

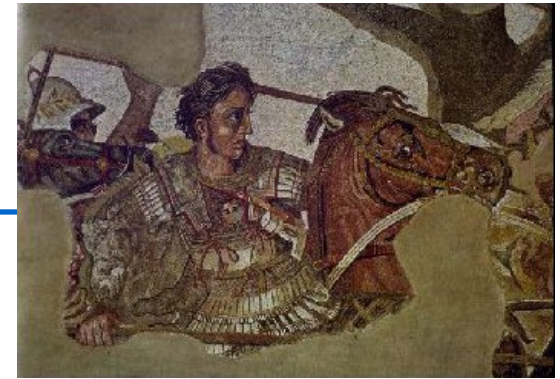
2º tema: Partes tercera y cuarta

- El período helénico
- La ciencia en la época Imperial

2 El imperio de Alejandro



3 Introducción (1)



Comienza con la muerte de Alejandro Magno (en el 323 a. n. e.) y llega hasta finales del siglo II. Está caracterizado básicamente por la gigantesca expansión “imperialista” del elemento “civilizador” griego.

Alejandro soñaba con una monarquía universal: asestaba un golpe de muerte a la concepción de la ciudad-estado.

Supuso el hundimiento de la importancia cultural, social y política de la *polis* ateniense.

Alejandro no logró su propósito, debido a su prematura muerte, tras la cual surgen nuevos reinos: Egipto, Siria, Macedonia y Pérgamo.

4 Introducción (2)

A la muerte de Alejandro, los territorios conquistados fueron divididos entre sus generales.

Ptolomeo (conocido como I Sóter y fundador de la dinastía de los Ptolomeos), uno de los generales de Alejandro fue el rey del Egipto conquistado.

Demetrio de Falera (un peripatético discípulo de Aristóteles) sugirió a Ptolomeo la idea de establecer un gran centro de investigación en Alejandría al que se debía llamar "Museo", con una biblioteca bien dotada ligada a él.

No se conoce la fecha precisa de la fundación de estas dos instituciones pero es probable que Sóter iniciara la obra en 290 a.n.e. y que luego la tarea fuera completada por Ptolemeo II Filadelfo (hijo del anterior)

5 La Biblioteca y el Museo (1)

- > La Biblioteca y el Museo alcanzaron su máximo esplendor durante el reinado de Filadelfo.
- > El museo ofrecía todos los aparatos para las investigaciones en medicina, biología o astronomía.
- > Se invitó a estudiosos a llevar a cabo observaciones y deducciones en Matemática, Medicina, Astronomía, y Geometría.
- > Allí nacieron nuevas disciplinas como la Filología, la Trigonometría, la Gramática y la Preservación de Manuscritos.

6 La Biblioteca y el Museo (2)

- > El museo estaba rodeado por la corte, los jardines y un parque zoológico que contenía animales exóticos provenientes de las regiones más remotas del imperio de Alejandro.
- > En su centro había un Gran Salón y un salón circular abovedado para cenas.
- > Tenía un observatorio en su terraza superior y estaba rodeado por aulas.
- > Allí se alojaron permanentemente entre 30 y 50 estudiosos, mantenidos primero por la familia real y después con dinero público.

7 La Biblioteca y el Museo (3)

- > Con Ptolomeo II la biblioteca contaba ya con 500.000 manuscritos (equivalen aproximadamente a unos 100.000 libros impresos de hoy) y llegó a tener 700.000.
- > Se revisaban los barcos que llegaban a la ciudad. Cuando se encontraba un libro, se llevaba a la Biblioteca en donde era copiado y la copia se devolvía al dueño.
- > Tolomeo III escribió una carta “A los soberanos de todo el mundo” pidiendo prestados sus libros. Cuando Atenas le prestó los textos de Eurípides, Esquilo y Sófocles, él los copió, devolvió las copias y guardó los originales.

8

El desarrollo matemático (1)



- Euclides:** vivió en tiempos de Ptolomeo I
(al que respondió “no hay caminos reales hacia la geometría”)
- > Su principal obra, los *Elementos*
 - > no contiene toda la geometría griega de la época,
 - > ni constituye un resumen de toda ella,
 - > pero contiene una buena parte de la matemática elaborada por los matemáticos griegos anteriores a Euclides y por Euclides mismo.
 - > Esa parte fue seleccionada para convertirla en un sistema estructurado según un método: el **método axiomático**.

9

El desarrollo matemático (2)

- Factores que favorecieron la labor de Euclides:
1. Condiciones materiales: disponibilidad de tiempo y de los elementos necesarios para la labor científica, gracias al Museo.
 2. Disciplinares: disponibilidad de conocimientos matemáticos acumulados por matemáticos anteriores. Esto le permitió seleccionar el material adecuado para organizarlo con medios añadidos propios, dando lugar por vez primera a un sistema de conocimientos matemáticos sujeto a una estructura unitaria.

10

El desarrollo matemático (3)

3. La Lógica aristotélica, que le proporcionó el método axiomático y le sirvió de argamasa para construir un edificio sólido.

Pasos del método axiomático:

1º asentamiento de las propiedades que han de aceptarse sin demostración (axiomas, postulados o nociones comunes) ,

2º para deducir de ellas, sin otro recurso que la lógica, todo el conjunto de proposiciones del sistema.

11

El desarrollo matemático (4)

Rasgos platónicos más sobresalientes de los elementos:

1. En sus cerca de 500 proposiciones no hay ni una sola aplicación práctica, ni figura, ni un solo ejemplo numérico. En los tres libros dedicados a Aritmética, los números son segmentos y las proposiciones numéricas se demuestran operando con esos segmentos.
2. No se mencionan instrumentos geométricos. Sólo se admite construcciones con rectas y circunferencias (no reglas y compases).
3. La importancia que da a los poliedros regulares, a los que dedica íntegramente el último libro.
4. Señala que la finalidad de la geometría es el puro conocimiento.

12

El desarrollo matemático (5)

Los elementos:

- > Está compuesto por 13 libros, 465 proposiciones, de las cuales 93 son problemas y 372 son teoremas.
- > Los libros se abren con un grupo de definiciones o términos.
- > El primer libro, además, contiene un conjunto de proposiciones básicas, los axiomas.
- > Las definiciones no se utilizan como argumento deductivo: mantienen el papel de mención o descripción del ente definido.

13 El desarrollo matemático (6)

Distribución de los 13 libros:

- > Los cuatro primeros tratan sobre geometría plana.
- > El 5º y 6º sobre teoría de la proporción.
- > El 7º, 8º y 9º están dedicados a aritmética.
- > El 10º a la inconmensurabilidad.
- > Los tres últimos a geometría espacial.
- > Finaliza con un tratado acerca de los cinco sólidos regulares (pitagóricos).

14 El desarrollo matemático (7)

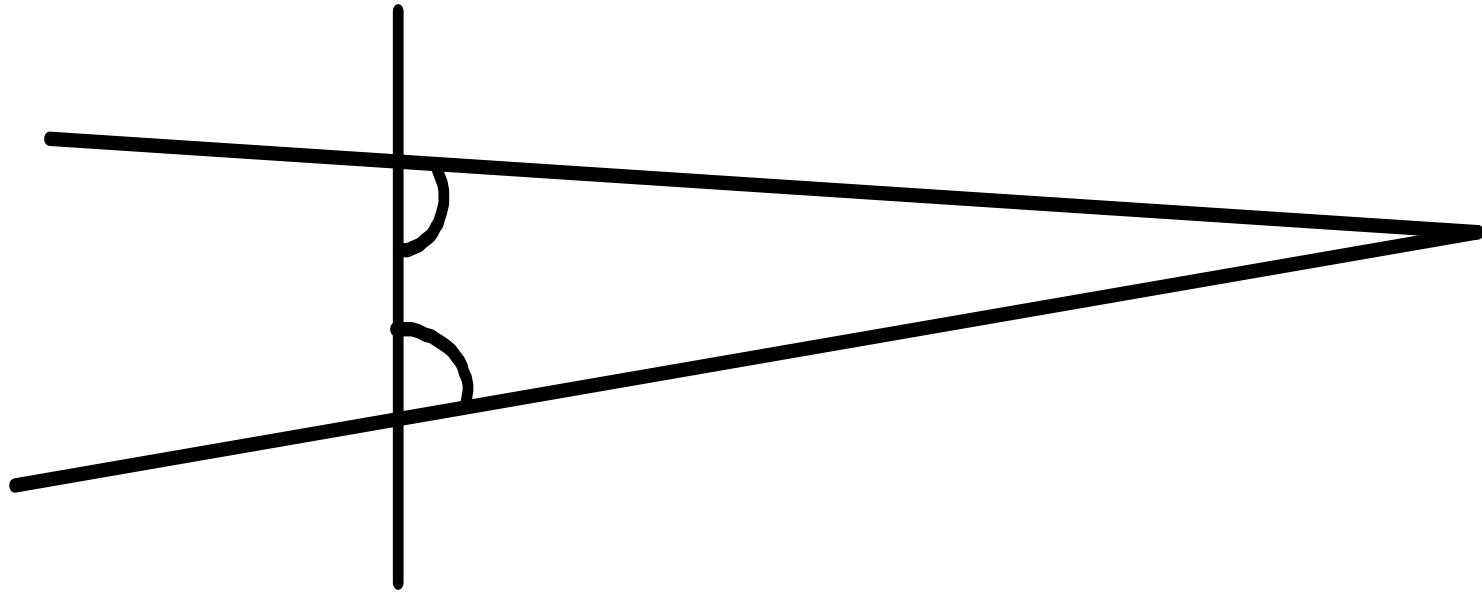
Primer libro:

- > Los axiomas sobre los que fundamente su sistema son 13 = 5 postulados y 8 nociones comunes.
- > Los tres primeros postulados aseguran la existencia y la unicidad de una recta.
- > El cuarto afirma que todos los ángulos rectos son iguales.
- > El quinto postulado es el más problemático: si una recta, al cortar con otras dos, forma los ángulos internos de un mismo lado menores que dos rectos, esas dos rectas, prolongadas indefinidamente se cortan por el lado en que están los ángulos menores que dos rectos.

15 El desarrollo matemático (8)

Historia de la ciencia

Ana Cuevas 07-08



16

El desarrollo matemático (9)

- > *Nociones comunes*: propiedades de los objetos matemáticos comúnmente aceptadas y que actúan como reglas que permiten manipular los objetos matemáticos en las demostraciones.
- > El mismo método es empleado en las demás partes de su obra.
- > El libro décimo es el más sorprendente: establece una forma de tratar las magnitudes inconmensurables (aquellas para las que no existe ninguna magnitud común). A partir de cuatro definiciones demuestra 115 proposiciones.

17

El desarrollo matemático(10)

- El éxito de Euclides al exponer la geometría como una deducción lógica sentó unos parámetros de “verdad científica” se intentaron aplicar en ciencias observacionales y experimentales como la astronomía y la mecánica.
- En esos casos los resultados no fueron tan satisfactorios.
- Se tendió a considerar ciencia todo lo que pudiera incluirse en forma de deducciones, en un sistema lógicamente construido.

18 El desarrollo matemático(11)

- > La tendencia a cuestionar los supuestos fundamentales basándose en nuevas observaciones, tanto de fenómenos naturales como de procesos controlados, se supeditó al afán de consistencia lógica.
- > La construcción de sistemas preponderó sobre la investigación, y lo que no encajaba en el sistema se descartaba simplemente.

19

El desarrollo matemático (12)



Arquímedes (287-212), nacido en Siracusa

Estudió en Alejandría, con Conón de Samos y entró en contacto con Eratóstenes; a este último dedicó Arquímedes su *Método*, en el que explica los procedimientos que empleaba para resolver problemas geométricos con ayuda de ejemplos mecánicos.

Su concepción de la matemática difería de la de Euclides: le interesaban los problemas matemáticos concretos.

Obras: *Sobre la esfera y el cilindro*, *Sobre la cuadratura de la parábola*, *Sobre las espirales*, *Sobre conoides y esferoides*, *Sobre la medida del círculo*, *El arenario*,

20

El desarrollo matemático (13)

Equilibrios planos:

- > fundamentó la ley de la palanca, deduciéndola a partir de un número reducido de postulados, y determinó el centro de gravedad de paralelogramos, triángulos, trapecios, y el de un segmento de parábola.

Sobre la esfera y el cilindro:

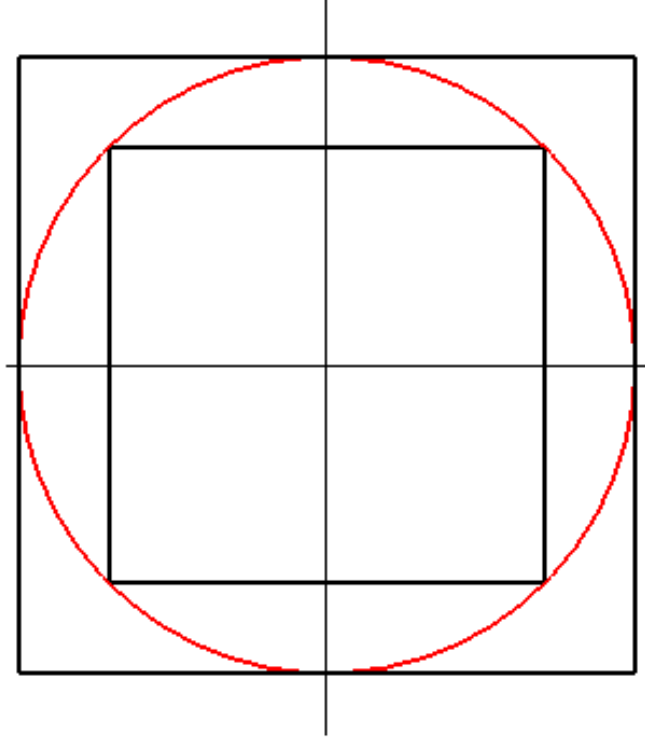
- > utilizó el método exhaustión (precedente del cálculo integral), para determinar la superficie de una esfera y para establecer la relación entre una esfera y el cilindro circunscrito en ella.

21

El desarrollo matemático (14)

Destacar la aproximación que hizo del número π , estableciendo que su valor se encuentra comprendido entre $221/71$ (3,1126) y $22/7$ (3,1428).

Para ello realizó diversos estudios con una circunferencia en la que se inscriben o circunscriben diferentes polígonos regulares estableció que la relación entre el perímetro de la circunferencia y el diámetro de la misma es un número constante, es decir π .



23

El desarrollo matemático(15)

Sobre los cuerpos flotantes,

- > pionera de la hidrostática;
- > corresponde al famoso principio que lleva su nombre.
- > Hierón II, rey de Siracusa, mando a un orfebre de la ciudad que le hiciera una corona. Entregándole una determinada cantidad de oro. El orfebre realizó el encargo y entregó la corona, pero el rey, desconfiado, quiso asegurarse de que el orfebre realmente utilizó todo el oro que le entregó.
- > Arquímedes tomo la corona confeccionada por el orfebre y una cantidad de oro exactamente igual a la entregada para su fabricación.

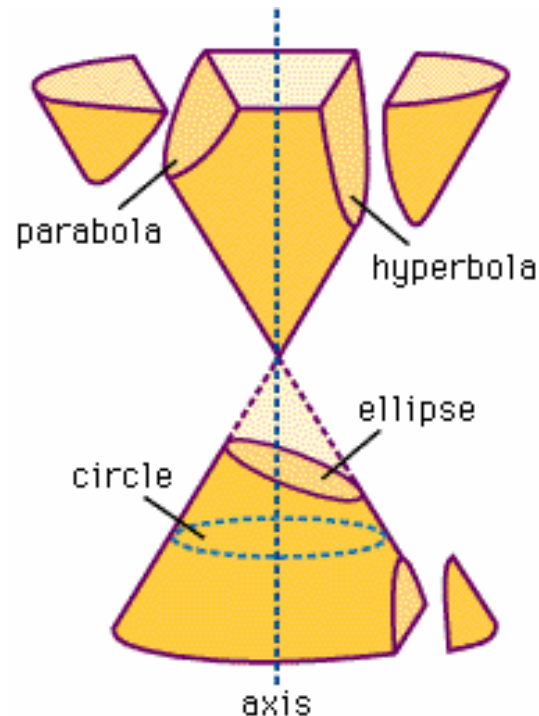
24 El desarrollo matemático(16)

- > Por otra parte preparó dos recipientes exactamente iguales conteniendo la misma cantidad de agua hasta su borde e introdujo en uno la corona y en el otro el oro.
- > Observó que el agua que se derramaba del recipiente que contenía la corona era diferente que el del otro recipiente demostrando el fraude del orfebre, pues sustituyó parte del oro que el rey le dio por plata.
- > La razón es que la densidad de ambos metales es diferente, y el volumen que ocupan es diferente, pues el oro tiene una densidad de $19,3 \text{ g/cm}^3$, mientras que la de la plata es de $10,5 \text{ g/cm}^3$.
- > Principio de Arquímedes: *todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso de fluido desalojado.*

25 El desarrollo matemático(17)

Apolonio de Perga 2ª mitad siglo III a.n.e.

- > Se sabe que escribió dos libros:
Elementos y Cónicas.
- > En el último estudia las propiedades y puntos notables de cada una de las figuras:



26 El desarrollo astronómico (1)

Platón había formulado el problema de la astronomía griega: ¿Cuántos movimientos circulares, uniformes y ordenados debemos asumir para dar cuenta de los movimientos *aparentes* de los planetas?

Los fenómenos que esas explicaciones tenían que “salvar” eran:

1. que los planetas parecen variar de velocidad, pararse y regresar;
2. que la distancia de la Luna y los planetas parece variar en su órbita;
3. que la velocidad del Sol no parece uniforme (como prueba el hecho de que las cuatro estaciones no duran lo mismo).

27

El desarrollo astronómico (2)

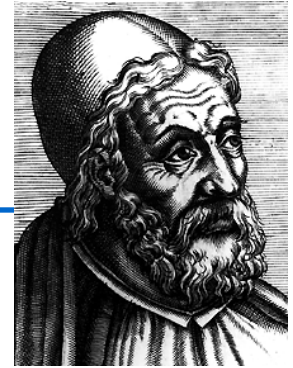
Aristarco de Samos (310-230 a. n. e.) fue el primer gran astrónomo alejandrino, y primero el proponer la hipótesis heliocéntrica.

El tratado de Aristarco no se conserva, y se sabe de él por la mención de Arquímedes en *El contador de arena*.

Aunque es poco probable que su sugerencia representase nada más que una hipótesis matemática, hay constancia de que le acarreó más de un problema. (Cleanthes, jefe de la escuela estoica, dijo que debería ser acusado de impiedad).

Su hipótesis no encontró ningún apoyo.

28 El desarrollo astronómico (3)



Ptolomeo (siglo II n.e.)

Destaca entre sus obras su *Gran Composición matemática de la Astronomía*, rebautizada por los árabes como *Almagesto* (*megistos* significa en árabe “el más grande”).

Perteneció al Museo y conoció los documentos astronómicos depositados en la Biblioteca.

Está profundamente influido por Aristóteles y su idea de la superioridad de las ciencias teóricas.

Opta por investigar gracias a las matemáticas las cosas que son inmutables y ontológicamente estables.

29 El desarrollo astronómico (4)

- Presenta cinco tesis fundamentales con respecto a la Tierra y el cielo:
1. el cielo tiene forma de esfera y se mueve como tal,
 2. La Tierra también es esferiforme,
 3. está en el centro del mundo (universo),
 4. la Tierra es como un punto en comparación con la esfera de las estrellas fijas (que abarca al universo)
 5. la Tierra es inmóvil.

30 El desarrollo astronómico (5)

- > Siguiendo también a Aristóteles, afirma que el cielo está compuesto por éter.
- > Siguiendo a Platón, intentó proponer una solución al problema que había planteado, aunque su solución fue mucho más compleja que las que se habían sugerido hasta ese momento.

31

El desarrollo astronómico (6)

En los trece libros que componen el *Almagesto* se proponen modelos matemáticos de:

1. El movimiento del Sol,
2. El movimiento de la Luna,
3. El movimiento de los planetas interiores (que giran entre la Luna y el Sol): Mercurio y Venus
4. El movimiento de los planetas exteriores (que giran encima del Sol): Marte, Júpiter y Saturno.

- > Para cada uno de siete astros errantes propone modelos independientes, que dan cuenta de su movimiento observado desde la Tierra.
- > Ese modelo no sería sólo descriptivo, sino que tendría capacidad predictiva.

Hipótesis básica del modelo: el cosmos es estable, desde su origen se había movido de la misma forma y en el futuro lo seguiría haciendo igual.

33

El desarrollo astronómico (8)

Dos primeros libros:

- > Considera que la astronomía es superior a la física porque, se ocupa también del mundo supralunar, y porque pertenece a la misma categoría que las matemáticas (trata sobre verdades eternas).
- > Explica la trigonometría que utiliza en la obra (de Menelao de Alejandría I-II a.n.e.)

Libros tercero al sexto :

- > Estudio del Sol y la Luna, base de los calendarios. Trata de establecer sus diámetros, sus dimensiones y las distancias que los separaban de la Tierra.

34 El desarrollo astronómico (9)

Libros septimo y octavo:

- > Sobre las estrellas y la precesión de los equinocios.

Libros noveno al decimotercero:

- > Teoría el movimiento de cada uno de los planetas, usando excéntricas, epiciclos, deferentes y ecuantas.

35

El desarrollo astronómico (10)

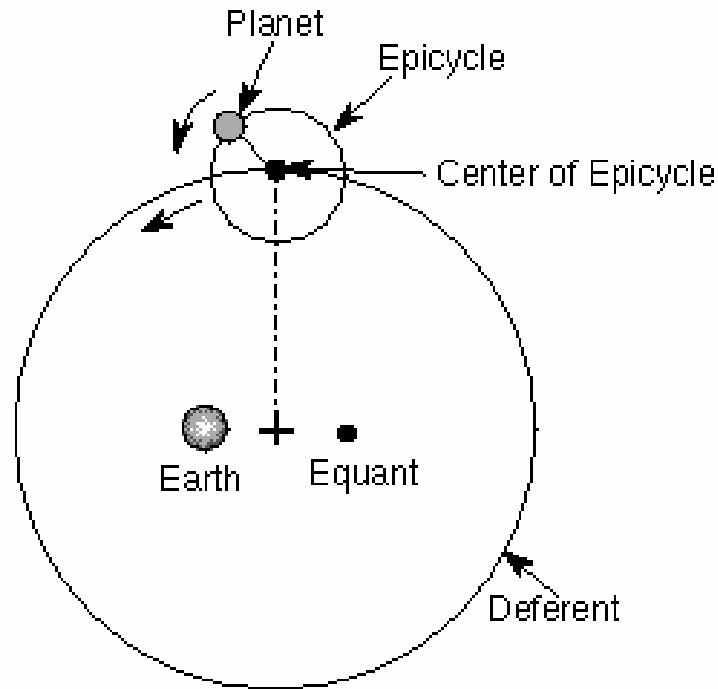
- > Si el Sol se mueve en un círculo perfecto y a velocidad constante, entonces la única explicación de sus variaciones en velocidad angular que observamos es que *nosotros no nos hallamos en el centro exacto del círculo por el que el Sol evoluciona.*
- > El círculo del Sol es **excéntrico** con respecto a la Tierra. El Sol se mueve alrededor de un punto geométrico.

36 El desarrollo astronómico (11)

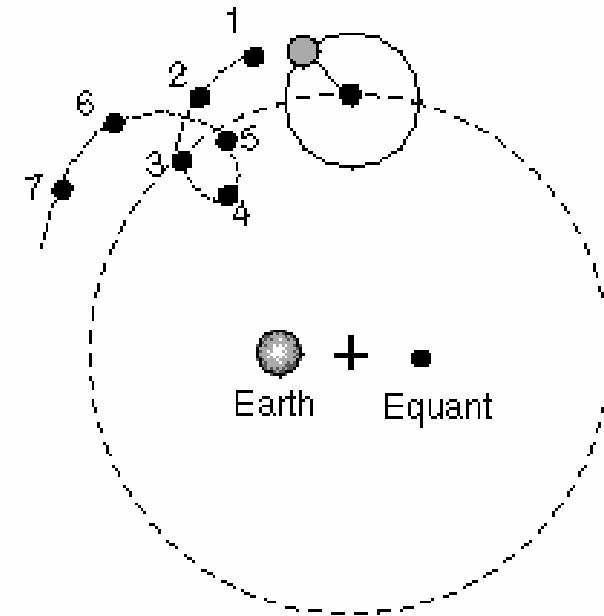
- > La teoría del epiciclo es más compleja, y da cuenta de dos movimientos de Venus:
 - > la revolución sinódica, cuando regresa a la misma posición relativa con respecto al Sol y la Tierra,
 - > y la revolución zodiacal.
- > La suposición de que Venus se mueve en círculo alrededor de un punto que a su vez se mueve alrededor de la Tierra da explicación a esos dos movimientos.
- > El primer círculo es el *epiciclo*: Venus completa su movimiento en este círculo en el tiempo que dura la revolución sinódica.
- > El círculo mayor, con la Tierra de epicentro, es el *deferente*.
- > El centro del epiciclo completa su movimiento con la revolución zodiacal del planeta. Un radio desde el centro de la Tierra que se extienda al centro del Sol pasaría por el centro del epiciclo.
- > El radio del epiciclo viene dado por la distancia máxima de Venus con respecto al Sol.

37

El desarrollo astronómico (12)



Center of epicycle moves counter-clockwise on deferent and epicycle moves counterclockwise. Epicycle speed is uniform with respect to equant. The combined motion is shown at right.



Deferent motion is in direction of point 1 to 7 but planet's epicycle carries it on cycloid path (points 1 through 7) so that from points 3 through 5 the planet moves backward (retrograde).

38

El desarrollo astronómico (13)

- > Toda esta construcción sólo es válida para los planetas más próximos al Sol.
- > Para generalizar la hipótesis a todos los planetas, se ha de hacer corresponder a cada planeta un círculo deferente, que descansa en el plano de la órbita, y teniendo por centro el centro de la Tierra.

39

La geografía helenística (1)

Eratóstenes (Cyrene 276-Aleandría 195 a.n.e.)

Astrónomo, historiador, filósofo, poeta, matemático y, sobre todo, geógrafo.

Se hizo cargo de la Biblioteca de Alejandría por encargo de Ptolomeo I.

Fue capaz de determinar el tamaño de la Tierra.

Para ello inventó y empleó un método trigonométrico.

Parece que, estudiando ciertos papiros de la biblioteca, encontró un informe de observaciones en Syene (actual Asuán), al mediodía del 21 de junio se podía ver el agua en el fondo de sus pozos y que los postes verticales no daban sombra.

40

La geografía helenística (2)

- > Comparó estas mediciones con otras realizadas en Alejandría el mismo día del año y descubrió una diferencia en su cénit de 7 grados con 12'.
- > La distancia entre ambas ciudades era de 5.000 estadios. Luego la circunferencia de la Tierra era de 252.000 estadios.
- > Recogió toda la información de la Biblioteca recopilada durante las conquistas de Alejandro para dar lugar a una obra titulada *Geographica*, en la que al parecer proponía un mapa del que no se conserva ningún ejemplar.

41

La decadencia de la ciencia antigua (1)

- > Roma era la polis menos intelectual de Grecia.
- > En el año 338 a.n.e. dominaba todo el territorio central de Italia.
- > Tras las guerras púnicas, que acabaron con la destrucción de los cartagineses, impulsaron la expansión de Roma fuera de la península.
- > La principal contribución de Roma fue la tecnificación y las obras públicas.
- > La medicina fue un caso diferente por sus características especiales.

42

La decadencia de la ciencia antigua (2)

- > La medicina se institucionalizó en los hospitales militares.
- > Julio Cesar concedió la ciudadanía a todos los médicos que ejercieran en Roma .
- > En Roma se desarrollo la escuela metódica, opuesta a las dos corrientes establecidas.

43

La medicina de Galeno



Galeno (Pérgamo 130-200)

Realizó estudios en Pérgamo, Corinto y Alejandría.

Desde 168 fue el médico personal del emperador Cómodo, hijo de Marco Aurelio.

Su trabajo en palacio le dejaba suficiente tiempo libre para dedicarse a sus investigaciones.

Fue un escritor sumamente prolífico, muchas de sus obras se han perdido. Aún así se conservan alrededor de ciento cincuenta de libros.

44 La medicina de Galeno (2)

Quiere restaurar la dignidad del médico antiguo, que imite a Hipócrates.

Acusaba a los médicos coetáneos de:

1. Ignorantes:

1. Por no poseer un conocimiento metódico de la naturaleza del cuerpo humano.
2. Por no saber distinguir entre los géneros y especies de las enfermedades.
3. Por no poseer nociones de lógica sin las que no se pueden hacer diagnósticos.

45 La medicina de Galeno (3)

2. Corruptos:

1. Por abandonarse a costumbres licenciosas
2. Por su sed insaciable de dinero
3. Por su pereza.

3. Por su absurda división sectaria

1. En dogmáticos,
2. empíricos
3. metódicos, (una línea salida de los primeros que explicaban todo en base a unas nociones esquemáticas muy sencillas).

46 La medicina de Galeno (4)

- > Facetas básicas de su trabajo y sus concepciones médicas:
 - > La anatomía
 - > La fisiología
 - > La prevención

La anatomía: *Sobre el uso de las partes, y Sobre los procedimientos anatómicos* (entre otros) buscó describir el cuerpo en funcionamiento sin distinguir anatomía de fisiología.

47

La medicina de Galeno (5)

- > Diseccionó cabras, cerdos y monos, de los que infirió, por analogía y siguiendo a Aristóteles, el funcionamiento del cuerpo humano.
- > Conocía la función del riñón y la vejiga.
- > Demostró que el cerebro se encarga del control de la voz.
- > Demostró que las arterias transportan sangre; describió las válvulas del corazón e indicó las diferencias que existen entre las arterias y las venas.
- > Consideró que el órgano central del sistema vascular era el hígado.

48 La medicina de Galeno (6)

- > Asimiló la doctrina platónica del alma, y distinguió entre distintas facultades de ésta:
 - > Primarias (vegetativas, cardiorrespiratorias y nerviosas),
 - > Secundarias (atractiva, retentiva, excretiva y conversiva).
- > Incorporó la necesidad de un *pneuma* (aliento racional que, en la filosofía estoica, informa y ordena el universo) como principio exterior que pusiera en funcionamiento las funciones de las partes orgánicas.
- > Incorporó la doctrina del calor innato con sede en el corazón.

49 La medicina de Galeno (7)

- > Supuso que el funcionamiento del cuerpo se basa en cuatro transformaciones fundamentales:
 - > La del alimento en quilo (en el estómago),
 - > La del quilo en sangre (en el hígado y distribuida por las venas)
 - > La de la sangre en “materia” (en cada una de las venas)
 - > La mezcla de la sangre con el *pneuma* (en los pulmones) y que daba lugar al espíritu animal.

50 La medicina de Galeno (8)

- > Distinguió entre diferentes causas de las enfermedades:
 - > Externas: medioambientales, alimentarias, exceso de trabajo o falta de sueño.
 - > Internas: dependientes de la constitución o herencia del individuo.
- > Los instrumentos de la terapéutica eran: la dieta, el masaje, la actividad deportiva, la deambulación, los movimientos específicos y los ejercicios activos y pasivos.
- > También creía que la virtud era el único bien verdadero: el exceso o la pasión llevaba al desequilibrio, tanto del alma como de los órganos.

51

Preguntas del tema

1. Causas que dieron lugar al surgimiento de la ciencia en Grecia.
2. Corrientes principales de la filosofía griega presocrática y el tipo de ciencia que determinaron.
3. ¿Qué quiere decir Platón cuando propone “salvar las apariencias”? Principales respuestas.
4. Modelo de ciencia aristotélica e influencia posterior.
5. La institucionalización de la ciencia en el período helénico: el papel del museo y de la biblioteca.
6. Semejanzas y diferencias entre *Los Elementos* y el *Almagesto*.