

ISAAC NEWTON

Antonio F. Rañada
Facultad de Física. Universidad Complutense

1. Introducción

Si hubiese que designar a un científico como paradigma y representación de todos los demás, no sólo por sus contribuciones sino también por su oportunidad histórica, parece claro que Isaac Newton sería el candidato más firme. Probablemente ningún otro recibió tantos honores en vida. Voltaire, que asistió a los funerales observó con sorpresa cómo le llevaban bajo un palio sostenido por dos duques, tres condes y el Lord Canciller; fue enterrado como un «rey querido por sus súbditos» escribió entonces. El contraste con los otros protagonistas de la revolución científica es enorme. Galileo vivió sus últimos años recluido en su casa sin poder exponer ni defender sus ideas, Copérnico retrasó la publicación de su gran obra hasta el final de su vida —sólo pudo verla en papel impreso ya en su lecho de muerte—, Kepler no llegó a conocer el triunfo de sus famosas tres leyes. El muy conocido epitafio de Alexander Pope indica bien la admiración y prestigio de que gozó Newton en vida.

Nature, and Nature's Laws lay hid in Night
God said, Let Newton be and All was light

En buena parte, su fama se debió a la idea extendida de que fue el afortunado descubridor de la única ley fundamental del único universo que existe. Hoy día creemos menos en que sólo haya una ley o, de haberla, no creemos que sea la suya sino



la que se alcance si el programa de unificación de las cuatro fuerzas tiene éxito. Sin embargo, la obra de Newton, su método y su estilo siguen conformando, como lo han hecho desde su época, el modo en que los científicos se enfrentan a los problemas de su momento. El único que puede comparársele es Albert Einstein. La fama de los dos se extiende muy afuera de la comunidad de gentes que pueden entender algo de su obra. Se ha dicho incluso que se debe en parte a su propia obscuridad y dificultad, pues, como suele ocurrir con los clásicos, todos querrían haberlos leído, pero muy pocos se atreven a hacerlo.

La opinión ya tradicional sobre Newton, que muchos siguen aceptando, le considera como el primero de los científicos modernos. Se supone que esto significa de los que trabajan siguiendo estrictamente las indicaciones del método científico, lo que les separa radicalmente de los filósofos naturales que florecieron hasta ese momento, que seguían métodos próximos a veces de concepciones mágicas o que no ponían suficiente énfasis en la experiencia y en el análisis sistemático por lo que sus resultados no tenían la objetividad característica de la ciencia de hoy. Pero otro punto de vista se va estableciendo poco a poco, desde que el famoso economista Jhon Maynard Keynes, tras adquirir en una subasta algunos manuscritos de Newton, publicase un estudio en el que daba mucha importancia a sus raíces en la alquimia medieval y lo describía como

el último de los magos, el último de los babilonios y sumerios... que consideró el universo entero y todo cuanto encierra como un enigma, como un secreto que podía adivinarse por la sola aplicación del pensamiento a ciertos testimonios, ciertas claves místicas que Dios puso en el mundo...

En la actualidad se recuperan esos aspectos de Newton por los que enlaza con prácticas y estilos más antiguos, que probablemente se habían silenciado como impropios de quien es oficialmente el creador de la manera moderna de ser científico. Su figura resulta así más compleja, sin que tengamos que renunciar a usarlo como paradigma del científico porque la ciencia es una actividad humana mucho más ambivalente y compleja de lo que el estereotipo reinante suponía.

2. *Vida*

Su vida se desarrolló en tres lugares: Lincolnshire (1642-61 y 1665-67), Cambridge (1661-65 y 1667-96) y Londres (1696-1727).

Fue un hijo póstumo de una familia campesina de Woolsthorpe, en el Lincolnshire, de buen nivel económico, pero de poca cultura. Estudió en la escuela de Grant-ham, pueblo próximo, hasta que a los 17 años empezó a administrar la propiedad familiar, lo que resultó desastroso pues no se ocupaba de las cuestiones prácticas



de tanto leer libros. Al cabo de pocos meses se trasladó a Cambridge, para entrar en el Trinity College de esa universidad.

Allí estudió filosofía aristotélica, lógica, ética y retórica. Más tarde, y de modo autodidacta empezó a leer a algunas de las nuevas figuras del siglo XVII, como Descartes, Kepler, Galileo y Gassendi. En 1665 obtuvo el título de Bachiller en Artes. En el verano del mismo año, una epidemia de peste que asolaba Londres llegó a Cambridge y la universidad cerró sus puertas, para evitar los contagios, hasta que remitiese. Newton volvió entonces a su casa en Lincolnshire, donde, durante dos años y en un aislamiento intelectual casi completo, pasó por uno de los períodos más fécondos que ningún creador haya vivido nunca, convirtiéndose en un gran matemático y desarrollando las ideas básicas de la gran mayoría de sus descubrimientos. Es famoso el pasaje, escrito 50 años más tarde, en que resume sus logros de aquel tiempo.

Al principio de 1665 encontré el método de aproximar series y la regla para reducir cualquier dignidad de un binomio a series (lo que hoy se llama el binomio de Newton)... en noviembre encontré el método directo de las fluxiones (las derivadas) y en enero del año siguiente la teoría de los colores y en mayo entré en el método inverso de las fluxiones (el cálculo integral) y el mismo año empecé a pensar en la gravedad, extendiéndola a la órbita de la Luna... y de la regla de Kepler (la tercera ley) deduje que las fuerzas que mantienen a los planetas en sus órbitas deben variar inversamente al cuadrado de sus distancias al centro alrededor del que giran: de ahí comparando la fuerza necesaria para mantener la Luna en su órbita con la fuerza de la gravedad en la superficie de la Tierra hallé la respuesta... Todo esto ocurrió en los años de la peste de 1665-66. Pues en aquellos días yo estaba en lo mejor de mi edad para la invención en matemáticas y filosofía, más que en cualquier otro momento desde entonces.

¿Cómo pudo conseguir algo tan asombroso? La opinión de Keynes se ha hecho célebre.

Creo que la clave está en su poder inusual de introspección concentrada y continua... Su don especial era el poder de mantener en su pensamiento un problema puramente mental hasta entenderlo completamente... Podía pensar en un problema durante horas, días o semanas, hasta llegar a sus secretos.

En 1667, se reintegró a la Universidad de Cambridge, cuando ésta reanudó sus actividades. A los 26 años fue nombrado allí Profesor de Matemáticas, puesto que ocupó durante 32 años, tiempo que dedicó a la teología, alquimia, óptica y a escribir sus *Principia* que aparecieron en 1687.

En sus últimos 30 años vivió en Londres, como un académico retirado, gozando de gran prestigio y acumulando poder.. Fue nombrado director de la Casa de la Moneda, puesto en el que mostró una gran eficiencia. Entre sus deberes figuraban la



acuñación, determinando la ley de las monedas para estabilizar las crisis económicas, y la persecución de los falsificadores. Se le atribuye la invención de las estrías que llevan las monedas, lo que en esa época se hacía para que se notase si alguien había limado su borde para recoger las virutas de oro.

3. *Los Principia*

Newton consideraba a su obra *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* como su mayor logro, algo más que un tratado de física; así se manifiesta en la atrevida declaración que figura al principio de su Libro III de que, a partir de sus principios, va a «demostrar la constitución del Sistema del Mundo». Pocos negarán que se trata de la mayor joya de la historia de la literatura científica, de la que se han hecho más de cien ediciones desde que apareció en 1687.

El 24 de noviembre de 1679, Robert Hooke escribió a Newton proponiéndole iniciar una correspondencia privada sobre cuestiones científicas. Seis años antes, habían tenido una agria discusión pública sobre la naturaleza del color y la dispersión de la luz en un prisma. Desde entonces Hooke había llegado a ser Secretario de la Royal Society. La carta era cordial e invitaba a Newton a comentar la idea de «compounding the celestiall motions of the planetts (out) of a direct motion by the tangent & an attractive motion towards the central body». Según Bernard Cohen, Newton no había comprendido aún la posibilidad de descomponer el movimiento en uno tangencial y otro centrípeto, sino que pensaba en términos de fuerza centrífuga. Hooke sugería además en su carta que la fuerza centrípeta varía inversamente al cuadrado de la distancia al Sol. Pero parece que no sabía obtener consecuencias de su buena idea, por faltarle la base matemática para trabajar con infinitésimos, y no conocía o no comprendía la ley de áreas de Kepler. Por eso, necesitaba la ayuda de Newton.

El 28 de noviembre, Newton contesta a Hooke diciéndole que no recordaba tal hipótesis, es decir, que la idea era nueva para él. Le propone volver a un problema que le había ocupado otras veces: el efecto de la rotación de la Tierra sobre un grave en caída libre. Si un grave pudiese atravesar la superficie de la Tierra, ¿qué paso seguiría? Newton opinaba que una espiral, pero Hooke, en una carta del 9 de diciembre, le corrigió, al decirle que sería una elipse, diciéndole que un objeto cayendo a través de la Tierra y el movimiento de un planeta son casos de movimiento compuesto de uno directo y una atracción hacia un centro. Hooke insistió en su idea en varias cartas durante las semanas siguientes. Newton fue capaz de probar la sugerencia de Hooke, pero parece ser que no lo comunicó a nadie, una prueba más de su carácter reservado y cauteloso.



La idea de escribir los «*Principia*» vino de una visita que Edmond Halley hizo a Newton en agosto de 1684 para continuar algunas discusiones que habían tenido meses antes con Robert Hooke y Christofer Wren sobre la posibilidad de que la forma elíptica de las órbitas de los planetas pudiese deducirse de que la fuerza sobre ellos variase como la inversa del cuadrado de la distancia. Hooke afirmaba disponer de una prueba que no quería dar a conocer. Newton, tras decir a Halley que él lo había probado ya hacía años, empezó a redactar un artículo titulado *De motu corporum in girum* (*Sobre el movimiento de los cuerpos en una órbita*), que terminó en noviembre. Comprendió entonces la enorme importancia de sus ideas y concibió la idea de escribir un tratado sobre el movimiento en el que se desarrollase la Dinámica Astronómica. Ese fue el origen de los *Principia*, escritos en los años 1685-86.

Se trata de una investigación matemática sobre las fuerzas y los movimientos de los cuerpos, tanto en la Tierra como en todo el Universo, lo que importa mucho porque es la primera vez en la historia que se aplican las mismas leyes en todo el Cosmos. Consta de una Introducción y tres Libros. Newton sigue el esquema de los *Elementos* de Euclides, empezando con definiciones y axiomas y continuando con proposiciones, teoremas, lemas, problemas, corolarios, y escolios. Hay poca álgebra y mucha geometría, junto con la matemática de los infinitésimos que él mismo había inventado. En la Introducción enuncia sus tres leyes del movimiento. En el Libro I prueba que, si un planeta cumple la ley de áreas de Kepler, la fuerza que actúa sobre él debe ser inversamente proporcional al cuadrado de las distancias y viceversa. Considera después varios problemas de mecánica celeste y de geometría de cónicas. El Libro II se dedica al estudio de los movimientos de los cuerpos en medios fluidos que oponen resistencia. El Libro III, titulado *Sobre el sistema del Mundo*, aplica los resultados del Libro I a los planetas, cometas y satélites. En particular, demuestra que la fuerza de la Tierra sobre la Luna es de la misma naturaleza que sobre cualquier objeto en la superficie de la Tierra, lo que le permite formular su teoría de la Gravitación Universal.

Nos ocuparemos aquí de dos cuestiones: La génesis de sus tres leyes, especialmente de la segunda, y su descubrimiento de la Gravitación Universal.

Sus tres leyes en su forma original son (en la traducción de Eloy Rada).

Ley primera: Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o de movimiento a no ser en tanto que sea obligado por fuerzas impresas a cambiar su estado.

Ley segunda: El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime.

Ley tercera: Con toda acción, ocurre siempre una reacción igual y contraria: O sea, las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en direcciones opuestas.



La idea de inercia era una novedad de la física del S.XVII y completamente ajena a la aristotélica. La novedad consistía en pensar que un cuerpo puede permanecer en un estado de movimiento sin ningún agente motor. La misma idea, que aparece por primera vez en Descartes, de que el movimiento es un estado, no un proceso como suponía la tradición, es un cambio importante. Pues antes se admitía que el reposo era un estado, pero no el movimiento. Para Newton fue muy importante la influencia de Descartes de quien aprendió la idea de inercia y parte del lenguaje que iba a utilizar más tarde. Hay también muchas semejanzas formales entre pasajes de los *Principia* y de los *Principios de Filosofía* cartesianos. La misma denominación de Newton, «Axiomata sive Leges Motus» (Axiomas o leyes del movimiento) recuerda mucho a la que usó Descartes «Regulae quaedam sive Leges Naturae», incluso los títulos de las dos obras son casi iguales.

En la obra de Descartes, la inercia aparece separada en dos leyes distintas 1. Que todos los cuerpos perseveran en el mismo estado; lo que se mueve continúa moviéndose. 2. Que todo el movimiento es, por sí mismo, rectilíneo. Es curioso que, en algunos textos anteriores de Newton, su primera ley aparece también dividida en dos. Hasta hace unas décadas se consideraba a Descartes como un enemigo al que Newton había atacado sin mencionarlo, pues los *Principia* suponen un golpe mortal para la teoría cartesiana de los vórtices. Sin embargo desde la década de 1960, muchos estudiosos han considerado la influencia de Descartes sobre Newton, especialmente en su formación, encontrando muchas influencias de léxico y varias expresiones que Newton tomó de Descartes. Una de ellas, señalada por Bernard Cohen es «quantum in se est» en el sentido «por sí mismo», frase que aparece ya en Lucrecio, quien la usó en su exposición de la teoría atomista, como una anticipación de la inercia, hablando de su movimiento natural.

En la época de Newton se consideraban tres tipos de fuerzas que afectaban al movimiento de los cuerpos: las percusiones, las de presión y las fuerzas sobre los planetas o los graves. Las dos primeras eran fuerzas de contacto, pero la tercera parecía más bien a distancia, idea que repugnaba mucho entonces (precisamente la teoría de los vórtices de Descartes tuvo su origen en la búsqueda de un mecanismo de contacto para las fuerzas que hoy consideramos que son a distancia). La fuerza parecía algo complejo y confuso. Como ha señalado Bernard Cohen, una muestra del genio de Newton es que fue capaz de generar una idea general de fuerza aplicable al sistema solar, partiendo de la más aceptable de fuerza impulsiva por contacto.

La segunda ley en su formulación moderna dice

$$F = \frac{d(mv)}{dt}$$



(la forma fuerza igual a masa por aceleración fue introducida en el XVIII por Euler). Pero Newton no usó ecuaciones. Usándolas, parece que su ley se expresaría más fielmente como

$$F = k\Delta(mV)$$

Newton, en su segunda ley, habla de «cambio de movimiento», lo que debe entenderse como «cambio de la cantidad de movimiento» que, según la definición II se mide por el producto de la masa y la velocidad (El dice «de la velocidad y la cantidad de materia conjuntamente»), es decir, de lo que hoy se llama el momento lineal. Nótese que no dice «tasa de cambio de la cantidad de movimiento» ni «cambio de la cantidad de movimiento por segundo» o algo parecido, a pesar de que muchos lo afirman así. Por lo tanto, lo que se llama fuerza en la segunda ley es, sin ambigüedad, lo que hoy se conoce por «impulso», es decir la integral $\int Fdt$ o el producto $F\delta t$. No debe sorprendernos que sea así, porque, en la filosofía mecanicista que se estaba imponiendo, se pretendía explicar todo a partir del movimiento de corpúsculos que interactuaban mediante impactos. Por ello lo que Newton dice es «El cambio del movimiento lineal de un cuerpo es proporcional al impulso que lo produce y ocurre en la dirección de la línea de acción del impulso».

Naturalmente puede sorprender la idea de que Newton no entendía a fondo su ley. Y justamente porque, como cabe suponer, sí la comprendía y ¡muy bien!

A menudo se ha especulado sobre las razones por las que propusiera su primera ley, además de la segunda, ya que, en realidad parece ser un simple caso particular de ella: fuerza nula implica velocidad constante (no cambia la cantidad de movimiento). Bernard Cohen ha señalado algunas razones para ello. En primer lugar, la influencia de Descartes que había dedicado dos leyes a la inercia; también la de Huygens que, en su *De descensu gravium & motu eorum in cycloide* (El descenso de los graves y su movimiento en cicloides), había empezado con dos hipótesis que recuerdan a las dos primeras leyes de Newton. Quizás la más importante razón sea que la ley I tiene un aspecto revolucionario que hoy no apreciamos, al declarar que el movimiento es un estado, como ya había hecho Descartes.

En cuanto a su idea de fuerza, no cabe duda de que la usa en dos sentidos, como lo que hoy llamamos fuerza e impulso. Esto se debe a que entonces se pensaba en términos de fuerzas de impacto y a que él era capaz de pasar de uno a otro, por haber desarrollado una teoría de fluxiones, lo que le permitía entender bien el continuo. Que esto es así se deduce de sus definiciones 7 y 8, que dicen.

Definición 7. La magnitud acelerativa de la fuerza centrípeta es su medida, proporcional a la velocidad que genera en un tiempo dado.

Definición 8. La magnitud motriz de la fuerza centrípeta es la medida de la misma proporcional al movimiento que genera en un tiempo dado.



Parece claro que entendía que la constante K en la ecuación anterior es la inversa del incremento del tiempo y , por eso, no cabe duda de que su idea de fuerza es una generalización de la de fuerza impulsiva.

Es conocida la opinión de Ernst Mach de que la tercera ley constituye la contribución newtoniana más original. Sin duda se originó en el estudio de las colisiones: cuando un cuerpo A choca con otro B , la acción de A sobre B se acompaña de otra de B sobre A . Generalizar esta idea al caso de fuerzas continuas actuando sobre un intervalo de tiempo (para lo que siguió un proceso paralelo al de la segunda ley) es sin duda una gran hazaña intelectual. Su importancia no fue evidente para Newton hasta terminar su «*De motu*», en diciembre de 1864, cuando empezó a establecer la Gravitación Universal, en la que la tercera ley juega un papel esencial.

En el corolario 4 de las tres leyes, señala que «el centro común de gravedad de dos o más cuerpos no cambia su estado de movimiento o reposo por las acciones mutuas de los cuerpos; por tanto, el centro de gravedad común de los cuerpos en interacción (excluidas las acciones o impedimentos externos) o reposa o se mueve uniformemente en línea recta». Como explica a continuación, eso se basa en experimentos de percusiones o en otros en los que hacía flotar en agua piezas de hierro e imanes estudiando su atracción. En uno de ellos se colocan en el agua separados por un obstáculo flotante. Si la acción y la reacción no fuesen iguales, el obstáculo se movería en un sentido, lo que sería contrario a la primera ley para el sistema ($A+B$ +obstáculo). También considera un experimento imaginario en el que la Tierra es dividida en tres partes.

La gravitación universal

Cuando Newton escribió *De motu* comprendió la enorme importancia de las leyes de Kepler, que en ese momento no eran muy apreciadas. Por ejemplo la *Astronomía Carolina* de Streete, que Newton cita para la tercera ley de Kepler ($a^3 \sim \tau^2$) ni siquiera menciona la ley de las áreas. La mayoría de los astrónomos del XVII no usaban dicha ley, ni mucho menos la ecuación de Kepler, para calcular las posiciones de los planetas, sino suponiendo que el radio vector desde el foco vacío gira uniformemente e introduciendo luego algunas correcciones. No es una parte pequeña del genio de Newton que comprendiese la importancia de esa ley y la elevase al lugar que le corresponde. La primera proposición de los *Principia* (libro I, sección II) prueba que, si un cuerpo se mueve bajo la acción de una fuerza central, se cumple la ley de las áreas. La prueba consta de tres partes. En la primera, se muestra que un cuerpo que se mueve libremente describiendo una línea recta cumple dicha ley desde un punto cualquiera P . Para ello considera intervalos iguales de tiempo δt , en los que



el móvil recorre espacios iguales, siendo iguales también las áreas barridas por el radio vector desde P . En la segunda parte, el cuerpo recibe una fuerza impulsiva hacia el punto P al final del segundo intervalo. Por ello, en el tercer intervalo se mueve según una recta diferente pero las áreas barridas en intervalos δt son iguales a las de antes. En la tercera el cuerpo recibe una percusión hacia P al final de cada intervalo de tiempo y se prueba que se cumple la ley de las áreas.

La segunda proposición de los *Principia* es la inversa: Si se cumple la ley de las áreas, la fuerza está dirigida hacia el centro. Las dos proposiciones implican que la segunda ley de Kepler es condición necesaria y suficiente para que la fuerza sea central. Newton sigue demostrando propiedades del movimiento y llega a la prueba de que las órbitas elípticas requieren un campo de fuerzas inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (Sección III, proposición XI).

¿Cuándo empezó Newton a elaborar su Gravitación Universal? La fecha que mecerería ese puesto sería noviembre-diciembre de 1684. En un borrador de *De motu* de noviembre de 1684, se puede leer este escolio: «Por tanto, los planetas mayores se mueven en elipses que tienen un foco en el centro del Sol y sus radios describen áreas proporcionales a los tiempos, tal como Kepler supuso...». Newton no probó nunca este escolio que, estrictamente hablando, es falso pues, como comprendió muy pronto, el foco de la elipse de un planeta está en el centro de masas común con el Sol, porque no sólo es atraído por el Sol, sino que también lo atrae, es una interacción mutua. Si, en ese momento, Newton hubiese ya comprendido la gravitación no habría escrito ese escolio. Se dio cuenta en seguida que ese resultado se aplica solo a un sistema de un cuerpo.

Lo que le permitió pasar al sistema real de dos o más cuerpos fue su tercera ley. Así, en la introducción a la sección XI de los *Principia* dice:

He expuesto hasta aquí los movimientos de cuerpos atraídos hacia un centro inmóvil, aunque pueda que tal cosa no exista en la naturaleza de las cosas. Pues las atracciones suelen darse hacia los cuerpos y las acciones de los cuerpos atraentes y atraídos son siempre mutuas e iguales, por la Ley Tercera: hasta el punto de que, si fuesen dos cuerpos, ni el atraente ni el atraído podrían estar en reposo, sino que ambos girarán en torno al centro común de gravedad y, si fuesen varios los cuerpos, bien sean atraídos por uno y este por los otros, bien se atraigan mutuamente todos, habrán de moverse entre sí de tal modo que o bien esté en reposo el centro común de gravedad o bien se mueva uniformemente en línea recta.

En diciembre de 1684, acaba la redacción de *De motu* en una versión revisada y en ella dice que



los planetas ni se mueven exactamente en elipses ni recorren dos veces la misma órbita.

lo que lleva a la conclusión de que

Un planeta tiene tantas órbitas como revoluciones, como le ocurre a la Luna, y la órbita de cualquier planeta depende del movimiento combinado de todos ellos, por no mencionar las acciones mutuas de unos sobre otros.

y más tarde, en una frase que resultó profética,

Considerar simultáneamente todas estas causas de movimiento y definir estos movimientos mediante leyes exactas y cálculos convenientes excede, a menos que yo esté equivocado, la fuerza del entero intelecto humano.

Un punto merece ser destacado. Newton encuentra las leyes de Kepler a partir de las suyas propias, pero muestra que son aproximaciones, muy buenas, pero sólo eso. Ante ello, distingue entre el reino de las matemáticas, en el que las leyes de Kepler son exactas y verdaderas, y el de la física, en el que son sólo hipótesis o aproximaciones. También aquí se mostró revolucionario y anticipativo. Sin duda, se debe esto a su familiaridad con el cálculo infinitesimal y a su uso de las series.

Newton concluye que «según esta ley, todos los cuerpos deben atraerse entre sí» lo que implica atracción en todas las partículas de los cuerpos, aunque en general las fuerzas son tan pequeñas que «sólo se pueden observar en los enormes cuerpos de los planetas».

El libro III es algo más matemático. En primer lugar, en lo que se llama «la prueba de la Luna», puede identificar el peso de los cuerpos en la superficie terrestre con la atracción de la Tierra sobre la Luna (proposiciones III y IV). Después, identifica la misma fuerza con la que hay entre el Sol y los planetas o entre los planetas y sus satélites y la llama gravedad.

4. La óptica

En sus trabajos sobre óptica, Newton desarrolló, al menos tanto como en la mecánica y quizás más, su nuevo estilo de hacer ciencia, posiblemente porque se enfrentó a problemas más difíciles, que no pudo resolver en la misma medida que los relativos al movimiento. Ya en el período de aislamiento en Lincolnshire, había obtenido resultados importantes, especialmente el ser la luz blanca una mezcla de colores. En ese momento, se empezaba a ensayar una teoría mecanicista de la luz. Descartes opinaba que la luz es la presión del éter y que los colores se deben a la tendencia de las partículas del éter a girar. En la luz blanca, el movimiento lineal y la tendencia a girar están compensadas, cosa que no ocurre en la de color. Esto se conocía



como la *hipótesis de la modificación de la luz blanca*. El estilo de Newton era diferente al de Descartes y los otros primeros filósofos mecanicistas que combinaban una visión global del mundo (el atomismo por ejemplo) y una filosofía experimental. Newton, sin embargo, prefería eliminar en lo posible las hipótesis (como era la de la modificación de la luz blanca) combinando leyes matemáticas descriptivas y conclusiones experimentales. Así dice en su *Optical lectures* que

Estas proposiciones sobre los colores no deben ser consideradas hipotéticamente o probablemente, sino mediante experimentos o demostrativamente.

Newton pretendía hacer a la ciencia menos hipotética y más matemática y experimental y fue precisamente en sus trabajos sobre óptica en los que afinó su método. Fueron publicados en (1) *New theory about light and colours* de 1672, que encontró una gran oposición y en donde enuncia su prueba experimental de que la luz blanca es una mezcla de colores «la luz consiste en rayos diferentemente refrangibles», en (2) un artículo que envió a la Royal Society para ser leído, pero no publicado, *An hypothesis explaining the properties of light, discoursed of in my several papers*. En él dice que propone su hipótesis como una ilustración para conveniencia de aquellos que no entienden su trabajo cuando habla en términos abstractos. Especula luego sobre el éter, aunque afirma que la luz no es vibraciones del éter

Supongo que la luz no es ni éter ni su movimiento vibratorio, sino algo diferente, que se propaga desde los cuerpos lúcidos...(la luz consiste en) multitud de corpúsculos inimaginablemente pequeños y rápidos, de varios tamaños, lanzados desde los cuerpos brillantes a grandes distancias.

y en (3) su tratado *Opticks*, que apareció en 1704. Curiosamente en la primera edición no se habla del éter ni de la naturaleza de la luz, por su horror a las hipótesis innecesarias, pero en las ediciones posteriores incluyó varias *Queries* en las que hipotetiza. Por ejemplo dice, en la edición latina de 1706,

¿no son los rayos de luz partículas muy pequeñas emitidas por las sustancias brillantes?

Veinte años después, su idea sobre la luz blanca empezó a aceptarse generalmente.

5. El programa newtoniano

Newton creía haber descubierto algo verdaderamente importante y profundo, nada menos que la constitución del sistema del mundo. Aunque su obra se concentra en las fuerzas de gravedad, las elásticas o las de resistencia de un fluido, dice que



Me gustaría que pudiésemos deducir los demás fenómenos de la Naturaleza a partir de principios mecánicos mediante el mismo tipo de argumentos, pues muchas razones me hacen sospechar que todos ellos puedan depender de ciertas fuerzas por las que las partículas de los cuerpos, por causas aún ignoradas, bien se atraen unas a otras uniéndose en figuras regulares, bien huyen y se separan unas de otras; y, siendo desconocidas estas fuerzas, en vano han intentado hasta ahora los filósofos el estudio de la Naturaleza.

Newton tenía, pues, grandes pretensiones y, debido a ellas y a su éxito, abrió paso a una visión mecanicista del mundo, el llamado, programa newtoniano, en el que todo lo que ocurre es debido al efecto de fuerzas que actúan sobre corpúsculos, en una recreación de la teoría atomista de Leucipo y Demócrito. Los filósofos de la Ilustración tomaron esa idea como base para una filosofía materialista, punto de vista que recibió un fuerte impulso con los trabajos de Laplace sobre el Sistema Solar. Con apoyo en las ideas de Newton, muchos llegaron a concebir el Universo como un inmenso mecanismo de relojería.

Pero eso mismo era interpretado por el mismo Newton de una manera muy distinta. Para él las leyes que acababa de descubrir eran una prueba clara de la existencia de un Dios creador. Así dice:

Este bellísimo sistema del Sol, los planetas y los cometas solo puede proceder de la sabiduría y el poder de un Ser inteligente y soberano.

Incluso llegó a considerar al espacio y al tiempo como manifestaciones de la presencia divina, llegando a decir que el espacio absoluto es el sensorio de Dios.



BIBLIOGRAFÍA

- NEWTON, I. Principios matemáticos de la filosofía natural. Introducción, traducción y notas de Eloy Rada (2vols). Alianza Universidad. Madrid 1987.
- NEWTON, I. Principios matemáticos de la filosofía natural. Edición de A. Escohotado y M. Sáenz de Heredia. Editora Nacional. 1982.
- NEWTON, I. El sistema del mundo. Introducción y notas de Eloy Rada. Alianza. Madrid. 1983.
- KEARNEY, H. Orígenes de la ciencia moderna 1500-1700. Editorial Guadarrama. Madrid. 1970.
- BERNARD COHEN, I. La revolución newtoniana y las transformaciones de las ideas científicas. Ed. Alianza. Madrid 1983.
- BERNARD COHEN, I. El descubrimiento newtoniano de la gravitación. Investigación y Ciencia, mayo de 1981, p.110.
- CHRISTIANSON G. NEWTON. (2 vols). Biblioteca Salvat de grandes biografías. Barcelona.1986.
- WESTFALL, R. Never at rest, A biography of Isaac Newton. Cambridge University Press. 1980.
- KOYRÉ, A. Newtonian studies. Chapman and Hall. London 1985.
- KOYRÉ, A. Del mundo cerrado al universo infinito. Siglo XXI. Madrid 1979.
- LEIBNIZ, G y CLARKE, S. La polémica Leibniz-Clarke. Edición de Eloy Rada. Taurus. Madrid 1980.
- TRUESDELL, C. Ensayos de historia de la mecánica. Teinos. Madrid 1975.
- SOLÍS, C.- Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz. Alfaguara. Madrid. 1987.
- P. M. HARMAN AND A. E. SAPHIRO, editores. The investigation of the difficult things. Essays on Newton and the history of the exact sciences. Cambridge University Press. 1992.
- J. FAUVEL ET AL., editores. Let Newton be. A new perspective on his life and works. Oxford University Press. 1988.

