



O surgimento da Física e da Astronomia

como ciências exatas:

Galileu, Tycho e Kepler

Até agora:

*Astronomia:*

- mais próxima da Astrologia do que da Física
- formalismo matemático aplicado apenas para descrever observações

*Física:*

- algumas tentativas incipientes de identificar “leis”
- formalismo matemático pouco desenvolvido

Até agora:

*Astronomia:*

- mais próxima da Astrologia do que da Física
- formalismo matemático aplicado apenas para descrever observações

*Física:*

- algumas tentativas incipientes de identificar “leis”
- formalismo matemático pouco desenvolvido

~1543: *Revolução Científica*

(Publicação de “*Das revoluções das esferas celestes*”)

Copérnico, Descartes, Francis Bacon...

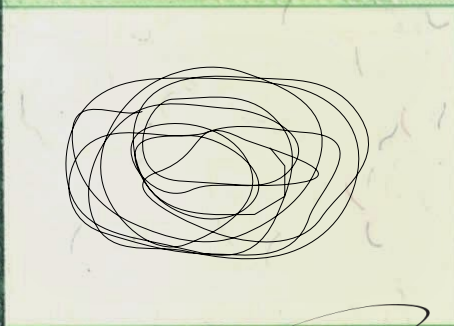
# TYCHO BRAHE E SUAS ESFERAS ARMILARES



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL



ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA  
POLÍCIA CIVIL  
SPTC / DEPARTAMENTO DE IDENTIFICAÇÃO



*Tycho Brahe*  
ASSINATURA DO TITULAR

CARTEIRA DE IDENTIDADE

THOMAS GREG & SONS

VÁLIDA EM TODO O TERRITÓRIO NACIONAL

REGISTRO  
GERAL

DATA DE  
EXPEDIÇÃO

NOME

TYCHO BRAHE

FILIAÇÃO

OTTE BRAHE  
BEATE BILLE

NATURALIDADE

CASTELO DE KNUTSTORP,  
DINAMARCA (atual Suécia)

DATA DE NASCIMENTO

★ 14/12/1546  
† 24/10/1601

CPF

ASSINATURA DO DIRETOR

LEI Nº 7.116 DE 29/08/88

THOMAS GREG & SONS



## TYCHO BRAHE

- Era de família nobre, o que facilitou sua ascensão.

## TYCHO BRAHE

- Era de família nobre, o que facilitou sua ascensão.
- Foi levado por um tio quando tinha apenas dois anos, *“para tornar-se um acadêmico”*.



## TYCHO BRAHE

- Era de família nobre, o que facilitou sua ascensão.
- Foi levado por um tio quando tinha apenas dois anos, *“para tornar-se um acadêmico”*.
- Com 12 anos, começou a frequentar a Universidade de Copenhagen, estudando Direito por desejo de seu tio. Lá surgiu seu interesse por Astronomia.

## TYCHO BRAHE

- Era de família nobre, o que facilitou sua ascensão.
- Foi levado por um tio quando tinha apenas dois anos, *“para tornar-se um acadêmico”*.
- Com 12 anos, começou a frequentar a Universidade de Copenhagen, estudando Direito por desejo de seu tio. Lá surgiu seu interesse por Astronomia.
- Seu tio o mandou em um “tour de estudos” pela Europa em 1562, com o tutor Anders Sørensen Vedel, a quem Tycho Brahe convenceu de o permitir estudar Astronomia.

# TYCHO BRAHE

(curiosidades)

- Perdeu parte do nariz em um duelo que começou após discutir com um colega (e primo de terceiro grau) a respeito da validade de uma fórmula matemática.
- Seu tio morreu de pneumonia em 1565 após resgatar o Rei Frederick II da Dinamarca de um afogamento.
- A causa de sua morte não é clara. Teorias mais aceitas envolvem falência renal, mas envenenamento devido aos metais na prótese nasal também são cogitados. Assassinato por envenenamento também é uma teoria (menos aceita), sendo Kepler um dos suspeitos e o outro um “ex-amigo”, com cuja mãe Tycho supostamente teve um caso.

# TYCHO BRAHE E SUAS ESFERAS ARMILARES

Astrônomo, astrólogo, alquimista



- “Primeira mente competente da Astronomia Moderna a valorizar veementemente fatos empíricos”

## TYCHO BRAHE E SUAS ESFERAS ARMILARES

- Construiu diversos instrumentos, com precisões da ordem de até 1', o que lhe permitiu realizar as observações mais precisas da era pré-telescópio.

## TYCHO BRAHE E SUAS ESFERAS ARMILARES

- Construiu diversos instrumentos, com precisões da ordem de até 1', o que lhe permitiu realizar as observações mais precisas da era pré-telescópio.
- Desenvolveu e utilizou quatro tipos diferentes de esferas armilares, a maior com 2.6 m de diâmetro.

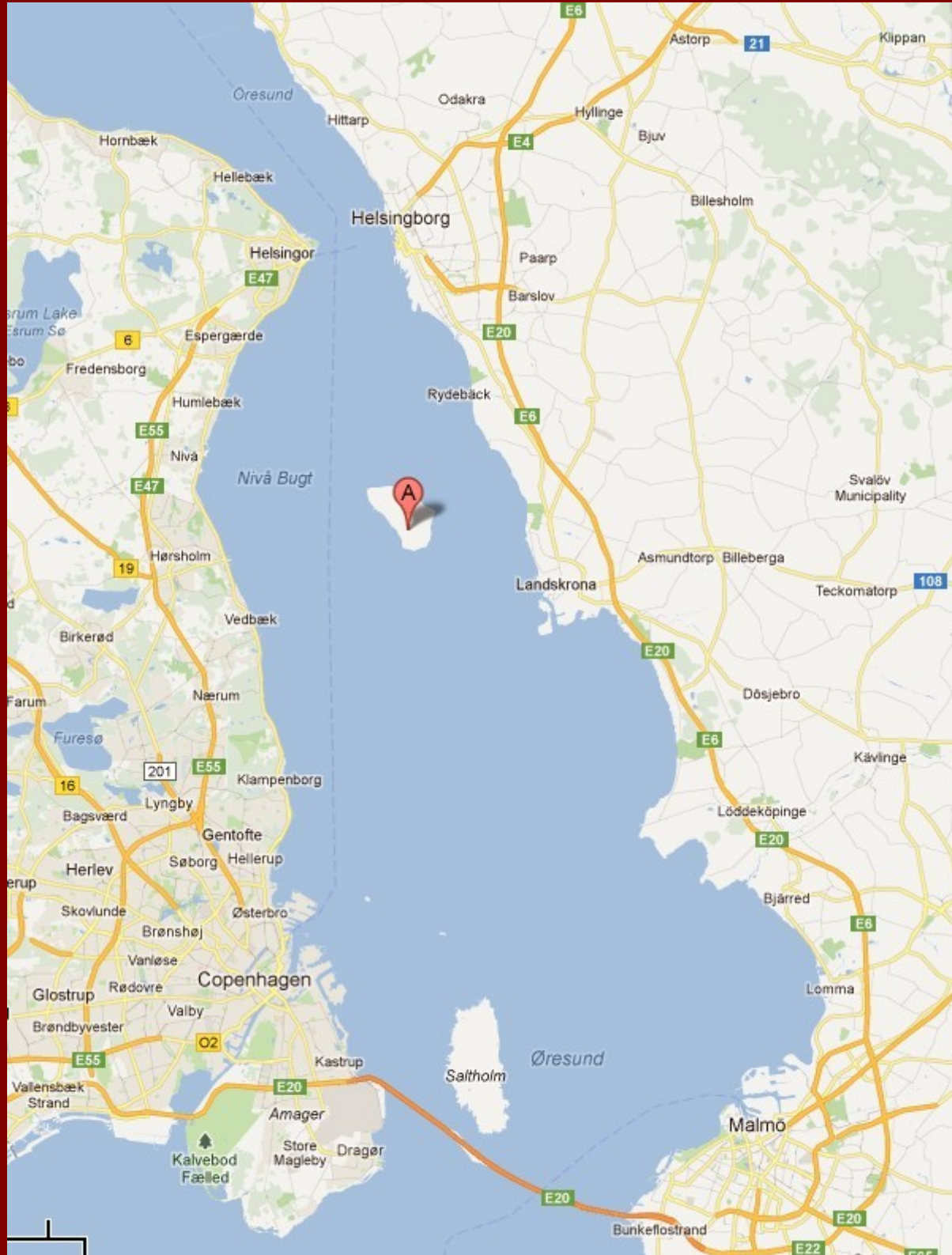
# TYCHO BRAHE E SUAS ESFERAS ARMILARES

- Construiu diversos instrumentos, com precisões da ordem de até 1', o que lhe permitiu realizar as observações mais precisas da era pré-telescópio.
- Desenvolveu e utilizou quatro tipos diferentes de esferas armilares, a maior com 2.6 m de diâmetro.
- Com essas esferas, podia medir diretamente coordenadas eclípticas e equatoriais. A maior fonte de erro era a deformação das esferas devido a seu próprio peso.

# TYCHO BRAHE E SUAS ESFERAS ARMILARES

- Construiu diversos instrumentos, com precisões da ordem de até 1', o que lhe permitiu realizar as observações mais precisas da era pré-telescópio.
- Desenvolveu e utilizou quatro tipos diferentes de esferas armilares, a maior com 2.6 m de diâmetro.
- Com essas esferas, podia medir diretamente coordenadas eclípticas e equatoriais. A maior fonte de erro era a deformação das esferas devido a seu próprio peso.
- Após a observação de uma supernova, foi patrocinado pelo Rei Frederick II da Dinamarca e pôde construir seu observatório na ilha de Hven.





STELLÆBURGUM five OBSERVATORIUM SUBTERRANEVM, A TYCHONE BRAHE NOBILI DANO  
IN INSULA HVÆNA, EXTRA ARCEM URANIAM, EXTRVCTVM CIRCA ANNV M D LXXXIII.





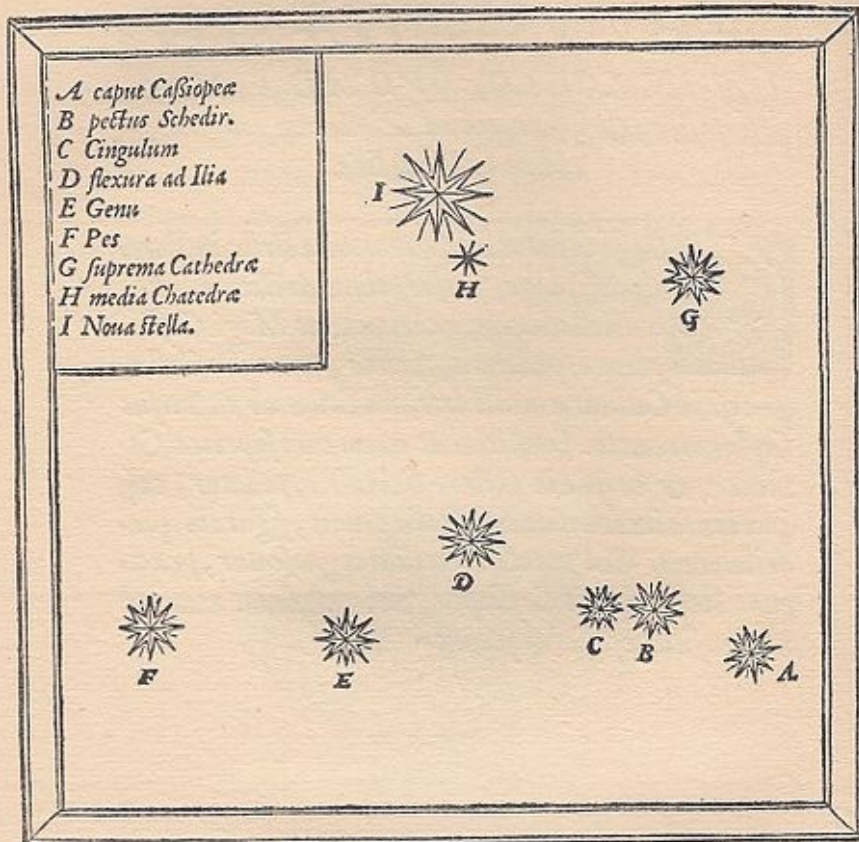




- Tycho Brahe mudou-se para Praga após a morte de Frederick II, onde foi patrocinado pelo Imperador romano Rudolf II e construiu um novo observatório.

# AS OBSERVAÇÕES DE TYCHO BRAHE

- Em 1572, observou uma supernova na constelação de Cassiopéia.

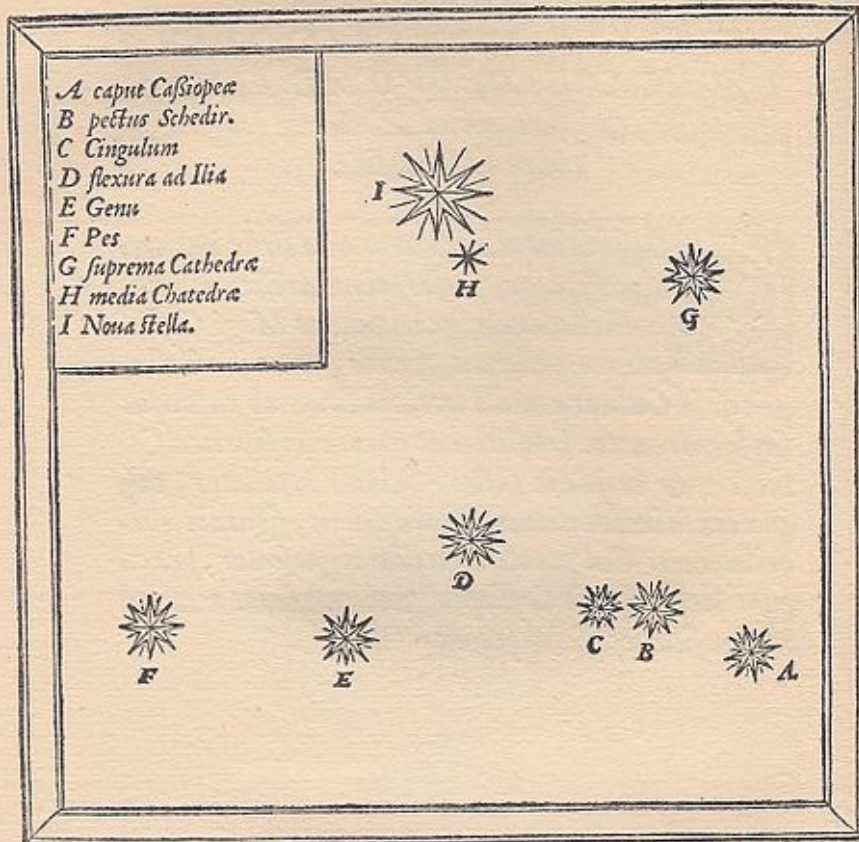


*Distantiam verò huius stellæ à fixis aliquibus in hac Cassiopeiæ constellatione, exquisito instrumento, & omnium minorum capacj, aliquoties obseruavi. Inueni autem eam distare ab ea, quæ est in pectore, Schedir appellata B, 7. partibus & 55. minutis: à superiori verò*

# AS OBSERVAÇÕES DE TYCHO BRAHE

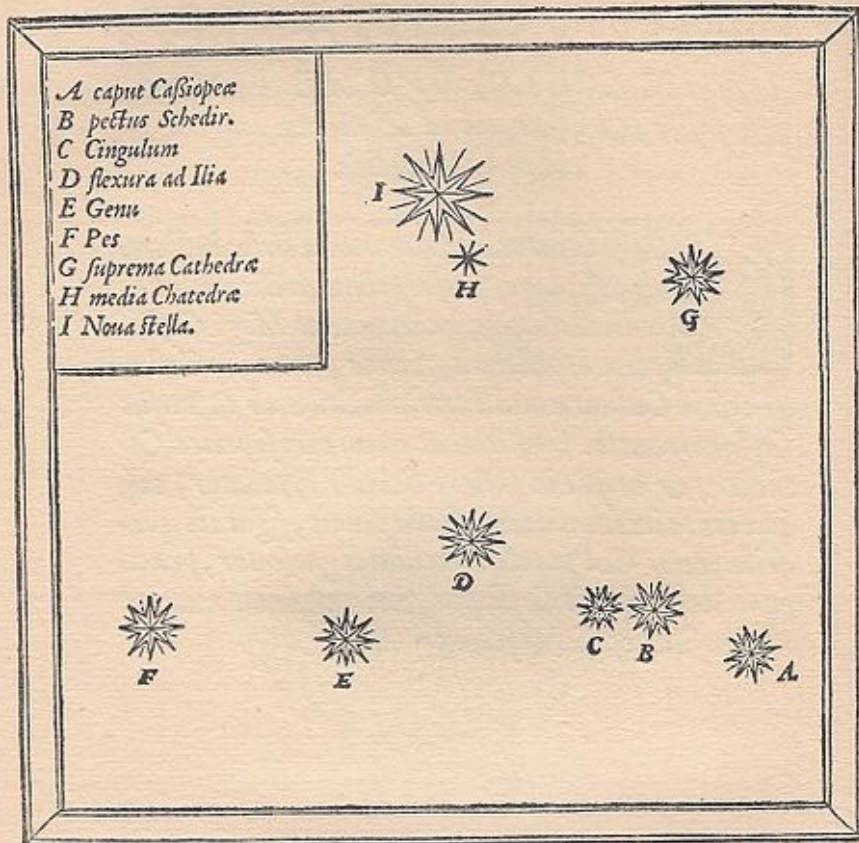
- Em 1572, observou uma supernova na constelação de Cassiopéia.

- Segundo a doutrina aristotélica de uma esfera supralunar imutável, isso deveria ter ocorrido na esfera sublunar...



*Distantiam verò huius stellæ à fixis aliquibus in hac Cassiopeiæ constellatione, exquisito instrumento, & omnium minorum capacj, aliquoties observavi. Inveni autem eam distare ab ea, quæ est in pectore, Schedir appellata B, 7. partibus & 55. minutis: à superiori verò*

# AS OBSERVAÇÕES DE TYCHO BRAHE

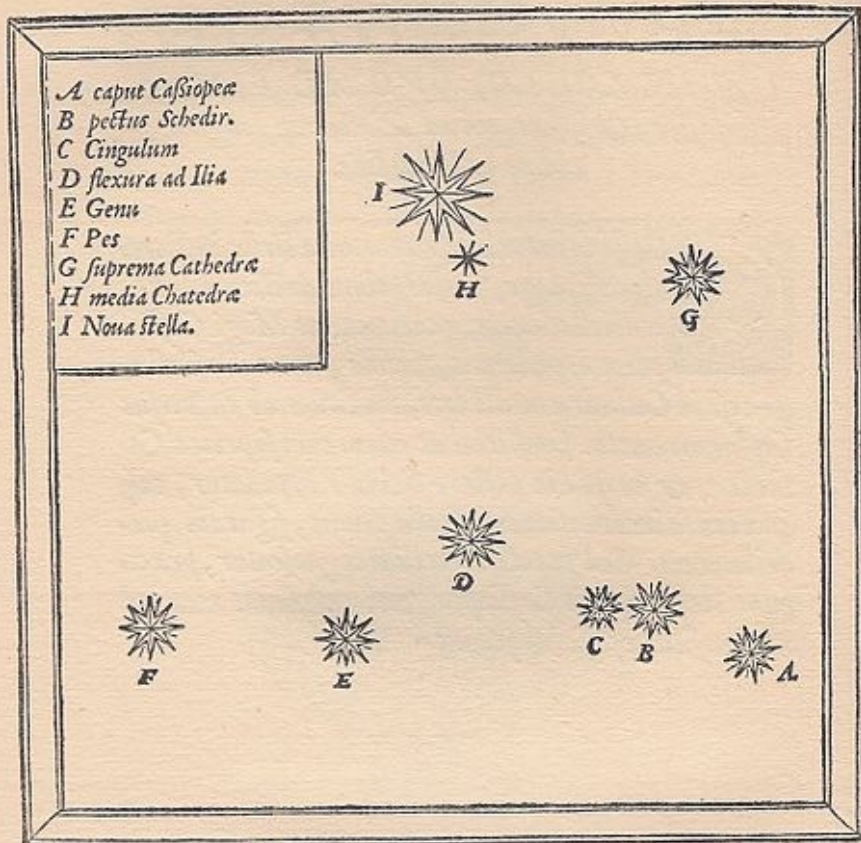


*Distantiam verò huius stellæ à fixis aliquibus in hac Cassiopeiæ constellatione, exquisito instrumento, & omnium minorum capacj, aliquoties obseruavi. Inueni autem eam distare ab ea, quæ est in pectore, Schedir appellata B, 7. partibus & 55. minutis: à superiori verò*

- Em 1572, observou uma supernova na constelação de Cassiopéia.
- Segundo a doutrina aristotélica de uma esfera supralunar imutável, isso deveria ter ocorrido na esfera sublunar...  
...mas o objeto não tinha paralaxe mensurável, nem mostrava nenhuma mudança de posição em relação às estrelas de fundo!



# AS OBSERVAÇÕES DE TYCHO BRAHE



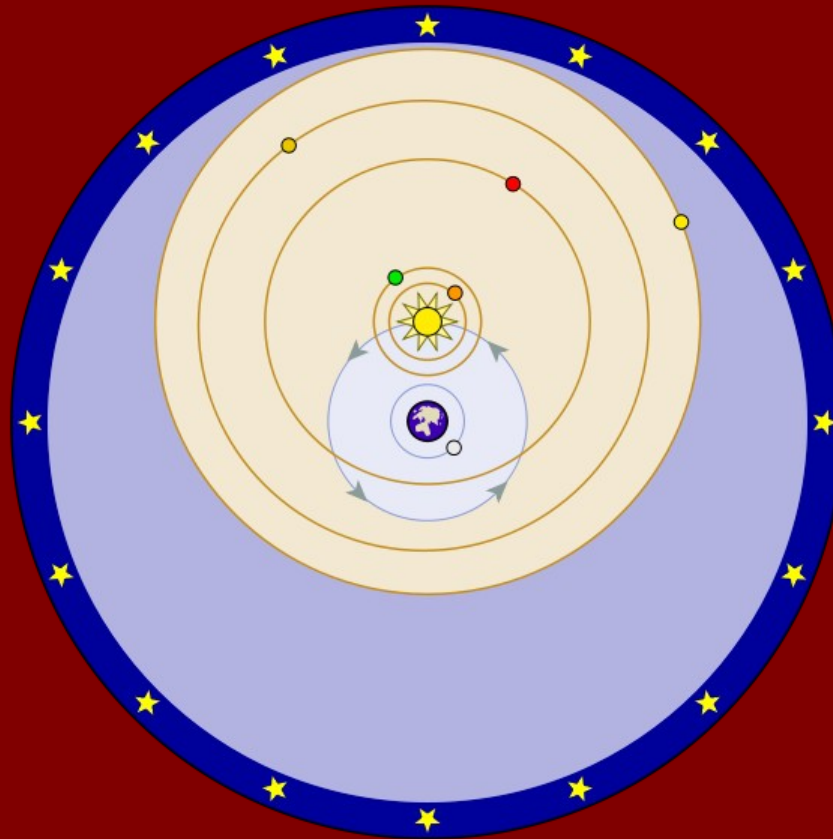
*Distantiam verò huius stellæ à fixis aliquibus in hac Cassiopeiæ constellatione, exquisito instrumento, & omnium minorum capacj, aliquoties obseruavi. Inueni autem eam distare ab ea, quæ est in pectore, Schedir appellata B, 7. partibus & 55. minutis: à superiori verò*

- Em 1572, observou uma supernova na constelação de Cassiopéia.
- Segundo a doutrina aristotélica de uma esfera supralunar imutável, isso deveria ter ocorrido na esfera sublunar...  
...mas o objeto não tinha paralaxe mensurável, nem mostrava nenhuma mudança de posição em relação às estrelas de fundo!
- Tycho Brahe sugeriu então que essa seria uma “nova estrela”.

# INTRODUÇÃO À NOVA ASTRONOMIA

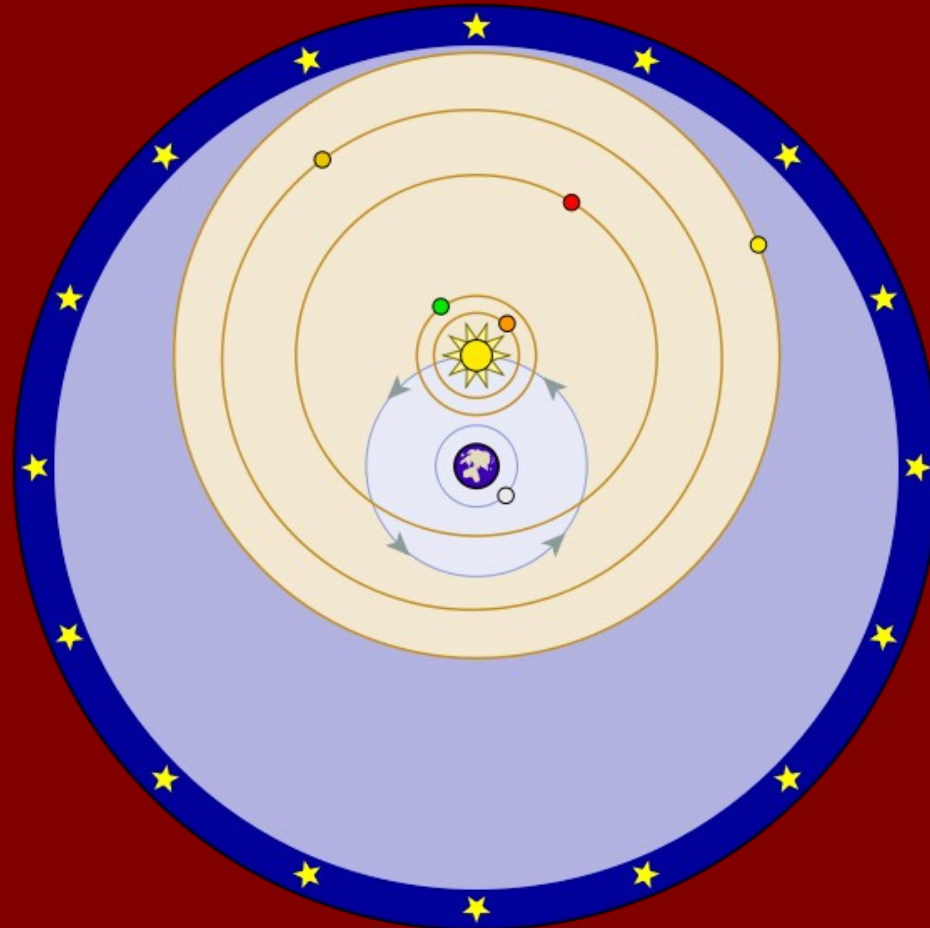
*Astronomiæ Instauratæ Progymnasmata*

- Publicado em 1588, descreve suas observações do cometa de 1577.
- Também descreve a visão de Tycho do sistema solar:



# SISTEMA TYCHONIANO

- Sol e Lua orbitam a Terra, mas os planetas orbitam o Sol.
- Justificativa: física aristotélica não oferecia explicação para o movimento de um corpo como a Terra, mas o dos demais corpos podia ser atribuído ao éter; ausência de paralaxe (e a Bíblia...).



# AS OBSERVAÇÕES DE TYCHO BRAHE

- Notáveis não só pela precisão, mas pela *quantidade*.  
Contribuição *essencial* para a Revolução Científica!
- Em 1600, Tycho resolveu contratar um matemático para auxiliá-lo na análise dos dados obtidos ao longo de 20 anos:  
Johannes Kepler.

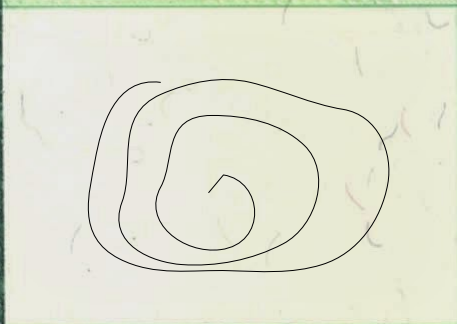
# JOHANNES KEPLER, O TEÓRICO



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL



ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA  
POLÍCIA CIVIL  
SPTC / DEPARTAMENTO DE IDENTIFICAÇÃO



*Jo. Keplerus*  
ASSINATURA DO TITULAR

CARTEIRA DE IDENTIDADE

THOMAS GREG & SONS

VÁLIDA EM TODO O TERRITÓRIO NACIONAL

REGISTRO  
GERAL

DATA DE  
EXPEDIÇÃO

NOME

JOHANNES KEPLER

FILIAÇÃO

HEINRICH KEPLER

KATHARINA GULDENMANN

NATURALIDADE

DATA DE NASCIMENTO

WEIL DER STADT,  
SACRO IMPÉRIO

★ 27/12/1571

ROMANO-GERMÂNICO

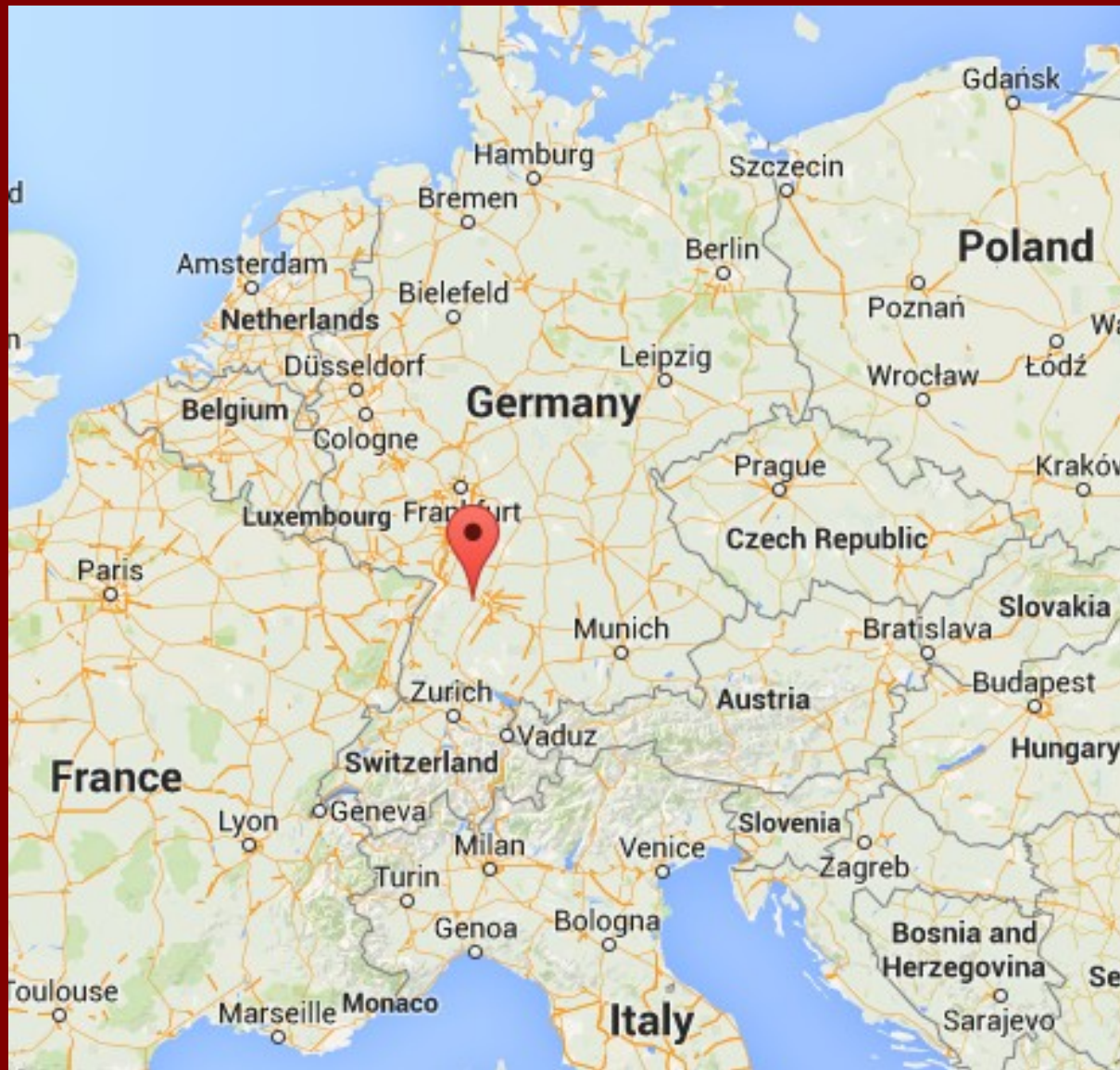
† 15/11/1630

CPF

ASSINATURA DO DIRETOR

LEI Nº 7.116 DE 29/08/88

THOMAS GREG & SONS



# JOHANNES KEPLER

- Interessou-se pela astronomia desde jovem, por influência de sua mãe.



## JOHANNES KEPLER

- Interessou-se pela astronomia desde jovem, por influência de sua mãe.
- Tinha problemas de visão e uma mão com mobilidade limitada por ter tido varíola na infância.

# JOHANNES KEPLER

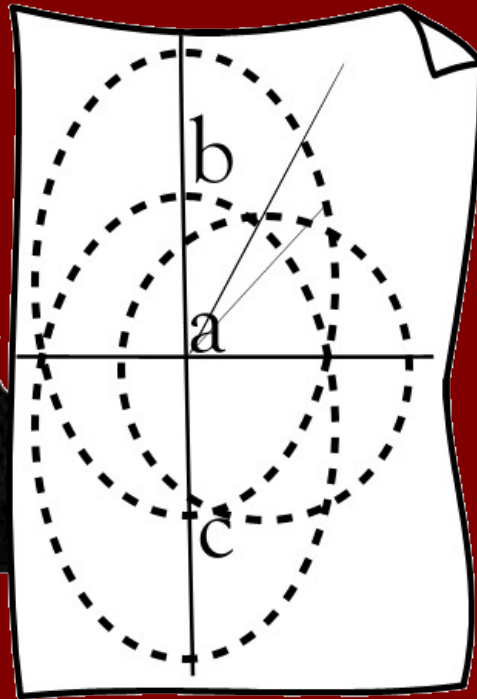
- Interessou-se pela astronomia desde jovem, por influência de sua mãe.
- Tinha problemas de visão e uma mão com mobilidade limitada por ter tido varíola na infância.
- Passou por escolas de gramática, latim e por um seminário e, por fim, ingressou na Universidade de Tübingen, onde estudou teologia e filosofia. Suas habilidades em matemática se destacavam.

# JOHANNES KEPLER

- Interessou-se pela astronomia desde jovem, por influência de sua mãe.
- Tinha problemas de visão e uma mão com mobilidade limitada por ter tido varíola na infância.
- Passou por escolas de gramática, latim e por um seminário e, por fim, ingressou na Universidade de Tübingen, onde estudou teologia e filosofia. Suas habilidades em matemática se destacavam.
- Antes de ser assistente de Tycho Brahe, foi professor de matemática em Graz, Áustria. Depois, foi “matemático imperial” para Rudolf II, Matthias e Ferdinand II.

# JOHANNES KEPLER, O TEÓRICO

Astrônomo, matemático, astrólogo



- Responsável pela aproximação entre a Astronomia e a Física.

*MISTÉRIO COSMOGRÁFICO* (1596)  
Mysterium Cosmographicum

- Primeira defesa pública do modelo de Copérnico.

# *MISTÉRIO COSMOGRÁFICO (1596)*

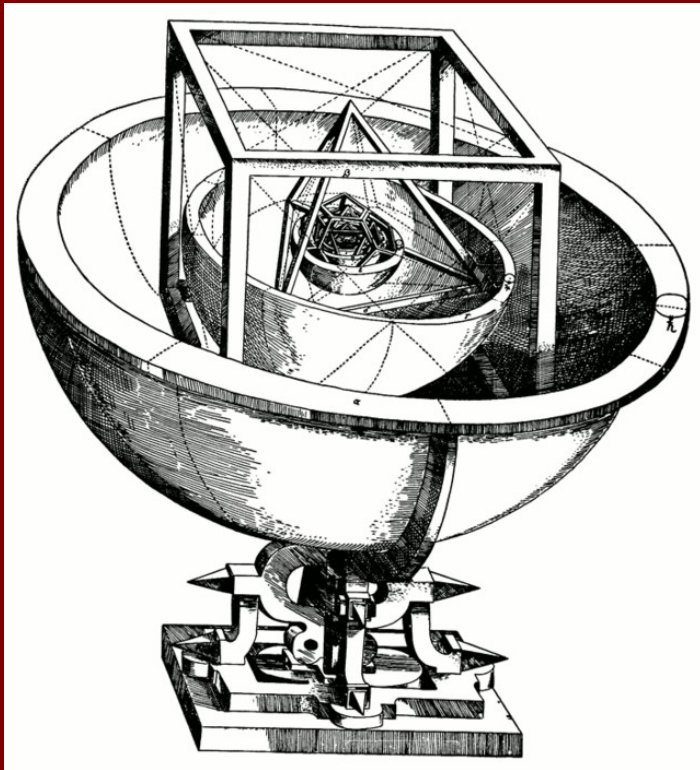
## Mysterium Cosmographicum

- Primeira defesa pública do modelo de Copérnico.
- Epifania: polígonos regulares contêm círculos inscritos e circunscritos em raios definidos – os quais deviam ser a base geométrica do Universo!

# *MISTÉRIO COSMOGRÁFICO* (1596)

## Mysterium Cosmographicum

- Primeira defesa pública do modelo de Copérnico.
- Epifania: polígonos regulares contêm círculos inscritos e circunscritos em raios definidos – os quais deviam ser a base geométrica do Universo!

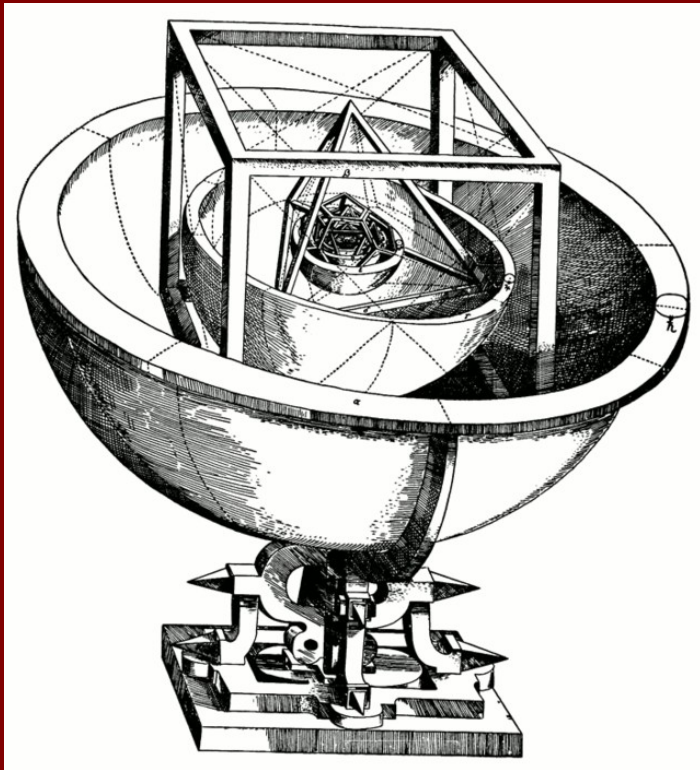


- Organizou os cinco sólidos platônicos em ordem: octaedro, icosaedro, dodecaedro, tetraedro, cubo – de forma que as esferas pudessem ser colocadas de forma correspondente ao tamanho da órbita dos planetas.

# *MISTÉRIO COSMOGRÁFICO* (1596)

## Mysterium Cosmographicum

- Primeira defesa pública do modelo de Copérnico.
- Epifania: polígonos regulares contêm círculos inscritos e circunscritos em raios definidos – os quais deviam ser a base geométrica do Universo!



- Organizou os cinco sólidos platônicos em ordem: octaedro, icosaedro, dodecaedro, tetraedro, cubo – de forma que as esferas pudessem ser colocadas de forma correspondente ao tamanho da órbita dos planetas.
- Tentava conciliar passagens bíblicas com o heliocentrismo.



# *A PARTE ÓTICA DA ASTRONOMIA (1604)*

## *Astronomiae Pars Optica*

- Discute fenômenos então inexplicados observados em eclipses: tamanho das sombras, cor vermelha de um eclipse lunar total, estranha luz que circundava o Sol em um eclipse solar total...

# *A PARTE ÓTICA DA ASTRONOMIA (1604)*

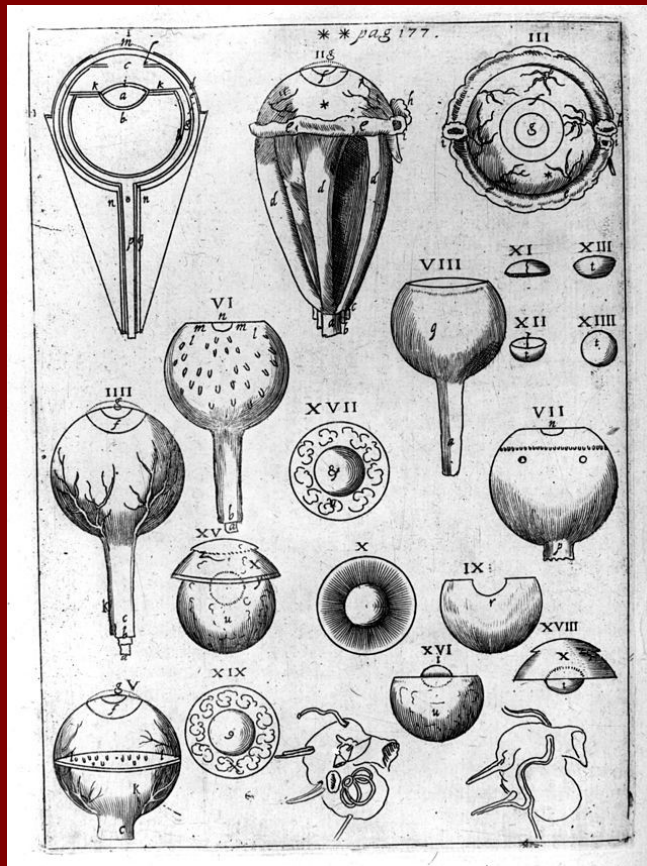
## *Astronomiae Pars Optica*

- Discute fenômenos então inexplicados observados em eclipses: tamanho das sombras, cor vermelha de um eclipse lunar total, estranha luz que circundava o Sol em um eclipse solar total...
- Descreve uma lei de inverso-quadrado governando a intensidade da luz, reflexão por espelhos planos e curvos, implicações astronômicas de paralaxe e o tamanho aparente dos corpos celestes.

# A PARTE ÓTICA DA ASTRONOMIA (1604)

## *Astronomiae Pars Optica*

- Discute fenômenos então inexplicados observados em eclipses: tamanho das sombras, cor vermelha de um eclipse lunar total, estranha luz que circundava o Sol em um eclipse solar total...

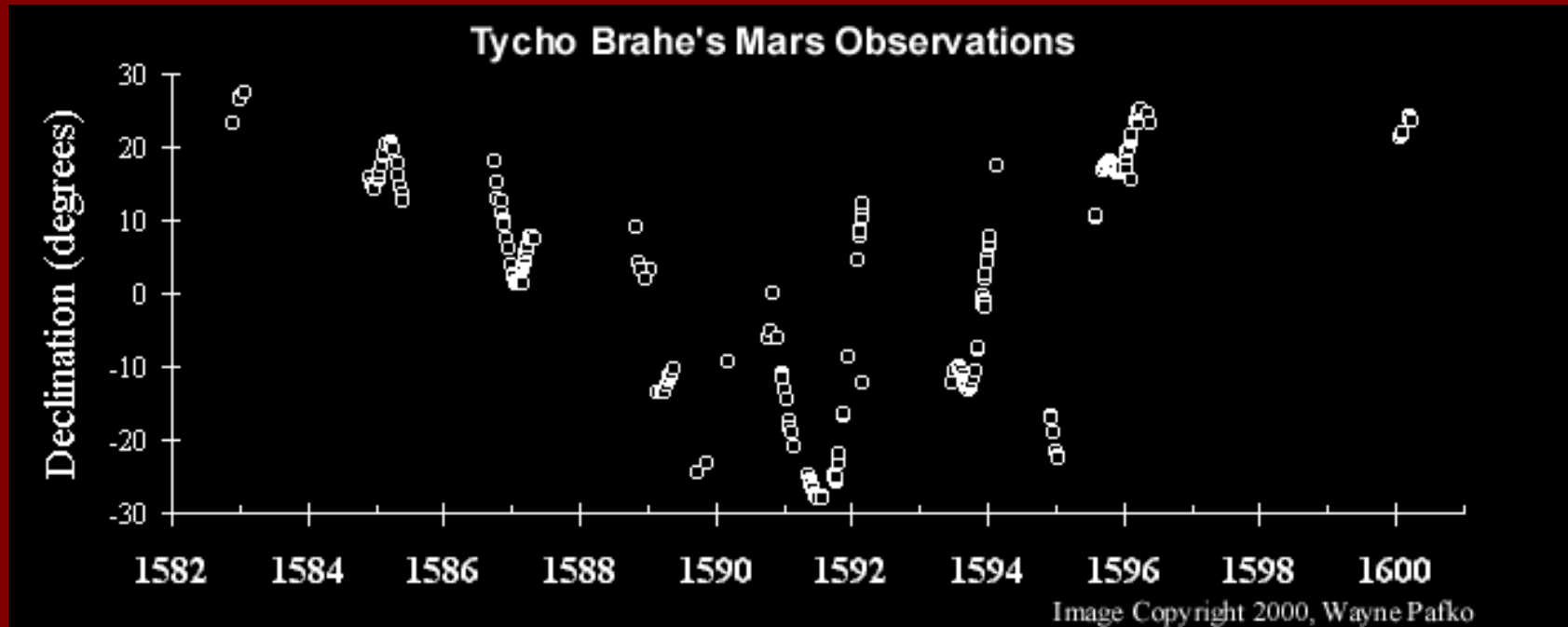


- Descreve uma lei de inverso-quadrado governando a intensidade da luz, reflexão por espelhos planos e curvos, implicações astronômicas de paralaxe e o tamanho aparente dos corpos celestes.
- Discute o funcionamento do olho. (Kepler é considerado o primeiro a reconhecer que a imagem que a imagem projetada na retina é invertida.)

# A NOVA ASTRONOMIA (1609)

## *Astronomia Nova*

- Trabalho que resultou, principalmente, da análise dos dados observacionais de Marte obtidos por Tycho.

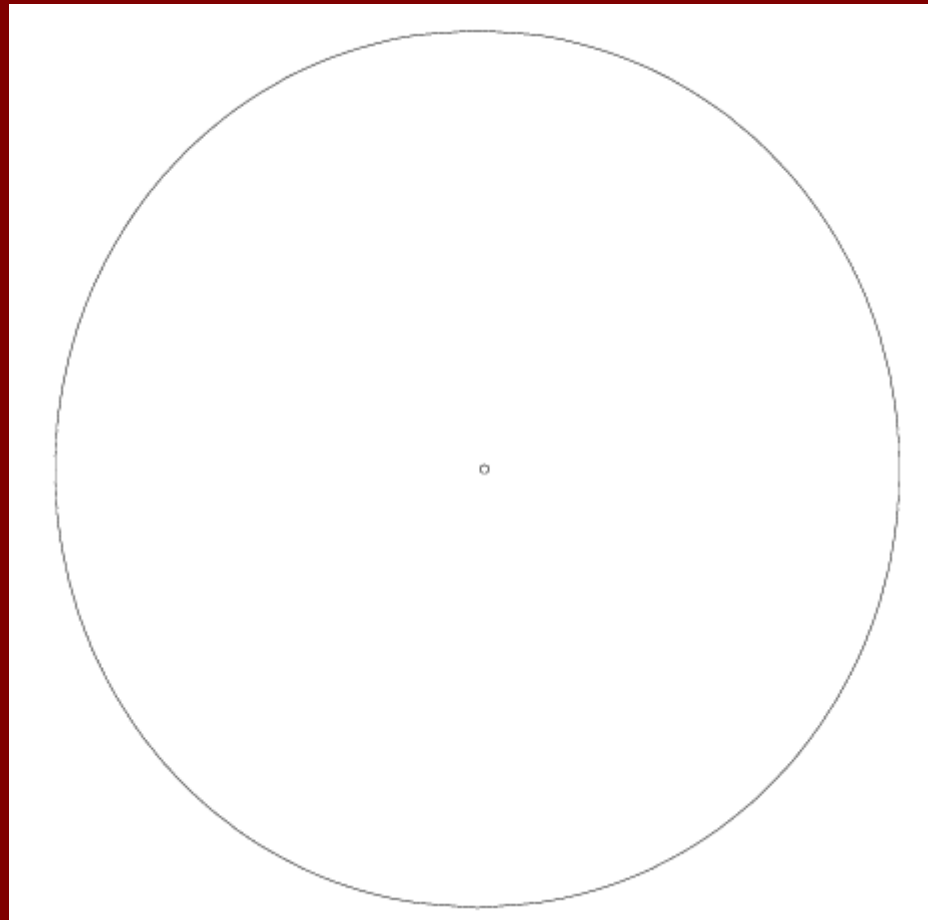


<http://www.pafko.com/tycho/data.gif>

# *A NOVA ASTRONOMIA (1609)*

## *Astronomia Nova*

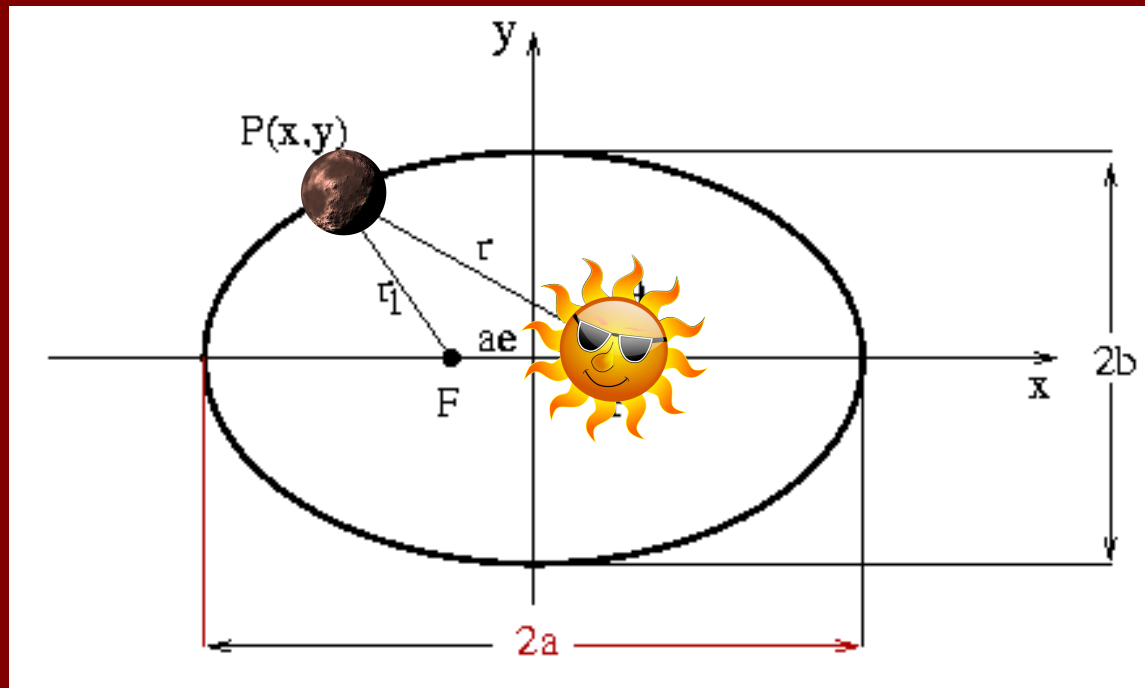
- Conseguia facilmente explicar a órbita da Terra com um círculo, mas, para Marte, o erro era de mais de 8'.



# A NOVA ASTRONOMIA (1609)

## *Astronomia Nova*

Passou a tentar órbitas ovais e, após mais de 40 tentativas, verificou que a órbita era bem explicada por uma elipse, com o Sol em um dos focos (1605) = **1ª Lei de Kepler**.



# *A NOVA ASTRONOMIA (1609)*

## *Astronomia Nova*

- Segundo suas crenças religiosas, o Sol era a fonte de *força motriz* no Sistema Solar.

# *A NOVA ASTRONOMIA (1609)*

## *Astronomia Nova*

- Segundo suas crenças religiosas, o Sol era a fonte de *força motriz* no Sistema Solar.
- Acreditava que a potência motriz irradiada pelo Sol diminuía com a distância  $\Rightarrow$  os planetas moviam-se com velocidades maiores quando se aproximavam dele e menores quando estavam mais longe.



# A NOVA ASTRONOMIA (1609)

## *Astronomia Nova*

- Segundo suas crenças religiosas, o Sol era a fonte de *força motriz* no Sistema Solar.
- Acreditava que a potência motriz irradiada pelo Sol diminuía com a distância  $\Rightarrow$  os planetas moviam-se com velocidades maiores quando se aproximavam dele e menores quando estavam mais longe.
- Baseado nisso, Kepler formulou uma lei em que a taxa de movimento de um planeta era inversamente proporcional à sua distância ao Sol.

# A NOVA ASTRONOMIA (1609)

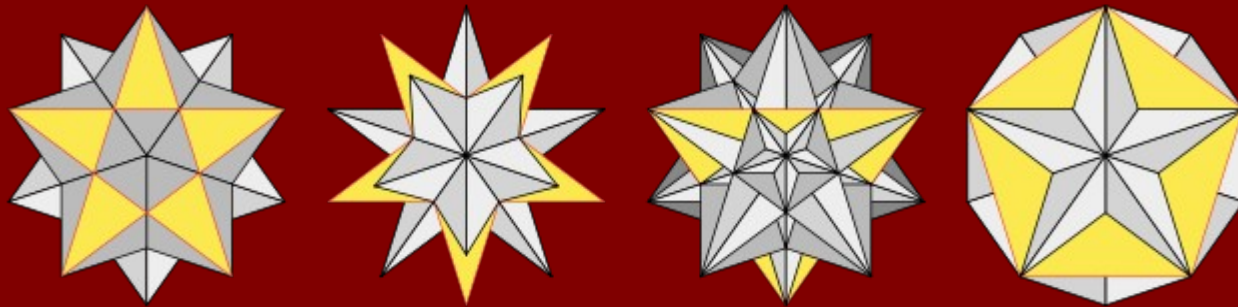
## *Astronomia Nova*

- Segundo suas crenças religiosas, o Sol era a fonte de *força motriz* no Sistema Solar.
- Acreditava que a potência motriz irradiada pelo Sol diminuía com a distância  $\Rightarrow$  os planetas moviam-se com velocidades maiores quando se aproximavam dele e menores quando estavam mais longe.
- Baseado nisso, Kepler formulou uma lei em que a taxa de movimento de um planeta era inversamente proporcional à sua distância ao Sol.
- Achou difícil verificá-la ao longo do ciclo orbital, então a reformulou em termos geométricos, considerando a velocidade com que áreas eram descritas = **2ª Lei de Kepler.**

# *HARMONIA DO MUNDO (1619)*

## *Harmonices Mundi*

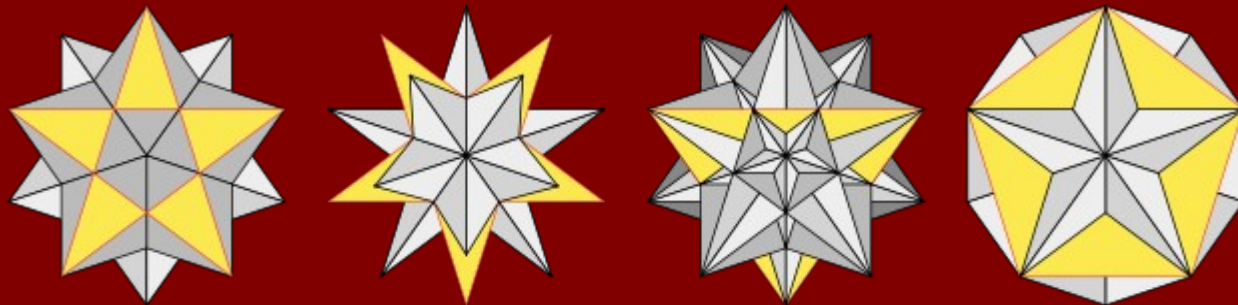
- Outro interesse de Kepler, e de muitos outros cientistas e filósofos, era em formas harmônicas.



# *HARMONIA DO MUNDO (1619)*

## *Harmonices Mundi*

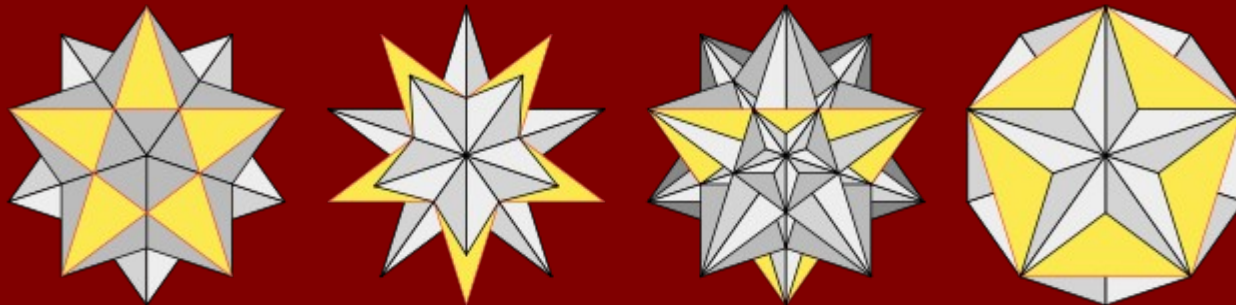
- Outro interesse de Kepler, e de muitos outros cientistas e filósofos, era em formas harmônicas.
- Muito do aspecto harmônico era estudado e justificado por meio da música.



# *HARMONIA DO MUNDO (1619)*

## *Harmonices Mundi*

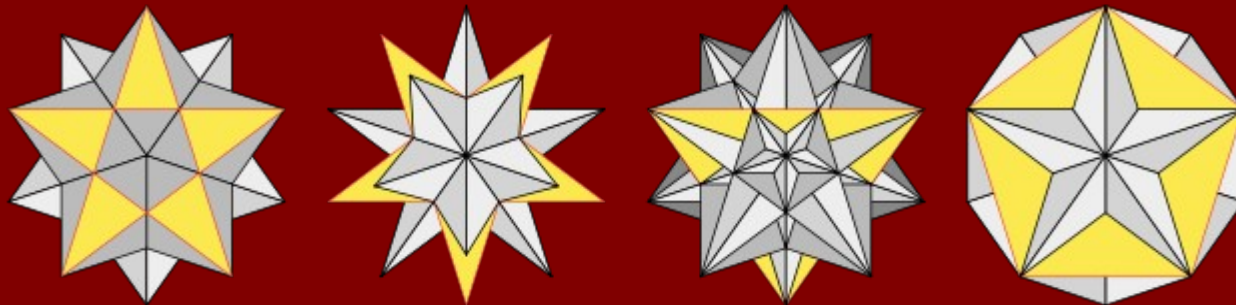
- Outro interesse de Kepler, e de muitos outros cientistas e filósofos, era em formas harmônicas.
- Muito do aspecto harmônico era estudado e justificado por meio da música.
- Kepler estudou sólidos e polígonos regulares e daí estendeu suas análises à música, meteorologia e astrologia.



# *HARMONIA DO MUNDO (1619)*

## *Harmonices Mundi*

- Outro interesse de Kepler, e de muitos outros cientistas e filósofos, era em formas harmônicas.
- Muito do aspecto harmônico era estudado e justificado por meio da música.
- Kepler estudou sólidos e polígonos regulares e daí estendeu suas análises à música, meteorologia e astrologia.
- A harmonia era considerada resultado dos “tons” emitidos pelas “almas dos corpos celestes”. A Astrologia era justificada em termos das interações entre esses tons e a alma.



# *HARMONIA DO MUNDO (1619)*

## *Harmonices Mundi*

- Kepler também tentou estender esses conceitos ao movimento planetário buscando relações entre velocidade orbital e distância ao Sol.

# *HARMONIA DO MUNDO (1619)*

## *Harmonices Mundi*

- Kepler também tentou estender esses conceitos ao movimento planetário buscando relações entre velocidade orbital e distância ao Sol.
- Outros astrônomos também tentaram obter relações desse tipo, mas seus dados eram muito menos precisos do que os dados a que Kepler tinha acesso, obtidos por Tycho.



# *HARMONIA DO MUNDO (1619)*

## *Harmonices Mundi*

- Kepler também tentou estender esses conceitos ao movimento planetário buscando relações entre velocidade orbital e distância ao Sol.
- Outros astrônomos também tentaram obter relações desse tipo, mas seus dados eram muito menos precisos do que os dados a que Kepler tinha acesso, obtidos por Tycho.
- Após tentar várias combinações diferentes, ele obteve o que ficou conhecido como a **3ª Lei de Kepler**:

$$P^2 = Ka^3$$

(mas os detalhes de como ele chegou a tal conclusão são desconhecidos).

*EPÍTOMO DA ASTRONOMIA COPERNICANA (1617-21)*  
*Epitome Astronomiae Copernicanae*

- Continha seu próprio sistema com órbitas elípticas.

# *EPÍTOMO DA ASTRONOMIA COPERNICANA (1617-21)*

## *Epitome Astronomiae Copernicanae*

- Continha seu próprio sistema com órbitas elípticas.
- Apresentava suas três leis do movimento planetário:

# *EPÍTOMO DA ASTRONOMIA COPERNICANA (1617-21)*

## *Epitome Astronomiae Copernicanae*

- Continha seu próprio sistema com órbitas elípticas.
- Apresentava suas três leis do movimento planetário:
  1. Cada planeta orbita em torno do Sol em uma órbita elíptica, com o Sol ocupando um dos focos da elipse;

# *EPÍTOMO DA ASTRONOMIA COPERNICANA (1617-21)*

## *Epitome Astronomiae Copernicanae*

- Continha seu próprio sistema com órbitas elípticas.
- Apresentava suas três leis do movimento planetário:
  1. Cada planeta orbita em torno do Sol em uma órbita elíptica, com o Sol ocupando um dos focos da elipse;
  2. A linha reta que une o Sol ao planeta varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais;

# *EPÍTOMO DA ASTRONOMIA COPERNICANA (1617-21)*

## *Epitome Astronomiae Copernicanae*

- Continha seu próprio sistema com órbitas elípticas.
- Apresentava suas três leis do movimento planetário:
  1. Cada planeta orbita em torno do Sol em uma órbita elíptica, com o Sol ocupando um dos focos da elipse;
  2. A linha reta que une o Sol ao planeta varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais;
  3. Os quadrados dos períodos orbitais dos planetas são proporcionais aos cubos dos semi-eixos maiores das órbitas ( $P^2 = Ka^3$ ).

# GALILEU, SEU TELESCÓPIO E A TORRE DE PISA



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL



ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA  
POLÍCIA CIVIL  
SPTC / DEPARTAMENTO DE IDENTIFICAÇÃO



*Galileo Galilei*  
ASSINATURA DO TITULAR

CARTEIRA DE IDENTIDADE

THOMAS GREG & SONS

VÁLIDA EM TODO O TERRITÓRIO NACIONAL

REGISTRO  
GERAL

DATA DE  
EXPEDIÇÃO

NOME

GALILEO GALILEI

FILIAÇÃO

GIULIA AMMANNATI

VINCENZO GALILEI

NATURALIDADE

PISA, ITÁLIA

DATA DE NASCIMENTO

★ 15/02/1564

DOC. ORIGEM

† 08/01/1642

CPF

ASSINATURA DO DIRETOR

LEI Nº 7.116 DE 29/08/88

THOMAS GREG & SONS





## GALILEO GALILEU

- Era católico e considerava tornar-se padre, mas – por insistência de seu pai – ingressou na Universidade de Pisa para estudar medicina.

## GALILEO GALILEU

- Era católico e considerava tornar-se padre, mas – por insistência de seu pai – ingressou na Universidade de Pisa para estudar medicina.
- Certo dia, notou um lustre oscilando e notou que ele tinha um período constante. Ao chegar em casa, construiu um pêndulo para verificar sua observação.

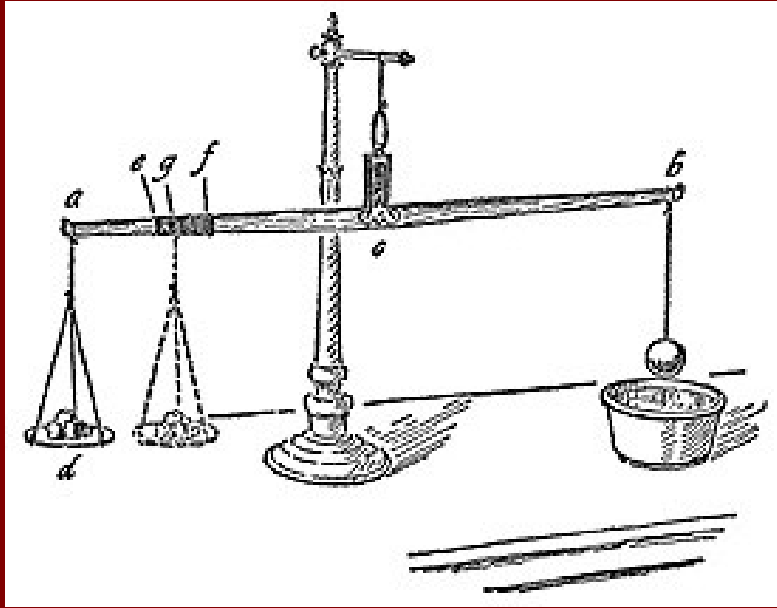
## GALILEO GALILEU

- Era católico e considerava tornar-se padre, mas – por insistência de seu pai – ingressou na Universidade de Pisa para estudar medicina.
- Certo dia, notou um lustre oscilando e notou que ele tinha um período constante. Ao chegar em casa, construiu um pêndulo para verificar sua observação.
- Assistiu *acidentalmente* a uma aula de geometria e resolveu convencer seu pai a deixá-lo estudar matemática e ciências naturais em vez de medicina.

# PRIMEIROS AVANÇOS

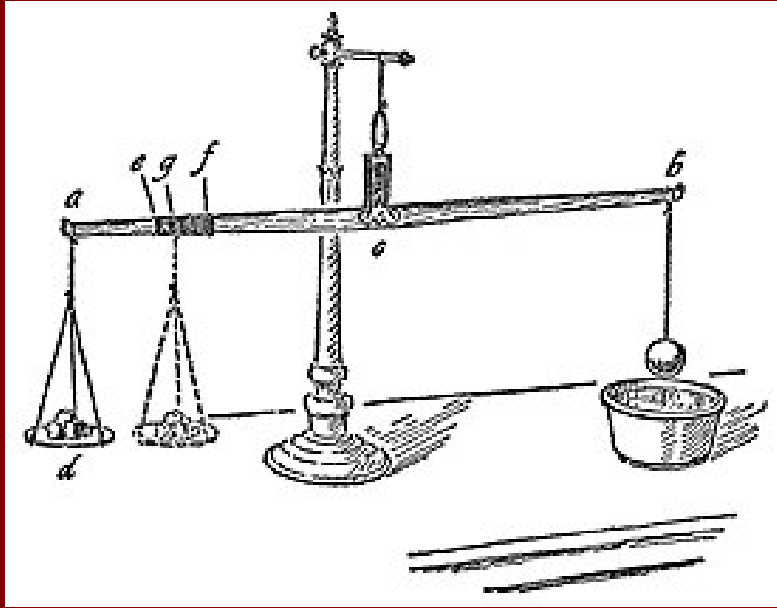
- Construiu um termoscópio: precursor do termômetro, que mede mudanças na temperatura.

# PRIMEIROS AVANÇOS



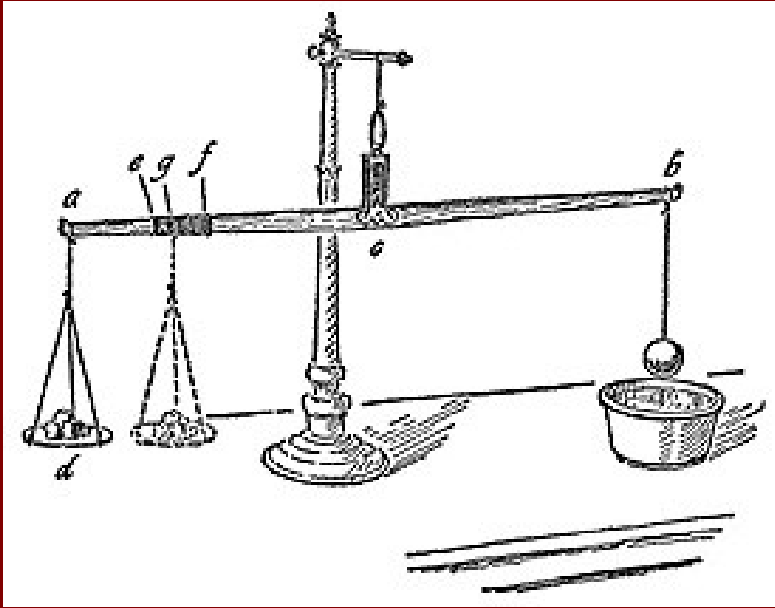
- Construiu um termoscópio: precursor do termômetro, que mede mudanças na temperatura.
- Em 1586, publicou um livro (*La Bilancetta - A Pequena Balança*) descrevendo uma balança hidrostática inventada por ele, e começou a despertar a atenção dos estudiosos da época.

# PRIMEIROS AVANÇOS



- Construiu um termoscópio: precursor do termômetro, que mede mudanças na temperatura.
- Em 1586, publicou um livro (*La Bilancetta - A Pequena Balança*) descrevendo uma balança hidrostática inventada por ele, e começou a despertar a atenção dos estudiosos da época.
- Em 1588, foi contratado como instrutor de desenho na *Accademia delle Arti del Disegno* em Florença.

# PRIMEIROS AVANÇOS



- Construiu um termoscópio: precursor do termômetro, que mede mudanças na temperatura.
- Em 1586, publicou um livro (*La Bilancetta - A Pequena Balança*) descrevendo uma balança hidrostática inventada por ele, e começou a despertar a atenção dos estudiosos da época.
- Em 1588, foi contratado como instrutor de desenho na *Accademia delle Arti del Disegno* em Florença.
- Em 1589, foi contratado para ensinar matemática na Universidade de Pisa. Mudou-se para Pádua em 1592 e lá ensinou matemática, geometria e astronomia.



# GALILEU, SEU TELESCÓPIO E A TORRE DE PISA

Físico, matemático, engenheiro, astrônomo,  
filósofo.

# GALILEU, SEU TELESCÓPIO E A TORRE DE PISA

Físico, matemático, engenheiro, astrônomo, filósofo.



- “Pai da Astronomia Observacional Moderna”
- “Pai da Física Experimental Moderna”
- “Pai da Ciência Moderna”

- Um dos primeiros pensadores modernos a afirmar que as leis da natureza são matemáticas.

# GALILEU, SEU TELESCÓPIO E A TORRE DE PISA

- Construiu seu próprio telescópio ao ouvir falar da invenção do holandês Hans Lippershey (1570-1619) e fez diversas descobertas



Um dos primeiros telescópios de Galileu.

- Defendia o heliocentrismo de Copérnico e, por isso, foi condenado pela Inquisição a prisão domiciliar
- Nesse período, registrou suas teorias sobre cinemática e resistência dos materiais

# A ASTRONOMIA DE GALILEU

- Primeiro telescópio: aumento de 3x. Após aprimorações, chegou a um aumento de 30x.
- Resultados publicados em *Siderus Nuncius* (ou *Mensageiro das Estrelas*), em 1610:



Fases de Vênus



Quatro maiores satélites de Júpiter.

# A ASTRONOMIA DE GALILEU

- Primeiro telescópio: aumento de 3x. Após aprimorações, chegou a um aumento de 30x.
- Resultados publicados em *Siderus Nuncius* (ou *Mensageiro das Estrelas*), em 1610:



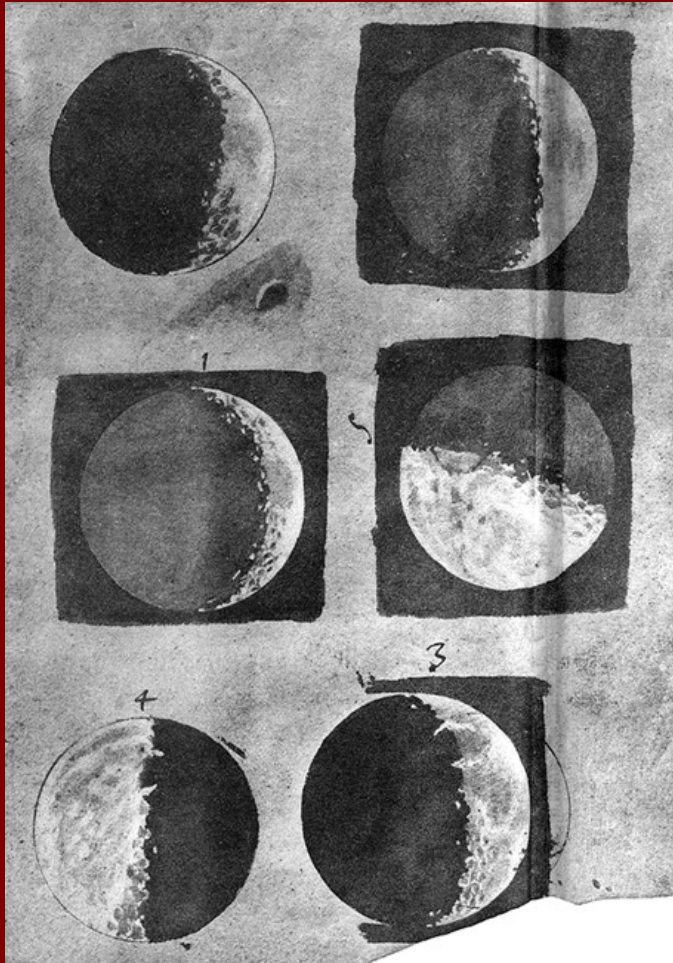
Fases de Vênus



Quatro maiores satélites de Júpiter.

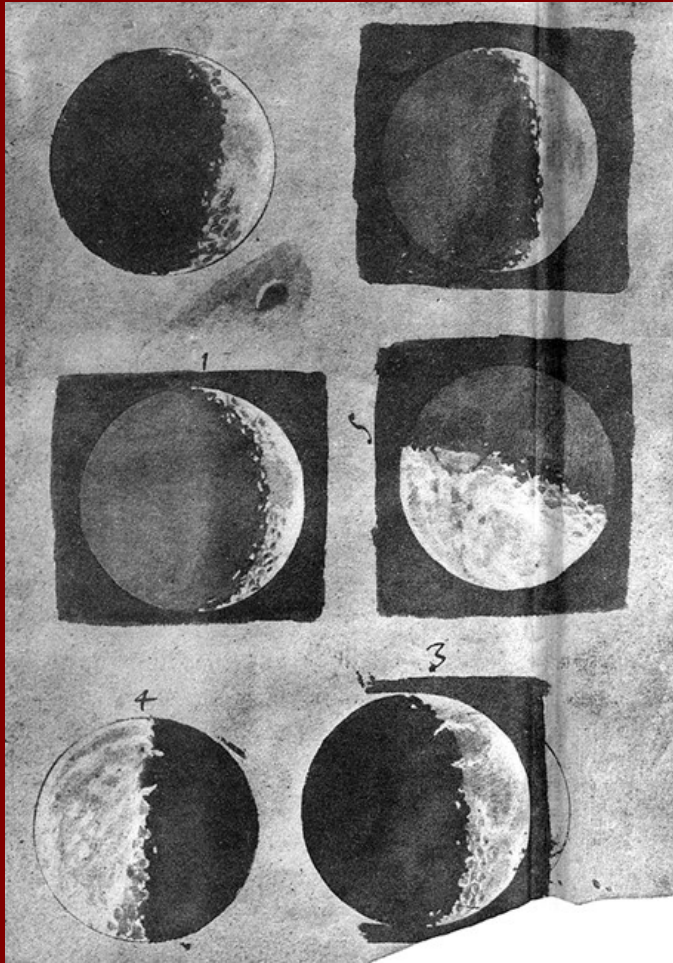
# A ASTRONOMIA DE GALILEU

- Um dos primeiros europeus a observar manchas solares, cuja existência vai contra o a filosofia aristotélica. O movimento delas (descoberto por Francesco Sizzi) era um argumento contra os sistemas geocêntrico de Ptolomeu e geo-heliocêntrico de Tycho Brahe.

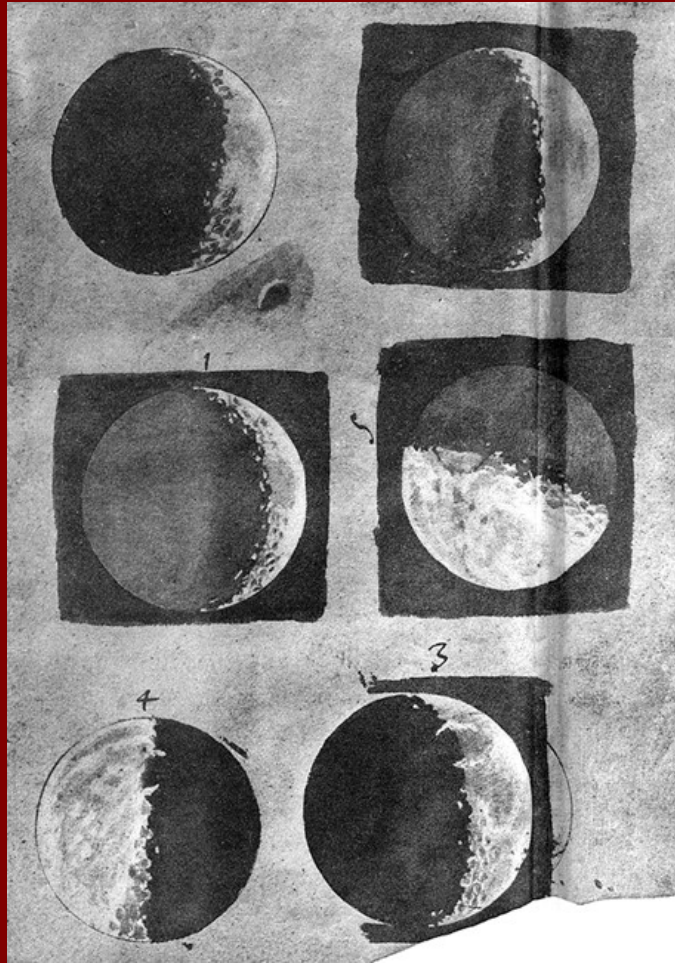


# A ASTRONOMIA DE GALILEU

- Um dos primeiros europeus a observar manchas solares, cuja existência vai contra o a filosofia aristotélica. O movimento delas (descoberto por Francesco Sizzi) era um argumento contra os sistemas geocêntrico de Ptolomeu e geo-heliocêntrico de Tycho Brahe.
- Observou Netuno em 1612, mas não reconheceu que era um planeta.



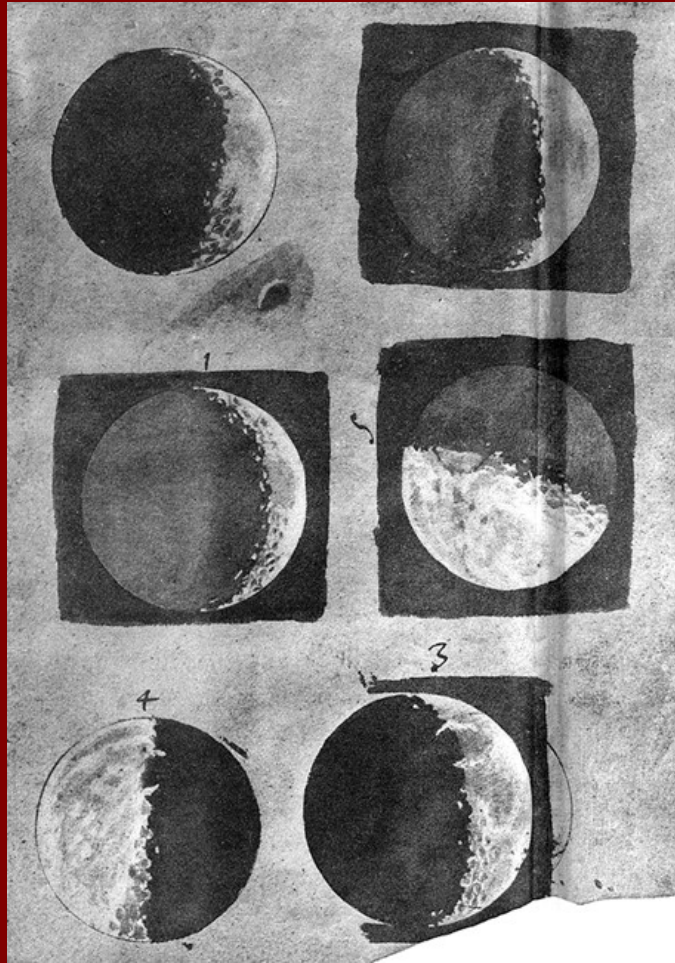
# A ASTRONOMIA DE GALILEU



- Um dos primeiros europeus a observar manchas solares, cuja existência vai contra o a filosofia aristotélica. O movimento delas (descoberto por Francesco Sizzi) era um argumento contra os sistemas geocêntrico de Ptolomeu e geo-heliocêntrico de Tycho Brahe.
- Observou Netuno em 1612, mas não reconheceu que era um planeta.
- Notou que a Lua apresenta montanhas e crateras – também diferente do que pregava Aristóteles.



# A ASTRONOMIA DE GALILEU



- Um dos primeiros europeus a observar manchas solares, cuja existência vai contra o a filosofia aristotélica. O movimento delas (descoberto por Francesco Sizzi) era um argumento contra os sistemas geocêntrico de Ptolomeu e geo-heliocêntrico de Tycho Brahe.
- Observou Netuno em 1612, mas não reconheceu que era um planeta.
- Notou que a Lua apresenta montanhas e crateras – também diferente do que pregava Aristóteles.
- Notou que a Via-Láctea era constituída por uma multitude de estrelas.

# A FÍSICA DE GALILEU



Lustre na Catedral de  
Pisa

- Realizou diversos experimentos com pêndulos, ideia que começou a observar um lustre balançando e usar suas pulsações como cronômetro.
- Notou que eles são isócronos: o período independe da amplitude, e seu quadrado dependia diretamente do comprimento do pêndulo.

# A FÍSICA DE GALILEU

- Segundo biografia escrita por seu estudante (Vincenzo Viviani), deixou cair bolas do mesmo material e diferentes massas da Torre de Pisa para demonstrar que o tempo de queda independe da massa, contrário ao que ensinava Aristóteles.



# A FÍSICA DE GALILEU



- Segundo biografia escrita por seu estudante (Vincenzo Viviani), deixou cair bolas do mesmo material e diferentes massas da Torre de Pisa para demonstrar que o tempo de queda independe da massa, contrário ao que ensinava Aristóteles.
- Propôs que corpos em queda livre tinham aceleração constante, se a resistência pudesse ser desprezada.

# A FÍSICA DE GALILEU



- Segundo biografia escrita por seu estudante (Vincenzo Viviani), deixou cair bolas do mesmo material e diferentes massas da Torre de Pisa para demonstrar que o tempo de queda independe da massa, contrário ao que ensinava Aristóteles.
- Propôs que corpos em queda livre tinham aceleração constante, se a resistência pudesse ser desprezada.
- Também verificou que a distância percorrida era proporcional ao tempo ao quadrado.

# A FÍSICA DE GALILEU



- Segundo biografia escrita por seu estudante (Vincenzo Viviani), deixou cair bolas do mesmo material e diferentes massas da Torre de Pisa para demonstrar que o tempo de queda independe da massa, contrário ao que ensinava Aristóteles.
- Propôs que corpos em queda livre tinham aceleração constante, se a resistência pudesse ser desprezada.
- Também verificou que a distância percorrida era proporcional ao tempo ao quadrado.
- Objetos mantêm sua velocidade até que um força, como atrito, aja sobre eles  $\Rightarrow$  inércia! (primeiro a expressar matematicamente, verificar experimentalmente e intruduzir a ideia de fricção).

# O ENSAIADOR

## Il Saggiatore (1623)

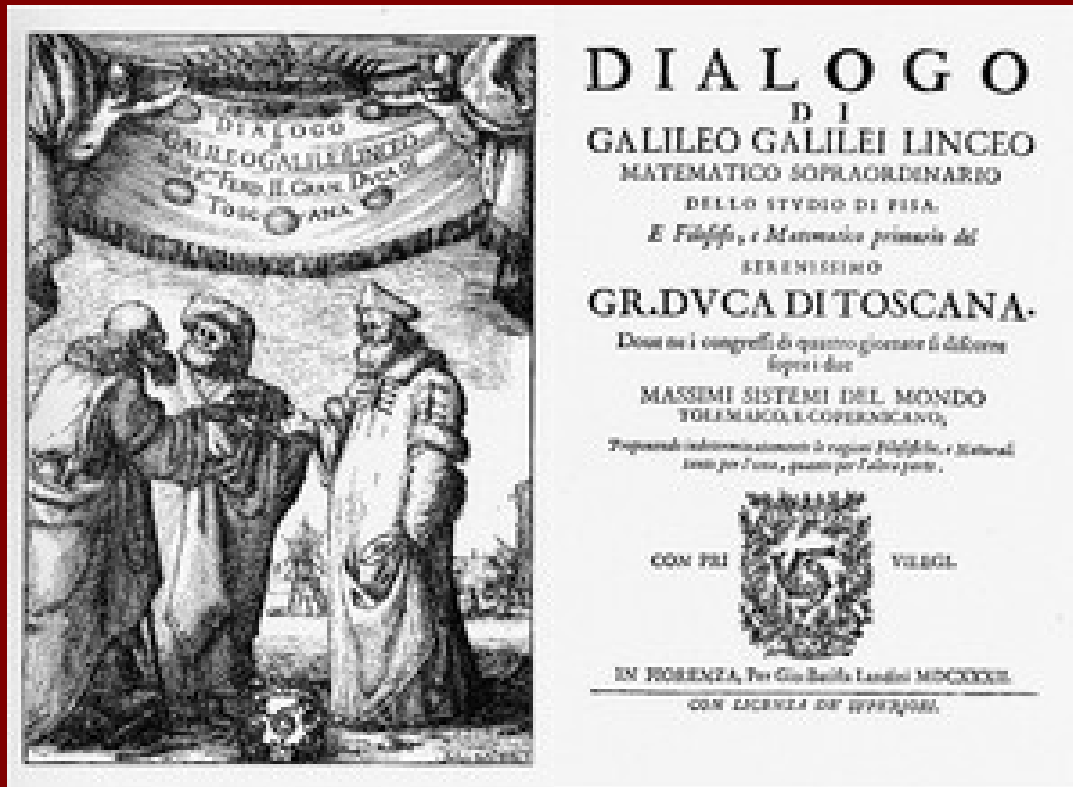


- Condenava teorias baseadas na filosofia de Aristóteles.
- Promovia experimentação e a formulação matemática de ideias científicas.
- Fez sucesso, inclusive entre membros da Igreja.

# DIÁLOGO SOBRE OS DOIS SISTEMAS MÁXIMOS DO MUNDO

*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo (1632)*

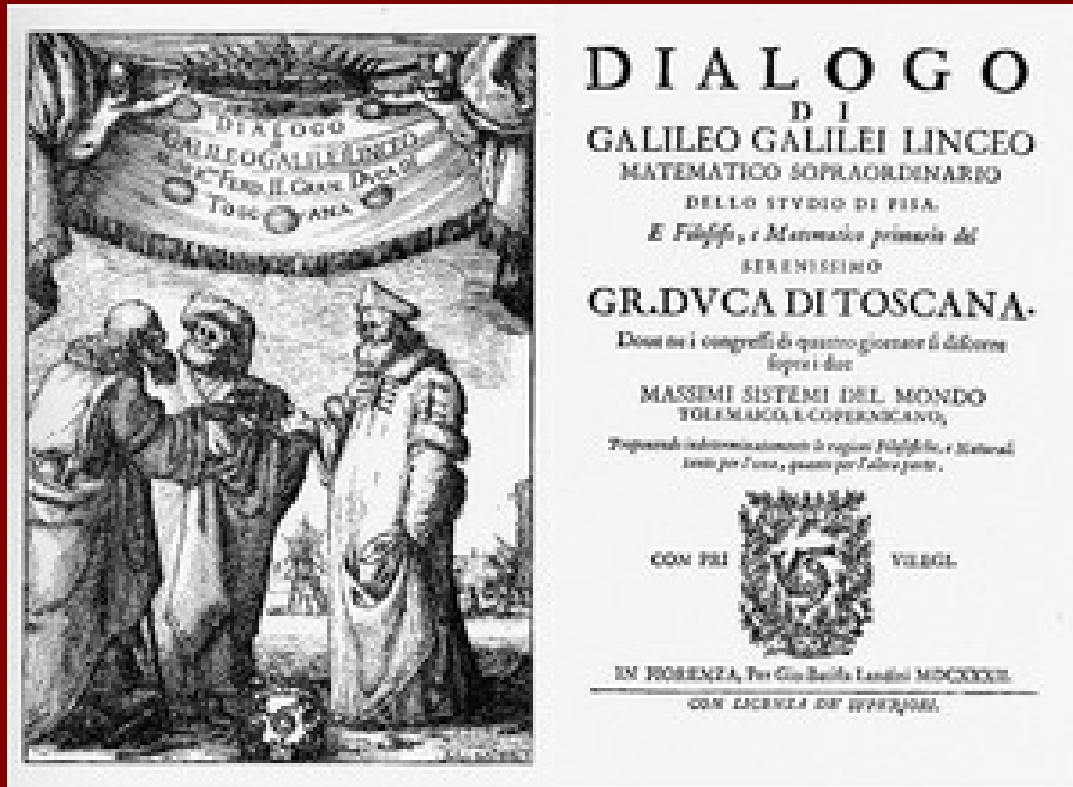
- Publicação encorajada pelo Papa Urbano VIII.





# DIÁLOGO SOBRE OS DOIS SISTEMAS MÁXIMOS DO MUNDO

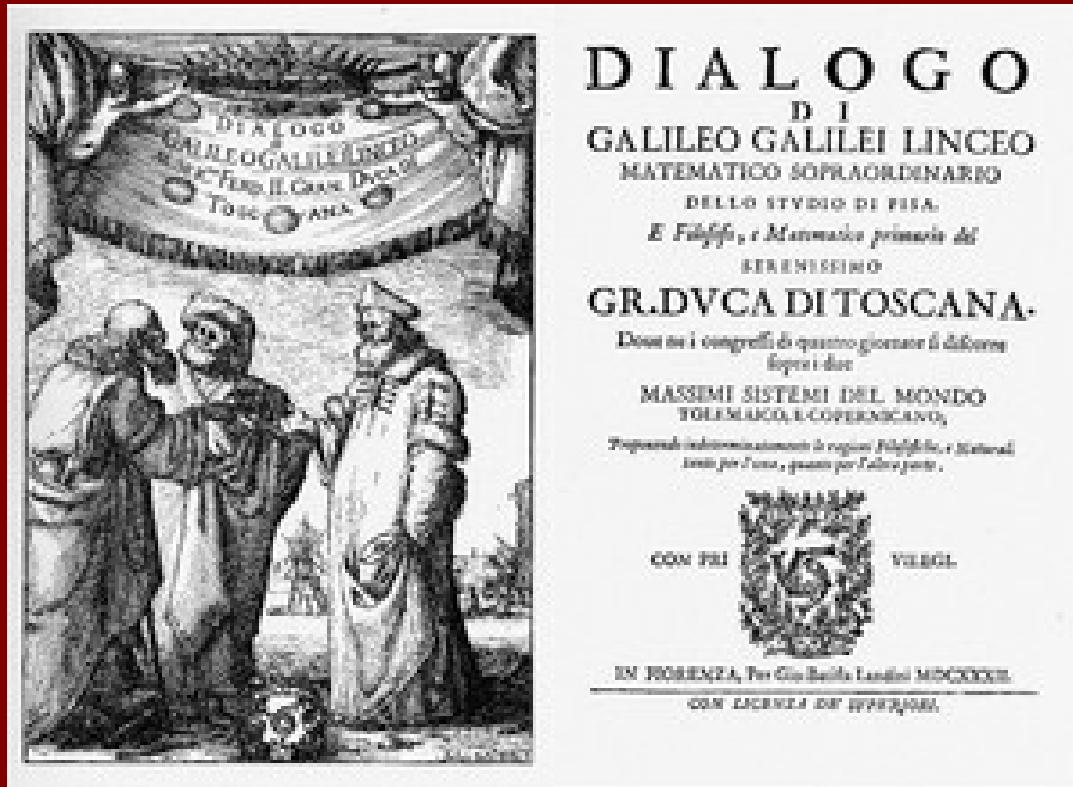
*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo (1632)*



- Publicação encorajada pelo Papa Urbano VIII.
- Discutia os dois sistemas, geocentrismo e heliocentrismo, mas claramente favorecia o segundo.

# DIÁLOGO SOBRE OS DOIS SISTEMAS MÁXIMOS DO MUNDO

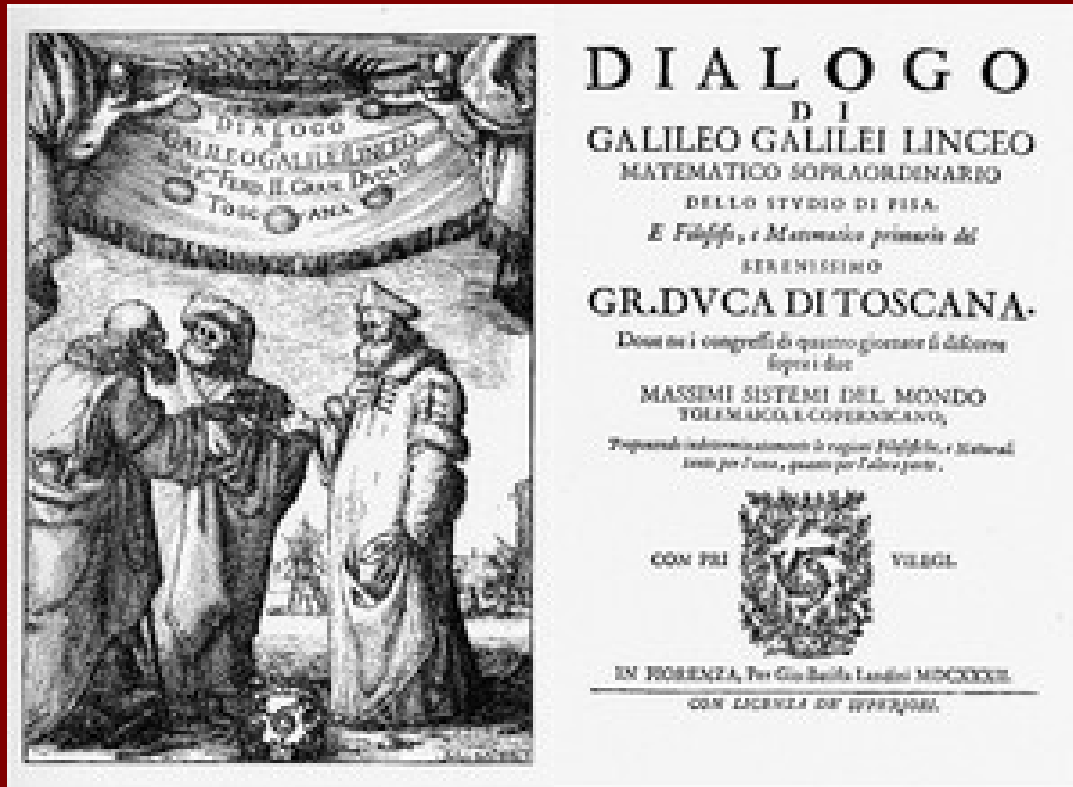
*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo (1632)*



- Publicação encorajada pelo Papa Urbano VIII.
- Discutia os dois sistemas, geocentrismo e heliocentrismo, mas claramente favorecia o segundo.
- Invariância de Galileu: as leis da Física são as mesmas em qualquer referencial parado ou movendo-se a velocidade constante em linha reta.

# DIÁLOGO SOBRE OS DOIS SISTEMAS MÁXIMOS DO MUNDO

*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo (1632)*



- Publicação encorajada pelo Papa Urbano VIII.
- Discutia os dois sistemas, geocentrismo e heliocentrismo, mas claramente favorecia o segundo.
- Invariância de Galileu: as leis da Física são as mesmas em qualquer referencial parado ou movendo-se a velocidade constante em linha reta.

Foi condenado pela Inquisição a prisão domiciliar pelo resto de sua vida.

# QUESTIONÁRIO

1. Qual foi o papel de Tycho Brahe na *Revolução Científica*?
2. Enuncie as Leis do Movimento Planetário descobertas por Johannes Kepler.
3. As Leis de Kepler ainda são válidas segundo o conhecimento científico atual? A que a 2ª Lei é equivalente?
4. Mencione duas descobertas de Galileu no campo da Astronomia e qual a crença anterior que elas derrubaram.
5. Explique uma das descobertas de Galileu no campo da Física e como ele chegou a ela.
6. Quais as principais diferenças na forma como cientistas pós-Revolução Científica tratavam as leis físicas, em relação a pensadores anteriores a tal período?