

## 4º tema: tercera parte

- La consolidación de la ciencia moderna

# 2 Introducción (1)

---

Este periodo se caracterizó por el esfuerzo organizado y consciente por emplear la ciencia con fines prácticos, siguiendo para ello los métodos de investigación y organización de Bacon.

Los que se dedicaron a esta labor ya no eran cortesanos o profesores universitarios, siempre dependientes de los príncipes para vivir, sino hombres independientes, sobre todo comerciantes, propietarios y profesionales liberales (médicos, abogados y algunos clérigos).

Estos *virtuosi* financiaron el esfuerzo científico con sus propios recursos, en un momento en que la amplitud del mercado y los beneficios resultantes se lo permitieron.

A medida que el número de estos hombres interesados en la investigación científica aumentó tendieron a reunirse para intercambiar y discutir sus conocimientos.

# 3

## Introducción (2)

---

Este fue el germen de la organización de las primeras sociedades científicas:

- > la *Royal Society* (1662) de Londres (que pese a ser “real” no recibió dinero, ni siquiera la visita del rey) y
- > la *Académie Royale des Sciences* (1666) en Francia.

La exploración experimental de la naturaleza con máquinas e instrumentos subrayaba el carácter mecánico de sus procesos.

La estática, la hidrostática y la dinámica se desarrollaron como disciplinas matemáticas.

La matemática se perfilaba como el lenguaje en el que estaban escritos todos los fenómenos naturales.

# 4

## Introducción (3)

---

Decía Hooke en 1663:

“El objetivo de la Royal Society es: mejorar el conocimiento de los objetos naturales, de todas las Artes útiles, las Manufacturas, las Prácticas mecánicas, las Máquinas y los Inventos por medio de la Experimentación (sin tratar de Teología, Metafísica, Moral, Política, Gramática, Retórica y Lógica).”

Sin embargo, se dio una desproporción entre el proyecto utilitarista de Bacon y su escasa realización en la Royal Society:

la nueva ciencia se limita casi exclusivamente a la matemática y la física, razón por la cual sólo pudo encontrársele cierta utilidad en astronomía y navegación.

# 5

## Introducción (4)

---

El mecanicismo impregnó como concepción metafísico-filosófica a todas las explicaciones científicas de la época que se preciasen de serlo.

La experimentación se convirtió en una parte imprescindible del método científico:

- > Se fue generalizando la idea de que todo se puede ensayar,
- > Pero nada se puede publicar que no sea repetible.

Las academias inventaron, favorecieron y generalizaron el estilo de comunicación científica, el artículo técnico, que hoy sigue empleándose.

# 6

## Los instrumentos científicos (1)

- El papel de los instrumentos contruidos especialmente para la experimentación cobró una relevancia que perdura hasta nuestros días.
- El descubrimiento del **telescopio** produjo el deseo de mejorarlo y, consecuentemente, de buscar explicaciones para su funcionamiento, lo que posibilitó el desarrollo de la óptica.
- El problema relativo a la naturaleza de la *refracción de la luz* al pasar por una lente había sido descrito 400 años antes por Alhazen, pero sin hallar sus leyes.
- Esto impedía que se pudieran calcular con exactitud la acción de las lentes.
- Snel (1591-1626) propuso una ley que se aplicaba bien a la construcción de telescopios. Hizo de la óptica teórica una especie de derivación de la geometría.

# 7

## Los instrumentos científicos (2)

El problema es que a la posibilidad teórica de construir telescopios perfectos no se correspondía la efectividad en su construcción: seguían siendo imperfectos, y las estrellas aparecían rodeadas de un halo de colores.

Isaac Newton trató en un principio de evitar esos colores corrigiendo la refracción que los causaba: para ello construyó el primer telescopio de reflexión.

Después retomó los experimentos de Descartes con el prisma, y consiguió mostrar que los colores del prisma (y por tanto los del arco iris) no son creados por ese objeto, sino que son los componentes básicos de la luz blanca ordinaria.

# 8

## Los instrumentos científicos (3)

Las investigaciones de Newton no le ayudaron a solucionar el problema inicial, y llegó a la conclusión de que no era posible corregir las propiedades generadoras de color de las lentes.

(Fue un constructor de instrumentos llamado Dollond quien, en 1758, tuvo la idea de equilibrar dos cristales distintos de refractividad y dispersión diferentes para producir las lentes acromáticas que hoy usamos.)

Sin embargo, todavía no se había propuesto un modelo de la naturaleza física de la luz.



# 9

## Los instrumentos científicos (4)

- Con el microscopio, el microcosmos se abrió a la observación de Malpighi, Hooke, Swammerdam y Leeuwenhoek:
- > insectos, plantas, pequeños organismos del agua, bacterias y espermatozoos fueron observados y discutidos.
  - > se refinó la anatomía de los animales superiores,
  - > y se confirmó la teoría de Harvey sobre la circulación sanguínea.
  - > Su historia es opuesta a la del telescopio: mientras que el telescopio, naval o astronómico, tuvo desde sus inicios un uso práctico incluso anterior al científico, el microscopio no ofreció tal uso práctico hasta que doscientos años más tarde Pasteur y Koch se valiesen de él para luchar contra las enfermedades bacterianas.

# 10

## El vacío y la física neumática (1)

El descubrimiento del vacío que produjo el desarrollo de la neumática se derivó de la hidráulica práctica.

La imposibilidad de elevar agua mediante bombas de succión a más de 10,33 metros de altura, conocida por los mineros y perforadores de pozos, llamó por primera vez la atención de Galileo, que no encontró explicación para el hecho de que, aun interrumpiendo el bombeo, la columna de agua no cayera.

Su discípulo Torricelli (1608-1647) tuvo la idea de emplear mercurio (14 veces más pesado que el agua): en el tubo invertido el mercurio no supera los 76 cm., una altura más manejable.

Quedó establecido que la columna de mercurio y la de agua ejercían la misma presión por centímetro cuadrado.

# 11

## El vacío y la física neumática (2)

Torricelli aventuró la explicación de que la presión del aire empuja hacia arriba a la columna de mercurio.

El peso de la atmósfera presiona sobre el recipiente de mercurio como una columna de mercurio de 75 cm.

Vivimos en el fondo de un mar de aire que presiona hidrostáticamente en todas las direcciones (y no sólo verticalmente), y el peso de la atmósfera se traduce en la presión del aire.

Si ponemos una tapa al recipiente de mercurio, aislándolo de la atmósfera, la presión del aire encerrado sigue sosteniendo la columna de mercurio.

La idea de que la parte superior del tubo estaba realmente vacía le llevó a ensayar cómo les iría a pequeños animales, insectos y roedores.

# 12

## El vacío y la física neumática (3)

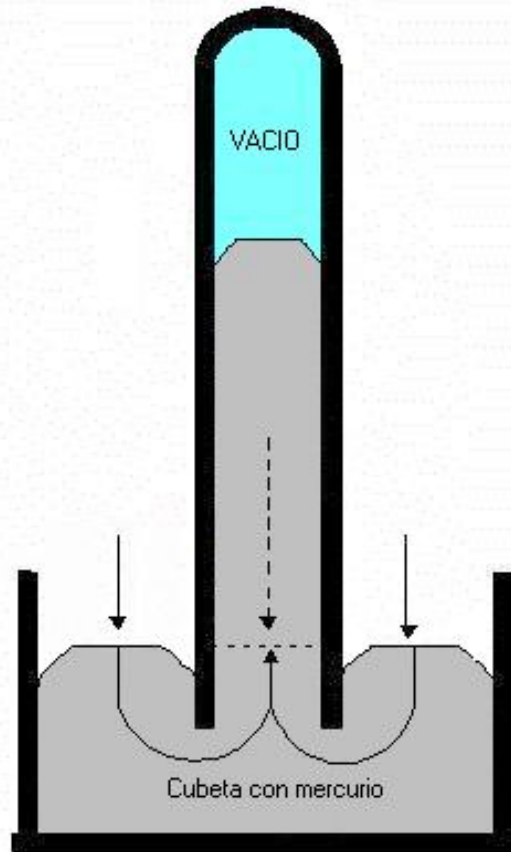
### Experimento de Torricelli:

Se toma un tubo de un metro aproximadamente abierto por un extremo. Mediante un embudo se llena de mercurio, se tapa la boca y se invierte sobre un recipiente lleno de mercurio. Al destapar el tubo bajo el mercurio de la cubeta, el mercurio del tubo desciende hasta alcanzar una altura de 75 cm. Se supone que la atmósfera pesa o presiona sobre la superficie libre del líquido con una fuerza suficiente para sostener la columna de mercurio a una altura de 0,75 m. o la de agua a una altura 14 veces mayor.

# 13

## El vacío y la física neumática (4)

BAROMETRO DE MERCURIO



# 14

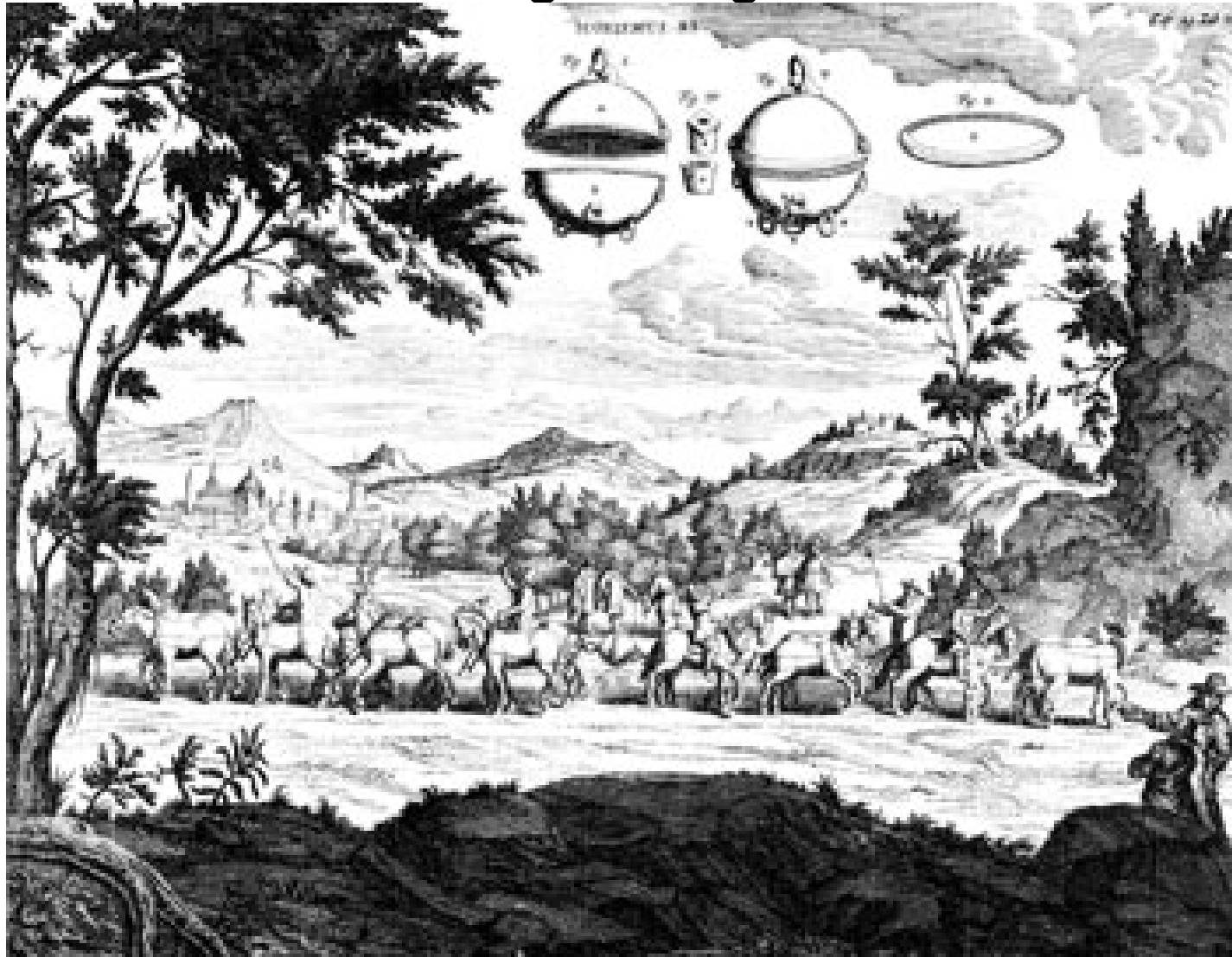
## El vacío y la física neumática (5)

- Otto von Guericke (1602-1686) prosiguió los experimentos sobre el vacío.
- > Primero intentó producir el vacío extrayendo el agua de un tonel cerrado, con una bomba aspirante. El tonel reventó, por lo que diseñó otro más resistente, de latón, y una bomba de aire.
  - > Eso fue lo que utilizó en el experimento consistente en demostrar que para separar dos semiesferas en las que se hubiera hecho el vacío se precisaba la fuerza de dieciséis caballos.
  - > El aprovechamiento de la fuerza del vacío de la presión del aire quedó abierta al ingenio para su aprovechamiento práctico.
  - > El mismo von Guericke pensó en transferir esa fuerza por medio de tubos vaciados, idea que más tarde se desarrolló en los frenos de aire de los ferrocarriles.

# 15

## El vacío y la física neumática (6)

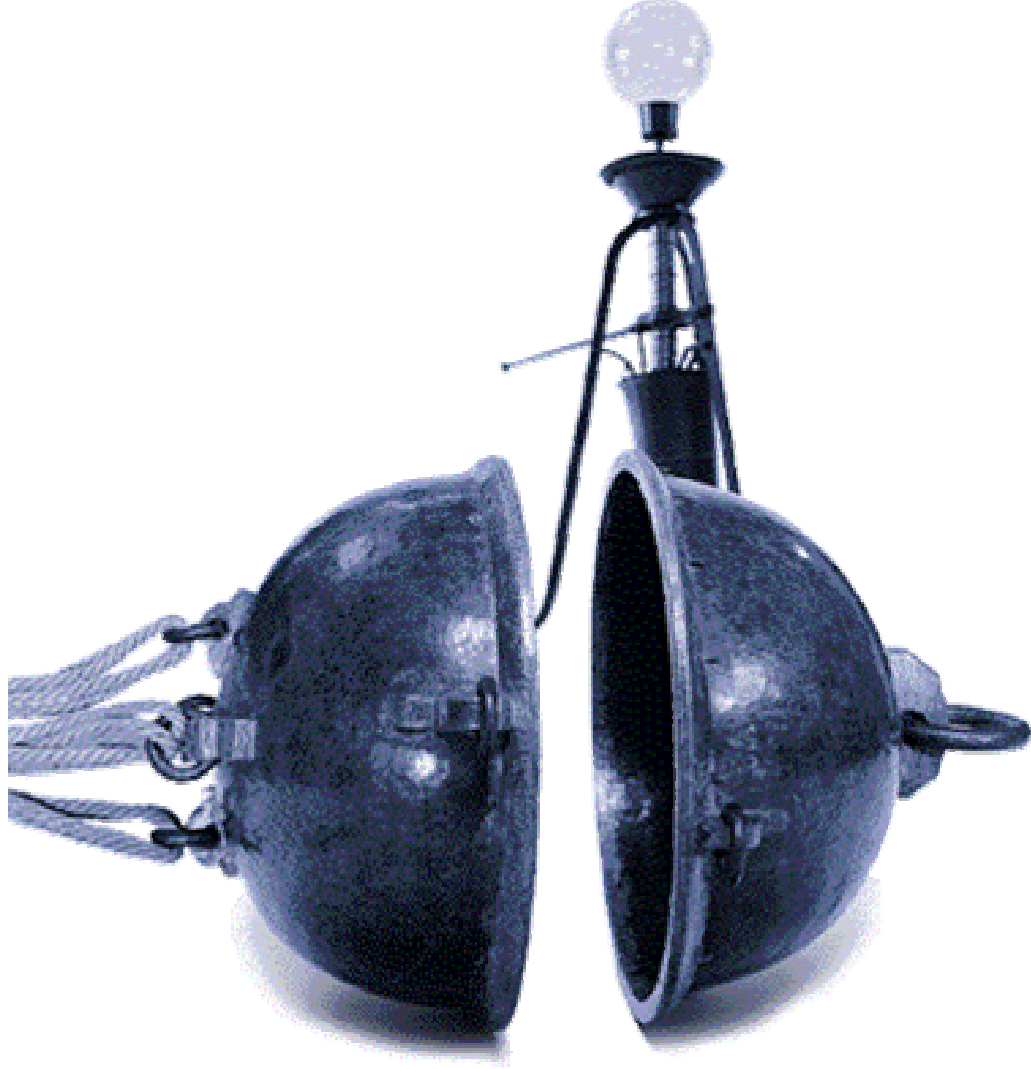
### > Experimento magdebúrgico



# 16

## Historia de la ciencia

Ana Cuevas 07-08





# 17

## El vacío y la física neumática (7)

Robert Boyle (1627-1691) fue uno de los inspiradores de la ideología empirista y antiteórica de la Royal Society.

En su obra *Nuevos experimentos físico-mecánicos sobre el resorte del aire* (1660) exploraba los fenómenos de la elasticidad, de la función del aire en la combustión, la respiración, la transmisión del sonido y el vacío.

Con ayuda de R. Hooke pudo establecer la ley de Boyle, según la cual la elasticidad (presión) es inversamente como la expansión (el volumen).

# 18

## El vacío y la física neumática (8)

El vacío y la máquina neumática abrieron dos líneas de trabajo:

1. La naturalista: que daría lugar a importantes trabajos en combustión, química neumática y fisiología.
2. La matemática: que llevaría a desarrollar modelos matemáticos de fluidos elásticos como el aire.

# 19 Las teorías de la luz (1)

---

En el siglo XVII se produjo un gran desarrollo en los estudios empíricos y teóricos sobre la luz.

La combinación de análisis experimental y matemático permitía abordar el estudio de la naturaleza de la luz.

Tanto los mecanicistas como los neoplatónicos sabía que la luz era una entidad intermedia entre la materia opaca y es espíritu activo.

# 20 Las teorías de la luz (2)

---

**Primer modelo: Modelo atómico**, sugerido por Galileo y presentado por Newton en la Royal Society en 1672.

- > La luz es un tipo de átomos dotados de extremada velocidad, actividad y fuerza.
- > Estas cualidades le permiten calentar, agitar y germinar la materia ordinaria.
- > La transmisión rectilínea y la formación de sombras se explican porque los rayos de luz, al ser chorros de proyectiles, cumplen las leyes de la mecánica galileana.

# 21

## Las teorías de la luz (3)

---

### **Problemas de este modelo:**

- > No explica cómo pueden cruzarse dos haces de luz sin interferir por choque.
- > La emisión continua de partículas capaces de llenar espacios inmensos debería hacer disminuir el tamaño de la fuente, lo que no parece que sucede con el Sol.
- > Resultaba difícil de aceptar que un corpúsculo material tuviese una velocidad tan grande para recorrer inmensos espacios cósmicos en línea recta sin chocar con nada.

**Segundo modelo: Modelo ondulatorio.**

Sugerido por Descartes y presentado en la *Académie Royal des Sciences* de Paris en 1678 por Huygens.

- > La luz es una alteración mecánica del éter.
- > Del mismo modo que el sonido no es una sustancia sonora especial, sino la condensación y dilatación del aire ordinario, la luz es una alteración local en un medio continuo.
- > Este modelo obviaría los problemas del otro, ya que la vibración mecánica puede propagar presiones en todos los sentidos.
- > Además, podía explicar mejor la transmisión casi instantánea de la luz mediante corpúsculos etéreos en contacto.

# 23 Las teorías de la luz (5)

---

## Problemas de este modelo:

- > Si la luz no supone transporte de materia, sino una alteración local del medio, entonces no se entiende por qué no se transmite en todas las direcciones desde cada punto:
  - > No produciría sombras
  - > Sería capaz de rodear los obstáculos.
- > No explicaría tampoco la coherencia del campo visual: somos capaces de distinguir dos fuentes de luz diferentes, mientras que tenemos una misma presión.

# 24 Las teorías de la luz (6)

- Descartes sostenía que la luz es una presión sin movimiento del medio.
- > La materia del fuego que compone el centro de los vórtices del Sol y las estrellas gira en medio del éter rígido y denso circundante. La tendencia centrífuga a alejarse del centro de la materia del fuego presiona sobre el éter, que siendo incomprensible y duro, transmite instantáneamente esa “tendencia al movimiento” o “presión” hasta los confines del mundo. Esa presión en el ojo es la experiencia de la luz.
  - > Consideraba que cuanto más denso fuese el medio, más fácil sería la transmisión.



# 25 Las teorías de la luz (7)

---

- Modelos empleados por Descartes para poder representar su teoría matemáticamente:
- > Compara el éter con el bastón de un ciego que transmite a la mano, instantáneamente según él, la sensación de obstáculos que toca con su extremo.
  - > Una cuba llena de uvas y mosto con dos agujeros en el fondo que muestra cómo la tendencia al movimiento de la presión del éter puede ejercerse en diversas direcciones sin obstaculizarse.

# 26 Las teorías de la luz (8)

---

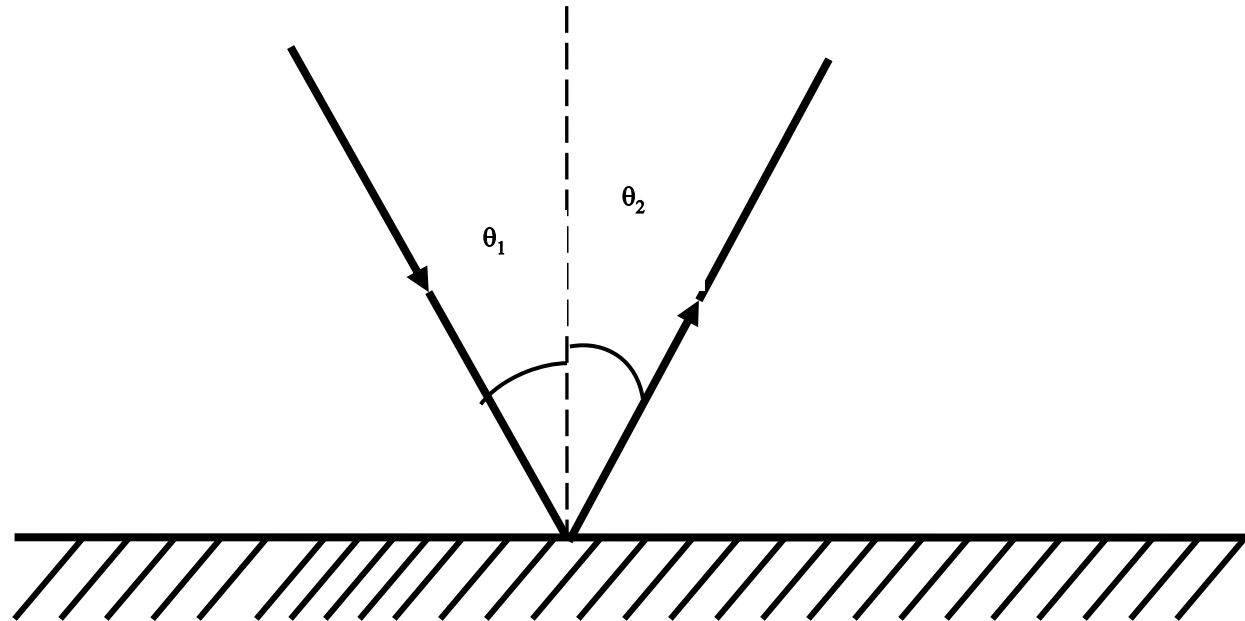
- > Un pelota viajando en línea recta por un medio poco resistente. Este modelo permite diferentes velocidades en medios distintos, lo que puede explicar la refracción.

# 27

## Las teorías de la luz (9)

### Reflexión:

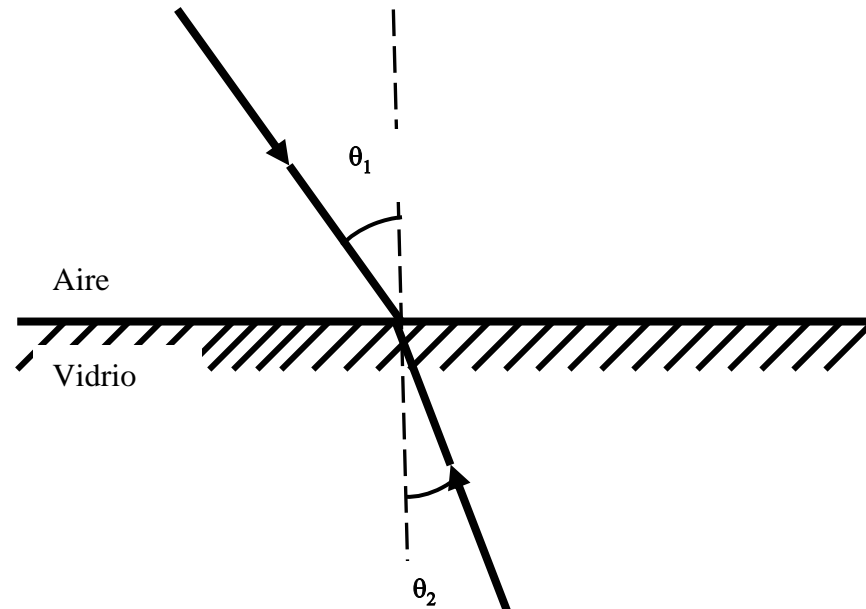
Establece que cuando la luz se refleja en una superficie lisa y brillante, el ángulo de incidencia  $\theta_1$  es igual al ángulo de reflexión  $\theta_2$



# 28 Las teorías de la luz (10)

## Refracción:

Se refiere a la manera en que la luz cambia la dirección de propagación cuando pasa de un medio a otro. Por ejemplo, cuando un rayo de luz pasa del aire al vidrio. La parte del rayo que penetra al vidrio se desvía hacia la normal a la superficie, de manera que  $\theta_1 > \theta_2$



# 29

## Las teorías de la luz (11)

Explicación de Descartes de la Reflexión:

Se obtiene suponiendo que la luz es un proyectil que rebota contra el suelo, que, siendo mayor que el proyectil, no se mueve tras el choque. El proyectil, además, rebota con la misma velocidad que traía.

Explicación de Descartes de la Refracción:

Todo el mundo suponía que la luz debía ir más despacio en los medios más densos. Sin embargo, Descartes no estaba de acuerdo con este principio.

“la luz, siendo una presión en un medio continuo, se genera más fácilmente donde hay más materia y penetra con más facilidad por el medio más denso.”

# 30 Las teorías de la luz (12)

- T. Hobbes en su *Tractatus Opticus* (1644) suponía que los cuerpos luminosos como el Sol, pulsaban globalmente con un movimiento cardíaco de sístole y diástole.
- > El medio recibe una pulsación u onda de presión que se transmite normalmente, disminuyendo de velocidad en medios más densos que resisten más.
- R. Hooke suponía que cada partícula del cuerpo luminoso vibraba con un movimiento rápido y corto que transmitía una alteración a un éter circundante por el que se expandía orbicularmente, como una esfera a enormes distancias y velocidades.

# 31

## Las teorías de la luz (13)

Principal problema de las teorías de la luz como alteraciones locales del medio:

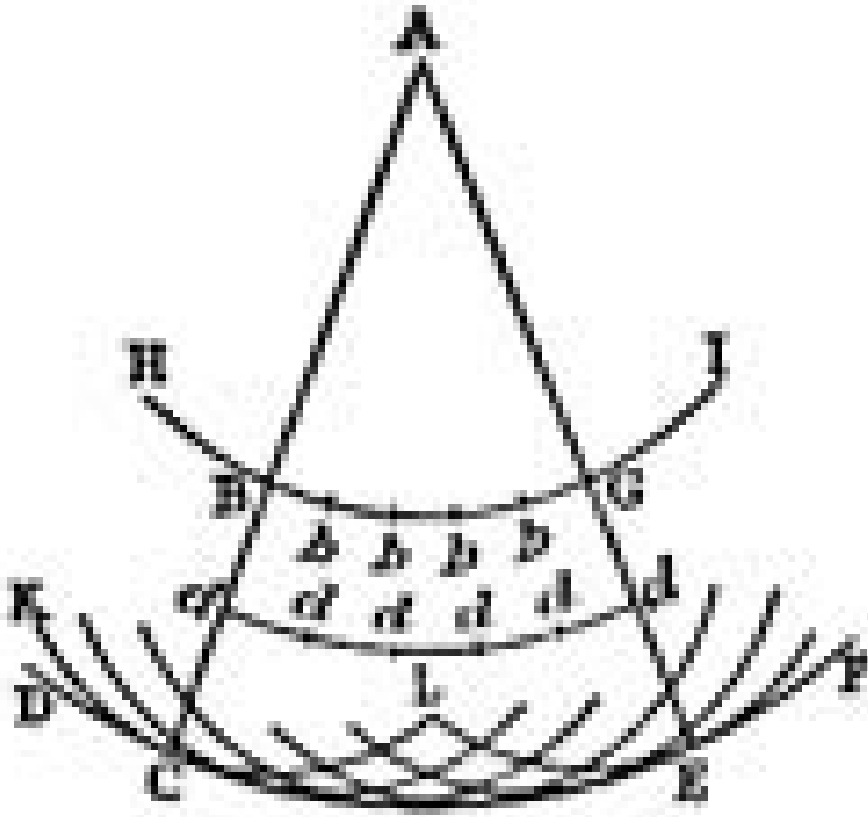
- > Esas alteraciones debe transmitirse en todas las direcciones, como ocurre con el sonido, rodeando los obstáculos e impidiendo la formación de sombras.

Huygens supuso que cada partícula del cuerpo luminoso y del medio vibra convirtiéndose en una fuente puntual de ondas.

- > Según su principio: sólo se ven las ondas elementales cuando coinciden en al envoltura común.
- > La transmisión rectilínea se explicaría por la coincidencia en el mismo tiempo de los espacios recorridos por todas las ondas secundarias entre los obstáculos.

## Historia de la ciencia

Ana Cuevas 07-08





# 33

## Las teorías de la luz (14)

---

### **Propuesta de Newton sobre óptica física**

- > La luz es un chorro de partículas velocísimas que viajan por el espacio.
- > Los átomos emanados del Sol poseen diferentes características mecánicas (tamaño y velocidad) que producen los diferentes colores al interactuar con el sentido de la vista.
- > Todos juntos producen la sensación de blanco, pero si se separan por refracción o reflexión producirán los diferentes colores.

# 34

## Las teorías de la luz (15)

---

Según los defensores de la teoría ondulatoria, la luz blanca era un estado simple, que si se alteraba o modificaba de algún modo daba lugar a los colores por interacción con los bordes inmóviles del éter de la sombra.

Pero estas modificaciones mecánicas podrían en principio invertirse para recuperar el pulso original e inmodificado blanco.

Para Newton, los colores eran cualidades secundarias despertadas en los sentidos por propiedades física primarias de los átomos de luz, por lo que no eran modificables.

# 35 Las teorías de la luz (16)

Para demostrar su propuesta Newton diseñó el *Experimentum crucis* (Óptica, libro I, parte I, proposición II).

Newton practicó un agujero redondo en el postigo de una ventana, por el que entraba la luz del Sol. Interpuso un prisma en el haz de luz y proyectó sobre la pared contraria el espectro de colores.



# 36

## Las teorías de la luz (17)

---

- El prisma es un analizador que separa los corpúsculos heterogéneos de que consta la luz blanca.
- Las propiedades de esos corpúsculos son innatas e inmodificables mecánicamente.
- > Esta explicación no fue muy bien acogida entre los miembros de la Royal Society, por lo que Newton suspendió su correspondencia con ellos durante quince años.
  - > Retomó contacto con la institución después de redactar los *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.

# 37

## La física de Newton



**Isaac Newton** (25/12/1642

el mismo año en que moría Galileo)

En 1661 fue enviado a Cambridge, donde entró como *subsizar*, que le eximía del pago a cambio de hacer tareas de criado.

En 1663, Newton leyó

- > la *Clavis Mathematicae* de Oughtred,
- > la *Geometria* de Descartes,
- > la *Optica* de Kepler,
- > la *Opera Mathematica* de Vieta,

y, en 1644,

- > la *Aritmética* de Wallis que le serviría como introducción a sus investigaciones sobre las series infinitas, el teorema del binomio, ciertas cuadraturas.

# 38 La física de Newton (2)

---

También a partir de 1663 Newton conoció a Barrow, quien le dio clase de matemáticas.

En la misma época, Newton entró en contacto con los trabajos de Galileo, Fermat, Huygens y otros.

Entre 1665 y 1666 (conocido como *Annus Mirabilis*) Newton pasó de estudiar obras ajenas a crear sus propios problemas y soluciones.

En 1666 se cerró la universidad debido a una peste. Newton regresa a su casa, descubriendo el cálculo, la teoría corpuscular de la luz y la gravitación universal.

En 1667, con 24 años, fue nombrado miembro del Trinity College.

# 39

## La física de Newton (3)

---

Además de la física y las matemáticas, Newton se interesó toda su vida por la teología y la alquimia.

Ambas le abrieron los ojos al mundo del espíritu.

Consideraba que además de materia hay espíritu, y que mientras que la primera era bruta, inanimada y pasiva, el espíritu era ágil y activo.

Lo importante en filosofía natural era el espíritu.

Las leyes que busca el matemático son los decretos divinos que ejecutan los espíritus, por lo que la práctica correcta de la física matemática nos lleva a los espíritus, y de estos a Dios: la física es el camino hacia la verdadera religión.

# 40

## La física de Newton (4)

---

- > La alquimia presentaba un modelo en que las sustancias están animadas de poderes y virtudes ocultas, capaces de transformar y dominar la materia bruta.
- > Influido por el neoplatónico Henry More, criticó el mecanicismo, estudiando separadamente la operación de las fuerzas espirituales e inmateriales que rigen el mundo por orden del Gran Espíritu y que se podía describir mediante las matemáticas.



# 41

## La física de Newton (5)

En 1671 Newton desarrolló el método de fluxiones, conocido actualmente como cálculo infinitesimal.

Este será el primer procedimiento general para expresar integrales y derivadas de funciones como expansiones de series infinitas.

Supone un tiempo ideal que fluye de manera absolutamente uniforme y que es la variable independiente respecto de la cual se determina el cambio de las demás variables.

Las variables no son cantidades infinitesimales, sino cantidades generadas por el movimiento.

Las cantidades que cambian o fluyentes ( $x$ ) tienen una velocidad de variación, llamada fluxión y representada por  $x'$ .

# 42

## La física de Newton (6)

---

Mediante este método resuelve el siguiente problema:

Dada una relación entre dos cantidades en movimiento o fluyentes, hallar la relación entre las velocidades o fluxiones, y viceversa.

Hacia 1675, Leibniz empezó a desarrollar un algoritmo equivalente, aunque más manejable. Su método es el que ha sido aceptado hoy en día.

# 43

## La física de Newton (7)

---

Newton corrigió y mejoró cuanto se sabía de mecánica para unificarlo, junto con sus propios desarrollos, dentro de un esquema dinámico en el que las leyes de fuerzas se establecían matemáticamente.

En el caso de los cielos partía de Kepler y sus tres leyes del comportamiento de los astros.

A partir de la ciencia del movimiento de Galileo desarrolló su dinámica.

Criticó las reglas cartesianas, su negativa a aceptar la infinitud, su identificación del espacio con la materia (que no dejaba sitio para el espíritu).

# 44 La física de Newton (8)

---

Estructura de los *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687)

1. Breve exposición de las definiciones de algunos conceptos básicos: masa, cantidad de movimiento, fuerza ínsita, fuerza impresa, etc. Y las tres leyes o axiomas del movimiento.
2. Primer libro: se estudia matemáticamente cualquiera condiciones de fuerza y lo que de ellas se deriva para cuerpos situados en el vacío.
3. Segundo libro: se ocupa de movimientos en medios resistentes.
4. Tercer libro: se aplican los principios matemáticos expuestos en el primer libro a la naturaleza y se decide cuales son las leyes de fuerza que actúan efectivamente en el mundo real: la gravitación universal.

# 45

## La física de Newton (9)

---

**Las definiciones más importantes** serán las de masa y fuerza.

La masa o cantidad de materia es una constante de proporcionalidad entre la fuerza y la aceleración, ya que la aceleración es como la fuerza pero inversa a la masa.

El concepto de fuerza es doble.

1. Una fuerza externa o impresa que es la que cambia el movimiento. Es activa.
2. Una fuerza innata o ínsita, que se opone al efecto de las externas. Es pasiva, un mero resultado de la inercia.

# 46

## La física de Newton (10)

---

### **Los axiomas o leyes del movimiento:**

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

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

*Ley tercera:* Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria; o sea, las acciones mutuas de los cuerpos siempre son iguales y dirigidas hacia partes contrarias.

# 47

## La física de Newton (11)

---

También en esta primera parte se encuentra el *Escolio sobre el espacio y el tiempo absolutos*.

El espacio ha de ser absoluto para constituir el asiento de un Dios extenso y es consecuencia de su infinita omnipresencia.

El tiempo ha de ser absoluto, ya que Dios ha de existir siempre.

Además de estos motivos escatológicos había otros por los que Newton propuso la existencia del espacio y tiempo absolutos.

# 48

## La física de Newton (12)

---

- > Permitía concebir la existencia de movimientos reales aparte de los aparentes.
- > Esto permitiría aspirar a detectar las fuerzas reales que mueven la materia del cosmos.
- > Las leyes de fuerza remiten a Dios: La filosofía natural permitiría conocer “cuál es la primera causa, qué poder tiene sobre nosotros ... y cuál es nuestro deber hacia ella.”



# 49

## La física de Newton (13)

---

### **Libro I:**

Comienza con un conjunto de lemas sobre el método de las razones primeras y últimas: introduce el concepto esencial de límite y sus aplicaciones.

Se ocupa del movimiento de los cuerpos en ausencia de resistencia.

Parte de un modelo matemático que representa una simplificación de la naturaleza: una masa puntual que se mueve en torno a un centro de fuerzas.

Va complicando el modelo e introduce masas infinitas.

# 50 La física de Newton (4)

---

Mediante la tercera ley pasa a ocuparse del movimiento de cuerpos que se atraen mutuamente.

Primero estudia el problema de dos cuerpos y más tarde el de tres: establece las bases para tratar problemas complejos como la teoría lunar, las mareas y la precesión de los equinoccios.

# 51

## La física de Newton (15)

---

### **Libro II:**

Trata del movimiento de los cuerpos en medios resistentes,

y de los movimientos de los fluidos.

Trata de demostrar que la teoría de los vórtices cartesiana es incompatible con las leyes de Kepler.

**Libro III:** Se compone de seis partes.

1ª parte *Reglas para filosofar*. Expone una serie de reglas a seguir en la filosofía natural:

“*Regla Primera*: No debemos para las cosas naturales admitir más causas que las verdaderas y suficientes para explicar sus fenómenos.”

# 52 La física de Newton (16)

---

“*Regla segunda:* Por consiguiente, debemos asignar tanto como sea posible a los mismos efectos las mismas causas”

“*Regla tercera:* Las cualidades de los cuerpos no admiten intensificación ni reducción, y que resultan pertenecer a todos los cuerpos dentro del campo de nuestros experimentos, deben considerarse cualidades universales de cualesquiera tipos e cerpos.”

“*Regla cuarta:* En filosofía experimental debemos recoger proposiciones verdaderas o muy próximas inferidas por inducción general a partir de fenómenos, prescindiendo de cualesquiera hipótesis contrarias, hasta que se produzcan otros fenómenos capaces de hacer más precisas esas proposiciones o sujetas a excepciones.”

# 53

## La física de Newton (17)

2ª parte *Fenómenos*: Aplica los principios matemáticos desarrollados en el libro I para dar cuenta del movimiento de los planetas y los satélites.

3ª parte *Proposiciones*: En la proposición 4, Newton dice que la Luna gravita hacia la Tierra, la fuerza centrípeta que actúa sobre la Luna es la “fuerza de la gravedad”.

Muestra que la gravedad terrestre sigue la ley inversa al cuadrado de la distancia.

Dado que la Luna es un cuerpo celeste y aplicando las dos primeras reglas para filosofar: puede afirmar que la ley de la gravitación es una ley universal

4ª parte: dedicada a la teoría de las mareas.

5ª parte: dedicada al movimiento de la Luna

6ª parte: dedicada al movimiento de los cometas.

# 54 La física de Newton (18)

---

Como réplica a sus críticos, en la segunda edición (1713) añadió un *Escolio General*. Allí admite no haber “asignado causa alguna a la gravedad”

No había podido deducir las propiedades de la gravedad de los fenómenos.

“ y yo no **finjo hipótesis**. Pues lo que no se deduce de los fenómenos, ha de ser llamado hipótesis; y las hipótesis, bien metafísicas, bien físicas, o de cualidades ocultas, o mecánicas, no tienen lugar dentro de la filosofía experimental.”

# 55

## La física de Newton (19)

---

En su libro *Optica* (1704) Newton afirma: “No pretendo explicar mediante hipótesis las propiedades de la luz, sino presentarlas y probarlas mediante la razón y los experimentos”.

¿Qué significa para Newton no suponer hipótesis?

Se utilizaba con frecuencia para designar un conjunto de proposiciones dogmáticas.

En este sentido *hipótesis* significa algo semejante a lo que un positivista considera *proposiciones metafísicas*.

También quería caracterizar los principios metafísicos del sistema cartesiano: la explicación de todos los fenómenos a partir de una materia extensa.

# 56 La física de Newton (20)

---

El rechazo de Newton también se dirige hacia otras hipótesis, aquellas formuladas *ad hoc*, que pueden sustituirse fácilmente por otras o refutarse con un experimento.

Su interés se centra en las propiedades y leyes experimentales demostrables inmediatamente a partir de los hechos, e insiste en distinguir esto de las hipótesis.

Otras veces afirma la superioridad de la vía experimental sobre el método de la deducción a partir de suposiciones *a priori*.

No pretende frenar totalmente la especulación hipotética, sino más bien intenta mantener clara la distinción entre tales especulaciones y los resultados experimentales exactos.



# 57

## De la alquimia a la química

---

Durante los siglos XVI y XVII empezó a aparecer la idea de que la química opera con clases naturales de sustancias simples que pueden combinarse para formar sustancias compuestas con propiedades nuevas.

La química comenzó a contemplarse como un conocimiento que se ocupa de un nivel de organización de la materia más complejo que el de los átomos o corpúsculos básicos de la física.

Además, se emplean técnicas de análisis y síntesis propios del nivel químico.

# 58

## De la alquimia a la química (2)

- > Se discutió el concepto tradicional de elemento.
- > Tendió a ser sustituido por sustancias concretas estables e inanalizables con las técnicas disponibles.
- > Según la doctrina clásica (aristotélica), los elementos básicos se encuentran mezclados en distintas proporciones en todos los cuerpos.
- > Boyle realizó diversos experimentos para rechazar la existencia de esos elementos.
- > Su pretensión era hacer de la química una disciplina científica respetable, alejarla de la magia, el ocultismo y la alquimia.
- > Para ello, sería preciso reducir las operaciones químicas a la forma, el tamaño y el movimiento de unas partículas químicamente neutras.

# 59

## De la alquimia a la química (3)

- El proceso de crear la química como una disciplina con un nivel distinto del de la física y del de la magia de fuerzas ocultas procedió de la combinación de diferentes tradiciones:
1. La filosofía natural clásica que se dirigía a la explicación global de todas las propiedades y procesos naturales a base de principios abstractos generales.
  2. La experiencia acumulada por los artesanos, que operando con procesos químicos, descubrieron procedimientos y sustancias con propiedades comercialmente interesantes.

# 60 De la alquimia a la química (4)

- > Ensayos sobre metales,
- > Blanqueadores, mordientes y tintes para tejidos,
- > Elaboración de cervezas y destilación de licores,
- > Fabricación de vidrios y cerámicas,
- > Argamasas, yesos y cementos,
- > Pigmentos para pinturas,
- > Refinado y mezcla de los componentes de la pólvora (azufre, carbón y salitre).

3. La alquimia, que favorecía la idea de que los procesos entrañaban transformaciones profundas de las sustancias.

1. Produjo el desarrollo de procesos, instrumentos y laboratorios,
2. Descubrieron sustancias como alcoholes, sales metálicas y ácidos minerales.

# 61

## De la alquimia a la química (5)

4. La tradición mecanicista que hacía hincapié en la precisión en la comunicación de experimentos.
  - > Boyle es un ejemplo en cuanto a la claridad de los informes de laboratorio y la perspicuidad de sus explicaciones de los procedimientos analíticos para contrastar la presencia de sustancias.

### Los iatroquímicos

Seguidores de parte de las doctrinas de Paracelso.

Conservaron cierto neoplatonismo y la creencia de las interacciones entre el macrocosmos y el microcosmos.

Sobre todo, desarrollaron los aspectos prácticos e innovadores del mensaje de Paracelso.

Mitigaron el misticismo y oscuridad del maestro para centrarse en los esquemas reformistas que promovían una reforma farmacéutica, produciendo recetas claras y precisas.

# 63

## De la alquimia a la química (7)

- Difundieron los conocimientos sobre:
- > Farmacopea mineral,
  - > Química, con descripciones de hornos, procesos e instrumental, ensayo de metales y análisis químico (sobre todo de las aguas minerales).
  - > Recetas iatroquímicas claras.
  - > Se mezclan con ciertos conocimientos averroistas: las partículas de los reactivos conservan sus formas sustanciales en el compuesto sin que se destruyeran para crearlo.

# 64

## De la alquimia a la química (8)

**La química de los físicos:** parte de la física mecánico-corpúscular.

**Boyle** inició un programa de racionalización de la química, sustituyendo el paracelsismo por la filosofía mecánico corpúscular.

La utilidad de la química no se encontraría en la medicina, sino en el establecimiento de la visión mecánica de la naturaleza.

Las cualidades de los cuerpos dependen de la forma, el tamaño y el movimiento de partículas cualitativamente neutras, que se unen formando diferentes “texturas”. La química estaba subordinada a la mecánica.



# 65 De la alquimia a la química (9)

- > Demostró experimentalmente que el análisis químico no produce siempre los cuatro elementos propuestos en la antigüedad.
  - > De algunas sustancias, como el oro, no se saca ningún elemento,
  - > De otras se sacan más.
- > Tampoco creía que existiesen operaciones específicamente químicas, como el fuego o la destilación. Éstas no eran más que operaciones mecánicas con corpúsculos que alteran su textura, forma o movimiento.

# 66

## De la alquimia a la química (10)

- Este programa fue adoptado por Newton aunque reemplazando el mecanicismo por fuerzas inmateriales.
- > Newton consideraba que en el mundo hay átomos inertes y pasivos, regidos por fuerzas inmateriales a distancia (en contra del mecanicismo).
  - > Los fenómenos químicos nos ponen en contacto con las fuerzas inmateriales que rigen la naturaleza en el nivel microfísico.
  - > Dios creo la materia “en forma de partículas sólidas, masivas, duras e impenetrables y móviles.”
  - > Su actividad procede de las fuerzas atractivas y repulsivas creadas aparte por Dios para regir el mundo.

# 67

## De la alquimia a la química (11)

- > Las clases naturales de sustancias no constan de átomos específicos, sino de texturas u organizaciones de átomos físicos.
- > Estos átomos físicos se atraen mutuamente: forman asociaciones de partículas.
- > Se pueden distinguir entre diferentes tipos de asociaciones, en función del número y de la intensidad de las fuerzas que las unen. Las primeras composiciones son más fuertes que las segundas, y éstas que las terceras. Las últimas son suficientemente débiles como para poder ser manipuladas en el laboratorio.
- > A pesar de que el marco físico propuesto por Newton era prometedor, resultó prematuro.

### La química del flogisto

En Alemania existía una tradición química industrial ligada a la minería, la metalurgia y la cerámica.

La teoría del flogisto puso el énfasis de su explicación en los fenómenos relacionados con la combustión.

Concebía la combustión como una descomposición con pérdida de una sustancia que escapaba abandonando el combustible.

Esta idea ya había sido sugerida por Paracelso que considera el *sulphur philosophorum* (azufre de los filósofos), como el soporte de la combustibilidad.

Este azufre no es el azufre común, sino un principio abstracto, semejante al fuego de Aristóteles.

# 69

## De la alquimia a la química (13)

Johann J. Becher, buscaba en un supuesto ingrediente gaseoso del azufre el verdadero alimento del fuego.

Estas ideas serán refinadas por George E. Stahl, médico y químico, que dio a ese principio ígneo el nombre de “flogisto” que deriva del griego y equivale a “llama”.

El flogisto es una sustancia sutil e imponderable, presente en los cuerpos inflamables como en los metales calcinables; se creía que no tenía ninguno de los tres estadios de la materia, ni podía existir aislado.

Los cuerpos de fácil combustión, como el carbón, fósforo o las grasas, eran ricos en flogisto y podían cederlo a sustancias que careciesen de este principio ígneo, confiriéndoles combustibilidad.

Los metales eran cuerpos compuestos que contenían flogisto, cuando se calcinaban lo expulsaban.

# 70

## De la alquimia a la química (14)

Stahl consideraba que la química es: “El arte de descomponer los cuerpos compuestos en sus principios básicos y recomponerlos de nuevo”

El objeto de estudio en la química sería la disolución y combinación o la corrupción y la generación

El objetivo del estudio químico es descubrir la composición de los materiales y clasificar los diversos tipos de reacciones.

Las propiedades de los cuerpos dependen de su composición.

El flogisto se encuentra, en diferentes proporciones en todos los reinos de la naturaleza.

### Teoría de la materia de Stahl:

- > Hay un número muy restringido de partículas elementales, llamadas átomos elementales,
- > estos átomos no se encuentran en estado puro, sino combinados en su composición y cuando dejan un cuerpo es para formar parte de otro,
- > los átomos, cuando se juntan forman los “cuerpos mixtos”, que pueden combinarse para formar los “cuerpos compuestos” que pueden combinarse con otros átomos o con otros cuerpos mixtos para formar “cuerpos sobrecompuestos”.

# 72

## De la alquimia a la química (16)

- > las partículas de los cuerpos mixtos, compuestos y sobrecompuestos son tan pequeñas que escapan a nuestra posibilidad de investigación experimental directa.
- > Sobre lo que puede experimentarse es la masa de los “agregados”. Los átomos elementales son de tres especies diferentes: tierra, agua y aire (tres de los elementos esenciales de Empédocles).



# 73

## De la alquimia a la química (17)

*La combustión:* es la pérdida de flogisto en el aire. Se rompe la unión y se libera el flogisto, ocasionando el cambio de propiedades antes y después de la combustión. Lo que queda después de la combustión no tiene flogisto y no puede seguir ardiendo.

*La calcinación:* proceso mediante el cual el material se calienta a temperatura elevada pero inferior a su punto de fusión, con pérdida del elemento volátil. La teoría del flogisto explica la transformación de los metales en cales (tierra u óxidos) y la reducción de las cales en metales.

*Reducción de las cales metálicas:* restitución del flogisto a los metales haciendo reaccionar las cales metálicas con minerales ricos en flogisto. Tiene una aplicación directa en la metalurgia, en el fenómeno de la fundición. Si a un mineral metálico se le añade flogisto: se obtiene un metal.

# 74 Historia natural

---

En el Renacimiento se despertó el interés por la información de primera mano acerca de las plantas y los animales.

Los textos clásicos no recogían las nuevas especies que se descubrieron con el Nuevo Mundo.

Además, las descripciones de especies Europeas y Asiáticas no eran exactas.

Las nuevas plantas traídas de América, como el tomate, la patata, el maíz o los pimientos sufrieron un proceso de aclimatación en el norte de Italia, siendo después introducidos en toda Europa.

# 75 Historia natural (2)

---

- La botánica se desarrolló también en este período como una disciplina al margen de la medicina, y contaba con cátedras propias.
- > Se fundaron nuevos jardines botánicos y los herbarios, o huertos secos, con plantas secadas, prensadas y montadas en pliegos que se conservaban como referencia del prototipo de las especies descritas.
  - > También florecieron durante este período los museos, gabinetes, teatros de la naturaleza y cámaras de maravillas, en donde se acumularon especímenes de todo tipo.

# 76 Historia natural (3)

---

- > La ordenación por orden alfabético de los primeros herbarios acusaba
  - > el primitivo uso de los libros de plantas como recetarios, y
  - > la falta de criterios clasificatorios internos a la propia morfología de las plantas al margen de su uso.
- > La similitud entre especies se fue poniendo de manifiesto y se comenzaron a proponer ordenaciones clasificatorias más correctas.

El estudio de los animales fue el más novedoso.

## **Renacimiento:**

- > Los primeros zoólogos tendían a un enciclopedismo poco crítico, que mezclaba información clásica e historias legendarias de los bestiarios con observaciones de primera mano, siguiendo la nueva tendencia al empirismo.
- > Los animales eran clasificados por criterios ecológicos más que por sus características morfológicas.
- > La clasificación aristotélica seguía siendo la más empleada (cuadrúpedos vivíparos, cuadrúpedos ovíparos, aves y peces o seres acuáticos). Y se incluían animales fantásticos clásicos, como los unicornios, basiliscos, esfinges.

# 78 Historia natural (5)

---

## **El descubrimiento del mundo microscópico**

El microscopio se invento, hacia 1610, por Galileo, según los italianos, o por Jansen, en opinión de los holandeses.

La palabra microscopio fue utilizada por primera vez por los componentes de la "Accademia dei Lincei" una sociedad científica a la que pertenecía Galileo y que publicaron un trabajo sobre la observación microscópica del aspecto de una abeja.

Las primeras publicaciones importantes en el campo de la microscopia aparecen en 1660 y 1665 cuando Malpighi prueba la teoría de Harvey sobre la circulación sanguínea al observar al microscopio los capilares sanguíneos y Hooke publica su obra Micrographia.

# 79 Historia natural (6)

En 1684 Francesco Redi describió los parásitos de diferentes especies y su ciclo vital.

- > Demostró mediante experimentos controlados que la generación espontánea de invertebrados a partir de materia putrefacta era falsa.

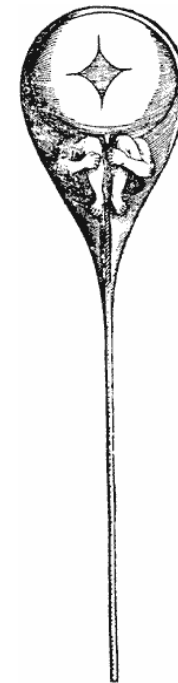
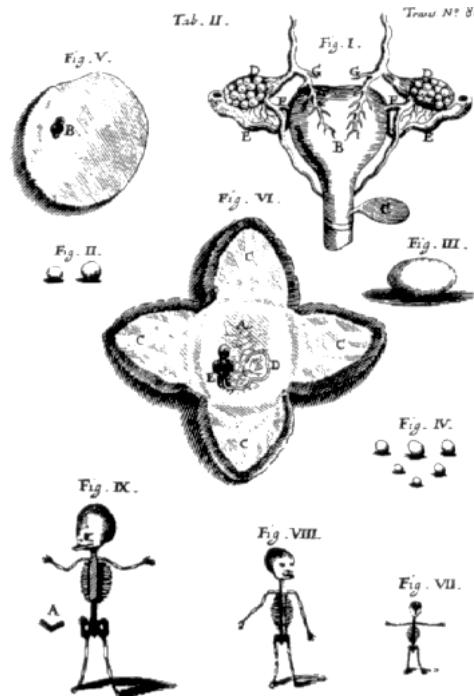
Antoni van Leeuwenhoek fue uno de los microscopistas más importantes de la época.

- > Sus descubrimientos más espectaculares, primero comunicados epistolarmente a la Royal Society, y posteriormente publicados en los *Arcana Naturale*, fueron:

- > Protozoos de una diezmillonésima parte de un piojo, que se movían con pequeños “cuernos”.
- > Los glóbulos de la sangre (redondos en los mamíferos y ovalados en los peces y batracios)
- > Ciertas bacterias de la boca.
- > Los espermatozoides, que describió de diferentes especies.

# 80 Historia natural (7)

- > Los espermatozoides eran los responsables de la generación de los nuevos seres vivos.
- > Los óvulos o “huevos” femeninos eran un receptáculo alimenticio.





# 81

## Preguntas del tema

---

- > 1. Explica las principales características de la revolución del pensamiento científico en el Renacimiento.
- > 2. Características de la medicina en el Renacimiento.
- > 3. ¿Se puede hablar de “Revolución copernicana”? ¿En qué sentido?
- > 4. Kepler y su relación con la matemática pitagórico-platónica.
- > 5. Los *Principios matemáticos de la filosofía natural* de Newton. Estructura e importancia de la obra.
- > 6. Principales elementos del desarrollo de la química en este período.