

## THE CAMBRIDGE COMPANION TO NEWTON

I. BERNARD COHEN Y GEORGE E. SMITH, eds.,  
Cambridge: Cambridge University Press, 2002. xiv + 500 pp.

**RE** Para el filósofo que busca entender la ciencia como es –y no como sus maestros y colegas opinan que debe ser– estudiarla en sus fuentes históricas es casi tan importante como leer los textos originales de los grandes filósofos. Los primeros pasos de la física matemática moderna pueden observarse en los *Discorsi* de Galileo (1638), los *Principia* de Descartes (1644), el *Horologium oscillatorium* de Huygens (1673); pero solo en los *Principia* de Newton (1687) se articulan por primera vez los conceptos y proposiciones que presidirán el desarrollo de la física hasta 1900, y en que todavía hoy se basa la descripción y predicción de los fenómenos cinéticos a la escala humana y se apoya la enseñanza de la física subatómica y extragaláctica creada en el siglo XX. Por eso hay que leer a Newton y, como no es fácil, hay que celebrar que entre los “compañeros de la filosofía” que publica la Universidad de Cambridge tengamos ahora uno –sobresaliente en la serie– dedicado al más ilustre alumno y profesor de esa universidad.

La edición estuvo a cargo del historiador de la ciencia Bernard Cohen (1914-2003), decano de los estudios newtonianos, editor, traductor e intérprete de los *Principia*<sup>1</sup>, y del filósofo de la ciencia George Smith, actual director del Dibner Institute, centro internacional de estudios de historia de la ciencia y de la técnica que funciona en el recinto del MIT. Reclutaron la colaboración de diez historiadores –de la matemática (Niccolò Guicciardini), la astronomía (Curtis Wilson), la física (A. Rupert Hall, J. Bruce Brackenridge, Alan Shapiro, Maurizio Mamiani, Domenico Bertoloni Meli), la alquimia (William R. Neumann, Karin Figala), la teología (Scott Mandelbrote)–, cuatro filósofos con fuerte interés en la historia (Howard Stein, William Harper, Robert DiSalle y Alan Gabbey) y el físico Michael Nauenberg. Bien familiarizados con las recientes innovaciones en la interpretación de Newton, a la que todos ellos han contribuido con libros o artículos –Hall, Stein y Cohen desde la década de

<sup>1</sup> *Isaac Newton's Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica, the Third Edition with Variant Readings*, edited by A. Koyré and I.B. Cohen, with the assistance of Anne Whitman (Cambridge MA: Harvard University Press, 1972). Isaac Newton, *The Principia, Mathematical Principles of Natural Philosophy: A New Translation*, trans. by I. Bernard Cohen and Anne Whitman, with the assistance of Julie Budenz, preceded by “A Guide to Newton's *Principia*” by I.B. Cohen (Berkeley: University of California Press, 1999). Véase asimismo I. B. Cohen, *The Newtonian Revolution* (Cambridge MA: Harvard University Press, 1980).

los sesenta, los otros, más jóvenes, en los últimos doce o quince años—, redactaron especialmente para este volumen dieciséis capítulos (aparte de la introducción de los editores) que cubren prácticamente todos los aspectos de la obra de Newton que pueden interesarle a un estudioso de la filosofía: desde los conceptos fundamentales de espacio y tiempo (diSalle, cap. 1), fuerza y masa (Cohen, cap. 2), hasta su peculiar hermenéutica, aplicada al *Apocalipsis* (Mamiani, cap. 13), la repercusión de su cristianismo heterodoxo (¿arriano?) sobre la teología inglesa del siglo XVIII (Mandelbrote, cap. 14), y sus disputas con Leibniz sobre la invención del cálculo diferencial e integral (Hall, cap. 15) y —a través de su portavoz Clarke— sobre el carácter absoluto o relativo del espacio y el tiempo (Bertoloni Meli, cap. 16). La bibliografía selecta (pp. 465-480) se agrega a las numerosas referencias especiales que contienen las notas de cada capítulo. Como es habitual en las publicaciones académicas de editoriales respetables, el libro incluye un buen índice alfabético de términos y nombres propios (pp. 481-500).

Me referiré, a modo de ejemplo, a los tres ensayos que me parecen más significativos para los lectores de esta revista, “La metodología de los *Principia*” por George E. Smith, “El argumento de Newton en pro de la gravitación universal” por William Harper y “La metafísica de Newton” por Howard Stein. Los tres se distinguen por la riqueza de sus contenidos y la sutileza de sus argumentos. Como no puedo hacerles justicia en el espacio de que dispongo aquí, me limitaré a señalar unos cuantos puntos de cada uno, en la esperanza de que mi resumen mueva a leerlos.

Como es sabido, Newton rechaza el método hipotético-deductivo practicado por Galileo y Huygens. Idear hipótesis para inferir de ellas consecuencias lógicas observables y contrastarlas con los fenómenos no puede ser el camino de la ciencia, pues son muchas las hipótesis incompatibles entre sí cuyas implicaciones concuerdan con la experiencia dentro del margen de imprecisión de las observaciones. Para Newton, el programa de la física consiste más bien en “deducir” las fuerzas de la naturaleza de los fenómenos del movimiento. Los *Principia* despliegan su espectacular “deducción” de la interacción gravitacional entre todos los cuerpos a partir de los fenómenos del movimiento de los planetas en el cielo y los proyectiles en la Tierra. El ensayo de Smith (pp. 138-173) elucida esta “deducción”. Toma como texto el escolio al final de la Sección 11 del Libro I de los *Principia* (3ª ed. p. 298). Allí Newton declara que no busca establecer la esencia (*species*) de las fuerzas naturales ni sus cualidades físicas, sino “sus cantidades y proporciones matemáticas”. Para ello, *en primer lugar*, hay que determinar mediante razonamientos matemáticos la dependencia funcional entre la magnitud y dirección de las fuerzas, y diversas condiciones posibles del movimiento de los cuerpos sobre los cuales actúan. Esta etapa se cumple en el Libro I, donde Newton deriva de los axiomas de la geometría y sus tres “leyes del movimiento” una serie de teoremas que asocian —en determinadas situaciones ideales— patrones de movimiento a condiciones dinámicas prescritas, o viceversa. (Por ejemplo, la Prop. I,1 establece que si un cuerpo se mueve bajo la acción de una fuerza centrípeta el radio vector —esto es, la recta que une al cuerpo con el centro hacia el cual es atraído por la fuerza— barre áreas iguales en tiempos iguales.) Smith analiza el carácter de estos teoremas y caracteriza sus logros. *En segundo lugar*, hay

que comparar los resultados de la indagación matemática con los fenómenos para descubrir qué condiciones dinámicas se aplican a cada tipo de cuerpos interactuantes. Esta etapa, que se cumple en el Libro III, debe tener en cuenta no solo la inevitable imprecisión de los datos empíricos, que pueden brindar a las conclusiones del razonamiento solamente una corroboración *quamproxime* (“con la máxima aproximación posible”), sino también la enorme complejidad de las interacciones que están ocurriendo en el mundo, debido a la cual la consideración simultánea de todas las causas de movimiento y la caracterización de los movimientos mediante leyes exactas y fáciles de calcular “supera, si no me equivoco, la capacidad intelectual de todos los hombres”<sup>2</sup>. Solo después de las dos etapas indicadas, dice Newton, “al fin se podrá discutir con mayor seguridad (*tutius disputare licebit*) acerca de las especies, las causas y las proporciones físicas de estas fuerzas”. La parte final del ensayo de Smith (pp. 160-167) está dedicada a explicar en qué consiste esta mayor seguridad y en qué reposa. La explicación es concisa y no sabría resumirla en forma satisfactoria.

El ensayo de Harper (pp. 174-201) retoma el tema de la “deducción desde los fenómenos”, exponiendo con magistral claridad y precisión el complejo argumento mediante el cual Newton prueba, en el Libro III de los *Principia*, que todos los cuerpos se atraen mutuamente con una fuerza proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias. Además de ayudarnos a entenderlo, Harper procura mostrar que el argumento es concluyente y que ilustra un modo de razonar todavía vigente en la física actual. El ensayo es fascinante y merece una lectura detenida. Hablaré solo de un asunto, ya destacado por Smith: no obstante lo dicho por Duhem, Popper y Lakatos, *el método de Newton no es hipotético-deductivo*. Esto puede verse ya a la luz de la Prop. III,1, según la cual las fuerzas que mantienen en órbita a los satélites de Júpiter, desviándolos de una trayectoria rectilínea, (a) están dirigidas al centro del planeta y (b) son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre la posición del satélite y dicho centro (“ley del cuadrado inverso”). La parte (a) se deduce del “fenómeno” consistente en que los radios vectores de los satélites de Júpiter describen áreas iguales en tiempos iguales, combinado con el teorema matemático (Prop. I,2) según el cual un cuerpo que se mueve así lo hace urgido por una fuerza centrípeta. La parte (b) se deduce del “fenómeno” consistente en que los cubos de las distancias medias entre los satélites y Júpiter son entre sí como los cuadrados de sus respectivos períodos de traslación alrededor del planeta, combinado con el teorema matemático (Cor. 6 a la Prop. I,4) según el cual esta relación entre movimientos periódicos urgidos por fuerzas centrípetas implica que ellas obedecen a la ley del cuadrado inverso. Según Newton –y según Harper– estas deducciones no invocan ninguna hipótesis. Se objetará que los teoremas matemáticos invocados dependen de axiomas cuya aplicación al mundo real es hipotética. Más instructivo me parece advertir que los “fenómenos” que Newton aduce como premisas no se conocen simplemente con abrir los ojos y mirar al cielo, sino que son el producto de un

<sup>2</sup> Newton, “De motu sphaericorum corporum in fluidis”, en Hall y Hall, *Unpublished Scientific Manuscripts of Isaac Newton* (Cambridge: Cambridge University Press, 1962), p. 256.

largo e ingenioso trabajo de recolección y reconstrucción, en que los axiomas de la geometría y la cinemática operan como principios constitutivos que –al decir de Kant– hacen posible deletrear las apariencias para leerlas como experiencia. Esta advertencia desarma la objeción anterior, pues un principio operante en la mismísima verificación de las hipótesis no puede contarse entre estas. Se dirá que esto no vale para los axiomas dinámicos –las “leyes del movimiento”– que Newton invoca para demostrar sus teoremas, las cuales no intervienen en la construcción de sus fenómenos. Sin embargo, tampoco estas “leyes” son hipótesis, en el sentido de Huygens o Duhem, esto es, conjeturas sobre lo que ocurriría en el caso de que se cumplieran determinadas condiciones observables. Ningún experimento podría confirmar o desconfirmar que todo cuerpo permanece en reposo o se mueve indefinidamente con velocidad constante a menos que una fuerza impresa lo constriña a variar su estado (Ley I), o que la variación del movimiento es proporcional a la magnitud de la fuerza impresa y sigue la dirección en que esta actúa (Ley II). (Lo cual ciertamente no impide que la adopción de nuevos axiomas geocronométricos cambie profundamente el sentido de estas “leyes” o socave su aplicabilidad, como ocurrió con el advenimiento de las teorías de Einstein.)

El ensayo de Stein (pp. 256-307) corona –por ahora– una labor interpretativa iniciada hace cuarenta años. Por ella, y por sus trabajos sobre la relatividad y la mecánica cuántica, Howard Stein es reconocido como el más refinado y erudito de los filósofos de la ciencia actuales, y también como uno de los más originales y profundos. Gracias a sus análisis, tenemos bien claro que en la física de Newton no hay movimiento absoluto, aunque hay aceleración absoluta (como, por lo demás, la hay también en la de Einstein); hemos comprendido que el corolario VI de las leyes del movimiento de Newton anticipa el principio de equivalencia de Einstein, y hasta nos parece plausible pensar que la idea física de un *campo de fuerzas* nació con Newton y no, como suele decirse, con Faraday y Maxwell<sup>3</sup>. En el título que nombra el tema del presente ensayo, el término ‘metafísica’ designa “el examen de los rasgos más generales *tanto* de la constitución del mundo *como* de los principios de la indagación humana sobre la naturaleza del mundo” (p. 256). El ensayo empieza con una breve presentación de la metafísica de la naturaleza de Descartes, y enseguida estudia, en las pp. 263-282, el gran manuscrito de Newton publicado póstumamente bajo el título “Sobre la gravitación y el equilibrio de los fluidos”<sup>4</sup>. Allí el espacio es descrito como sistema relacional o *estructura* (en contraste con la concepción cartesiana de la

<sup>3</sup> Véase Howard Stein, “Newtonian Space-Time”, *Texas Quarterly*, 10: 174-200 (otoño de 1967); “Some Philosophical Prehistory of General Relativity”, en John Earman, Clark Glymour y John Stachel, eds., *Foundations of Space-Time Theories* (Minneapolis: University of Minnesota Press, 1977), pp. 3-49; “On the Notion of Field in Newton, Maxwell, and Beyond”, en Roger Stuewer, ed., *Historical and Philosophical perspectives of Science* (Minneapolis: University of Minnesota Press, 1970), pp. 264-310.

<sup>4</sup> “De gravitatione et equipondio fluidorum” en Hall y Hall, op. cit. en la nota 2, pp. 89-121. El título reproduce la frase inicial del manuscrito pero no describe su contenido.

extensión como *sustancia*), y como “efecto emanativo del ente que existe primariamente (*entis primario existentis effectus emanativus*)”. Stein reflexiona sobre esta frase, aparentemente misteriosa, concluyendo que significa únicamente que el espacio es una consecuencia *necesaria*, aunque no *causal*, de la mera existencia de *algo* (cualquier cosa, no –como ha solido entenderse– Dios); pues, como dice la frase inmediatamente anterior, “lo que no existe en todo lugar ni en lugar alguno, simplemente no existe (*quicquid nec ubique nec ullibi est id non est*)”. Luego se consideran las implicaciones metafísicas del descubrimiento de la ley de gravitación universal a la luz de varios pasajes esenciales de los *Principia* y de la Cuestión 31 de la *Óptica*. Hallé muy útil el comentario (pp. 285-287) a las tres “medidas” newtonianas de la fuerza centrípeta, por su cantidad absoluta, acelerativa o motriz; en particular, la cantidad acelerativa, dependiente de la posición del cuerpo urgido por la fuerza, mas no de su masa, mide justamente lo que hoy llamamos la intensidad del campo. Stein señala oportunamente que –en virtud de su tercera ley del movimiento– Newton, tal como la física más reciente, concibe las fuerzas naturales como *fuerzas de interacción*. Destaca asimismo el vuelco decisivo en la filosofía natural expresado en lo que Newton nos dice sobre los “principios activos”, entre los cuales se cuentan la gravedad, y las causas de la fermentación y de la coherencia de los cuerpos:

Considero estos principios no como cualidades ocultas que se pretendan ( *fingantur*) surgidas de las formas específicas de las cosas, sino como leyes generales de la naturaleza, por las cuales se forman las cosas mismas ( *quibus res ipsae sunt formatae*). Que tales principios existen de verdad lo manifiestan los fenómenos, aunque no se haya explicitado aún cuáles son sus causas.

(Newton, *Optice*, Londini: Smith & Walford, 1706; pp. 344-345)

Stein ve aquí una indicación de que estos principios, fuerzas o leyes no *proceden de* algo así como las formas sustanciales de Aristóteles, sino que están llamados a *reemplazarlas*; pues, según lo que Newton dice, “las cosas mismas” se forman *por* la operación de tales “leyes generales”.

Para terminar, quiero subrayar un tema que figura en los tres ensayos que he reseñado: la conciencia que Newton tenía de la provisionalidad de sus resultados. Vimos el pasaje citado por Smith en que Newton declara que la complejidad de las interacciones planetarias supera nuestra capacidad intelectual. Harper comenta agudamente la cuarta “regla del filosofar” que manda “tener por verdaderas” –exactamente o *quamproxime*– las proposiciones colegidas por inducción de los fenómenos, *hasta que ocurran otros fenómenos que las hagan más exactas o sujetas a excepciones* (*Principia*, 3ª ed., 1726, p. 389). Stein cita la esperanza expresada por Newton en el prefacio de 1687: “que los principios aquí sentados brindarán alguna luz o bien a este modo de filosofar, o bien a otro más verdadero (*quod vel huic philosophandi modo, vel veriori alicui, principia hic posita lucem aliquam praebebunt*)”.

ROBERTO TORRETTI  
Universidad de Puerto Rico