

# História da Matemática

AULA 11

UM NOVO CÉU E UMA NOVA TERRA

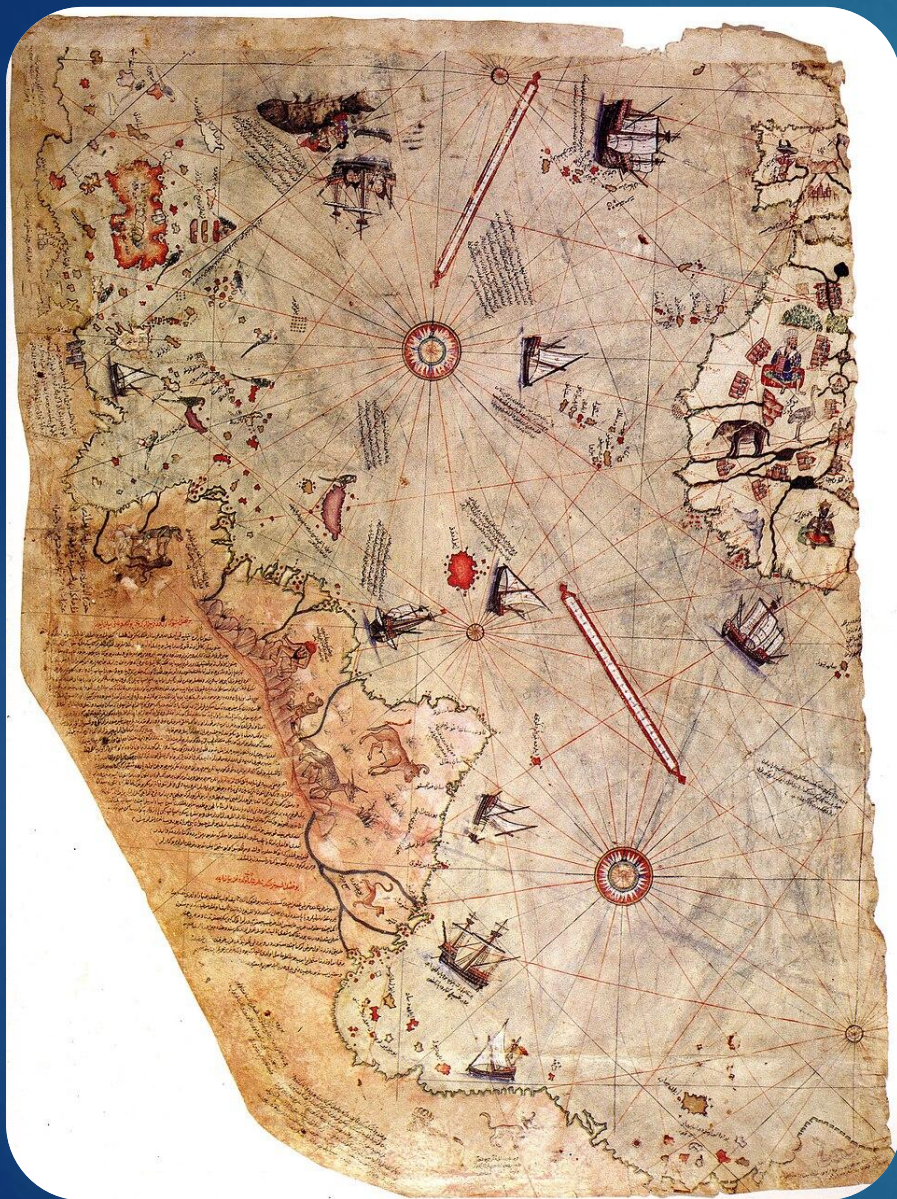


***“E vi um novo céu e uma nova terra.  
Porque já o primeiro céu  
e a primeira terra passaram,  
e o mar já não existe.”***

**Apocalipse 21:1**



Monumento em homenagem a Giordano Bruno (1548-1600). Escultura de 1889 feita pelo escultor italiano Ettore Ferrari (1845-1929) e localizada no Campo dei Fiori, em Roma, local de sua execução na fogueira.



Fragmento do Mapa Mundi de 1513 feito pelo navegador otomano Piri Reis (1465/1470 -1553). O aspecto curioso deste mapa é o fato de apresentar um detalhamento da costa da América do Sul e prever a existência do Continente Antártico, ainda desconhecido na época.

# Novos horizontes

- ▶ Vimos que a Renascença trouxe consigo novas necessidades intelectuais que desencadearam o avanço das ciências em geral, em particular, da Matemática.

# Novos horizontes

- ▶ Vimos que a Renascença trouxe consigo novas necessidades intelectuais que desencadearam o avanço das ciências em geral, em particular, da Matemática.
- ▶ A noção de perspectiva na arte, desencadeou o desenvolvimento do que seria posteriormente conhecido como Geometria Projetiva.

# Novos horizontes

- Os métodos de solução de equações de terceiro e quarto graus logo levaram a situações em que o uso de números negativos (e números imaginários) seria um artifício indispensável para a resolução de problemas. Isto, conceitualmente, levou ao desenvolvimento dos números complexos.

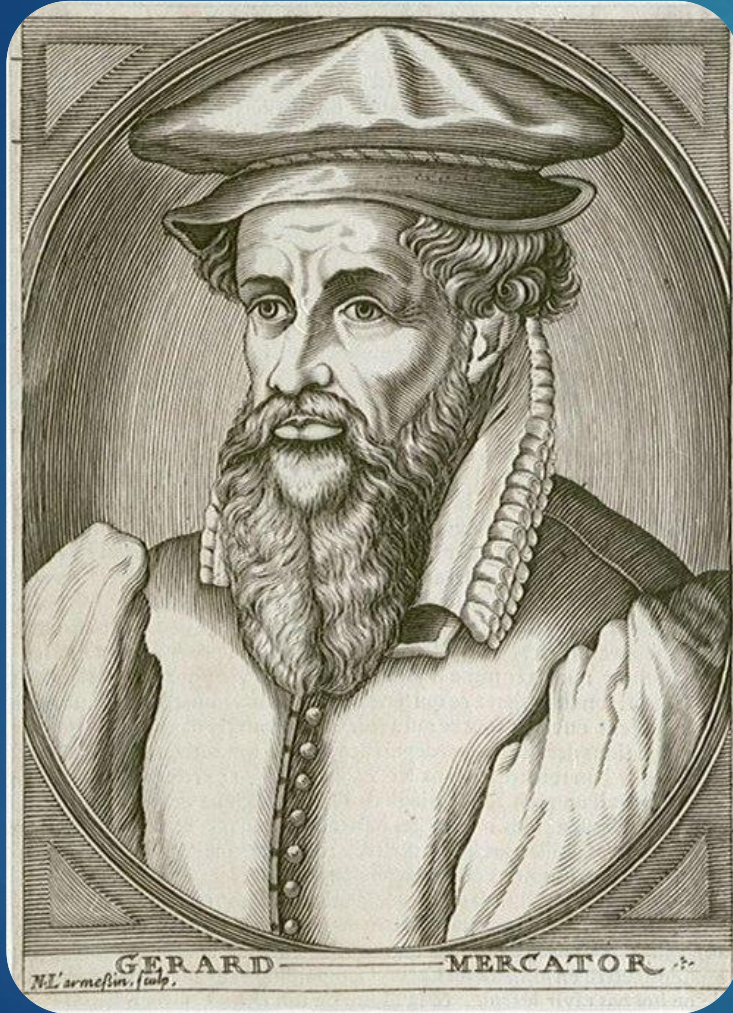
# Novos horizontes

- ▶ As grandes navegações trouxeram a necessidade de confeccionar mapas mais precisos para que o navio pudesse atravessar o oceano munido apenas com seus instrumentos de navegação sem que isso representasse uma aposta na incerteza.

# Novos horizontes

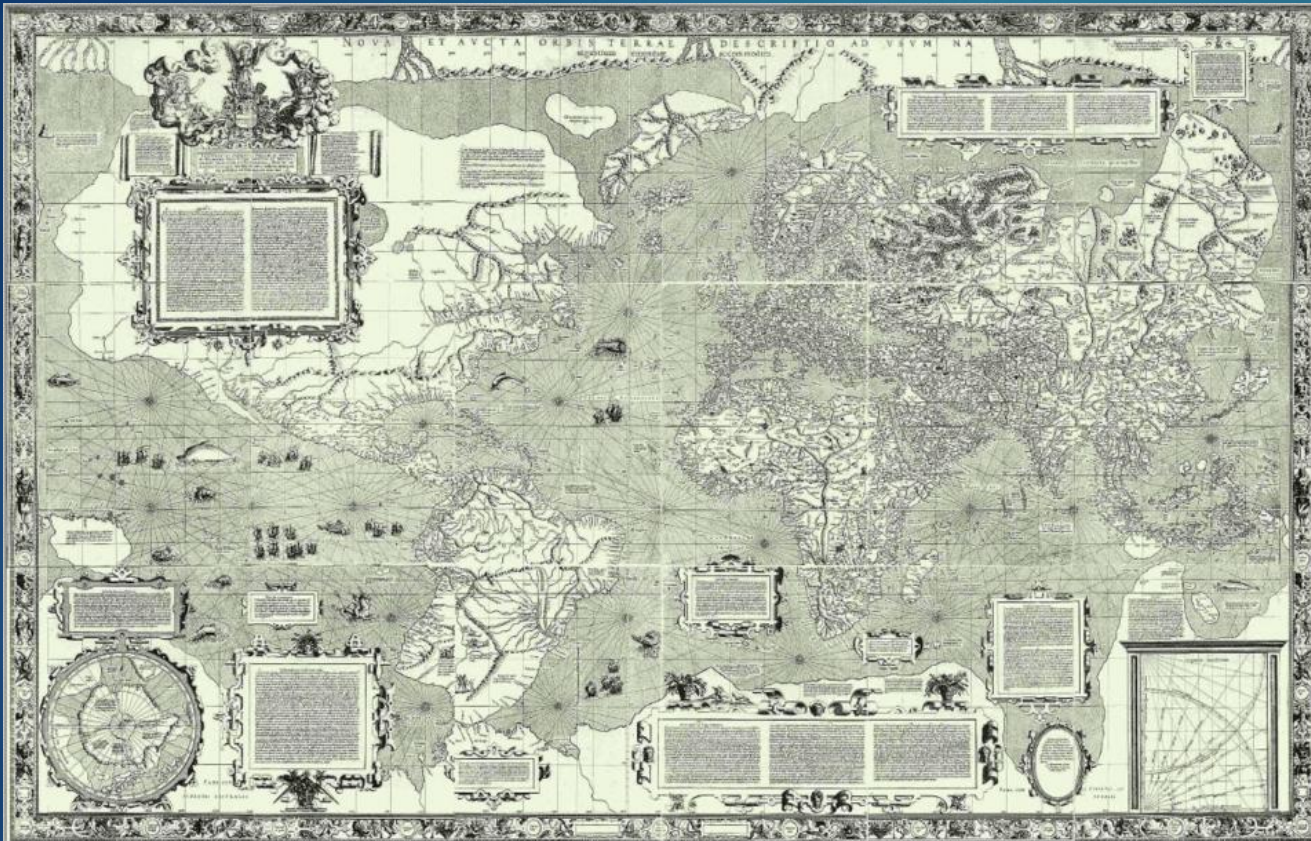
- ▶ Um notável cartógrafo marcou seu nome na história ao introduzir uma nova metodologia de se desenhar o Mapa Mundi:

# Novos horizontes



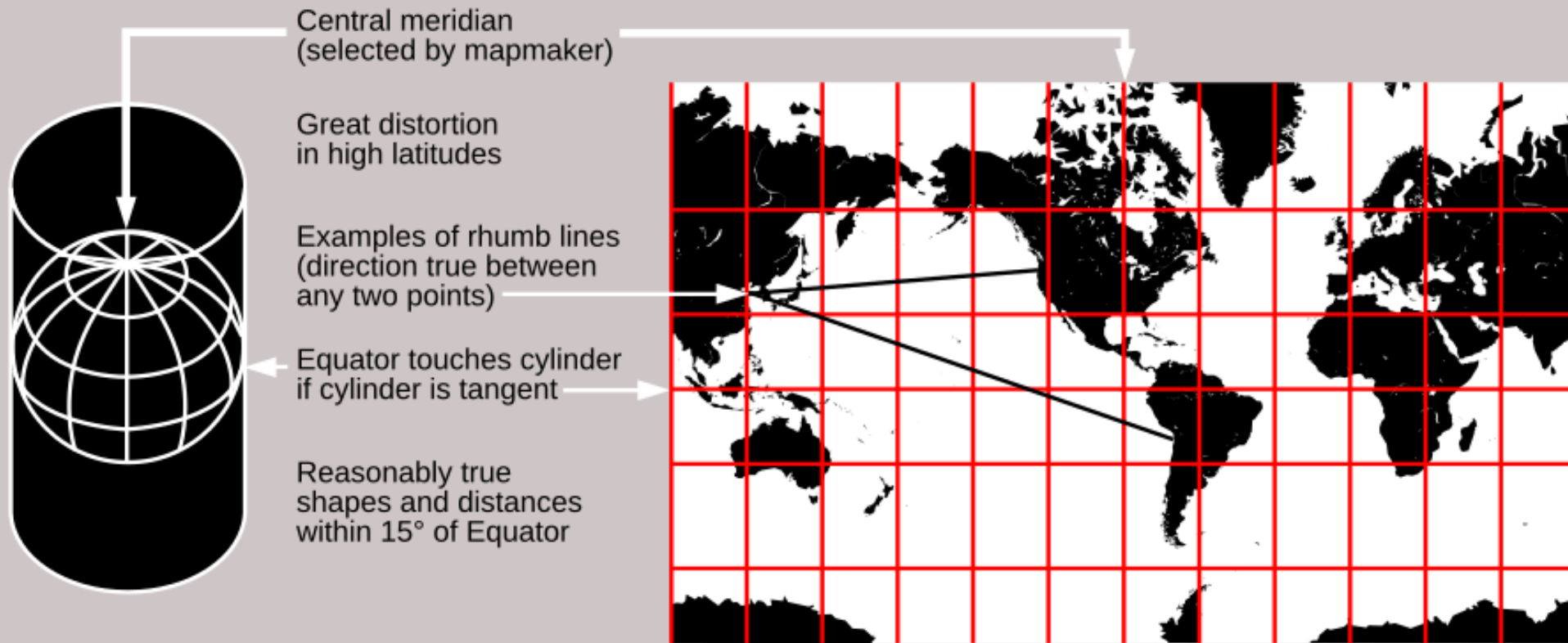
Gerardus Mercator  
(1512 -1594)

# Novos horizontes

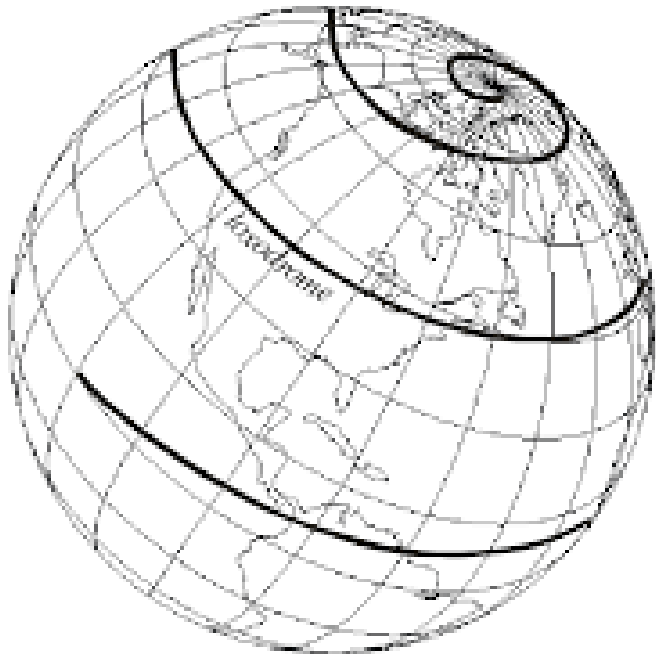


G. Mercator:  
Nova et Aucta Orbis  
Terrae Descriptio ad  
Usus Navigantium  
Emendate (1569)

# Novos horizontes

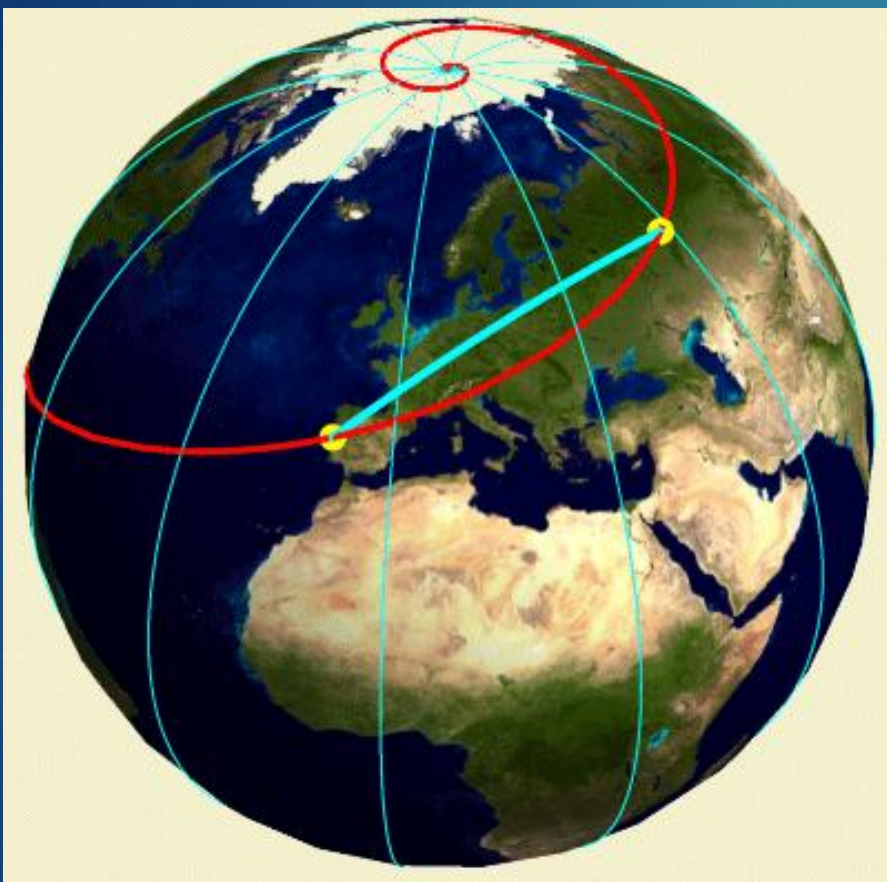


# Novos horizontes



Na projeção de Mercator, as linhas retas no mapa correspondem às curvas no Globo Terrestre chamadas Loxodromes.

# Novos horizontes



As Loxodromes não são o caminho mais curto entre dois pontos na superfície do Globo Terrestre. Essas curvas de menor distância são chamadas de Geodésicas e correspondem aos grandes círculos, isto é, a intersecção da superfície da esfera com o plano que passa pelo seu centro.

# Novos horizontes

- ▶ Vários autores contribuíram para o aprimoramento da projeção de Mercator:

# Novos horizontes

- ▶ Vários autores contribuíram para o aprimoramento da projeção de Mercator:
- ▶ Pedro Nunes (1502-1578), matemático e cosmógrafo português, que primeiro descreveu a loxodromia e o seu uso em navegação, sugerindo que o Mundo fosse representado através de numerosas cartas náuticas de grande escala (Atlas), na projeção cilíndrica equidistante, de modo a minimizar as deformações angulares em cada uma delas.

# Novos horizontes

- ▶ Vários autores contribuíram para o aprimoramento da projeção de Mercator:
- ▶ Edward Wright (c. 1558-1615), matemático inglês, foi o primeiro a formalizar matematicamente a projeção de Mercator (1599). Publicou tabelas destinadas à sua construção (1599, 1610).

# Novos horizontes

- ▶ Vários autores contribuíram para o aprimoramento da projeção de Mercator:
- ▶ Thomas Harriot (1560-1621) e Henry Bond (c.1600-1678), matemáticos ingleses que, independentemente, associaram a projeção de Mercator à sua fórmula logarítmica moderna, mais tarde formalmente deduzida através do Cálculo.

# Eppur si muove!

- ▶ Dois eventos na virada da Idade Média para a Idade Moderna foram importantes para o impulso de novas observações astronômicas:

# Eppur si muove!

- ▶ Dois eventos na virada da Idade Média para a Idade Moderna foram importantes para o impulso de novas observações astronômicas:
- ▶ O advento das grandes navegações, que demandava uma medida mais precisa da localização das estrelas para a determinação da latitude usando os instrumentos de navegação e observação da época (astrolábios e sextantes).

# Eppur si muove!



Astrolábio



Sextante

# Eppur si muove!

- ▶ Dois eventos na virada da Idade Média para a Idade Moderna foram importantes para o impulso de novas observações astronômicas:
- ▶ A mudança do Calendário Juliano para o Calendário Gregoriano, promulgada pelo Papa Gregório XIII (1502-1585) no ano de 1582. Na elaboração desse calendário participaram, entre outros, o Matemático e Astrônomo Jesuíta alemão Christophorus Clavius (1538-1612).

# Eppur si muove!



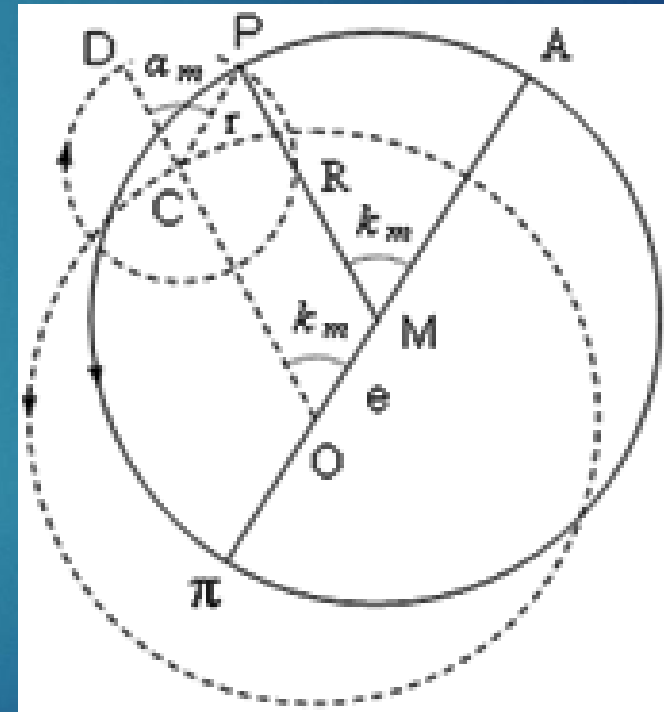
Christophorus Clavius  
(1538 -1612).

# Eppur si muove!

- ▶ O Sistema Geocêntrico Ptolomaico estava estabelecido nos círculos acadêmicos e dava conta de explicar com certa precisão os movimentos retrógrados aparentes dos planetas usando os epiciclos.

# Eppur si muove!

- Epiciclos da teoria Ptolomaica:



# Eppur si muove!

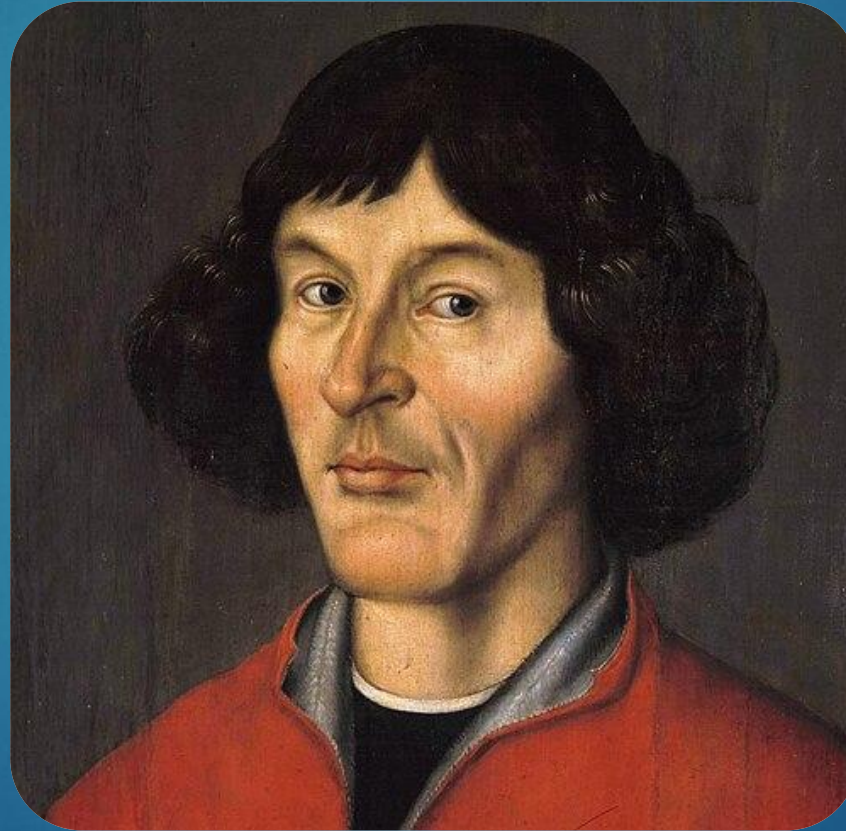
- ▶ O uso de epiciclos na teoria Ptolomaica, de fato, pode levar a resultados precisos, com qualquer grau de precisão, desde que se acrescente mais epiciclos. A razão disso reside na teoria de Fourier, podemos expandir funções periódicas em termos de uma série envolvendo senos e cossenos. Quantos mais termos forem levados em conta na série, melhor será a aproximação.

# Eppur si muove!

- ▶ Mas então, vem o nosso próximo personagem:
- ▶ Nicolau Copérnico (Mikolaj Kopernik ou Niklas Koppernigk) (Torun, 19 de Fevereiro de 1473 - Frombork, 24 de maio de 1543).

# Eppur si muove!

► Nicolau Copérnico (1473-1543)



# Eppur si muove!

► Nicolau Copérnico (1473-1543)



Pintura: Astronomer  
Copernicus, or  
Conversations with God  
(1873).  
Jan Matejko (1838-1893)

# Eppur si muove!

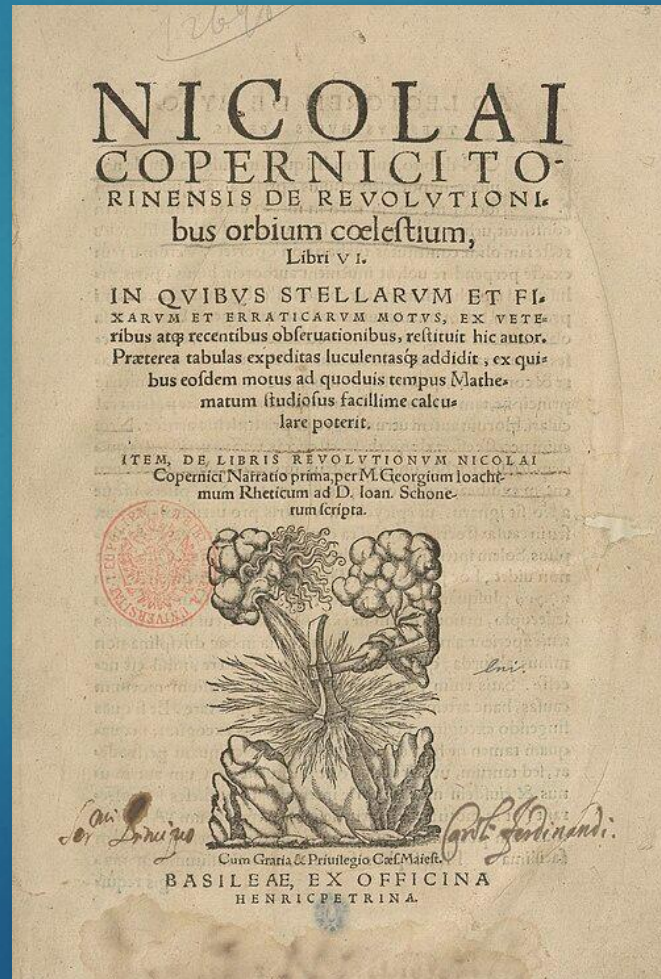
- ▶ Nicolau Copérnico (1473-1543).
- ▶ Copérnico era um polímata (matemático, astrônomo, jurista, físico, governador, diplomata e economista, estudioso de arte clássica, tradutor e artista) e um clérigo da Igreja Católica Romana.

# Eppur si muove!

- ▶ Nicolau Copérnico (1473-1543).
- ▶ Copérnico era um polímata (matemático, astrônomo, jurista, físico, governador, diplomata e economista, estudioso de arte clássica, tradutor e artista) e um clérigo da Igreja Católica Romana.
- ▶ Sua obra astronômica mais importante foi “De Revolutionibus Orbium Coelestium” (Sobre a Revolução das Esferas Celestes).

# Eppur si muove!

- “De Revolutionibus Orbium Coelestium” (1543)



# Eppur si muove!

- “De Revolutionibus Orbium Coelestium” (1543)



# Eppur si muove!

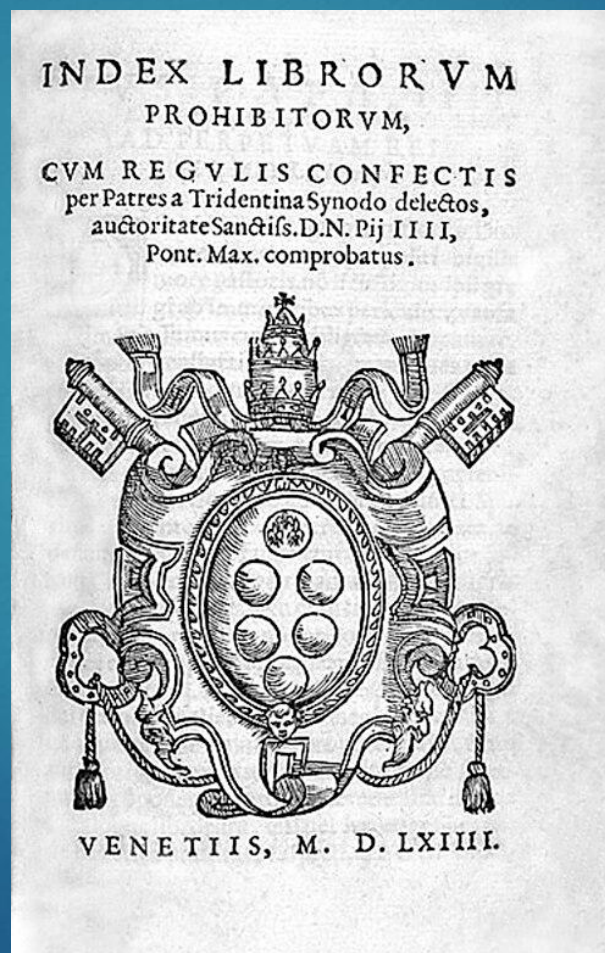
- ▶ A teoria Copernicana iria enfrentar uma resistência dentro da Igreja Católica Romana:
- ▶ Lembremos que, em 31 de outubro de 1517, Martinho Lutero publica suas 95 teses na porta da Catedral de Wittenberg, dando início a um processo histórico que hoje é conhecido como Reforma Protestante.

# Eppur si muove!

- ▶ A teoria Copernicana iria enfrentar uma resistência dentro da Igreja Católica Romana:
- ▶ Lembremos que, em 31 de outubro de 1517, Martinho Lutero publica suas 95 teses na porta da Catedral de Wittenberg, dando início a um processo histórico que hoje é conhecido como Reforma Protestante.
- ▶ Em reação, o Papa Paulo III reestabelece o Inquisição em 1542 e convoca o Concílio de Trento em 1545. Como consequência, é promulgado o “Index Librorum Prohibitorum” no ano de 1559 (sob o Papa Paulo IV).

# Eppur si muove!

- ▶ “Index Librorum Prohibitorum”.

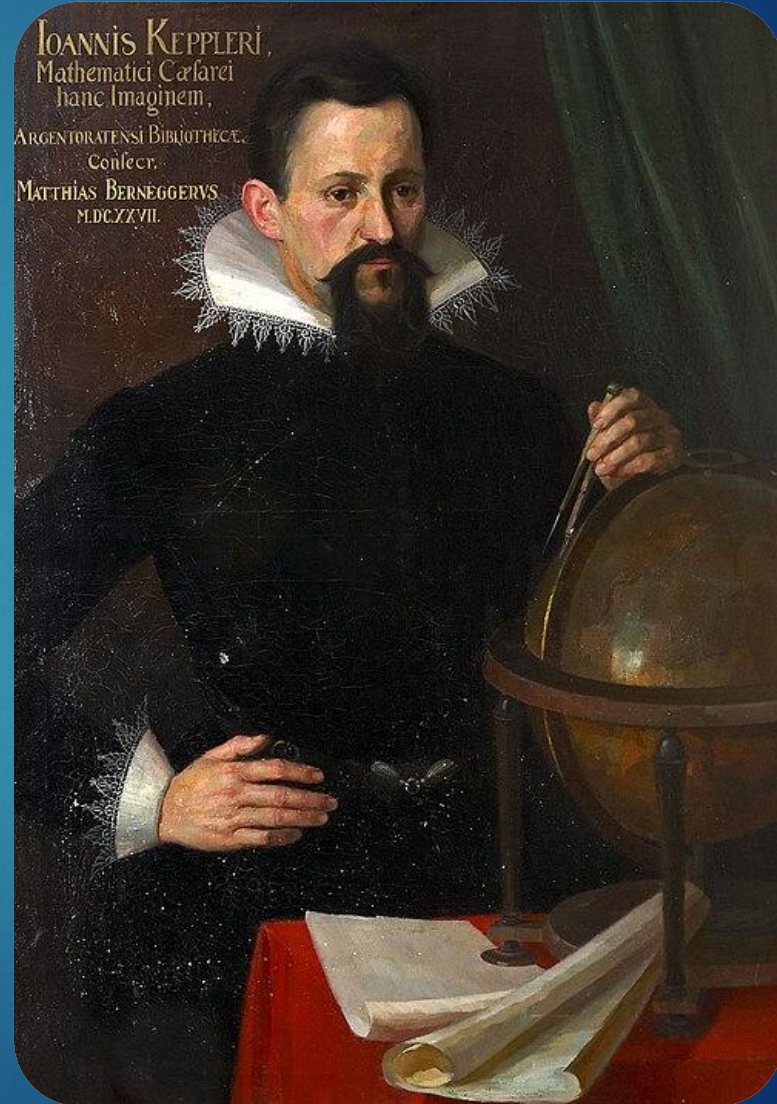


# Eppur si muove!

- ▶ Johannes Kepler (Weil der Stadt, 27 de dezembro de 1571- Ratisbona, 15 de novembro de 1630).

# Eppur si muove!

- ▶ Johannes Kepler (1571-1630).



# Eppur si muove!

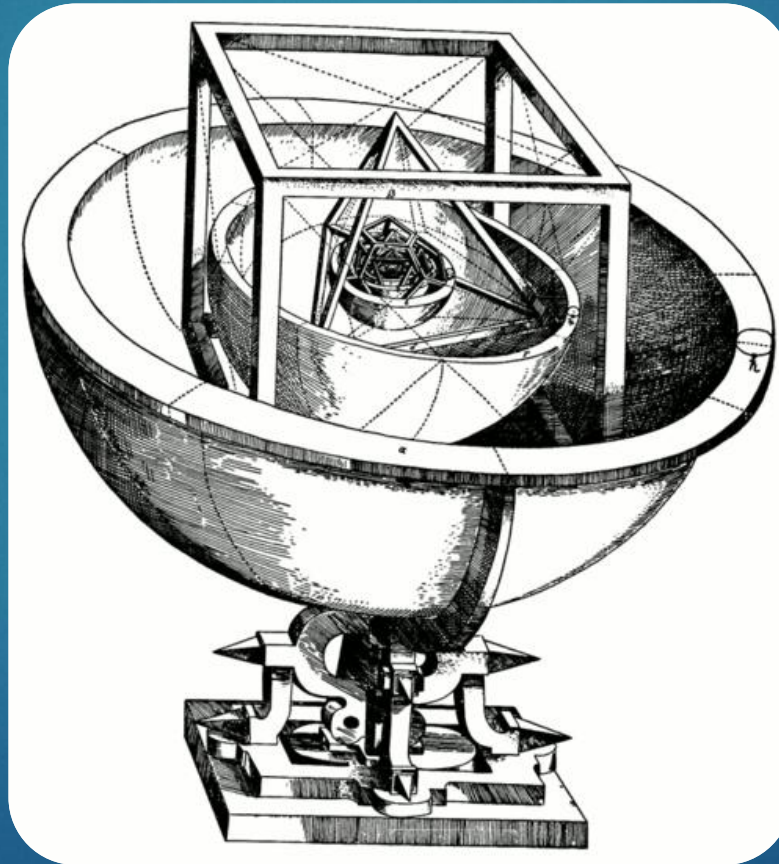
- ▶ As obras mais importantes de Kepler são:

# Eppur si muove!

- ▶ As obras mais importantes de Kepler são:
- ▶ *Mysterium Cosmographicum* (1595). Nesta obra, Kepler tenta relacionar as órbitas dos planetas (no Sistema Heliocêntrico) com os raios de esferas concêntricas inscritas e circunscritas em poliedros regulares.

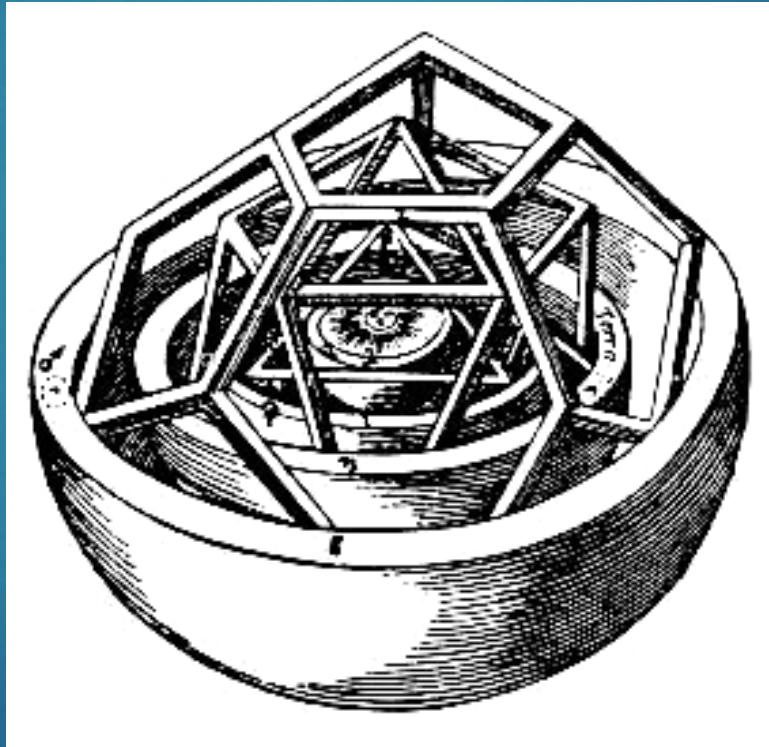
# Eppur si muove!

- Misterium Cosmographicum (1595).



# Eppur si muove!

- Misterium Cosmographicum (1595).

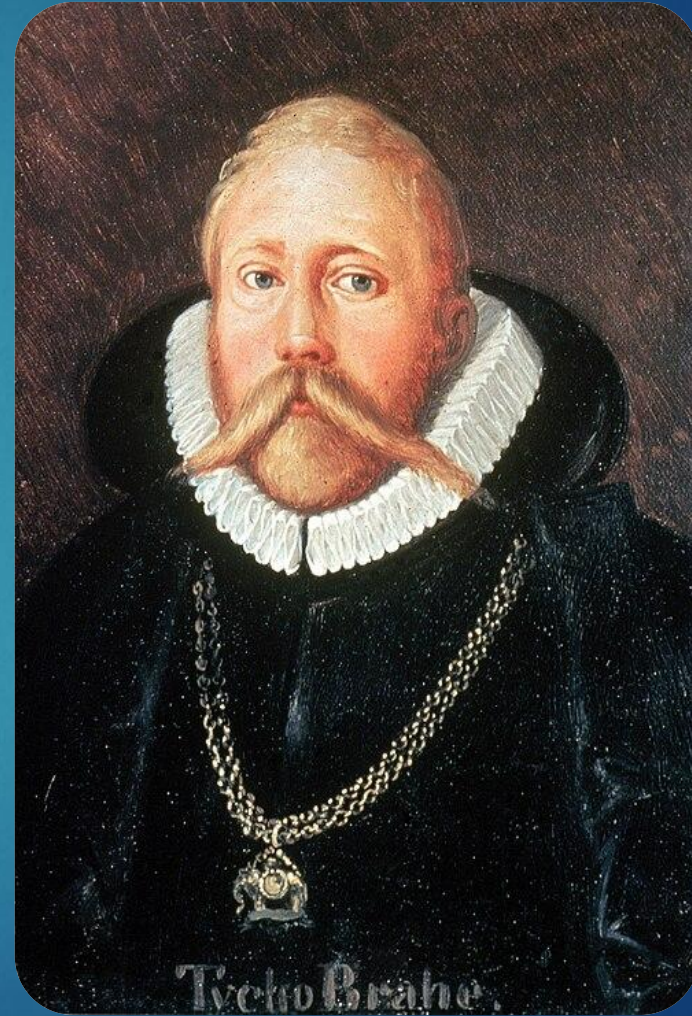


# Eppur si muove!

- ▶ Em Praga, Kepler trabalhou como assistente de Tycho Brahe (1546-1601).

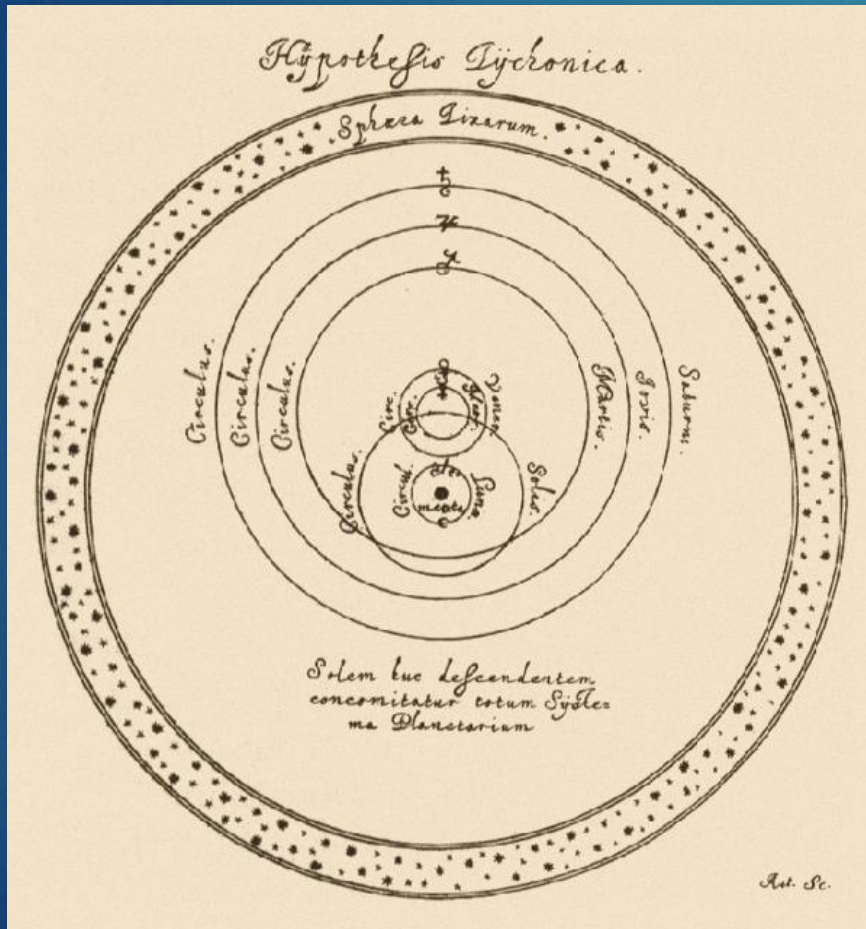
# Eppur si muove!

- ▶ Tycho Brahe (1546-1601).



# Eppur si muove!

- Tycho Brahe (1546-1601).



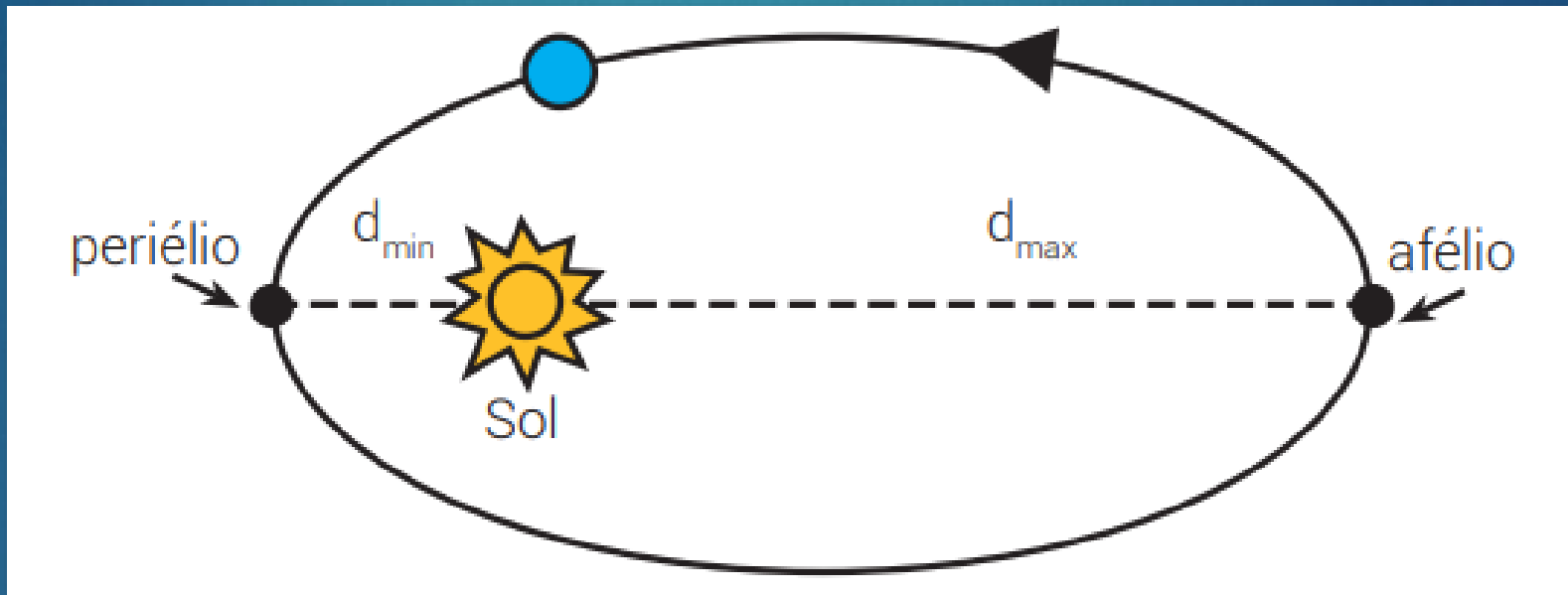
Sistema Geocêntrico  
misto de Tycho Brahe

# Eppur si muove!

- ▶ Em Praga, Kepler trabalhou como assistente de Tycho Brahe (1546-1601). E foi a época em que obteve a maior parte dos dados astronômicos que motivaram suas formulações posteriores das hoje conhecidas como “Leis de Kepler”.

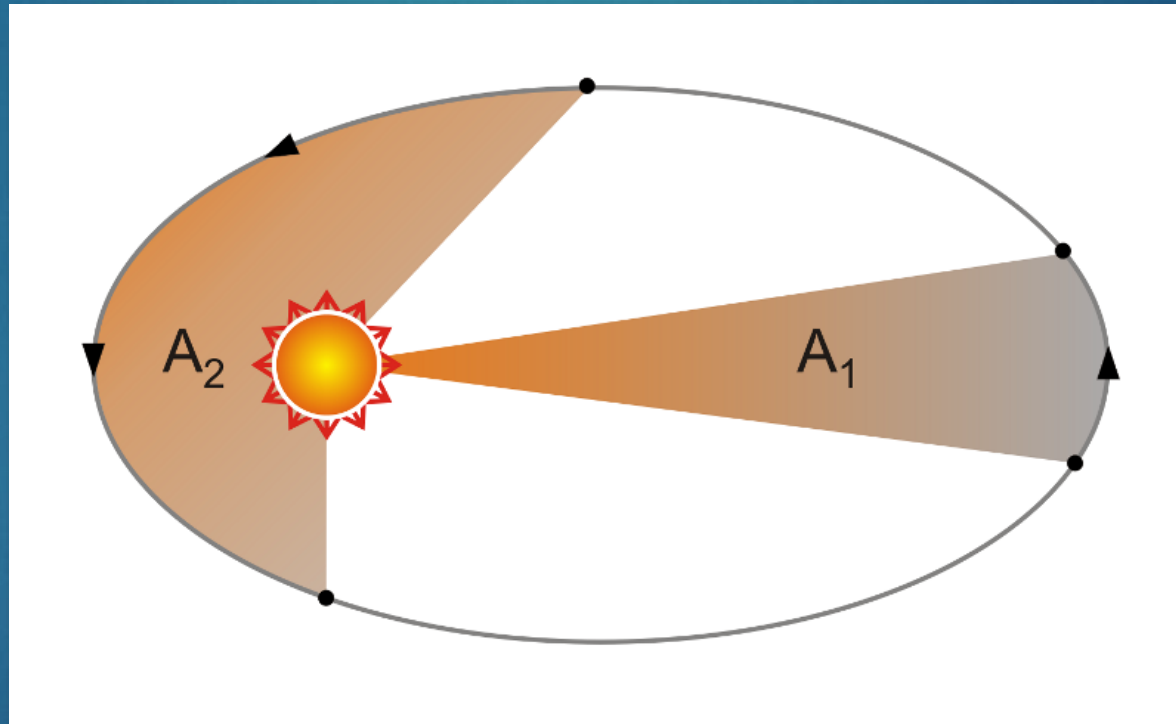
# Eppur si muove!

## ► Primeira Lei de Kepler



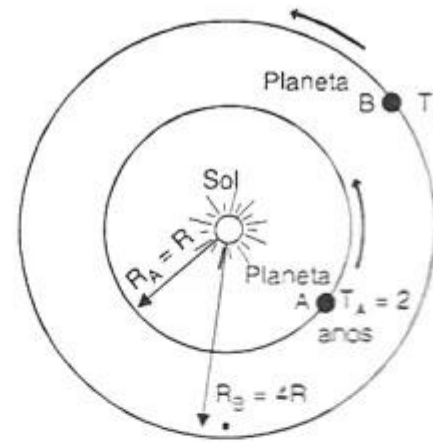
# Eppur si muove!

## ► Segunda Lei de Kepler



# Eppur si muove!

## ► Terceira Lei de Kepler



Da Terceira Lei de Kepler:

$$T^2 = K \cdot R^3 \quad \text{ou} \quad \frac{T^2}{R^3} = K$$

Então:

$$\frac{T_A^2}{R_A^3} = \frac{T_B^2}{R_B^3}$$

# Eppur si muove!

- ▶ Outras obras de Kepler:
- ▶ "In Terra inest virtus, quae Lunam ciet" ("Há uma força na Terra que faz com que a Lua se mova") (1600). Já prevendo a lei da Gravitação!
- ▶ Astronomiae Pars Optica (A parte ótica da Astronomia) (1604). Sobre instrumentos de observação astronômica. Invenção do Telescópio de Refração.

# Eppur si muove!

- ▶ Outras obras de Kepler:
- ▶ Astronomia Nova (1609). Onde são apresentados os dados observacionais do trabalho com Tycho Brahe.

# Eppur si muove!

- ▶ Outras obras de Kepler:
- ▶ *Strena Seu de Nive Sexangula* (Um Presente de Ano Novo de Neve Hexagonal) (1612). Neste tratado, Kepler publicou a primeira descrição da simetria hexagonal dos flocos de neve e estendeu a discussão para uma hipotética base física atomística para a simetria, enunciando o que mais tarde ficou conhecido como a conjectura de Kepler, uma afirmação a respeito da disposição mais eficiente para o empacotamento de esferas.

# Eppur si muove!

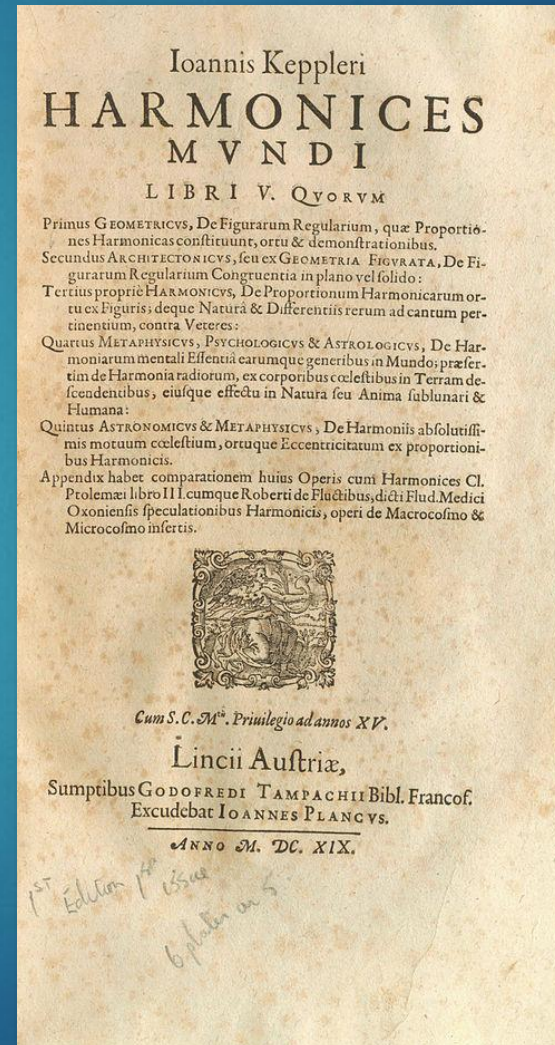
- ▶ Outras obras de Kepler:
- ▶ Epitome astronomiae Copernicanae (Epítome da Astronomia de Copérnico) (1615).

# Eppur si muove!

- ▶ Outras obras de Kepler:
- ▶ Epitome astronomiae Copernicanae (Epítome da Astronomia de Copérnico) (1615).
- ▶ Harmonices Mundi (A Harmonia do Mundo). Sua obra mais conhecida, onde tem as Leis de Kepler e várias considerações de natureza Pitagórica.

# Eppur si muove!

## ► Harmonices Mundi.

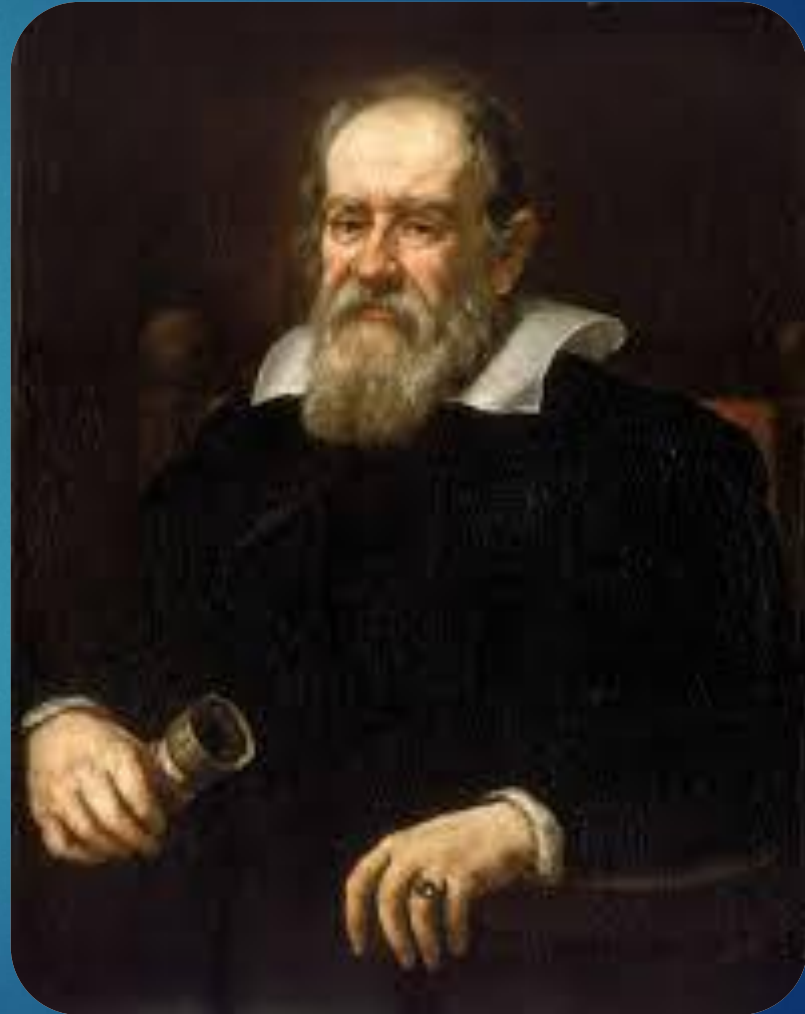


# Eppur si muove!

- ▶ Galileo Galilei (Pisa, 15 de fevereiro de 1564 – Arcetri, 8 de janeiro de 1642).

# Eppur si muove!

- ▶ Galileo Galilei (1564 –1642).



# Eppur si muove!

- ▶ Galileo Galilei (1564 –1642).



Afresco com pintura de Galileo apresentando o telescópio ao Doge de Veneza. Giuseppe Bertini (1825-1898)

# Eppur si muove!

- ▶ Galileo Galilei (1564 –1642). É considerado o “Pai da Física Moderna”. Foi um polímata (Astrônomo, Físico Engenheiro e Matemático). Lecionou nas Universidades de Pisa e de Pádua.

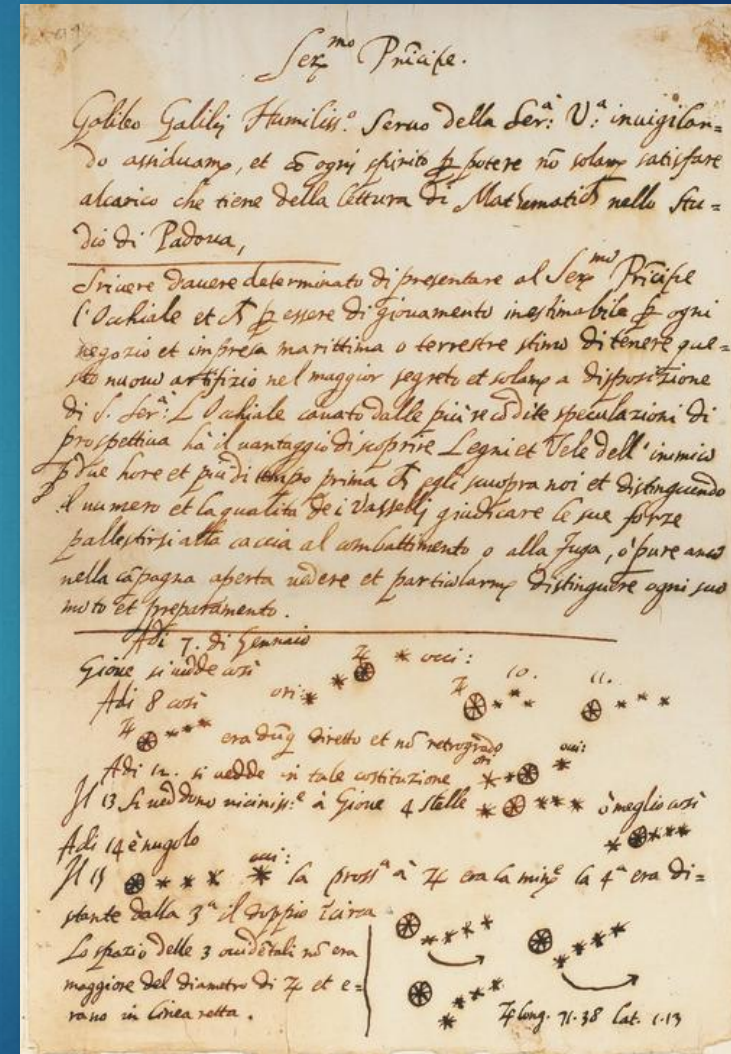
# Eppur si muove!

- ▶ Galileo Galilei (1564 –1642). É considerado o “Pai da Física Moderna”. Foi um polímata (Astrônomo, Físico Engenheiro e Matemático). Lecionou nas Universidades de Pisa e de Pádua.
- ▶ Aperfeiçoou o telescópio de refração do fabricante de lentes e inventor holandês Hans Lipperhey (1570-1619). Observou as crateras lunares, as manchas solares, descobriu os satélites de Júpiter

# Eppur si muove!

► Galileo Galilei (1564 –1642).

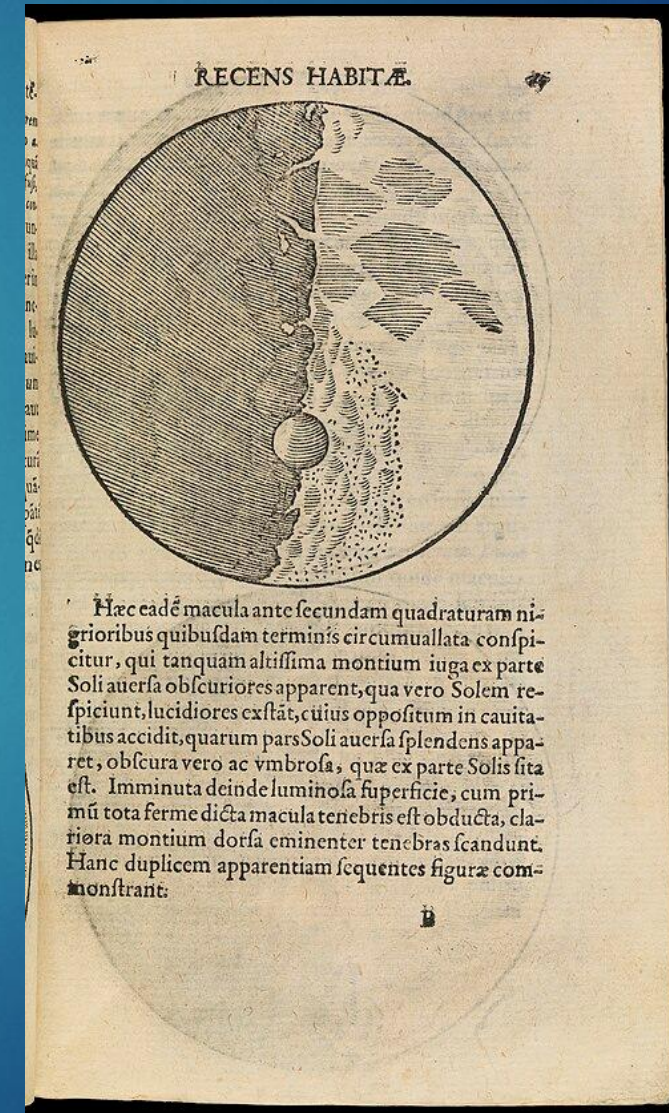
Manuscrito de Galileo registrando a observação dos satélites de Júpiter.



# Eppur si muove!

► Galileo Galilei (1564 –1642).

Página do livro  
Sidereus Nuncius (1610)  
mostrando uma observação  
das crateras lunares

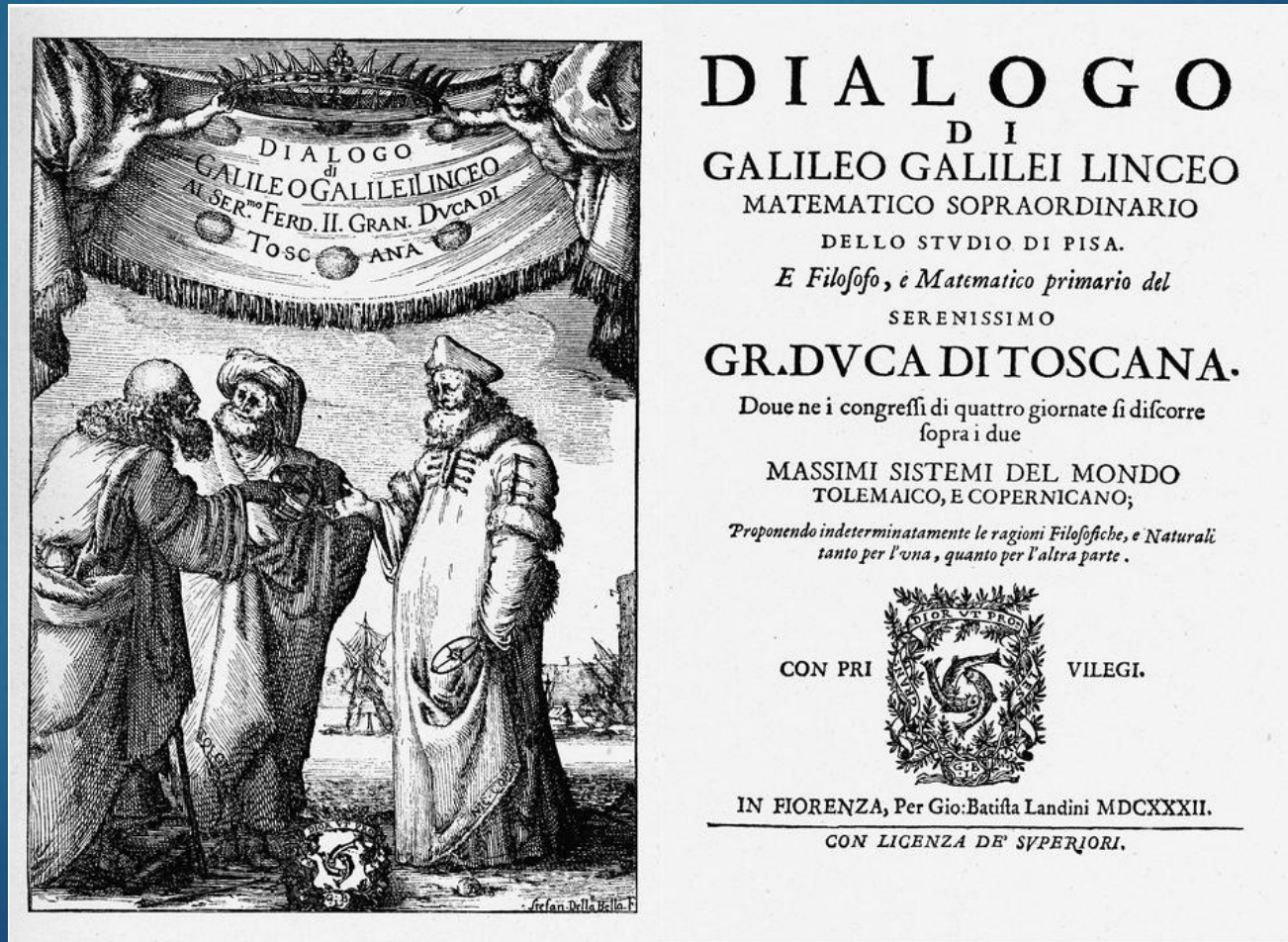


# Eppur si muove!

- ▶ As duas obras principais de Galileo são:
- ▶ Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo  
(Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo).

# Eppur si muove!

- Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo.



# Eppur si muove!

- ▶ Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo.
- ▶ Prefácio: Para o leitor perspicaz refere-se à proibição da "opinião pitagórica de que a terra se move" e diz que o autor "toma o lado copernicano com uma hipótese matemática pura". Ele apresenta os amigos Sagredo e Salviati com quem teve conversas, bem como o filósofo peripatético Simplicio.

# Eppur si muove!

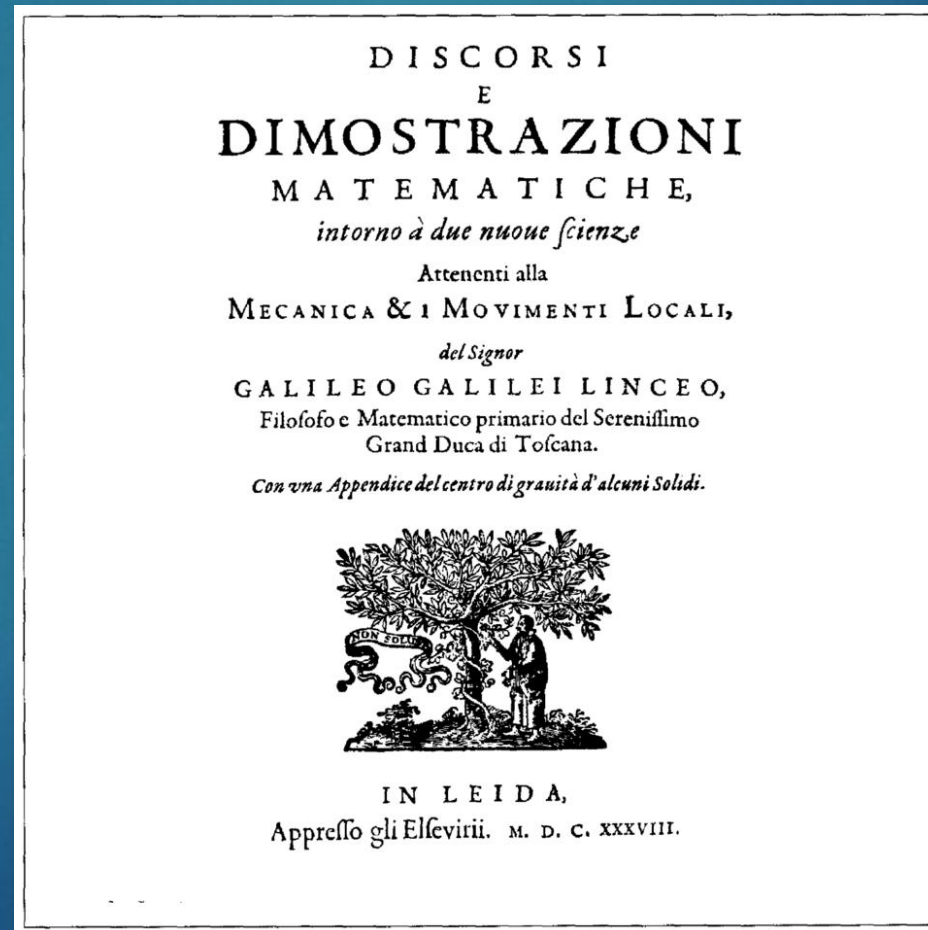
- ▶ Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo.
- ▶ Foi por causa dessa obra que Galileo teve problemas com a Inquisição (sob o Papa Urbano VIII), sendo que seu julgamento se deu no ano de 1633. Galileo foi obrigado a abjurar de seus escritos e suas ideias heliocêntricas, sendo condenado à prisão domiciliar até o fim de sua vida.

# Eppur si muove!

- ▶ Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuove scienze (Discurso sobre as Duas Novas Ciências) (1638 escrito durante sua prisão domiciliar).

# Eppur si muove!

- Discorso sobre as Duas Novas Ciências.



# Eppur si muove!

- ▶ Discurso sobre as Duas Novas Ciências.
- ▶ Nesta obra, Galileo desmonta vários argumentos da Física Aristotélica, que eram amplamente aceitos na Academia. Os princípios do Método Científico (da observação, experimentação, da análise de dados e da linguagem Matemática), foram estabelecidos nesta obra fundamental para os fundamentos da Física Moderna.

# Eppur si muove!

- ▶ Para desenvolver uma linguagem adequada para as Ciências Naturais, era necessária a criação de uma nova Matemática...

# Eppur si muove!

- ▶ Para desenvolver uma linguagem adequada para as Ciências Naturais, era necessária a criação de uma nova Matemática...
- ▶ Mas, isto é um assunto para as próximas aulas...