

Evolução do Conhecimento Científico

1 – A ciência na antiguidade

Prof. Anderson Coser Gaudio

TecnoLab – Depto. Física – CCE - UFES

<http://profanderson.net>
anderson.gaudio@ufes.br

Introdução

Poeira nas Estrelas – O Começo de Tudo



Grécia antiga

Grécia atual



Grécia antiga



Comportamento humano

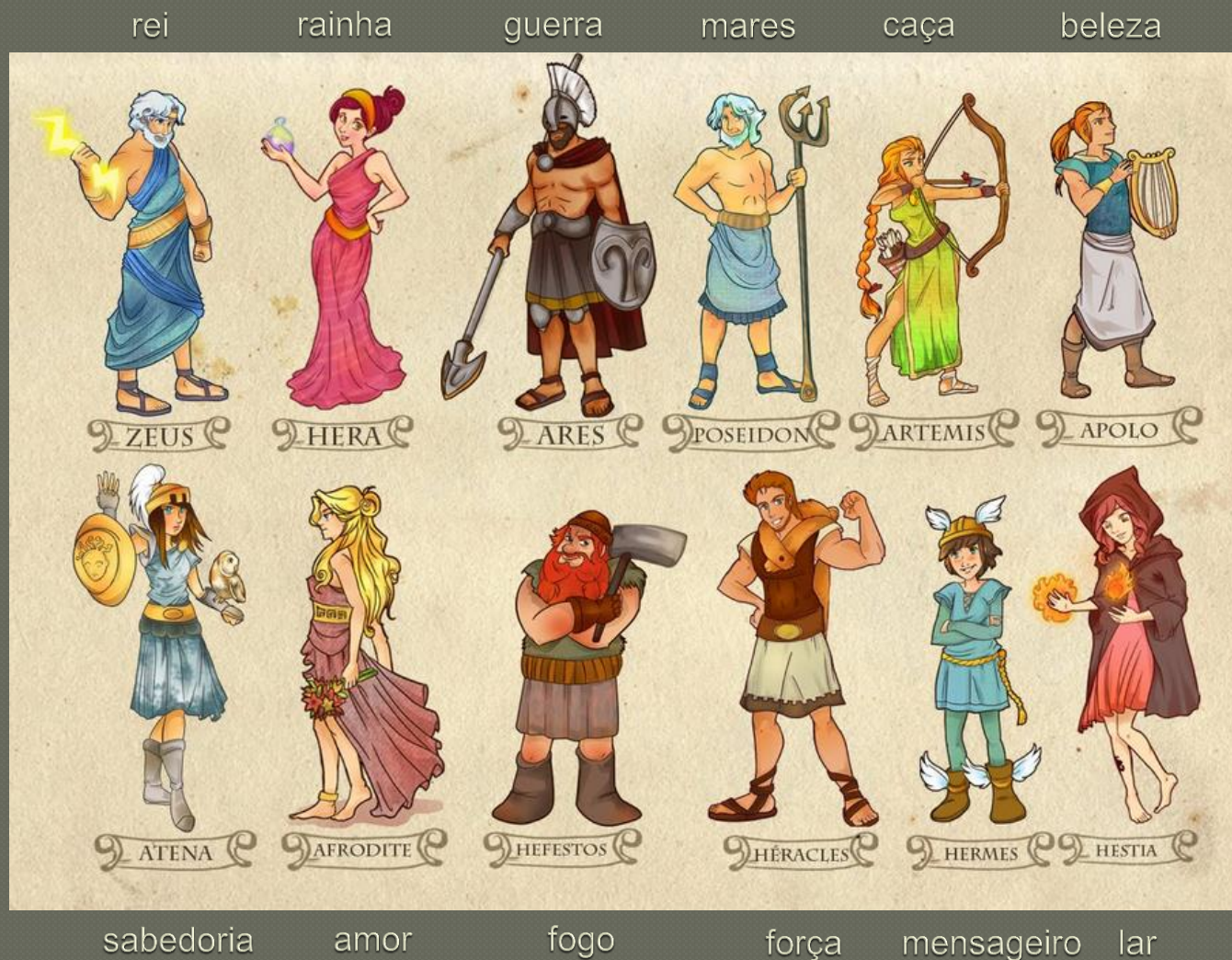
O mundo dos antigos gregos era um mundo de deidades antropomórficas que interferiam constantemente nos afazeres humanos.



Monte Olimpo: a morada dos deuses

Devido às constantes intervenções divinas, de possibilidades ilimitadas, não havia qualquer possibilidade de prever sobre o comportamento da natureza.

Deuses gregos



O século VI a.C.

O século VI a.C. foi marcado pelo aparecimento de um grupo de pensadores que começaram tentar compreender a natureza, eliminando a influência dos deuses.

“O século VI a.C. pode ser considerado o ponto crítico da espécie humana.”

(Arthur Koestler)



Filósofos jônicos

Filósofos jônicos

Origem

Foram chamados de jônicos os filósofos pré-socráticos que viveram ao longo da costa do mar jônico, Ásia Menor, onde hoje é a Turquia.



Filósofos jônicos

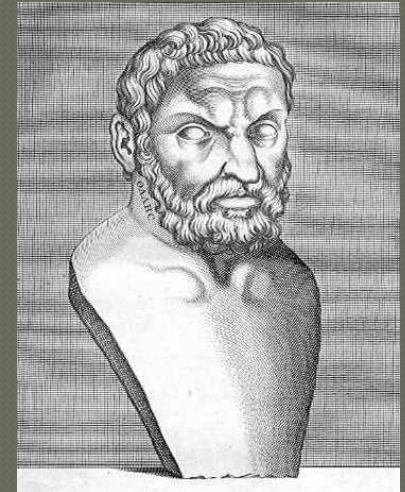
Tales

É o mais antigo filósofo conhecido.

Era comerciante e trouxe muitas ideias novas do Egito e da Babilônia, especialmente sobre astronomia e geometria.

Acreditava que o mundo era plano e que tinha sido originado a partir da água.

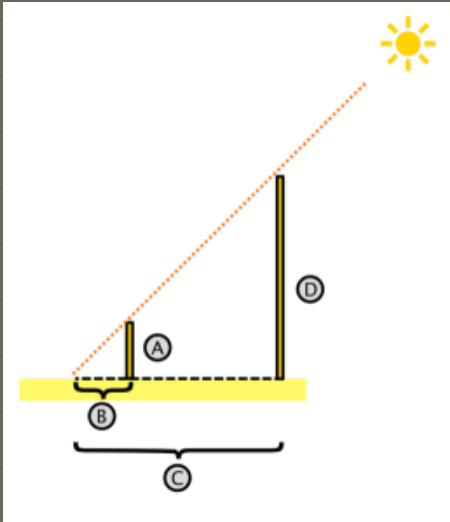
A presença de terra era consequência de um processo de sedimentação, parecido com o que observara no delta do rio Nilo.



Tales de Mileto
(624 – 547 a.C.)

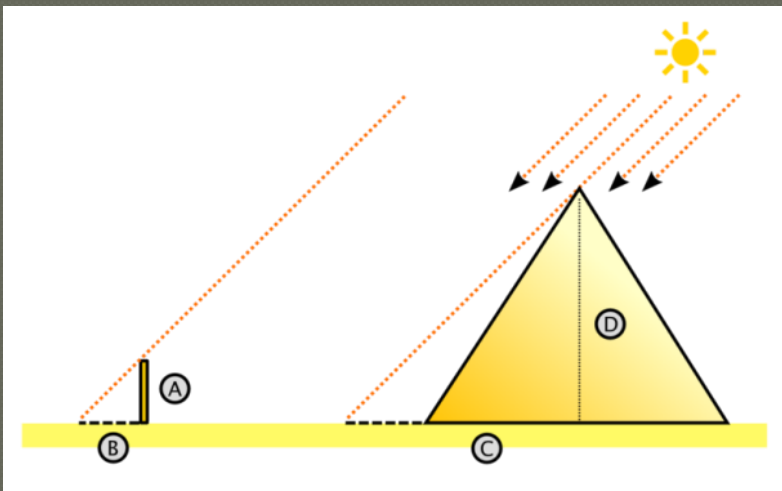
Filósofos jônicos

Tales: Altura das pirâmides do Egito



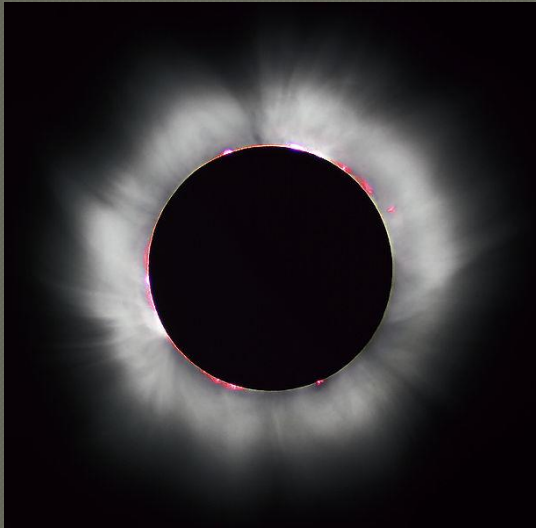
Em sua passagem pelo Egito, Tales conseguiu medir a altura das principais pirâmides de Gisé.

Para isso, ele mediu a sombra de cada pirâmide projetada no solo e fez uso prático de seu primeiro teorema, adaptado para triângulos.



$$\frac{A}{B} = \frac{D}{C}$$

Tales: Previsão de eclipse solar



Eclipse solar previsto por Tales
(28/05/585 a.C.)

Tales foi o primeiro a prever um eclipse solar.

Acredita-se que tenha utilizado a tabela Saros dos babilônios.

Segundo Heródoto, ele teria previsto um eclipse solar em 585 a.C.

Filósofos jônicos

Tales: Previsão de grande safra de azeitonas



Moinho e prensa de azeitonas

Utilizou seu conhecimento astronômico e meteorológico para prever uma farta colheita de azeitonas com um ano de antecedência.

Tendo confiança em sua previsão, alugou todas as prensas de azeite de oliva da região.

Quando chegou o verão, os produtores de azeite tiveram que pagar a ele pelo uso das prensas, o que lhe rendeu uma grande fortuna.

Filósofos jônicos

Anaximandro

Foi amigo e discípulo de Tales, sendo 14 anos mais jovem que ele.

Acreditava que a substância fundamental do universo era indeterminada, ilimitada e que possuía movimento próprio (*apeiron*).



Anaximandro de Mileto
(610 – 546 a.C.)



Filósofos jônicos

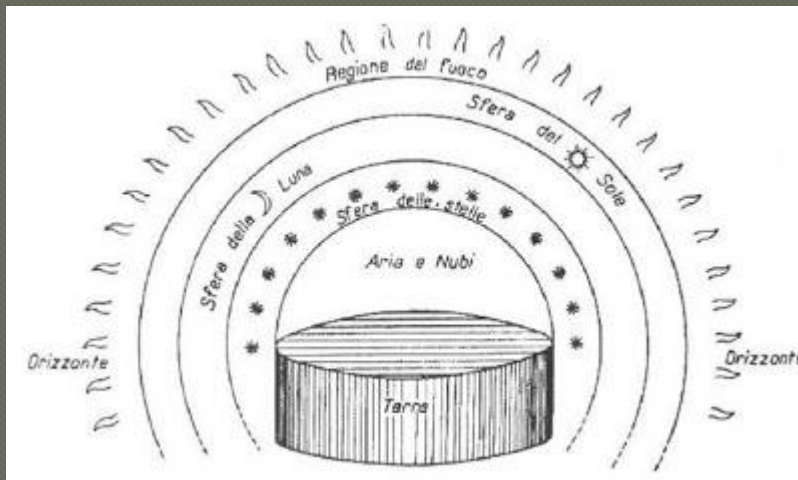
Anaximandro: Modelo cosmológico

Anaximandro foi o primeiro filósofo a propor um modelo cosmológico.

Em sua visão, o Universo era geocêntrico (Terra cilíndrica), formado por diversas envoltórias (uma para o Sol, outra para a Lua e outra para as estrelas).

Por detrás da última envoltória, havia o “fogo sagrado” que preenchia todo o espaço.

O Sol, a Lua e as estrelas nada mais eram do que furos em suas respectivas envoltórias. O brilho destes corpos era o brilho do fogo sagrado que atravessava os orifícios de cada envoltória.



Modelo do universo de Anaximandro

Anaximandro: Cartografia



Mapa mundi de Anaximandro

De acordo com Erastóstenes, Anaximandro foi o primeiro a publicar um mapa mundi da história.

Filósofos jônicos

Anaxímenes

Foi discípulo de Anaximandro.

Acreditava que a substância fundamental, a partir da qual tudo é feito, era o ar.

Segundo Anaxímenes, quando rarefeito o ar era fogo, denso era vento e aumentando a densidade tornava-se água, areia e pedra.

O princípio de sua filosofia era tudo o que havia era produto de transformações, em que nada surgia do nada.



Anaxímenes de Mileto
(585 – 525 a.C.)

Filósofos jônicos

Heráclito

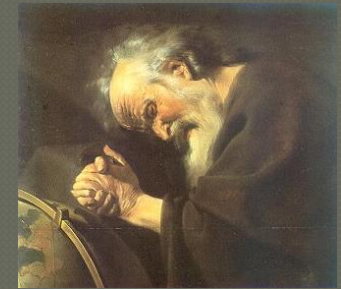
Segundo Heráclito, a natureza é uma entidade dinâmica: “Tudo está em mudança e nada permanece parado” (Crátilo de Platão).

Acreditava que a substância fundamental, a partir da qual tudo é feito, é o fogo.

Propôs um princípio de complementaridade, em que as transformações são causadas pela tensão entre os opostos (quente e frio, bem e mal, saúde e doença).

O seu modelo, o universo era eterno e em constante estado de movimento.

“É impossível entrarmos duas vezes no mesmo rio, pois na segunda vez, nem o rio nem nós somos os mesmos.”

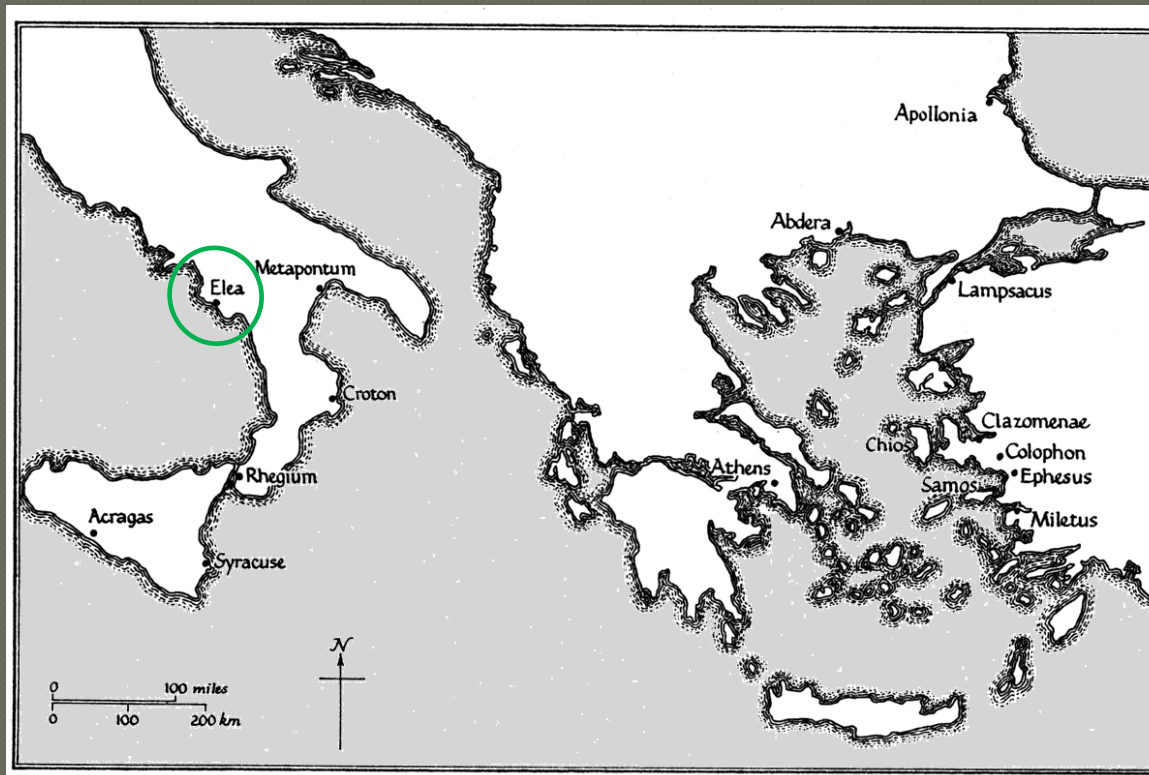


Heráclito de Éfeso
(535 – 475 a.C.)

Filósofos eleáticos

Origem

Foram chamados de eleáticos os filósofos pré-socráticos originários da cidade de Eléia, que pertencia à Grécia e que hoje é território italiano.



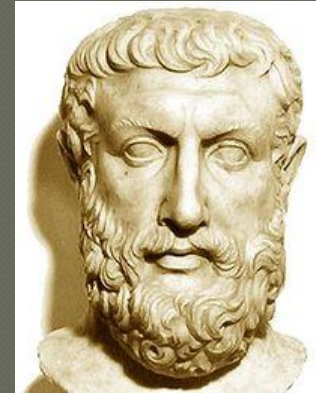
Parmênides

Visão do mundo oposta à de Heráclito.

Acreditava que toda mutação é ilusória e que as transformações observadas na natureza são pura ilusão dos sentidos.

Tudo o que existe sempre existiu, e nada do que existe pode se transformar em nada.

Seu pensamento era marcado pela racionalidade.



Parmênides de Eléia
(530 – 460 a.C.)

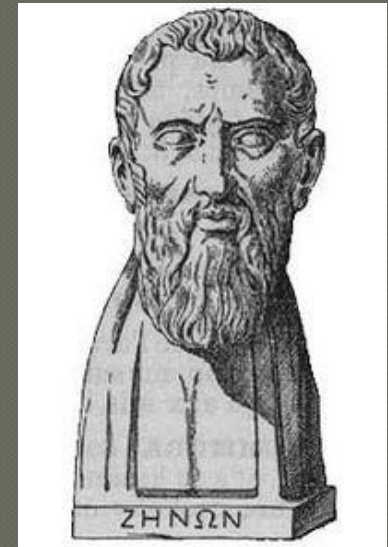
Filósofos eleáticos

Zenão

Fundador da dialética, foi quem introduziu o método formal de demonstração lógica na Filosofia.

Foi discípulo de Parmênides e defendeu a doutrina do mestre apresentando um conjunto de provas (paradoxos) contra a existência do movimento.

Seus paradoxos mais conhecidos são o “argumento da dicotomia”, “paradoxo de Aquiles” e o “argumento da flecha”.



Zenão de Eléia
(490 – 430 a.C.)

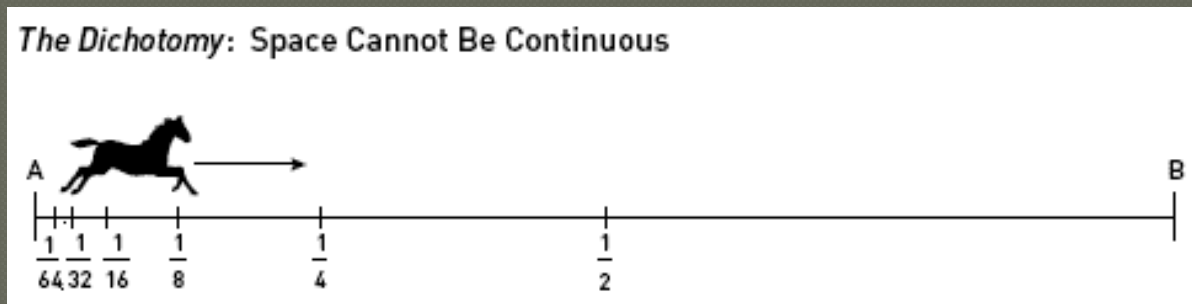
Zenão: Argumento da dicotomia

Imagine que um cavalo está no ponto A e quer atingir o ponto B.

Este movimento é impossível, pois antes de atingir o ponto B, o cavalo tem que atingir o meio do caminho entre A e B ($1/2$).

Mas para atingir $1/2$, terá que primeiro atingir a metade do meio do caminho entre A e B, isto é, o ponto $1/4$. E assim, ao infinito.

A conclusão de Zenão é que o espaço não pode ser contínuo e que o movimento não pode existir, sendo um fenômeno ilusório.



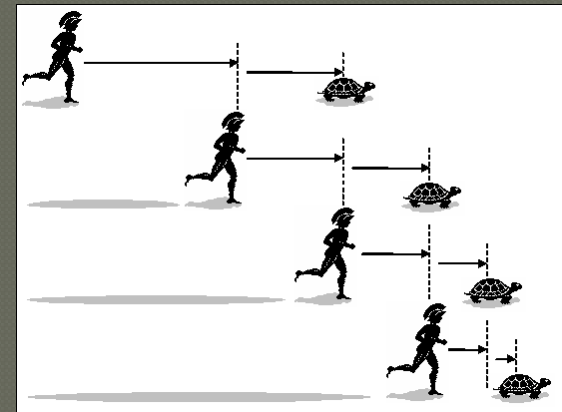
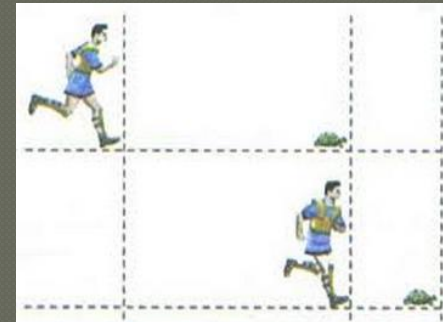
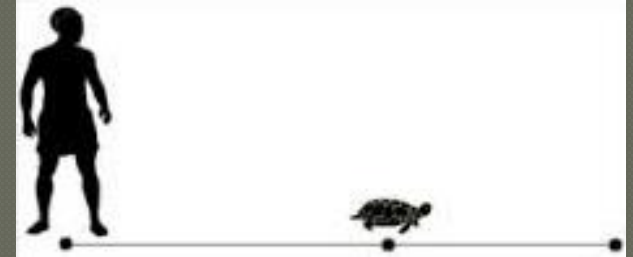
Zenão: Paradoxo de Aquiles

É contado sob a forma de uma corrida entre Aquiles e uma tartaruga.

Aquiles e a tartaruga apostam uma corrida. Como Aquiles é mais veloz que a tartaruga, esta recebe uma vantagem inicial.

Aquiles nunca ultrapassa a tartaruga, pois quando ele chegar à posição inicial A da tartaruga, esta encontra-se mais a frente, numa outra posição B.

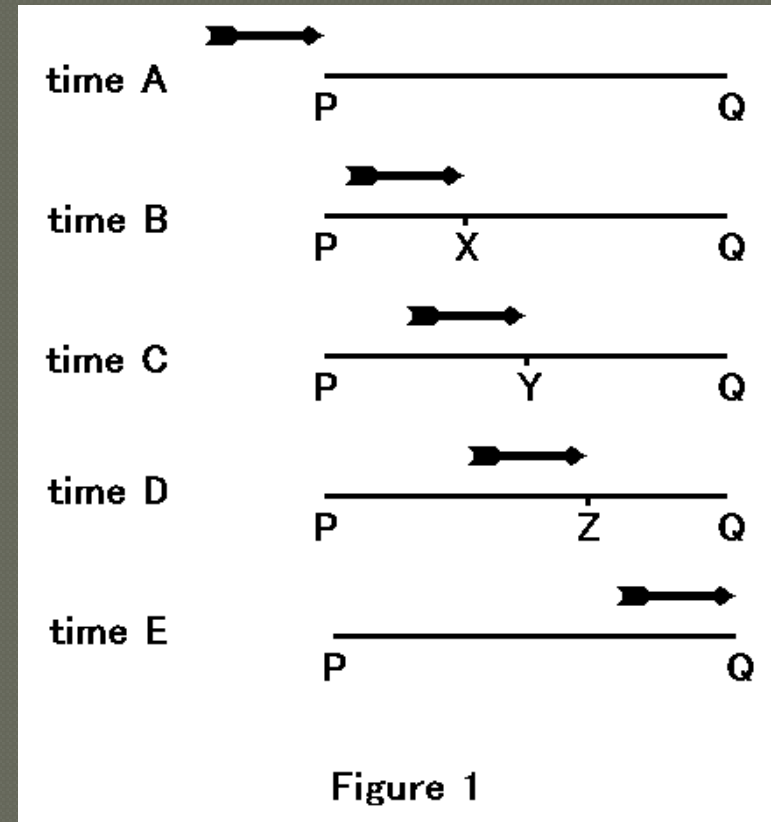
Quando Aquiles chegar a B, a tartaruga não está mais lá, pois avançou para uma nova posição C, e assim sucessivamente, *ad infinitum*.



Zenão: Argumento da flecha

Uma flecha em voo está a qualquer instante em repouso.

Ora, se um objeto está em repouso quando ocupa um espaço igual às suas próprias dimensões e se, a flecha em voo sempre ocupa espaço igual às suas próprias dimensões, logo a flecha em voo está em repouso.

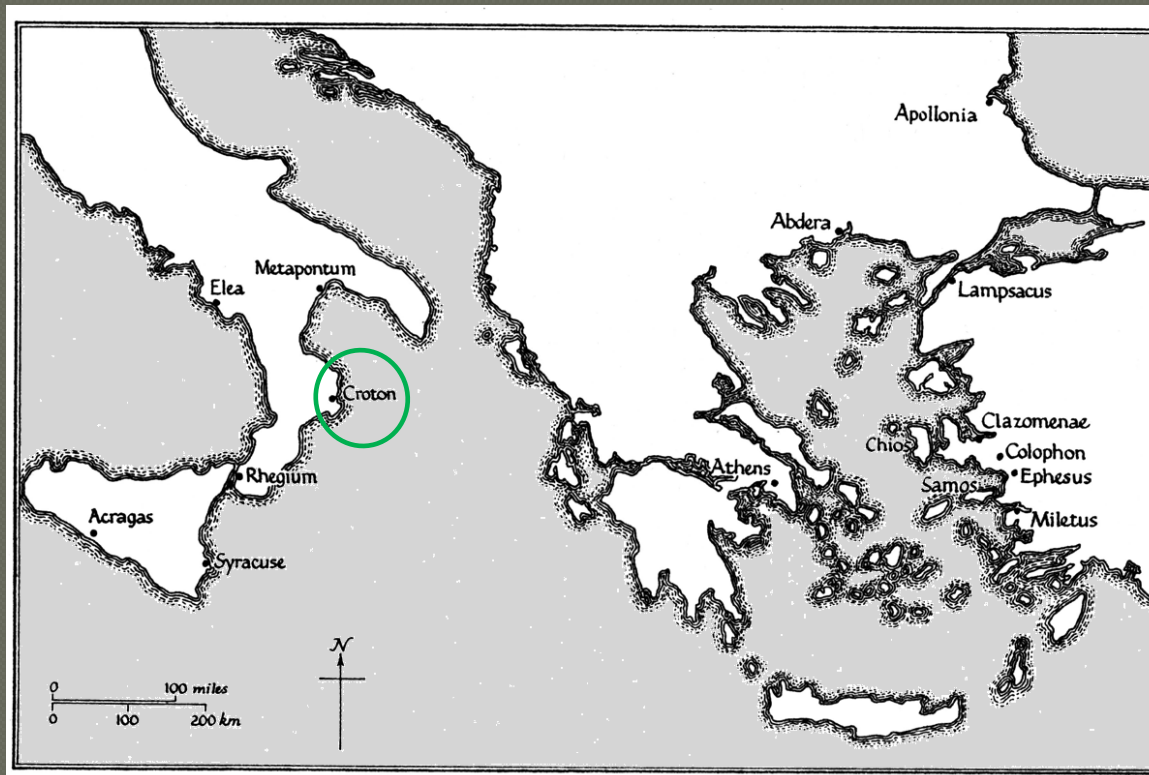


Filósofos pitagóricos

Filósofos pitagóricos

Origem

Os filósofos pitagóricos desenvolveram suas ideias na cidade de Crótona, localizada no sul da Itália.



Filósofos pitagóricos

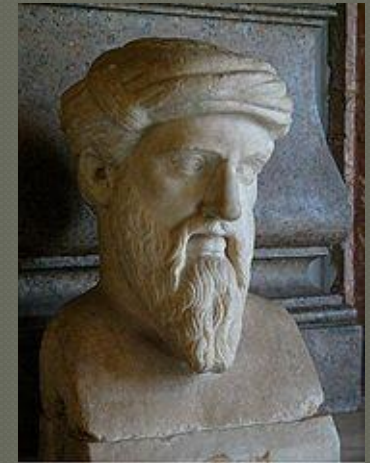
Pitágoras

Nascido em Samos (Grécia) , mudou-se para Crótona (sul da Itália), onde fundou a irmandade pitagórica.

Pitágoras acreditava que todo o conhecimento deve estar baseado nos números.

Os pitagóricos consideravam que a essência das coisas não era um princípio material, mas sim o número. Ou seja, um princípio imaterial identificado à razão.

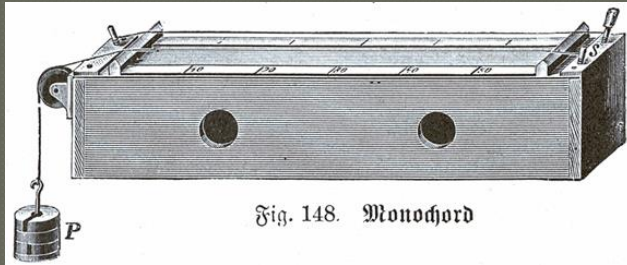
Seu objetivo era a busca da pureza da alma através da incorporação no espírito da beleza dos números.



Pitágoras de Samos
(572 – 490 a.C.)

Filósofos pitagóricos

Pitágoras



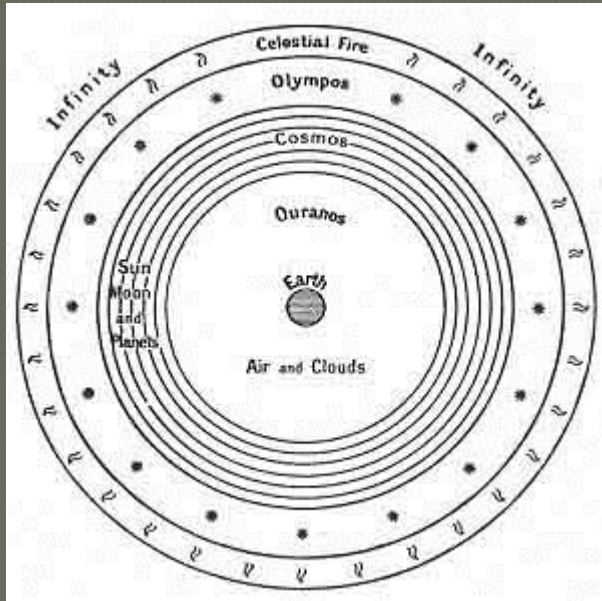
Monocórdio

Utilizando um monocórdio, Pitágoras descobriu que as cordas em vibração emitiam sons que dependiam de seus comprimentos (proporções harmônicas).

Essa descoberta fez crer que todas as coisas podiam ser derivadas dos números inteiros.

A noção de harmonia nos fenômenos em escala humana é estendida para os fenômenos na escala celeste. Ou seja, os números também governavam o comportamento do cosmos.

A distância entre corpos celestes estão em proporção numérica e os planetas executam música ao girar em torno a Terra (universo geocêntrico).



Universo de Pitágoras

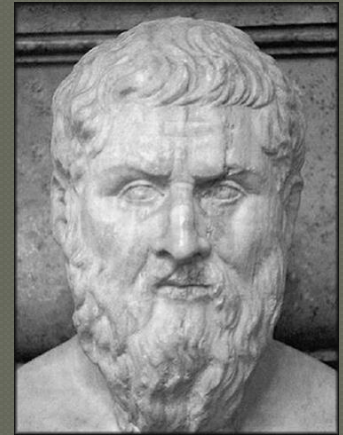
Filósofos pitagóricos

Filolau

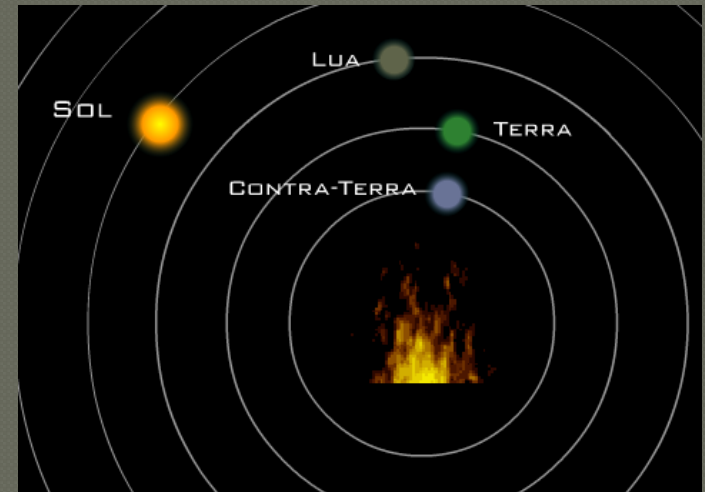
Foi o primeiro a atribuir movimento à Terra, que girava em torno de um fogo central (que não era o Sol).

O fogo central não podia ser visto, pois havia um planeta invisível (*antiterra* ou *contraterra*) entre a Terra e o fogo central.

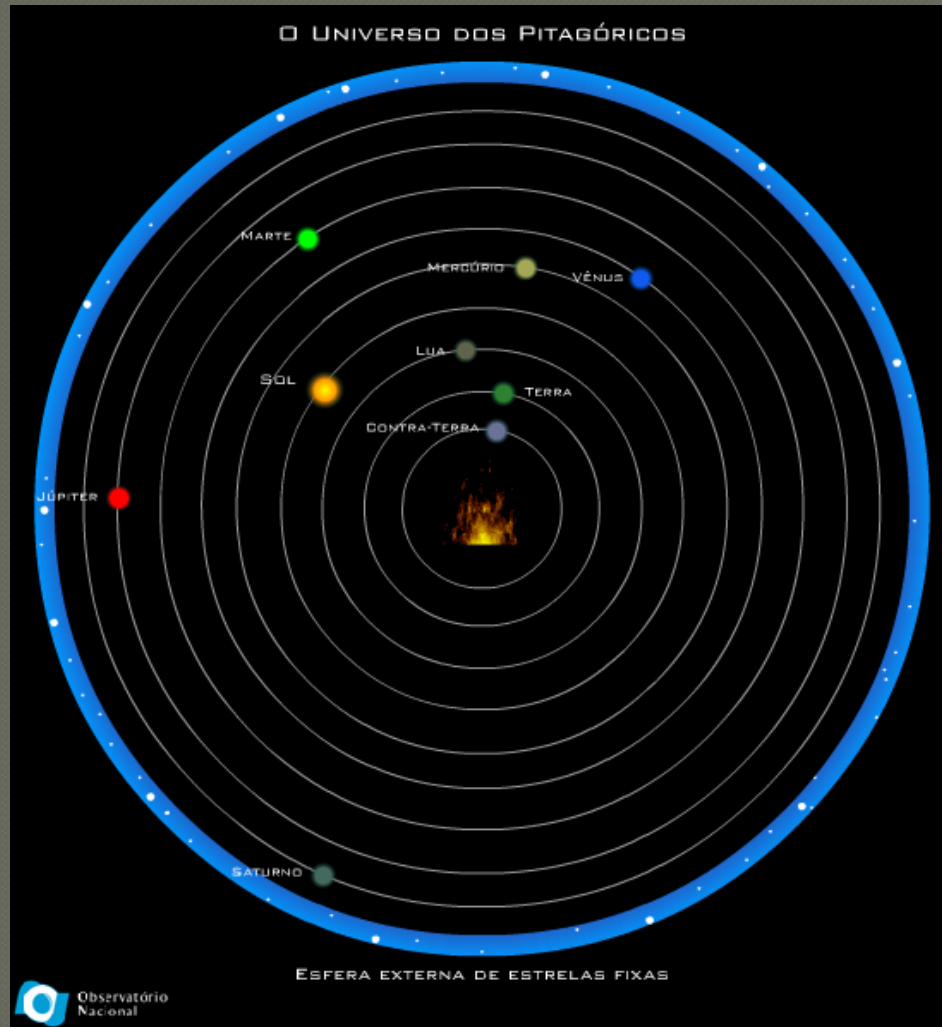
Todos os corpos celestes giravam em órbitas circulares, com raios em proporções harmônicas.



Filolau de Crótona
(470 – 385 a.C.)



Filolau



Universo pitagórico de Filolau

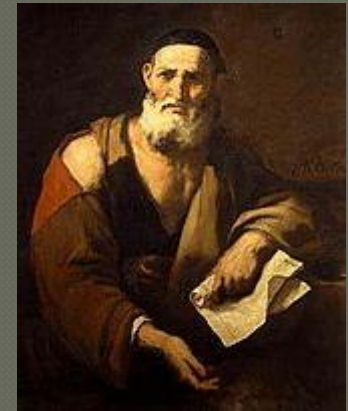
Filósofos atomistas

Leucipo

Primeira visão mecanicista do universo.

Mundo constituído por pequenas partículas, indivisíveis, eternas e imutáveis (átomos).

As transformações observadas eram o resultado do rearranjo entre essas partículas.



Leucipo de Mileto
(1ª 1/2 séc. V – séc. V a.C.)

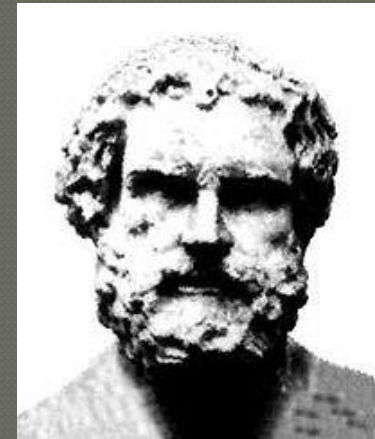
Demócrito

Transformação não é incompatível com a noção eleática de que a essência da Natureza é imutável.

As mudanças são provocadas por átomos que são imutáveis, indivisíveis e infinitos.

A matéria é formada por átomos, que se movem no vazio. As colisões de átomos de formas compatíveis levam a formação de estruturas mais complicadas.

Os átomos só interagem através de forças de contato. Essas forças são impulsivas numa colisão e de “estica e encolhe” quando os átomos estão ligados. Para Demócrito, não há forças de longo alcance.



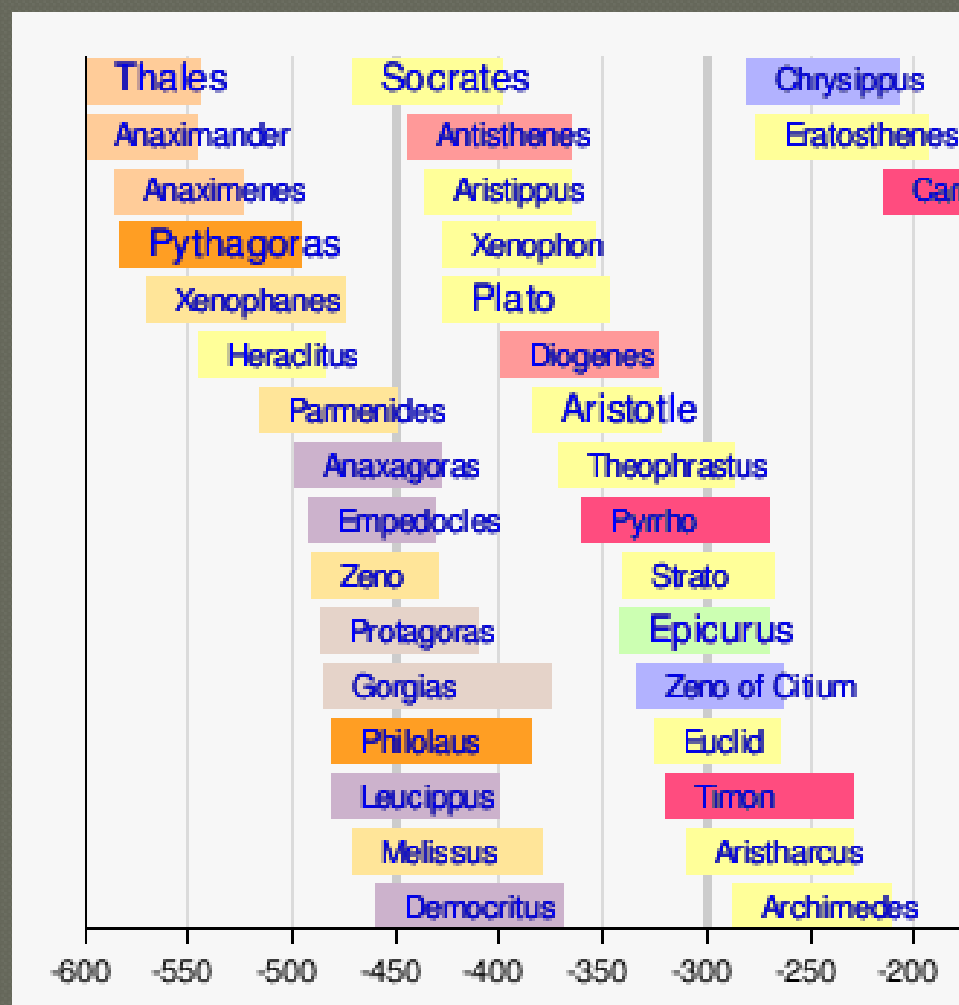
Demócrito de Abdera
(460 – 370 a.C.)

Resumo

Filósofos gregos pré-socráticos

Jônicos	Tales (600 a.C.)	água / estudo racional da natureza
	Anaximandro (550 a.C.)	O ilimitado / primeiro modelo mecânico do cosmo
	Anaxímenes (520 a.C.)	ar / esferas cristalinas
	Heráclito (500 a.C.)	fogo / tudo está em fluxo
Eleáticos	Parmênides (480 a.C.)	Arché / toda mudança é ilusória
	Zenão (460 a.C.)	paradoxos envolvendo o movimento
Pitagóricos	Pitágoras (520 a.C.)	misticismo numérico / matematização da natureza
	Filolau (450 a.C.)	modelo do cosmo como fogo central
Atomistas	Leucipo (430 a.C.)	tudo é feito de átomos indivisíveis
	Demócrito (400 a.C.)	elaboração da hipótese atomista

Linha do tempo



Origem da filosofia ocidental

Resumo

Último dos filósofos pitagóricos.

Foi um dos principais astrônomos de sua época e o primeiro a afirmar que o Sol, e não a Terra, era o centro do sistema planetário.

Conseguiu medir o diâmetro relativo da Terra e da Lua, tendo a Lua $\frac{1}{3}$ do diâmetro da Terra (o valor moderno é 0,27).



Aristarco de Samos
(310 – 230 a.C.)

Resumo

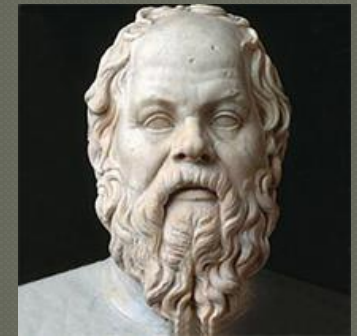
O trio Sócrates, Platão e Aristóteles foram os responsáveis pelo lançamento dos fundamentos filosóficos da cultura ocidental.

Sócrates teve pouca influência no pensamento científico.

Seu interesse principal era a ética e a crítica do discurso.

Por viver sempre nas ruas de Atenas, dialogando com as pessoas, não deixou escritos.

Praticamente tudo que sabemos sobre Sócrates foi escrito por Platão, seu mais importante discípulo.



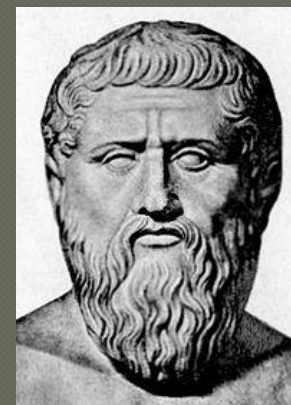
Sócrates
469 a.C. – 399 a.C.

Ideia central da filosofia platônica

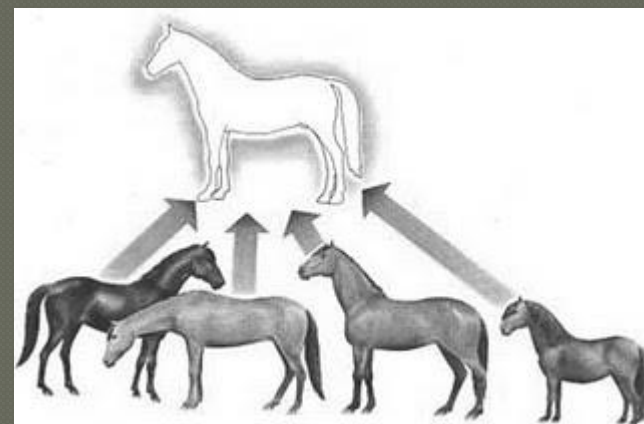
Separação entre o mundo das ideias (perfeito) e o mundo dos sentidos (imperfeito).

Coisas percebidas por nós são apenas cópias imperfeitas, imitações, ou reflexões de formas ideais ou ideias.

O homem só tem contato com o mundo das ideias antes de ser aprisionado em um corpo material (encarnação da alma).



Platão
(428 – 348 a.C.)



O mito da caverna



O mito da caverna



O mito da caverna

O FILME MATRIX E A CAVERNA DE PLATÃO

O FILME MATRIX USA O MITO DA CAVERNA.



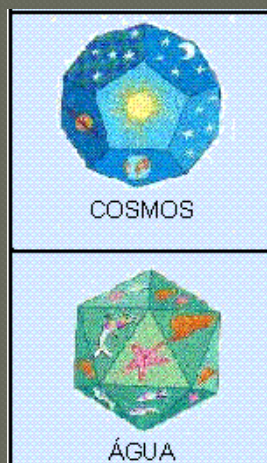
**A SAÍDA DA
CAVERNA**

Ideias sobre a ciência

Era contrário à experimentação, pois esta depende da utilização dos sentidos, que não são confiáveis.

Sua crença sobre a perfeição ideal atrasou o desenvolvimento da ciência.

Ideias sobre astronomia

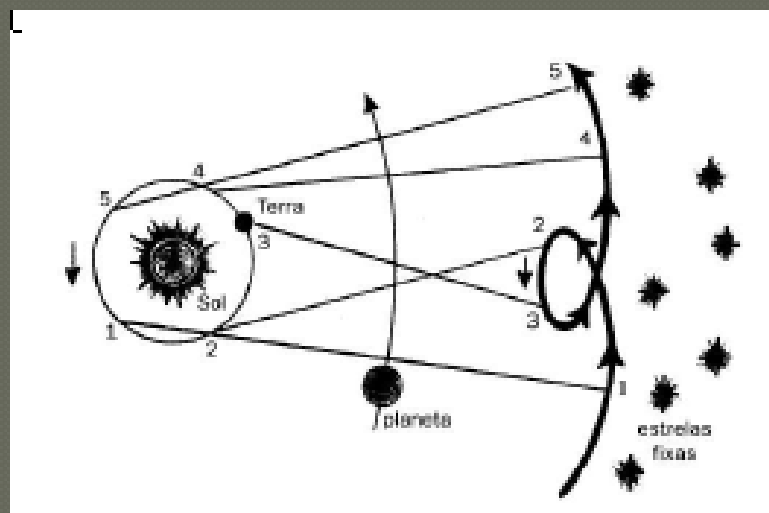


Universo geométrico criado com arquitetura premeditada por Deus (Demiurgo) a partir de um caos primordial.

Utilizou o triângulo como elemento básico da construção de seu modelo cósmico.

Desafio aos estudantes de sua academia

Platão desafiou seus pupilos a detectar na irregularidade confusa dos movimentos dos planetas, o sistema ideal formado por movimento circular uniforme que represente os fatos reais dos processos em um céu matemático.



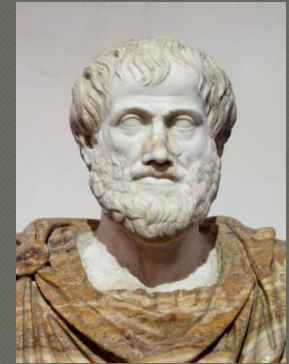
Movimento retrógrado dos planetas

Resumo

Foi sem dúvida o maior de todos os filósofos da antiguidade.

Seus escritos abrangem diversos assuntos, como a física, a metafísica, as leis da poesia e do drama, a música, a lógica, a retórica, o governo, a ética, a biologia e a zoologia.

As ideias sobre a Física dominaram a filosofia ocidental por cerca de dois mil anos.



Aristóteles
(384 – 322 a.C.)

Aristóteles

Vida

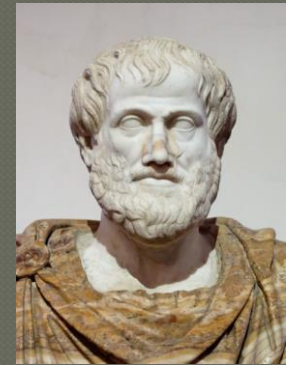
Nasceu em Estagira (Macedônia) e, após a morte de seu pai, foi para Atenas estudar filosofia.

Estudou durante 20 anos na Academia de Platão, onde foi seu discípulo e colega.

Com a morte de Platão, foi recusado para assumir seu lugar na Academia e deixa Atenas.

Após três anos em Assos, onde se casa, e algum tempo em Lesbos, onde faz seus principais estudos de biologia, Aristóteles volta à Macedônia como tutor do príncipe Alexandre.

Após a coroação de Alexandre, volta a Atenas e funda sua própria de filosofia, o Liceu.



Aristóteles
(384 – 322 a.C.)

Trajetória

Pela (tutoria de Alexandre)
342 - 336 a.C.

Estagira (nascimento)
384 a.C.

As datas citadas
são aproximadas.

Assus (casamento)
349 - 346 a.C.

Lesbos (estudos
de biologia)
346 - 343 a.C.

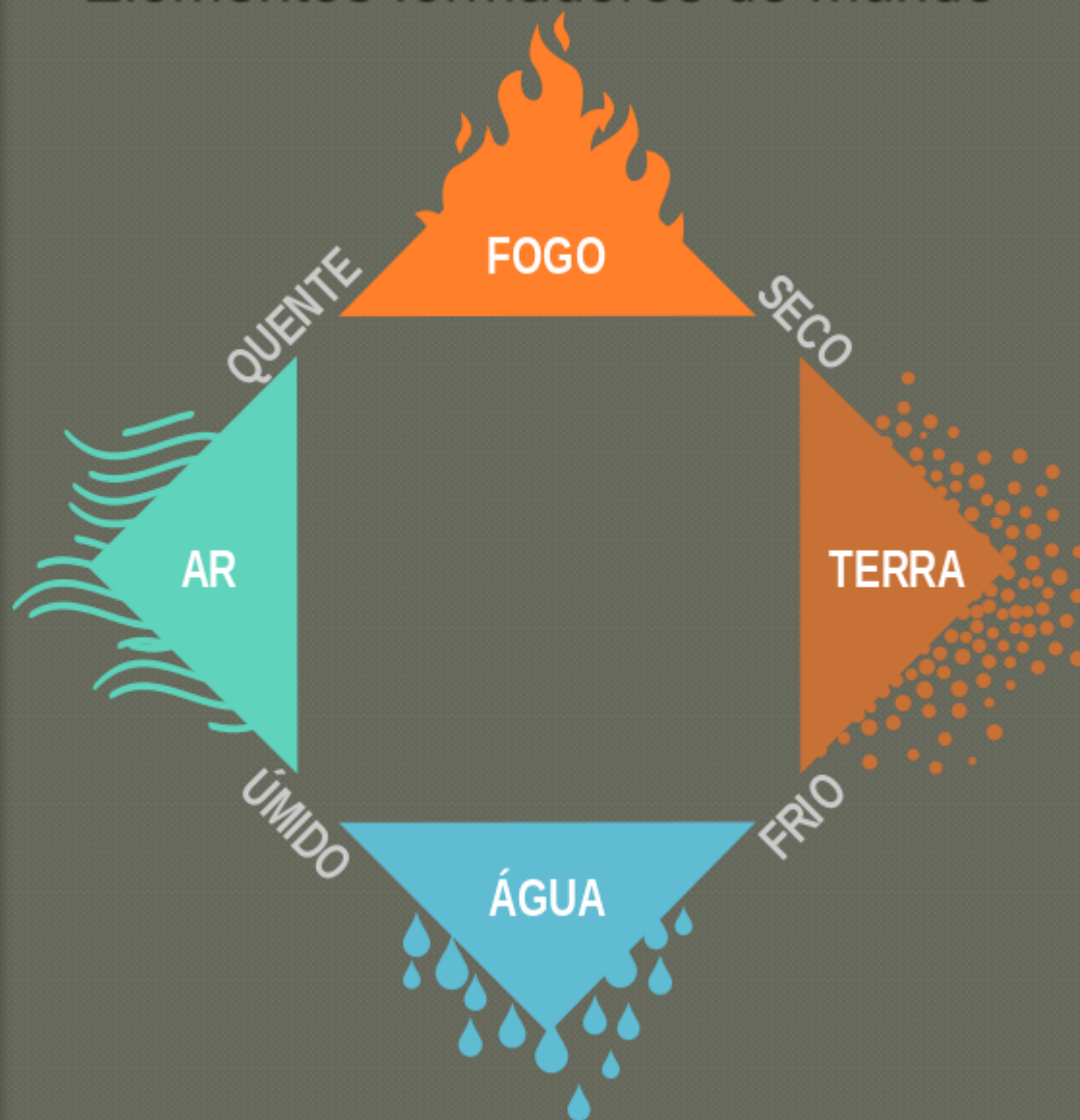
Calcis (morte)
322 a.C.

Atenas (cria o Liceu)
336 - 323 a.C.

Atenas (estudos com
Platão) 367 - 348 a.C.



Elementos formadores do mundo



Para Aristóteles, o mundo era formado por quatro elementos: terra, água, ar e fogo.

Estes elementos, por sua vez, eram concebidos a partir da combinação de quatro quantidades primárias: quente, frio, úmido e seco.

Arquitetura do universo



O Cosmos está dividido em duas regiões: a terrestre e a celeste.

A região terrestre compreende a Terra, a Lua e o espaço sublunar. Esta é a região das mudanças e imperfeições.

A região celeste compreende o Sol, os planetas e as estrelas. É o espaço da completa ordem e perfeição.

No modelo de Aristóteles, os corpos celestes giram em torno da Terra em círculos perfeitos e movimento uniforme.

Conceitos relacionados à Física

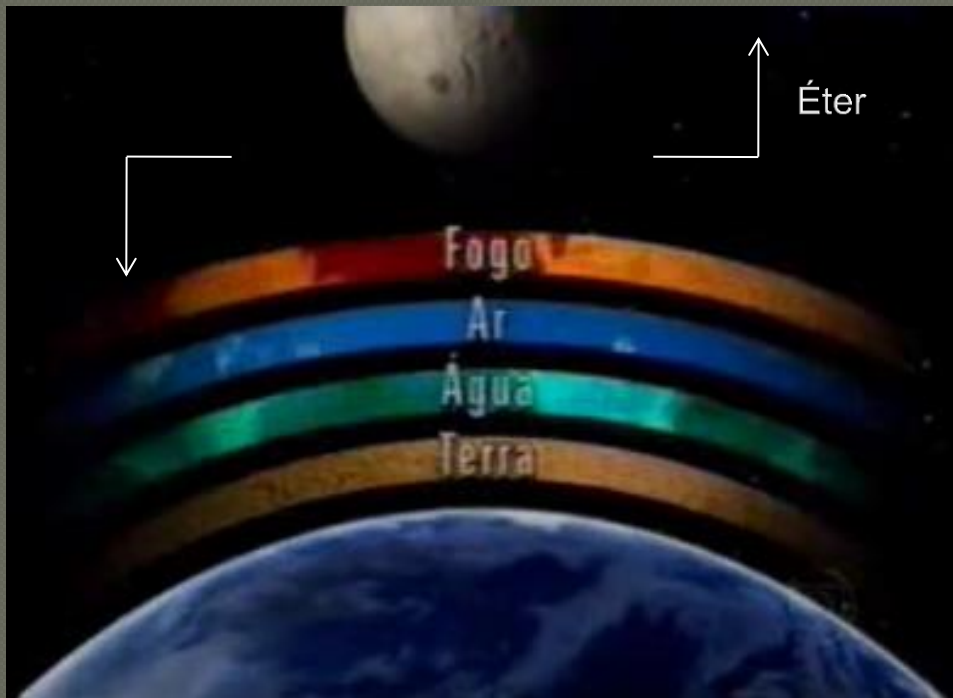
Todos os corpos se movem de forma a ocupar seu lugar natural.

O movimento natural é sempre linear, como a pedra que cai verticalmente para baixo, ou o fogo que sobe verticalmente para cima.

Tudo que se move deve ser movido por alguma coisa.

Corpos mais pesados caem mais rápido do que os corpos mais leves.

Composição do universo



Aristóteles acreditava que o mundo era formado por quatro elementos fundamentais: terra, água, ar e fogo.

A partir da região onde ficava a Lua, um quinto elemento (quintessência, ou éter) preenchia todo o espaço entre os demais corpos celestes.

Persistência de suas ideias

Influência no mundo ocidental por mais de dois mil anos.

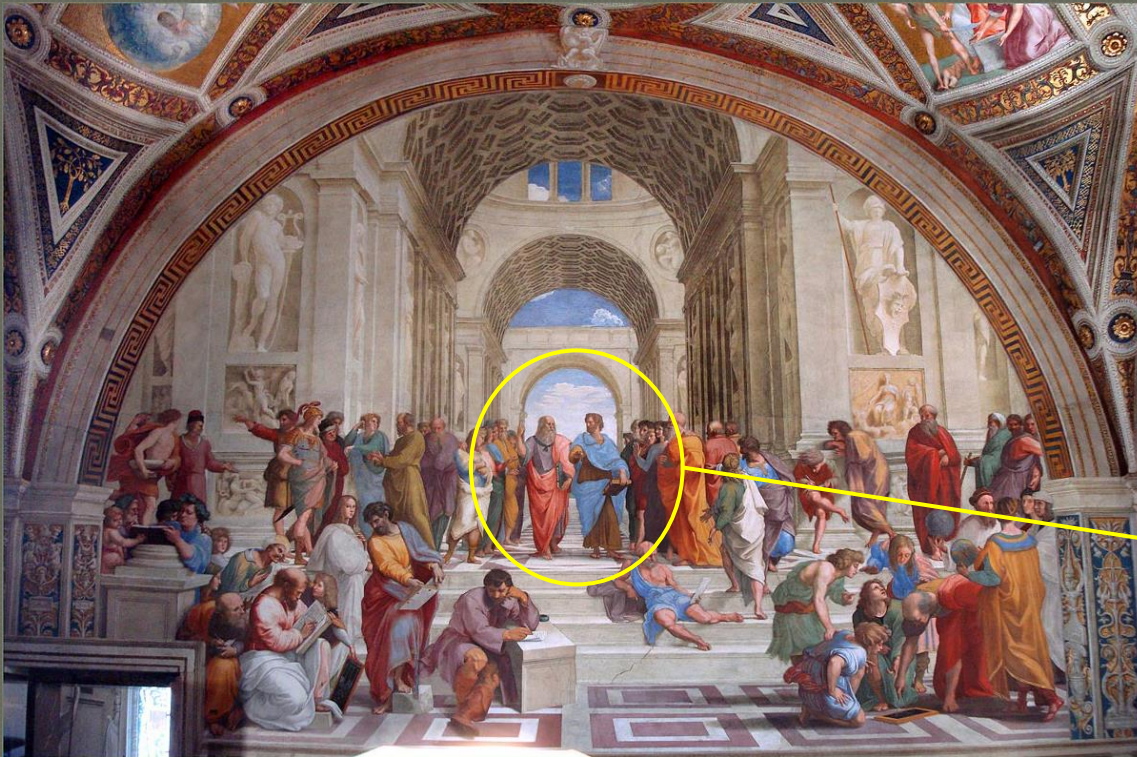
Razões:

- Obra de abrangência incomparável.
- Lógica e simplicidade de suas ideias físicas, que apelam diretamente para o senso comum.
- Apropriação de suas ideias pela Igreja cristã.

Vídeo recomendado



Escola de Atenas (Rafael)



Platão e Aristóteles

Arquimedes

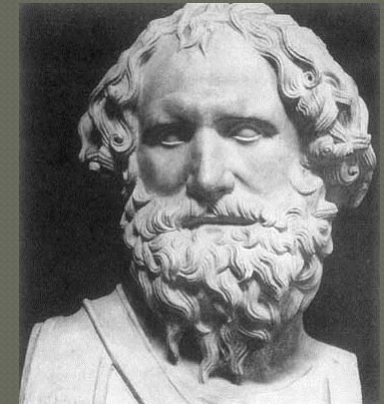
Resumo

Viveu na Siracusa (Sicília), mas adquiriu seus conhecimentos de ciência quando jovem, em Alexandria (Egito).

Introduziu na ciência o método demonstrativo clássico, onde os teoremas são obtidos por inferência a partir de axiomas ou postulados e de teoremas já demonstrados.

Elaborou leis da alavanca e polias e discutiu a determinação geométrica do centro de gravidade dos corpos.

Elaborou o princípio que leva seu nome, sobre o empuxo que age nos corpos submersos em fluidos.



Arquimedes
(287 – 212 a.C.)



Vídeo recomendado

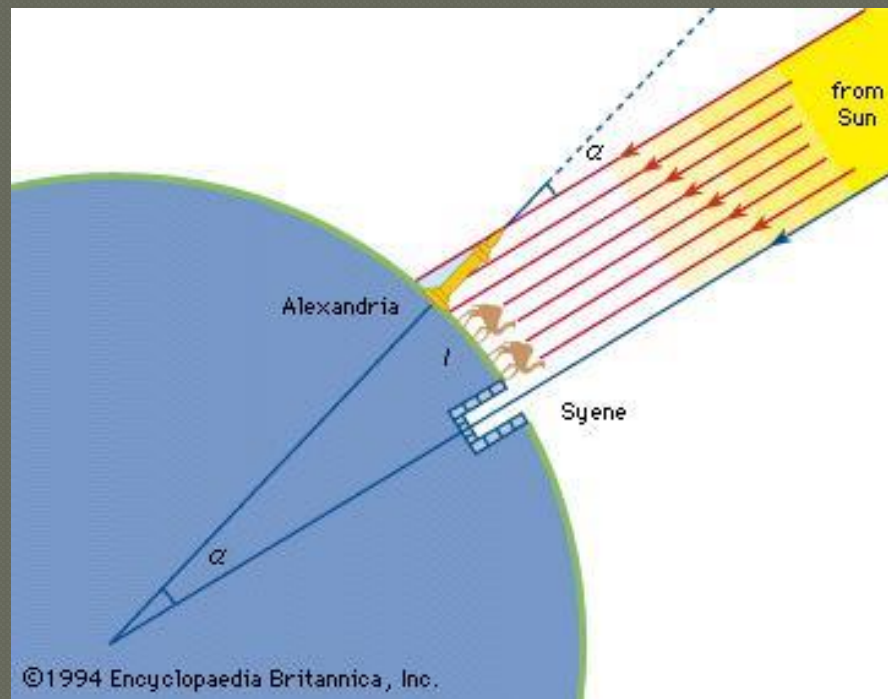


Eratóstenes

Cálculo da circunferência da Terra



Eratóstenes
(276 – 194 a.C.)



Mapa do Egito



Cálculo da circunferência da Terra



Hiparco

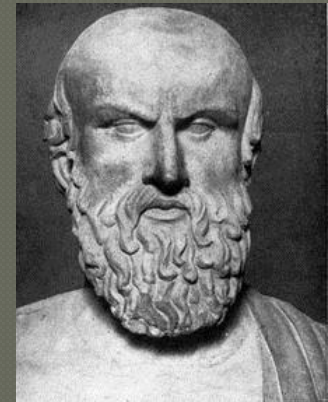
Resumo

Considerado o maior astrônomo da antiguidade.

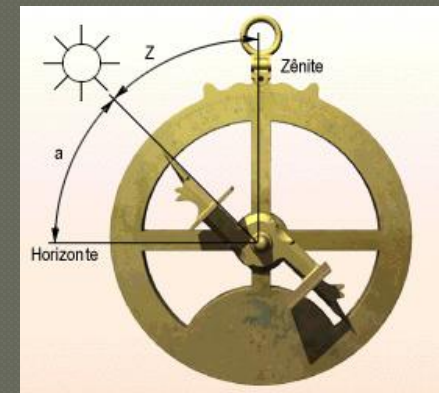
Inventou o astrolábio, descobriu a precessão dos equinócios e mediu a posição de várias estrelas.

Calculou a distância da Lua à Terra, obtendo um valor de $30 \frac{1}{4}$ diâmetros terrestres, com um erro de apenas 0,3%.

Acreditava num universo geocêntrico.



Hiparco de Nicéia
(190 – 120 a.C.)



Astrolábio

Resumo

Foi o último dos grandes astrônomos e matemáticos da escola Alexandrina.

Além de suas próprias observações, teve acesso a séculos de observações astronômicas dos gregos e babilônios.

Procurou desenvolver a estrutura matemática para calcular com precisão os movimentos celestes (modelo apenas cinemático).

Procurou de todas as formas adequar seu modelo planetário a às observações experimentais disponíveis.



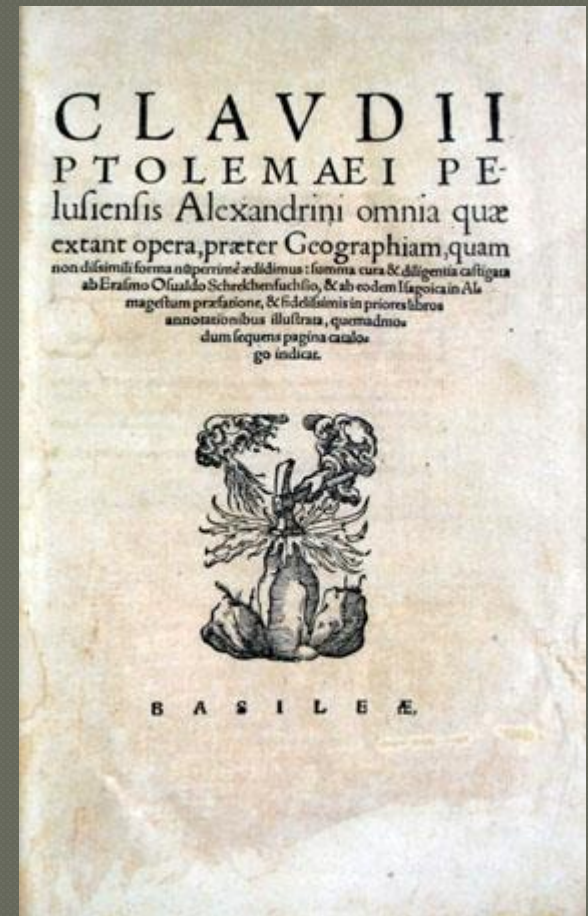
Claudio Ptolomeu
($\pm 100 - \pm 212$)

Almagesto

Seu livro mais importante é o Almagesto.

O Almagesto foi escrito em 13 volumes, sendo que a maior parte deles versa sobre Astronomia.

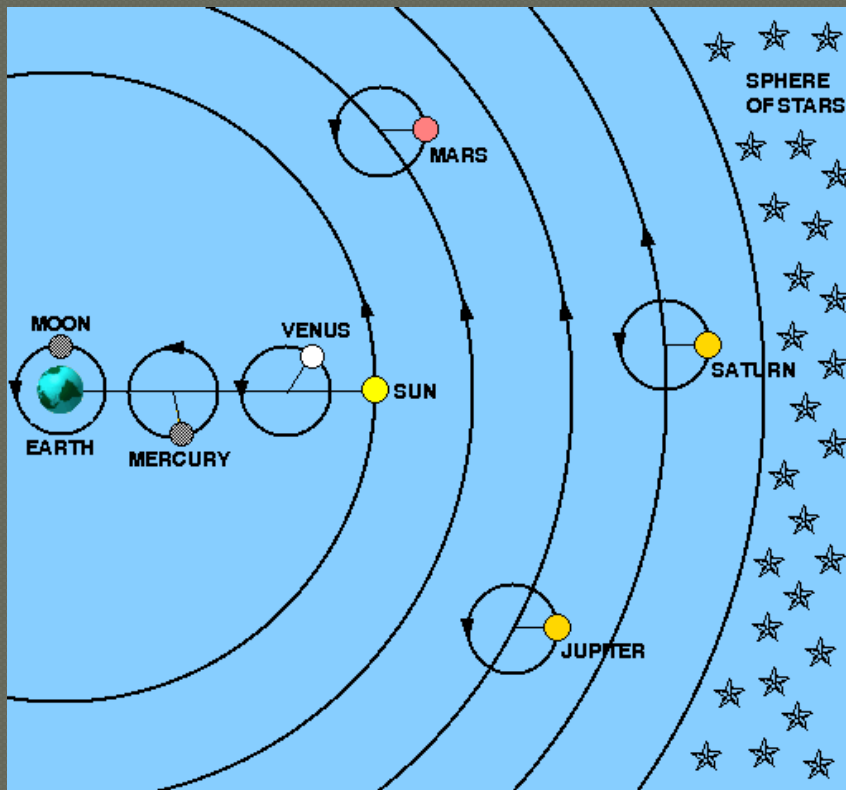
Trata-se de uma obra monumental, que trata de todos os aspectos relacionados à configuração e movimento dos corpos celestes.



Céu observado ao longo de 13 meses



Modelo cosmológico

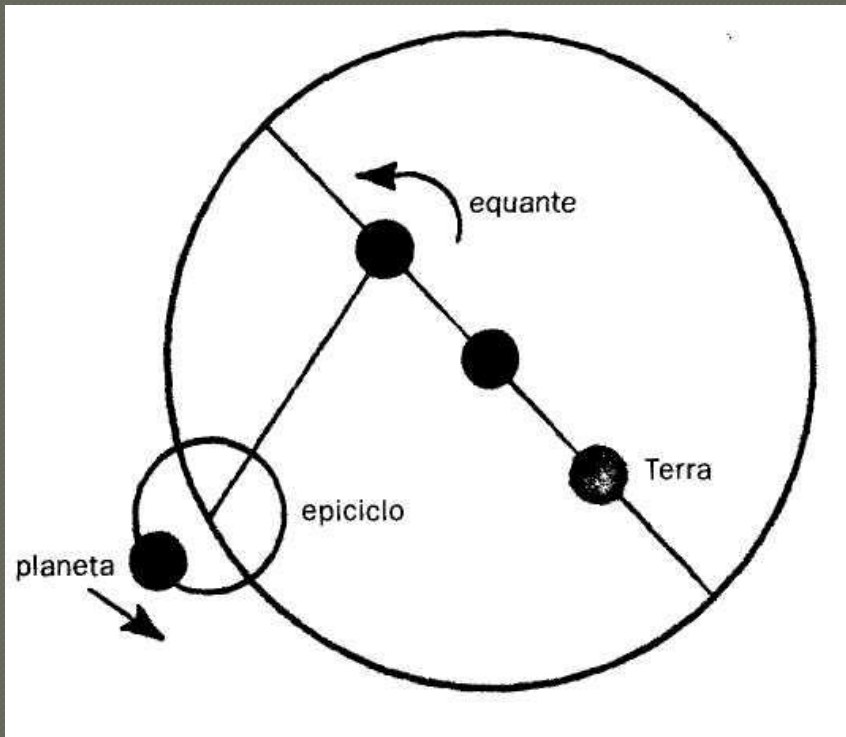


Características:

- Terra no centro (geocêntrico).
- Movimento celeste governado por círculos.
- Epíclis para explicar movimento retrógrado dos planetas.
- Equante para simular variação na velocidade orbital dos planetas.

Modelo cosmológico de Ptolomeu

Equante

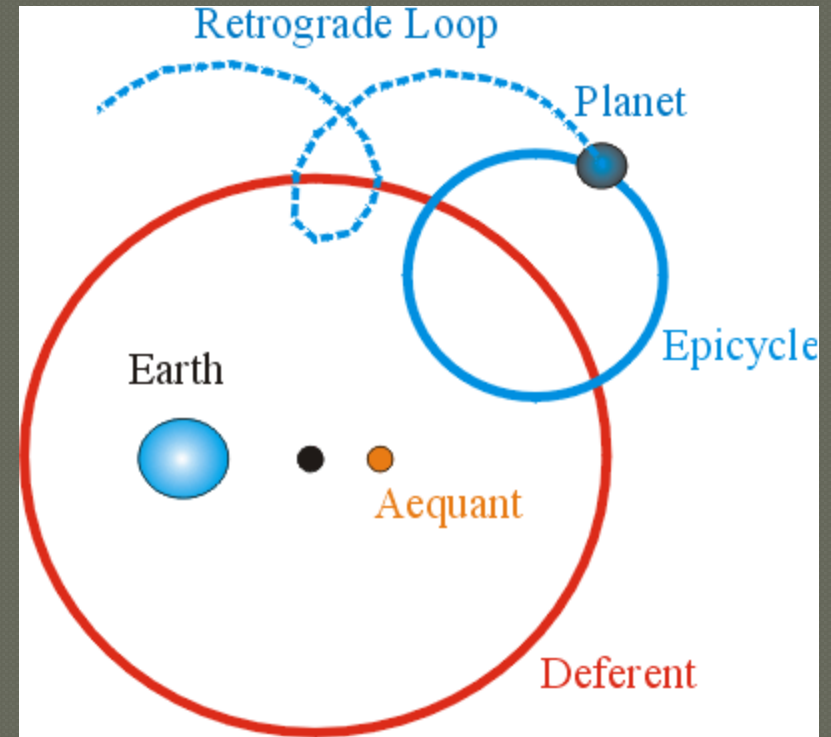
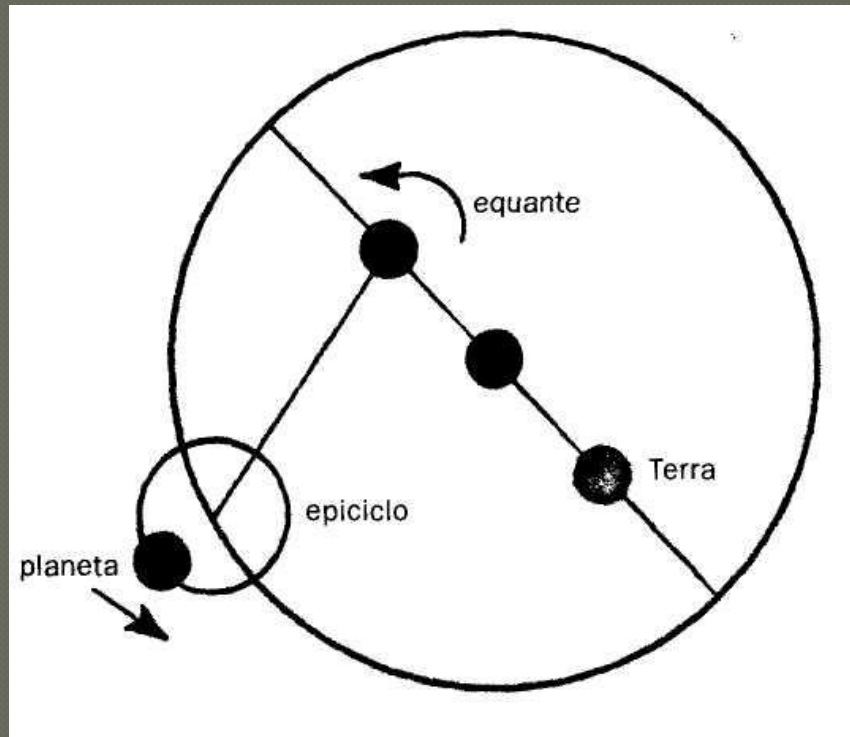


Características:

- Centro do epiciclo viaja com velocidade angular constante em torno do equante.
- Violação do dogma platônico do movimento circular uniforme em torno da Terra.
- Representação bem sucedida do sistema solar.
- Sistema muito complicado.

Modelo cosmológico de Ptolomeu

Equante



O centro do epiciclo viaja com velocidade angular constante em torno do equante.

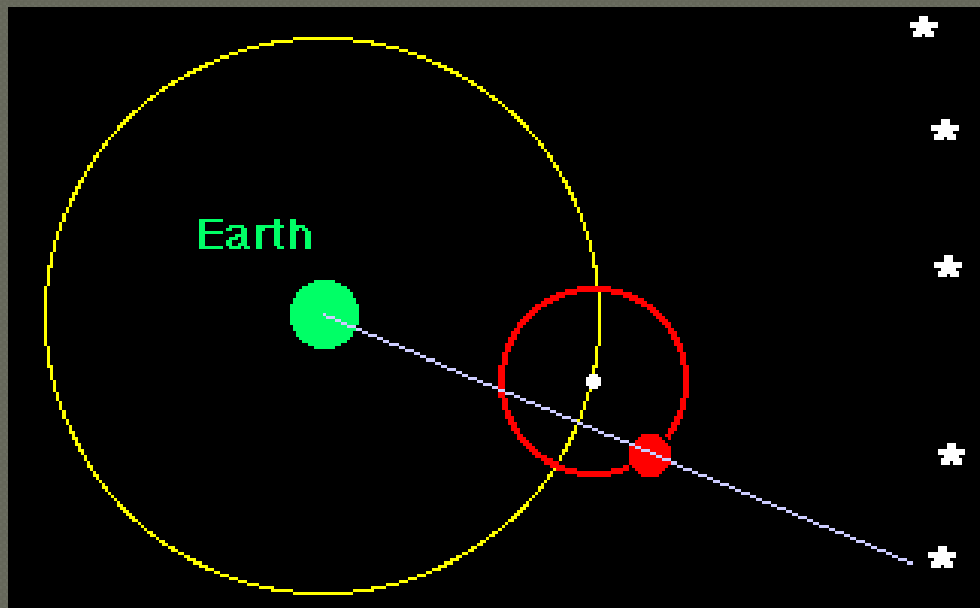
Modelo cosmológico de Ptolomeu

Movimento retrógrado dos planetas (20:12 a 23:32)



Modelo cosmológico de Ptolomeu

Epiciclos simulam movimento retrógrado



Biblioteca de Alexandria

Uma perda irreparável para a humanidade



TecnoLab

Laboratório de Desenvolvimento e Aplicação de Novas
Tecnologias no Ensino de Física

Coordenador: Prof. Anderson Coser Gaudio

Departamento de Física
Centro de Ciências Exatas
Universidade Federal do Espírito Santo

<http://profanderson.net>
anderson.gaudio@ufes.br