



# Гелиоцентрическая система мира

<https://spacegid.com/geliotseptricheskaya-sistema-mira.html>

SYSTEMA SOLARE ET PLANETARIUM  
 ex hypothesis Copernicanae secundum observationes Illustrissimi quondam Hugonis de Burburgho collectum & exhibitum  
 a JOHANNI KEPLERO MATH. DOCTORE. Cum Dignissimo Sen. Gal. Mag.



Гелиоцентрическая система мира

# Содержание:

- 1 Особенности гелиоцентрической системы мира
- 2 Гелиоцентризм в античность и средневековье
- 3 Научная революция Николая Коперника
- 4 Последователи и противники Коперника
- 5 Утверждение гелиоцентризма

**Гелиоцентрическая система мира** — идея о том, что Солнце является центром мироздания и точкой, вокруг которой вращаются все планеты, в том числе и Земля. Данная система предполагает, что наша планета выполняет два вида движения: поступательное вокруг Солнца и вращательное вокруг своей оси. Положение самого же Солнца относительно других звезд считается неизменным.

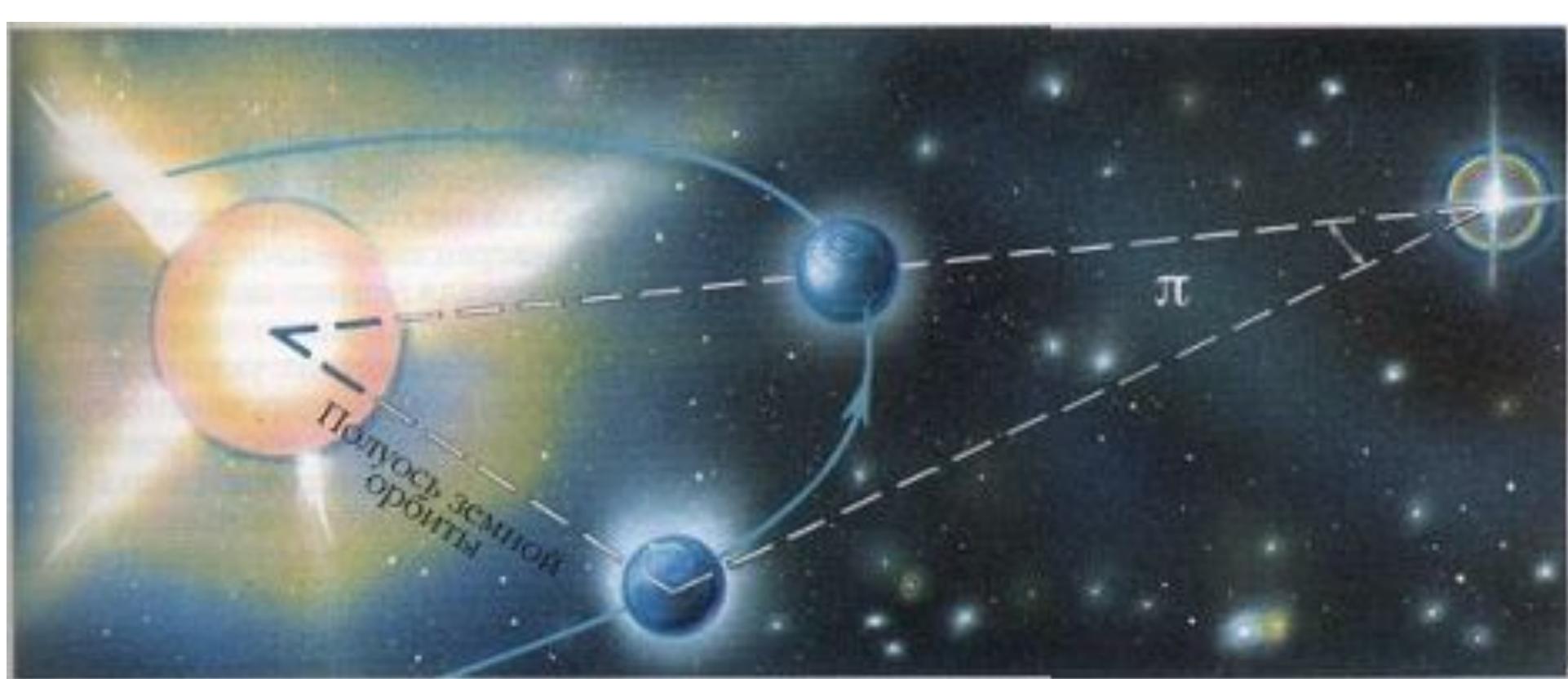
Термин «гелиоцентризм» происходит от греческого слова «гелиос» (в переводе «Солнце»).

# Особенности гелиоцентрической системы мира

Найти некую центральную точку Вселенной предоставляется возможным только в том случае, если Вселенная ограничена. Таковой она обязана согласно гелиоцентрической системе мира.

Также в данной системе возникло такое понятие как внешние и внутренние планеты. К последним относились Меркурий и Венера, т.к. их орбиты вращения вокруг Солнца всегда должны быть внутри орбиты Земли.

Важнейшей особенностью гелиоцентризма являются годовые параллаксы звёзд. Данный эффект проявляется в виде изменения видимых координат звезды. Он связан со сменой положения наблюдателей (астрономов), возникшей из-за вращения Земли вокруг Солнца.



Параллакс — угол, отмеченный символом  $\pi$

# Гелиоцентризм в античность и средневековье

Мысли о том, что Земля движется вокруг некоего центра всего мира, возникла еще в головах древних греков. Так были предположения о вращении Земли вокруг своей оси, а также о движении Марса и Венеры вокруг Солнца, которое вместе с ними вращается вокруг нашей планеты. Однако считается, что впервые гелиоцентрическая система мира была изложена в III веке до н. э. Аристархом Самосским. Он сделал два важных вывода:

1. Вероятнее всего, что наша планета вращается вокруг Солнца. Причиной тому размер Солнца, который значительно превышает размер Земли. Данные об относительных величинах Земли, Луны и Солнца были получены из собственных расчетов Аристарха.

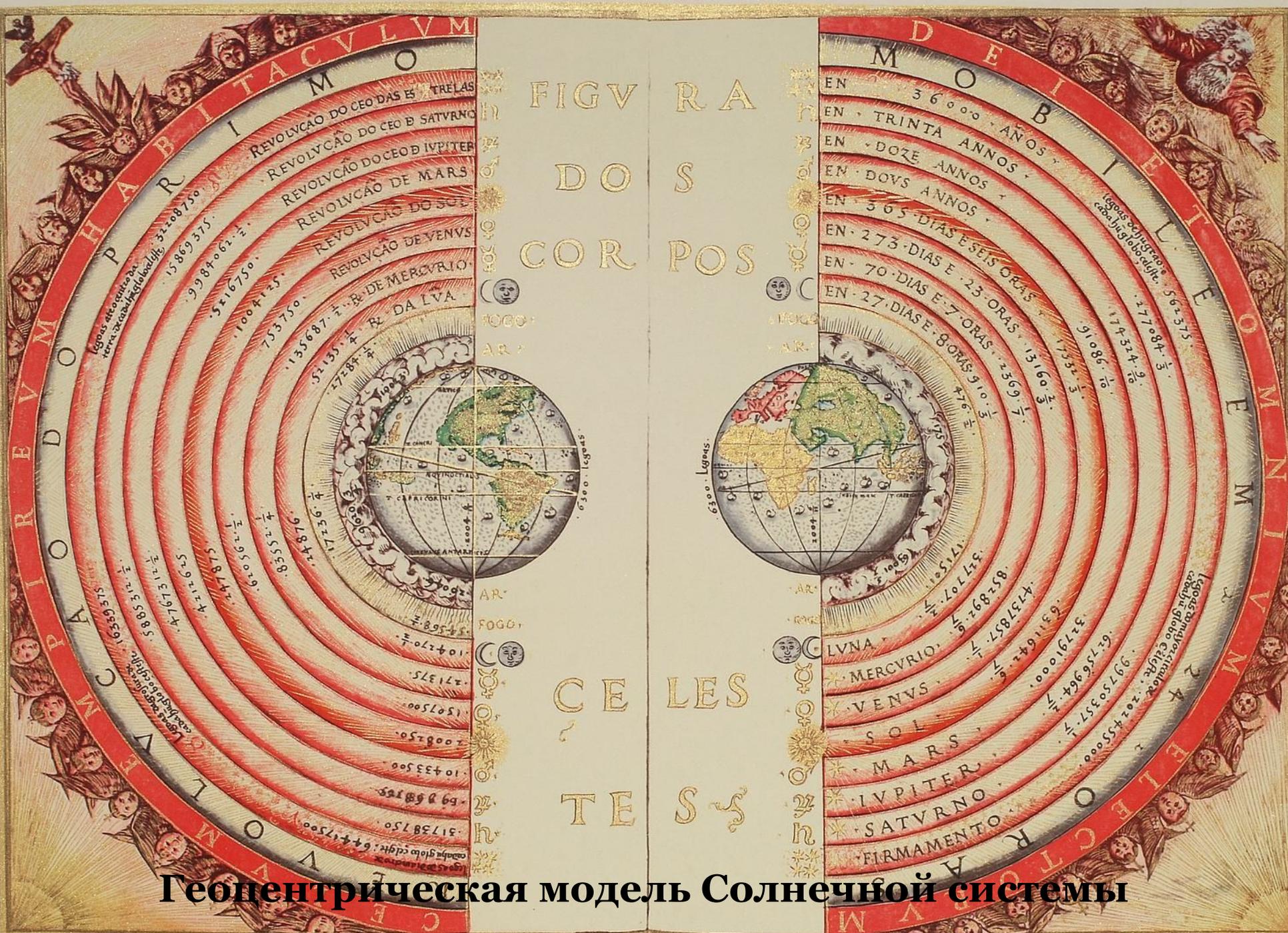
1. В связи с отсутствием видимых годичных параллаксов звезд он предположил, что орбита нашей планеты представляется точкой относительно расстояний до звезд.

Однако идеи Аристарха не приобрели широкого распространения в античности. Наиболее известной версией геоцентрической системы в Древней Греции была так называемая теория гомоцентрических сфер, разработкой которой занимались астрономы Евдокс, Каллипп и Аристотель. Согласно этой теории все небесные тела, вращающиеся вокруг нашей планеты, были закреплены на жестких сферах, соединяющихся между собой и имеющих единый центр — Землю.

Евдокс Книдский



Аристотель



Геоцентрическая модель Солнечной системы

В связи с подобным мировоззрением преобладающей части общества, другие приверженцы идеи Аристарха Самосского не высказывали свои взгляды, в результате чего греки отказались от этой идеи и полностью приняли геоцентризм. Любые школы, преподававшие в то время рационализм, не поддерживали идей Аристарха, так как считали природу мироздания неподвластную для понимания и исключали любые возможности описать динамику планет.

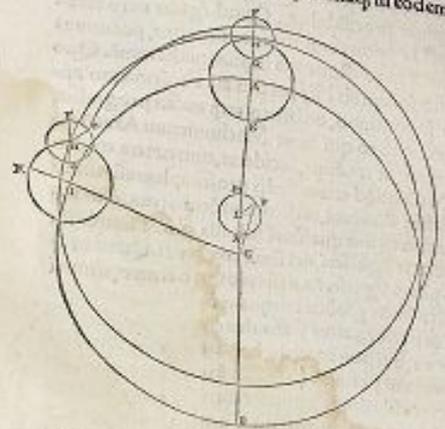
В средние века гелиоцентризм почти не упоминался в научных трудах, кроме некоторых его идей, например, вращение Земли вокруг своей оси.

# Научная революция Николая Коперника

В 1543-м году польский астроном, механик и священнослужитель Николай Коперник опубликовал свою научную работу, которая называлась: «О вращении небесных сфер». В ней астроном описывал гелиоцентрическую теорию, подтверждая ее рядом физических расчетов, опирающихся на тогдашнюю теоретическую механику. Согласно его концепции смена дня и ночи, а также движение Солнца по небу объясняются вращением Земли вокруг своей оси. Точно также, при помощи движения Земли вокруг Солнца, объясняется движение нашего светила по небосводу в течение всего



quoque epicyclum hoc modo. Sit mundo ac Soli homocentrus  
 $ab$ , &  $ac$  diameter, in qua summa abis contingat. sit factio in  
 a centro epicyclus describatur  $o$ , ac rursus in  $o$  centro epicycli  
 um  $r$ , in quo terra uertetur, omniaq; in eodem plano zodiaci.



Sicut epicycli  
 primi motus  
 in succedentia,  
 ac annuus ter-  
 re, secundi q; q;  
 hoc est  $o$ , sunt  
 licet annuus,  
 sed in precede-  
 dentia, ambo-  
 rumq; ad  $a$  o  
 in eam pares  
 sint reuolutio-  
 nes. Rursus  
 centrum terre  
 ex  $r$  in precede-  
 dentia addat  
 parumper ip-  
 si  $o$ . Ex hoc  
 manifestum est

quod cum terra fuerit in  $r$ , maximum efficiet Solis apogeu-  
 in  $o$  minimum: in medijs autem circumferentijs ipsius  $r$  o epi-  
 cycli faciet ipsum apogeu- precedere uel sequi, autum dimi-  
 nutum, maius aut minus, & sic motum apparere diuersum,  
 ut antea de epicyclo & eccentro demonstratum est. Capiatur au-  
 tem  $a$  circumferentia, & in  $o$  centro resumatur epicyclus, & co-  
 nexa  $o$  extendatur in rectam lineam  $o$   $r$ , eritq;  $x$   $o$  angulus  
 aequalis ipsi  $a$   $o$   $r$ , propter reuolutionum paritatem, igitur ut su-  
 perius demonstrauimus,  $o$  signum describet eccentrum circulu  
 homocentru  $ab$  coequalem in  $o$  centro, ac distantia  $o$   $r$ , quae ip-  
 si  $o$  fuerit aequalis,  $r$  quoque suum eccentrum secundum distan-  
 tiam  $o$   $r$  aequalem ipsi  $o$   $r$ , &  $o$  similiter secundum  $o$   $r$ , &  $o$   
 distantias aequales. Interea si centru terre iam enensum fuerit  
 u tuncq;

ut tuncq;  $o$  circumferentiam secundi ac sui epicycli, iam ipsum  
 $o$  non describet eccentrum, cui centrum in  $a$  linea contingat,  
 sed in ea quae ipsi  $o$  parallelus fuerit, qualis est  $z$   $o$ . Quod si et  
 am coniungatur  $o$   $r$ , &  $o$   $r$ , erit & ipsae aequales, per viii. primi Eu-  
 r  $o$   $r$ , & angulus  $o$   $r$   $o$  angulo  $o$   $r$   $o$  equalis, per viii. primi Eu-  
 did. & pro tanto uidebitur Solis apogeu- in  $o$   $r$  linea precede-  
 re ipsam  $a$ . Hinc etiam manifestum est, per eccentrepicyclum idē  
 contingere. Quoniam in praexistente solo eccentro, quem de-  
 scripserit  $o$  epicyclum circa  $z$  centrum, centrum terre uoluatur  
 in  $r$   $o$  circumferentia praedictis conditionibus, hoc est, plus mo-  
 dico quam fuerit annua reuolutio. Superinducet enim alterum  
 eccentrum priori circa  $r$  centru, accidentisq; prolixius eadem. Cuius  
 eor modi ad eundem numerum sese conferant, quis locum habe-  
 at haud facile dixerim, nisi quod illa numerorum ac apparentiu  
 perpetua consonantia credere cogit eorum esse aliquem.

Quanta sit secunda Solaris inaequalitatis  
 differentia. Cap. xxxi.

**C**um igitur iam uisum fuerit, quod ista secunda in-  
 aequalitas primam ac simplicem illam anomaliam  
 obliquitatis signiferi, uel eius similitudinem sequa-  
 tur, certas habebimus eius differentias, si non obsta-  
 tur, certas habebimus eius differentias, si non obsta-  
 terit error aliquis obseruatorum praeteritorum. Habebimus eo-  
 nim ipsam simplicem anomaliam anno Christi  $m. d. xv. secun-$   
 dum numerationem grad,  $cl. xv. scrup. xxxix. serē$ , & eius  
 principium facta retrorsum supputatione sexaginta quatuor se-  
 re annis ante Christum natum, a quo tempore ad nos usq; col-  
 liguntur anni  $m. d. l. xxx. illius autem principij inuenta est a-$   
 tro orbis esset  $10000$ . nostra uero ut ostensum est  $323$ . Sit iam  
 $a$   $b$  linea recta, in qua  $b$  fuerit Sol & mundi centrum. Eccentro-  
 metiens fuerit  $ad$ , capiatur  $a$   $o$  circumferentia pro modo primae  
 simplicis anomalie, quae erat partium  $cl. xv. scrup. xxxix.$   
 Quonia igitur data est  $a$   $b$  partiu  $477$ , quae in principio simpli-  
 cis ano

Коперник объяснил следующие феномены:

- В результате перемещения Земли, которая поочередно, то приближается, то отдаляется от любой из планет нашей системы, эти планеты совершают т.н. попятное движение. То есть спустя какой-то отрезок времени они начинают перемещаться в обратную сторону от направления движения Солнца.
- Предварение равноденствий. На протяжении 18-ти веков ученые искали причины такого эффекта как предварение равноденствий, согласно которому с каждым годом весеннее равноденствие наступает несколько раньше. В своих трудах Николай Коперник смог описать данный эффект как следствие периодического смещения земной оси.

*На следующем слайде:* **Гелиоцентрическая система  
мира по Копернику**

PLANISPHERIVM

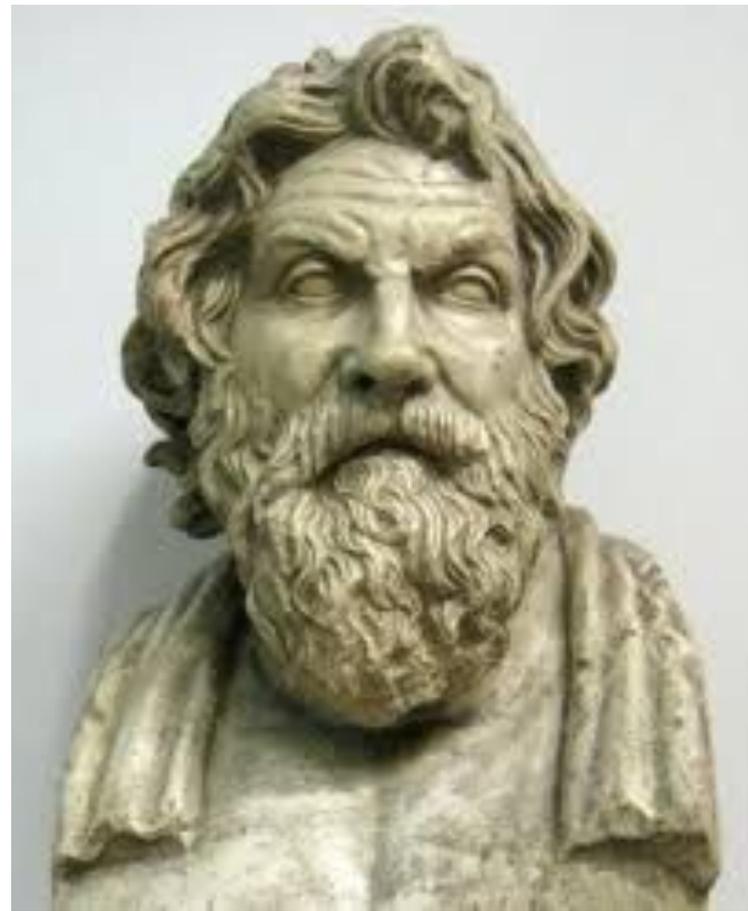
Sive  
VNIVERSI TO  
EX HYPO  
COPERNI  
PLANO

COPERNICANVM

Systema  
TIVS CREATI  
THESI  
CANAIN  
EXHIBITVM



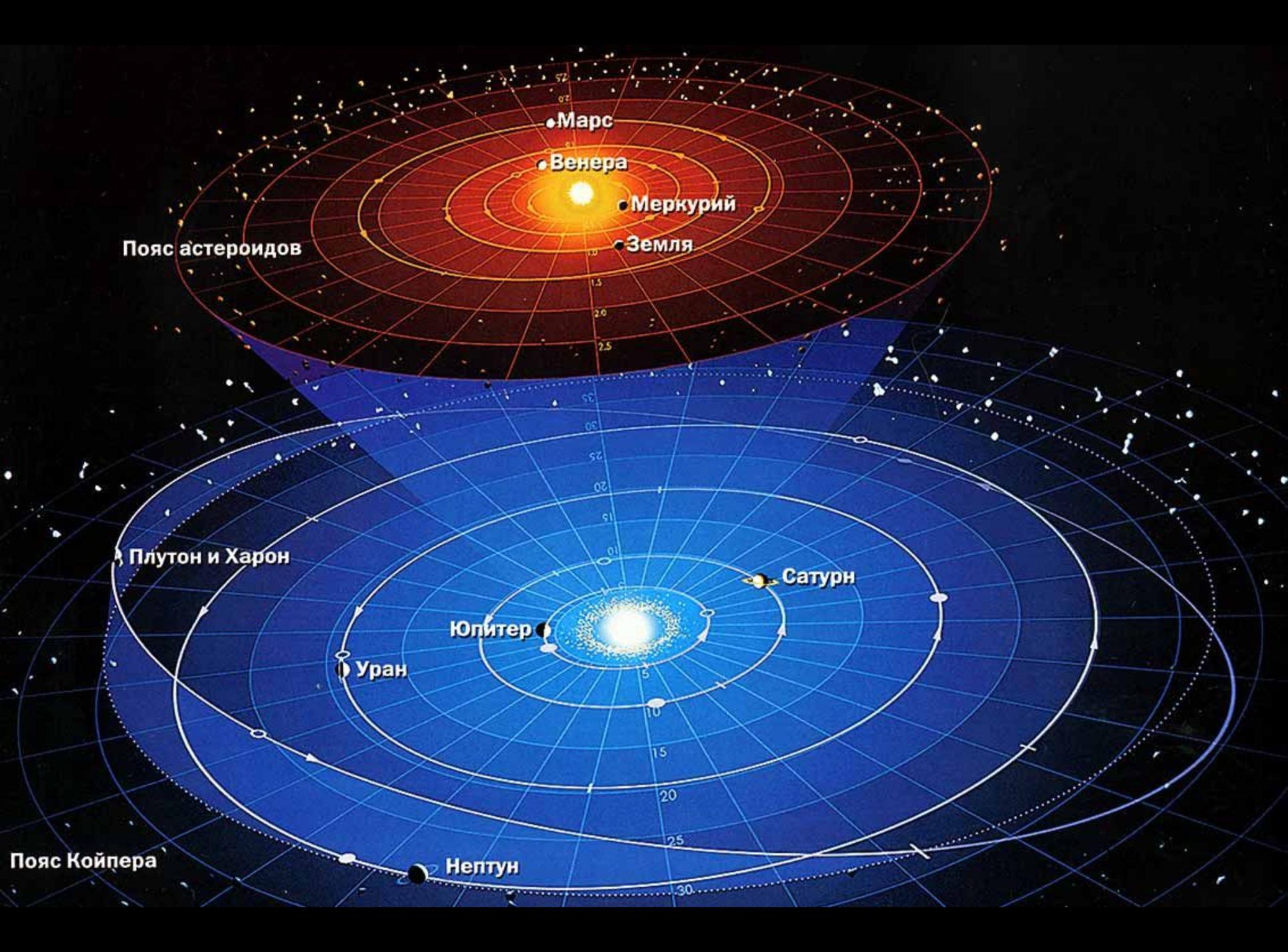
- По стопам Аристарха Самосского, Коперник утверждал, а также доказывал, что сфера звезд расположена на очень большом расстоянии относительно расстояний между планетами, в результате чего ученые не наблюдают годовые параллаксы. А предположение о вращении нашей планеты вокруг своей оси подтверждал следующим: если наша планета все-таки неподвижна, то вращение небосвода должно происходить по причине вращения самой звездной сферы, а учитывая высчитанное расстояние до нее, скорость ее вращения будет немислимо велика.



**Аристарх Самосский** (ок. 310 до н. э., Самос, Греция — ок. 230 до н.э., Александрия, Египет) — древнегреческий астроном, математик и философ III века до н. э., впервые предложивший гелиоцентрическую систему мира и разработавший научный метод определения расстояний до Солнца и Луны и их размеров.

Кроме того гелиоцентрическая система могла объяснить изменение блеска и размеров планет Солнечной системы, а также дать более точную оценку размеров планет и расстояний до них. Сам же Николай Коперник смог примерно определить размеры Луны и Солнца и максимально точно указать время, за которое Меркурий полностью проходит свою орбиту вокруг Солнца – 88 земных суток.

*Следующий слайд:* **Н. Коперник заложил основу современного вида орбит планет Солнечной системы**

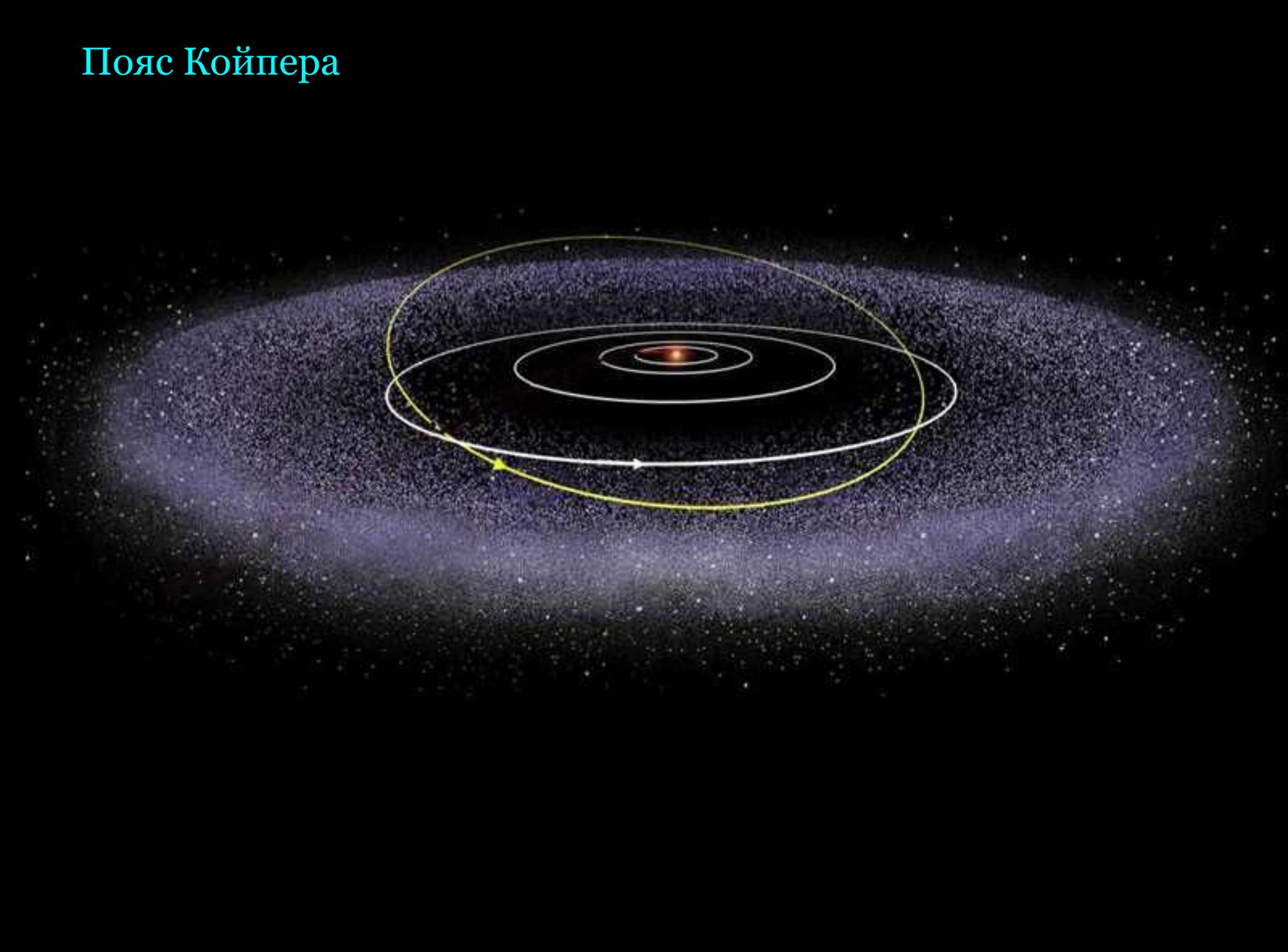


**Пояс Койпера** — область Солнечной системы от орбиты Нептуна до расстояния около 55 а. е. от Солнца. Хотя пояс Койпера похож на пояс астероидов, он примерно в 20 раз шире и в 20—200 раз массивнее последнего.

**Пояс астероидов** — область Солнечной системы, расположенная между орбитами Марса и Юпитера, являющаяся местом скопления множества объектов всевозможных размеров, преимущественно неправильной формы, называемых астероидами или малыми планетами.

**Астероид** — относительно небольшое небесное тело Солнечной системы, движущееся по орбите вокруг Солнца. Астероиды значительно уступают по массе и размерам планетам, имеют неправильную форму и не имеют атмосферы, хотя при этом и у них могут быть спутники. Входят в категорию малых тел Солнечной системы.

# Пояс Койпера



# Пояс астероидов



# Пояс астероидов





Несмотря на совершенную революцию в области астрономии, теория Коперника имела несколько недостатков. Во-первых, центральной точкой описанной им системы оставался центр орбиты Земли, а не Солнце. Во-вторых, все планеты нашей планетарной системы, двигались по своим орбитам неравномерно, а наша планета сохраняла свою орбитальную скорость. А также вероятнее всего Коперник не отбрасывал идею о вращающихся небесных сферах, а лишь перенес центр их вращения.



# Последователи и противники Коперника

Впоследствии у польского астронома появилось большое множество последователей, в том числе Джордано Бруно, который утверждал, что небосвод не ограничивается небесными сферами, а другие светила, это небесными тела, ни чем не уступающие Солнцу. К сожалению, за свои убеждения Бруно был назван еретиком и приговорен к сожжению.



**Джордано Бруно** (1548 г., [Нола, Италия](#) - 17 февраля 1600 г., [Кампо-деи-Фиори, Рим, Италия](#)) — итальянский монах-доминиканец, философ-пантеист и поэт; автор многочисленных трактатов. Представитель эзотеризма

**Эзотеризм, эзотерика** — совокупность знаний, сведений, недоступных непосвящённым, несведущим в мистических учениях людям, особых способов восприятия реальности, имеющих тайное содержание и выражение в «психодуховных практиках».

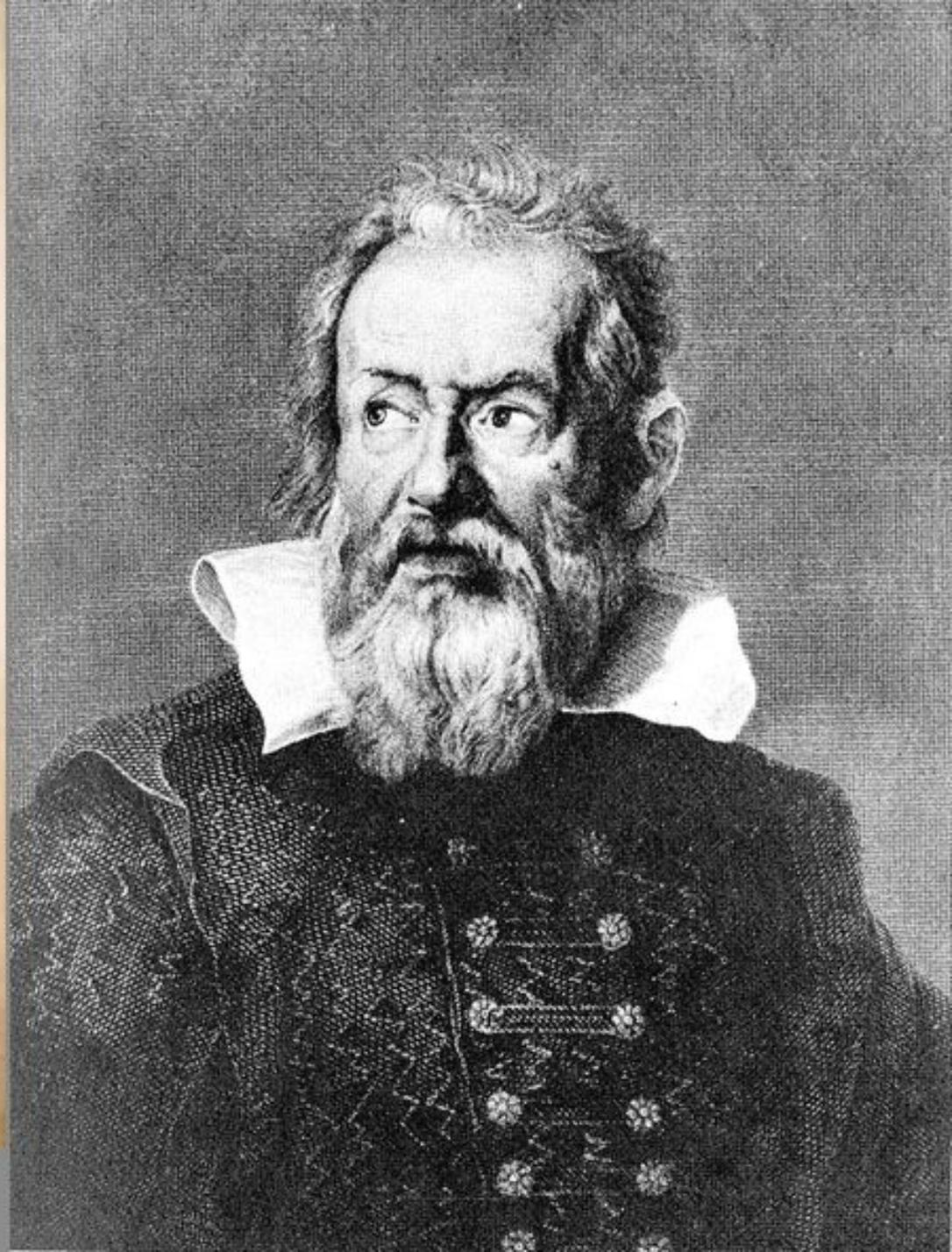


Известный итальянский ученый Галилео Галилей поддерживал теорию Коперника, опираясь на собственные наблюдения. Он также утверждал, что Земля никогда не занимала место между Меркурием (либо Венерой) и Солнцем, что указывало на вращение этих двух планет вокруг звезды по орбитам, находящимся внутри земной. Обратное утверждение доказывало расположение орбиты Земли внутри орбит внешних планет. Из-за своих убеждений в 1633 году 70-летний Галилей был подвержен инквизиционному процессу, в результате которого он оказался под «домашним арестом» вплоть до своей смерти в 78 лет.

**Святая инквизиция** — общее название ряда учреждений Католической церкви, предназначенных для борьбы с ересью;

Следственный и карательный орган католической церкви, с крайней жестокостью преследовавший противников церкви.





*Галилео, 1609*

Противники же гелиоцентризма настаивали на нескольких аргументах, опровергающих теорию Коперника. Если бы Земля вращалась вокруг своей оси, то чудовищная центробежная сила разорвала бы ее. Мало того, с ее поверхности слетали бы все легкие предметы, причем двигались бы они в направлении, противоположном вращению. Предполагалось, что все небесные объекты не имеют массы, поэтому они могут двигаться без приложения к ним больших сил. В случае с Землей возникал вопрос о существовании колоссальной силы, которая смогла бы вращать нашу массивную планету.

Один из противников геоцентризма выдающийся датский астроном **Тихо Браге** разработал так называемую «гео-гелиоцентрическую» систему мира, согласно которой сфера звезд, Луна и Солнце движутся вокруг Земли, а другие космические объекты – вокруг Солнца.

Спустя некоторое время приемник Браге – немецкий физик **Иоганн Кеплер**, проанализировав внушительный объем результатов наблюдений своего наставника сделал несколько значительных открытий в пользу гелиоцентризма:



**Иоганн**

**Кеплер** (нем. Johannes

Kepler; 27 декабря 1571

года, Вайль-дер-Штадт — 15

ноября 1630

года, Регенсбург) — немецки

йматематик, астроном, меха

ник, оптик,

первооткрыватель законов

движения планет Солнечной

системы.



**Тихо Браге** ([дат. \*Tyge Ottesen Brahe\*](#) ([инф.](#)), [лат. \*Tycho Brahe\*](#); [14 декабря 1546](#), Кнудstrup, [Дания](#) (ныне на территории [Швеции](#)) — [24 октября 1601](#), [Прага](#)) — датский [астроном](#), [астролог](#) и [алхимик эпохи Возрождения](#). Первым в Европе начал проводить систематические и высокоточные астрономические наблюдения, на основании которых [Кеплер](#) вывел [законы движения планет](#).

- Плоскости планетарных орбит Солнечной системы пересекаются в точке нахождения Солнца, что делало его центром их вращения, а не центр земной орбиты, как предполагал Коперник.
- Орбитальная скорость нашей планеты периодически изменяется, также как и других планет.
- Орбиты планет эллиптические, причем скорость движения небесных тел по ним напрямую зависела от расстояния до Солнца, что делало его не только геометрическим, но и динамическим центром планетарной системы.

Были сформулированы так называемые законы Кеплера, которые подробно и математическим языком описывали законы движения планет Солнечной системы.

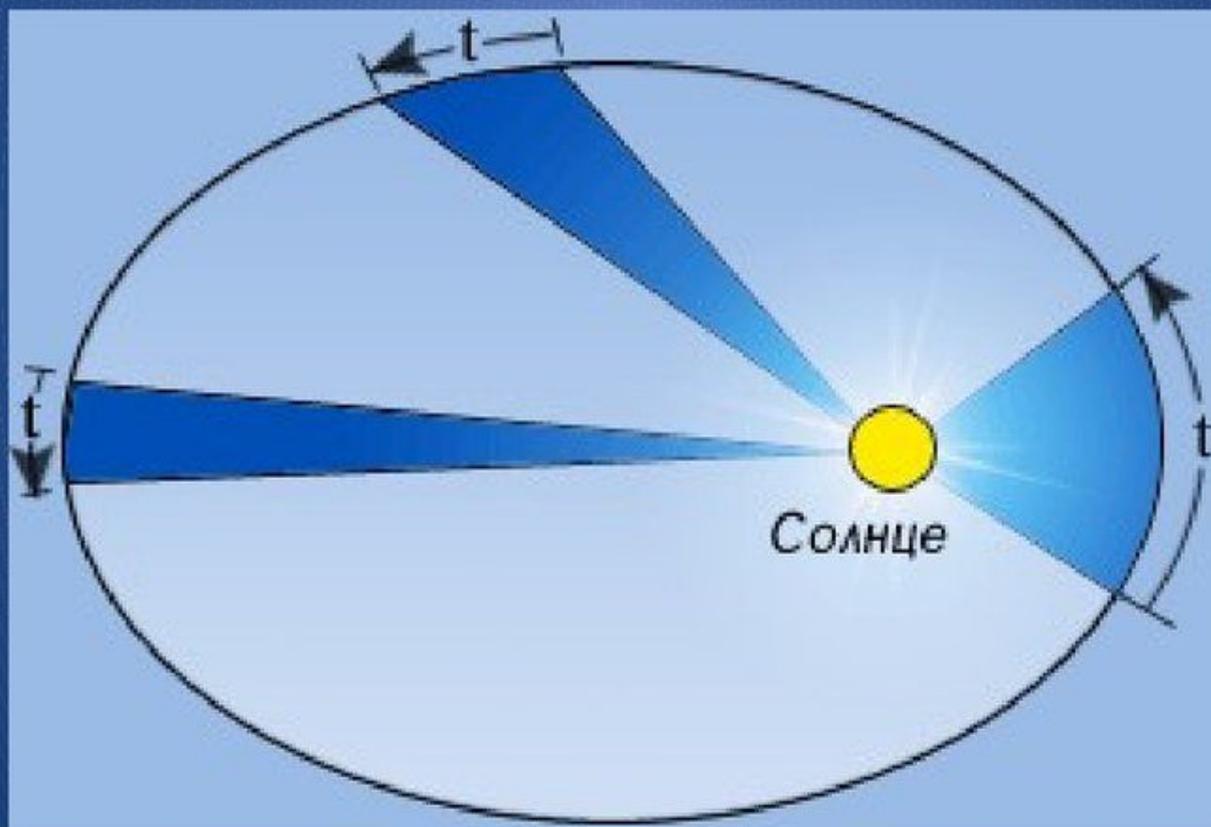
# Первый закон Кеплера:

*Каждая планета Солнечной системы движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце*



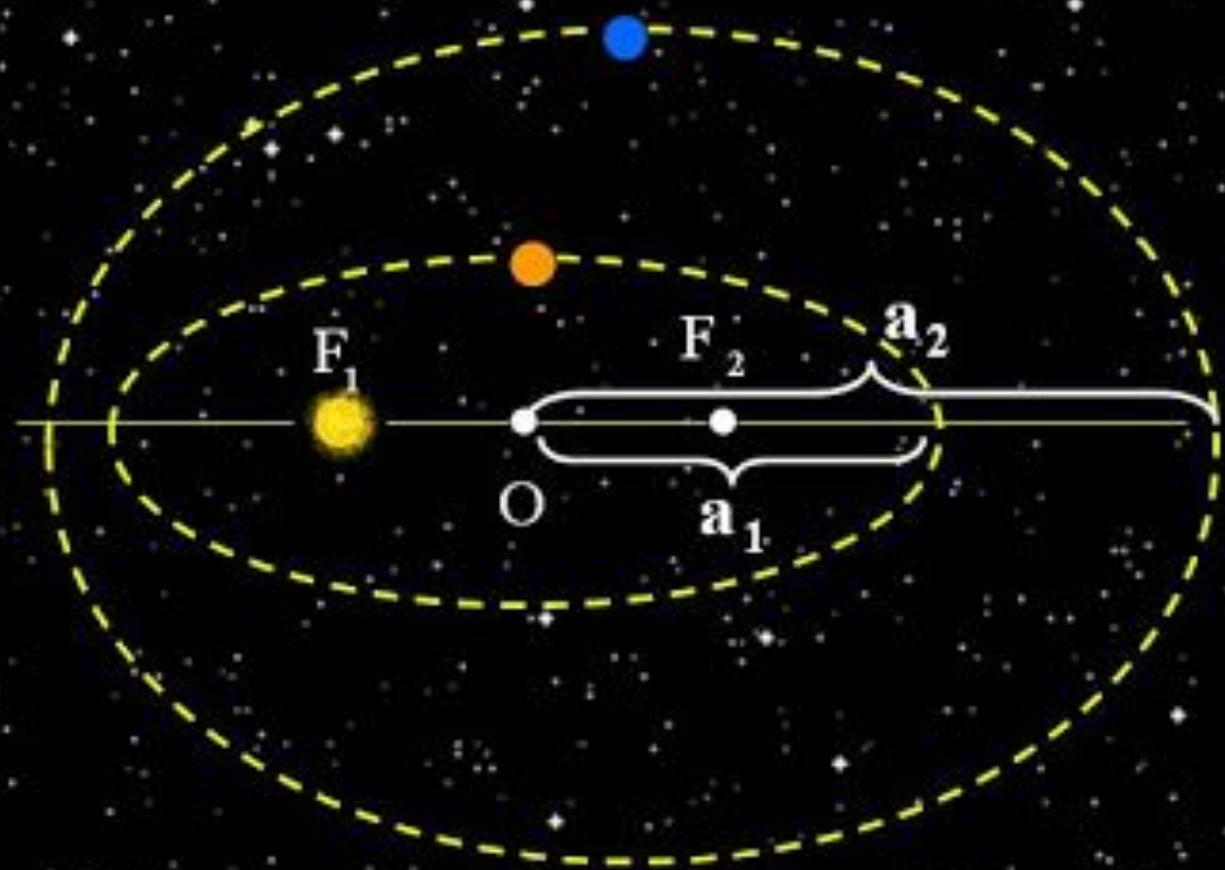
## Второй закон Кеплера(закон равных площадей):

*Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причём за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, описывает равные площади.*



## Третий закон Кеплера.

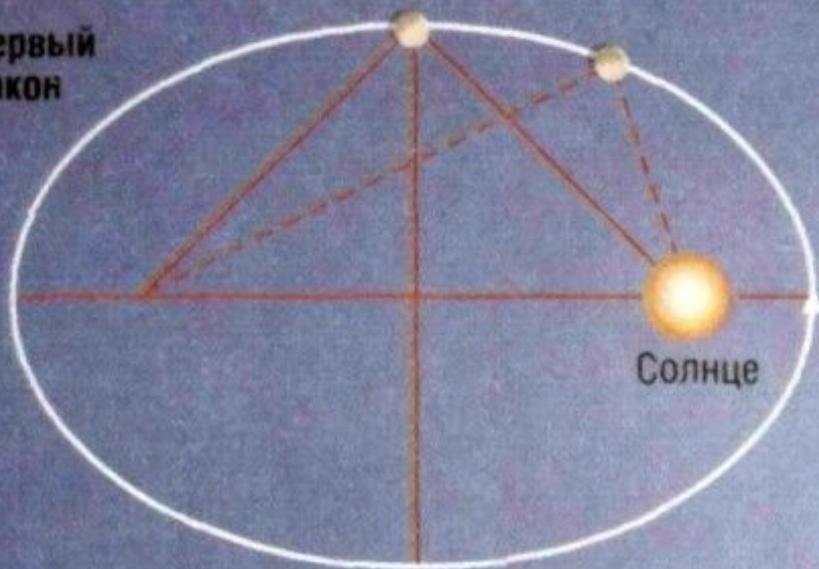
Квадраты звёздных периодов обращения двух планет относятся как кубы больших полуосей их орбит.



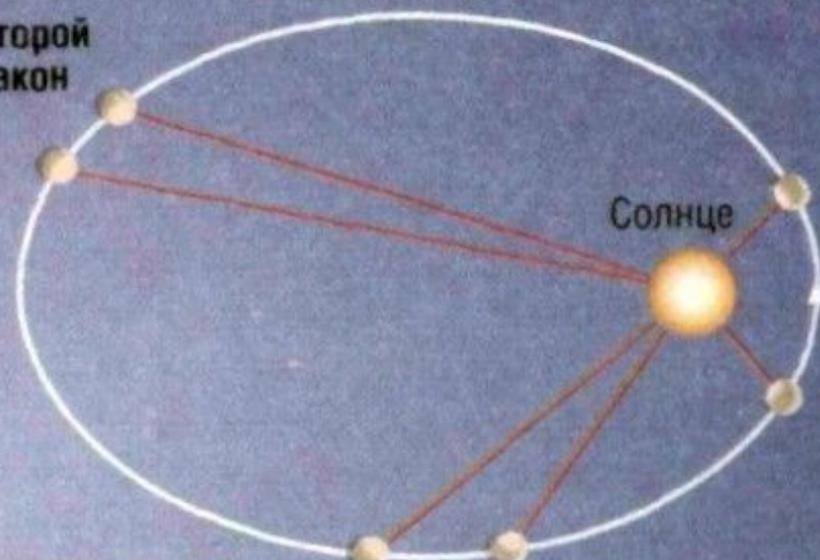
$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

# Законы Кеплера

Первый закон



Второй закон

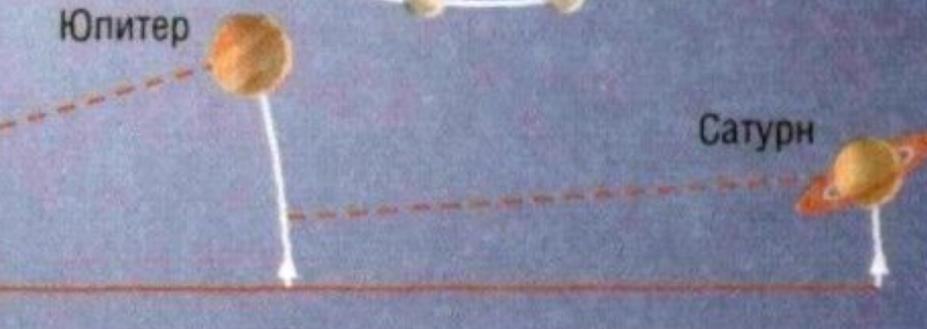


Третий закон



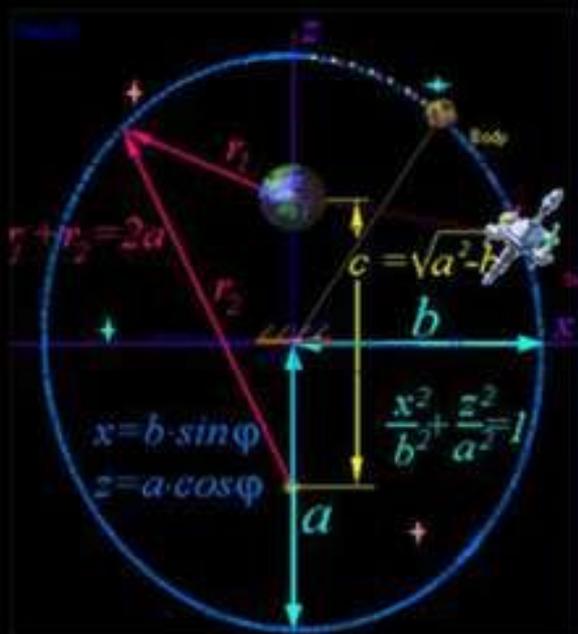
Юпитер

Сатурн



Земля	Марс	Юпитер	Сатурн
$\frac{P^2}{a^3} = \frac{(1)^2}{(1)^3}$	$\frac{(1,88081)^2}{(1,52369)^3}$	$\frac{(11,86179)^2}{(5,2028)^3}$	$\frac{(29,4566)^2}{(9,53884)^3}$

Законы Кеплера по сей день служат астрономам для определения орбит удаленных космических тел



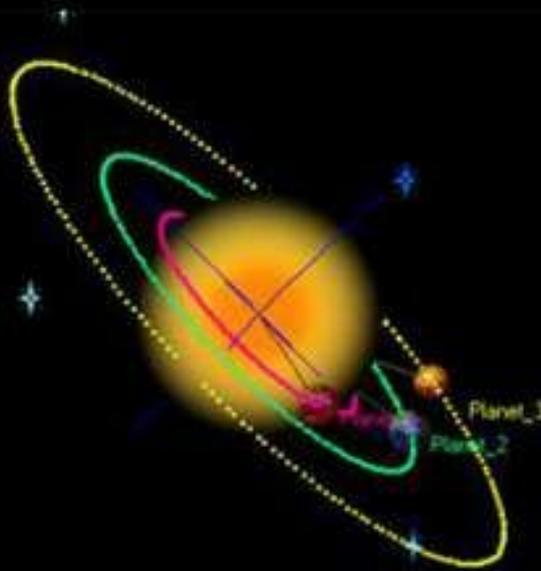
**Первый  
закон  
Кеплера**



**Второй  
закон  
Кеплера**



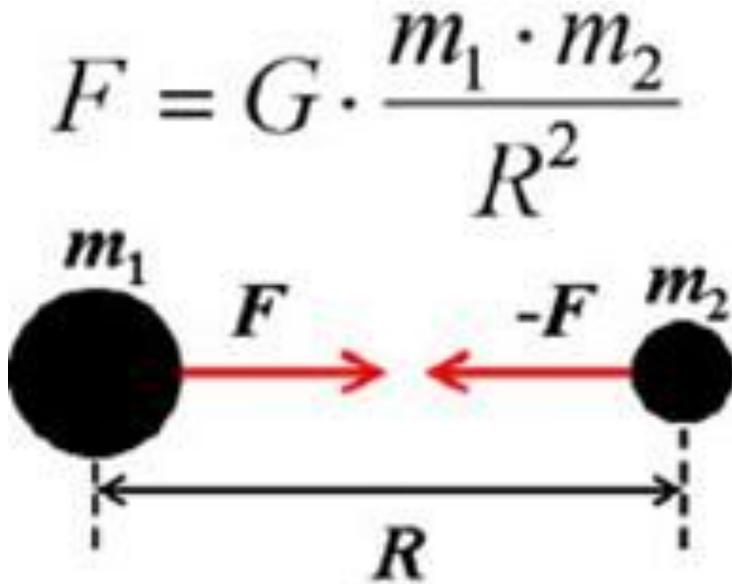
**Третий  
закон  
Кеплера**



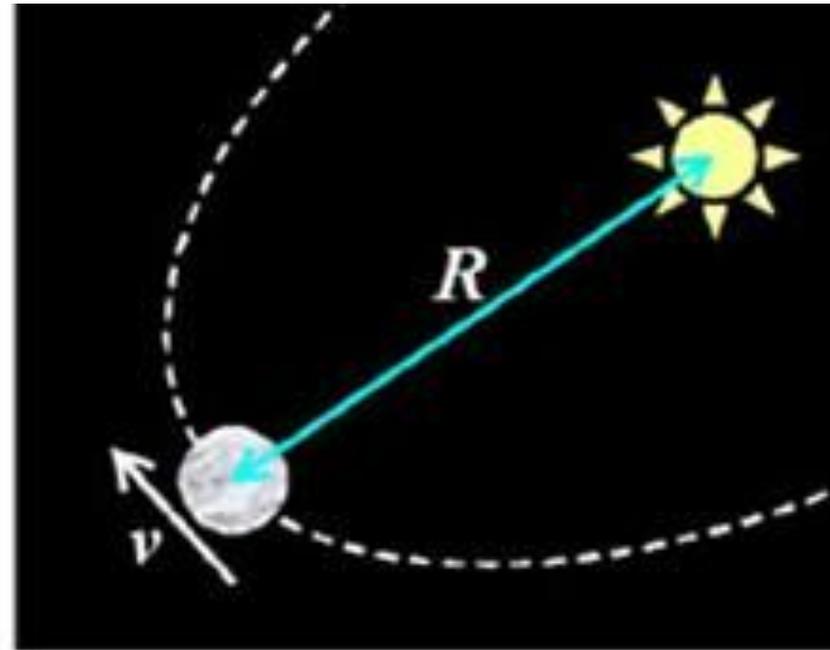
# Утверждение гелиоцентризма

В результате подтверждения вращения Земли вокруг своей оси пропала всякая надобность существования небесных сфер. Некоторое время предполагалось, что планеты движутся по той причине, что они живые существа. Однако вскоре Кеплером было определено, что движение планет возникает в результате воздействия на них гравитационных сил Солнца.

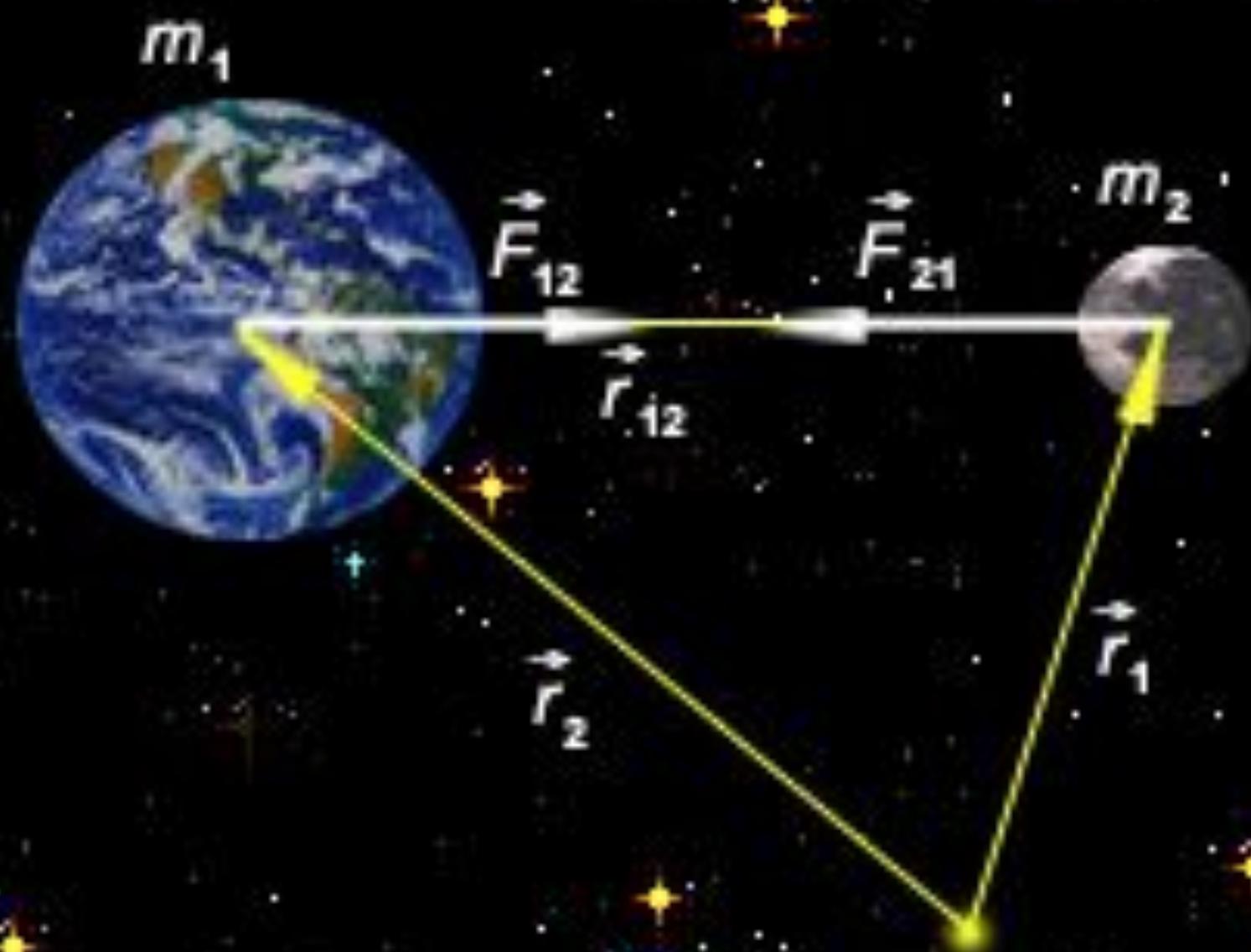
В 1687 году английский физик **Исаак Ньютон**, опираясь на свой **закон всемирного тяготения**, подтвердил расчеты **Иоганна Кеплера**.



(a)

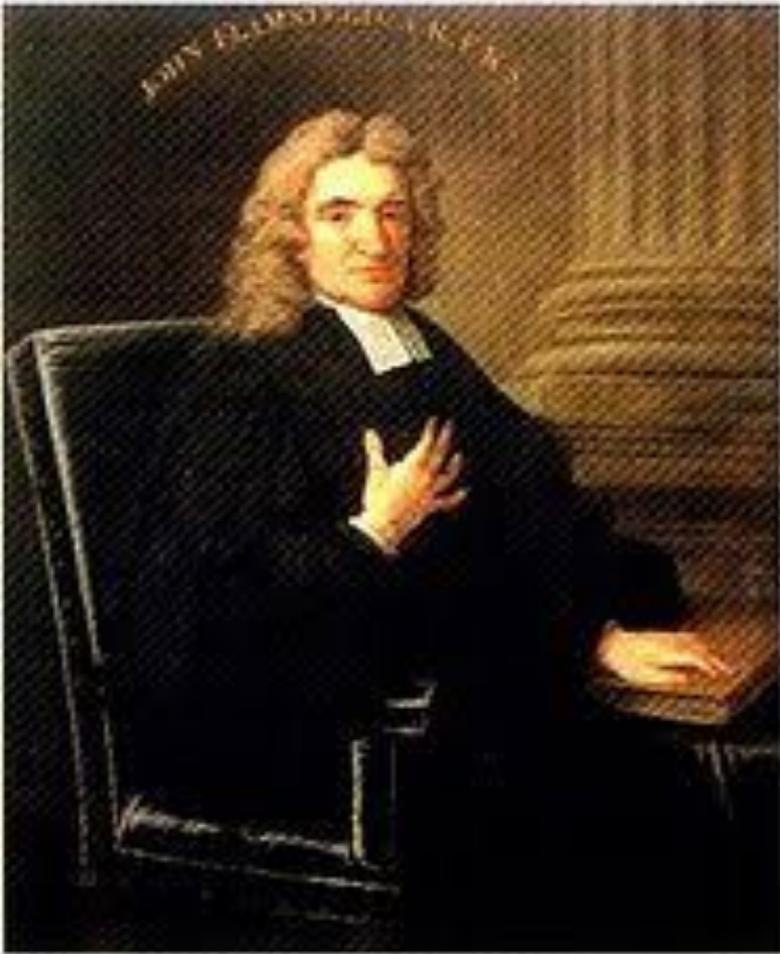


(b)





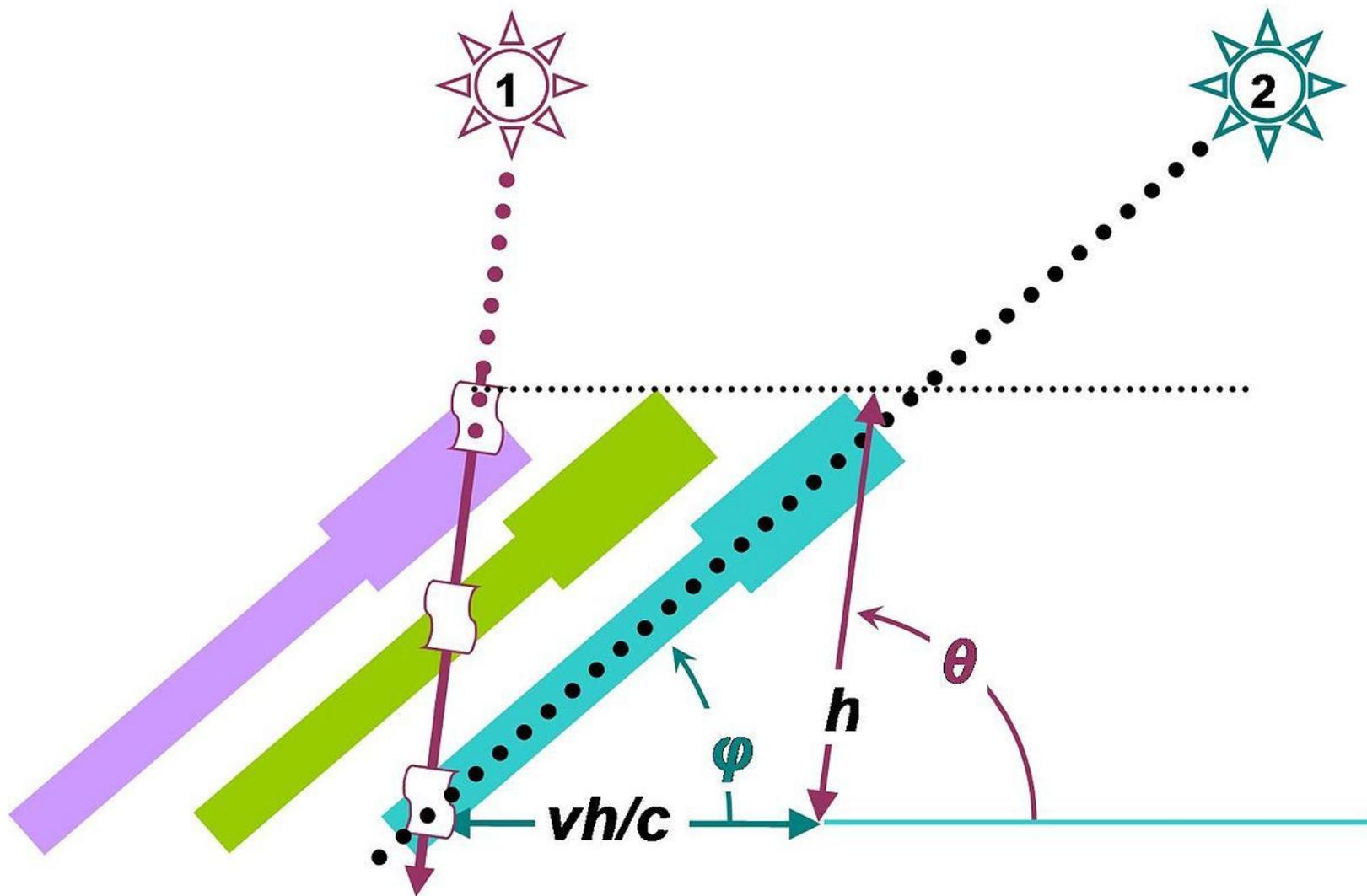
С дальнейшим развитием науки ученые получали все больше аргументов в пользу гелиоцентризма. Так в 1728 г. астроном из Англии **Джеймс Брэдли** впервые при помощи наблюдения подтвердил теорию о движения Земли по орбите вокруг Солнца, открыв так называемую *абerrацию света*. Последняя означает небольшое размытие изображение звезды с одной стороны как следствие движения наблюдателя. Позже было обнаружено ежегодное колебание частоты импульсов, испускаемых пульсарами, а также **эффeкт Доплера** для звезд, что доказывает периодичное изменение расстояние Земли до данных космических объектов.



Джеймс Брэдли ([англ. James Bradley](#); [3 марта 1693](#) — [13 июля 1762](#)) — один из известнейших английских астрономов.

Член [Лондонского королевского общества](#) (1718), иностранный член [Парижской академии наук](#) (1748), иностранный почётный член [Петербургской академии наук](#) (1753).

**Абберация света** — изменение направления распространения света при переходе из одной системы отсчёта к другой.





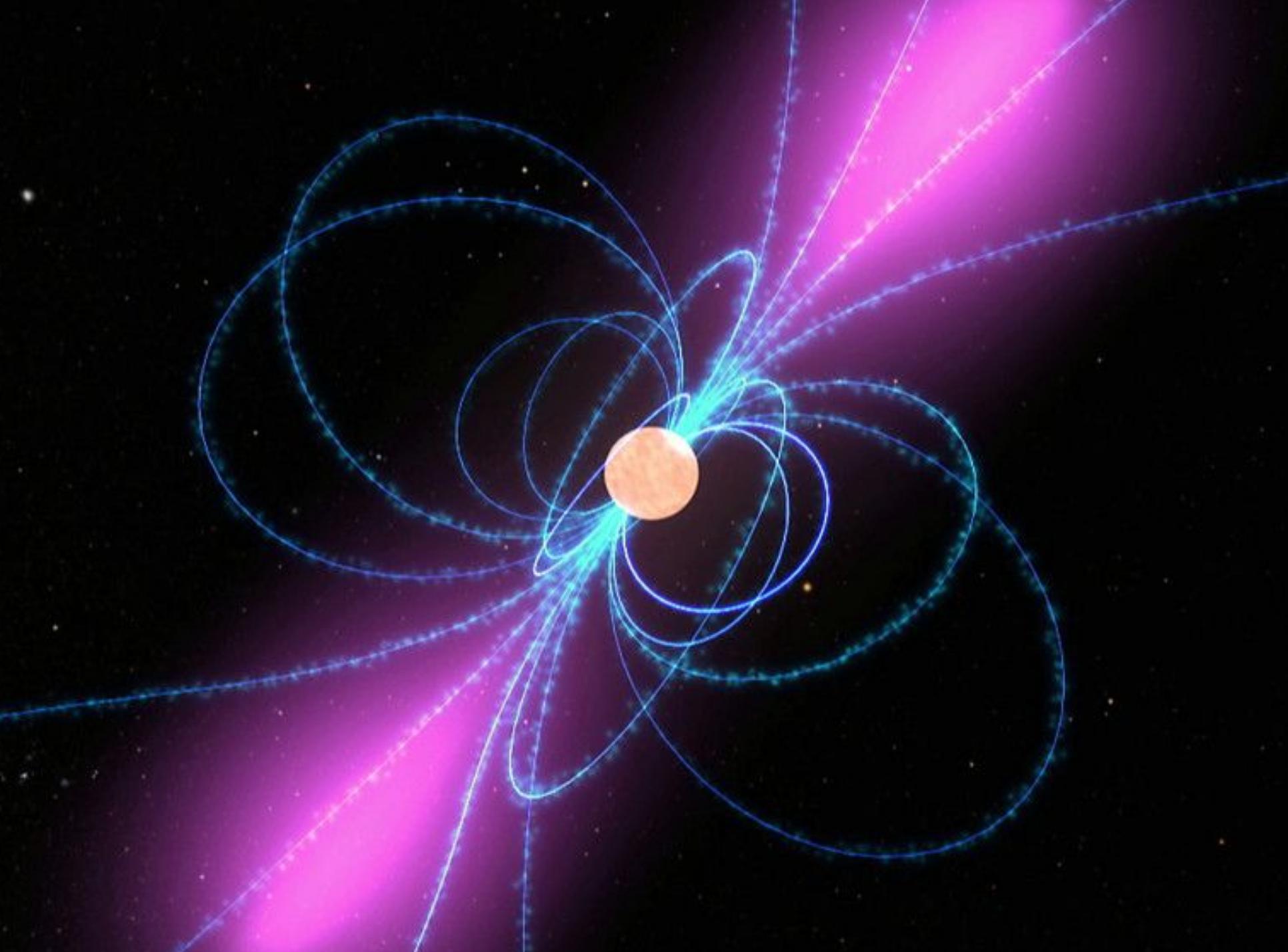
Наблюдение Луны – один из частных случаев аберрации. Она находится слишком близком к нашей планете, и свет от неё достигает Земли почти мгновенно. Соответственно, никакого смещения мы не видим.



**Пульсар** — космический источник радио-, оптического, рентгеновского и/или гамма-излучений, приходящих на Землю в виде периодических всплесков



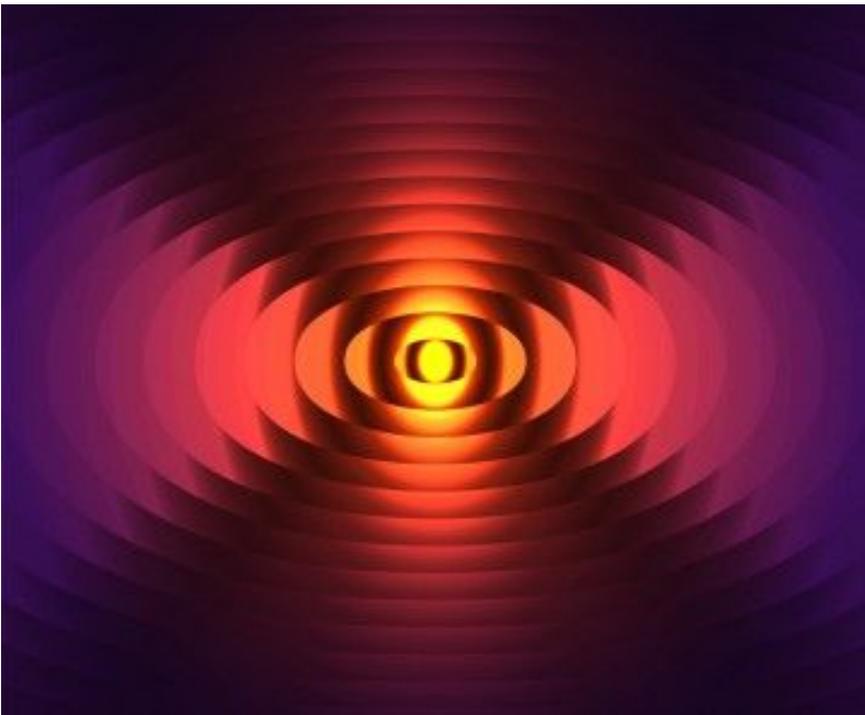
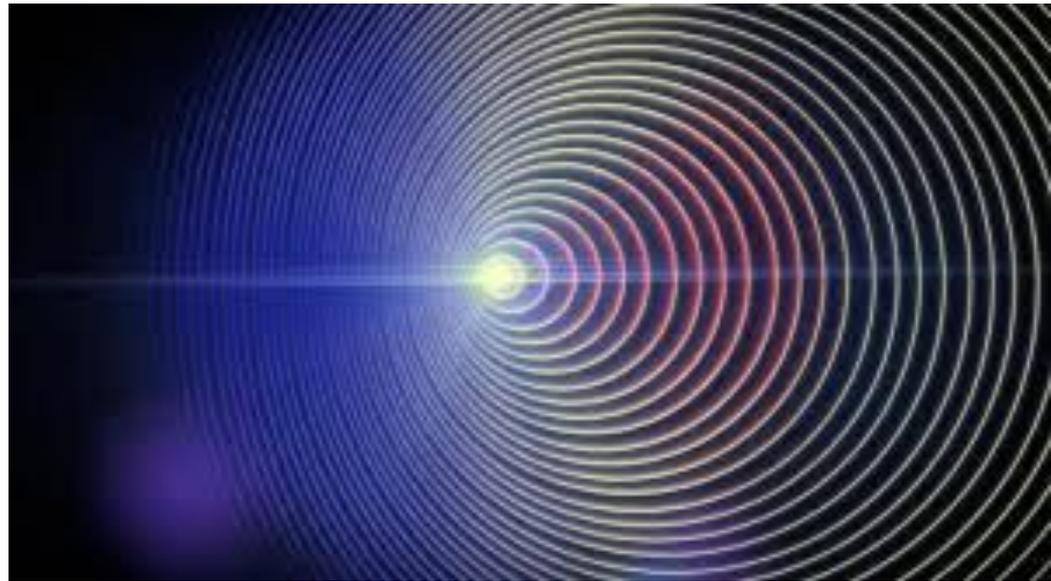






**Кристиан Андреас Доплер** (нем. *Christian Doppler* ([/ˈdɒplər/](#)); 29 ноября 1803, Зальцбург — 17 марта 1853, Венеция) — австрийский математик и физик, профессор, первый директор Института физики Венского университета, почётный доктор Пражского университета, член Королевского научного общества Богемии и Венской академии наук. Наиболее известен своими исследованиями в области акустики и оптики, он первым обосновал зависимость частоты звуковых и световых колебаний, воспринимаемых наблюдателем, от скорости и направления движения источника волн и наблюдателя относительно друг друга. Физический эффект, открытый Доплером, является неотъемлемой частью современных теорий о происхождении Вселенной (таких как теория Большого взрыва и красного смещения).





**Эффект Доплера** — изменение частоты и, соответственно, длины волны излучения, воспринимаемой наблюдателем, вследствие движения источника излучения и/или движения наблюдателя.



А в 1821 и 1837 г.г. российско - немецкий ученый **Фридрих Вильгельм Струве** впервые смог пронаблюдать примерные годовые параллаксы звёзд, окончательно утверждающие идею о гелиоцентрической системе мира.

**Василий Яковлевич Струве** (при рождении **Фридрих Георг Вильгельм Струве**, [нем. \*Friedrich Georg Wilhelm Struve\*](#); [15 апреля 1793](#), Альтона, [Германия](#) — [23 ноября 1864](#), [Санкт-Петербург](#)) — [российский немецкий астроном](#), один из основоположников звёздной [астрономии](#).

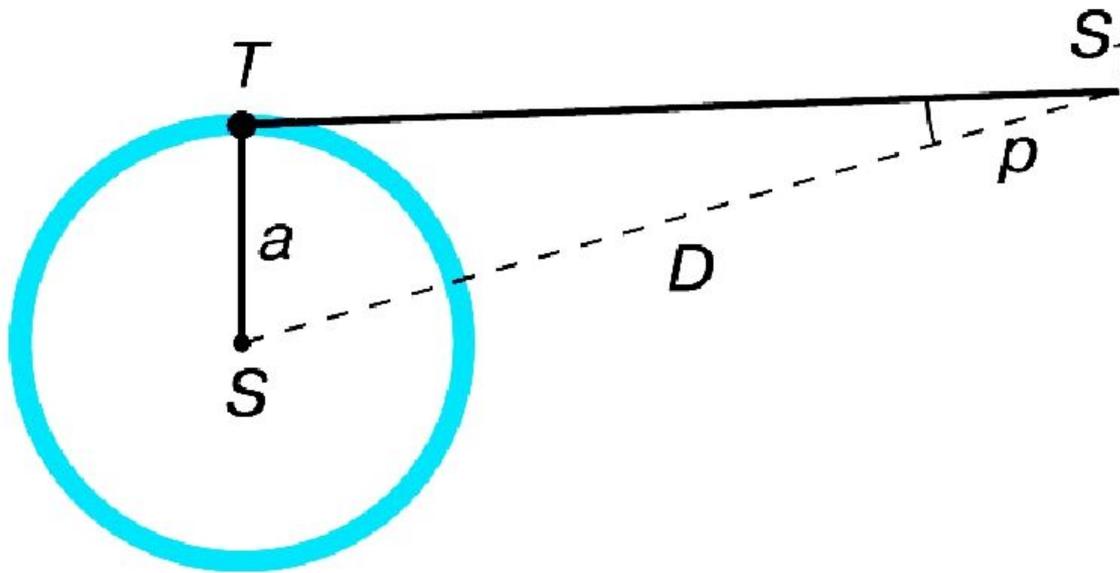


**Годичный параллакс звезды** — это изменение координат звезды, вызванное изменением положения наблюдателя из-за обращения Земли вокруг Солнца. Является доказательством движения Земли вокруг Солнца и основным методом измерения расстояний до звёзд.



# ЧТО ТАКОЕ «ГОДИЧНЫЙ ПАРАЛЛАКС»

- это угол, под которым со звезды можно было бы видеть большую полуось земной орбиты, перпендикулярную направлению на звезду.



$$D = \frac{a}{\sin p}$$

⇓

$$D = \frac{206265''}{p}$$

[www.eduspb.com](http://www.eduspb.com)

Da Vinci  
LEARNING



A stylized illustration of the solar system. On the left, a large, glowing orange and yellow sun is partially visible. Several white elliptical orbits curve across the dark blue space. Various planets are shown on these orbits: a small red planet, a blue and green Earth-like planet, a large orange and white striped planet (Jupiter), a yellow planet with a ring system (Saturn), and a small blue planet. The background is filled with a field of small white stars.

**Спасибо  
за внимание!**