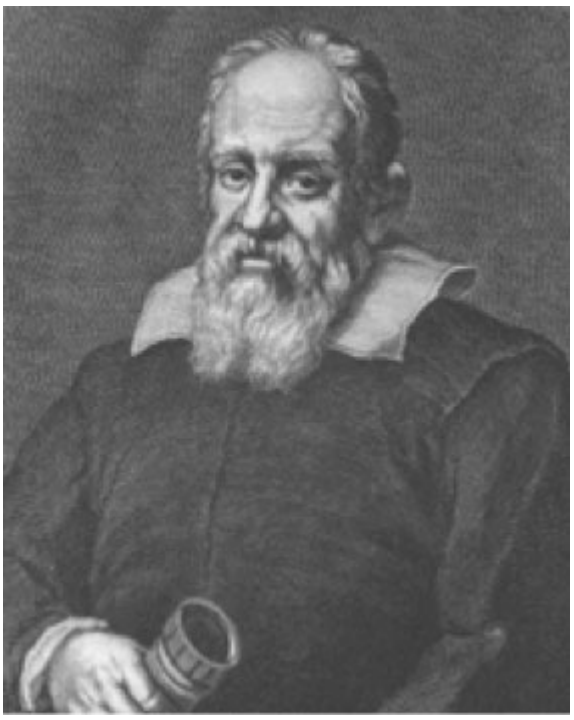
GALILEO GALILEI EN PERSPECTIVA

Posted on 13 mayo, 2022 by Moisés Santillán Zerón



Category: Ciencia
Tags: Columnas ciencia, El huevo del cocodrilo

Introducción



Galileo Galilei es considerado como uno de los fundadores de la ciencia moderna. No sólo contribuyó a cambiar la forma en que percibimos el universo, sino también a crear un nuevo orden, político y económico. Galileo fue, después de todo, un hombre de su tiempo. El material aquí presentado no es original, proviene de las referencias citadas al final. La intención del presente manuscrito no es dar una descripción detallada de la vida de Galileo, de sus logros científicos ni de su entorno cultural e histórico. Su propósito es, únicamente, remarcar algunos hechos históricos que probablemente ayuden a entender la importancia de las contribuciones de Galileo en relación con la gran revolución que estaba sucediendo a su alrededor.

Entorno histórico

El desarrollo de los pueblos, el comercio y la industria hacia finales de la Edad Media, terminó siendo incompatible con el sistema económico feudal. Estos cambios que maduraron lentamente bajo la superficie del feudalismo, finalmente se expresaron, y en un lugar tras otro fueron creando un nuevo orden económico y científico. Con mejores técnicas agrícolas, medio de transporte mejorados y una mayor cantidad de mercados, la producción de bienes comerciales se incrementó de forma sostenida. Los pueblos donde estos mercados estaban localizados habían jugado por largo tiempo un papel subsidiario en la economía feudal. Pero alrededor del siglo XV, los burgos (así llamados) habían crecido tanto que empezaron a transformar aquella economía en una donde el dinero, y no los servicios forzados, determinaba la fuerza productiva. El triunfo de los burgos y de la economía capitalista que ellos crearon, solamente pudo ocurrir después de una larga lucha en los ámbitos políticos, religiosos e intelectual. El proceso de transformación fue lento y desigual; ya había comenzado hacia el siglo XIII en el norte de Italia. Pero no fue sino hasta el siglo XVII que la burguesía tomó el control en lugares como Inglaterra u Holanda. Debieron pasar doscientos años más para que esta clase controlara hasta el último rincón de Europa.

El mismo período (1450-1690) que vio el desarrollo del capitalismo como el modo de producción dominante, también atestiguó la llegada de la experimentación y las matemáticas como los nuevos métodos de las ciencias naturales. La transformación fue compleja. Los desarrollos tecnológicos

impulsaron la creación de la ciencia moderna, y ésta, a su vez, condujo a nuevos y más rápidos desarrollos técnicos.

Esta revolución técnica, económica y científica fue un fenómeno social único. Algunos, incluso, la consideran más grandiosa que el descubrimiento de la agricultura (que hizo posible la civilización); porque la ciencia contiene en sí misma la posibilidad de un avance infinito. Los desarrollos de la ciencia y el capitalismo están íntimamente relacionados. Al principio del período el factor económico fue dominante. Las condiciones en que se originó el capitalismo hicieron a la ciencia experimental posible y necesaria. Hacia el final del período el efecto contrario empezaba a sentirse. El éxito práctico de la ciencia ya empezaba a contribuir al siguiente desarrollo tecnológico: la Revolución Industrial. Así pues, en este período la ciencia pasó su punto crítico, asegurándose un lugar permanente como parte de las fuerzas productivas de la sociedad.

En las primeras etapas, cuando el capitalismo estaba rompiendo las ligaduras de un feudalismo decadente, el uso de dispositivos técnicos de la Edad Media permitió a la agricultura, las manufacturas y el comercio crecer y esparcirse. Las necesidades materiales creadas por el avance económico estimularon el desarrollo de nuevas técnicas, particularmente en minería, seguridad social y navegación. Esto trajo nuevos problemas concernientes al comportamiento de nuevos materiales y procesos; poniendo en entredicho a la ciencia clásica, donde inventos como la brújula y la pólvora, no tenían lugar. Los viajes de descubrimiento revelaron qué tan limitadas eran las experiencias de los antiguos, y demostraron la necesidad de una nueva filosofía. Antes del siglo XVIII, un pequeño grupo de hombres había ya resuelto los problemas centrales de la mecánica y la astronomía. Con ello, brindaron ayuda donde era necesaria: en la navegación. Pero su verdadero triunfo radica en la creación de nuevos métodos experimentales y matemáticos, para el análisis y solución de los problemas de la naturaleza. La resolución Científica no puede separarse del Renacimiento y la Reforma, todo lo cual significa que el edificio intelectual heredado de los griegos, y canonizado por los teólogos cristianos e islámicos, fue superado, y un sistema radicalmente nuevo fue puesto en su lugar. El mundo jerárquico de Aristóteles dio su lugar al mundo mecanicista de Newton.

Es conveniente dividir el período de la Revolución Científica en tres grandes etapas, que suelen nombrarse de la siguiente forma: el Renacimiento, 1440-1540; las Guerras de Religión, 1540-650 y la Restauración, 1650-1690. Éstas no son tres eras contrastantes, sino tres fases de un solo proceso de transformación, de una economía feudal a otra capitalista. Desde el punto de vista histórico, la primera fase incluye el Renacimiento, los grandes viajes de descubrimiento y la Reforma, así como las guerras que marcaron el fin de la libertad política en Italia y significaron el surgimiento de España como la primera potencia mundial. En un principio, la forma de gobierno que sustituyó al sistema feudal fue la del príncipe absoluto, cuyo poder estaba auspiciado por los comerciantes. En ocasiones, el príncipe era un comerciante ennoblecido, como los Medici. La democracia no se estableció efectivamente sino hasta la siguiente fase. Durante la segunda fase, el resultado de la

apertura de América y el Oriente al comercio y piratería europeos comenzó a sentirse en la forma de una crisis de precios, la cual sacudió la economía europea en su totalidad.

Fue la etapa de la guerra de religión inconclusa en Francia y Alemania. Mucho más importante para la historia fue el establecimiento de la república burguesa de Holanda, al principio, así como del "Commonwealth" burgués británico, al final del período. La tercera fase fue una de compromisos políticos. Aunque los gobiernos eran monárquicos, la gran burguesía manejaba los hilos del poder en todos los países que progresaban económicamente. Los holandeses marcaron el ritmo del periodo, a pesar de la gran pompa del "Grand Monarque" en Versalles. En la Gran Bretaña, este período significó el inicio de la monarquía constitucional y de un rápido desarrollo comercial e industrial.



Los correspondientes desarrollos científicos fueron en la primera fase un reto a la imagen del mundo que en la Edad Media se había adoptado de la época clásica. Este reto encontró su expresión decisiva en el rechazo de Copérnico hacia el cosmos aristotélico, centrado en la Tierra, y en su reemplazo por un sistema solar visto desde la Tierra, un planeta como cualquier otro. En la segunda fase, el reto fue hecho efectivo por Kepler y Galileo, y posteriormente extendido al cuerpo humano por Harvey. Esto se consiguió empleando métodos experimentales nuevos. Los nuevos profetas de la nueva era científica aparecieron posteriormente con Bacon y Descartes. La tercera fase marcó el triunfo de la ciencia. Esa la era Boyle, Hooke y Huygens. Fue en pocas palabras. La era de una nueva filosofía matemática. El trabajo de muchas mentes y manos culminó en la formulación de los "*Mathematical Principles of Natural Philosophy*" por Isaac Newton, los cimientos sobre los cuales el resto de la ciencia pido construirse con toda confianza. A partir de entonces, el universo jerárquico de la Edad Media fue suprimido y reemplazado por otro, donde las partículas podían interactuar libremente, guiadas únicamente por las Leyes de la Naturaleza. En su momento, el conocimiento de estas leyes sería la llave para domesticar los poderes de la naturaleza al servicio del hombre.

Entorno filosófico

Había cuatro componentes principales en el modelo del mundo que se tenía a finales de la Edad Media. Todas las cuales supuestamente (y en efecto) se remontaban al mundo antiguo. Ellas eran: la componente técnica, el dominio y el control de fuerzas y materiales, del viento, el agua, los metales, la madera y la piedra, en todos los cuales, un rápido y efectivo progreso había tomado lugar recientemente; la componente filosófica, de la cual la medicina formaba parte, que a sí misma se enfocaba hacia los problemas más generales de la naturaleza y del mundo en que vivimos, y que estaba basada firmemente en los libros de texto de autores griegos, latinos e islámicos que se leían en escuelas y universidades; la componente matemática (incluyendo la astronomía),menor en prestigio a la filosofía y limitada en sus facetas más avanzadas a un puñado de expertos finalmente, la componente esotérica, temida por casi todos, conocida por muchos, profesada abiertamente por muy pocos. La filosofía era la sabiduría secular, la sabiduría de este mundo temporal (por esta razón, el punto de vista de los autores paganos podía tratarse con respeto), así como la teología era la sabiduría del mundo eterno. Las disciplinas se encontraban inevitablemente. La Biblia relataba ciertas cosas concernientes al mundo temporal que debían de ser creídas. Por ejemplo, que la Tierra estaba fija en su centro, aunque ya Oresme había recalcado alrededor de 1370 que "había suficientes razones para concluir que se movía como un planeta, si la Autoridad no nos salvara de cometer dicho error". Y por supuesto, la filosofía tenía mucho qué decir acerca de la moralidad y la conducta humanas. Para ponerlo en palabras llanas, diremos que la filosofía se convirtió en la disciplina universitaria más importante debido a que San Pablo y los Padres de la Iglesia hicieron del cristianismo una religión intelectual, y no simplemente una cuestión de fe en el mensaje de Jesús. Después de todo fue una cuestión filosófica y no alguna razón concerniente a la historia de Jesús o su mensaje lo que había dividido a las Iglesias Orientales y Occidentales.


SIDEREVS
NVNCIVS
MAGNA, LONGEQVE ADMIRABILIA
Spectacula pandens, suspiciendaque proponens
vnicuique, præsertim verò
PHILOSOPHIS, necnon ASTRONOMIS, quæ à
GALILEO GALILEO
PATRITIO FLORENTINO
Patauini Gymnasij Publico Mathematico
PERSPICILLI
QVATVOR PLANETIS
MEDICEA SIDERA
NVNCVPANDOS DECREVIT.
VENETIIS, Apud Thomam Baglionum. M DC X.

¿Qué fue lo que cambió en el carácter del aprendizaje en los siglos XV y XVI? Algunos de estos cambios son bastantes sutiles en perspectiva. Sería erróneo suponer que los filósofos naturales de alrededor de 1600 eran cristianos menos devotos que aquellos de tres siglos antes. Pero en ese período, el Cristianismo Occidental y su relación con la filosofía habían sufrido cambios profundos. También sería demasiado simple describir la Revolución Científica como una revuelta contra Aristóteles. Por el contrario, los ejemplos e ideas aristotélicas podían aún estimular innovaciones creativas, como con William Harvey. Algunos puntos eran obvios. Quizás más importantes que cualquier otra cosa era el cambio en la base cultural. La herencia intelectual medieval había estado largamente fundamentada en el trabajo de los traductores del siglo XII, que trabajaban en Toledo y en otros centros de traducción. El Renacimiento trajo a la luz un vasto número de obras literarias ya olvidadas. Muchas de ellas transcritas en los siglos siguientes a la invasión bárbara. Autores como Arquímedes, Galeno, Platón y Lucrecio fueron descubiertos. El idioma griego, casi olvidado en la Europa occidental, fue revivido dando a los estudiosos un contacto inmediato con la más filosófica de todas las sociedades antiguas.

Los filósofos renacentistas diferían de sus contrapartes medievales no en la creencia de que el hombre moderno debía fundamentarse en las enseñanzas de los antiguos, sino en la certidumbre de que esto debía de hacerse directamente, ignorando todo lo que se había escrito en el intermedio. El héroe del Renacimiento fue Platón, en vez de Aristóteles, especialmente en la región toscana. Análogamente, pero más tarde otros tomaron el atomismo de Epicuro y Lucrecio en lugar de la teoría cualitativa de Aristóteles. Dioscórides fue otro gran héroe. La botánica del siglo XVI estuvo fundada en el estudio de sus trabajos. Los filósofos presocráticos fueron leídos y citados al igual que los pitagóricos. Copérnico encontró a Plutarco (otro descubrimiento renacentista) y citó del griego la información de que Filolao el pitagórico había supuesto que la Tierra se mueve, lo mismo que Heráclides y Ecfanto. También se refiere a Aristarco de Samos, a Anaxágoras, a Empédocles y a Leucipo, desplegando un conocimiento de gran tradición, que en la Edad Media fue virtualmente ignorado. Nuevos horizontes trajeron nuevas variedades de pensamiento y nuevos problemas que resolver.

El trabajo filosófico de mayor influencia en el siglo XV fue el de Platón, que movió a la gente hacia las matemáticas. Era penoso ser ignorante en geometría. Las matemáticas, y su pariente cercana, la astronomía, florecieron como nunca antes. El álgebra, por una parte, la trigonometría, por la otra,

tomaron tremendo impulso, mientras que las matemáticas eran aplicadas en todas partes como la llave de navegación, la exploración, la ciencia militar, la geografía, y la estética. Niccolo Tartaglia (1500-1557) ilustra en sus escritos todas estas tendencias. Fue de los primeros en ofrecer una solución general de las ecuaciones cúbicas, estudió el vuelo de los proyectiles y produjo la primera edición de Arquímedes. De gran interés, sin embargo, era la idea de que las matemáticas ofrecen una llave única para atender la naturaleza de las cosas. Pero no era una sola idea, sino que tenía dos vertientes principales: la convicción de que la naturaleza es inherentemente matemática, porque Dios geometriza eternamente, y la convicción puramente lógica de que el razonamiento matemático es el más preciso con que contamos. Galileo, entre otros, también enfatizó ambas características de las matemáticas. Él creía que el Libro de la Naturaleza está escrito en el lenguaje de la geometría, pero también que la prueba matemática de una proposición lógica es lo mejor que podemos tener.

Galileo y sus contribuciones

Galileo Galilei nació en Pisa. Fue hijo de Vincenzo Galilei, bien conocido por sus estudios en música, y de Giulia Ammannati. Estudió en Pisa, donde posteriormente tuvo la cátedra de matemáticas de 1589 a 1592. En ese año se le ofreció la cátedra de matemáticas en la Universidad de Padua, donde permaneció hasta 1610. Entonces se mudó a Florencia como matemático de la corte. Durante estos años llevó a cabo estudios y experimentos en mecánica, construyó un termoscopio y diseño y construyó una brújula militar. En 1594 obtuvo la patente de una máquina para elevar agua. Por esa época construyó un telescopio con el que hizo observaciones astronómicas, la más espectacular de las cuales fue su descubrimiento de los satélites de Júpiter. En 1610 fue nominado como el más notable matemático de la Universidad de Pisa y se le dio el título de matemático del Gran Duque Toscano. Estudió Saturno y observó las fases de Venus. En 1611 fue a Roma. Se convirtió en miembro de la "Academia dei Lincei" y observó las manchas solares. Galileo inició sus estudios de cinemática mientras era profesor en Pisa. Los escritos pioneros de Galileo tratan de proveer un medio alternativo para comprender los resultados insatisfactorios de la mecánica enseñada entonces por los filósofos aristotélicos. En aquellos primeros intentos de una descripción matemática de cómo los cuerpos se mueven, Galileo probablemente no tenía bien claro qué tan precisas deben ser las descripciones matemáticas, al compararse con los experimentos, para considerarse satisfactorias. Pero ya sabía que la única forma de entender el movimiento de los cuerpos era concentrándose en ciertos aspectos, y discriminando el resto como propiedades incidentales que podían considerarse por separado. Esto era suficiente para distinguirlo de un filósofo tradicional. Decirle a un aristotélico que no se preocupara por la fricción o la resistencia del aire, era lo mismo que pedirle que abandonara el mundo real para habitar uno de fantasía matemáticas. Aun así, Galileo tenía una idea muy clara de que ésta era la forma de proceder si él iba

a hacer por la dinámica lo que Arquímedes hizo por la estática. Sin embargo, todavía era suficientemente aristotélico como para concebir su propio trabajo como una búsqueda de las causas: esperaba encontrar las verdaderas y únicas causas que explicaran el movimiento de los cuerpos. A pesar de ello, comprendió que el primer paso debería consistir en entender los efectos de aquellas causas que buscaba. Ésta era una lección al menos compatible con la filosofía aristotélica de la ciencia. En efecto, su máximo logro consistió en proveer un método matemático para descubrir la forma en que los movimientos se llevan a cabo (la cinemática como se conoce ahora), en vez de proporcionar un nuevo conjunto de causas, tales como las fuerzas, para reemplazar las explicaciones aristotélicas o medievales del movimiento (esto es, en dinámica).

De acuerdo a la mecánica aristotélica, no había necesidad de explicar por qué un cuerpo permanecía en reposo en su sitió natural. Ahí era donde se suponía que debía de estar, así que no era de esperarse que se moviera, al menos que fuera forzado a ello. La física era el estudio de la naturaleza. Un punto central de la misma era el estudio del movimiento, el estudio de cómo los cuerpos volvían a sus sitios naturales. Era el movimiento, no el reposo, el que necesitaba una explicación. Había por supuesto movimientos que no eran naturales.

Ellos eran los movimientos forzados o violentos. Cosas como sillas, carros o proyectiles no se movían por sí mismos. Para moverlos se necesita un esfuerzo, el cual era de esperarse, pues las cosas estaban siendo movidas de su sitio natural. Los movimientos violentos merecían una atención incidental. Pero aun cuando se estudiaban movimientos naturales, como la caída libre de objetos pesados, la resistencia del medio tenía que tomarse en cuenta que una piedra, por ejemplo, cae más rápidamente en aire que en agua.



En efecto, Aristóteles consideró que los objetos caen con velocidades proporcionales a su peso, en un medio dado. También consideró que la velocidad de caída de un cuerpo es inversamente proporcional a la resistencia del medio. Lo que Aristóteles tenía en mente es expresado de forma más clara con la terminología de Galileo: tanto más diluido es el medio, cuanto más rápido los cuerpos caen, y por el contrario cuanto más espeso es el medio, tanto más lenta la caída. Las ideas de Aristóteles habían sido criticadas desde hacía tiempo. La filosofía aristotélica tenía su punto más débil en lo que se refiere al movimiento

forzado de proyectiles. Pero aun las brillantes discusiones de los filósofos de Oxford y París en el siglo XIV no habían conseguido desmantelar la visión aristotélica del mundo. La flexibilidad de la filosofía cristiana de aquel entonces, que incorporaba el legado aristotélico, dejaba suficiente espacio para la discusión. Discusión que podía acomodar diferentes teorías de la caída de los cuerpos o el movimiento de los proyectiles, sin mostrar el hecho de que la estructura filosófica se tambaleaba.

Galileo publicó sus dos mayores obras l final de su vida. En 1652 público sus Diálogos acerca de los dos principales sistemas del mundo. Galileo pensó que el diálogo era la forma literaria más apropiada para sus propósitos. Los participantes eran Salvati, quien representa los puntos de vista de Galileo, Sagredo, quien es el anfitrión y conductor de los diálogos, y Simplicio, un personaje común de pensamiento aristotélico, cuyo nombre fue inspirado por el personaje que en el siglo VI comentó a Aristóteles. Puesto que el propósito de Simplicio es mostrar todas las dificultades que impiden a la gente entender, y mucho menos aceptar el copernicanismo, no es muy brillante ni está bien informado. En ocasiones, sin embargo, su cerrazón involuntaria lo hace aparecer un poco bobalicón, que es la razón por la que mucha gente piensa que el nombre sugiere un simpletón.

Galileo dividió su libro en cuatro diálogos que ocurren en días consecutivos. El cuarto y último día es dedicado al estudio de las mareas, que por 35 años Galileo había visto como la prueba de la rotación terrestre. De hecho, para él, éste era el tópico principal del libro. Pero antes de eso, Galileo trató otros dos temas, también importantes: la discusión de la posibilidad de que los movimientos cercanos a la superficie terrestre sirvan para discernir si ésta fija, a lo cual dedica el segundo día, donde discute el movimiento de rotación de la Tierra alrededor de su propio eje; y un análisis de los fenómenos celestes, para ver si la rotación de la Tierra alrededor del Sol proporciona una mejor descripción (hipotética) del movimiento de los planetas, de lo que lo hacía la astronomía geoestática de Ptolomeo, éste es el tópico del tercer día. En el primer día discute si los aristotélicos tenían razón de condenar el copernicanismo como imposible, basados en el divorcio entre la Tierra (con sus elementos) y los cielos, que se suponían una propiedad esencial del Universo. Vale la pena mencionar que este libro se publicó después de que la Iglesia había prohibido a Galileo escribir a favor del copernicanismo.

Desde 1612, la teoría de Galileo acerca del movimiento terrestre, basada en los trabajos de Copérnico, empezó a encontrar una oposición bastante seria, En 1614 el Padre Tommaso Caccino denunció las opiniones de Galileo desde púlpito de Santa María Novella, juzgándola como erróneas. Galileo entonces, fue a Roma, donde se defendió de los cargos en su contra. Pero en 1616 el Cardenal Bellarmino le advirtió que no podía defender la astronomía copernicana, puesto que estaba en contra de la doctrina católica. En 1622 escribió "Il Saggiatore", que fue aprobado y publicado en 1623. En 1630 regresó a Roma para obtener el permiso de escribir sus Diálogos acerca de los dos principales sistemas del mundo, que eventualmente fue publicado en Florencia en 1632. En octubre de 1632 fue amonestado por el Santo Oficio de Roma. El tribunal dictó sentencia, lo

condenó y lo obligó a abjurar de su teoría. Fue enviado al exilio en Siena y finalmente, en diciembre de 1633, se le permitió retirarse a su villa en Arcetri, el Gioiello. Su salud declinaba paulatinamente.

Alrededor de 1638 quedó completamente ciego. También perdió el apoyo de su hija, la Hermana María Celeste, quien murió en 1634. La obra maestra de Galileo, los Discursos y Demostraciones Matemáticas concernientes a Dos Nuevas Ciencias (Discorsi e dimostrazioni matematiche a due nuove scienze) fue publicada en la primavera o a principios del verano de 1638, después de su juicio y condenación. Las dos nuevas ciencias tratan de la fuerza y resistencia de materiales y con el movimiento. Galileo reunió a los mismos tres personajes para discutir estos tópicos a su gusto durante cuatro días. Pero sería erróneo llamar diálogos a los cuatro libros o días. El tercer y cuarto día son diálogos sólo de manera intermitente. Más bien son seminarios concluidos por Salvati para presentar los descubrimientos más importantes Galileo. Los diálogos en italiano sirven para introducir o explicar los tratos en latín acerca del movimiento de los cuerpos. La convención de que Salvati lee dichas exposiciones a partir de manuscritos de Galileo sirve a este propósito. El hecho de que están en latín los hace accesibles a lectores extranjeros. Al mismo tiempo, Galileo no quiso abandonar las conversaciones, que frecuentemente contribuyen de manera significativa a explicar las teorías, así como a proporcionar algún alivio del rigor geométrico.

Los Discursos también pueden verse como un manual para ingenieros; proporcionan ayuda para los ingenieros constructores en el segundo día, y a los ingenieros hidráulicos y militares en el tercer y cuarto día, respectivamente. El primer día, que empieza con una discusión acerca de la resistencia de los materiales, cubre tópicos como los estudios musicales desarrollados por Galileo y su padre más de cincuenta años antes. En este libro más sobrio, Simplicio es participante serio. Es sin embargo claro que entre mayor es el rigor matemático, menor es la contribución de este personaje. La discusión de los dos primeros días pudo de alguna forma ser seguida por Simplicio. Parcialmente porque la primera de las dos nuevas ciencias de Galileo es más fácil de entender, al menos superficialmente, y parcialmente porque el primero de los cuatro días contienen material introductorio acerca de la teoría del movimiento. En el tercer día, Galileo inicia el tratamiento matemático del movimiento uniforme. Galileo también trata en el tercer y cuarto día el descenso de cuerpos a lo largo de planos con diferentes inclinaciones, la formulación de la ley que establece la relación entre distancia recorrida y tiempo de vuelo en la caída libre, la isocronía de las oscilaciones de péndulos de igual longitud y, de particular importancia, el movimiento de proyectiles. Estos dos últimos días constituyen indudablemente los fundamentos de la cinemática de hoy en día, e inauguran la ciencia moderna.

Galileo murió en Arcetri el 8 de enero de 1642. Durante sus últimos días permaneció intelectualmente activo, a pesar de su mala salud. Recibió visitas y mantuvo correspondencia con amigos y colegas (algunos de ellos sus antiguos estudiantes), con quienes discutió su propio trabajo y las contribuciones de otras personas. Antes de morir, Galileo pudo ver que el camino que él había abierto hacia el estudio del movimiento era seguido por mentes capaces. C^2

Referencias

- Bernal, J. D. (1971) Science in History, Volume 2: The Scientific and Industrial Revolutions. MIT University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Hall, A. R. (1983) The revolution in science 1500-1750. Longman, London.
- Sharratt, M. (1994) Galileo, decisive innovator. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wilson, F. L: History of Science: Galileo and the Rise of Mechanics. http://dbanach.com/archive/Fred%20Wilson%20Galileo.htm
- Biography of Galileo Galilei. Institute and Museum of the History of Science of Florence, Italy.
- URL: https://www.museogalileo.it/en/museum/explore/meet-galileo.html
- Galileo Galilei Notes on Motion. Biblioteca Nazionale Centrale, Florence; Instituto e Museo di Storia della Sciencza, Florence; and Max Planck Institute for the History of Science, Berlin. URL: http://www.imss.fi.it/ms72/index.html