



Astronomia na Grécia Antiga I

The Ancient Greek Sky

As presented around 1850 years ago in Ptolemy's *Almagest* (μαθηματικὴ σύνταξις), which drew on older Greek and Babylonian astronomy. Connecting lines are anachronistic; all Western atlases before the nineteenth century used only pictures.

with the twelve stations of the animals in orange

Localização da Grécia

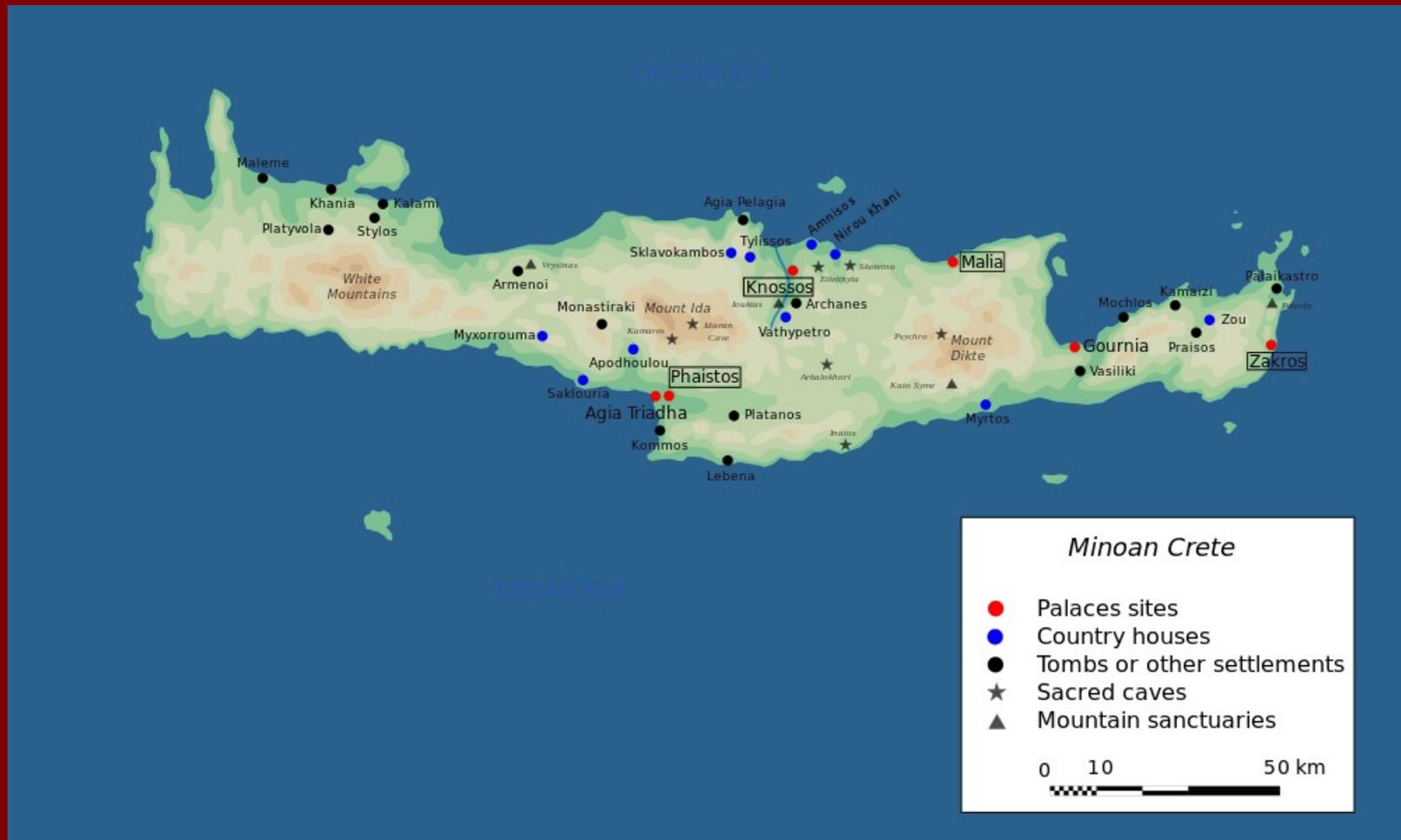


Cronologia da Grécia

Pré-homérico	2000 – 1100 a. C.
Idade das Trevas	1100 – 750 a. C.
Período Arcaico	750 – 500 a. C.
Período Clássico	500 – 336 a. C.
Período Helenístico	336 – 146 a. C.
Conquista Romana	146 a. C. – 330

Pré-homérico

→ Civilização Minóica (2000 – 1450 a. C.):



Pré-homérico

→ Civilização Minóica (2000 – 1450 a. C.):

- desenvolveu-se na ilha de Creta;

- dois tipos de escrita, Linear A e Linear B – ainda pouco compreendidas;

- forte influência das sociedades matriarcais pré-históricas: mulheres eram sacerdotisas, fiandeiras, pugilistas, caçadoras, toureiras....

Pré-homérico

→ Civilização Micênica (1600 – 1100 a. C.):



- aqueus que habitavam a Grécia continental invadem creta;

- Micenas: fundada pelos aqueus com muitos valores cretenses, mas impondo supremacia patriarcal.

Idade das Trevas

- período entre a queda da civilização micênica (invasões dórias) e as primeiras *pólis* estabelecidas na Grécia;

Construções cessaram, escrita foi abandonada, relações de comércio perdidas, cidades e vilas foram abandonadas...

Período Arcaico

→ cidades-estados autônomas, exemplo:

- Esparta (oligárquica):



- Atenas (democrática):



Período Clássico

- *Guerras Médicas*: Gregos x Persas;
- *Paz de Címon* (449 a. C.) : persas comprometiam-se a abandonar o mar Egeu;

461 – 429 a. C.: “idade de ouro” de Atenas
→ construção do *Partenon*



Período Clássico

- Surgimento da Filosofia
 - philo* = amizade
 - sophia* = sabedoria

Período Clássico

- Surgimento da Filosofia
 - philo* = amizade
 - sophia* = sabedoria
- Idéia de leis e princípios universais regulando a natureza;

Período Clássico

→ Surgimento da Filosofia
philo = amizade
sophia = sabedoria

→ Idéia de leis e princípios universais regulando a natureza;

Primeiros filósofos: **Escola de Mileto**

Tales, Anaxímenes, Anaximandro

Período Clássico

→ Surgimento da Filosofia
philo = amizade
sophia = sabedoria

→ Idéia de leis e princípios universais regulando a natureza;

Primeiros filósofos: **Escola de Mileto**

Tales, Anaximandro, Anaxímenes

“Tudo na natureza deriva de um elemento básico gerador de todas as coisas” = materialismo monista

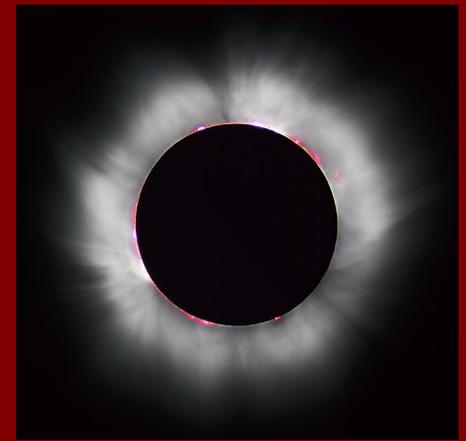
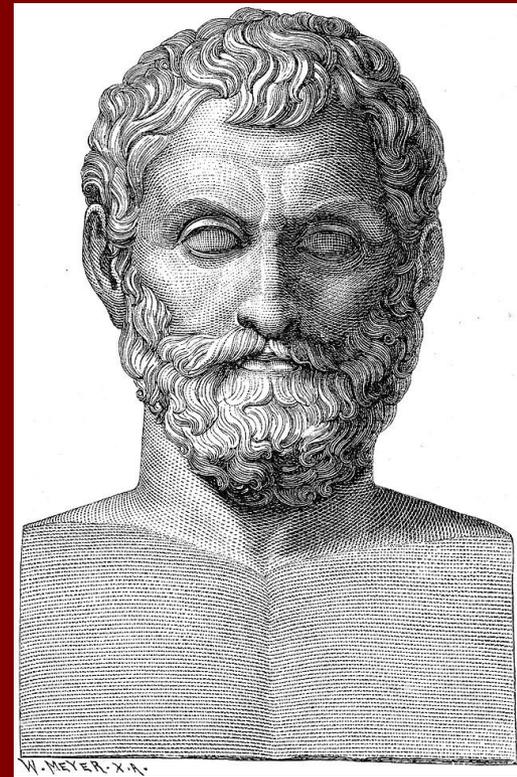
Tales → água

Anaximandro → ápeiron (“matéria”)

Anaxímenes → ar

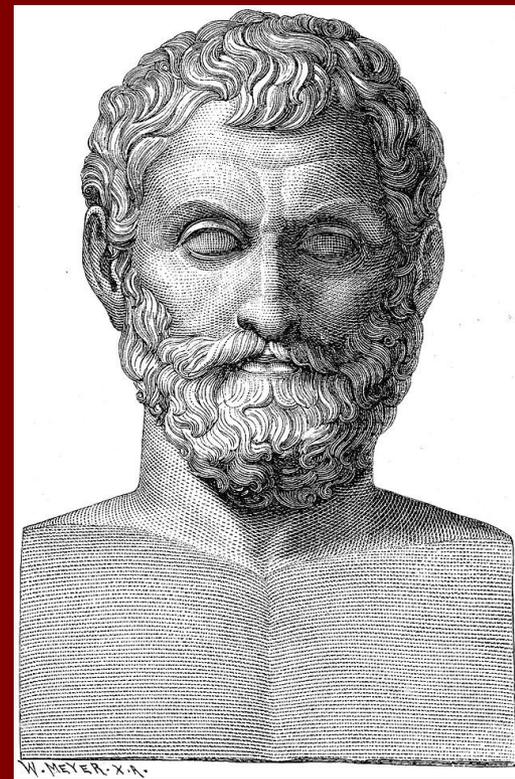
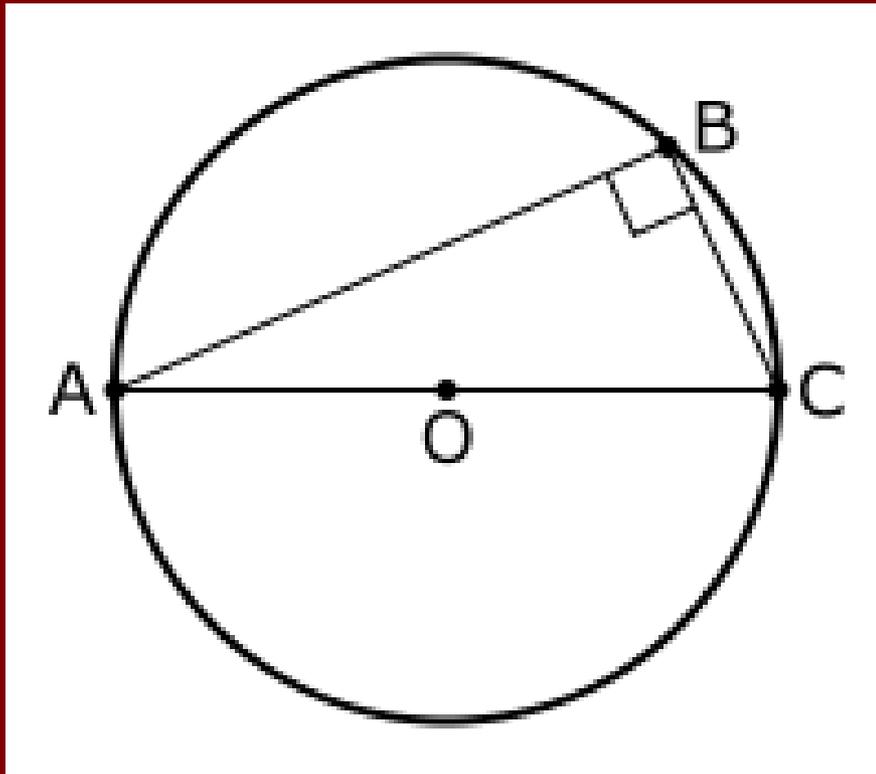
Tales de Mileto (624 – 546 a. C.)

- Primeiro filósofo grego: precursor na tentativa de explicar fenômenos da natureza sem recorrer à mitologia;
- Toda a natureza originava-se da *água*;
- A terra solidificava-se a partir dos oceanos que a cercam ⇒ Terra é um disco plano boiando na água (explica terremotos);
- Previu eclipse solar de 28 de maio de 585 a. C. (?);
 - Não há registros escritos dos seus trabalhos (apenas relatos de outros filósofos).



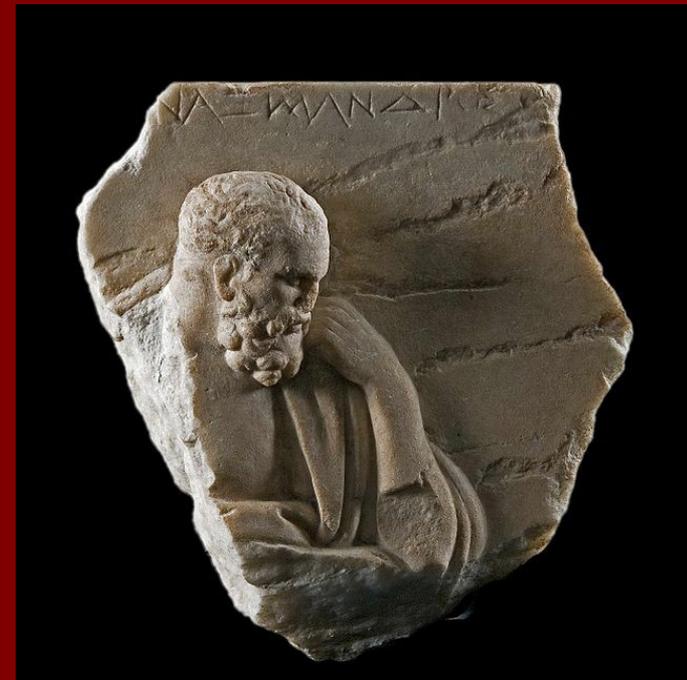
Tales de Mileto (624 – 546 a. C.)

→ Teorema de Tales:



Anaximandro (610– 546 a. C.)

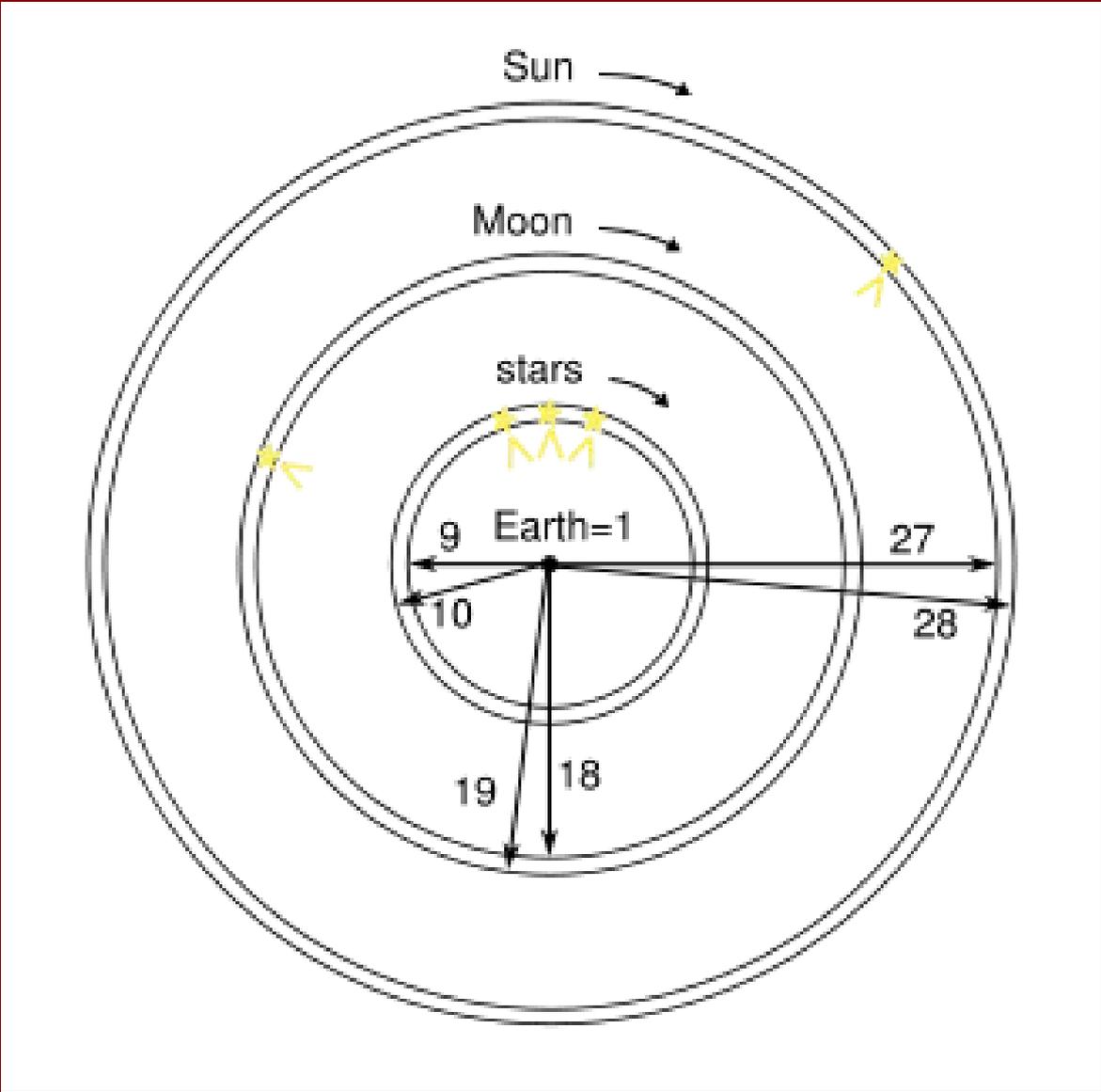
- Acreditava que a natureza seguia leis, assim como as sociedades humanas, e que tudo que perturba o balanço da natureza não dura muito;
- Atribuía muitos fatos ao poder divino, mas tentava explicá-los racionalmente;
- Introduziu o conceito de *ápeiron*: realidade é eterna e infinita;
- Primeiro a fazer registros escritos de seus estudos, mas hoje existem apenas fragmentos.



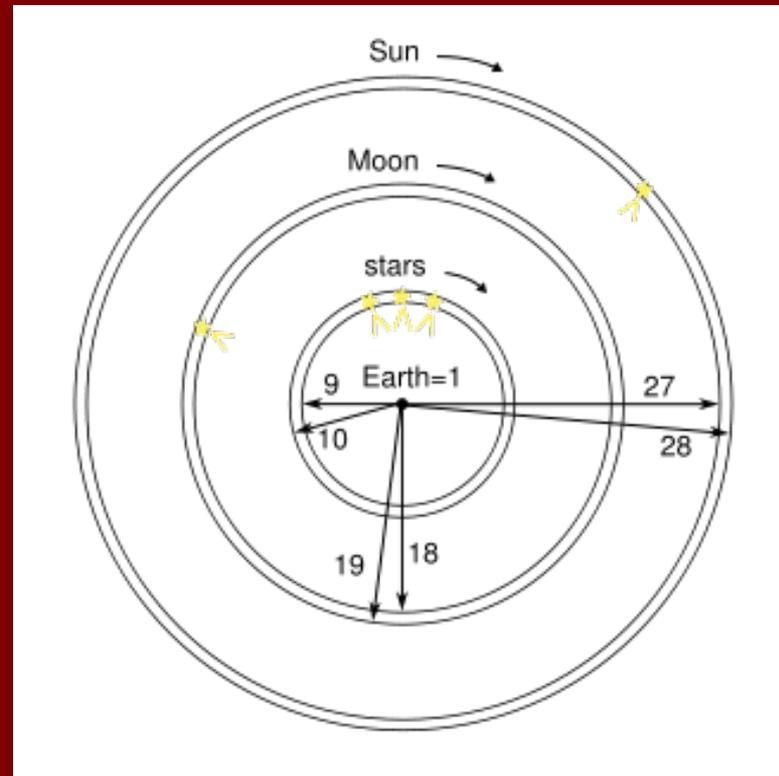
Anaximandro (610– 546 a. C.)

- Primeiro modelo mecânico do mundo: “pai da Cosmologia”;
- Terra flutua imóvel no centro do infinito (é “indiferente”);
 - Forma de um cilindro, habitamos em seu topo plano, cercado por oceanos circulares;
- Depois da separação de quente e frio, uma bola de fogo envolveu a Terra;
 - Ao separar-se, ela originou o resto do Universo: um sistema de rodas concêntricas ocas, preenchidas por fogo, visto através de buracos;

Anaximandro (610– 546 a. C.)



Anaximandro (610– 546 a. C.)



→ Primeiro sistema com os corpos celestes a distâncias distintas.

Anaxímenes de Mileto (585– 528 a. C.)

- Ar “entrelaçou-se” e originou o disco plano da Terra, que se comportava como uma folha flutuando no ar;
- A Terra exalou uma quantidade de ar que se rarificou e pegou fogo, originando as estrelas;
- O Sol e a Lua são também planos e compostos como a Terra; sendo que o brilho do Sol é consequência do seu movimento rápido;
- O Sol não passa por baixo da Terra quando se põe, apenas é obscurecido pelas partes altas da Terra.

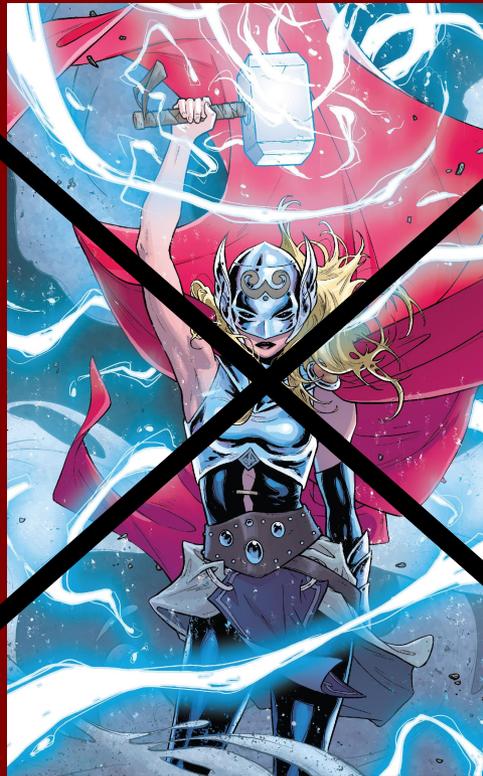


Anaxímenes de Mileto (585– 528 a. C.)

→ Terremotos = falta de umidade ou excesso de água causam rompimentos;

Anaxímenes de Mileto (585– 528 a. C.)

- Terremotos = falta de umidade ou excesso de água causam rompimentos;
- Trovão = separação violenta das nuvens pelo vento;



Anaxímenes de Mileto (585– 528 a. C.)

- Terremotos = falta de umidade ou excesso de água causam rompimentos;
- Trovão = separação violenta das nuvens pelo vento;
- Arco-íris = ar altamente condensado é tocado pelo Sol.



Período Clássico

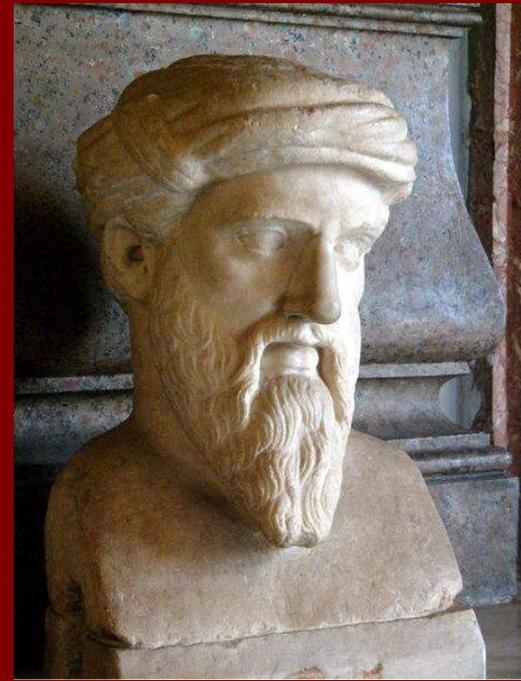
→ Aprofundamento do conhecimento sobre a natureza e sobre o universo.

Fundada a **Escola Pitagórica**

Pitágoras, Empédocles, Filolau

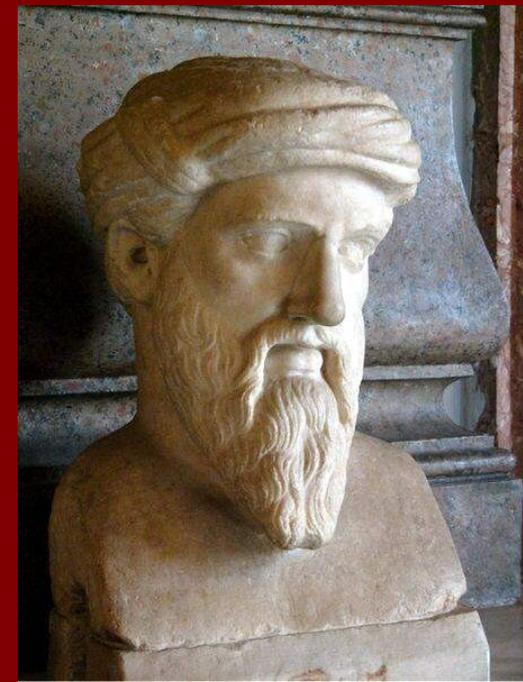
Pitágoras (570 – 495 a. C.)

→ Visões religiosa e científica interligadas de forma inseparável;



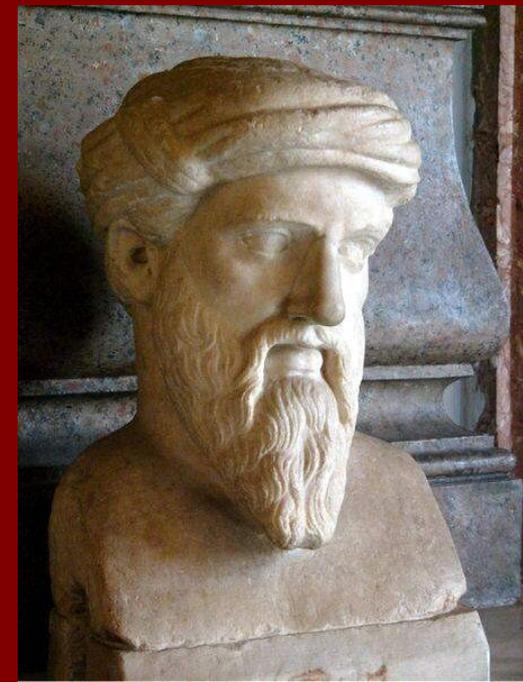
Pitágoras (570 – 495 a. C.)

- Visões religiosa e científica interligadas de forma inseparável;
- Acreditava em *metempsicose*: “transmigração da alma”;



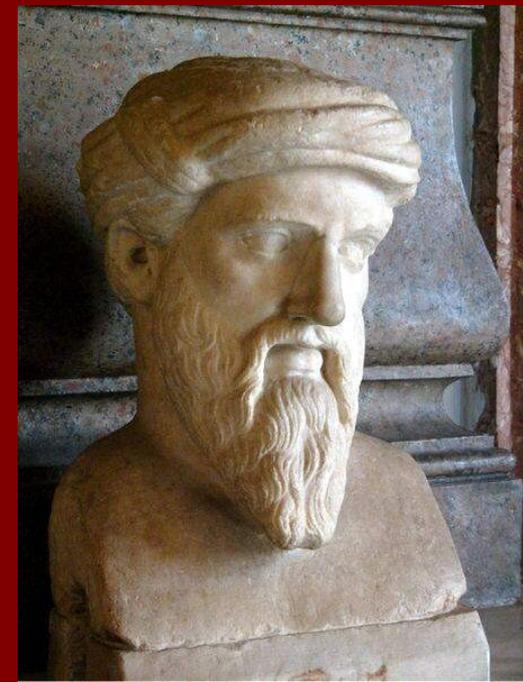
Pitágoras (570 – 495 a. C.)

- Visões religiosa e científica interligadas de forma inseparável;
- Acreditava em *metempsicose*: “transmigração da alma”;
- Primeiro a dizer que a Terra é redonda (?)



Pitágoras (570 – 495 a. C.)

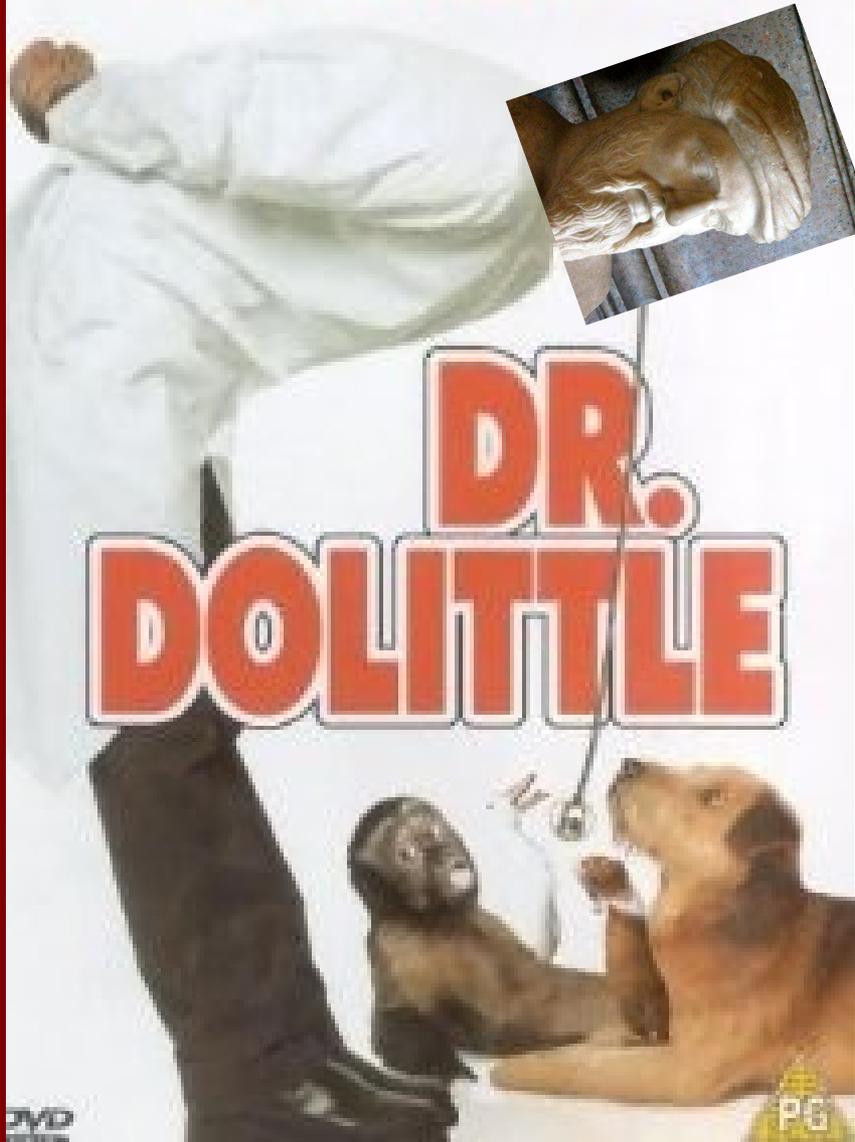
- Visões religiosa e científica interligadas de forma inseparável;
- Acreditava em *metempsicose*: “transmigração da alma”;
- Primeiro a dizer que a Terra é redonda (?)
- Segundo registros de Aristóteles e outros, alguns antigos acreditavam que ele tinha as habilidades de...





© LINDA KINDT 2012

EDDIE MURPHY

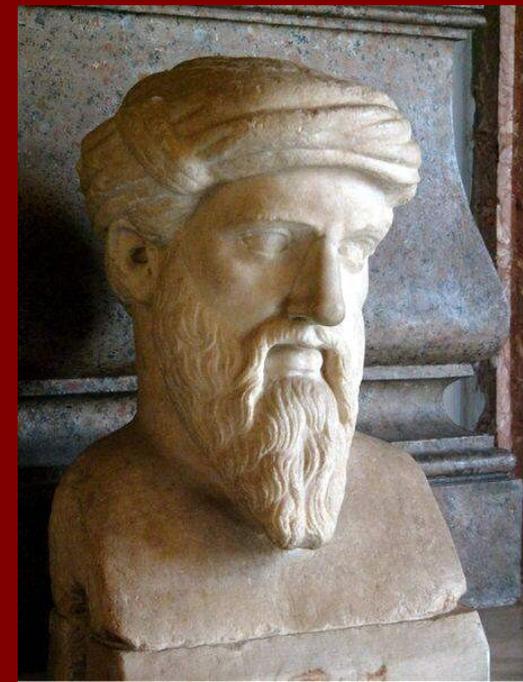


DVD

PG

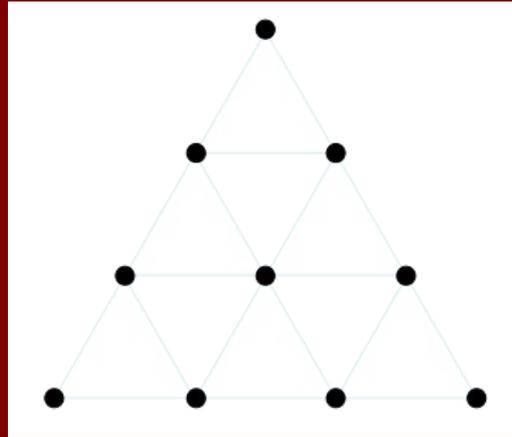
Pitágoras (570 – 495 a. C.)

- Visões religiosa e científica interligadas de forma inseparável;
 - Acreditava em *metempsicose*: “transmigração da alma”;
- Primeiro a dizer que a Terra é redonda (?)
- Segundo registros de Aristóteles e outros, alguns antigos acreditavam que ele tinha as habilidades de viajar no espaço-tempo e de se comunicar com animais e plantas (!!!);
- Maioria das informações escritas séculos depois de sua morte = questionáveis.

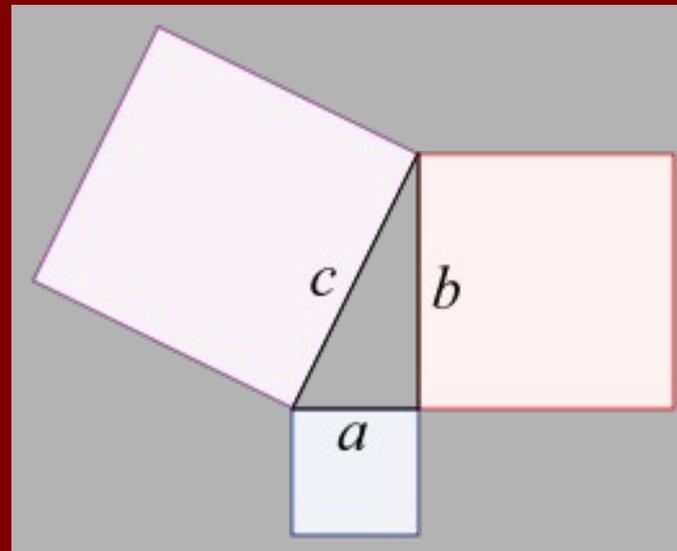


Pitágoras (570 – 495 a. C.)

- Legados: escola pitagórica (“sociedade secreta”) pregavam dieta vegetariana e abstinência



- Teorema de Pitágoras (Teorema Pitagórico?)

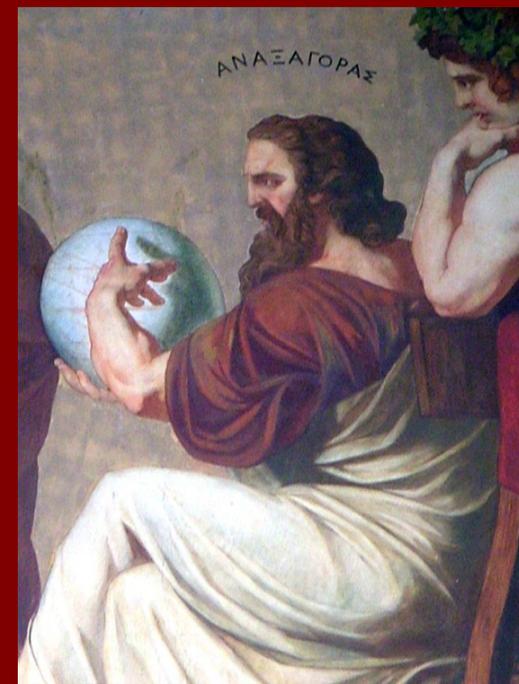


Astronomia Pitagórica

- Influenciada pelos Babilônios;
- corpos celestes = divinos;
- planetas se situam a distâncias diferentes da Terra e mais próximo do que as estrelas;
- ordem de distância baseada na velocidade aparente: Terra, Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno;
- planetas giram em torno da Terra na mais simples das curvas = círculo;
 - Terra e céu = esféricos.

Anaxágoras (510 – 428 a. C.)

- Princípio: universo é mistura uniforme e sem movimento;
- “Mente” entrou em ação e fez o sistema girar: matéria fria, densa e escura ficou no centro e originou a Terra em forma de disco. A matéria quente, seca e rarefeita foi expulsa;
- Sol, Lua e estrelas foram arrancados da Terra e aquecidos por fricção;
- Sol = pedra aquecida até tornar-se rubra.



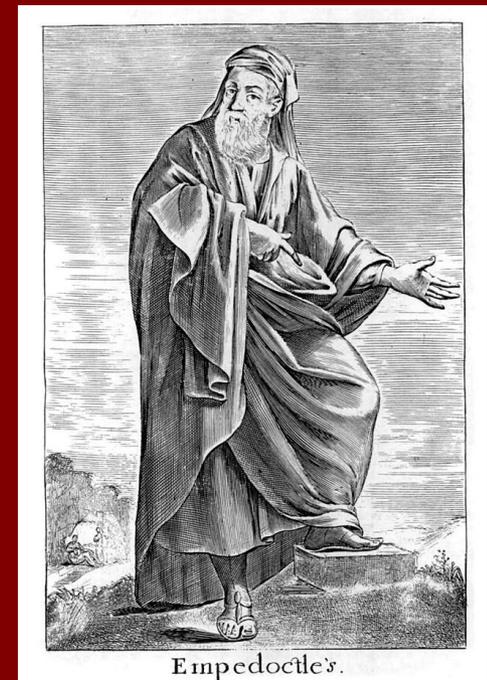
Empédocles (490 – 430 a. C.)

→ Criador da doutrina dos quatro elementos: fogo, ar, água e terra (= Zeus, Hera, Perséfone e Adônis), padrão pelos próximos 2000 anos;

→ Propôs que poderes chamados “*Amor*” e “*Discórdia*” agiam para misturar ou separar os elementos;

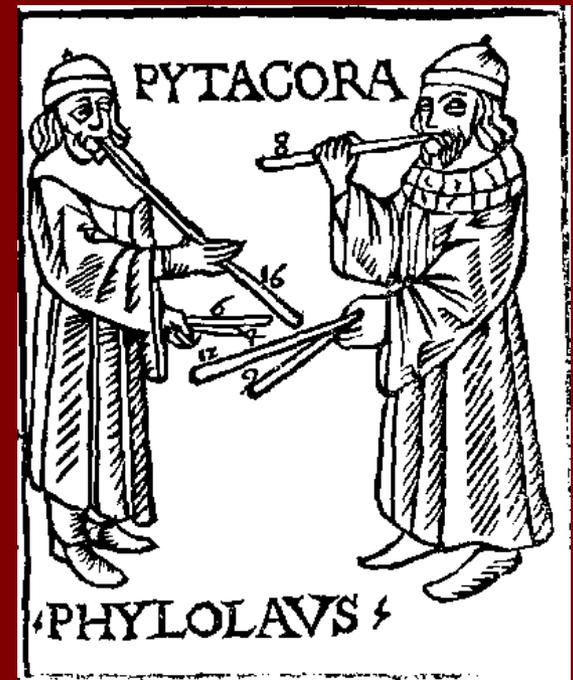
→ Origem da vida: elementos eram combinados de distintas formas, formando partes (cabeças, braços...) que se juntavam. Apenas os casos em que as partes se adaptavam os seres sobreviviam;

→ Um dos últimos filósofos gregos a registrar suas idéias em verso.



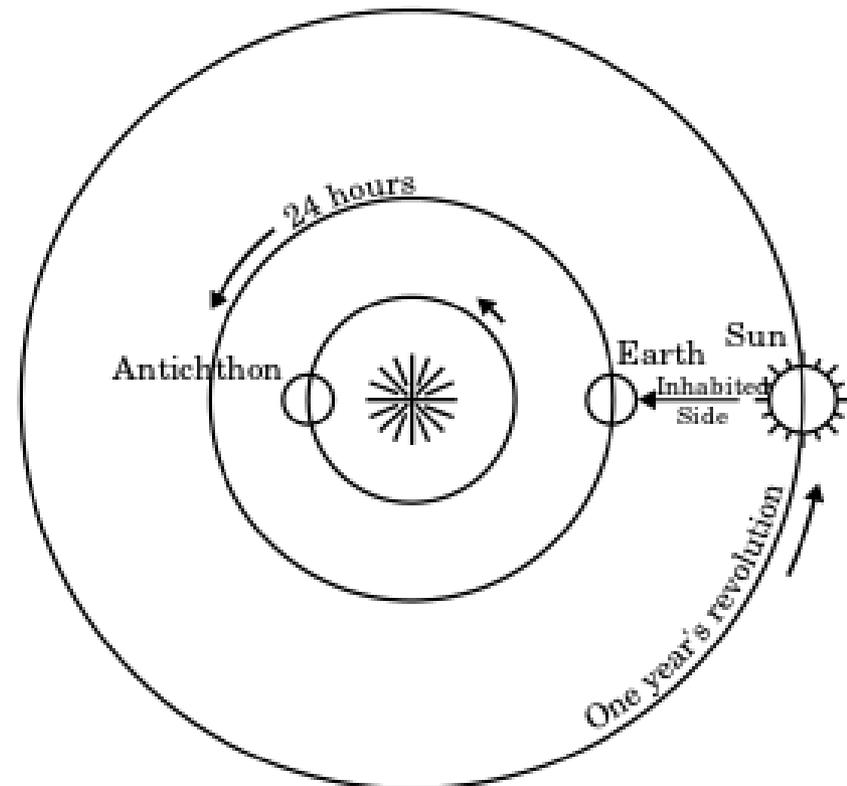
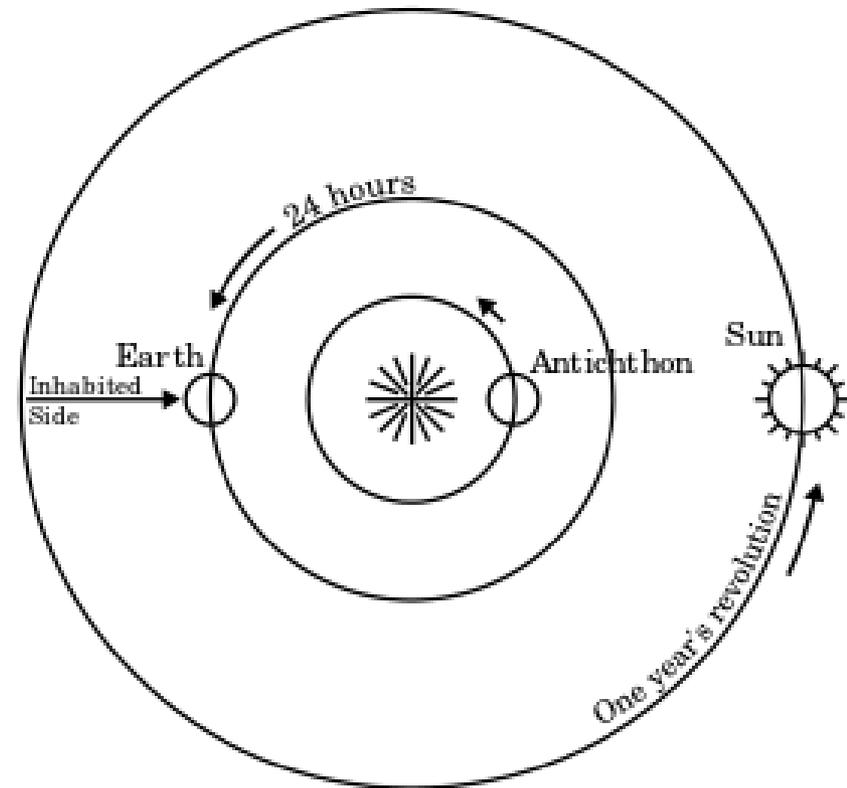
Filolau de Crotona (470 – 395 a. C.)

- Precursor na idéia de que a Terra *não* era o centro do cosmos;
- Acreditava que a Terra orbitava um objeto astronômico hipotético que chamava “*Fogo Central*”;
 - Acima da Terra, a Lua, o Sol e os planetas também orbitavam o fogo central. As estrelas estavam acima, provavelmente fixas;
- Outro objeto orbitava o *Fogo Central*: “contra-Terra” (para somar dez!).



Filolau de Crotona (470 – 395 a. C.)

- Não há menção explícita sobre a forma da Terra, mas não acreditava que ela rotava, o que justificava a Anti-Terra não ser visível;
- Primeiro sistema em que os corpos celestes movem-se em círculos.



Período Clássico

- Heráclito afirma que tudo no universo se transforma, contrariando os pitagóricos:
“Nenhum homem pisa no mesmo rio duas vezes.”

Fundada a **Escola Sofista**

Heráclito, Protágoras

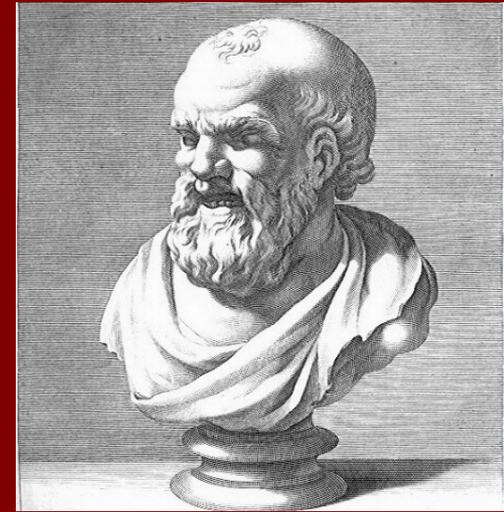
- Negavam a existência de uma verdade absoluta e buscavam conhecimentos úteis para a vida, enfatizando a retórica e o uso da palavra.

Protágoras (490 – 420 a. C.)

→ Apesar de seu mentor ter sido Demócrito, duvidava que a matemática tinha alguma aplicação no “mundo real”, não acreditando ser útil estudá-la.



Demócrito (460 – 370 a. C.)



→ Primeiro a sugerir que a matéria era composta por elementos eternos e indivisíveis: *átomos*, juntamente com seu mentor Leucipo;
“*Pai da ciência moderna*”

→ Questões de Física deveriam ser respondidas com uma explicação sobre o que *causou* o evento, não sobre qual foi o *propósito* do evento;

→ Considerava que a Terra era esférica e que o Universo era inicialmente composto apenas por átomos agitados de forma caótica, até que eles colidiram para formar corpos maiores;

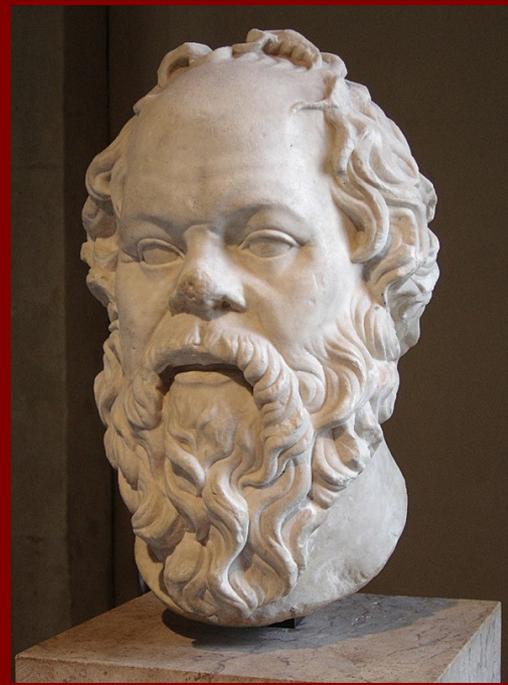
→ Supunha que existiam muitos mundos, desenvolvendo-se ou em decadência, e que todos tinham um início e um fim.

Período Clássico

Fundada a **Escola Socrática** (séc. V a. C.)
Sócrates, Platão, Aristóteles

→ Reflexão e virtude são fundamentais à vida:
“Conhece a ti mesmo.”

Sócrates (470/469 – 339 a. C.)



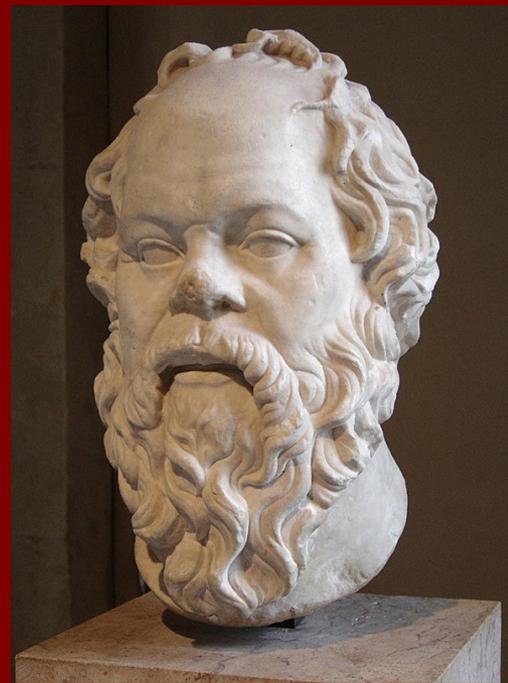
→ Um dos fundadores da filosofia ocidental;

→ Método Socrático: separar um problema em uma série de questões, a serem respondidas gradualmente;

→ Condenado à morte por corromper as mentes dos jovens de Atenas e por impiedade. Últimas palavras: “Crito, devemos um Galo a Asclépio. Por favor, não esqueça de pagar a dívida.”;

→ Conhecido principalmente por meio dos registros feitos por Platão;

Sócrates (470/469 – 339 a. C.)



→ Um dos fundadores da filosofia ocidental;

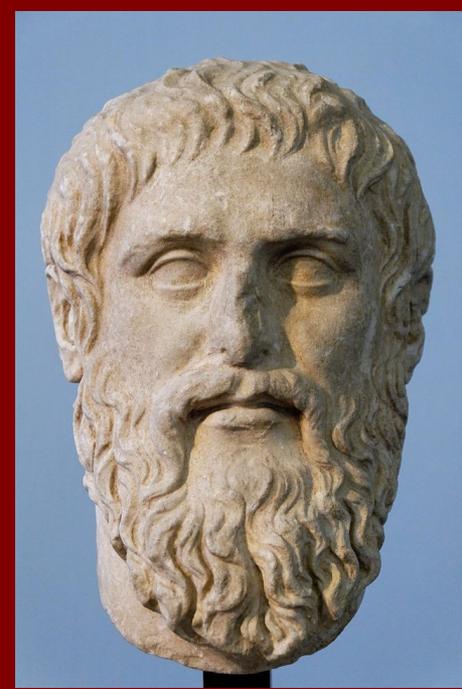
→ Método Socrático: separar um problema em uma série de questões, a serem respondidas gradualmente;

→ Condenado à morte por corromper as mentes dos jovens de Atenas e por impiedade. Últimas palavras: “Crito, devemos um Galo a **Asclépio**. Por favor, não esqueça de pagar a dívida.”;

→ Deus grego da cura principalmente por meio dos registros escritos por Platão;

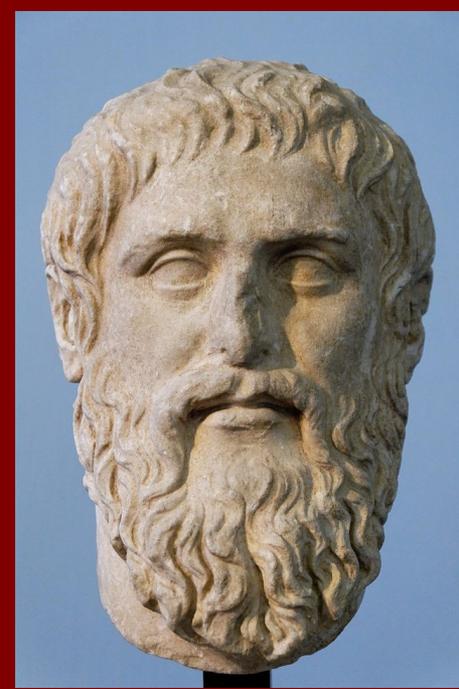
Platão (428/427 ou 424/423 – 347/348 a. C.)

- Fundador da *Academia* de Atenas, primeira instituição de estudos avançados do Ocidente;
- Platonismo: consequência intelectual de negar a realidade do mundo material, como Sócrates faz nos diálogos escritos por Platão;
- Teoria das Idéias: o mundo material como vemos não é o real, mas uma cópia, ou imagem, dele;
- Conhecimento = crença justificada.

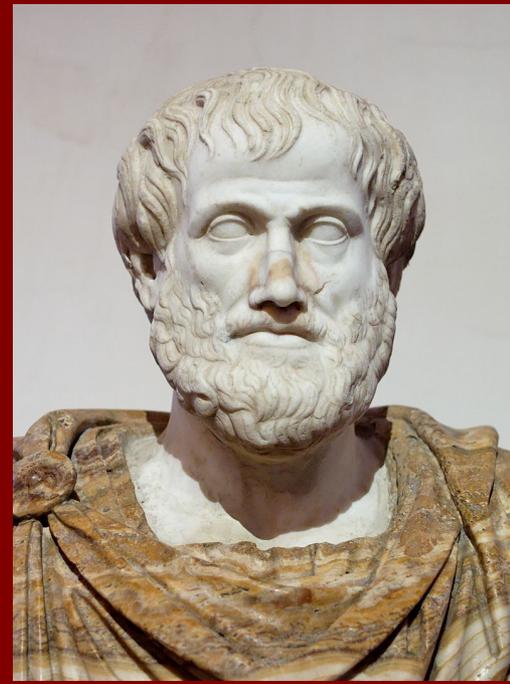


Platão (428/427 ou 424/423 – 347/348 a. C.)

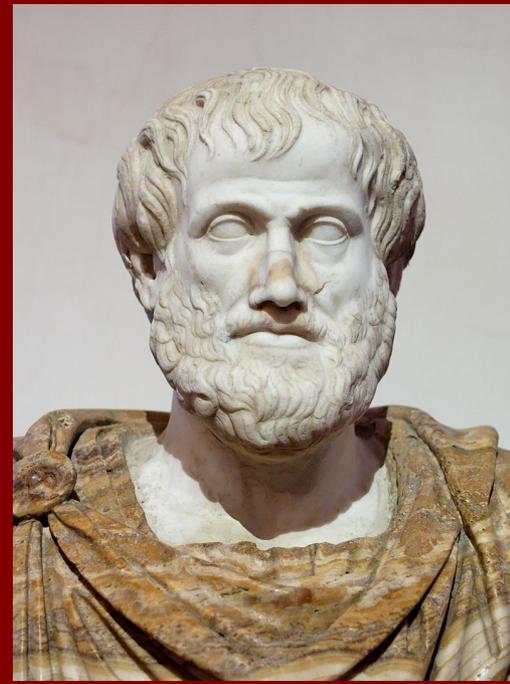
- Fundador da *Academia* de Atenas, primeira instituição de estudos avançados do Ocidente;
- Platonismo: consequência intelectual de negar a realidade do mundo material, como Sócrates faz nos diálogos escritos por Platão;
- Teoria das Idéias: o mundo material como vemos não é o real, mas uma cópia, ou imagem, dele;
- Conhecimento = crença justificada.



Aristóteles (384–322 a. C.)



Aristóteles (384–322 a. C.)



SP  **ILER**
ALERT!

Período Helenístico

- Grécia dominada pelos macedônios;
 - Alexandre, o Grande (origem grega, educado por Aristóteles) avança pelo oriente.
- Resultado: fusão da cultura grega com a oriental.



Aristarco de Samus (310 – 230 a. C.)



- Primeiro modelo heliocêntrico!
- Identificou o “Fogo Central” com o Sol e ordenou os planetas corretamente;
- Suspeitava que as estrelas eram sóis muito distantes (como Anaxágoras), por isso não se observava paralaxe;
- Idéia pouco aceita. Trabalho chegou até hoje por relatos de Arquimedes.

Aristarco de Samus (310 – 230 a. C.)



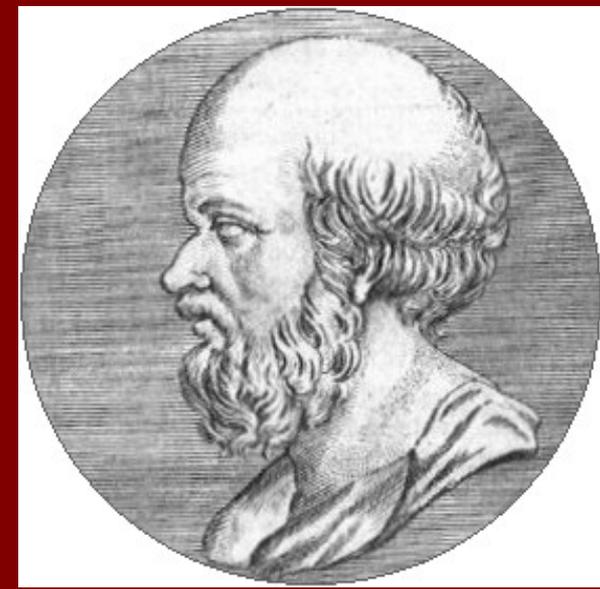
→ Trabalho que chegou até nós: “*Sobre os tamanhos e distâncias do Sol e da Lua*”, é baseado em um sistema geocêntrico!

→ Ângulo subtendido pelo diâmetro do Sol: 2° – ou 0.5° segundo Arquimedes;

→ “Meia Lua”: ângulo de 87° entre Sol e Lua
=> Sol entre 18 e 20 vezes mais distante.

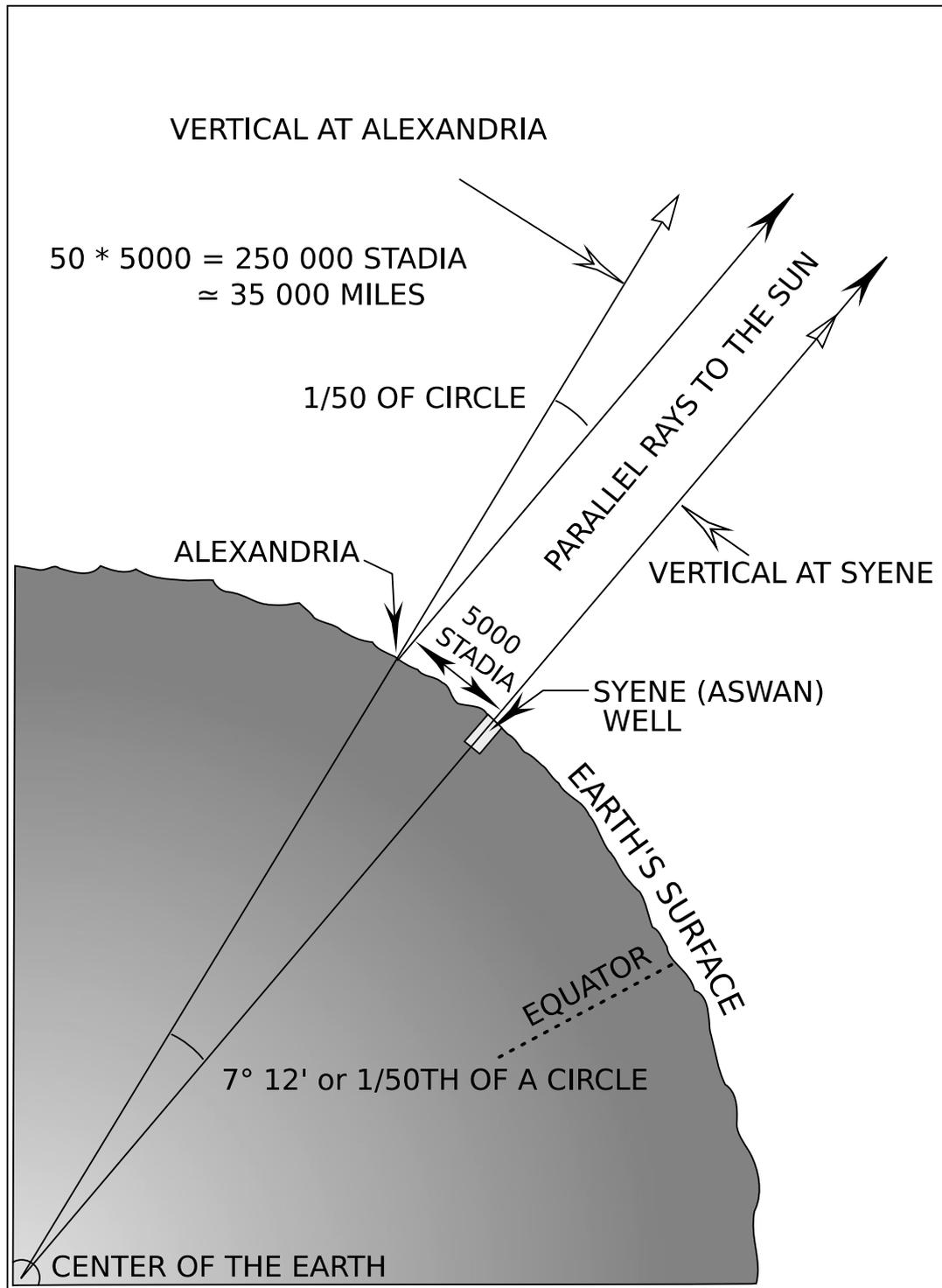
→ Mesmo tamanho angular
=> diâmetros na mesma proporção que as distâncias.

Eratóstenes (276 – 195/194 a. C.)

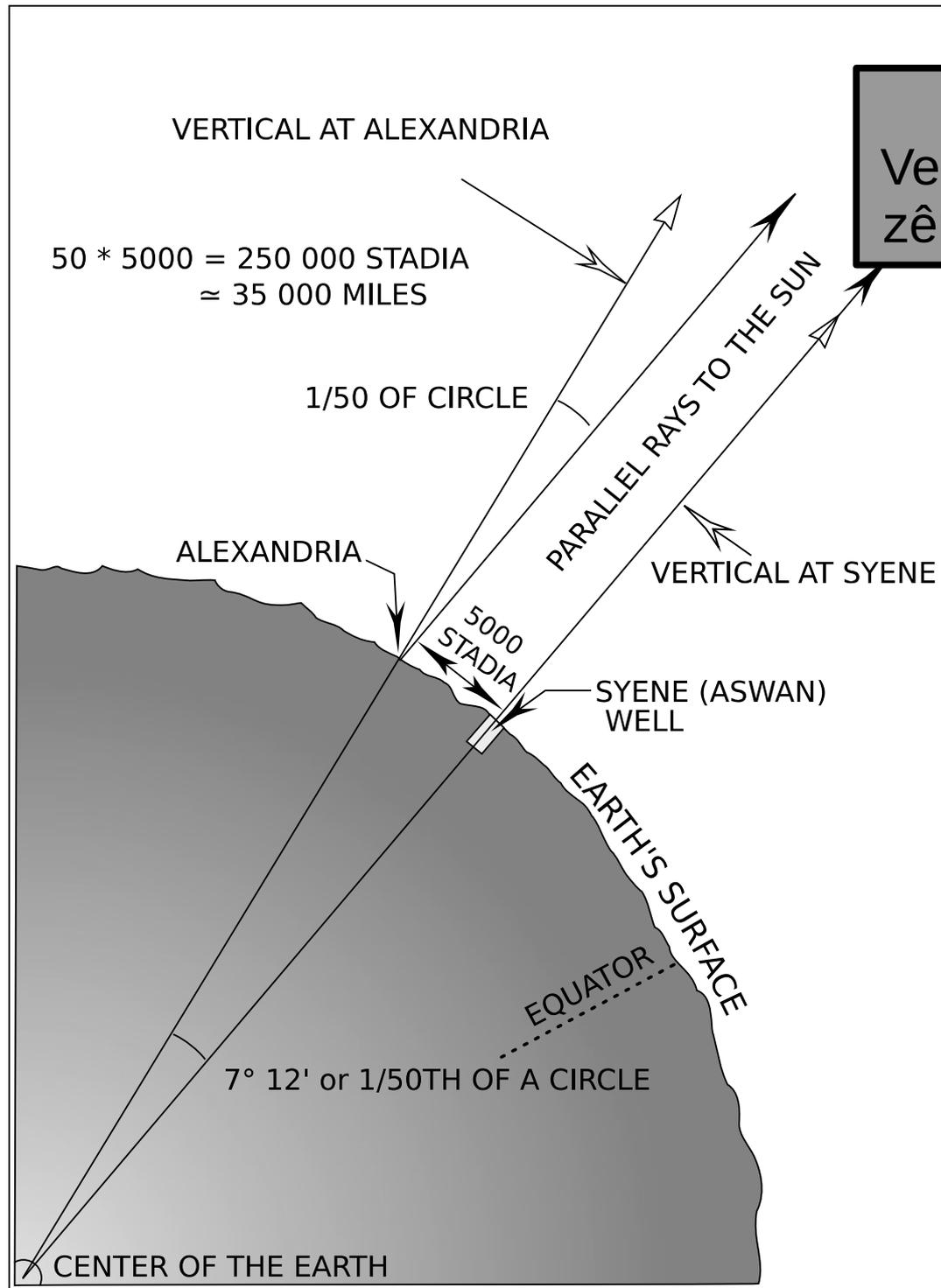


- Primeiro a calcular a circunferência da Terra e a inclinação do seu eixo de rotação!
- Possivelmente calculou distância entre a Terra e o Sol;
- Pai da geografia, criou o primeiro mapa com paralelos e meridianos;
 - Crivo de Eratóstenes: método para encontrar números primos até um valor limite;

ERATOSTHENES METHOD FOR DETERMINING THE SIZE OF THE EARTH



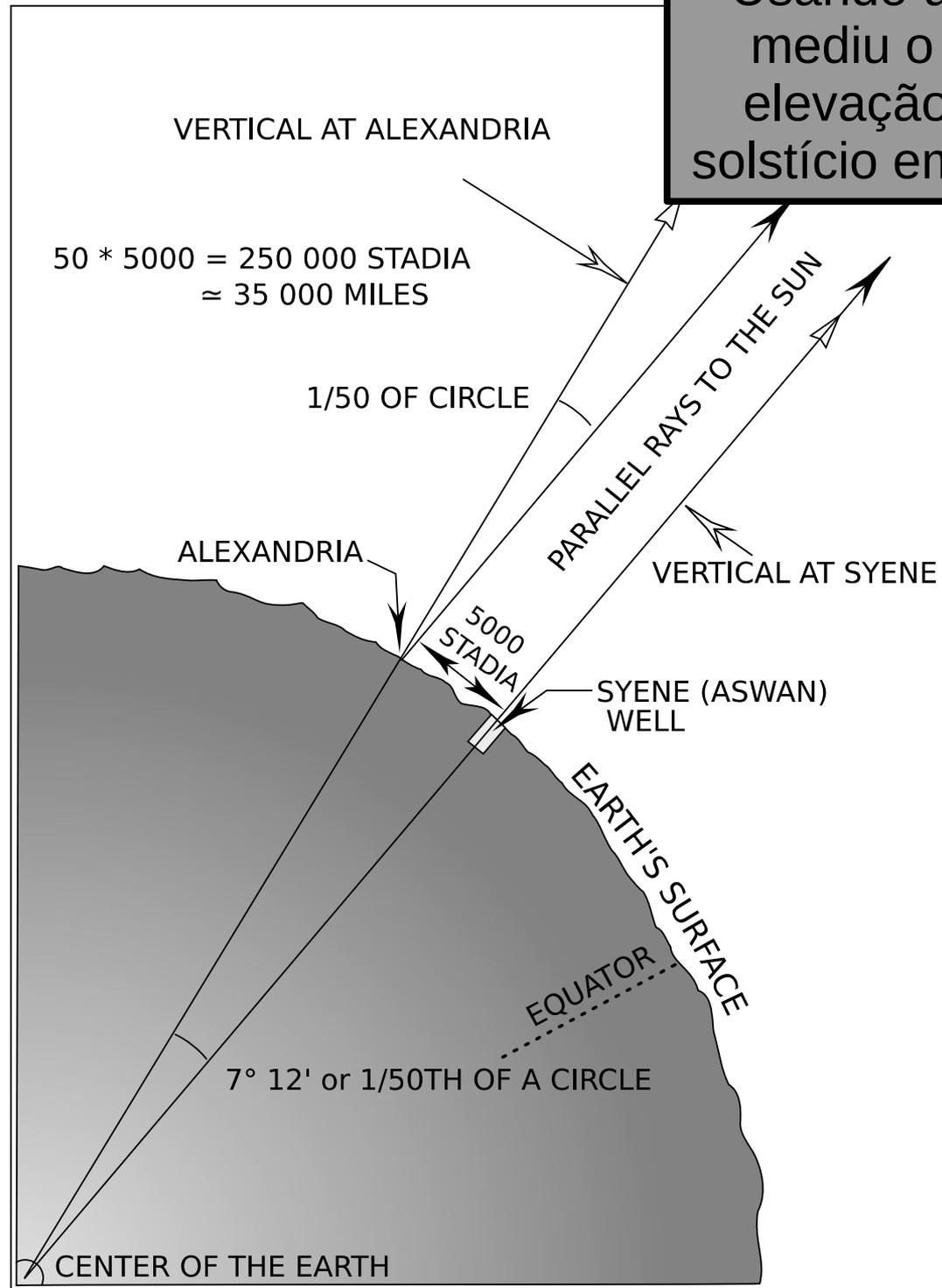
ERATOSTHENES METHOD FOR DETERMINING THE SIZE OF THE EARTH



No solstício de Verão, Sol estava no zênite em em Syene

ERATOSTHENES METHOD FOR DETERMINING
THE SIZE OF THE EARTH

Usando um gnônon, mediu o ângulo de elevação do Sol no solstício em Alexandria.



Eratóstenes (276 – 195/194 a. C.)

→ Encontrou $1/50$ de um círculo (7.2°)
=> distância entre as cidade de $1/50$ da circunferência da Terra.

Sabendo a distância entre as cidades, obteve:
252 000 stadia.

Stadium egípcio: 157.5 m => 1.6 % de erro
Stadium grego: 185 m => 16.3 % de erro

Eratóstenes (276 – 195/194 a. C.)

→ Encontrou $1/50$ de um círculo (7.2°)
=> distância entre as cidade de $1/50$ da circunferência da Terra.

Sabendo a distância entre as cidades, obteve:
252 000 stadia.

Stadium egípcio: 157.5 m => 1.6 % de erro

Stadium grego: 185 m => 16.3 % de erro

- assumiu que cidades estavam no mesmo meridiano;
- estimativa de distância entre as cidades;
- assumiu que a Terra era esférica.

Hiparco (190 – 120 a. C.)

- Primeiro a explorar as técnicas e registros astronômicos dos babilônios;
- Descobriu a precessão dos equinócios;
- Primeiro método confiável para prever eclipses;
- Primeiro catálogo de estrelas do ocidente;
- Desenvolveu uma tabela trigonométrica.



Hiparco (190 – 120 a. C.)

→ Modelos para o movimento da
Lua e dos planetas:
(Apolônio de Perga)

1. Órbita circular excêntrica;
2. Epiciclo + deferente.

→ Hiparco foi o primeiro a tentar determinar de quantitativamente as órbitas (mas encontrou resultados inconsistente).



Hiparco (190 – 120 a. C.)

→ Estimou distâncias e tamanhos do Sol e da Lua;



- A Lua cabia 650 em um círculo $\Rightarrow 360/650 = 0^{\circ}33'14''$;
- Determinou a distância da Lua em termos do raio da Terra a partir de sua paralaxe: $71 - 81 R_{\oplus}$;
- Não conseguiu detectar paralaxe para o Sol, assumia $\sim 7'$ \Rightarrow distância mínima $490 R_{\oplus}$.

Hiparco (190 – 120 a. C.)

→ Determinou a duração do ano após medir ~20 equinócios: $365 + 1/4 - 1/288 = 365$ dias 6 h 5 min;



→ Determinou a duração das estações e verificou que era diferente = inconsistente com o Sol ter uma órbita circular, logo deveria ser excêntrica;

→ Aprimorou diversos instrumentos astronômicos da época.

Hiparco (190 – 120 a. C.)

→ Construiu globo celeste baseado em suas observações mostrando as constelações;

→ Estrelas em seu catálogo eram classificadas segundo seu brilho: 1 a 6 => originou o sistema de magnitudes.

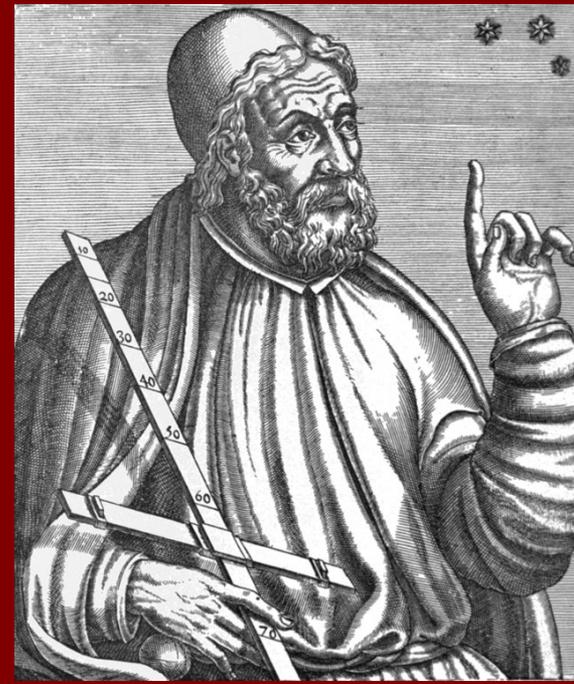


Ptolomeu (90 – 168)

Almagesto: síntese dos conhecimentos astronômicos da época.

Geografia: discussão dos conhecimentos geográficos greco-romanos.

Tetrabiblos: tratado astrológico (adaptação do horóscopo para a filosofia natural aristotélica).



Almagesto

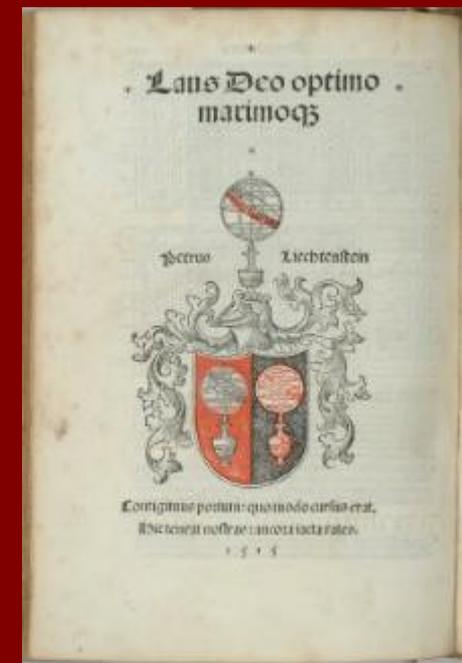
→ Babilônios: desenvolveram técnicas aritméticas para o cálculo de fenômenos astronômicos.

→ Gregos: desenvolveram técnicas geométricas para calcular o movimento dos corpos celestes.

O Almagesto continha tudo isso resumido no formato de tabelas.

+

Catálogo astronômico
(extensão do de Hiparco)
com 48 constelações.



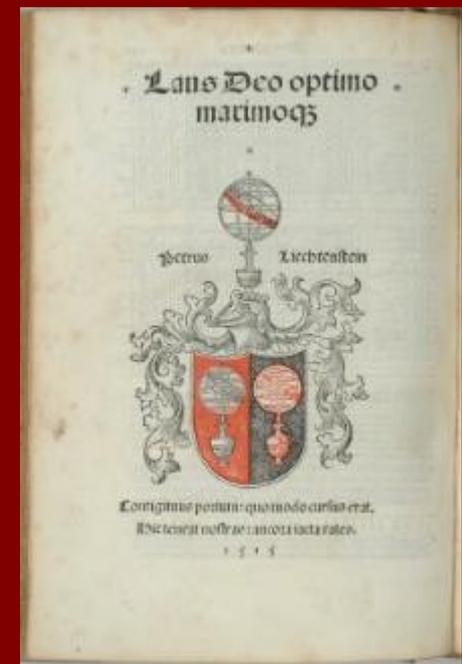
Almagesto

Treze livros:

I → resumo da cosmologia de Aristóteles, tabela trigonométrica, introdução à trigonometria esférica;

II → movimento diurno dos astros (nascentes e poentes), duração do dia, determinação de latitude, sombra de um gnômon nos equinócios e solstícios e outras observações dependentes da posição do observador;

III → duração do ano e o movimento do Sol, descoberta de Hiparco sobre a precessão dos equinócios, teoria de epiciclos;



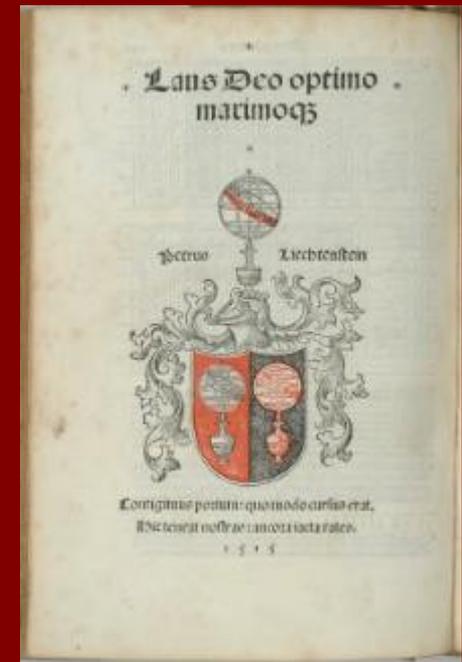
Almagesto

IV e V → movimento da Lua, paralaxe da Lua, movimento do apogeu da Lua, tamanhos e distâncias de Sol e da Lua com relação ao raio da Terra;

VI → eclipses solares e lunares;

VII e VIII → movimento aparente das estrelas, levando em conta a precessão dos equinócios, catálogo com 1022 estrelas, baseado no de Hiparco;

IX → problemas gerais no desenvolvimento de modelos para os planetas e o movimento de Mercúrio;



Almagesto

X → movimento de Vênus e Marte;

XI → movimentos de Júpiter e Saturno;

XII → movimento retrógrado dos planetas

XIII → movimentos em latitude (desvio dos planetas da eclíptica).



Almagesto

No livro I, a cosmologia é resumida em cinco pontos (cada um com um capítulo):

1. O reino celestial é esférico e move-se como uma esfera;
2. A Terra é uma esfera;
3. A Terra está no centro do cosmos;
4. A Terra, em relação à distância às estrelas fixas, não tem tamanho apreciável e deve ser tratada como um ponto matemático;
5. A Terra não se move.



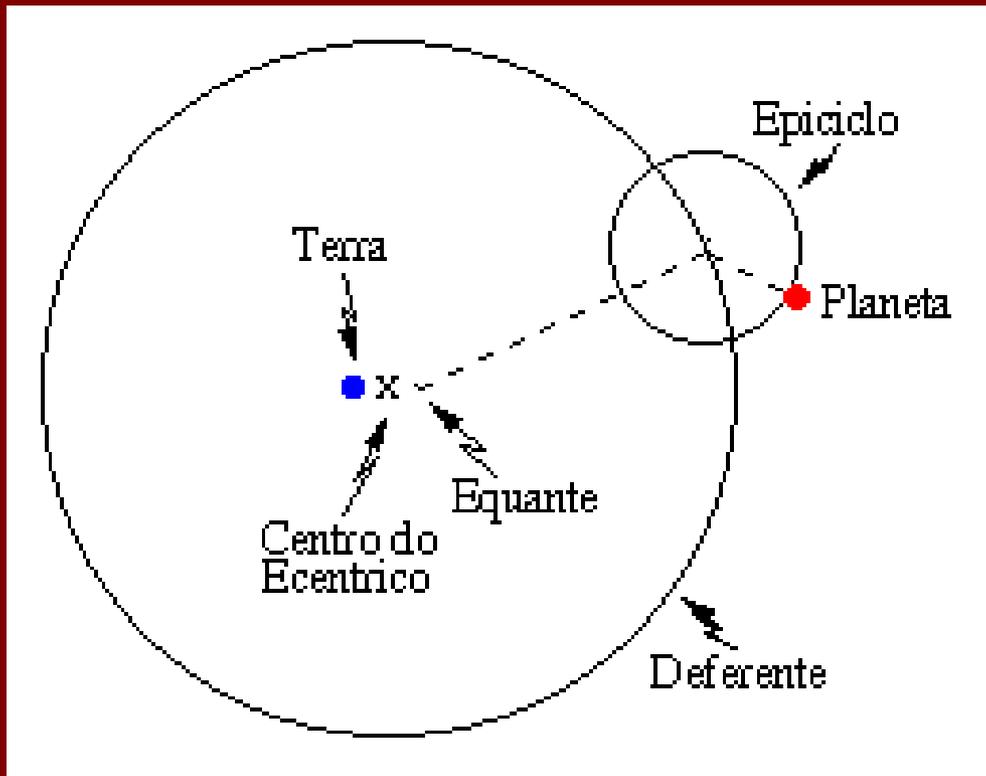
Almagesto: Modelo Planetário

Ordem das esferas planetárias:

1. Lua;
2. Mercúrio;
3. Vênus;
4. Sol;
5. Marte;
6. Júpiter;
7. Saturno;
8. Esfera de estrelas fixas.



Almagesto: Modelo Planetário



Planeta move-se no epiciclo, com taxa constante em relação ao equante.

Centro do epiciclo move-se no deferente.

Previa a posição dos planetas de forma satisfatória, inclusive o movimento retrógrado

(<http://astro.if.ufrgs.br/p1/epicycle-move.gif>)

Utilizado sem mudanças substanciais por 1300 anos!

QUESTIONÁRIO

(para 02/04/2015)

1. Descreva o modelo cosmológico de Anaximandro.
2. Resuma o modelo cosmológico de Filolau de Crotona. Qual a principal diferença desse modelo se comparado aos demais modelos da época?
3. Como era o modelo planetário de Aristarco? Qual a principal razão para seu modelo ser desacreditado à época?
4. Cite e explique três contribuições de Hiparco à Astronomia.
5. O que é o *Almagesto*? Explique sua importância e **resuma** seu conteúdo.
6. Descreva o modelo planetário de Ptolomeu.

A Biblioteca de Alexandria

323 a. C. → Morte de Alexandre, o Grande
Império Macedônico se divide:
Grécia e Macedônia: Antígono
Pérsia e Babilônia: Seleuco
Egito: Ptolomeu I Sóter

A Biblioteca de Alexandria

323 a. C. → Morte de Alexandre, o Grande
Império Macedônico se divide:
Grécia e Macedônia: Antígono
Pérsia e Babilônia: Seleuco
Egito: Ptolomeu I Sóter



Estabeleceu museu e
biblioteca em Alexandria.
Centro de estudos avançados,
centro da cultura helenística.

A Biblioteca de Alexandria

Demétrio (de Atenas): escritor e estadista, coleção de livros formou o núcleo da biblioteca – 300 a. C.

Euclides: fundou a escola de matemática do museu – 320 a 260 a. C.

Escola de Mecânica: Arquimedes, Ctesíbio, Herão

Herófilo: fundou a escola de medicina – séc III a. C.

Erasístrato: fundou a escola de anatomia – séc III a. C.

Escola de Astronomia: ativa e eficiente!

Eratóstenes: segundo bibliotecário (235 a. C.)

Aristarco, Ptolomeu(?), Hipátia

A Biblioteca de Alexandria

→ Todos os livros trazidos a Alexandria deviam ser depositados para cópia ⇒ centenas de milhares de rolos de papiro!

269 → parcialmente incendiada (invasão do Egito).

415 → atacada por revoltas contra os “cristão heréticos e ensinamentos pagãos”.

(Hipátia, dirigente do museu à época, foi assassinada)

640 → completamente incendiada na invasão islâmica do Egito.