, al lado de los reyes de Inglaterra, honor que dispensa esta gran nacion a sus ilustres hombres.

El órden cronolójico de sus principales obras es el siguiente:

1687, *Principios;* 1704, *Optica*, con las cúbicas, la cuadratura i rectificacion por medio de séries i el cálculo de las fluxiones; *Aritmética Universal;* 1711, *Análisis por séries*, las fluxiones, etc. i *Método Diferencial;* 1729, *Lecciones de Optica;* 1736, *Método de las fluxiones*, traduccion de José Colson; 1779, *Jeometría Analítica.*

Los *Principios* fueron vertidos del latin al frances por la Marquesa Du Chastelet, (Gabriela, Emilia de Breteil) secundada por Clairaut i Voltaire.

Newton era de baja estatura, i, al fin de su vida, un poco corpulento; de aspecto agradable, tenia los ojos pardos, una frente espaciosa i una fisonomía intelijente. A los treinta años su cabeza se cubrió de canas i conservó hasta su muerte una larga i espesa cabellera blanca como la plata. Neglijente en el vestir, lento en sus movimientos, solo se preocupaba de sus ideas i no de agradar a los demas. La distraccion de las cosas del mundo era en él un hábito i al respecto se refieren diversas anécdotas.

En una ocasion se paseaba a caballo i, al subir una colina, descendió de la cabalgadura para aliviarla de su peso; subió solo hasta la cumbre i al llegar allí se volvió para montar de nuevo, sin acordarse de que el caballo habia quedado al pié del cerro.

Cuando comia en compañia de sus amigos i tenia que levantarse de la mesa para ir a buscar algo que faltaba, sus comensales estaban seguros de que no volveria: se le encontraba absorto en la resolucion de algunas de las cuestiones que constantemente lo asediaban.

No hacia ningun ejercicio ni tenia ninguna distraccion, i trabajaba constantemente diez i ocho horas diarias en escribir.

Era relijioso, de una moral irreprochable, i poseia, segun el obispo Burnet, «el alma mas pura» que jamas habia conocido. Siempre fué recto, honrado i justo. Sin embargo, en sus controversias con Leibniz, Hooke i otros, no fué jeneroso. Era modesto, i atribuia a los trabajos de sus predecesores la mayor parte de sus descubrimientos; i en cierta ocasion declaró que si habia visto mas léjos que otros, era porque se habia subido en hombros de jigantes. Se apreciaba en estos términos: «Ignoro la opinion que el mundo pueda tener de mí; mas, por lo que a mí respecta, me figuro haber sido solo como un niño jugando a las orillas del mar, gozoso de haber encontrado un guijarro mas pulido o un caracol mas vistoso que los demas, en tanto que el océano inmenso de la verdad se estiende ante mi vista ocultándolo todo.» Las discusiones lo enfermaban; i se cree que, a no ser por las instancias de sus amigos, jamas habria publicado sus obras, escepcion hecha de sus notas sobre la óptica. No le halagada la celebridad; i cuando resolvia los problemas en que habian escollado otros matemáticos, permitia la publicacion de sus soluciones bajo la condicion de no mencionar su nombre.

Su jenio matemático jamas ha sido sobrepasado; sus obras así lo atestiguan, i en este sentido ningun sabio ha recibido mayor número de elojios ni mas merecidos.

El rasgo mas prodijioso de su talento estraordinario es, sin disputa, el haber compuesto en siete meses el primer libro de los *Principios.*

Con relacion a su poder matemático, Lagrange decia, recomendando a sus alumnos el estudio del análisis: «la Jeometría es un arco poderoso, pero del cual solo un Newton puede hacer uso.»

Resolvió el célebre problema de Pappo, de encontrar el lugar de un punto tal que el producto de sus distancias a dos rectas dadas esté en razon constante con el producto de sus distancias a otras dos rectas dadas, cuestion que, desde los tiempos de Apolonio, ningun jeómetra habia podido resolver. Newton estableció en una forma elegante que este lugar jeométrico era una cónica. Dicho problema habia sido propuesto por Juan Bernouilli. Este mismo escritor propuso determinar la braquistócrona (cicloide) i hallar una curva tal que si por punto fijo O se traza una recta cualquiera que la corte en P i Q, la suma $\overline{OP}^n + \overline{OQ}^n$ sea constante. Leibniz resolvió esta cuestion seis meses despues; i desafió a Newton a que encontrase sus soluciones.

Al dia siguiente de recibir la comunicacion, Newton dió respuesta a los dos problemas i jeneralizó el segundo. En 1716, se le propuso encontrar la trayectoria ortogonal de una familia de curvas, i en cinco horas dió una solucion completa i la regla para encontrar las trayectorias.

Es casi imposible describir las consecuencias de los escritos de Newton sin ser tachado de exajeracion. Pero la sola comparacion del estado de la ciencia matemática en 1669 o a la muerte de Pascal i Fermat, i veinte años mas tarde, manifiesta claramente el inmenso progreso alcanzado. En suma, es permitido asegurar que los hombres de ciencia tardaron mas de medio siglo en asimilarse los descubrimientos que el eminente matemático ingles habia producido en este brillantísimo período de veinte años. Aunque no creó en jeometría pura ningun método nuevo, es menester confesar que ningun jeómetra demostró mayor habilidad que Newton en las aplicaciones de la ciencia de los griegos.

En áljebra introdujo los esponentes literales, estableció el teorema del binomio i contribuyó poderosamente al adelanto de la teoría de las ecuaciones. El teorema de la suma de las potencias de las raices de una ecuacion fué durante dos siglos un enigma para los matemáticos.

En jeometría analítica clasificó las curvas en aljebraicas i trascendentes; enunció varias propiedades fundamentales de las asíntotas, de los puntos múltiples, de los ojos aislados, esclareciendo tan variadas cuestiones en la discusion que hiciera de las cúbicas.

En 1666 inventó el cálculo infinitesimal, que fué conocido de los sabios solo en 1669.

Debido a la preferencia que se le dió a la notacion de Leibniz, no se han tomado en cuenta, como debió haberse hecho, las importantes investigaciones que a este respecto Newton llevara a cabo.

Ademas, fundó sobre bases sólidas i satisfactorias la dinámica, de la cual dedujo las diferentes teorías de la estática, como lo esplica detalladamente en los *Principios* (1687). La teoría de la atraccion, la aplicacion de las proposiciones fundamentales de la mecánica al sistema solar, la creacion de la astronomía física i el descubrimiento de la lei de la gravitacion universal son obras enteras i completamente suyas i fueron publicadas en la misma obra.

Estudió con la profundidad requerida el movimiento terreste i el lunar; creó la teoría de la hidrodinámica en el Libro II de los *Principios*, i perfeccionó considerablemente la teoría de la hidrostática, ciencia constituida por Pascal.

La teoría de la propagacion de las ondas con su aplicacion a la velocidad del sonido, es debida a Newton (1681). En óptica jeométrica esplicó la descomposicion de la luz i el arco íris, inventó el telescopio reflector i el sextante. En óptica física propuso i desarrolló la teoría de la emision de la luz.

La enumeracion que precede no contiene toda la obra científica de Newton; pero es mas que suficiente para señalar el elevado lugar que ocupa en la Historia de las Matemáticas.

(*Continuará*)