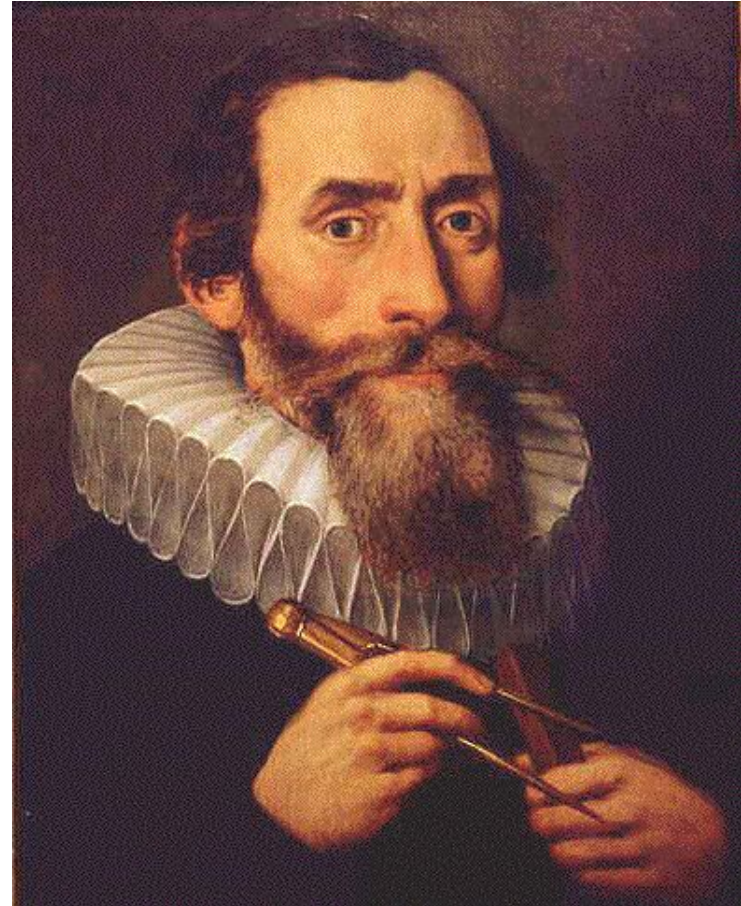


# История астрономии

Новая астрономия (первая треть XVII в.): законы Кеплера,  
телескопические наблюдения Галилея

## Иоганн Кеплер (1571-1630)



# История астрономии

## Новая астрономия (первая треть XVII в.): законы Кеплера, телескопические наблюдения Галилея

### Иоганн Кеплер (1571-1630) - Вейл

Родился **27 декабря 1571 г.**  
в городке **Вейл** недалеко  
от Штутгарта (Швабия,  
Вюртембергское герцогство)



### Иоганн Кеплер (1571-1630)

С 1583 г. начинает посещать школы с латинским языком, а потом попадает в вюртембергское училище

Осенью **1584 г.** – в **Адельбергский монастырь**, где учился 2 года

Удостоен публичной похвалы и переведен в училище при **Маульбрунском монастыре** (с осени **1586 г.**, 3 года)

Училище готовило к поступлению в высшую семинарию при Тюбенгенской академии

### Иоганн Кеплер (1571-1630)

С осени **1589 г.** – **Тюбингенская семинария** (2 года),  
получает звание учителя

Как один из лучших студентов оставлен на казенный счет в  
качестве стипендиата герцога Вюртембергского в  
**Тюбингенской академии (1591 г., 20 лет)**

Математику и астрономию преподавал Мэстлин,  
перешедший сюда из Гейдельбергского университета

**1593 г.** – окончание академии. Не был признан способным  
служить во славу церкви. Ему предложили место  
учителя математики в **Граце** (Австрия)

### Иоганн Кеплер (1571-1630) – Грац

Австрийская провинция –  
Штирия



### Иоганн Кеплер - Грац

**1593 г.** – учитель математики, с **1594 г.** – астрономии

В его обязанности входило составление календарей и альманахов с предсказаниями

Биографии, стр.187 (%),

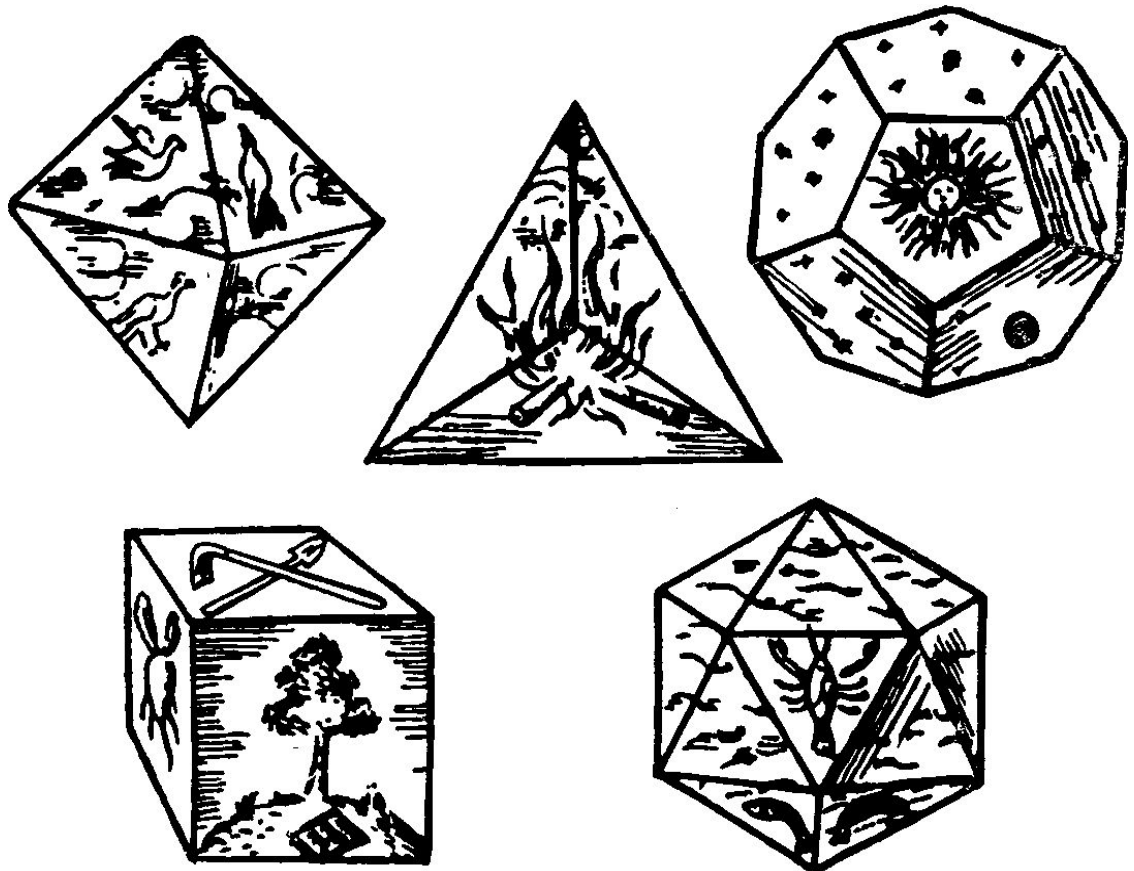
Биографии, стр.188 (%%, %%%),

ср. с Тихо Браге –Биографии, стр. 163 (V)

### Иоганн Кеплер - Грац

Поиск закономерностей в расстояниях между планетами.

5 пифагоровых тел



### Иоганн Кеплер - Грац

Сфера-октаэдр-сфера-икосаэдр-сфера-додекаэдр-  
сфера-куб-сфера-пирамида-сфера

Очень грубое соотношение между расстояниями



### Иоганн Кеплер - “Космический кубок”

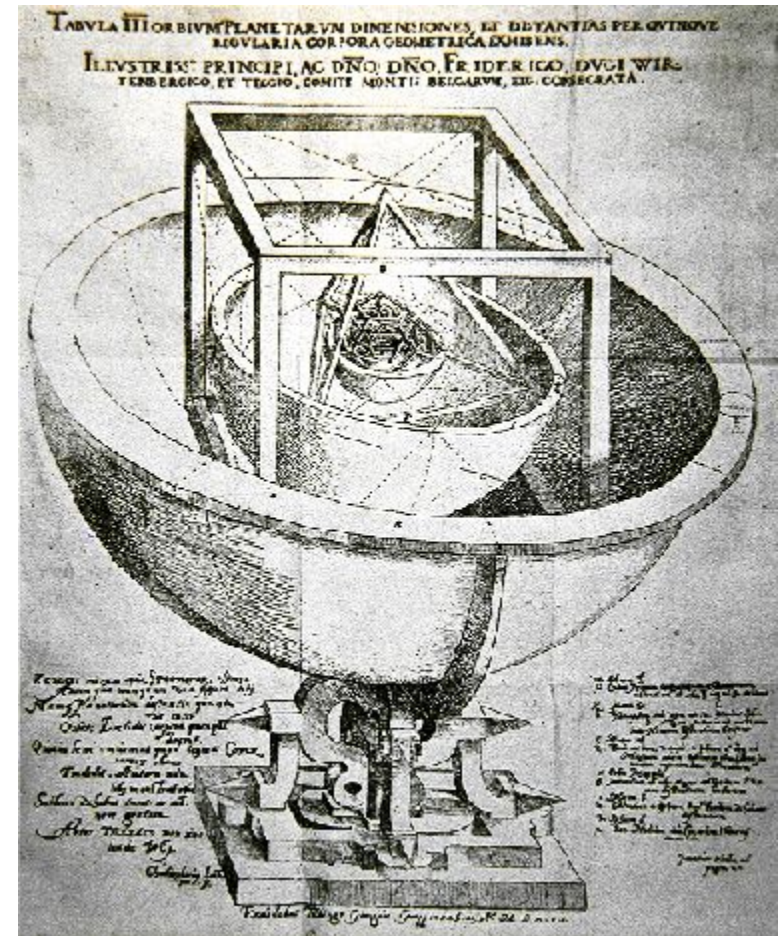
(Саган, стр.96)

1597 г. –

“Введение к  
космографическим  
исследованиям, или  
Космографическая Тайна”

(“*Prodromos dissertationum  
cosmographicarum seu  
Mysterium cosmographicum*”)

Послал книгу Тихо Браге в  
Ураниборг и Галилею в Падую



### Иоганн Кеплер - гонения

**1598 г.** – принц **Фердинанд** запретил протестанское богослужение, а всем протестантам велел оставить его государство

Кеплер бежал в Венгрию

**1599 г.** – возвращение в Грац. Предложение от Тихо **Браге** (встреча в **1600 г.**). Письмо к единоверцам, в котором он их утешает в несчастьях. Снова вынужден бежать

Обращение к герцогу **Вюртембергскому** – просьба занять кафедру медицины в Тюбингене

**(Биографии, стр. 205 (#))**

# История астрономии

## Новая астрономия (первая треть XVII в.): законы Кеплера, телескопические наблюдения Галилея

### Иоганн Кеплер (1571-1630) - Прага



### Иоганн Кеплер - у Тихо

**1600 г.** Приезжает в Прагу к Тихо **Браге**, где тот со своим учеником **Лонгомонтаном** работали над “теорией Марса”

**1601 г.** – смерть **Тихо**

Все журналы наблюдений переходят к **Кеплеру**

(Позже споры с **Лонгомонтаном** – **Биографии, стр. 244-245**)

### Иоганн Кеплер - Прага

**1601 г.** – императорский астроном и астролог

### Иоганн Кеплер - Прага

✓ **“Дополнения к Вителию”** (“*Paralipomena ad Vitelionem*”) – **1604 г.**

- интенсивность света обратно пропорциональна квадрату расстояния
- указал на существование солнечной короны
- открыл явление полного внутреннего отражения
- описал анатомическое строение глаза
- действие очковых линз
- дал математическое обоснование телескопической трубы!

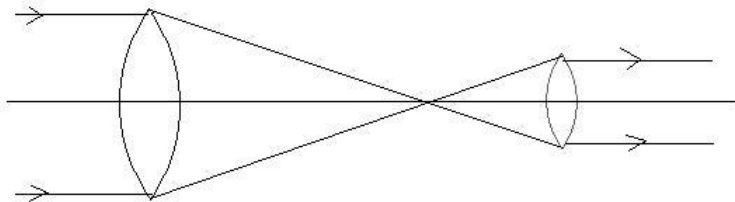
**(Биографии, стр. 208-209 (!!), стр. 209 – таблицы рефракции)**

### Иоганн Кеплер - Прага

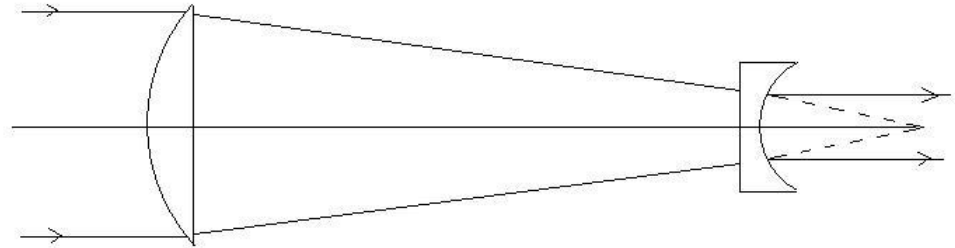
- ✓ “Диоптрика, или доказательство того, как становится видимым изображение с помощью недавно изобретенной зрительной трубы” – 1611 г.

### Иоганн Кеплер - Прага

#### Схема телескопа Кеплера



#### Телескоп Галилея



Первый телескоп такой системы был построен

Христофором **Шейнером** в **1613 г.**, а к **1640 г.**

“кеплерова труба” вытеснила все прежние системы телескопов

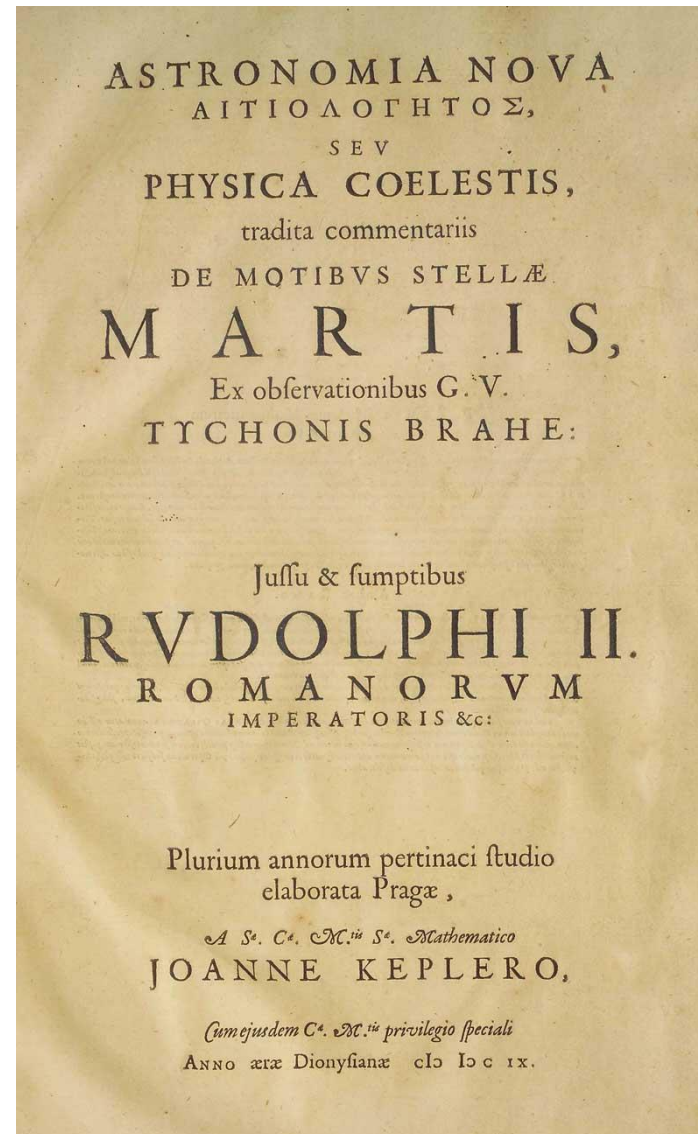


### Иоганн Кеплер - Прага

- ✓ “Новая астрономия, причинно обоснованная, изложенная в исследованиях планеты Марс по наблюдениям благороднейшего мужа Тихо Браге” – 1609 г. – два первых закона Кеплера (5 отделов, 70 глав)

(Посвящение императору Рудольфу II – Биографии, стр. 211-212 (!))

Иоганн Кеплер - Прага  
“Новая астрономия,  
причинно обоснованная,  
изложенная в  
исследованиях планеты  
Марс по наблюдениям  
благороднейшего мужа  
Тихо Браге”



### Иоганн Кеплер - Прага

#### Орбита Марса

Полагая орбиту Марса круговой, Кеплер в соответствии с птолемеевым эксцентром и эквантом устанавливает, что расстояние от Солнца до экванта в долях радиуса  $-0.18564$  (от центра до экванта  $-0.07232$ , а от Солнца до центра  $-0.11332$ ) – использовалось 4 противостояния – **1587, 1591, 1593 и 1595** гг.

Для других противостояний – ошибка меньше  $2'$ , а для промежуточных –  $8'$  (**Биографии, стр.215 (@)**)

### Иоганн Кеплер - Прага

#### Орбита Земли

Ориентиром служит Марс

Сидерический период – 687 суток

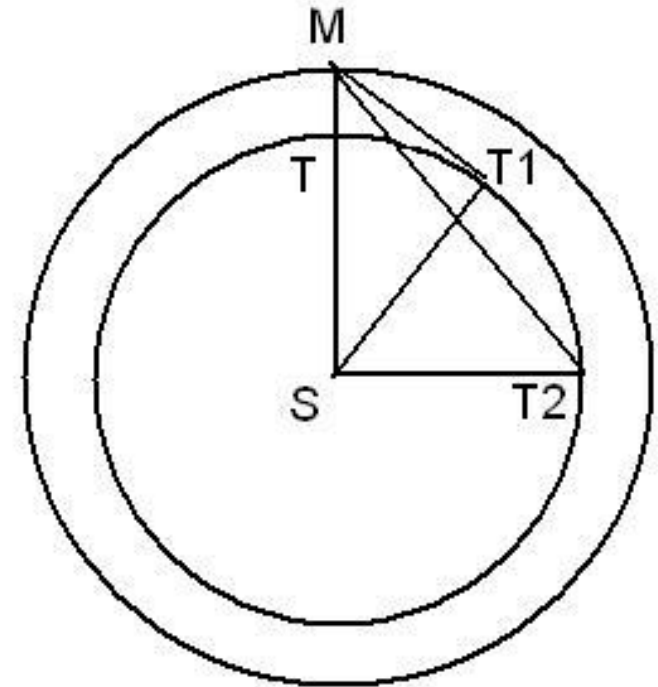
Земле не хватает 43.5 суток до  
двух полных оборотов (отставание  
на  $\approx 43^\circ$ )

Еще через один оборот

Марса – на  $\approx 86^\circ$

Все свелось

к решению треугольников



### Иоганн Кеплер - Прага

#### Орбита Земли

Эксцентриситет орбиты Земли – 0.01837

Уточнил заодно орбиту Марса

Наибольшее расстояние – 1.6678,

наименьшее – 1.3850, среднее – 1.5264,

эксцентриситет – 0.0926 – ровно вдвое меньше  
расстояния “Солнце-эквант” (0.18564)

### Иоганн Кеплер - Прага

Второй закон (раньше первого)

Затем первый. (Окружность-овал-овоид-эллипс!)

$$b = a \cdot \sqrt{1 - e^2}; \quad (a - b) / b \approx 1/2 e^2;$$

$$e = 0.0926;$$

$$e^2 = 0.00857;$$

$$(a - b) / b = 0.00429; \quad !!!$$

# История астрономии

## Новая астрономия (первая треть XVII в.): законы Кеплера, телескопические наблюдения Галилея

### Иоганн Кеплер (1571-1630) - Линц



### Иоганн Кеплер - Линц (Австрия)

**1612 г.** – переезд в Линц (из-за безденежья) учителем математики

Вторая женитьба (**Биографии, стр. 222**)

**“Новая стереометрия винных бочек, преимущественно австрийских, как имеющих самую выгодную форму и исключительно удобное употребление для них кубической линейки, с присоединением дополнения к архимедовой стереометрии”**

**(Квант + \*Биографии, стр. 223)**



### Иоганн Кеплер - Линц (Австрия)

1614 г. – выведены законы для Венеры

1615 г. – для Меркурия

1619 г. – **“Гармония мира пять книг”** – третий закон  
(Климишин, стр.146(#))

1618, 1620 и 1621 гг. – **“Очерки коперниканской астрономии”**. ! Поставил вопрос о физической причине планетных движений. (Климишин, стр.148 (!!), Биографии, стр. 213 (^))

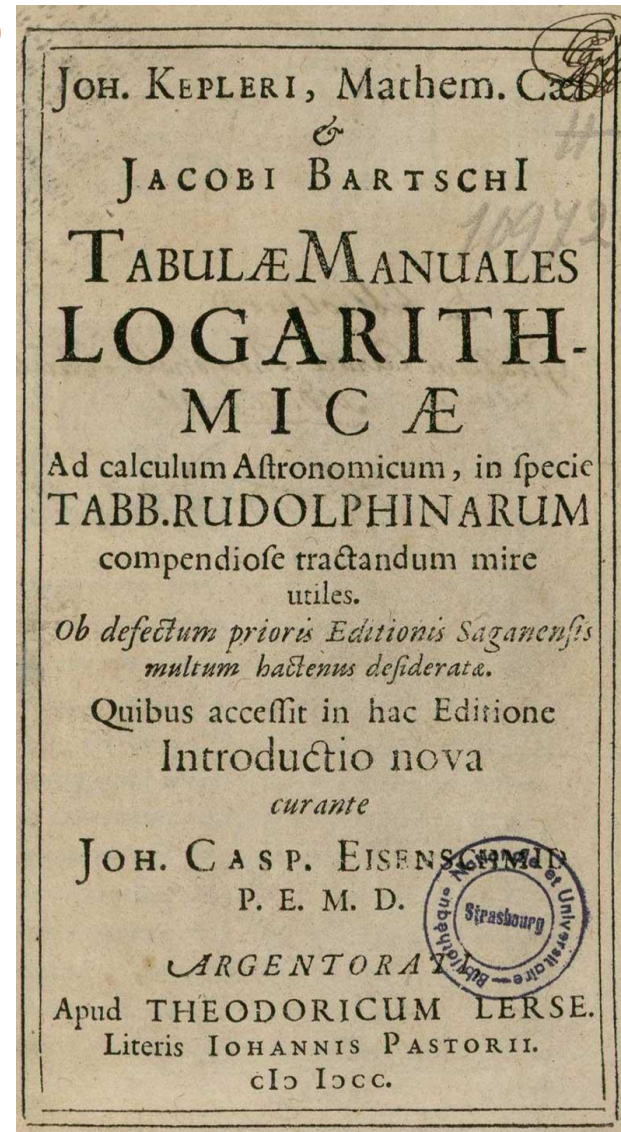
(Непер, логарифмы – Кеплер издает таблицы)

1627 г. – **“Рудольфовы таблицы”** (вышли уже в Ульме) – великий князь тосканский Фердинанд прислал Кеплеру золотую медаль

**Иоганн Кеплер - Линц (Австрия)**

Таблицы логарифмов Кеплера

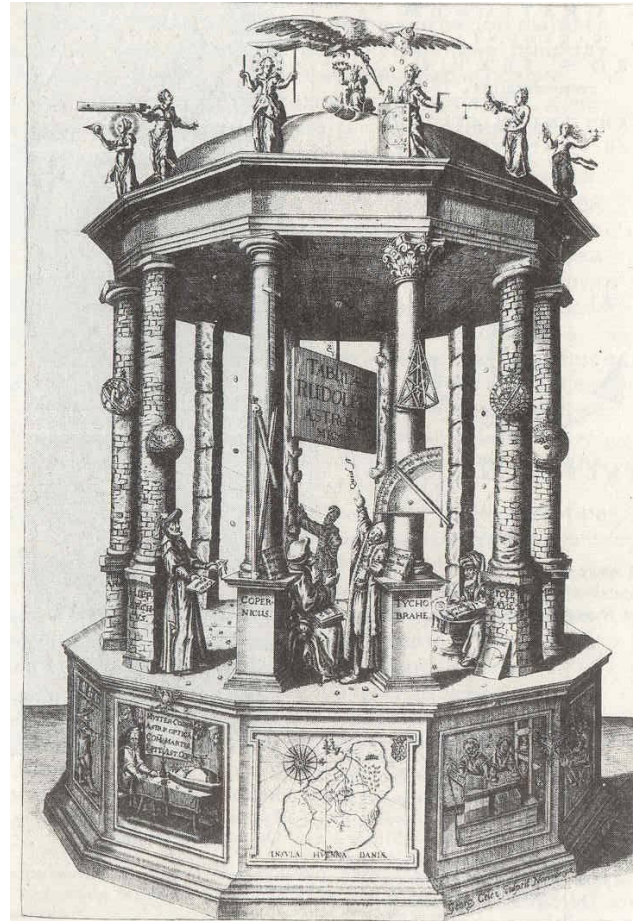
**1624 г.**



# История астрономии

Новая астрономия (первая треть XVII в.): законы Кеплера, телескопические наблюдения Галилея

## Иоганн Кеплер - Линц (Австрия)



# История астрономии

## Новая астрономия (первая треть XVII в.): законы Кеплера, телескопические наблюдения Галилея

### Иоганн Кеплер (1571-1630) - Регенсбург



### Иоганн Кеплер - Линц (Австрия) - Регенсбург

**1615 г.** мать Кеплера обвиняется в колдовстве, по окончании процесса (**1620 г.**) в Линце его встретили враждебно, а в **1626 г.** он вынужден бежать из Линца

Работает в Ульме на книгопродавца

В **1628 г.** поступает на службу в качестве астролога к герцогу Валленштейну (полководец Рудольфа II)

Вскоре оставляет герцога и возвращается к семье в Линц

Осенью **1630 г.**, пытаюсь получить давнее жалованье, едет в Регенсбург к герцогу. По дороге простужается, и умирает

(Биографии, стр.236 (##))

# История астрономии

Новая астрономия (первая треть XVII в.): законы Кеплера,  
телескопические наблюдения Галилея

## Иоганн Кеплер - Регенсбург 1571-1630



### Иоганн Кеплер - Регенсбург 1571-1630

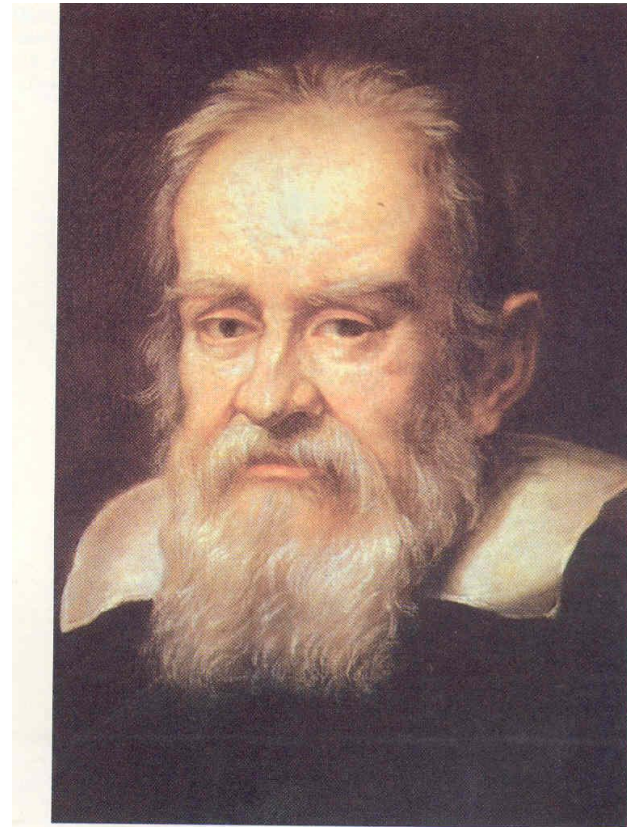
“Я небеса измерял; ныне же тени Земли измеряю.

Дух мой на небе жил; здесь же тень тела лежит”

### Галилео Галилей (1564-1642)



Портрет Галилео Галилея  
Рисунок Оттавио Леони  
Италия. Около 1622 года



Портрет Галилео Галилея  
Художник Юстус Сюстерман  
Около 1640 года



### Галилео Галилей (1564-1642)

Родился **15 февраля 1564 г.** в Пизе

**1583 г.** (19 лет) – **Пизанский университет** – для изучения  
медицины

По счастью для **Галилея**, сначала нужно было  
прослушать подготовительный курс аристотелевой  
философии (смесь метафизики и математики)

Частные занятия математикой с Остилиусом Ричи

В университете – преподаватель физики Яков **Манцони**,  
придерживавшийся пифагорейского учения

Книги Эвклида, Пифагора, а затем и Архимеда

✓ **Гидростатические весы для определения удельного  
веса**

### Галилео Галилей (1564-1642)

**1585 г.** (21 год) – ходатайство отца о казенном содержании

Отказ

Галилей оставляет университет без диплома!

Богатый покровитель, один из образованнейших людей того времени – маркиз Гвидон **Убальди**

Отзывался о **Галилее** как об “Архимеде новейшего времени” (**гидростатические весы, изохронизм колебаний маятника**; в Париже в Консерватории Искусств и Ремесел есть часы, устроенные на основании указаний Галилея его учеником **Вивиани**)

### Галилео Галилей - Пизанский университет

По ходатайству Убальди Галилей был назначен великим князем **Фердинандом I** из фамилии Медичи преподавателем математики в **Болонский университет**, откуда в **1589 году** перешел обратно в **Пизанский университет** (на 3 года)

В Пизе все закончилось плохо

### Основы механики

Рассуждения Аристотеля о движении тел – неверны

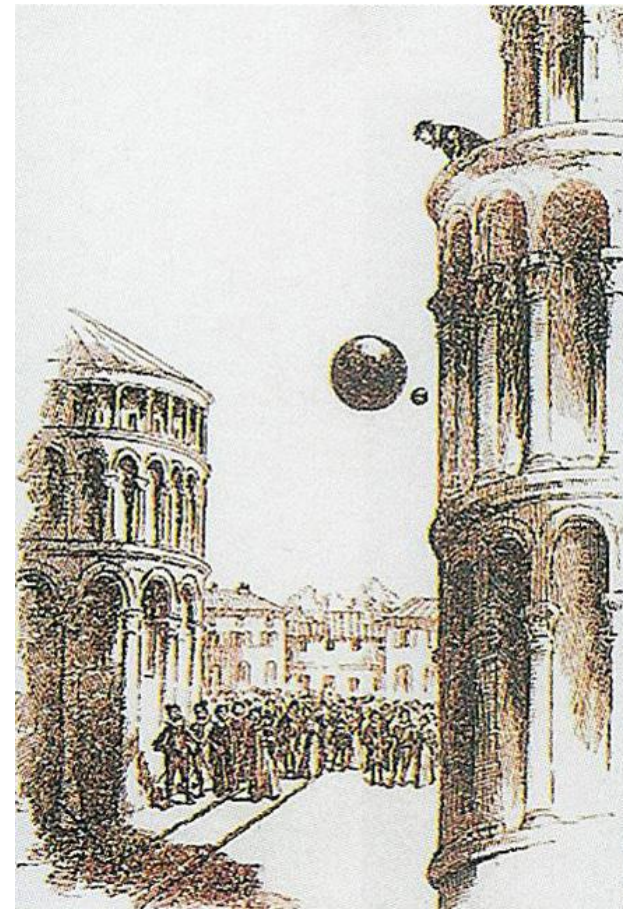
✓ **Скорость падения тел вовсе не зависит от их веса!**

Сначала **Галилей** доказал это умозрительно

### Галилео Галилей - Пизанский университет

а затем экспериментально

(Климишин, стр. 151 (V))



### Галилео Галилей - Пизанский университет

- ✓ Расстояние, пройденное падающим телом пропорционально квадрату времени
- ✓ Пропорциональный циркуль

У Галилея появилось много недоброжелателей

В **1592** г. его лишили должности профессора. Повод – отрицательный отзыв на гидравлическую машину, построенную побочным сыном Козмы I Медичи

В этом же году он возвращается во Флоренцию

### Галилео Галилей - Падуанский университет

Рекомендательное письмо от маркиза **Убальди** флорентийскому вельможе **Сальвиати(!)**. Сальвиати знакомит Галилея с **Сагредо(!)** – занимал видный пост при правительстве Венецианской республики

В **1592 г.** Венецианское правительство назначает **Галилея** профессором (на 6 лет, а потом еще на 6 лет) в Падуанский университет (**Биографии, стр. 100+101 (\*) - жалованье**)

### Галилео Галилей - Падуанский университет

- ✓ **Проекты разных машин** по заказу венецианского правительства
- ✓ **Учебные руководства по механике**
- ✓ **(!) Трактат по фортификации** – первый в своем роде.  
(Все это ходило в рукописях, одно из сочинений этой серии вышло в **1634 г.** во французском переводе и содержало (!) **принцип возможных перемещений**, устанавливающий общее условие равновесие механических систем.)
- ✓ **Термометр (или термоскоп)** – это изобретение оспаривалось, как и многие другие, что заставляло Галилея прибегать к шифровкам

### Галилео Галилей - Падуанский университет

Начало переписки с **Кеплером**, которая не прекращалась до самой кончины **Кеплера**

**10 октября 1604 г.** – сверхновая в Змееносце

Популярные лекции. Основная мысль – звезда дальше всех планет, а не атмосферное явление. Особенно настойчиво высказывался в пользу учения Коперника, не обращая внимание на судьбу Джордано **Бруно** (сожжен в **1600 г.**)



### Галилео Галилей - Падуанский университет

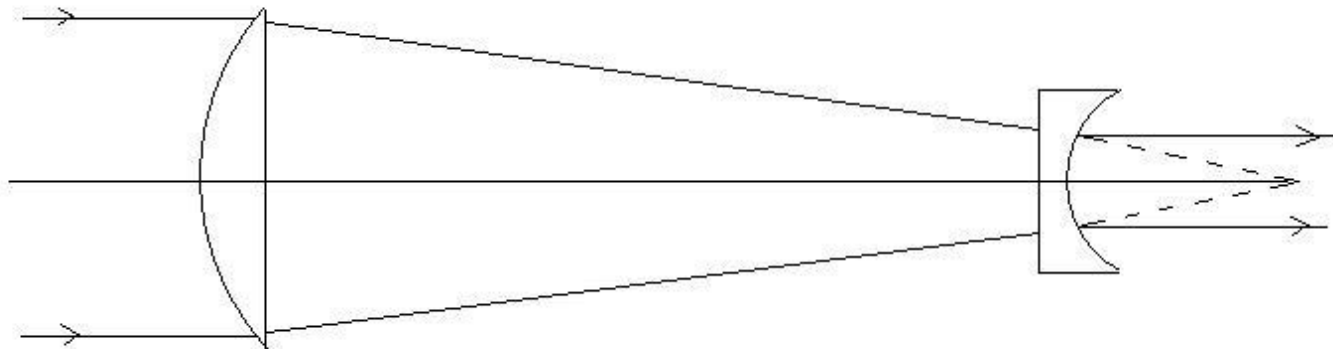
С **1609** г. – ряд замечательных астрономических открытий, благодаря изобретению “перспективы” (телескопа – этот термин был введен позже филологом **Доменисиани 1576-1614**)

В этом году начали распространяться слухи, что какой-то голландец представил графу Морицу **Нассаускому** оптический прибор, приближавший далекие предметы (первенство изобретения оспаривали три голландца)

(Климишин, стр. 152 (V))

### Галилео Галилей - Падуанский университет

Галилей изобрел свою трубу



Сначала 3-х кратное увеличение, затем – 30-ти кратное  
(Климишин, стр. 152 (\*\*))

### Галилео Галилей - Падуанский университет

#### Музей истории науки во Флоренции

Фокусное расстояние наибольшей,  
разбитой линзы – 168.9 см,  
диаметр – 5.8 см

Несколько таких труб **Галилей**  
представил венецианскому сенату.

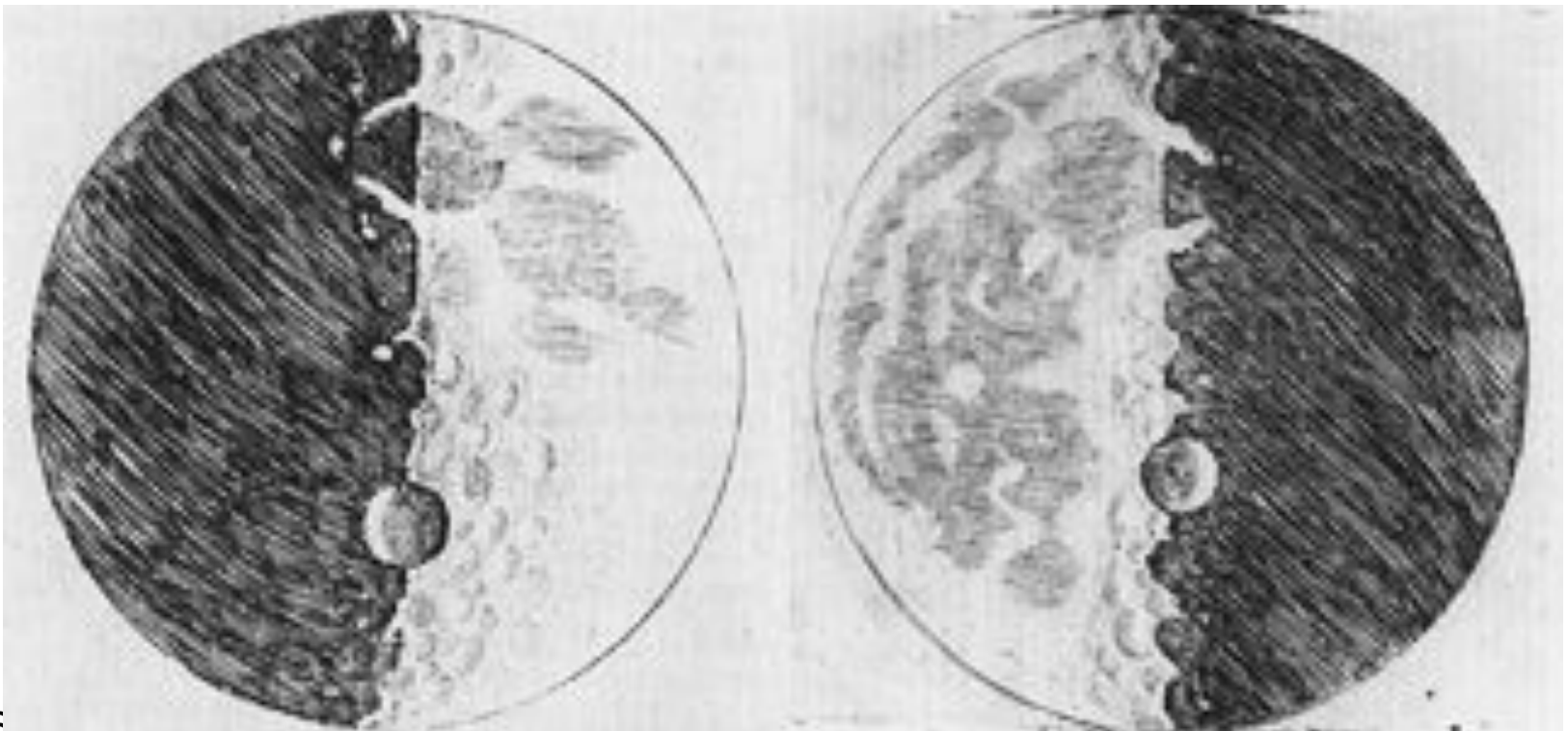
**Галилею** было предоставлено  
пожизненное профессорство в  
Падуанском университете, а его  
жалованье утроено



### Галилео Галилей - Падуанский университет

Телескопические наблюдения Галилея (Siderius Nuntius - "Звездный вестник" 1610 г.)

✓ **Высота лунных гор** (Климишин, стр.153 (\*\*\*))



**Галилео Галилей - Падуанский университет**

Телескопические наблюдения Галилея (“Звездный  
вестник” 1610 г.)

- ✓ **Луна всегда повернута одной стороной**
- ✓ **Разница между видом планет и неподвижных звезд**  
(Климишин, стр.153 (+))

**Галилео Галилей - Падуанский университет**

Телескопические наблюдения Галилея (“Звездный вестник” 1610 г.)

- ✓ Разрешил отдельные участки Млечного Пути на звезды. Плеяды - 36 звезд (Климишин, стр.154 (++))



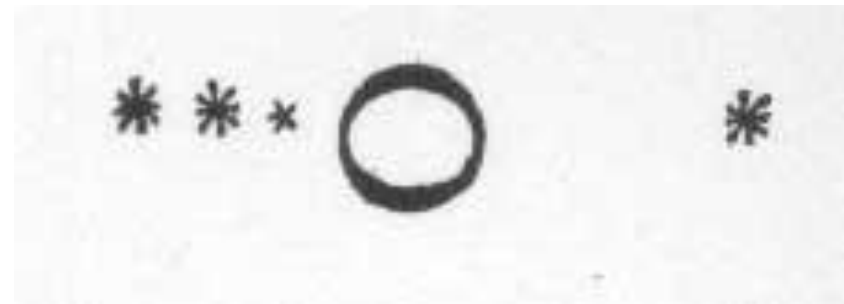
### Галилео Галилей - Падуанский университет

Телескопические наблюдения Галилея (“Звездный вестник” 1610 г.)

- ✓ **Спутники Юпитера** (Ио, Европа, Ганимед, Калисто) (Климишин, стр.154). “Медицейские звезды” (спутники – термин Кеплера)

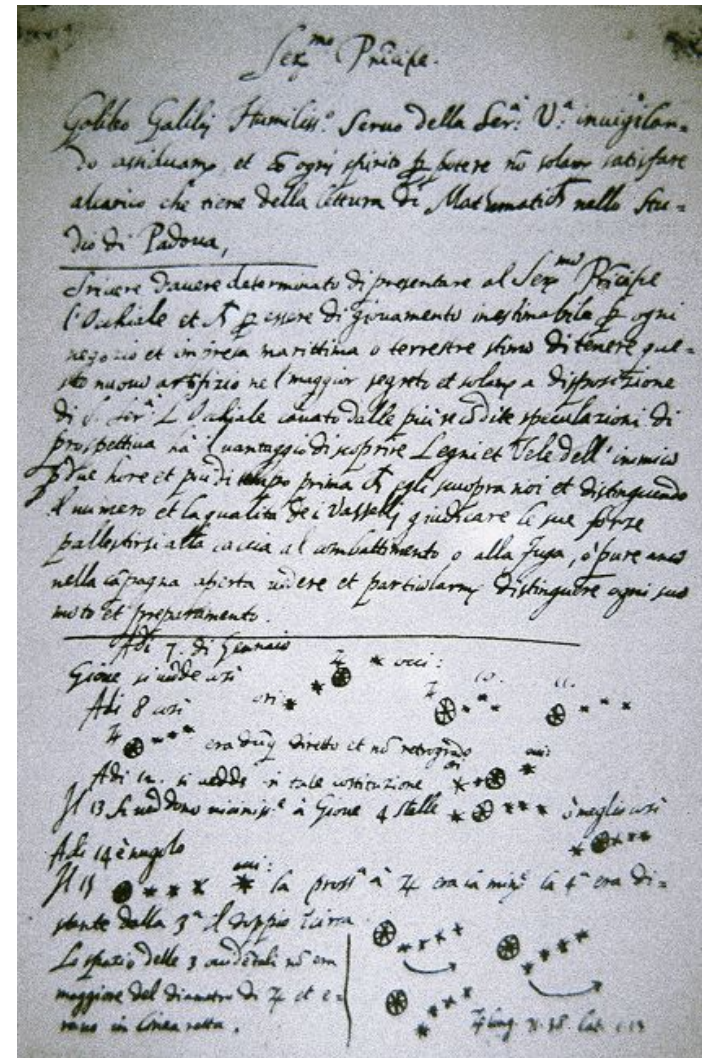
7 января 1610 г. – 3 “звезды”,

13 января 1610 г. – еще одну (5-ый спутник был открыт лишь в 1892 г.)



### Галилео Галилей - Падуанский университет

#### Периоды обращения

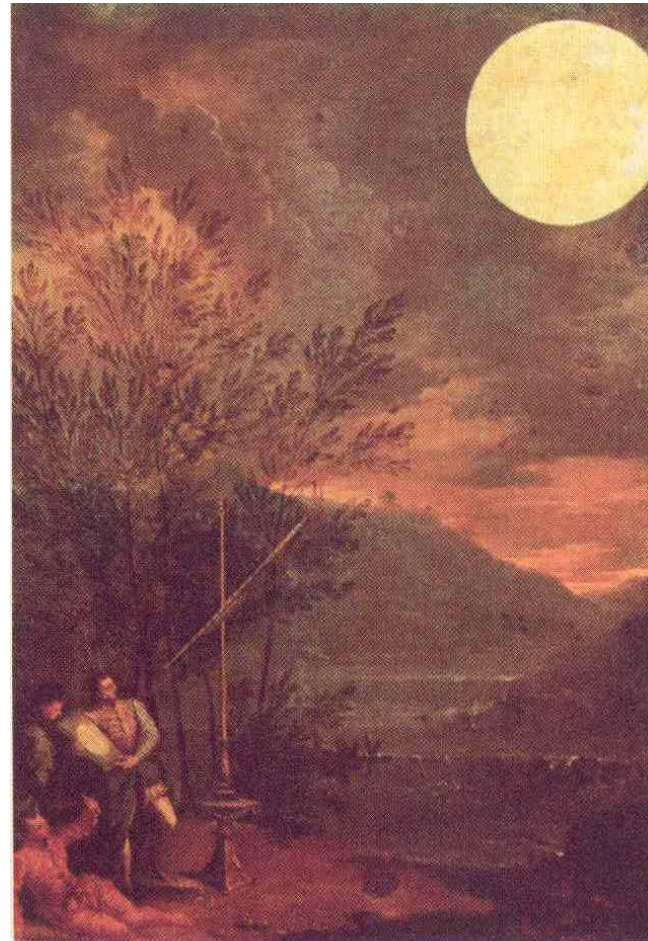




### Галилео Галилей - Падуанский университет

“...спутники не видны для простого глаза, поэтому не могут оказывать влияния на Землю, следовательно, они не нужны, а значит они не существуют.”

**(Климишин, стр.155 (&))**



Астрономические наблюдения  
Картина Донато Крети  
Италия. XVII век

### Галилео Галилей - Падуанский университет

Телескопические наблюдения Галилея (продолжение, 1610 г.)

- ✓ **Сатурн.** “Altissimum planetam tergeminum observavi.” (1612 г. – Сатурн представился Галилею совершенно круглым; Гюйгенс – 1655 г.)
- ✓ **Фазы Венеры.** “Syntiae figuras emulatur mater amorum”. Шарообразная. Не обладает собственным светом. Вращается вокруг Солнца. (Месяц не решался говорить об этом) (Уже во Флоренции – октябрь 1610 г.)

### Галилео Галилей - Падуанский университет

Телескопические наблюдения Галилея (продолжение, 1610 г.)

- ✓ Примерно в это же время **объяснил пепельный свет Луны**

Галилей становится страстным пропагандистом коперниковской системы

(Отношения с церковью – пока лояльные - **Климишин, стр.156-157 (&&)**)

### Галилео Галилей - Флоренция

Великий князь **Тосканский** предложил **Галилею** вернуться на родину во Флоренцию

**Галилею** 46 лет

**сентябрь 1610 г.**

Уроки сыновьям великого князя. Огромное жалованье

### Галилео Галилей - Флоренция

Наблюдения Галилея (1610 г.)

✓ **Пятна на Солнце**

✓ **Томас Гарриот** в Англии

**Иоганн Фабриций** в Голландии (публикация **июнь 1611 г.**)

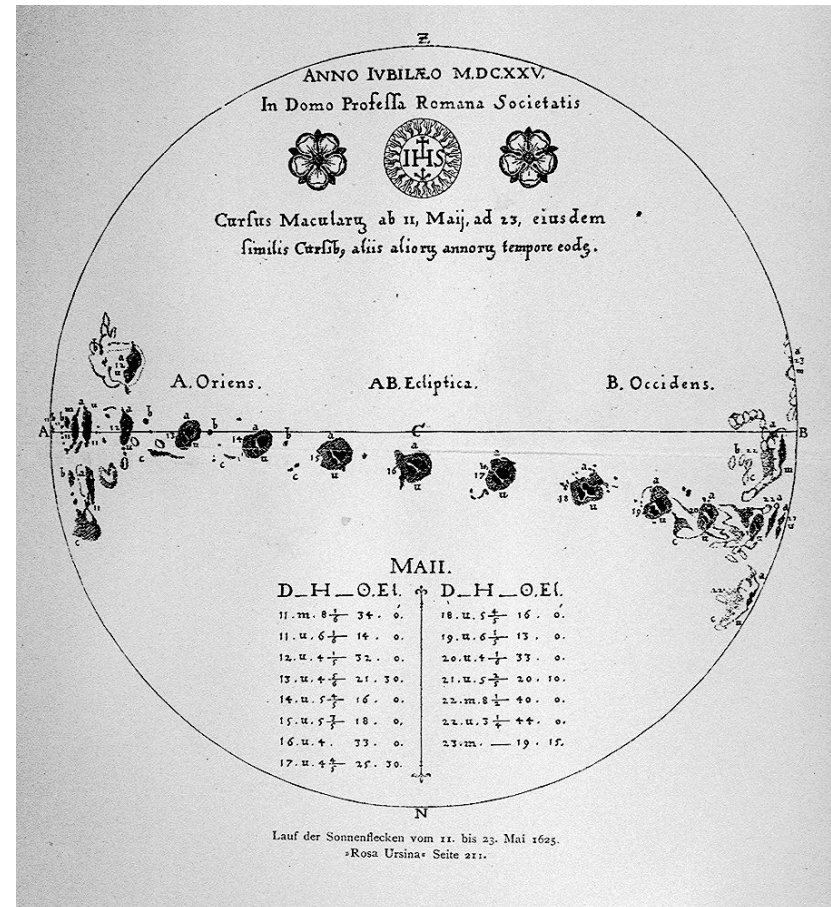
**Христофор Шейнер (иезуит)** в Германии (анонимная публикация **1612 г.**)

Письма **Вельзеру** (аугсбургский купец)

Спор с **Шейнером** о природе пятен и приоритете –  
причина враждебности к **Галилею** всего влиятельного  
Ордена иезуитов

### Галилео Галилей - Флоренция Пятна на Солнце

Вращение  
Пятна на поверхности  
(перспективное сокращение)  
(Климишин, стр.158 (!!!) –  
Барберини)



### Галилео Галилей - Флоренция

**1615 г.** – донос на **Галилея**, составленный доминиканским монахом

Поездка в Рим для самозащиты

Январь **1616 г.** следствие по делу **Галилея** + на суд инквизиции был представлен источник всех ересей – книга **Коперника** “De revolutionibus”

**(Климишин, стр.158 (!)- голосование)**

**Галилей** отделался предупреждением

Книга **Коперника**, согласно Декрету, подлежала изъятию вплоть до исправления

### Галилео Галилей - Флоренция

**1618 г.** – три кометы. Спор с иезуитом Грасси.

**1623 г.** – Il Saggiatore (“**Оценщик**”). Косвенная защита Коперниковской теории. **(Берри, стр. 145 (\*))**

**1623 г.** на папский престол вступил под именем **Урбана VIII** кардинал Маффео **Барберини**, лично знавший **Галилея** и даже находившийся с ним в приятельских отношениях.

Папе книга понравилась. Галилей снова едет в Рим.  
Разговор об отмене Декрета. **(Биографии, стр. 120 (!))**



### Галилео Галилей - Флоренция

**1616 г.** – богослов Франческо **Инголи** написал сочинение “О месте Земли и о ее неподвижности вопреки системе Коперника. Размышления для ученнейшего математика Галилео Галилея из Флоренции”

**Галилей** молчал 8 лет. **1624 г.** – “Послание к Инголи”  
(критика Аристотеля, **Климишин, стр. 160-163**)

### Галилео Галилей - Флоренция - мечь Папы

**1629 г.** – “Диалог Галилео Галилея, академика Линчеи, экстраординарного математика университета в Пизе, философа и старшего математика Его Светлости Великого Герцога Тосканского, где в собраниях, четыре дня продолжающихся, ведутся рассуждения о двух наиболее выдающихся системах мира, птолемеевой и Коперниковой, причем неопределительно предлагаются доводы столько же для одной из них, сколько и для другой”

(Климишин, стр.164 (&&&))

### Галилео Галилей - Флоренция - мечь Папы

Римская цензура не дала разрешения на печать, но и не запретила

Галилей представил рукопись местной флорентинской цензуре и получил разрешение на печать (*im primatur*) (1632 г.)

(Биографии, стр.122-123 (\$)) – Предисловие, обращенное “скромному читателю”

### Галилео Галилей - Флоренция - мечь Папы

“Диалог о двух основных системах мира”

Три собеседника в течение четырех дней ведут беседу.

**Сальвиати** – коперниканец,

**Симпличио** – аристотелевец,

**Сагредо** – нейтральный собеседник

(+ “академик”, “наш общий друг” –

сам **Галилей**).



### Галилео Галилей - Флоренция - мечь Папы

“Диалог о двух основных системах мира”

1 день – природа небесных тел

2 день – суточное движение Земли

3 день – годовичное движение Земли

4 день – теория приливов и отливов (нажил врага в лице архиепископа Марка Антонио де-Доминиста – **Климишин, стр. 167**)

**Симпличио:** “Бог всемогущ, а потому его нельзя подчинить закону необходимости.”

Была задета личность Папы! Но! **(Климишин, стр. 167-168 (\*))**

### Галилео Галилей - Флоренция - мечь Папы

**12 апреля 1633 г.** – Галилей явился на суд инквизиции

4 допроса

**12 апреля,**

**30 апреля,** (отпущен)

**10 мая,**

**21 июня**

(Биографии, стр. 137 (V)),

**22 июня – отречение**

(Климишин, стр.168 (\$\$))

(“Диалоги” внесли в

Индекс)

Жозеф Николя Робер-Флери

«Галилей перед Святым Судищем» (1847)



### Галилео Галилей - Арчетри После отречения

Два дня в тюрьме

С **24 июня** - две недели в саду одной из вилл Медичи –  
Trinitia del Monte.

**6 июля** разрешено поселиться в Сиене во дворце  
епископа **Пикколомини** (5 месяцев)

В **декабре 1633 г.** – разрешено поселиться в деревенском  
доме в Арчетри вблизи Флоренции, где прожил еще **8  
лет**

В **1636 г.** “Диалоги” переизданы в Страсбурге на латинском  
языке, в том же году перевод на английский

### Галилео Галилей - Арчетри После отречения

- ✓ Способ определения долгот по затмениям спутников Юпитера
- ✓ “Разговоры о двух новых учениях в механике и их математические доказательства” 1636 г. (издана в Лейдене в 1638 г. ) – создание динамики
- ✓ Либрация Луны (1637 г., в конце года ослеп)
- ✓ Маятниковые часы



### Галилео Галилей - Арчетри После отречения

Скончался 8 января 1642г.

Папа не позволил установить памятник на могиле

Прах позже перенесен в церковь  
Санта-Кроче (1737 г.)



### Галилео Галилей - Арчетри После отречения

“Диалоги” исключены из Индекса в **1835 г.**

В ноябре **1979 г.** папа римский Иоанн Павел II признал несправедливость приговора