



Universidade Federal do ABC



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

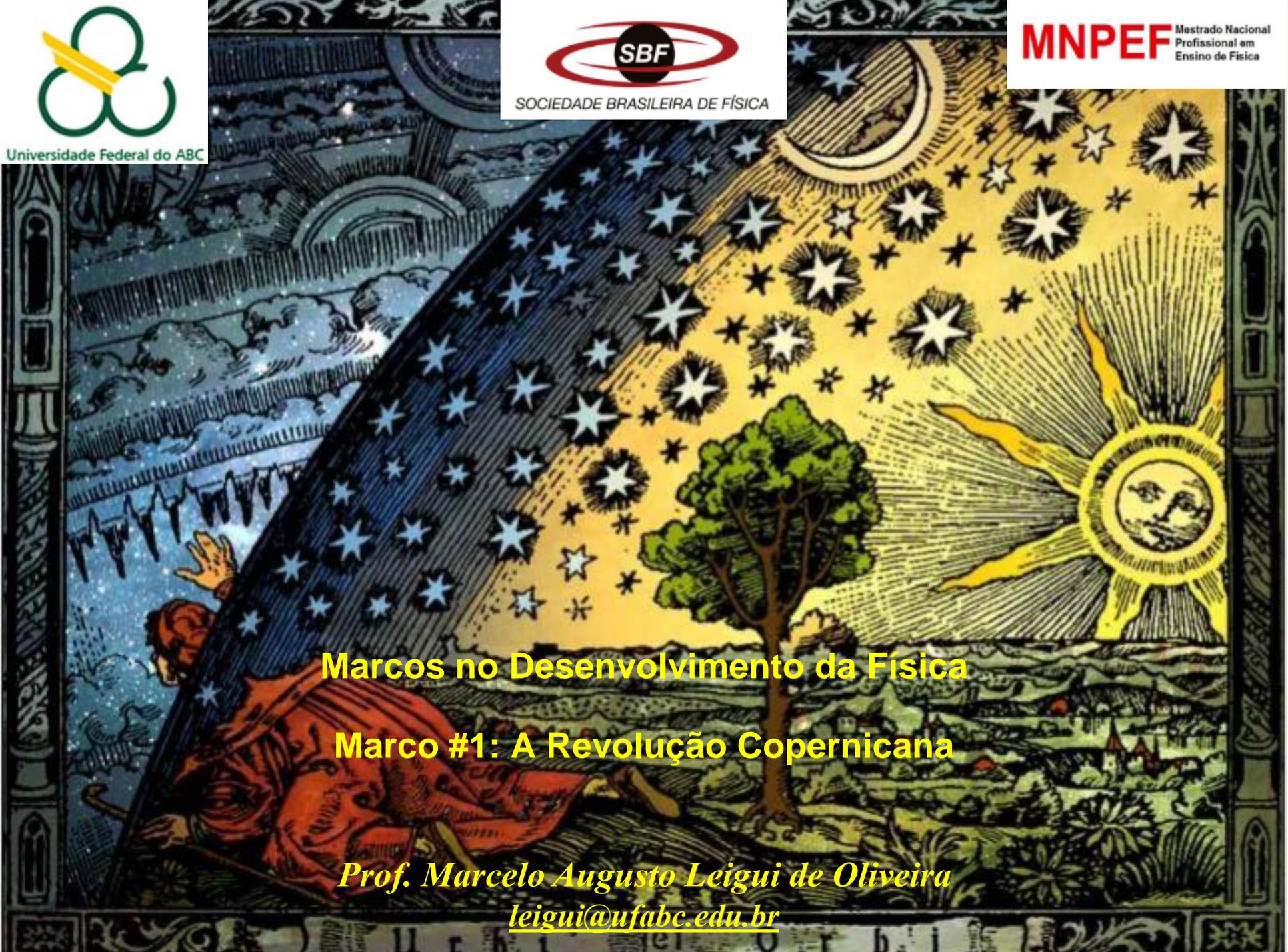
MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

Marcos no Desenvolvimento da Física

Marco #1: A Revolução Copernicana

Prof. Marcelo Augusto Leigui de Oliveira

leigui@ufabc.edu.br



- A **astronomia** é a ciência natural que estuda os corpos celestes (como estrelas, planetas, cometas, nebulosas, aglomerados de estrelas, galáxias) e fenômenos que se originam fora da atmosfera da Terra (como a radiação cósmica de fundo em micro-ondas).
- A astronomia é uma das ciências mais antigas, surgindo com a necessidade de compreender os fenômenos celestes.
- A **regularidade** dos fenômenos celestes permitiu-se correlacioná-los com as épocas de plantio e de colheita. Posteriormente, levou à sistematização dos **calendários**.
- Da regularidade dos astros celestes fez surgir a ideia de **cosmos** (ordem, em grego) em contraposição ao **caos**.

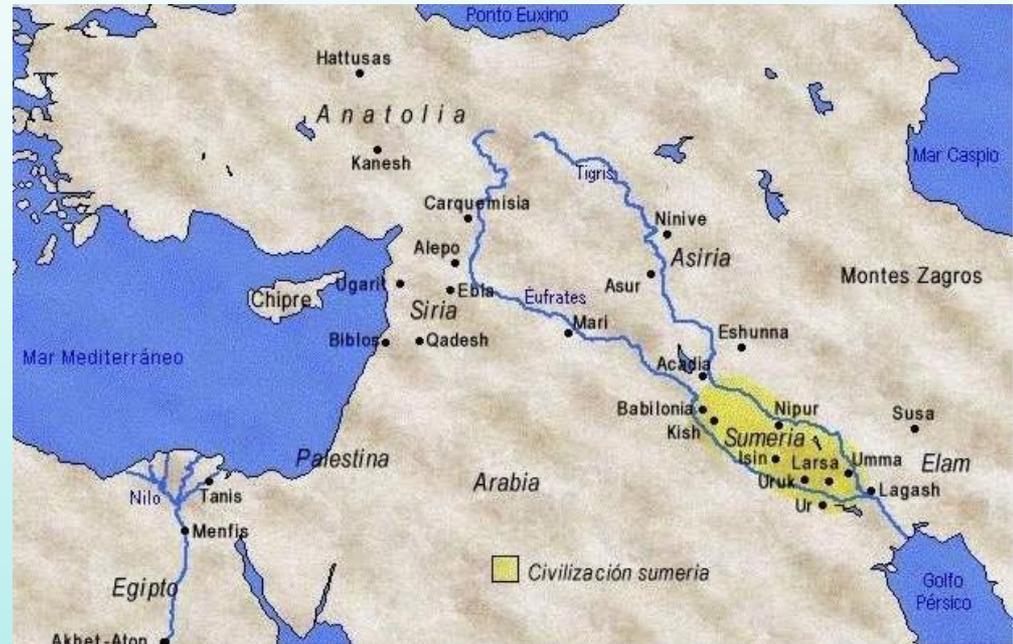


ASTRONOMIA NA PRÉ-HISTÓRIA



Sol sobre o Stonehenge, durante o solstício de inverno.

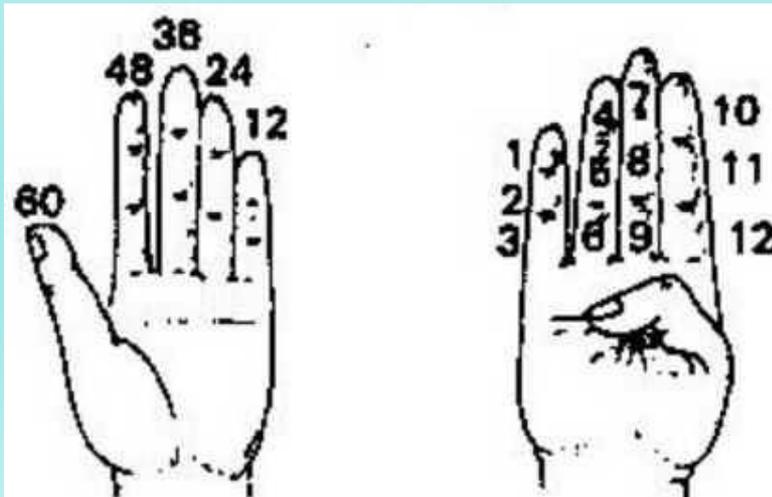
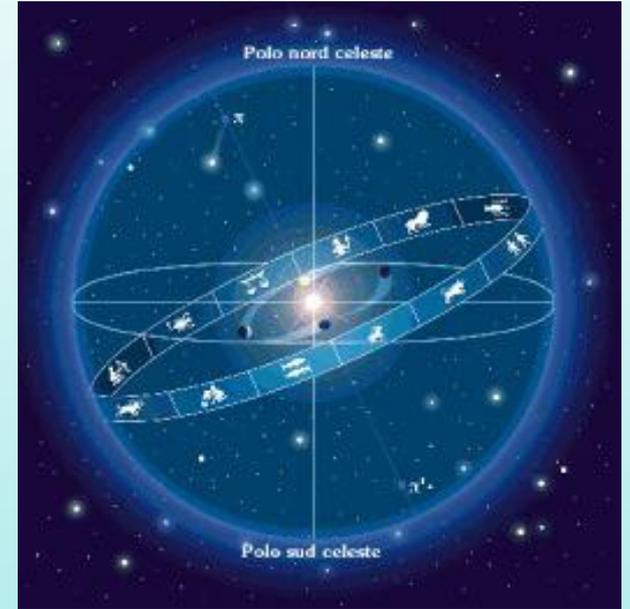
SUMÉRIOS



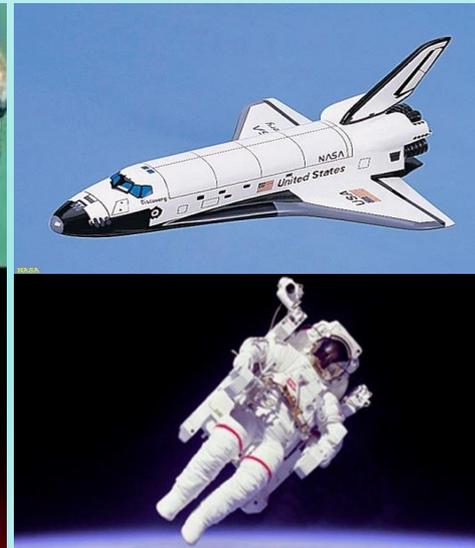
Ninkasi

SUMÉRIOS

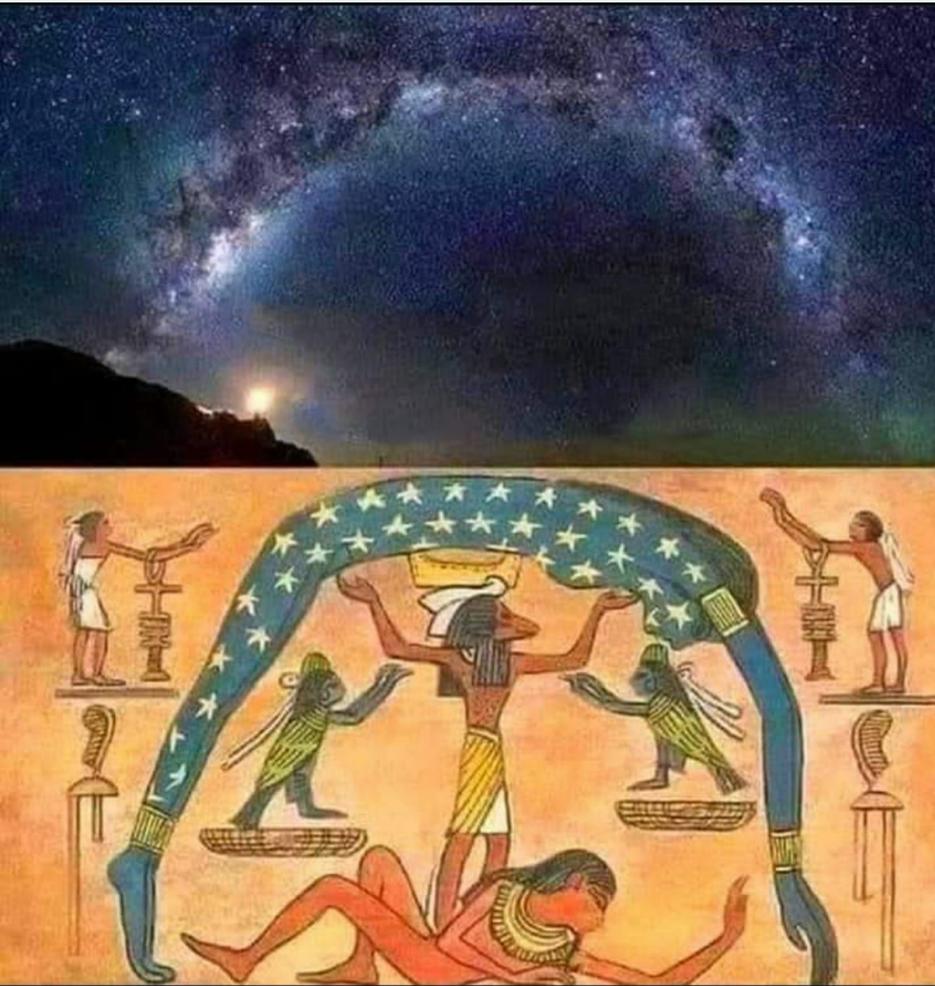
Calendários & Constelações



SUMÉRIOS são descendentes dos Anunnakis? ☺

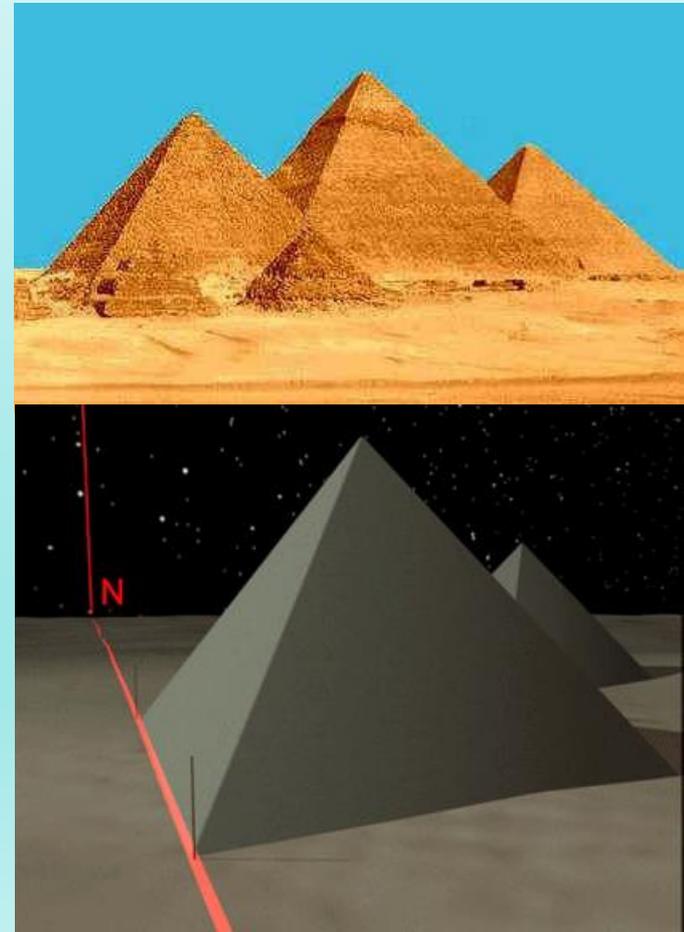


EGITO



Os egípcios, por sua vez, concebiam o céu formado pelo corpo da deusa Nut, por onde passavam dois barcos: o Sol e a Lua. A deusa Nut era amparada pelo deus do vento Chu e abaixo ficava deitada de lado a Terra, personificada pelo deus Geb.

- Criaram calendários baseados na observação das estrelas, como a estrela Sirius (Sótis).
- A astronomia estava ligada à religião e à construção de monumentos.



GREGOS



Os físicos jônicos:

physis (em grego Φύσις, "natureza")

Thales de Mileto (c 625-c 547 a.C.): água

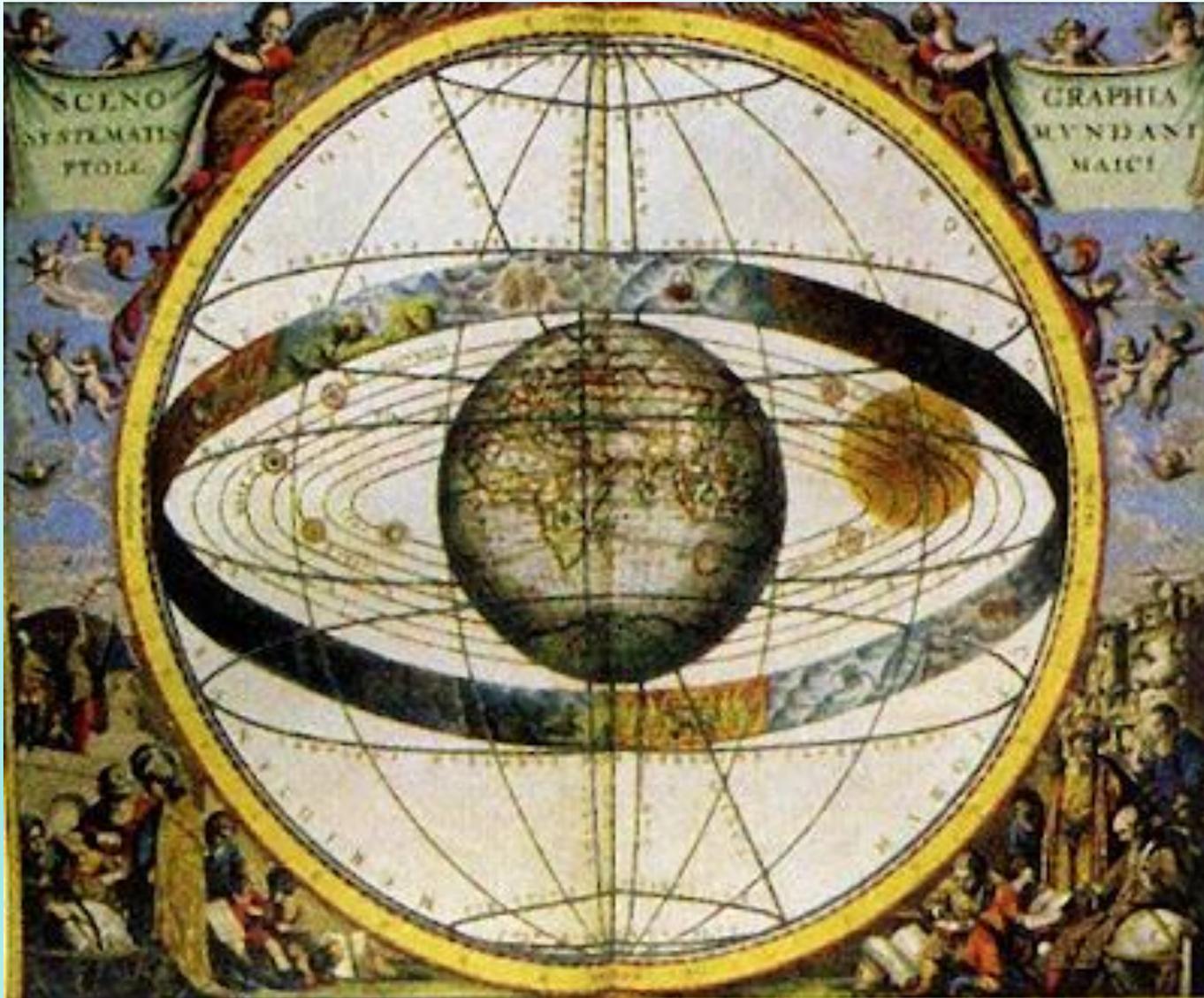
Anaximandro de Mileto (c 611 – c 547 a.C.): ápeiron (indefinido)

Anaxímenes de Mileto (c 570 – c 500 a.C.): ar

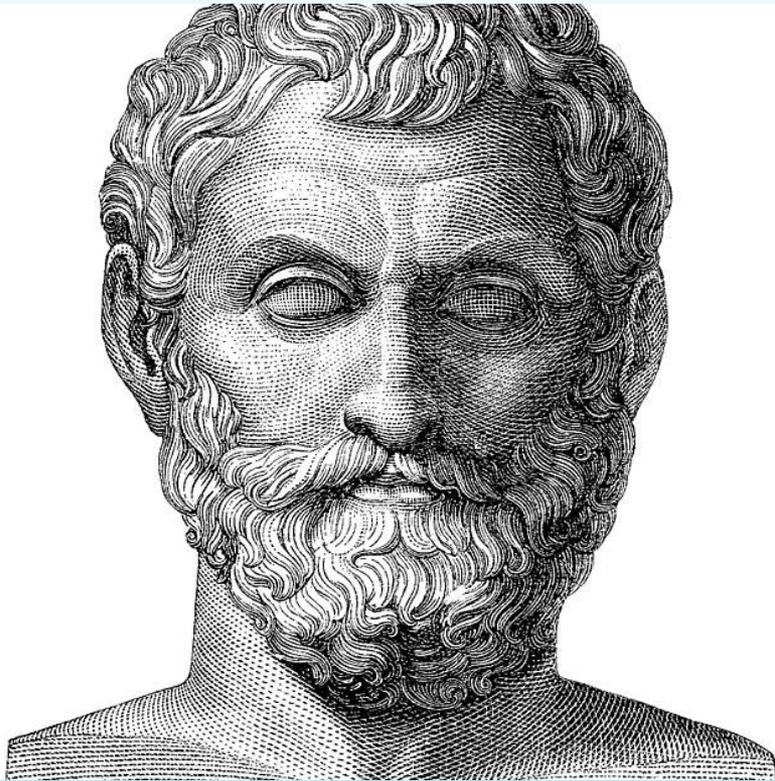
Xenófanes de Colofão (c 570 – c 480 a.C.): terra

Heráclito de Éfeso (c 540 – c 470 a.C.): fogo

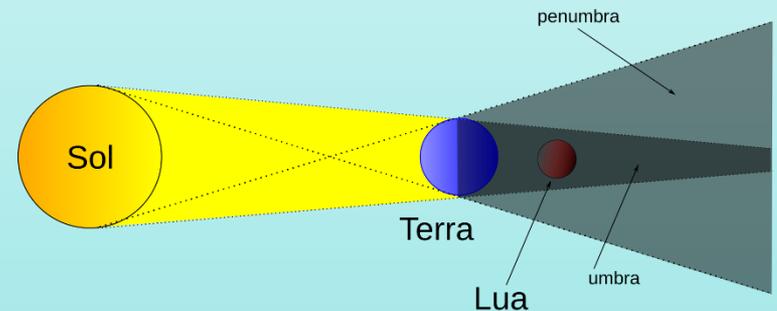
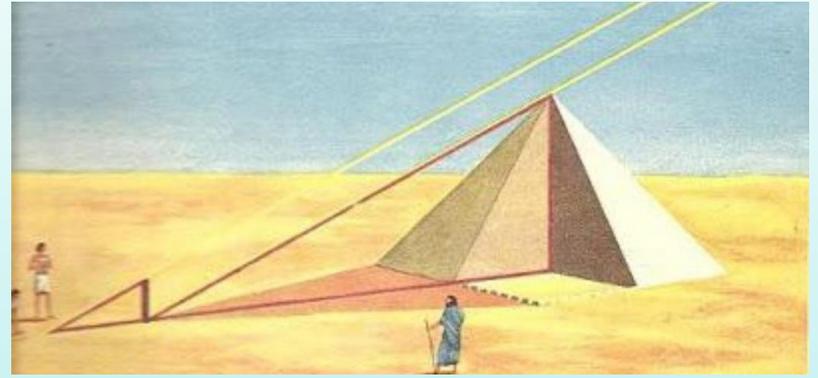
TODOS concordavam com a cosmologia geocêntrica:



GREGOS

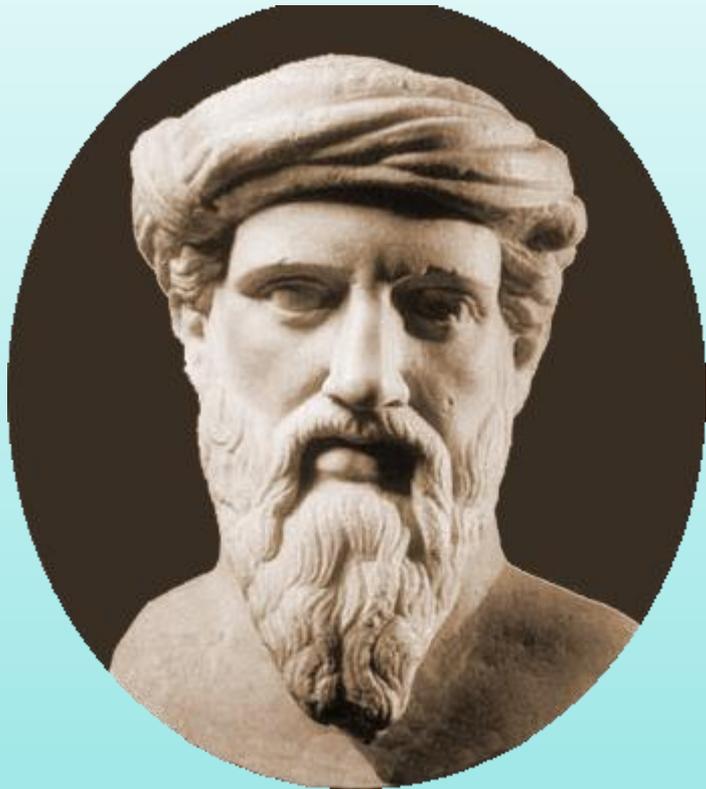


Thales de Mileto (c 625-c 547 a.C.)

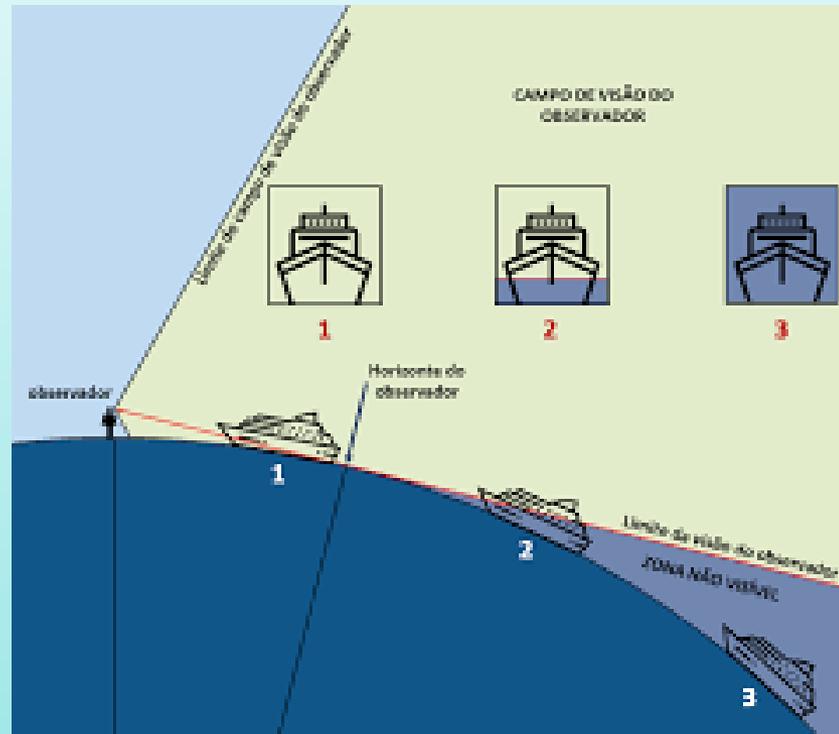


Na época de Tales já se sabia que a Lua era iluminada pelo Sol (fases), que um ano dura cerca de 365 dias e que os eclipses são produzidos em ciclos que se repetem a cada 223 ciclos lunares. Tales deu a explicação para os eclipses e previu o eclipse de 585 a.C. parando uma guerra entre o lídios e os persas.

GREGOS

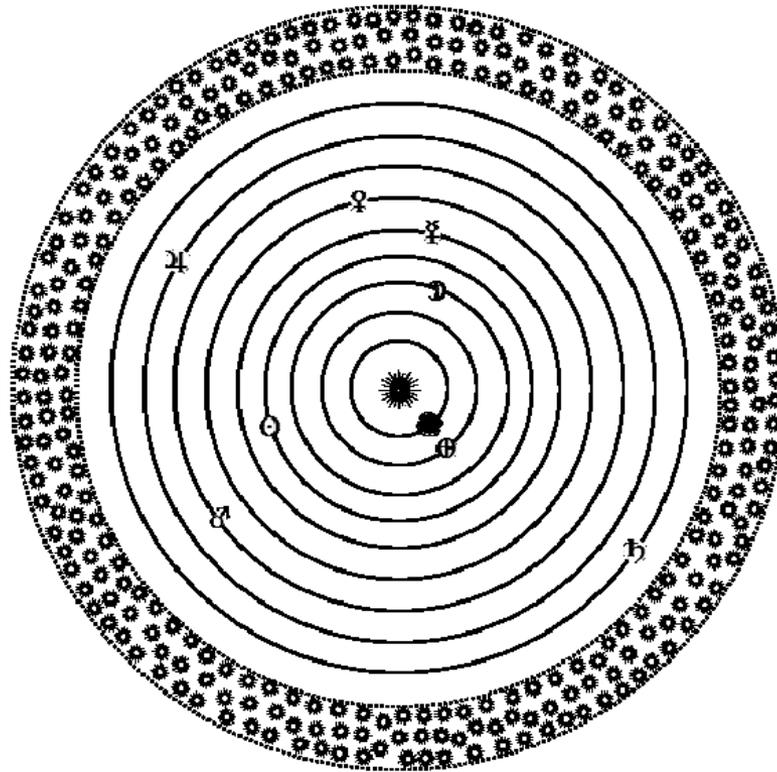
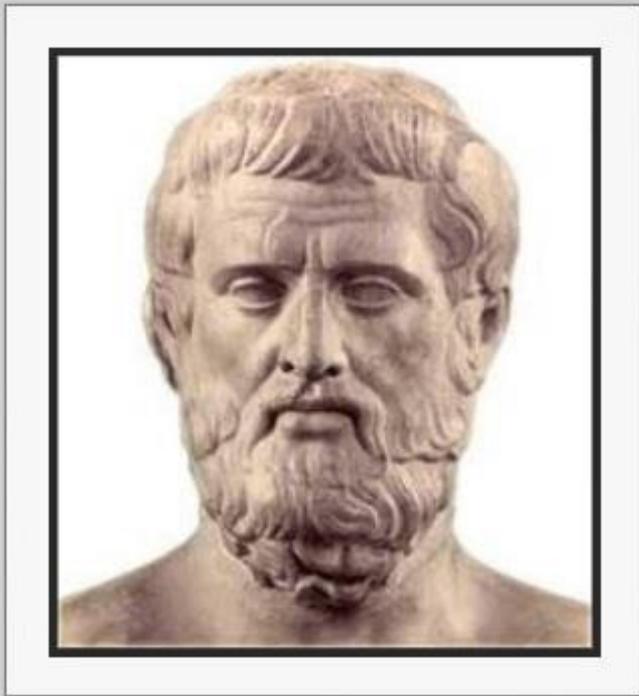


Pitágoras de Samos (c 570-495 a.C.)



➤ A Terra é esférica!

GREGOS



- ☀ Fogo Central
- Anti-Terra
- ⊕ Terra
- ☾ Lua
- ☉ Sol
- ☿ Mercúrio
- ♀ Vênus
- ♂ Marte
- ♃ Júpiter
- ♄ Saturno
- ☼ Estrelas Fixas

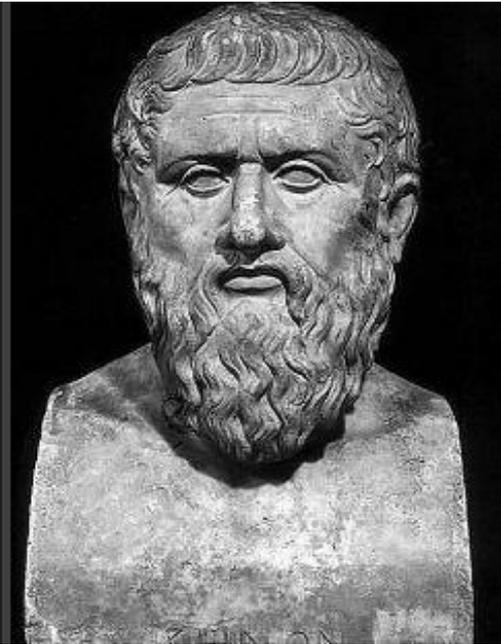
Filolau de Crotona (c 470-385 a.C.)

GREGOS

"A Astronomia obriga a nossa alma a olhar para cima e a levar-nos do nosso mundo para outro."

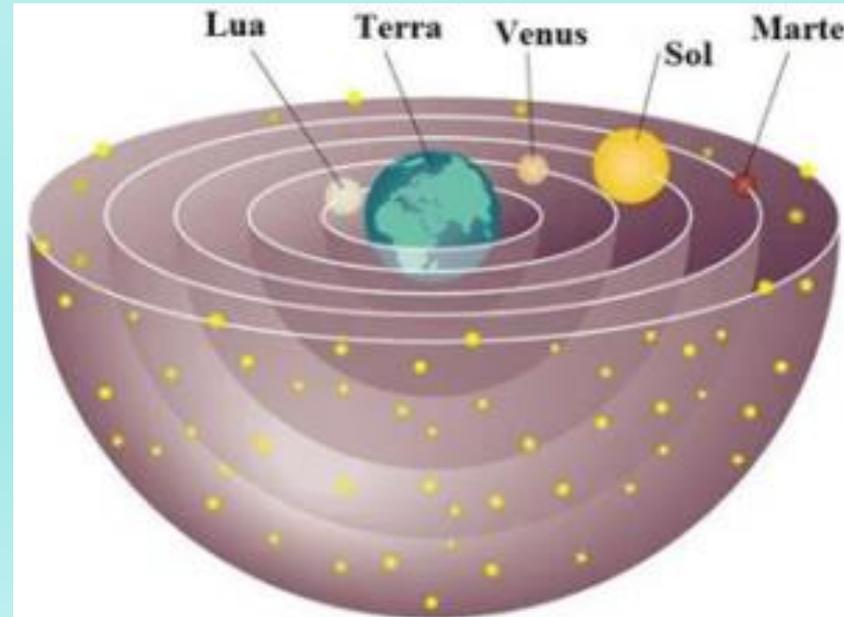
Platão

 PENSADOR



Platão (c 427-347 a.C.)

- Terra fixa no centro do universo (teoria geocêntrica).
- Planetas em espirais fixas.



GREGOS



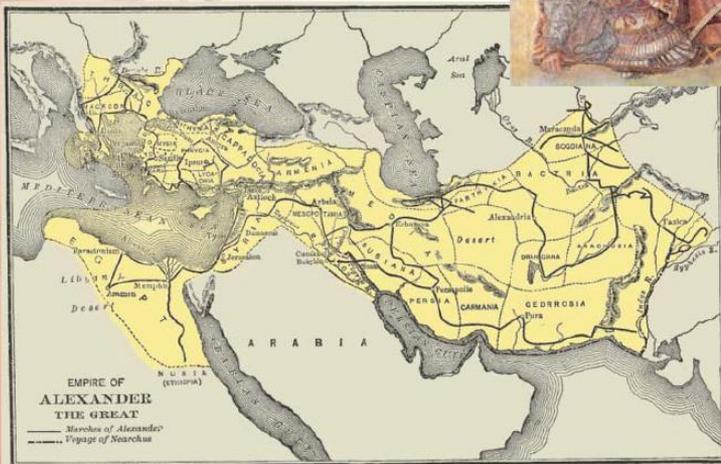
Platão (c 427 – c 347 a.C.)
e **Aristóteles** (384 – c 322 a.C.),
seu discípulo.



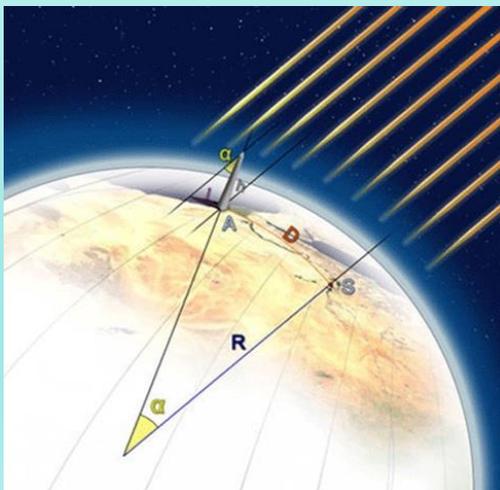
- Universo geocêntrico (e finito);
- Esferas naturais dos elementos (“caem” para elas);
- Mundo mutável e imperfeito (sublunar) e mundo imutável e perfeito (supralunar), feito de éter ;
- Camada de “ar superior” entre a esfera de fogo e a lunar, onde os fenômenos *meteorológicos* acontecem.

HELENIZAÇÃO

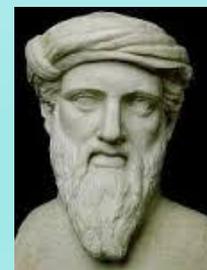
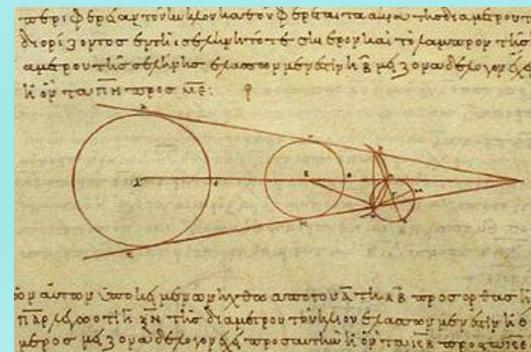
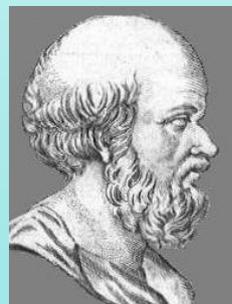
O Império de Alexandre, o Grande



A Biblioteca de Alexandria (331 a.C – 642 d.C.) possuía um acervo de 600 mil a 1 milhão de pergaminhos.



Eratóstenes de Cirene (310 – 230 a.C.): circunferência da Terra.



Aristarco de Samos (310 – 230 a.C.): primeira teoria heliocêntrica.

A BIBLIOTECA DE ALEXANDRIA



Grande Sala da Biblioteca de Alexandria.
Nos quadros: Alexandre, o Grande (esquerda) e Sérapis (direita).

- Em 332 a.C., Alexandre, o Grande, conquista a Grécia, a Ásia Menor e o Egito, decide construir uma capital que seria a cidade mais imponente do mundo;
- Com a morte de Alexandre, Ptolomeu I sobe ao trono e Alexandria torna-se o lar da primeira universidade do mundo;
- Idéia do orador ateniense Demétrio Falero;

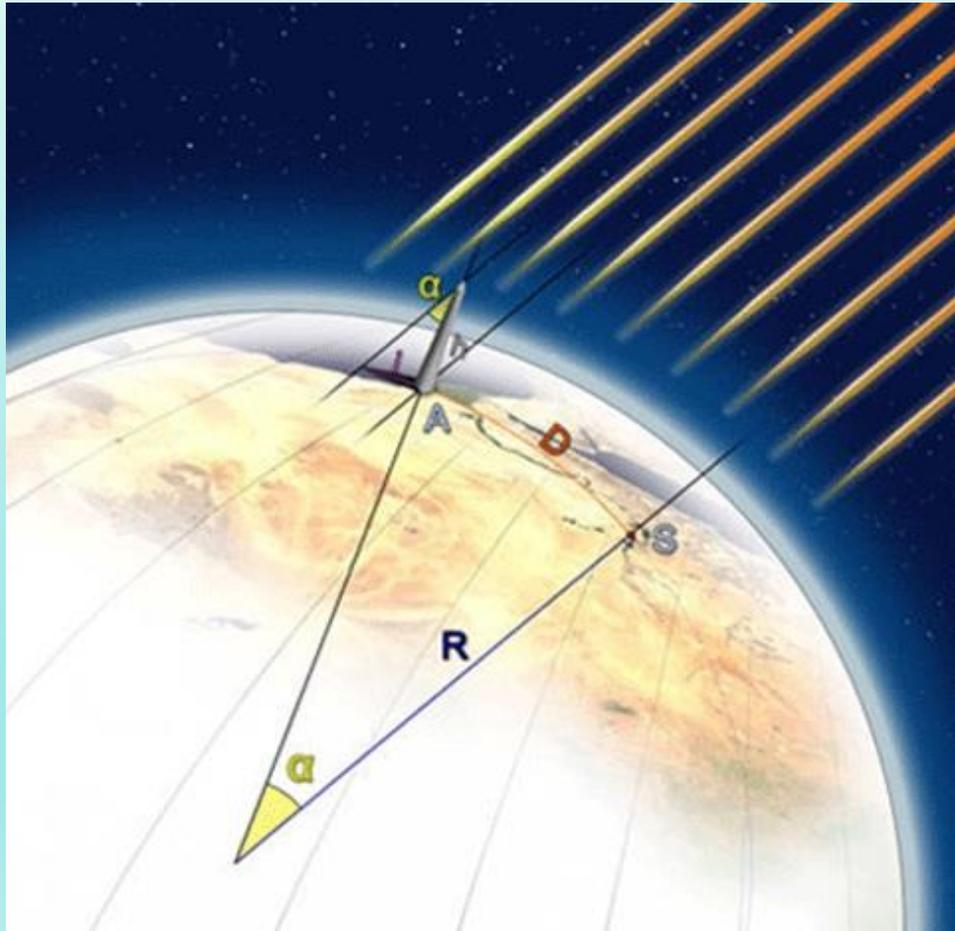
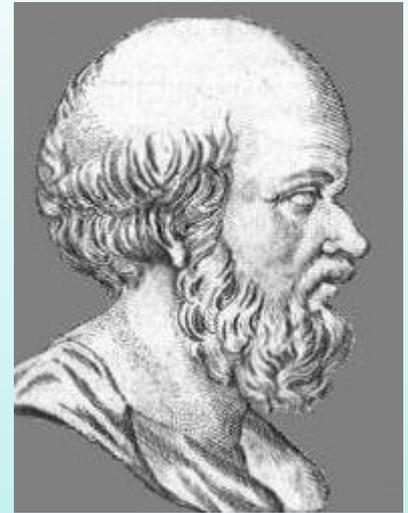
- Os livros eram adquiridos por agentes da biblioteca vasculharam Europa e Ásia comprando bibliotecas e até mesmo os navios que aportavam em Alexandria tinham seus livros confiscados. Os livros eram copiados e a cópia era dada ao antigo dono;
- Acervo de cerca de 600 mil pergaminhos escritos a mão;
- Os *Elementos* de Euclides, *Aritmética* de Diofante, o *Almagesto* de Ptolomeu, etc;



- A Biblioteca foi incendiada por Júlio César que tentou derrubar Cleópatra, em 47 a.C.;
- O imperador cristão Teodósio ordenou que o bispo de Alexandria Teófilo destruísse todos os monumentos pagãos, em 391;
- O califa Omar declarou que todos os livros contrário ao Corão fossem incendiados, em 642.

ALEXANDRIA

Eratóstenes (276 – c 194 a.C.)



- foi diretor da Biblioteca de Alexandria;
- **mediu a circunferência da Terra:**

$$\alpha = 7,2^\circ = 360^\circ / 50$$

$$5040 \text{ estádios} \times 50 = 252000 \text{ estádios}$$

$$\approx 39700 \text{ km}$$

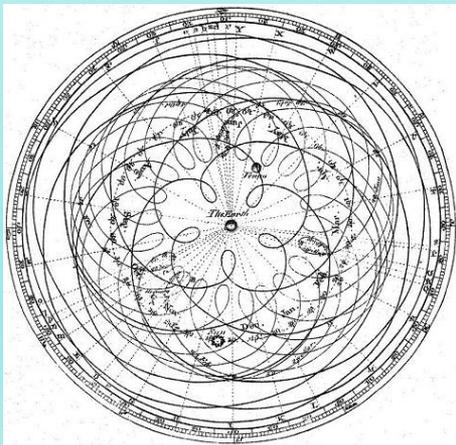
- crivo de Eratóstenes: 2,3,5,7,...;
- autor de *Geografia*, o atlas da Antiguidade, que foi obra de referência por séculos. Além dos mapas trazia uma base matemática com a introdução no globo terrestre das linhas *paralelas* e *meridianas*.

ALEXANDRIA



Claudio Ptolomeu (90 – 168 d.C.)

Famoso pelo seu tratado *Almagesto* onde descreve o sistema de mundo geocêntrico (ou ptolomaico) que perdurou por 14 séculos. Escreveu também o tratado *Geografia*.



Sistema cosmológico de Ptolomeu.



Mapa mundi de Ptolomeu.

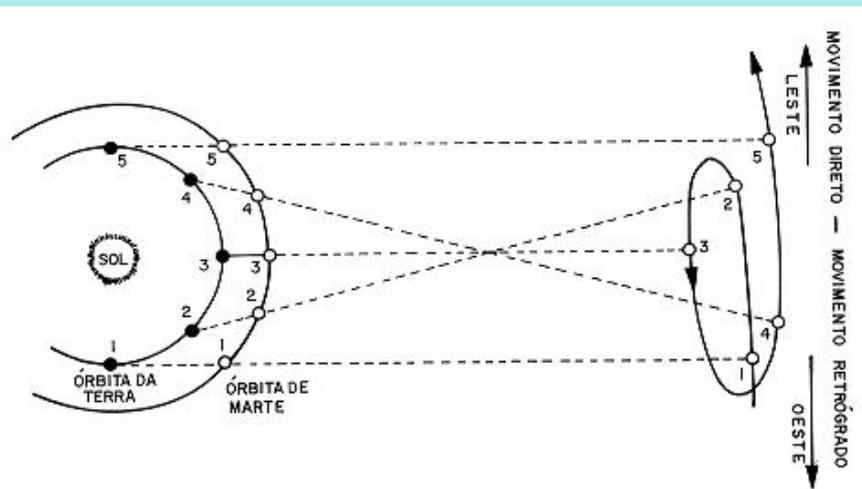


Ptolomeu e a Astronomia (séc XVI).

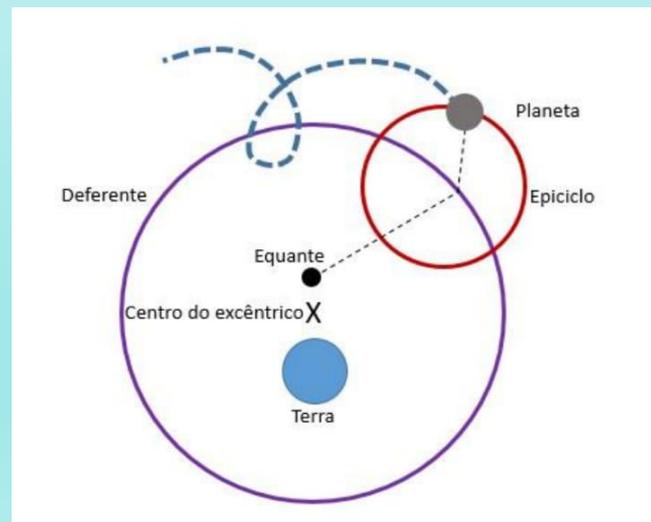
SISTEMA PTOLOMAICO



Movimento retrógrado dos planetas
("laçadas").



Claudio Ptolomeu (90 – 168 d.C.)

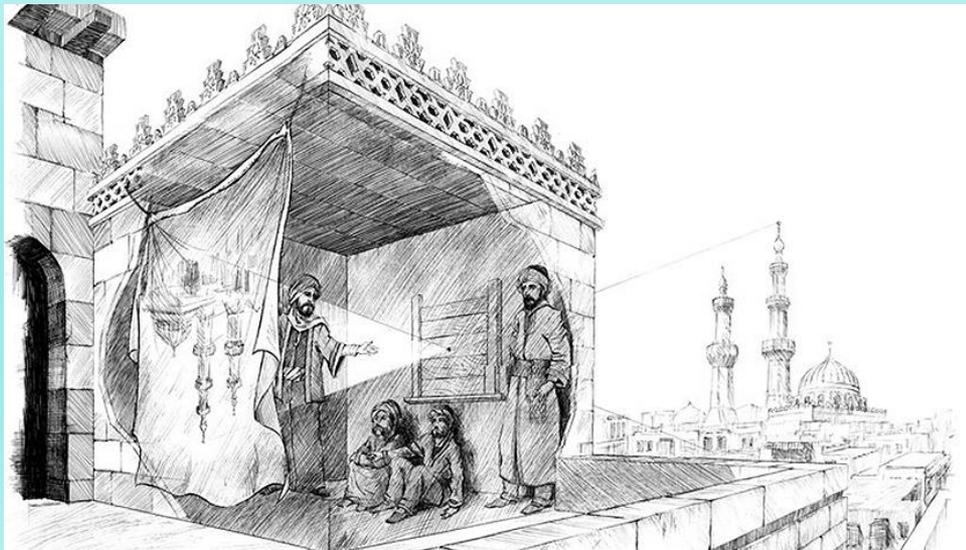
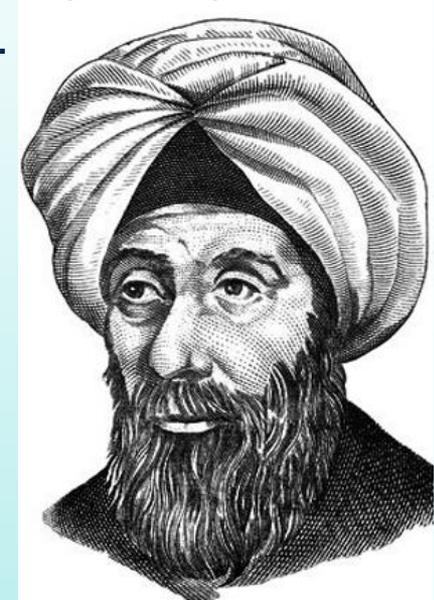


Movimento planetário de
Ptolomeu.

ÁRABES

Abū 'Alī al-Ḥasan ibn al-Haytham (965 – 1040), o “físico” Alhazen.

Físico, astrônomo e matemático árabe. Muitos o consideram o primeiro cientista, pois ele defendia que as hipóteses só poderiam ser comprovadas experimentalmente. Foi o grande pioneiro da óptica, ao publicar, no início século XI, seu tratado de 7 volumes *Livro de Óptica*, *Kitab al-Manazir*, onde propõe novas teorias sobre a luz, cor e a visão. Cita, pela primeira vez, as lentes, vidros biconvexos que utilizou para magnificar imagens.



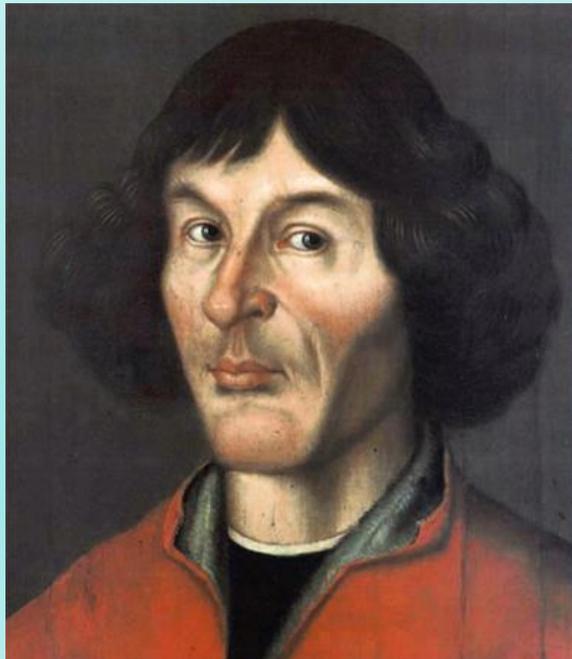
Câmara escura.



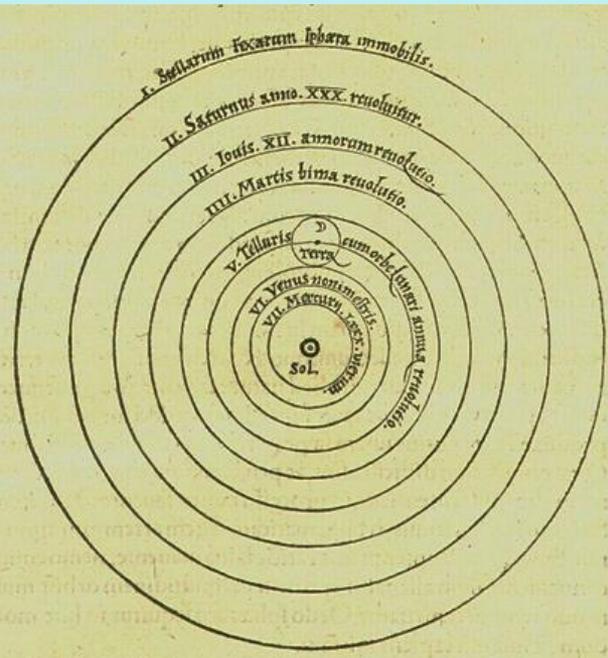
Diagrama dos olhos e dos nervos ópticos.

REVOLUÇÃO COPERNICANA

- Copérnico tinha conhecimento de que observações cuidadosas não confirmavam o sistema ptolomaico;
- Os equantes quebravam a “regra do movimento absoluto”, segundo a qual todos os corpos celestes deveriam mover-se a velocidades constantes;
- Posicionando o Sol no centro do universo e a Terra como mais um planeta, Copérnico criou um sistema cosmológico bem mais simples (heliocêntrico);
- *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (1543), ou *Sobre a Revolução dos Corpos Celestes*, foi publicado em Nuremberg pouco antes de sua morte.



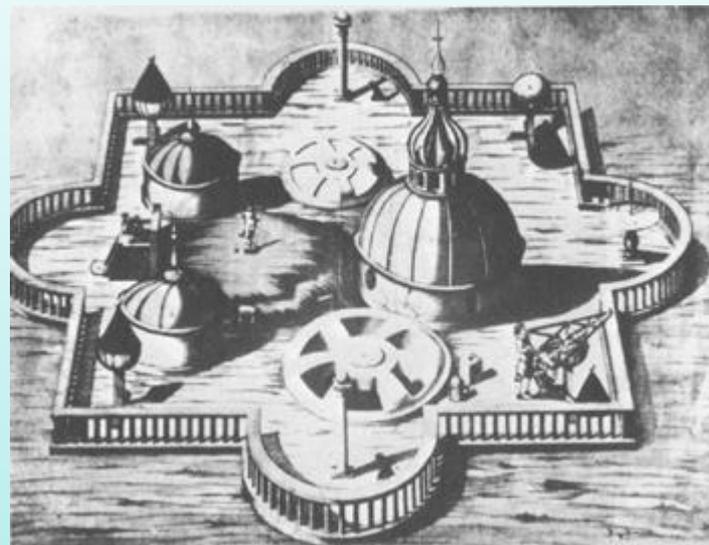
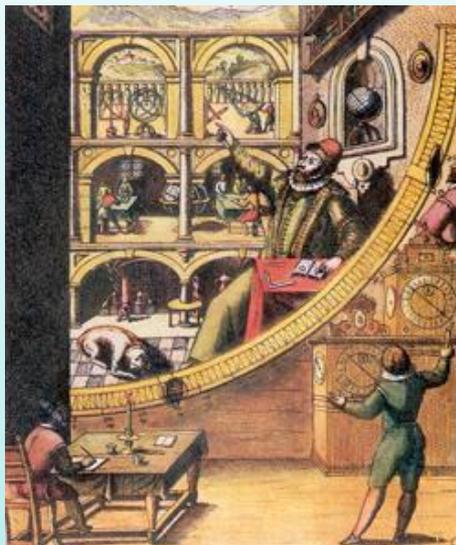
Nicolau Copérnico (1473 – 1543).



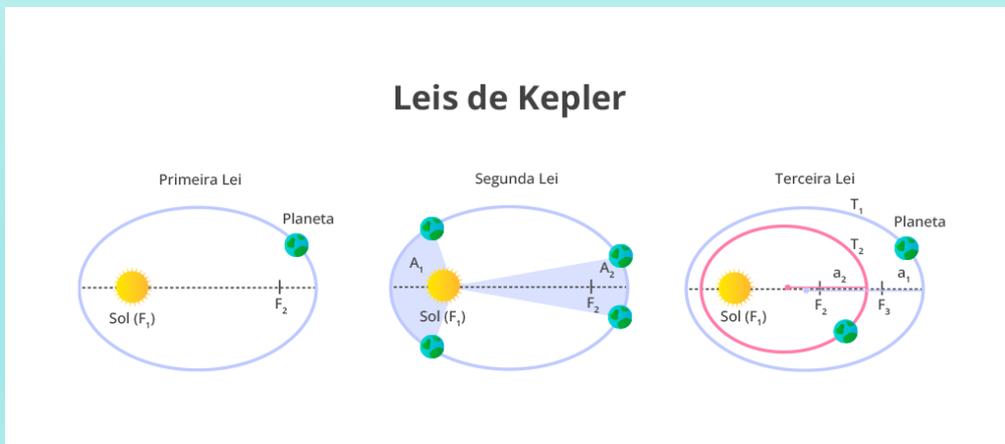
De Revolutionibus Orbium Coelestium (1543).



REVOLUÇÃO COPERNICANA



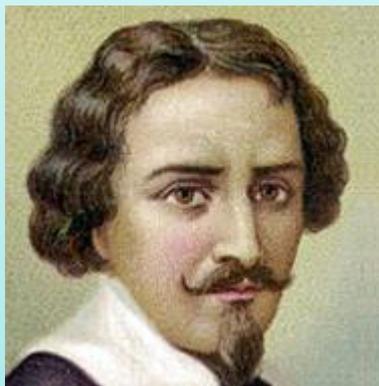
Tycho Brahe (1546 – 1601) e seu observatório de astronomia na ilha de Hven (Copenhague).



Johannes Kepler (1571 – 1630).

INVENÇÃO DO TELESCÓPIO

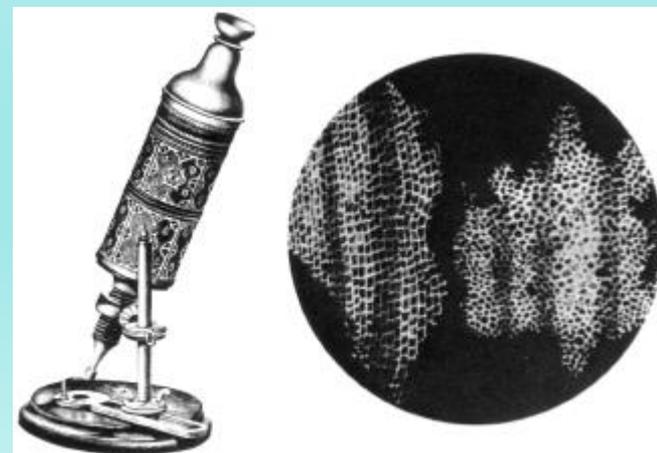
Roger Bacon (1214-1292), padre franciscano, conhecido como "*Doctor Mirabilis*", que inventou os óculos em **1268**, tendo mencionado-os em sua enciclopédia *Opus Majus*.



Em **1608**, Zacharias Janssen (1580 - 1638) constrói o primeiro microscópio composto.



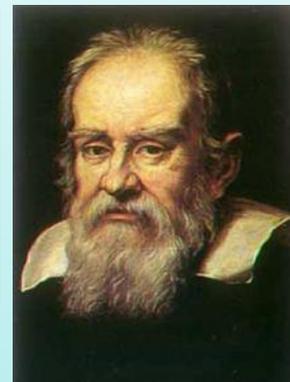
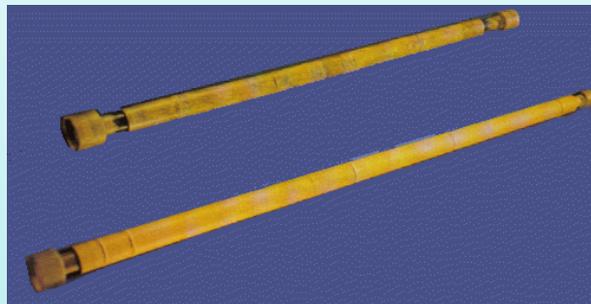
Em **1665**, em seu livro *Micrographia*, Robert Hooke (1635 - 1703) utiliza um microscópio composto para examinar amostras de cortiça e as descreve com uma coleção de *células*.



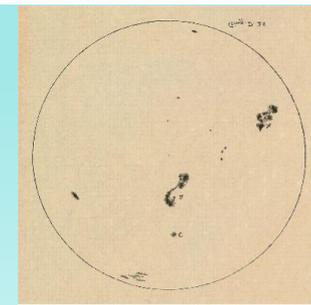
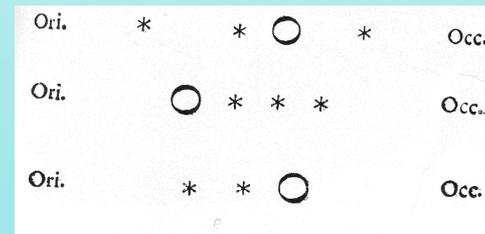
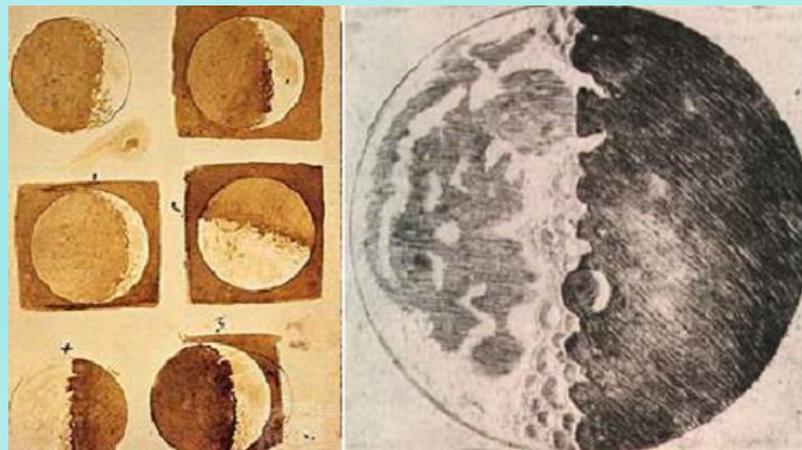
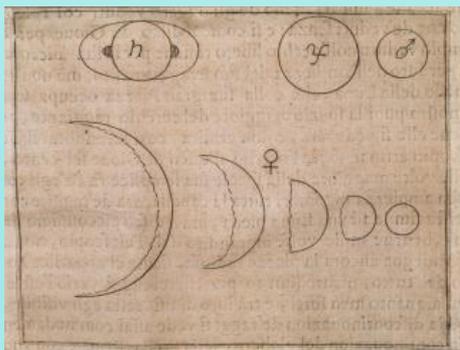
INVENÇÃO DO TELESCÓPIO



Em **1608**, o óptico holandês Hans Lippershey (1570 – 1619) deposita a patente da invenção do telescópio.



Em **1609**, o italiano Galileu Galilei (1564 - 1642) aperfeiçoa o instrumento e o aponta para o céu. Suas descobertas foram relatadas no livro *Mensageiro Sideral*, de **1610**.



INVENÇÃO DO TELESCÓPIO

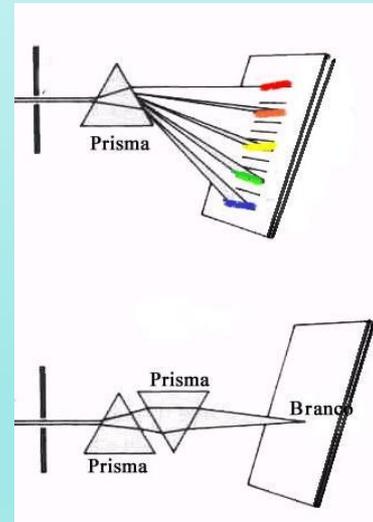
Newton deu várias contribuições para a óptica, sintetizadas em seu livro *Optiks* (1704).

- Construiu o primeiro telescópio refletor (ou newtoniano):

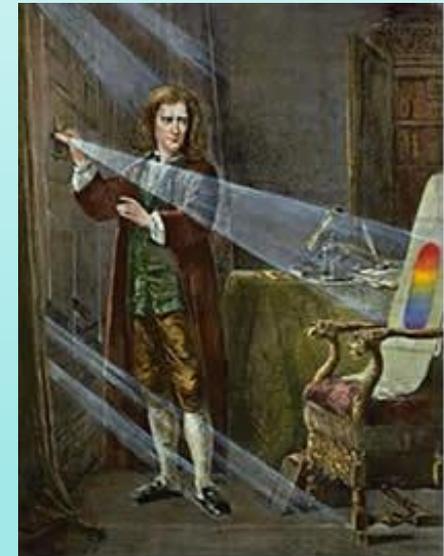


Sir Isaac Newton (1642-1727)

- Descobriu que a luz branca era uma composição de várias cores refratadas diferentemente por um prisma:



- E realizou o *experimentum crucis*:



- Apresentou também os *anéis de Newton*: