

4º tema: partes primera y segunda

- El Renacimiento
- La transición entre 1550 y 1650

2 Introducción (1)

Vamos a distinguir tres períodos:

1. El Renacimiento (1440-1550):
 - > los grandes viajes de los navegantes,
 - > la Reforma,
 - > el rechazo de Copérnico del geocentrismo de Aristóteles.
2. De 1550 a 1650:
 - > la incorporación de América y de Oriente al comercio y la piratería europeas,
 - > las guerras de religión en Alemania y Francia,
 - > consolidación del modelo copernicano con Kepler y Galileo, extendido al cuerpo humano con Harvey,
 - > empleo de nuevos métodos experimentales,
 - > las obras de Francis Bacon y Descartes, ideólogos de la nueva ciencia.

3

Introducción (2)

3. Desde 1650 hasta la mitad del siglo XVIII.
 - > Compromiso político de la monarquía y la burguesía, que participaba del poder en todos los países con desarrollo económico,
 - > el método científico se extiende y se organizan las primeras sociedades científicas.
 - > Boyle, Hooke y Huygens fundamentan una nueva filosofía mecánico-matemática: las causas finales se sustituyeron por causas mecánicas,
 - > desaparece el universo jerárquico del medioevo: las partículas de materia estaban sometidas a las Leyes Naturales, cuyo conocimiento exacto permitiría someter las fuerzas de la Naturaleza al dominio humano.
 - > Los *Principia* de Newton: culminación del proceso y modelo a partir del cual se pretendió construir el resto de la ciencia.

4 El Renacimiento: Introducción (1)

1. Cambio político:

- > Paso del feudalismo a la monarquía absoluta (dependiente de los comerciantes).
- > Surgimiento de los Estados nacionales: reemplazo de los poderes de emperadores y papas.
- > Los nuevos científicos y humanistas dejaron de depender de la Iglesia para ser patrocinados por los príncipes.
- > El papel de las universidades fue de resistencia al nuevo movimiento.

5

El Renacimiento: Introducción (2)

2. Factores económicos del cambio:

- > Rápida expansión del comercio basada en la creciente cantidad de excedentes.
- > Los excedentes se producían gracias a las mejoras técnicas introducidas en la Baja Edad Media (en agricultura y manufactura textil).
- > La disponibilidad de excedentes se incrementaba con las mejoras en la construcción naval y la navegación.
- > El desarrollo de la navegación abrió mercados inalcanzables por tierra y de forma más barata (el descubrimiento del Nuevo Mundo, el dominio portugués del comercio marítimo asiático).
- > Los beneficios del comercio marítimo posibilitaron la primera acumulación de capital fluido, invertido en empresas productivas y no sólo en tierras.

6

El Renacimiento: Introducción (3)

3. Factores culturales del cambio:

- > Movimiento *humanista*: iniciado en Italia a principios del XIV (Petrarca y Bocaccio). Se extiende por Francia y el norte de Europa posteriormente, con un aire más religioso.
- > Se mantiene una actitud más secular respecto de la sociedad, lo que no implicaba rechazo de la religión, sino que se concibe de una forma más personal y menos dependiente de la Iglesia.
- > Creciente interés por la antigüedad clásica.
- > Se eludieron las tradiciones árabe y escolástica para leer de primera mano a Platón, Aristóteles, Demócrito y Arquímedes.
- > El culto al individuo y a la virtud fue su ideal.
- > El interés en la vida futura y más allá de la muerte perdió importancia con respecto a la vida presente y material, lo que tuvo su repercusión en las artes: la pintura, poesía y música, con una nueva y clara admisión del goce físico.

7

El Renacimiento: Introducción (4)

4. El desarrollo técnico:

- > Se revalorizó la figura de los técnicos y los artistas, y comenzaron a respetarse las artes prácticas del hilado, el tejido, la alfarería, la vidriería, y sobre todas ellas, a la minería y la metalurgia, por su relevancia como generadoras de riqueza y poder militar.
- > Las técnicas se hallaban en manos de hombres libres que no distaban económica y socialmente de los poderosos (como había sucedido en la Edad Media).
- > Se produjo una nueva vinculación entre la tradición técnica y las de los sabios, perdido desde las civilizaciones primitivas.
- > El caudal de conocimientos técnicos y mejoras acumulado desde la antigüedad se sumó a la concepción del mundo, los métodos de argumentación y los métodos de cálculo de los sabios.

8 Causas del desarrollo científico (1)

Navegación y astronomía:

- > Las exploraciones marítimas renovaron completamente las concepciones geográficas de la época.
- > A finales del XV los turcos monopolizaban el comercio oriental,
- > Europa intenta abrir rutas hacia el Océano Índico que evitasen el Mar Rojo.
 - > Una de ellas consistía en circunnavegar África. Fue la que siguieron los portugueses, llegando Vasco de Gama a la India en 1497.
 - > El otro proyecto consistía en atravesar el océano desconocido hasta llegar a China, al otro lado del mundo.

9 Causas del desarrollo científico (2)

- > El perfeccionamiento del arte de navegar fue posible gracias a la sustitución de las cartas marítimas por las *cartas astronómicas*, que reflejaban la posición de las estrellas, dando la latitud de forma más precisa.
- > Se tenían en cuenta fenómenos celestes tales como las posiciones de los planetas, las conjunciones y los eclipses.
- > Uno de los principales patrocinadores de estas cartas fue el infante Dom Enrique, hijo del rey de Portugal, nacido en 1394.
 - > Fundó en Sagres su base naval y su academia, en donde se preparaban instrumentos y mapas necesarios para la navegación y la exploración, en particular los diferentes.
 - > Se desarrolló la matemática y la astronomía indispensables para aventurarse por lugares desconocidos y en alta mar.
 - > Empleó navegantes portugueses y extranjeros, sobre todos genoveses y a científicos de todas partes para desarrollar la nueva ciencia náutica.

10 Causas del desarrollo científico (3)

Abraham Zacut nació en Salamanca entre los años 1450-1452.

Entre 1473 y 1478 compuso en hebreo las tablas de su *Almanach Perpetuum*, pero como judío debió abandonar España y refugiarse en Portugal, donde Joao II (1481-1495) le concedió el grado de astrónomo y cronista, confirmado después por Manuel (1495-1521, el siguiente monarca).

Este libro fue conocido por los navegantes portugueses y publicado en Portugal en 1496.

Basándose en los datos proporcionados por Zacut, los portugueses perfeccionaron sus tablas de declinación solar, de suma importancia para los viajes de exploración.

11 Causas del desarrollo científico (4)

- > Gracias a estas cartas, se pudo descubrir América, se pudo doblar la extremidad sur de África, y finalmente circunnavegar enteramente la esfera terrestre, ofreciendo nuevos conocimientos geográficos, sobre nuevas plantas, animales o culturas.
- > La apertura de las nuevas rutas supuso el abandono de las tradicionales a través de territorios árabes, lo que benefició a los portugueses y arruinó a los venecianos.
- > El éxito de los viajes marítimos incrementó la demanda de construcción de buques y de útiles para la navegación, lo que hizo surgir una nueva clase de artesanos muy cultivados, con formación matemática, capaces de fabricar brújulas, mapas e instrumentos de precisión.

12 Causas del desarrollo científico (5)

Los tratados técnicos

Desde los dos últimos siglos de la Edad Media hasta fines del siglo XV se hicieron progresos en la técnica y el trabajo manual que influyeron en la forma de la nueva ciencia.

- > Uno de los primeros libros técnicos que se conserva es el escrito por Konrad Kyeser, titulado Bellifortis (terminado en 1405).
 - > Dividido en 10 libros, que tratan sobre: carros de combate, máquinas de sitio, máquinas hidráulicas, escaleras e instrumentos similares, armas de fuego, construcciones de defensa, recetas y medios secretos, el uso del fuego como arma, utilización del fuego en las artes de la paz, y máquinas varias.

13 Causas del desarrollo científico (6)

- > Tratados arquitectónicos:
 - > se estudiaron teóricamente las leyes matemáticas y ópticas de la perspectiva,
 - > las reglas de la estática de las construcciones y la naturaleza de los materiales,
 - > los métodos más eficaces para construir baluartes defensivos que resistieran a los ataques,
 - > los principios para facilitar la navegación interna y
 - > los fundamentos para la construcción de máquinas de todas clases y especies.

14 Causas del desarrollo científico (7)

> Tratados de mineralogía

- > *De la pirotechnia libri X* de Vannoccio Biringuccio (1540): el primer tratado de mineralogía, minería y metalurgia. Una de las primeras aplicaciones conscientes del método experimental. Destaca por el uso de la balanza, y por la importancia que se daban a las razones ponderables de las sustancias que intervienen en las reacciones químicas.
- > Textos de Agrícola, que observó el trabajo de los mineros de Bohemia y Sajonia, en donde era médico. Contienen nuevas concepciones geológicas (sobre estratigrafía), el número de minerales considerados son más numerosos que los que aparecían en la obra de Biringuccio. Estaban acompañados de magníficas ilustraciones, que posibilitan el conocimiento de la maquinaria de la época.

15 La revolución copernicana



Copérnico

De revolutionibus 1543

La hipótesis heliocéntrica distaba mucho de resultar evidente,

Dificultades:

- > El sistema de Ptolomeo ofrecía una explicación para todos los fenómenos celestes conocidos, con tanta precisión como podía esperarse con los instrumentos con que contaban, y en astronomía, como en toda ciencia, la teoría vigente marca la pauta.
- > El testimonio de los sentidos, en un momento en que no había posibilidad de hacer observaciones por medio del telescopio, apoyaba la idea de que la Tierra era una sustancia sólida y fija, mientras que los cielos aparecían como ligeros y móviles.

16 La revolución copernicana (2)

Objeciones específicas hacia la nueva teoría:

- > caso de ser cierta, un objeto lanzado en vertical al aire debería caer hacia el oeste del punto de lanzamiento.
- > las estrellas fijas tienen que mostrar un paralaje anual. Para salvar la teoría se debía considerar que las estrellas estaban a una distancia inmensa, increíble para la época.

17

La revolución copernicana (3)

- Ventajas del heliocentrismo: recogía los hechos de la astronomía en un orden matemático más simple y armonioso.
- > Más simple, ya que en lugar de los ochenta epiciclos del sistema ptolemaico, Copérnico era capaz de salvar los fenómenos recurriendo sólo a treinta y cuatro epiciclos, al eliminar todos aquellos derivados de la idea de que la Tierra se halla en reposo.
 - > Más armónico, ya que la mayor parte de los fenómenos planetarios se podían representar por medio de una serie de círculos concéntricos en torno al Sol, quedando la Luna como única excepción.

18 La revolución copernicana (4)

- > Los científicos antiguos y los medievales habían notado que en muchos aspectos la naturaleza parecía regirse por el *principio de simplicidad*.
- > La nueva teoría, eliminaba muchos engorrosos epiciclos e irregularidades, y atacaba por excesivamente complejos los ecuantos y la imposibilidad de atribuir velocidad uniforme al movimiento de los planetas.

19 La revolución copernicana (5)

En el *Comentariolus* (1507) se resumen las ideas que dominan la revolución astronómica:

1. No hay un centro único de todas las esferas;
2. El centro de la Tierra no es el centro del universo, sino sólo el centro de gravedad;
3. Todas las esferas giran alrededor del Sol, y éste es el centro del mundo;
4. La distancia de la Tierra al Sol es insensible en comparación con la altura del firmamento;

20 La revolución copernicana (6)

5. Todo movimiento que aparece en el firmamento no se origina a causa del movimiento del firmamento mismo, sino a causa del movimiento de la Tierra. El firmamento y el último cielo son inmóviles
6. Lo que se nos aparece como movimiento del Sol, está ocasionado por el movimiento de la Tierra, y ésta tiene varios movimientos;
7. El movimiento de la Tierra es por sí mismo suficiente para explicar la diversidad de los movimiento aparentes en el cielo.

21

La revolución copernicana (7)

El resurgimiento del platonismo-pitagorismo fue el principal punto de colisión con el aristotelismo dominante en la baja edad media.

El primero consideraba que el universo es fundamentalmente geométrico, sus componentes últimos son porciones limitadas de espacio, y como un todo presenta una armonía geométrica, simple y bella.

La escuela aristotélica minimizaba la importancia de las matemáticas, que se situaban entre la metafísica y la física. La naturaleza era *cualitativa*, además de cuantitativa, y la clave del conocimiento más elevado debía ser la lógica, y no la matemática.

22

La revolución copernicana (8)

Copérnico se sumó a la crítica neoplatónica y pitagórica.

La geometría era la disciplina reina de las matemáticas y la astronomía una rama de la geometría.

La astronomía debe participar de la misma relatividad de los valores matemáticos, y los movimientos de los cuerpos celestes deben ser puramente relativos sin que sea relevante desde el punto de vista de la verdad qué punto se tome como referencia de todo el sistema espacial.

Durante los sesenta años que transcurrieron hasta que la teoría de Copérnico se pudo confirmar de modo empírico, prácticamente todos los que la consideraron con respeto fueron matemáticos de formación.

23 La revolución en anatomía (1)

La medicina encontró en las facultades italianas (sobre todo en Padua), un núcleo privilegiado.

Los médicos que se reunían allí se relacionaban con artistas, matemáticos, astrónomos e ingenieros.

Estas relaciones pudieron ser el origen de la orientación descriptiva, anatómica y mecanicista de la medicina europea: se estudió el cuerpo humano, se diseccionó, exploró, midió, y explicó como una máquina especialmente complicada.

Se fundó una *anatomía*, una *fisiología* y una *patología* nuevas sobre la base de la observación y la experimentación directas, que culminó en la obra de Andreas Vesalius: la más completa descripción de los órganos del cuerpo hasta ese momento.

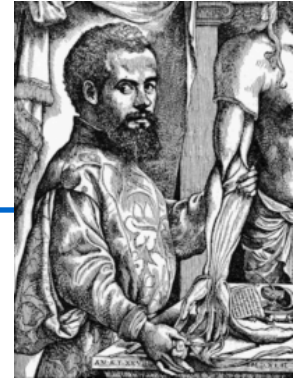
24 La revolución en anatomía (2)

- > Hasta el siglo XVI la medicina siguió teniendo un planteamiento tradicional y se apoyó básicamente en el galenismo.
- > La primera disciplina médica que se independizó de estos supuestos fue la anatomía.
- > A finales del siglo XIII se inició en Bolonia la práctica regular de la disección de cadáveres que se propagó a Padua, Montpellier y Lérida.
- > La finalidad era comprender mejor la obra de Galeno, que no se ponía en duda.

25

La revolución en anatomía (3)

Andreas Vesalio (1514 Bruselas)



Procedía de una familia consagrada al servicio médico de los emperadores de Alemania.

- > Recibió su primera educación en Bruselas y Lovaina donde, entre otras materias, aprendió latín, griego, árabe y hebreo.
- > A los dieciocho años se trasladó a París para estudiar medicina. Allí permaneció durante tres años (1533-1536).
- > Después de regresar a Lovaina por un período corto, realizó su prueba doctoral en Padua en 1537 y al día siguiente fue nombrado profesor de cirugía con la responsabilidad de explicar cirugía y anatomía.

26 La revolución en anatomía (4)

- > Vesalio rompió con el método didáctico medieval: abandonó la cátedra para bajar y situarse junto al cadáver, diseccionando y mostrando por sí mismo la parte a la que la explicación se refería. Completaba además con dibujos lo que en el cadáver era difícil de observar.
- > Su conocimiento de Galeno le llevó a darse cuenta de su experiencia disectiva con monos.
- > Al comprobar personalmente en las disecciones tantos errores, Vesalio rechazó a Galeno para la enseñanza de la anatomía.
- > Vesalio se comprometió a escribir un nuevo tratado de anatomía. En 1542 se publicaba *De humani corporis fabrica libri septem*.

http://www.nlm.nih.gov/exhibition/historicalanatomies/vesalius_home.html

27

La revolución en anatomía (5)

Cinco puntos significativos en la aportación de Vesalio al saber anatómico humano.

1. Sustituye la anatomía libresca de los glosadores de Galeno por otra más fiel a la realidad y basada en su propia experiencia de disector.
2. Corrige casi todos los errores descriptivos de Galeno. Las descripciones de Vesalio se refieren al cuerpo humano, no al cuerpo del mono o del perro.
3. Añade muchos descubrimientos nuevos.
4. Describe con claridad las partes anatómicas del cuerpo humano.
5. Utiliza con esplendidez, belleza y eficacia inéditas la ilustración anatómica.

28 La medicina renacentista (1)



Gerolamo Fracastoro, (Verona en torno al 1478).

Estudio matemática, filosofía y medicina en Padua, siendo compañero de Nicolás Copérnico.

Se radicó en Verona como médico práctico, aunque abandonó pronto el ejercicio de la profesión para dedicarse por completo al estudio.

Su principal aportación a la medicina fue su tratado titulado *Syphilidis sive morbo gallico*, compuesto de tres libros y escrito en verso, en el que se describe de manera magistral el proceso del morbo gálico, mal francés o sífilis.

También se tratan los métodos para su curación entre los que señala el empleo del mercurio.

29 La medicina renacentista (2)

En *De contagione* trata de todas las enfermedades que entonces se conocían y podían ser clasificadas como contagiosas: como la peste, la tisis, la sarna, el ántrax, la lepra, agrega a ellas el tifus y la sífilis.

Distinguió entre tres modos diferentes de infección:

1. por contacto directo, como ocurre con la sarna, la tisis y la lepra;
2. por medio de *fomites* (objeto inanimado que puede transmitir un agente infeccioso desde una fuente infectante a un huésped susceptible, como las ropas, las aguas, etc.) que traían los *seminaria contagiorum*,
3. y por la inspiración de los *seminaria* con el aire por ellos infectados.

30

La medicina renacentista (3)



- Aureolus Philippus Theophrastus, conocido como Paracelso.
- > Mostró un rechazo profundo y visceral por la medicina de Galeno y Avicena.
 - > Entre las virtudes de su trabajo cabe destacar su actitud con respecto al método experimental.
 - > En muchas ocasiones emplea la experiencia como criterio único o fundamental para el conocimiento científico y para rechazar las afirmaciones de las “autoridades”.
 - > El fundamento de las teorías paracelsianas se encuentran en el paralelismo entre el macrocosmos y el microcosmos, idea que ya parte de Platón y en la que creyeron también los árabes.

31

La medicina renacentista (4)

En *Paramirum*, enumera los cinco *Entia*, que son los fundamentos de la vida humana y de la curación de las enfermedades.

Son cinco esferas, cinco especies de remedios que cada una puede aportar a la salud.

1. *Ens astrale*, vinculado a las constelaciones, que determina su suerte.
2. *Ens veneni*, vinculado con el ambiente y la nutrición que el hombre debe procurarse para mantener su vida.
3. *Ens Naturale*, la esfera que regula la vida natural del hombre, desde su nacimiento hasta su muerte.
4. *Ens spirituale*, es la que incluye la vida de su espíritu.
5. *Ens Dei*, ente superior a todos los demás y que implica la curación de las enfermedades.

32

Período de transición Introducción

Entre 1550 y 1650 sucedieron:

- > La Contrarreforma, con el estilo barroco que fue su expresión artística,
- > las Guerras de Religión que se produjeron en Francia (1560-1598), los Países Bajos (1572-1609) y Alemania (1618-1648);
- > el establecimiento de los Estados Generales de Holanda en 1576
- > de la *Commonwealth* británica en 1649,
- > señalaron el triunfo político de la burguesía en los países donde se concentraron la manufactura y el comercio mundial.

33

Período de transición Introducción (2)

- En materia científica,
- > Galileo estableció firmemente —pese a la condena de la Iglesia— la concepción copernicana del sistema solar,
 - > que se amplió con la descripción de la Tierra como imán, hecha por Gilbert en 1600;
 - > el descubrimiento de Harvey de la circulación de la sangre en 1628;
 - > se inventaron el telescopio y el microscopio.

34 El desarrollo económico

La acumulación de riquezas derivada de la navegación: afluencia de plata americana; enriquecimiento de los comerciantes y tratantes de esclavos → aumento de la demanda de bienes de consumo y un aumento correlativo de los precios.

La quiebra del sistema feudal (en Holanda e Inglaterra): incorporación de los campesinos desposeídos al mercado de trabajo → bajada de los salarios de los trabajadores.

Reducción del coste de la producción en el mismo momento en que se aumentaban los precios y ampliaban los mercados:

Enriquecimiento de los comerciantes y manufactureros que explotaban los recursos de las rutas oceánicas.

35

Cambio político

Para que el poder económico de la burguesía se viese correspondido con un poder político equivalente fueron necesarios años de lucha y guerras antes de que los reyes, de España primero y de Inglaterra después, se dieran cuenta de que no podían mantener a los burgueses bajo condiciones que perjudicaban sus beneficios.

36 Desarrollo técnico

Cambio en la metalurgia del hierro: las grandes forjas fueron sustituidas por los *altos hornos* y en el XVI el hierro empezó a vaciarse en toneladas en vez de ser batido en pequeñas cantidades.

Problema: poseer suficiente carbón vegetal para esta industria,

Suecia y Rusia con sus grandes bosques se vieron beneficiadas.

A la demanda de madera para los hornos, se añadió la de barcos y casas, leña, salinas, producción de carbón para usos domésticos, fabricación de toneles, etc., de modo que se sobrepasó la capacidad de los bosques locales.

La hulla constituyó el remedio: extraída de yacimientos abiertos en Escocia y Northumbria.

Se trasladaron los centros industriales a las cercanías de las explotaciones de hulla.

37

La Contrarreforma

Dirigida por los jesuitas con la intención de detener el progreso del protestantismo

No supuso un obstáculo para la ciencia (entendieron su necesidad e incluso se unieron al movimiento científico, especialmente en astronomía).

Pero actuaron como guardianes celosos de “la religión verdadera”, impidiendo la investigación en aquellos ámbitos en los que sospechaban que podían afectarla.

38 La nueva ciencia: el magnetismo (1)

Robert Norman, marinero y constructor de brújulas, exponía los fundamentos del uso experimental del magnetismo para marinos y artesanos en *The Newe Attractive* (1581).

En 1600 William Gilbert (médico de la reina Isabel) publicaba *De Magnete*, en donde se estudiaba experimentalmente el magnetismo.

Gilbert investigó las fuerzas que desarrollan los imanes entre sí.

Demostró que una aguja magnética en suspensión libre no sólo marca la dirección Norte-Sur sino que también, en Inglaterra, su Norte capota hacia abajo, formando un ángulo correspondiente a la latitud.

39 La nueva ciencia: el magnetismo (1)

Inspirándose en la idea de la filosofía griega sobre el influjo inmaterial, imaginó que el imán emitía una especie de efluvio con el que cautiva a los objetos circundantes y los atrae hacia sí.

Este mismo concepto lo aplicó a la explicación de la gravedad: consideró que la Tierra debía actuar como un inmenso imán.

También lo aplicó a los movimientos de Sol y de los planetas. Imaginó que cada globo poseía un espíritu característico que lo penetraba y envolvía, y que la interacción de estos espíritus determinaba las órbitas de los planetas y el orden del cosmos.

Aceptó la teoría de que la Tierra gira sobre su eje, pero no estaba convencido de que la Tierra girase alrededor del Sol.

40 La nueva ciencia: la astronomía (1)



Tycho Brahe: la preeminencia de las observaciones

Tycho Brahe (1546-1601), de Copenhague fue el primer astrónomo que registró detalles de los movimientos planetarios con cierto grado de exactitud.

Brahe convenció a su rey Federico II para que construyese el primer instituto exclusivamente científico del mundo moderno, Uraniborg, donde se valió de aparatos fabricados especialmente para realizar observaciones precisas acerca de la posición de las estrellas y los planetas.

En 1577 realizó un descubrimiento desconcertante: un cometa que giraba alrededor del Sol en una órbita exterior a Venus con una trayectoria intersecante con las órbitas planetarias. Esto significaba que las esferas cristalinas que trasladaban a los planetas no existían en realidad. El cielo es “fluido y libre” abierto a todas las direcciones.

41 La nueva ciencia: la astronomía (2)

Todavía estaba demasiado atado a la cosmología aristotélica. Admitía que Copérnico evitaba todo lo superfluo del sistema de Ptolomeo, sin contradecir los datos matemáticos, pero si fuera cierto que la Tierra giraba de Occidente a Oriente, entonces el trayecto de un misil disparado hacia el Oeste sería más largo que el trayecto de una bala disparada desde el mismo lugar pero hacia el Este, pues en el primer caso la Tierra se movería en la dirección contraria a la bala, mientras que en el segundo la Tierra se movería en la misma dirección que la bala. Las observaciones muestran que esto no es así.

42 La nueva ciencia: la astronomía (3)

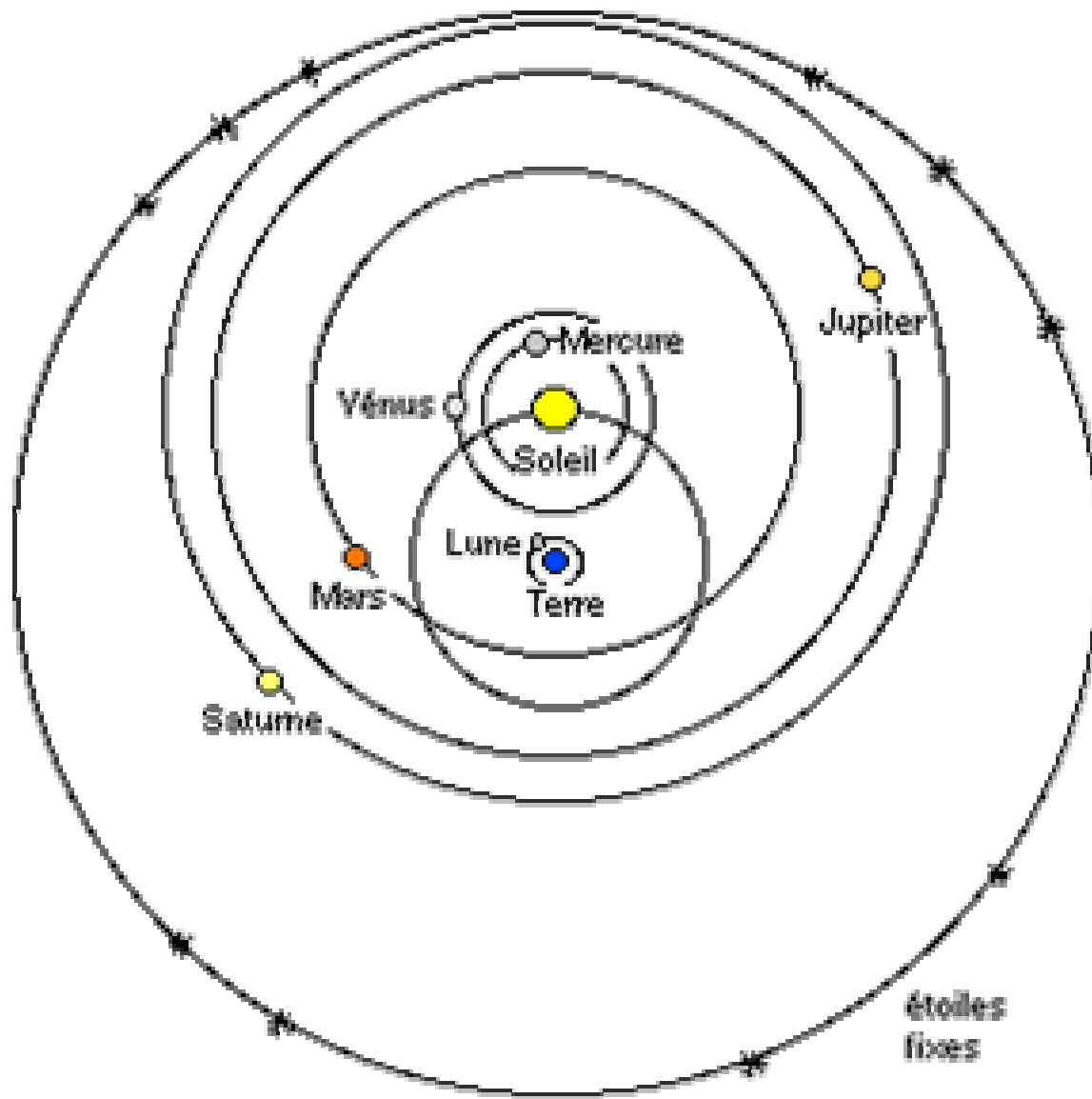
Tampoco le satisfacía el sistema de Ptolomeo, del que criticaba su incoherencia, así como el superfluo recurso a tantos epiciclos.

Quiso encontrar una hipótesis que no contradijera ni a la observación natural, ni a la física ni a la matemática.

En su sistema la Tierra está en el centro del universo, y también está en el centro de las órbitas del Sol, de las estrellas fijas y de la luna.

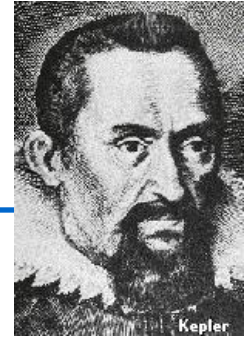
El Sol está en el centro de las órbitas de los cinco planetas, y a su vez gira alrededor de la Tierra.

La Tierra es el centro del universo, el Sol y la Luna giran alrededor de la Tierra y los otros cinco planetas giran alrededor del Sol.



44

La nueva ciencia: la astronomía (4)



El influjo platónico-pitagórico de Johannes Kepler

Colaboró con Tycho Brahe en su observatorio de Copenhague, heredando a la muerte de Brahe los datos astronómicos que había ido recogiendo a lo largo de su vida.

La ocupación oficial de Kepler consistía en editar los almanaques astrológicos, entonces tan en boga.

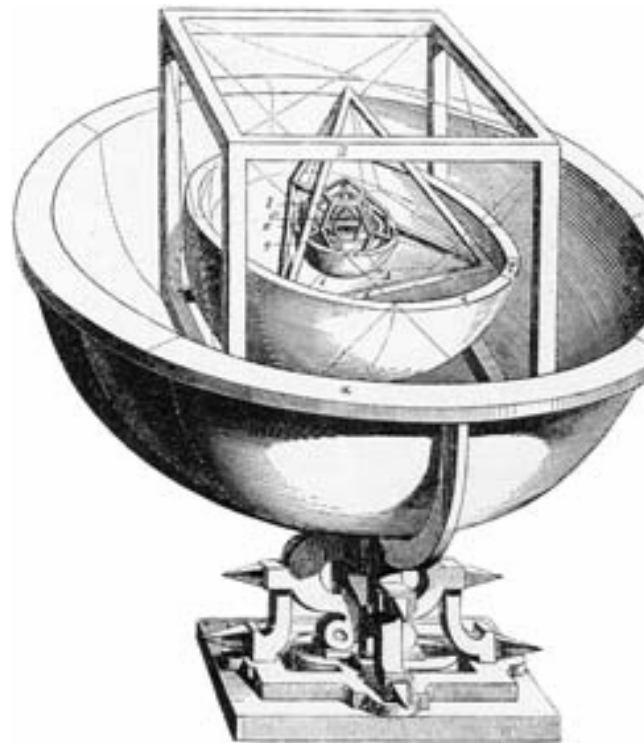
Era un matemático sobresaliente y entusiasta: lo que le convirtió al sistema copernicano fue su mayor simplicidad y armonía matemática.

Kepler amplió los elogios que Copérnico había dedicado al Sol, y vio en él a Dios padre, a Dios hijo en la esfera de las estrellas fijas y al Espíritu Santo en el éter intermedio, mediante el que impulsaba el Sol a los planetas a recorrer sus órbitas.

45 La nueva ciencia: la astronomía (5)

Entre los años 1594 y 1600 escribió su primer gran libro sobre astronomía, *Mysterium Cosmographicum*.

En él Kepler afirmaba que las esferas de los seis planetas (incluida la Tierra) del sistema copernicano se correspondían con los cinco sólidos perfectos: el tetraedro, el cubo, el octaedro, el dodecaedro y el icosaedro.



46 La nueva ciencia: la astronomía (6)

Esto demuestra que Kepler ya aceptaba la idea copernicana de que la Tierra era un planeta más.

Además muestra cómo Kepler intentaba dar explicaciones acerca del orden del mundo y de la necesidad de un número determinado de planetas basándose solamente en la reconstrucción matemática y en el misticismo, puesto que según él Dios había creado el cosmos empleando las leyes de la geometría.

47 La nueva ciencia: la astronomía (7)

Copérnico no había logrado evitar el recurso a los ciclos y epiciclos pese a haber constatado que complicaban enormemente la explicación y no facilitaban nuevas observaciones precisas.

Kepler quiso encontrar el modo de representar por medio de una sola curva los movimientos planetarios.

Tras sucesivos fracasos, concluyó en su *Astronomia Nova* (1609) que la única explicación posible para el movimiento observado de Marte era una órbita elíptica, con el Sol como foco.

Amplió esta conclusión para todos los planetas concluyendo su **primera ley**: *los planetas recorren trayectorias elípticas, uno de cuyos focos ocupa en Sol.*

48 La nueva ciencia: la astronomía (7)

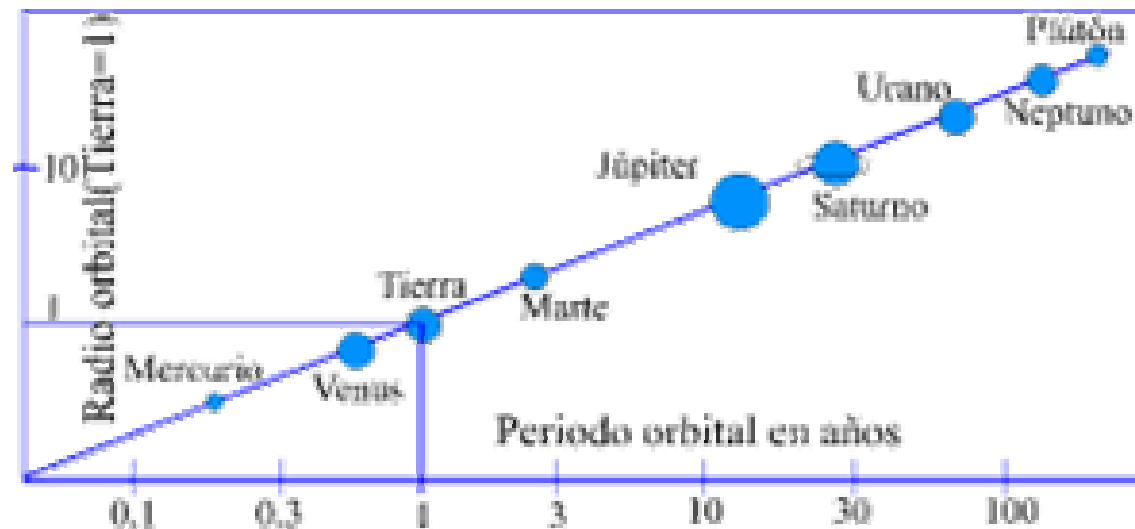
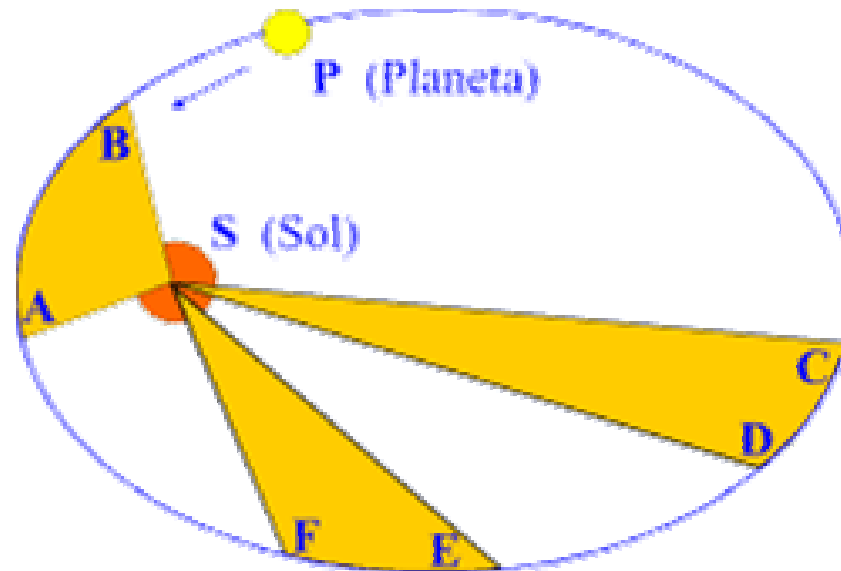
En este texto aparece también su **segunda ley**, según la cual: *las áreas trazadas en cualquier órbita por la recta que une el sol con el planeta en cuestión son proporcionales al tiempo empleado.*

Puesto que todos los planetas estaban impulsados por una causa Divina Constante, todos debían moverse a velocidad constante; pero, como a la vista de los hechos hubo de renunciar a esta idea, Kepler se ingenió para “salvar el principio” transportando esa uniformidad de las órbitas a las áreas.

49 La nueva ciencia: la astronomía (8)

- Su tercer principal libro fue el *Harmonice Mundi* (1619): señala la **tercera ley**: *los cuadrados de los períodos que tardan los distintos planetas en recorrer sus órbitas son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol.*
- > relaciona de modo preciso el tamaño de la órbita de un planeta y el periodo que necesita para describir una órbita alrededor del Sol.
 - > Esta ecuación volvía a demostrar la sagacidad matemática de Dios.

50 La nueva ciencia: la astronomía (9)



51 La nueva ciencia: la astronomía (10)

Cuanto más distante está el planeta, más lento es su movimiento, pero de acuerdo con una ley matemática precisa: **$P^2=a^3$** ; donde **P** es el periodo de rotación alrededor del Sol medido en años, y **a** es la distancia que existe entre el planeta y el Sol medido en unidades astronómicas (u.a.). Así, por ejemplo, Júpiter está a 5 unidades astronómicas, por tanto: **$a^3=5 \times 5 \times 5=125$** , dando como resultado un periodo de rotación **$P=11$** aproximadamente, lo que significa que Júpiter precisa 11 años para dar una vuelta alrededor del Sol.

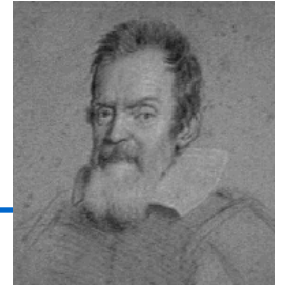
52 La nueva ciencia: la astronomía (11)

Aplica también la idea de la música polifónica de los planetas, según la cual cada planeta tiene su propia escala, determinada por su velocidad. El climax musical se producía gracias al movimiento de los seis planetas.

Kepler no concibió a Dios como un lógico o un ingeniero, sino como un mago regocijado, que iba dejando sus marcas en el universo para que los científicos las descubrieran .

53

La nueva ciencia: Galileo Galilei



Galileo Galilei (1564-1642)

Corta definitivamente con la tradición e introduce los conceptos que posibilitan la nueva imagen de la mecánica del universo.

Procedente de una familia de la alta burguesía, económicamente en declive, estudió matemáticas y demostró facilidad y oficio en ellas.

Su tarea como profesor se desarrolla en esta área, y como matemático alcanzó fama por sus trabajos:

- > inventó un cálculo geométrico para reducir figuras complejas a simples, y
- > escribió un ensayo sobre la cantidad continua.

54 La nueva ciencia: Galileo Galilei (2)

La Naturaleza como orden matemático

Para Galileo, como para Kepler, la naturaleza se presenta a sí misma como un sistema ordenado, simple, cuyos procedimientos son regulares e inexorablemente necesarios.

La ciencia natural contrasta con las humanidades y el derecho, dado que sus conclusiones son absolutamente verdaderas y necesarias, independientes del juicio humano.

55 La nueva ciencia: Galileo Galilei (3)

Esta necesidad rigurosa de la naturaleza proviene de su carácter fundamentalmente matemático: la naturaleza es el dominio de las matemáticas.

La demostración matemática, y no la lógica escolástica, es la clave para desentrañar los secretos del mundo.

La lógica es el instrumento de crítica y exposición, pero *la matemática es el instrumento apropiado para los descubrimientos*.

Podría pensarse que el método de la demostración matemática es ajeno a toda verificación empírica, es decir, es un método *a priori* de alcanzar la verdad.

56 La nueva ciencia: Galileo Galilei (4)

Sin embargo, Galileo nunca ejerció el apriorismo matemático, ni en astronomía ni en física: los hechos empíricos están ante nosotros para ser explicados, y no pueden ser pasados por alto.

Combina los métodos matemático y experimental.

- > La ciencia busca explicar el mundo que se revela a los sentidos.
- > Pero el mundo percibido por los sentidos se presenta como un libro escrito en un lenguaje desconocido, que ha de ser interpretado o explicado en términos de un lenguaje especial.
- > Los rudimentos de ese alfabeto son las unidades y principios de la matemática.
- > Aunque son los sentidos los que nos ofrecen un mundo que explicar, solamente la matemática nos proporciona el orden racional que aceptamos como explicación.

57

La nueva ciencia: Galileo Galilei (5)

Una consecuencia paradójica de este método de explicación es que a menudo conduce a conclusiones que se contradicen con la experiencia sensible inmediata.

La astronomía copernicana es un ejemplo de ello, y muestra la superioridad de la razón matemática sobre los sentidos.

Ocasionalmente, la razón da una oportunidad de corregir los errores proporcionados por la experiencia sensible, como por ejemplo a través de la invención del telescopio.

58 La nueva ciencia: Galileo Galilei (6)

Apareció en Holanda, producido por artesanos fabricantes de lentes y gafas.

Aunque se disponía de los medios para construirlo desde hacía 300 años ningún astrónomo pensó en la necesidad de su realización.

Gracias a un casual hallazgo técnico surgió el gran instrumento científico de la época.

La noticia de su invención llegó a oídos de Galileo que construyó él mismo uno.

Lo que vio a través del telescopio no eran esferas perfectas:

- > la Luna presentaba mares y cráteres,
- > Venus tenía fases como la Luna,
- > Saturno parecía dividido en tres,
- > Júpiter presentaba tres pequeñas lunas girando a su alrededor.

59 La nueva ciencia: Galileo Galilei (7)

En 1610 Galileo publicó *Siderius Nuntius* (*El mensajero de las estrellas*) en donde describía sus observaciones: todo el mundo podía ver el sistema de Copérnico funcionando en el cielo.

El librito causó sensación y ninguna condena. Sólo veinticuatro años más tarde se le procesaría.

Galileo pretendía explicar y justificar el sistema copernicano, rebatiendo las objeciones del sentido común y de la filosofía:

- > cómo podía rotar la Tierra sin que se levantase un fuerte viento en dirección opuesta al sentido de rotación,
- > por qué los cuerpos arrojados al aire no se desviaban en su caída.

60 La nueva ciencia: Galileo Galilei (8)

Le condujo al estudio de los cuerpos en movimiento libre (un problema de relevancia práctica para el lanzamiento de proyectiles).

La teoría del *impetus* elaborada por los nominalistas parisinos, ganaba aceptación:

- > el proyectil, al abandonar el cañón, se suponía dotado de un impulso o *vis viva* que eliminaba momentáneamente su propensión a caer.
- > La elaboración de Tartaglia (1500-1557) y de Benedetti (1530-1590) insertó entre la ascensión y la caída del proyectil un movimiento circular mixto que determinaba una trayectoria bastante aproximada de las bombas de mortero de la época.

61 La nueva ciencia: Galileo Galilei (9)

Faltaba la justificación matemática, para lo que Galileo crea una nueva ciencia, *la dinámica terrestre*, una extensión natural del mismo método matemático exacto a un campo de relaciones mecánicas algo más complicado.

La homogeneidad de la Tierra con los cuerpos celestes hace que el estudio del movimiento terrestre sea completamente susceptible de indagación matemática.

La formulación matemática del movimiento de los cuerpos se explicó en sus *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*.

La comprensión del movimiento de los cuerpos exige la consideración de las fuerzas: en equilibrio en la *estática*, y en desequilibrio en la *dinámica*.

62 La nueva ciencia: Galileo Galilei (10)

Procedió a someter todas las ideas aceptadas al método experimental, utilizó el péndulo y el plano inclinado para medir con precisión la caída de los cuerpos.

Sus experimentos diferían de los del siglo XIII en que eran más exploratorios que ilustrativos y en que su carácter cuantitativo los hacía compatibles con la teoría matemática.

Cuando obtenía resultados distintos a los esperados, no los rechazaba, sino que cuestionaba sus propios argumentos.

Confiaba en la razón, pero la supeditaba a los experimentos.

63 La nueva ciencia: Galileo Galilei (11)

Señaló que las propiedades necesarias de la materia, en el sentido de que pueden tratarse matemáticamente y por tanto con alguna seguridad, son la extensión, la posición y la densidad.

El resto (olores, sabores, colores) no existen más que en el cuerpo sensible.

En el marco de la nueva ciencia esto no representaba una limitación, sino un programa de reducción de todos los experimentos a las cualidades primarias: dimensión, forma, cantidad y movimiento.

64 La nueva ciencia: Galileo Galilei (12)

El método: intuición, demostración y experimento

En su *Diálogo acerca de dos nuevas ciencias* expone los tres pasos del método:

1. La intuición o resolución:

1. aislamos y examinamos lo más completamente posible cierto fenómeno percibido por los sentidos, para *intuir* los elementos simples, absolutos,
2. en términos de los cuales sea posible traducirlo de forma simple y completa a una forma matemática: esto es una *resolución* de los hechos sensoriales en tales elementos dispuestos en combinaciones cuantitativas.

Los elementos alcanzados en el primer paso son los constituyentes auténticos.

65 La nueva ciencia: Galileo Galilei (13)

2. **La demostración:** consiste en establecer *demostraciones deductivas* por pura matemática a partir de los constituyentes auténticos, que serán verdaderas para todos los casos de fenómenos similares, a pesar de que a veces esto será imposible de comprobar empíricamente.

3. **El experimento:** Para obtener resultados más ciertos (y para convencer a los que no comparten tal confianza en la aplicabilidad universal de las matemáticas), se han de desarrollar donde sea posible *demostraciones susceptibles de verificación experimental*.

Con las verdades y principios así obtenidos podremos proceder a estudiar fenómenos más complejos relacionados y descubrir qué leyes matemáticas adicionales se hallan implicadas.

66 La nueva ciencia: Galileo Galilei (14)

Dios, por medio de su conocimiento inmediato y creativo de la naturaleza, piensa el mundo con rigurosa necesidad matemática. Dios es un geómetra cuando crea, y hace del mundo un sistema geométrico.

La distinción entre su conocimiento de las cosas y el nuestro es que el suyo es completo, y el nuestro parcial; el suyo es inmediato, el nuestro discursivo.

Pero la verdad, que nosotros alcanzamos por demostraciones matemáticas, es la misma que conoce la Sabiduría de Dios.

67 La nueva ciencia: Galileo Galilei (15)

Galileo establece una distinción entre

- > lo que hay de objetivo, absoluto, inmutable y matemático en el mundo: el ámbito propio del conocimiento, divino y humano;
- > y lo que es relativo, subjetivo, sensible y fluctuante: es el ámbito de la ilusión y la opinión.

Distingue entre cualidades primarias y secundarias.

1. Cualidades reales o *primarias*: no pueden imaginarse separadas de los cuerpos de ninguna forma y son susceptibles de expresión matemática en su totalidad: el número, la figura, la magnitud, la posición, el movimiento.
2. Cualidades *secundarias*: son puramente subjetivas y no reales en la naturaleza. Son más prominentes para los sentidos, pero no son más que nombres. Serían el olor, el sabor, el color, el tacto, el sonido.

68 La nueva ciencia: Galileo Galilei (16)

Galileo adoptó la teoría atómica de la materia, que podía explicar los cambios de sólidos en líquidos y gases y resolver problemas como los de la cohesión, expansión y contracción, sin la necesidad de admitir la existencia de espacios vacíos dentro de cuerpos sólidos, o la penetrabilidad de la materia.

Los átomos sólo poseen cualidades matemáticas, y sus movimientos variados operando sobre los sentidos son los causantes de las engañosas experiencias secundarias.

69 La nueva ciencia: Galileo Galilei (17)

Movimiento, espacio y tiempo

Una característica esencial de la concepción científica de Galileo es el total abandono de la causalidad final como principio explicativo.

Aristóteles y los escolásticos habían tratado el movimiento intentando responder a la cuestión de *por qué*, y no a la de *cómo*.

El análisis del porqué del movimiento llevó tradicionalmente a su estudio en términos cualitativos y sustantivos.

El cómo del movimiento ha de llevar a un análisis siguiendo el método matemático, para el que la terminología teleológica resulta inservible.

70 La nueva ciencia: Galileo Galilei (18)

Galileo afrontó la tarea de elaborar una nueva terminología que expresara el proceso del movimiento mismo.

Para ello se valió de términos comunes, como fuerza, resistencia, momento, velocidad, aceleración, etc., y los dotó de significado matemático preciso definiéndolos en forma tal que pudieran ocupar un lugar junto con las definiciones de línea, ángulo, curva y figura, familiares para el matemático.

Destacó los conceptos de *espacio* y *tiempo*: cuando analizamos matemáticamente cualquier tipo de movimiento lo hacemos por medio de ciertas unidades de distancia cubiertas en ciertas unidades de tiempo.

71 La nueva ciencia: Galileo Galilei (19)

El mundo real es un mundo de cuerpos moviéndose en el espacio y el tiempo.

La nueva concepción del espacio hizo del mundo algo infinito.

La nueva concepción del tiempo también cambió la concepción del universo: en lugar de un proceso de actualización de la potencia, Galileo postula el tiempo como duración matemáticamente mensurable. Un límite matemático entre el pasado y el futuro.

Para la física moderna el tiempo se convierte en una cuarta dimensión irreversible, que puede representarse por medio de una línea recta y coordinarse con los hechos espaciales representados del mismo modo.

72 La nueva ciencia: Galileo Galilei (20)

1. Por medio del trabajo experimental Galileo desacreditó la ciencia aristotélica, confirmó una nueva teoría del universo que hasta su momento había descansado en fundamentos a priori y estableció las bases de la ciencia matemática de la naturaleza física.
2. Como filósofo propuso una nueva metafísica, una interpretación matemática del universo, que otorgase la justificación final del conocimiento mecánico. Presentó el mundo natural como una máquina matemática enorme y autosuficiente, consistente en los movimientos de la materia en el espacio y el tiempo
3. Desacreditó la teleología como principio último de explicación.
4. El ser humano, con sus propósitos, sentimientos y cualidades secundarias quedó a un lado como mero espectador del gran drama matemático exterior.

73 La nueva ciencia: la fisiología

La explicación del funcionamiento del cuerpo humano por los médicos griegos y la descripción de los órganos realizada por Galeno se habían convertido en algo tan sagrado como el sistema tolemaico.

La nueva anatomía del Renacimiento, especialmente la de Vesalio, mostró los errores de Galeno.

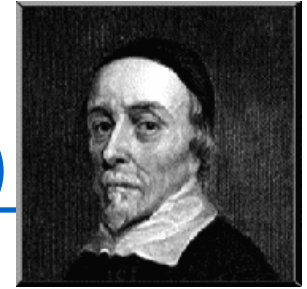
Pero hizo falta un enfoque alternativo, que combinó la anatomía con el interés de la época por las máquinas, para dar con una alternativa plausible en la nueva fisiología experimental.

74

La nueva ciencia: la fisiología (2)

- Doctrina de Galeno acerca del movimiento de la sangre:
- > el jugo resultante de la digestión de los alimentos (quilo) se transforma en sangre en el hígado;
 - > desde el hígado, esta sangre llega a las distintas partes del cuerpo, en las que, a su vez, se transforma en la correspondiente materia orgánica.
 - > Una parte de la sangre llega directamente desde el hígado a los territorios orgánicos a través de las venas;
 - > otra parte llega a través de las arterias, tras haber dado la vuelta al corazón pasando del lado derecho al izquierdo a través del tabique interventricular.

75 La nueva ciencia: la fisiología (3)



William Harvey (1578-1657)

Buscó la explicación mecánica de los movimientos de la sangre en el organismo.

Su posición era más difícil que la de Galileo:

- > Podía probar lógicamente la existencia de la circulación, porque la sangre sale de un lado del corazón y llega al otro, y en cantidad superior a la que el cuerpo puede contener;
- > pero no podía ver cómo iba la sangre de un lado a otro.
- > Los vasos capilares fueron descubiertos más tarde por Malpighi (1628-1694) por medio del microscopio.

76

La nueva ciencia: la fisiología (4)

Demostración lógico-empírica de la falsedad del argumento de Galeno:

si fuese verdad, la sangre que pasa directamente por el corazón es solamente una parte de la que procede de la transformación de los alimentos en el hígado, por lo que su cantidad deberá ser inferior a la del alimento ingerido en un día.

Harvey realizó experimentos rigurosos en los que comprobó que el corazón expulsa hacia la aorta en cada contracción unos 47 gramos de sangre, y que late unas dos mil veces cada media hora.

Pasan diariamente por el corazón unos 576 kilogramos de sangre: si fuera verdad lo que dice Galeno tendríamos que ingerir una tonelada diaria de alimentos.

De ahí deduce que la sangre tiene que abrirse camino de alguna forma desde las arterias hasta la venas para regresar por ellas al corazón.

77

La nueva ciencia: la fisiología (5)

Ante la imposibilidad de llevar a cabo experimentos con los sujetos de estudio, realizó pruebas con ingenios hidráulicos.

Mostró que el cuerpo humano podía considerarse como una máquina hidráulica, dejando sin lugar a los espíritus misteriosos utilizados en las explicaciones anteriores.

La publicación de su descubrimiento provoca feroces ataques por parte de los médicos apegados a la tradición.

Harvey intenta convencerlos con la evidencia de sus datos y argumentos experimentales.

Los tradicionalistas ven en la teoría de Harvey, y en el método que ha utilizado, “un peligroso veneno”, que acabará con las doctrinas médicas antiguas. Tenían razón.

78

La nueva ciencia: el mecanicismo

El mecanicismo propone que la naturaleza está compuesta sólo de materia en movimiento.

La materia es pasiva y las acciones causales se reducen al contacto o choque ente los cuerpos.

Las cualidades secundarias se derivan de la acción de las partículas de la materia en los sentidos.

Además de Galileo, Isaack Beeckman (1588-1637) también desarrollo una filosofía de la naturaleza atomista, que consideraba que las matemáticas eran el lenguaje adecuado para describir la naturaleza.

79 La nueva ciencia: el mecanicismo (2)

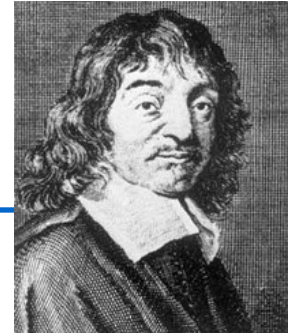
Pierre Gassendi (1592-1655) profesor de filosofía y matemáticas fue el principal difusor de la concepción atomista de la materia.

El espacio es una especie de extensión incorpórea. Los átomos sólo poseen magnitud, figura o forma y peso.

Intentó explicar todas las cualidades de los cuerpos y todos los fenómenos físicos en términos de los movimientos, configuraciones e interacciones de los átomos.

Utilizó también el concepto de *molécula* como un puente entre las cualidades sensibles y los átomos.

Empleó la noción de *semina rerum* para explicar los fenómenos de la vida. Serían corpúsculos dotados de un poder formativo y de un programa, responsables de la generación de los minerales, plantas y animales.

**Descartes (1596-1650)**

Fue el principal defensor de la filosofía mecanicista.

Conoció a Beeckman, con el que mantuvo una intensa amistad y colaboración científica.

Entre 1625 y 1629 se incorporó a un grupo de filósofos y matemáticos del círculo de Mersenne.

Trabajó en cuestiones de matemáticas, óptica y música.

La nueva ciencia: el método científico (2)

En este período dio forma a sus *Reglas para la dirección del espíritu*, en donde expone sus ideas metodológicas.

- > Las verdades que se pueden obtener por la razón constituyen una red de eslabones interconectados de forma deductiva.
- > Los seres humanos pueden explorarlas intuyendo verdades particulares y estableciendo lazos de manera deductiva entre ellas.

A finales de 1629 comenzó a trabajar en la exposición de su filosofía de la naturaleza.

Constaba de tres partes:

1. *El mundo o tratado de la luz*
2. *El hombre*
3. Una dedicada al alma racional que no apareció.

- En *El mundo* presenta su teoría del mundo físico, que consiste en materia homogénea, organizada en corpúsculos.
- > Redujo las propiedades de la materia a la velocidad con la que sus partes se movían unas con relación a otras.
 - > Se ocupa de las leyes del movimiento y de su transmisión;
 - > Del sol y las estrellas, de los planetas y los cometas;
 - > De las causas de sus movimientos;
 - > De la gravedad y sus causas;
 - > Del flujo y reflujo del mar;
 - > De la naturaleza de la luz y sus propiedades.

Propuso una hipótesis acerca del origen del mundo:

Surgió a partir del caos inicial, compuesto de materia-extensión dividida en partes a las que Dios dotó de diferentes movimientos.

En el mecanicismo cartesiano, el espacio pleno estaría ocupado por un fluido invisible que giraría formando enormes torbellinos o vórtices celestes.

El Sol sería el centro de uno de esos vórtices que arrastraría a los planetas, que a su vez serían centros de otros vórtices más pequeños que actuarían sobre la Luna y los otros satélites.

La nueva ciencia: el método científico (6)

Una vez creada la materia y dotada de movimiento, el movimiento de las partículas que la componen estaría regulado por las leyes de la naturaleza:

Las leyes del movimiento, de su conservación y de su transmisión.

El movimiento es local o espacial y no tiene nada que ver con el cambio en sentido aristotélico.

Primera ley: “cada parte de la materia en particular permanece siempre en un mismo estado mientras el encuentro con otras no le obligue a cambiarlo”.

Segunda ley: “cuando un cuerpo empuja a otro, no puede darle ningún movimiento si él no pierde simultaneamente igual cantidad del suyo, ni restarle si el suyo no aumenta en igual cantidad.”

De estas dos reglas se siguen de que Dios es inmutable y produce siempre el mismo efecto.

Tercera ley: “cuando un cuerpo se mueve, aunque su movimiento se haga con frecuencia en línea curva (...), no obstante, cada una de sus partes en particular tiende a proseguir el suyo en línea recta. De este modo, su acción –es decir, la tendencia que las partes tienden a moverse- es distinta de su movimiento.”

Aceptó la descripción copernicana del sistema solar, extendiéndola a todos los sistemas planetarios del universo.

El mundo es una máquina compuesta de cuerpos inertes movidos por necesidad física.

Este fue el primer sistema cosmológico basado en los principios de la filosofía mecanicista y sin el recurso a formas sustanciales, atracciones, tendencias u otras cualidades ocultas.

Al saber de la condena a la que se enfrentaba Galileo por defender el heliocentrismo decidió no publicar *El mundo* y se dedicó a la fundamentación de su filosofía natural, que reemplazaría a la aristotélica.

En 1637 publica el *Discurso del método* en el que se adelantan diversas partes de su doctrina.

En los *Principios de la filosofía* (1644) presentó en forma de libro de texto, su sistema completo de filosofía natural y su fundamentación metafísica.

La nueva ciencia: el método científico (10)

La metafísica abarca los primeros principios del conocimiento:

1. aquellas verdades que debemos conocer como condición previa a cualquier posibilidad de conocimiento;
2. aquellos axiomas o nociones primeras que son conocidas sólo por la razón y sin recurrir a la experiencia.

Para explicar los fenómenos habría que formular conjeturas o hipótesis y realizar observaciones y experimentos, pero éstas tienen que ser coherentes con los principios generales.

Sólo la deducción final de un fenómeno a partir de los primeros principios establece la verdad de un hecho.

Junto con el *Discurso del método* publicó otros tres ensayos: *La dióptrica*, *Los meteoros* y *La geometría*.

En *La dióptrica* trata de la luz, la refracción, el ojo, los sentidos en general, la visión, los medios para perfeccionar la visión, las formas de las lentes, los telescopios y las técnicas para tallar lentes.

- En *La geometría* contribuye a la unificación entre el álgebra y la geometría.
- > Mostró las conexiones en términos de una ecuación algebraica: una figura geométrica es lo mismo que su ecuación.
 - > Aportó un método para determinar tangentes y normales a las curvas.
 - > Realizó aportaciones a la teoría de las ecuaciones y sus raíces.

En el tratado de *El hombre* proponía que la ciencia de la vida no es la ciencia de una parte de la naturaleza que consiste en cosas que tiene vida, sino en una extensión de la física.

El principio de la vida consiste en el calor del corazón, que no es más que el movimiento violento de corpúsculos.

Habría que encontrar explicaciones mecanicistas para todas las funciones del cuerpo sin pensamiento.



Francis Bacon (1561-1626)

Destacó principalmente los aspectos prácticos del saber, sus aplicaciones para mejorar las artes, y su utilidad para configurar una idea del mundo más cercana al sentido común.

Entendía el método científico como esencialmente *inductivo*:

- > consistente en reunir material,
- > experimentar con él, y
- > llegar a resultados a partir de una gran masa de hechos.

94

La nueva ciencia: el método científico (15)

No ideó un sistema: propuso una *organización institucional* que actuara como constructor colectivo de nuevos sistemas.

> Esta idea inspiró a la creación de la primera sociedad científica, la *Royal Society*.

En su libro *Novum organum* señalaba que su método debería reemplazar al *Organon* aristotélico.

Los problemas relacionados con el estudio de la naturaleza que el *Organon* no tomaba en cuenta (e incluso, patrocinaba) fueron bautizados como "ídolos".

Los ídolos" se clasificaban en cuatro grupos:

- 1) los ídolos de la tribu, dependientes de la naturaleza humana, que tienden a aceptar hechos sin documentación adecuada y a generalizar a partir de información incompleta;
- 2) los ídolos de la cueva, basados en la tradición y en la educación del individuo;
- 3) los ídolos del mercado, que tienen que ver con el uso inadecuado del lenguaje; y
- 4) los ídolos del teatro, que son todos los dogmas incorporados en el periodo en que el individuo todavía no ha desarrollado la capacidad para examinarlos racionalmente (religiosos, culturales y políticos) y que son tan persistentes y tan difíciles de objetivar.

La filosofía aristotélica era un ídolo del teatro que debería ser desacreditado:

- 1) propone la colección accidental y acrítica de datos, sin la guía de alguna idea o hipótesis directriz;
- 2) generaliza a partir de muy pocas observaciones;
- 3) se basa en la inducción por simple generalización, que sistemáticamente excluye los experimentos negativos;
- 4) muestra interés excesivo en la lógica deductiva, en la deducción de consecuencias a partir de principios primarios, cuya demostración debe ser inductiva.