

ISAAC NEWTON

PRINCIPIOS  
MATEMÁTICOS  
DE LA  
FILOSOFÍA  
NATURAL

Introducción, traducción y notas de  
ELOY RADA GARCÍA

ALIANZA EDITORIAL

Título original:  
*Philosophia naturalis principia mathematica*

Primera edición: 2011  
Segunda edición: 2022

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaran, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica oración, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización.

© de la introducción, traducción y notas: Herederos de Eloy Rada García  
© Alianza Editorial, S.A., Madrid, 2011, 2022  
Calle Juan Ignacio Luca de Tena, 15  
28027 Madrid  
[www.alianzaeditorial.es](http://www.alianzaeditorial.es)



ISBN: 978-84-1362-941-4  
Depósito Legal: M. 15.372-2022  
Printed in Spain

---

SI QUIERE RECIBIR INFORMACIÓN PERIÓDICA SOBRE LAS NOVEDADES DE  
ALIANZA EDITORIAL, ENVÍE UN CORREO ELECTRÓNICO A LA DIRECCIÓN:

[alianzaeditorial@anaya.es](mailto:alianzaeditorial@anaya.es)

---

# INDICE

Introducción, por Eloy Rada . . . . .	9
Apéndice bibliográfico . . . . .	77
I. Las ediciones de los <i>Principia</i> , 77.—II. La obra de Newton, 81.—III. Ediciones recientes de la obra de Newton, 85.—IV. Repertorios y bibliografías, 86.—V. Biografías y estudios conexos, 87.—VI. Obras generales, 87.	
A esta obra fisico-matemática del muy ilustre varón Isaac Newton	95
Prefacio del autor al lector . . . . .	97
Prefacio del autor a la segunda edición. . . . .	100
Prefacio del editor a la segunda edición . . . . .	101
Prólogo del autor a la tercera edición. . . . .	120
Definiciones . . . . .	121
Axiomas o leyes del movimiento. . . . .	135
 <b>LIBRO PRIMERO. DEL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS</b>	
Sección primera. Del método de las razones primeras y últimas por cuyo medio se demuestra lo que sigue. . . . .	157
Sección II. Sobre el descubrimiento de las fuerzas centripetas . . .	172
Sección III. Del movimiento de los cuerpos en secciones cónicas excéntricas . . . . .	195
Sección IV. De cómo hallar órbitas elípticas, parabólicas e hiperbólicas a partir de un foco dado . . . . .	211
Sección V. La obtención de órbitas cuando no se da ninguno de los focos . . . . .	221

Sección VI. Sobre cómo hallar los movimientos en órbitas dadas	260
Sección VII. Del ascenso y descenso rectilíneo de los cuerpos . . .	271
Sección VIII. De cómo hallar órbitas en las cuales girasen cuerpos sujetos a fuerzas centripetas cualesquiera . . . . .	285
Sección IX. Del movimiento de cuerpos en órbitas móviles y del movimiento de ápsidas . . . . .	293
Sección X. Del movimiento de cuerpos en superficies dadas, y del movimiento de vaivén de los péndulos . . . . .	309
Sección XI. Del movimiento de cuerpos que tienden unos a otros con fuerzas centripetas . . . . .	328
Sección XII. De las fuerzas atractivas de cuerpos esféricos . . . . .	335
Sección XIII. Sobre las fuerzas atractivas de cuerpos no esféricos	385
Sección XIV. Sobre el movimiento de cuerpos mínimos que son sometidos a fuerzas centripetas tendentes hacia gran parte de otro cuerpo muy grande. . . . .	400

## LIBRO SEGUNDO. DEL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS

Sección primera. Del movimiento de los cuerpos a los que se resiste en razón de la velocidad . . . . .	413
Sección II. Del movimiento de los cuerpos a los que se resiste en razón del cuadrado de las velocidades. . . . .	425
Sección III. Sobre el movimiento de los cuerpos a los que se resiste parte en razón de las velocidades y parte en razón del cuadrado de dicha razón . . . . .	460
Sección IV. Del movimiento circular de los cuerpos en medios resistentes . . . . .	472
Sección V. Sobre la densidad y comprensión de los fluidos, y sobre hidrostática. . . . .	482
Sección VI. Del movimiento y resistencia de cuerpos pendulares.	498
Sección VII. Sobre el movimiento de fluidos y la resistencia de proyectiles. . . . .	525
Sección VIII. Sobre el movimiento que se propaga por los fluidos	573
Sección IX. Sobre el movimiento circular de los fluidos. . . . .	596

## LIBRO TERCERO. SOBRE EL SISTEMA DEL MUNDO

Reglas para filosofar. . . . .	615
Fenómenos. . . . .	619
Proposiciones . . . . .	625
«Sobre el movimiento de los nodos de la Luna...» . . . . .	692
Escolio general. . . . .	780

# INTRODUCCION

## I

Los mejores conocedores de la obra y de la figura de Newton suelen experimentar ante el personaje una extraña ambigüedad de sentimientos, desde la admiración más cálida a la repulsión casi inevitable. Las biografías más y mejor documentadas<sup>1</sup> dan también buena base para ello, por cuanto, hasta donde permite llegar la documentación, no parece el suyo un perfil amable y candoroso. Por el contrario, junto a la innegable categoría de genio, parece que se escondía tras la inescrutable máscara de sir Isaac Newton, un espíritu lleno de complejidades, cuya interpretación no ha dejado de tentar a psicoanalistas, biógrafos, estudiosos de humanos recovecos y hasta a pintores de retratos<sup>2</sup>. La única

---

<sup>1</sup> Véanse las *Biografías*, reseñadas en la Bibliografía, pero nos hemos ceñido a las más destacadas. Datos menores, aunque significativos habría que tomarlos de las biografías de algunos de sus contemporáneos, en particular de las de Hooke, Whiston. Flamsteed.

<sup>2</sup> Al menos 16 retratos y 6 medallas en bronce se hicieron de Newton en vida del mismo. Empezó posando para Kneller en 1689 y lo hizo de nuevo en 1702, 1720 y 1723. Para Gandy en 1706, para Jervas en 1703. Para Richter en 1741, para Murray en 1718, para Thornhill en 1710 (bis), para Vanderbank, en 1725 (bis) y 1726, además de dos anónimos y un boceto de Stukeley de 1719, para Seeman en

«descripción» que nos falta es la de un dramaturgo que hubiese teatralizado alguno de los aspectos más apasionantes de nuestro personaje, aunque quizá no se hubiera requerido para ello menos que un Shakespeare. A falta de ello y sin pretender suplir alguna de las biografías citadas más arriba, habrá que decir algo de su vida y, sobre todo, de su obra.

Nacido el día de Navidad de 1642 en Woolsthorpe, una granja de cierto rango, con unos cien acres de tierras de su pertenencia, y un par de meses después de la muerte de su padre, nadie podría haber predicho que aquel sietemesino que «cabía en una jarra de cuarto (de galon)» como, según decía él, había comentado su madre cuando nació, habría de ser un día sir Isaac Newton, *aeques auratus*, presidente de la Sociedad Real de Londres, etc. Las condiciones de su nacimiento eran casi de infortunio. Un padre recién muerto, un hijo sietemesino, débil, con una madre, Hanna Ayscough, perteneciente a una familia local ahora en declive económico apoyada por algunos parientes clérigos, pero sin medios ni para restaurar la vieja casa de piedra de la granja. Las dificultades de una época de guerra civil no constituían buenos presagios para el recién nacido. Pero, con todo, sobrevivió y con apenas tres años cumplidos vio a su madre partir, casada en segundas nupcias, hacia la casa rectoral de North Witham, cuyo viejo y hacendado titular, Barnabas Smith, llegó a convencer a Hanna mediante unas capitulaciones que incluían cierta dote a Isaac más el arreglo del edificio de la vieja granja. Los biógrafos registran este hecho como un momento crucial en la idiosincrasia de Newton. Rompe la relación del niño con su madre y origina encontrados sentimientos en su espíritu que, dicen, tendrán enormes consecuencias. Una que tuvo importancia es que garantizó a Newton una cierta seguridad económica, incluso para los días de sus estudios en Cambridge. Las demás pertenecen a la intimidad de Newton y, que sepamos, apenas hay indicios de ellas; tan celoso fue de sus sentimientos. Newton quedó encomendado a los cuidados de su abuela materna y tampoco de ella dejó, que se sepa, ninguna semblanza, nada que permita adivinar sus recuerdos de esa temprana infancia.

---

1724. Aunque no son retratos geniales como el retratado, permiten entre todos entrever cierta altivez y fría lejanía en Newton. Pero no hay que olvidar que se encargaban para algún fin. Y esto era lo primero que debía intentar el retrato.

Pero en agosto de 1653 el reverendo Barnabas falleció y la madre de Newton regresa a la granja de Woolsthorpe acompañada de un hijo de un año y de dos hijas algo mayores, tres hermanastros de Newton cuya presencia, al lado de la madre recuperada, no sabemos hasta dónde pudo afectar al pequeño Isaac.

Mientras tanto seguía acudiendo a una escuela local donde aprendió a leer y a escribir y muy poco más. Desde el regreso de su madre a casa hasta la primavera de 1655 todo son conjeturas, imágenes idílicas con su madre reencontrada, sus idas y vueltas a la escuela y acaso algún problema de celos con sus hermanastros Smith. Disponemos para estos detalles de dos «memorandas» de Stukeley y de Conduitt<sup>3</sup>, el segundo procedente en gran medida del primero, que fueron redactados con posterioridad a la muerte de Newton y que, por ello, hubieron de valerse de testimonios de terceros y de una memoria muy lejana e imprecisa para recordar anécdotas de un niño, entonces algo especial, pero no un prodigio todavía.

En marzo o abril de 1655 es enviado a la *Free Grammar School of King Edward VI* de [Grantham], donde quizá vio por vez primera al filósofo Henry More, con quien sin duda volverá a encontrarse en la Universidad de Cambridge. Grantham dista unas pocas millas de Woolsthorpe y Newton siguió en contacto frecuente con su familia, si bien se hallaba alojado en casa del boticario Mr. Clark, cuya esposa, amiga de la madre de Newton, tenía de un primer matrimonio tres hijos de apellido Storer, uno de los cuales, con el tiempo, proporcionará a Newton (Libro III, Proposición XLI...) algunas observaciones desde Nueva Inglaterra sobre el cometa de 1680, mientras el otro hermano será su encargado en Woolsthorpe, y la tercera, «Miss Storey» (en el «memorandum» de Stukeley), será la encargada de darnos la única nota humana que conozcamos de Newton. Esta niña, después casada con Mr. Vincent, dio a Stukeley alguna informa-

---

<sup>3</sup> Los apuntes de Stukeley, William, se han publicado con el título *Memoirs of sir Isaac Newton's Life*, editados por A. Hastings White, en Londres 1936. Las notas de Conduitt se hallan en los manuscritos *Keynes*, en la biblioteca del King College de Cambridge y no han sido publicados más que fragmentariamente en citas diversas. De esa procedencia son la mayor parte de anécdotas sobre su vida en Londres y también las noticias que recibió Fontenelle para su *Elogio*.

ción de aquellos remotos días de 1655-1659 en que Newton estudiaba en Grantham. Sus hermanos mantendrán con Newton alguna relación personal (Arthur Storer como informador desde Nueva Inglaterra, Edward como administrador de Woolsthorpe). Pero ella fue la amiga de Newton en aquellos tiempos y posiblemente la única mujer de su vida. Newton sintió por ella un especial afecto, sin que sepamos mucho más, y quizá en aquellos años de semiadolescente, un romántico enamoramiento. Ella ya en la ancianidad lo recordaba bien como «un muchacho serio, silencioso, pensativo...» (*sober, silent, thinking lad*). Pero los comienzos no debieron ser fáciles. Es probable que la preparación de la escuela rural no fuera suficiente o quizá fuese otra la razón, mas el hecho es que Newton se encontró entre los últimos de la clase. Y ocurrió que un día camino de la escuela, el alumno que estaba delante de él le propinó un golpe en el estómago. Y, aunque sólo jugaba con las niñas, en este caso sabía bien qué hacer. Esperó toda la larga jornada de clases y cuando salieron desafió a su contrincante. En el patio de la Iglesia pelearon, y aunque el rival era mayor que él, Newton tenía más genio y mayor rabia y obligó al contrario a pedir basta<sup>4</sup>. Después le agarró por las orejas y le metió la cabeza contra la valla de la Iglesia. No le bastó esto y a los pocos meses había humillado a todos colocándose en el primer puesto de la clase. Más tarde, en 1662, hizo una lista de sus «pecados» y en ella recuerda «pegar a Arthur Storer» («Beating Arthur Storer»).

Sus estudios en Grantham, bajo el magisterio de Henry Stokes, se centraron en el aprendizaje del latín, algo de griego y lecturas de los clásicos y de la Biblia. Por su cuenta leía y anotaba otras cosas, procedentes, quizá, de la pequeña biblioteca del boticario Clark<sup>5</sup> y dedicaba mucho de su tiempo a construir aparatos mecánicos de juguete poniendo en ello grandes dosis de

---

<sup>4</sup> Aparece en el manuscrito *Keynes*, caligrafía de Conduitt. Ms. 130-132, págs. 17-18.

<sup>5</sup> Gracias a un cuaderno de notas de Newton de esta época que se conserva en la Pierpont Morgan Library de Nueva York, sabemos que uno de los libros que centraron su interés en esta época y que inspiraron su genio mecánico como constructor de artefactos fue *The Mysteries of Nature and Art*, de John Bate. Vde. E. N. da C. Andrade, «Newton's Early Notebook», en *Nature*, 135 (1935), pág. 360.



observación y de habilidad mecánica. Al cabo de cuatro años y medio de estancia en Grantham, su madre le reclama en Woolsthorpe para que se vaya haciendo cargo de la granja y le asigna la compañía y asistencia de un criado. Newton fue un pésimo alumno agrícola. Su desinterés por la granja y por cuanto en ella ocurría acabó por convencer a su madre de que Isaac debía seguir por otros caminos. Se decidió su regreso a Grantham con el fin de preparar su ingreso en la Universidad de Cambridge. Quizá Hanna se vio ayudada en esta decisión por Stokes y por sus parientes clérigos, e inicialmente la decisión albergara la esperanza de dirigir al joven Isaac hacia la carrera eclesiástica. De hecho la Iglesia ofrecía unas posibilidades mucho más seguras y atractivas que la dura vida campesina. Y por otro lado la familia materna tenía relaciones en ese mundo. Sea como fuese, Newton regresó a Grantham durante otros nueve meses para completar su preparación. Stokes recibió a Newton con alegría y Stukeley nos asegura que le presentó ante los demás con lágrimas en los ojos en un discurso laudatorio, con el cual, al despedirle camino de la Universidad, le proponía como modelo a los demás escolares. Por lo visto, algunos de ellos también lloraban.

Y a buen seguro que Newton no dejaba entre ellos un mal recuerdo. A juzgar por las anécdotas que Stukeley llegó a escuchar de labios de sus informantes, tanto los Clark como los Storer y tal vez otros, debió encantar a los buenos habitantes de Grantham con su ingenio mecánico como constructor de cometas, relojes de agua, y otros varios juguetes mecánicos de general admiración. Pero quizá es más destacable el hecho de que en ellos puso a contribución su enorme capacidad de observación y de análisis del movimiento para hacerlos de tal modo que en ellos se diesen óptimos aprovechamientos de las fuerzas en juego<sup>6</sup>. Suele verse en este detalle una especie de premonición de su futura aplicación a la filosofía natural. Lo cierto es que sus habilidades mecánico-manuales le fueron de gran utilidad cuando hubo de preparar su instrumental de observación. Otro tanto cabe decir de sus habilidades como dibujante. Las paredes de su habitación en

---

<sup>6</sup> Cfr. Stukeley, o.c., pág. 43 y Conduitt, *Keynes Ms.* 130-132, pág. 24. El reloj de agua y otro de sol junto con una reproducción a escala del molino, llamaron la atención de todos.

la casa de los Clark, parece ser que estaban llenas de sus dibujos, entre ellos retratos del Rey, de Stokes, etc.<sup>7</sup>.

Por lo demás, los estudios de la escuela de Grantham debieron preparar a Newton para un dominio del latín y de los clásicos, sin ninguna referencia a problemas de filosofía ni matemáticas, salvo acaso algunas nociones elementales. A cambio proporcionaron a Newton, con la ayuda de las relaciones de su madre principalmente a través de su familia y de la amistad con la señora Clark, algunas conexiones en Cambridge, en especial la de Humphrey Babington, Fellow del Trinity y hermano de la señora Clark, cuya influencia benéfica, no sabemos si también los buenos oficios de Stokes, sirvió a Newton para cruzar por primera vez la Gran Puerta del Trinity College, el día 5 de junio de 1661. Aunque no era absolutamente pobre de fortuna (recuérdese que la dotación de Barnabas Smith llegaba a una renta de 50 libras por año), su situación de ingreso en el Trinity es de «subsizar», estudiante pobre que ha de ganar su sustento como sirviente en la mesa de los Fellows y estudiantes ricos. Los estatutos del Trinity daban cumplimiento con ello al precepto evangélico de socorrer a los pobres, para lo cual les dan el nombre de «Sizatores», esto es, «scolares pauperes». Y quizá Newton, heredero del señorío de Woolsthorpe y acostumbrado a tener criados, no encontró demasiado duro el oficio de «Sizar», puesto que tal vez estuvo desde el principio destinado al servicio de Babington como cuidador de los intereses del mismo en Cambridge, donde sólo venía a residir unas semanas por año. Si la situación social no era brillante, la comodidad y la autonomía debieron serlo, y los servicios a Babington a la postre resultaron beneficiosos para Newton.

Tampoco ahora tuvo amigos ni intimidad con nadie. Seguía siendo un estudiante pensativo y solitario. Al cabo de siete u ocho meses se encontró con John Wickins, que andaba pasando mal momento por causa de su compañero. Llegaron a entenderse y desde entonces compartieron la habitación, aunque esto no bastó para generar entre ellos una amistad profunda. Tal vez no pasó de ser una relación de buenos compañeros. Y no más amigos.

---

<sup>7</sup> *Ibid.* Su afición por la pintura y el dibujo le valió luego en el diseño de los diagramas de sus experimentos.

Pudiera pensarse que Newton fue un estudiante de los que hoy se suelen calificar de «expediente brillantísimo» o de «número uno» y que sus estudios tuvieron lugar en la Universidad más avanzada de aquel entonces. Nada de eso se corresponde con lo que sabemos de uno y de otra. La Universidad de Cambridge, como las demás de Inglaterra entonces, era un centro de poder real y eclesiástico y el Trinity uno de los santuarios más conspicuos, por su tradición, su importancia dentro del conjunto de los Colleges y por el espíritu puritano y cuasi monacal de sus estatutos, de sus estudios y de sus Fellows. Sus alumnos eran, por lo general, candidatos a ocupar puestos eclesiásticos, y si eran nobles, puestos políticos o en el aparato del estado. La enseñanza, en este contexto, era típicamente escolástica, con algunos toques renacentistas y basada en las antiguas disciplinas medievales que comprendían el bachillerato en Artes, o el magisterio en Artes o acaso en Teología. Gramática, retórica, dialéctica, un poco de física o de astronomía, algunas matemáticas o geometría, música y lecturas de los clásicos que empezaban a ser recomendadas por los tutores con alguna profusión, en particular Plinio, Cicerón, Estrabón, etc. Al final, unos ejercicios de argumentación sobre la base silogística de Aristóteles y ello era suficiente para que un estudiante optase al bachillerato en Artes. Conocemos los textos que hubo de manejar Newton y nos quedan sus cuadernos de notas de estudio. Por ellos sabemos que Newton sintió poco interés por los programas que le proponía la Universidad y que en el momento en que aparecía ante su vista algo nuevo, abandonaba sus notas sobre los textos para internarse sólo por los nuevos horizontes. Esto ocurrió, de modo relevante, con la astronomía y con las matemáticas<sup>8</sup>. Sus progresos fueron siempre solitarios, nunca guiados por un maestro, quizá con la única excepción de Barrow en un momento, y siempre sin la posibilidad

---

<sup>8</sup> Entre los textos que manejó Newton hubo uno de orientación aristotélica cuyo autor era un clásico en el siglo xvii inglés. Johannes Margirus. Su *Physiologiae peripateticae* no satisfacía a Newton y menos sus datos. Entre líneas escribe: «Galileo dice que el diámetro aparente de las estrellas de primera magnitud es de 5''...etc. y M. Azout estima el diámetro de..., etc.». Cuando Newton conoce estos otros valores y formas de hacer astronomía abandona a Margirus y con él la cosmología aristotélica.

de discutirlos privadamente con colegas. Y si es cierto que a su llegada a Cambridge poseía aceptables conocimientos de latín, su preparación en las disciplinas relacionadas con la filosofía natural, matemáticas, astronomía, física, geometría, etc. era mucho menos que elemental. Sus «Notebooks» permiten afirmar que no concluyó la lectura de sus libros de texto y que muy pronto el análisis crítico de los mismos le empujó hacia la lectura de autores extracurriculares, como, por ejemplo, Descartes, Gassendi, Galileo (de quien parece que leyó el «Diálogo», aunque no los «Discorsi»), Boyle, Hobbes, K. Digby, J. Glanville, H. More, etc. En 1664 abre una entrada en su Notebook con el título de «Questiones Quaedam Philosophicae» (sic)<sup>9</sup> que en gran parte parece responder a sus lecturas privadas y no curriculares. El título va apostillado con una frase que expresa, al menos, su voluntad de investigar por su cuenta: «Amicus Plato, amicus Aristóteles magis amica veritas.» Mas no hay que pensar que Newton deja de lado a Platón y a Aristóteles para adoptar sin más la filosofía cartesiana. Aunque ésta le sugiere más y mejores métodos de análisis, sus notas de la época muestran que leía planteando preguntas a los autores, proponiendo contraargumentos o contraejemplos, haciendo precisiones conceptuales u observacionales, etc. Los temas cartesianos que le llaman la atención desde el principio son la luz, el movimiento mecánico, la materia, el espacio, el sistema solar de vórtices y la geometría<sup>10</sup>. Cuando

---

<sup>9</sup> Recientemente publicado por J. E. McGuire y Martin Tamy; *Certain Philosophical Questions, Newton's Trinity Notebook*, Cambridge U. Press. 1983. Con un amplio comentario inicial de 325 páginas y el texto con la transcripción al inglés actual.

<sup>10</sup> Los tópicos que Newton incluye en el texto citado en la nota anterior son: 1) la materia prima, 2) los átomos, 3) el vacío y los átomos, 4) de la cantidad, 5) de la conjunción de cuerpos, 6) del lugar, 7) del tiempo y la eternidad, 8) del movimiento, 9) de la materia celeste y de los orbes, 10) del sol, las estrellas, los planetas y cometas, 11) de la rareza, la densidad, la rarefacción y condensación. 12) transparencia y opacidad, 13) de la fluidez, estabilidad y sequedad, de la blandura, la dureza, la flexibilidad y tractilidad, 14) del calor y el frío, 15) de la gravedad y levedad, 16) del calor y frío (bis), 17) del movimiento violento, 18) de la reflexión, ondulación y refracción, 19) del fuego, 20) del aire, 21) del aire y la sal, 22) de la tierra y de la atracción magnética, 23) movimiento perpetuo, 24) vegetales, 25) filtración y electricidad, 26) de la luz, 27) de la sensación, 28) de la especie visible.

en la primavera de 1665 obtiene el grado de bachiller en Artes tiene también perfilado un programa personal de intereses científicos centrado en estos temas. La filosofía natural que descubre en 1664 no era demasiado ortodoxa en Cambridge, pero Newton era, a su vez, un tanto original dentro de ella. Cuando hubo de ser examinado por Isaac Barrow sobre Euclides lo halló en blanco, y en cambio no le preguntó nada de la geometría de Descartes que dominaba ya bastante bien. Ello estuvo a punto de costarle la no elección para residente del Trinity, pero sus patrones, quizá otra vez Babington, le echaron una mano y su carrera quedó inicialmente garantizada, y lo que es más importante, se inicia su conocimiento y relación intelectual con Barrow.

Aproximadamente en los días en que se produjo su elección como escolar residente en el Trinity (abril de 1664), se inician sus notas y apuntes conservados de sus estudios matemáticos, siempre en solitario, relativos a la geometría de Descartes y al análisis moderno. Su guía inicial fue la segunda edición latina de la «Geometría» de Descartes que había preparado Schooten, complementada con notas y textos de álgebra, sobre todo de Viète. A la vez toma contacto con el cálculo infinitesimal de Wallis. Y ya en 1664 logra un gran dominio de ambas disciplinas y también vislumbra algunas estrategias para hacer de ambas una síntesis, pues llega a percibir con claridad que la ecuación de una curva no es una mera representación de la misma sino que entraña la propia naturaleza de la curva, de tal modo que el estudio de la ecuación se convierte así en estudio *general* de una curva, de sus propiedades y de sus límites. Desde la primavera de 1664 hasta el otoño-invierno de 1666 en que redacta un tratado resumen de sus hallazgos, logra un dominio completo de los conocimientos matemáticos de la época y descubre además su

---

29) de la visión, 30) de los colores, 31) de los sonidos y, tras algunos sobre cuestiones de imaginación y fantasía, vuelve a los minerales, a los meteoros, al flujo y reflujo del mar, al movimiento violento, de nuevo, a los cometas (tablas de Snell) y siguen sus observaciones del cometa de 1664 con dibujos, como antes con el movimiento, con un largo estudio de la luz y del movimiento que alcanza a sus estudios de 1665-1666. En este conjunto de textos se halla una buena pista de lo que estamos diciendo respecto a los programas de investigación de Newton.

propio método de fluxiones y también los teoremas que dan pie a dicho cálculo<sup>11</sup>.

Pero estos logros matemáticos no son independientes por completo de sus estudios de mecánica. Más bien hay que pensar que, hasta cierto punto, están relacionados con ellos. Primero porque el estudio de Descartes le pone simultáneamente en relación con ambos campos, y en segundo lugar porque Newton conecta internamente unos problemas con otros. El análisis de curvas es un análisis de puntos en movimiento y el análisis del movimiento es a su vez una reconsideración geométrica del mismo, de sus magnitudes espaciales y de las relaciones y proporciones matemáticas inherentes a esas curvas, rectas, áreas, ángulos, etc. El hecho de que ambas investigaciones fuesen paralelas y solapadas en el tiempo, más que una significación cronológica, tiene un valor epistemológico. Y un dato más lo puede confirmar: Newton en el análisis y construcción de curvas, de familias de curvas y de las propiedades de esas curvas (en particular las cónicas) utilizó como guía un cierto instrumental mecánico, artefactos compuestos de reglas y cuadrantes con hilos que determinaban un punto móvil, el cual, al moverse sobre un plano según le permitían las longitudes variables del hilo, describía curvas más o menos complejas. El movimiento de un punto aparece así vinculado a unos parámetros de naturaleza geométrica, y en definitiva matemática, que permiten establecer ecuaciones con incógnitas a despejar. Si se conoce la naturaleza de esas ecuaciones y el sistema de construcción de las figuras representativas del movimiento, entonces es posible una matemática de los puntos en movimiento. Eso se halla en el origen del método de fluxiones. En sus ensayos de mayo de 1666 lo afirma expresamente y muestra también que el cálculo fluxional no es un mero ejercicio de análisis de curvas<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> Sin duda, el mejor estudio de los desarrollos matemáticos de Newton se puede hallar en la introducción y comentarios de D. T. Whiteside, contenidos en su monumental edición de *The Mathematical Papers of Isaac Newton*, 8 vol. Cambridge U. Press, 1967-1982, pero para una breve y, a la vez, precisa exposición de este aspecto de los hallazgos y progresos de Newton, será bueno remitir al lector al Cap. IV («Resolving Problems by motion») de la Biografía de R. S. Westfall, *Never at Rest*, Cambridge U. Press, 1980, rep. 81, 82, 83 y 84.

<sup>12</sup> Confr. Westfall, o.c., págs. 135-137.

Pero la razón última de esos progresos habría que situarla en el hecho de que, a la sazón, Newton estudia problemas cartesianos de impactos entre cuerpos perfectamente elásticos, de centros de gravedad y, por tanto, de lugares geométricos, de reflexión y refracción, etc. Esos estudios le llevan inevitablemente a plantearse problemas conceptuales, más allá de los puramente métricos, tales como el del concepto de «masa» (cantidad de materia), inercia, velocidad, fuerza..., con los cuales ensaya múltiples estrategias. Una de ellas le lleva a descubrir para los movimientos circulares la ley del inverso del cuadrado del radio. En tal caso era obvia la comparación con los movimientos celestes de los planetas y de la Luna. Pero en este momento Newton aún no ha descubierto el concepto de «fuerza centrípeta» sino que sus análisis están guiados por la fuerza centrífuga, «endeavor to recede from the center». Y desde esta perspectiva no hay demasiado apoyo para asegurar, como hace la leyenda heroica, que en estos momentos se formuló para sí mismo la ley de la gravedad, ni siquiera como una intuición. Más bien parece que el análisis del movimiento circular en términos de leyes de impacto le llevó a formular el valor de la fuerza con la que se mueve un cuerpo en circulación uniforme por un círculo, en la hipótesis de que ese cuerpo es empujado contra la pared interior del círculo por una fuerza procedente del centro, fuerza que en esas condiciones resulta inversamente proporcional al cuadrado del radio. Esa hipótesis, en el caso de los planetas y de la Luna, es una hipótesis superponible a todas luces con la de los vórtices. Geométricamente admite un tratamiento inverso, el del desvío de la tangente. Newton lo consideró en el caso de la Luna, y la caída de los graves de Galileo le sugirió una analogía. Inicialmente no coincidió el resultado con el previsto. Newton no debió sentir sensación de fracaso por ello, ya que con toda probabilidad su idea de la gravedad era tan limitada por entonces como la de cualquier galileano. En cambio, obtuvo un resultado orientativo: la fuerza de la gravedad en la superficie de la Tierra es unas 4.000 veces mayor que la fuerza de la Luna para apartarse del centro de la Tierra, y además, sustituyendo en su fórmula de la fuerza centrífuga los valores de longitudes y tiempos por la tercera Ley de Kepler (los cubos de los radios medios de los planetas son proporcionales a los cuadrados de los tiempos periódicos), las

«fuerzas de receso desde el Sol serán inversamente como los cuadrados de las distancias desde el Sol»<sup>13</sup>.

Durante buena parte de 1665 y de 1666 Newton vivió en Woolsthorpe como consecuencia de la peste que asoló Inglaterra y que acabó con el incendio de Londres; en marzo de 1666 regresa a Cambridge por breve tiempo y recibe el título de M. A. Para entonces ya ha iniciado la relación con Barrow y ha establecido con él un conocimiento y quizá una amistad que aparentemente duró hasta la muerte del viejo maestro impulsor del proyecto y construcción de la Biblioteca del Trinity. En esta época inician, aparentemente juntos, una serie de estudios matemáticos, ópticos y experimentos alquímicos<sup>14</sup>, que Newton proseguirá por su cuenta años más tarde y que junto con los estudios matemáticos debieron servir al eminente Barrow para conocer a fondo las capacidades del «Scholar» que tenía ante él. Ello haría que Newton no encontrase mayores dificultades para ser elegido «minor Fellow» primero y «mayor Fellow» después, del Trinity.

Además de los estudios matemáticos, mecánicos y alquímicos, Newton aborda en estos años sus estudios de óptica. Su idea inicial sobre la naturaleza de la luz es, con certeza, igual de provisional y tentativa que las correspondientes de movimiento, materia y otras, entrelazadas en la filosofía mecánica cartesiana. Por ello no es fácil sostener que los resultados de su investigación, más o menos contenidos en los ensayos publicados en los primeros años setenta en las «Philosophical Transactions» o incluso más tarde en las Lecciones de *Optica*, representen por completo el cuadro de su filosofía natural. Sus ideas sobre la naturaleza de la luz, sobre la estructura de la materia, sobre la

<sup>13</sup> Véase el manuscrito 3958.5 de los complementarios en la Biblioteca de la U. de Cambridge, y ya publicado en *The Background to Newton's Principia*, Oxford, 1965, págs. 195-197. Esta relación del inverso del cuadrado, que dista mucho de la formulación final, le dio pie para sostener frente a Hooke la independencia y prioridad de su teoría de la gravitación y de la ley del inverso.

<sup>14</sup> Uno de los datos más relevantes es la colaboración entre maestro y discípulo en la publicación de las *Lectiones XVIII, Cantabrigiae in scholis publicis habitae; in quibus phaenomenon opticonum genuinae rationes investigantur...*, etc. de Barrow, en las cuales la mano de Newton introdujo algunas brillantes demostraciones, etc. Pero no sólo fue en este caso cuando Newton colaboró con, o a instancias de, Barrow en trabajos editoriales; también lo hizo en matemáticas, geografía, etc.



naturaleza de la acción física pueden ser consideradas avanzadas y hasta aventuradas para sus contemporáneos, pero, para él mismo, eran aún indecisas y en buena medida imprecisas. En mi opinión, su larga dedicación a la alquimia está motivada por su deseo de llegar a penetrar en el secreto de la constitución de la materia y de las fuerzas que concurren en ella. Desde este punto de vista, las matemáticas, la mecánica o la óptica no son sino capítulos previos y periféricos para abordar el desafío filosófico que Newton recibió de la filosofía de su tiempo. Por lo demás, es bien conocido que, ante este desafío, Newton optó por responder en términos de «filosofía natural». Opción ésta que tiene tanto de filosófica como de metodológica, pues no es un mero arsenal experimental al que se propone acudir sino también una concepción de la verdad y, por supuesto, una concepción del mundo. Ninguno de estos temas fue objeto de tratados específicos, aunque sí dejó constancia de su opción en pasajes de la *Optica* o de los *Principia*. Igual que no fue explícito en materia filosófica tampoco lo fue con sus ideas tentativas en filosofía natural, y, por ello, los biógrafos y exégetas han de apelar a conjeturas a la hora de reconstruir sus pensamientos. Algo parecido a la reconstrucción de un antiguo edificio del que se conservasen muchos materiales pero no los planos<sup>15</sup>.

Los años 1665-1666 suelen ser denominados «anni mirabiles» en el desarrollo intelectual de Newton por los hallazgos que logró en sus soledades de Cambridge y Woolsthorpe. Pero su programa de investigaciones se remontaba a la primavera de 1664 y se continuó hasta 1669. Y quizá lo admirable sea la coherencia y constancia infatigable con que lo prosiguió, avanzando alternativamente en cada frente. Mientras tanto, en su vida externa se producen unos acontecimientos importantes, de la mano ahora de Barrow, tales como su elección como Fellow del Trinity y después la renuncia de Barrow en su favor de la cátedra Lucasiana de matemáticas. Desde el 29 de octubre de 1669 Newton ocupará esa cátedra, con unas 100 libras de renta al año y convirtiéndose de paso en uno

---

<sup>15</sup> Este aspecto del perfil newtoniano se va haciendo más explícito, a la vez que se va matizando más, en la etapa de las revisiones y reediciones. El contraste con Descartes y Leibniz no debe hacer olvidar a los otros interlocutores, sobre todo a los compatriotas como Locke, Boyle, More, etc. Las cartas a Bentley son de especial interés.

de los siete profesores de la Universidad. Barrow fue designado capellán del Rey y, tres años más tarde, maestro del Trinity. Pero para este momento, en que va a empezar su magisterio, el primer programa de investigación ya estaba prácticamente concluido. Durante los diez años siguientes, hasta 1679, se harán públicos algunos de sus resultados y se irán perfeccionando otros, a la vez que aparecerán intereses teológico-históricos de notable importancia en su vida. Lo más notable aquí será reseñar que, de nuevo gracias a las influencias de Barrow, consigue que el Rey descargue al titular de la cátedra Lucasiana de la obligación de tomar órdenes sagradas. Para entonces ya era secretamente arriano y no podía sufrir sin horror la idea de tener que volver a jurar el dogma trinitario. Pero esto es algo ajeno ahora a nuestro objetivo.

Dejando de lado su trabajo de profesor Lucasiano que aparentemente sólo representaba para Newton un quehacer residual, durante estos diez años siguientes a su nombramiento su atención se centró en una reelaboración del programa de investigación completado hasta 1669. Dejando a parte sus investigaciones teológico-históricas muy amplias y variadas y cargadas de pasión religiosa, podemos resumir su actividad en tres áreas de filosofía natural: la óptica, el análisis y la alquimia. En óptica completa su serie de experimentos, publica una parte de sus investigaciones y mantiene una extensa polémica con Hooke, Huygens, Linus, Pardies y Lucas. Ya he señalado que su óptica, incluso la obra completa<sup>16</sup>, es un fragmento del *puzzle* total del pensamiento de Newton. Y ni siquiera estos ensayos de los años 70 son más que una parte de sus investigaciones. Por lo tanto, en este capítulo de su trabajo, su pensamiento andaba entrelazado con otras cuestiones, parte alquímicas, parte mecánicas, de las cuales solamente podemos inferir algunos aspectos por las respuestas que va dando o evitando dar a sus críticos.

Y aún eran más desconocidos sus pensamientos alquímicos. Pese a que en este período dedicó mucho esfuerzo y estudio al

---

<sup>16</sup> Para el lector de lengua castellana que desee una ampliación a estas consideraciones relacionadas con la *Optica*, es posible acudir a la edición que de la misma hizo Carlos Solís en Madrid, Alfaguara, 1977, cuya introducción y notas ofrecen muchas pistas sobre este tema, que en Newton es una especie de cruce de hilos entre sus diferentes investigaciones.

tema, solamente podemos saber de sus trabajos recurriendo a los manuscritos y apuntes que fue acumulando. Las pocas cosas que salieron de sus manos<sup>17</sup> apenas dan una idea de una mínima parte de sus investigaciones sobre la materia. Pero con todo, hay que concederles gran importancia, si se quiere llegar a comprender la génesis de algunos conceptos presentes en su *Optica* y en los *Principia*. No es fácil decidir si la teoría corpuscular de la luz y su correspondiente atomismo mecánico proceden de sus intuiciones alquímicas o si en sus investigaciones alquímicas busca una confirmación o una extensión de esas hipótesis. En todos los casos Newton da siempre la impresión de tratar de salvar los fenómenos y de indagar a través de ellos sobre algo más. Cuando tropieza con dificultades insalvables, a duras penas consigue disimular su contrariedad y, por lo general, evita decir algo que le comprometa con hipótesis poco sólidas. Pero la autocensura que se impone a la hora de escribir, no se la impone a la hora de investigar a solas en el laboratorio privado que tenía en su habitación del Trinity. Muchos de los conceptos que se manejan en el Libro II de los *Principia* como los de densidad, cohesión, resistencia, viscosidad, etc. han sido ensayados en el laboratorio. Y tratándose de un autodidacta, no es fácil determinar qué tipo de interacciones conceptuales iban ocurriendo en su mente al ensayar y contrastar ideas, hipótesis, experimentos y lecturas tan variadas. Hay que imaginar que su espíritu era una especie de laboratorio mental en el que determinadas experiencias y evidencias determinaban la aparición y prevalencia de unas ideas u otras según respondían mejor o peor a sus intereses científico-filosóficos.

En algunos casos el problema era más llevadero. Cuando aborda una revisión de sus trabajos matemáticos y se propone

---

<sup>17</sup> En realidad, salvo algunas insinuaciones en la *Optica* y unas cartas a Boyle y algunas notas más como el «De natura acidorum» (cfr. I. B. Cohen, editor. *Papers and Letters on Natural Philosophy*. Harvard U. Press. 1977. págs. 259-268). casi nada se halla publicado de los cuantiosos manuscritos alquímicos de Newton. Pero de que no tengan interés científico no se debe inferir que no tengan interés filosófico. Para un acercamiento a este aspecto puede verse, además del clásico libro de B. J. T. Dobbs: *The Foundations of Newton's Alchemy: The Hunting of the Greene Lyon*, Cambridge, 1975, un artículo de Karin Figala en *History of Science*, 15 (1977), 102-137 «Newton as Alchemist» y otro de R. y M. Boas Hall en *Archives internationales d'histoire des sciences*, num. 11, 1958: 113-152 «Newton's Chemical Experiments».

sistematizarlos, aunque no acabe el proyecto<sup>18</sup>, las cosas permiten logros más satisfactorios, y su «método de series y fluxiones» queda suficientemente listo como para ser considerado prácticamente completo por el momento. Y aquí es preciso destacar que su revisión le lleva a formular con entera precisión la estructura matemática de los problemas de velocidad, espacio, tiempo y movimiento: el método para analizar esos problemas de integración y diferenciación mediante cantidades fluentes (fluxiones). Si se compara este trabajo con el previo de 1668, «Enumeración de curvas de tres dimensiones» y se contemplan a la luz de un proyecto de investigación se puede observar que la estrategia es doble: por una parte, se mejora la estructura algebraica y, por tanto, se gana en generalidad y en rigor y, por otra, se conserva la perspectiva mecánica relacionada con la imagen de puntos en movimiento, incorporando con precisión variables de tiempo, velocidad y espacio. Diríase que las herramientas van estando listas. Desde 1672 a 1676 la polémica sobre la óptica le ocupa un tiempo que siempre lamentó. Y a partir de 1773 el regreso de Barrow como maestro del Trinity le empuja a preparar algunos textos matemáticos y, sobre todo, hacia la alquimia. Una vez conseguida la dispensa de tomar órdenes sagradas, sus trabajos teológicos y alquímicos ocupan su tiempo, junto con sus asuntos personales (muerte de su madre en 1679, arreglo de sus asuntos económicos en Woolsthorpe), de modo que para nuestra historia hemos de llegar hasta el invierno de 1679-1680 que constituye el primer paso directo hacia los *Principia*.

## II

La Sociedad Real de Londres había elegido a Newton como miembro de la misma en los primeros años setenta y Newton había mantenido con ella algunas comunicaciones. De manera formal, había participado en sus debates enviando sendos ensayos

---

<sup>18</sup> Buen ejemplo es el *Tractatus de methodis serierum et fluxionum* (véase el vol. III de los *Mathe. Papers*, págs. 32-328) que, reescrito y ampliado (sin título) en esta época, constituye un amplio y sistemático tratado de gran importancia para la sistematización posterior del cálculo. Pero no lo publicó tampoco.

sobre temas ópticos así como sobre un telescopio de reflexión en el que aplicaba los principios de su teoría de los colores intentando eliminar los efectos de la aberración cromática. Pero, en un tono más personal y privado, mantuvo una correspondencia científica con Oldenburg, secretario de la Sociedad Real, que hacía de intermediario con Huygens, Leibniz, etc. A la muerte de Oldenburg, y tras algunas intrigas interiores, resultó elegido secretario de la S. R. Hooke, cuya presencia en ella era muy antigua y que había desempeñado el cargo de «curator» de los experimentos. Esto no facilitaba las relaciones de Newton con la institución, ya de por sí bastante deterioradas como consecuencia de la polémica pasada. Y pese a dos cartas, aparentemente conciliatorias<sup>19</sup>, Newton se siente agraviado por la incomprensión de Hooke, y también por la pretensión de éste de que en su *Micrographia*<sup>20</sup> se podía hallar buena parte de todos esos fenómenos ópticos perfectamente salvados. La crítica de Hooke que era respetuosa y en alguna medida justa, indispuso de tal modo a Newton que, aparentemente, le decidió a no mantener nuevas relaciones epistolares con él. Pero el nuevo cargo de Hooke anima a éste a tratar de recuperar a Newton para la vida intelectual de la S. R. y aprovecha la nueva situación para convertir la carta de cortesía comunicando su elección, en una invitación:

«...Por mi parte, estimaré como un gran favor el que tengáis a bien hacerme conocer por carta vuestras objeciones a cualquiera de mis hipótesis u opiniones: en especial si tenéis a bien hacerme saber qué es lo que pensáis de la hipótesis según la cual los movimientos celestes de los planetas se compondrían del movi-

---

<sup>19</sup> Se pueden ver estas cartas en la *Correspondence*, vol. I, págs. 412 y 416 respectivamente. La de Hooke es cortés y hasta humilde, la de Newton correcta pero firme. Llama a Descartes y a Hooke «gigantes» sobre cuyas espaldas él, Newton, se ha subido, pero, por ello, ha visto más lejos.

<sup>20</sup> Se publicó en Londres en 1665 y tuvo gran eco en el mundo científico de su tiempo. Es, quizá, el mejor exponente del talante científico de Hooke: su viva imaginación hace gala de ingenio e intuición anticipando muchas cosas que luego tendrán una confirmación más adecuada. Así, define el calor como «la propiedad de un cuerpo que es producida por el movimiento y agitación de sus partes», etc. Por otra parte su capacidad de observador y experimentador queda bien probada en esta obra. Por lo demás, puede verse el tono de la reivindicación de Hooke en I. B. Cohen, *Papers and Letters*, págs. 198-199.

miento rectilíneo por la tangente y del movimiento de atracción hacia un cuerpo central, así como vuestras objeciones a mi hipótesis sobre las leyes y causas de la elasticidad»...<sup>21</sup>.

La primera de las hipótesis de Hooke se halla en su *Attempt to prove the Motion of the Earth by Observation* (Londres, 1674). La segunda en sus *Lectures de potentia resistendi* (Londres, 1678).

En esta misma carta Hooke da a Newton las noticias de «que en París se ocupan de un nuevo trabajo, la determinación de la longitud y latitud de las ciudades más importantes mediante los eclipses de los satélites de Júpiter... y han hallado que Brest está 18 leguas más cerca de París de lo señalado en los mapas... que Collins le ha mostrado un nuevo libro de de la Hire con un nuevo método de las cónicas y un tratado “de locis solidis”... que Flamsteed ha confirmado la paralaje de la órbita terrestre..., etc.» (paralaje que había sido predicha por Hooke).

Newton acababa de regresar de Woolsthorpe donde había estado unos meses con motivo de la última enfermedad y muerte de su madre y arreglando sus asuntos familiares. Con todo, responde inmediatamente (el 28 de noviembre de 1679<sup>22</sup>), excusándose por declinar la invitación a participar en asuntos filosóficos, por estar ahora dedicado a otras cosas, por haber dejado tales problemas de lado durante mucho tiempo y porque, en definitiva, «ha dicho su adiós a la filosofía». Le dice también que no ve cómo participar en algunos proyectos de medición similares a los franceses y, tras comentarle algunas de sus otras noticias, no tiene empacho en decirle que «con seguridad tendréis a bien creerme que antes de recibir vuestra carta yo no he oído hablar (en lo que recuerdo) sobre vuestra hipótesis de la composición de los movimientos celestes de los planetas y sobre el movimiento rectilíneo tangencial a la curva...», a pesar de que acaba de felicitarle por la confirmación de la paralaje predicha por Hooke precisamente en la misma obra donde formula las hipótesis en cuestión. Añade, generosamente, una oferta. Un experimento que serviría para probar experimentalmente el

<sup>21</sup> Pueden verse estas cartas en el vol. II de la *Correspondence*, págs. 297 y siguientes. Esta primera está fechada en «Gresham College, 24 de noviembre de 1679».

<sup>22</sup> Cfr. *Correspondence*, pág. 300.

movimiento de rotación de la Tierra: «Supongamos que  $BDG$  representa el globo terrestre que gira una vez cada día en torno a su centro  $C$ , moviéndose de Oeste a Este, según el orden de las letras  $BDG$ , que  $A$  es un cuerpo pesado suspendido en el aire y que gira con la Tierra de tal modo que se encuentra constante-

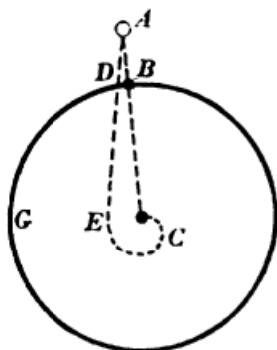


Fig. 1

mente sobre el punto  $B$ . A continuación imaginemos que se deja caer al cuerpo  $A$  y que su gravedad le comunica otro movimiento hacia el centro de la Tierra, sin que el anterior de Oeste a Este disminuya. Concedido que antes de su caída el cuerpo se hallaba más alejado del centro de la Tierra que el punto del suelo sobre el que está, resultará que el movimiento del cuerpo de Oeste a Este será más importante que el movimiento de Oeste a Este del punto del suelo sobre el que estaba; por consiguiente, no descenderá según la perpendicular  $AC$ , sino que, rebasando las partes del suelo, caerá al Este de la perpendicular, describiendo en su caída una espiral  $ADEC$ , contrariamente a la opinión común según la cual, si la Tierra se moviese, los cuerpos pesados en caída libre serían rebasados por la parte del suelo y caerían al Oeste de la perpendicular...». Y añade algunos detalles para que el experimento pueda ser bien ajustado y, por consiguiente, fiable, para acabar despidiéndose con una nueva protesta sobre su desconocimiento de las hipótesis de Hooke por lo que no puede hacerles objeciones.

Hooke no se creyó casi nada de lo que Newton decía en su carta y, no obstante, persistió en sus intenciones de provocar a Newton para que se pronunciase más explícitamente.

Por otra parte, el problema de la caída libre de los graves ya disponía de una literatura científica notable y disponible para ambos: en primer lugar, y de manera innegable ambos conocían una presentación del problema y de sus protagonistas polémicos a través de un «Account» publicado por Gregory en las *Phil. Transactions*, en 1668<sup>23</sup>. Y de igual modo es de suponer que ambos conocieran los *Cogitata Physicomathematica* de M. Mersenne e incluso la recién publicada obra de Fermat<sup>24</sup>.

El 4 de diciembre de 1679 Hooke lee en una reunión de la S. R. las partes no personales de la carta de Newton y en particular se debate el experimento propuesto. El día 14 lee en la reunión de la S. R. su propia respuesta a Newton en la que no trata de la forma de realizar el experimento propuesto, sino del resultado previsto por Newton, resultado que evidencia, para Hooke, una mala concepción del problema que se plantea y, como consecuencia, una solución insatisfactoria. No era necesario hacer las cosas tan explícitas, desde luego, y por ello Hooke se limita a mostrarlo. La carta está escrita con la caligrafía de algún amanuense algo descuidado y únicamente la firma es de mano de Hooke. Comienza ésta con tono amistoso haciendo unas reflexiones sobre la esperanza que abriga de que Newton vuelva a la filosofía y agradeciendo su carta pasada así como las ideas contenidas en ella. Le dice que fue muy bien recibida por la comunidad de miembros de la S. R. a quienes leyó los pasajes de Mallament y del experimento propuesto «y nada más». Y continúa: «pero en cuanto a la línea curva por la que parece que suponéis que desciende el cuerpo (obsérvese que este problema es un problema nuevo que introduce Hooke aquí poniendo énfasis en lo que no era asunto principal en la carta anterior de Newton), es decir, en cuanto a que sea una especie de espiral que, después

---

<sup>23</sup> Se publicó en las *Phil. Trans.*, 1 (1668), págs. 684 y siguientes, y junto con un estudio del problema y de su estado de desarrollo histórico en ese momento puede verse en A. Koyré: *Chute des corps et mouvement de la Terre*. Vrin, París, 1973.

<sup>24</sup> Nos referimos a *Varia Opera Mathematica*, Tolosa, 1679. Pero los *Cogitata* y con ellos parte del problema ya eran públicos desde 1644.



de unas cuantas revoluciones lo llevaría al centro de la Tierra, mi teoría del movimiento circular me hace pensar que esta línea sería muy diferente, que no se parecería casi nada a una espiral, sino que parecería más bien una especie de elipsoide. Sobre todo si se supone que el cuerpo en caída libre se halla en el plano equinoccial y que la Tierra se halla cortada en dos hemisferios separados por el espacio de una yarda dejando abierto un vacío para el paso del cuerpo que cae, mientras que la gravitación hacia el antiguo centro permanece como antes y que el globo terrestre se supone en giro diario en torno a su eje y que el cuerpo en caída conserva impreso el movimiento de las partes superficiales de la Tierra desde las que fue lanzado; en estas condiciones yo imagino la línea por la que se movería este cuerpo parecida a una elipse. Supongamos (Fig. 2), por ejemplo, que  $ABDE$  representa el plano

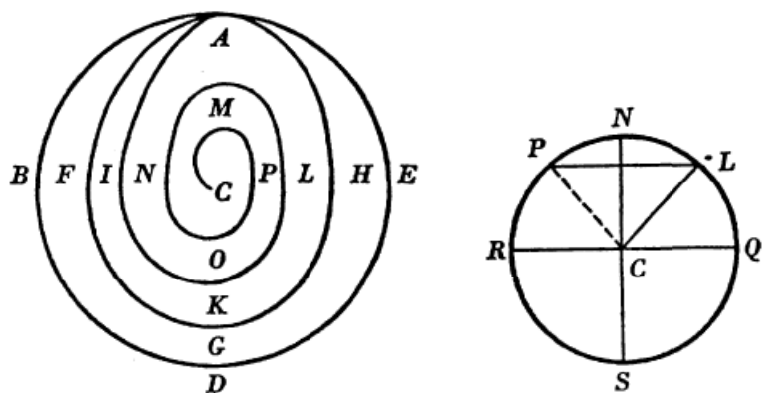


Fig. 2

equinoccial de la Tierra limitado por la superficie, que  $C$  es el centro hacia el que tienden todas las líneas de gravitación. Si  $A$  representa al cuerpo grave que cae desde  $A$  atraído hacia  $C$  y movido mientras tanto por la revolución diaria de la Tierra desde  $A$  hacia  $BDE$ , etc., creo que la curva que entonces resultará descrita por ese cuerpo en caída libre será  $AFGH$  y que el cuerpo  $A$  no se aproximará nunca más cerca del centro  $C$  que el punto  $G$  (salvo que sufra la influencia de algún medio como el aire o cosa similar) y que continuará girando por la línea  $AFGHAFG\dots$ , etc. Pero si el medio en que se mueve tiene la fuerza de frenar o

disminuir su movimiento, la curva que describirá será algo parecido a *AJKLMNOP* y que después de varias revoluciones el movimiento terminará en el centro *C...*». Y añade una corrección más: le hace ver que en Londres, donde se propone el experimento, a  $51^{\circ}32'$  de latitud Norte la caída no será al Este sino al SSE, dada la inclinación del plano respecto al plano equinoccial<sup>25</sup>.

La respuesta de Newton es inmediata. El 13 de diciembre contesta y da por cerrada esta correspondencia con Hooke. Escribe Newton: «Estoy de acuerdo con usted en que en nuestra latitud el cuerpo caerá más bien al Sur que al Este siempre que la Altura desde la que caiga sea considerable. Creo también que si el peso se supone uniforme no caerá en espiral hacia el centro con alternativas subidas y bajadas provocadas por la fuerza centrífuga y la gravitación que le arrastran conjuntamente a la vez. Entonces yo imagino la trayectoria del cuerpo no elíptica, sino la curva *AFOGHJKL*, etc.» (Fig. 3).

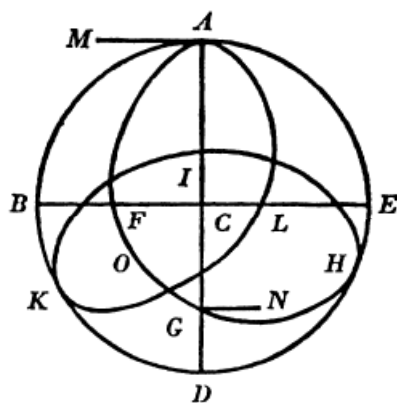


Fig. 3

Aparece aquí un nuevo error de concepto por parte de Newton. Suponer a la gravedad constante es, por lo menos, no aceptar la ley del inverso del cuadrado. Una cosa es que la gravedad sea algo presente en todas partes y otra que su acción

<sup>25</sup> Vid. *Correspondence*, vol. II, pág. 304. Véase también un ensayo muy bien documentado de Koyré en *Études Newtoniennes*, Gallimard, París, 1968, págs. 269-313, con el título «Une lettre inédite de Robert Hooke à Isaac Newton».