



Алессіо Миглетта

# АСТРОНОМИЯ

## ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ АТЛАС



 Вселенная

 Земля и Луна

 Солнечная система

 История астрономии

 Исследования



Алессио Миглетта



**АСТРОНОМИЯ**  
ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ АТЛАС



Москва

2023

УДК 52(084.4)  
ББК 22.6я6  
М60

ATLAS ILUSTRADO DE ASTRONOMÍA, Alessio A. Miglietta

© Copyright: Susaeta Ediciones, S.A.

**Мильетта, Алессио.**  
М60 **Астрономия : иллюстрированный атлас / Алессио Мильетта ;**  
[перевод с испанского М. В. Знатновой]. — Москва : Эксмо, 2023. —  
248 с. : ил. — (Подарочные издания. Миссия «Космос»).

ISBN 978-5-04-165887-8

Иллюстрированный атлас астрономии Алессио Мильетты сочетает в себе историю, современность и будущее этой удивительной науки. В книге впервые плотно переплетены современные исследования и самые важные события в истории астрономии. В атласе много иллюстраций, рисунков и чертежей с подробными объяснениями всех астрономических явлений и приборов. Книга будет служить прекрасным подарком для друзей, коллег и всех, кто любит смотреть в ночное небо и любоваться нашей прекрасной Вселенной.

УДК 52(084.4)  
ББК 22.6я6

ISBN 978-5-04-165887-8

© Знатнова М.В., перевод на русский, 2022  
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2023

# АСТРОНОМИЯ

## ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ АТЛАС

Небесная сфера	9
Вселенная	37
Солнечная система	97
Астрономические инструменты	137
Исследование космоса	167
Краткая история астрономии	207



# Содержание

---

## 1 Небесная сфера

Небесная сфера 10 • Небесные координаты 12 • Эклиптика 14 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ I. ОТ ШУМЕРОВ ДО КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛЕСКОПА 16 • Зенит и надир 18 • Полярная звезда 20 • Остановки в движении планет 22 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ II. ДРЕВНОСТЬ: АСТРОНОМЫ И ФИЛОСОФЫ 24 • Звездные параллаксы 26 • Астрономия и навигация 28 • Использование телескопа 30 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ III. ГЕЛИОЦЕНТРИЗМ И АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ 32 • Наблюдения за планетами 34

## 2 Вселенная

Происхождение Вселенной 38 • Расширение и сжатие 40 • Черные дыры 42 • Звездные скопления и туманности 44 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ IV. РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ 46 • Галактики 48 • Типы галактик 50 • Млечный Путь 52 • Звезды 54 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ V. ГРАВИТАЦИЯ И КАТАЛОГ ЗВЕЗДНОГО НЕБА 56 • Переменные и кратные звезды 48 • Красные гиганты и белые карлики 60 • Нейтронные звезды 62 • Пульсар, квазар и блазар 64 • Новые и сверхновые звезды 66 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ VI. КЛАВДИЙ ПТОЛЕМЕЙ 68 • Созвездия 70 • Зодиак 72 • Планеты 74 • Кометы 76 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ VII. СРЕДНИЕ ВЕКА: ИСЛАМСКАЯ АСТРОНОМИЯ 78 • Астероиды, метеориты и метеоры 80 • Планетная система 82 • Гравитация 84 • Темная материя и темная энергия 86 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ VIII. ХРИСТИАНСТВО И АСТРОНОМИЯ 88 • Астрофизика 90

## 3 Солнечная система

Солнечная система: структура и происхождение 94 • Солнце 96 • Солнечные пятна 98 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ IX. ЭПОХА ВОЗРОЖДЕНИЯ: КОПЕРНИК 100 • Ядерные реакции 102 • Меркурий 104 • Венера 106 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ X. РЕФОРМА КАЛЕНДАРЯ 108 • Земля 110 • Марс 112 • Пояс астероидов 114 • Юпитер 116 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XI. ТИХО БРАГЕ И УРАНИБОРГ 118 • Сатурн 120 • Уран 122 • Нептун 124 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XII. ДРУГИЕ МИРЫ? ДЖОРДАНО БРУНО 126 • Карликовые транснептуновые планеты 128 • Облако Оорта 130

## 4 Земля и Луна

Земля 134 • Атмосфера 136 • Пояса Ван Аллена 138 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XIII. ВЕК XVII: КЕПЛЕР 140 • Движение Земли 142 • Приливы 144 • Солнцестояние и равноденствие 146 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XIV. ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ 148 • Прецессия равноденствий 150 • Образование Земли и происхождение жизни 152 • Луна 154 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XV. ЛУНЫ ЮПИТЕРА И СКОРОСТЬ СВЕТА 156 • Лунные фазы 158 • Покрытия и затмения 160

## 5 Астрономические инструменты

Гномоны и солнечные часы 164 • Антикитерский механизм 166 • Армилярные сферы 168 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XVI. ИСААК НЬЮТОН 170 • Астролябия 172 • Планетарии 174 • Туркетум, квадрант и другие инструменты 176 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XVII. ВЕКА XVIII И XIX 178 • Навигационный секстант 180 • Изобретение телескопа 182 • Линзовые телескопы (рефракторы) 184 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XVIII. СПЕКТРОГРАФИЯ 186 • Зеркальные телескопы (рефлекторы) 188 • Телескопы на орбите 190 • Астрономические обсерватории 192 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XIX. АСТРОНОМИЯ XX ВЕКА 194 • Наблюдения в различных диапазонах электромагнитного спектра (рентгеновские лучи, гамма-излучение и др.) 196 • Система глобального позиционирования (GPS) 198 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XX. ПРЕДЕЛЫ ВСЕЛЕННОЙ 200

## 6 Исследование ближнего космического пространства

Суборбитальный космический полет 204 • Искусственные спутники Земли и космические корабли 206 • Ракеты-носители 208 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XXI. АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ПОЗНАНИЯ КИТАЯ И ИНДИИ 210 • Космические путешественники 212 • Космонавты и астронавты 214 • Человек на Луне 216 • Международная космическая станция (МКС) 218 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XXII. АСТРОНОМИЯ МЕЗОАМЕРИКИ 220 • Космические зонды 222 • Космический челнок (шаттл) 224 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XXIII. АСТРОНОМИЯ И АСТРОЛОГИЯ 226 • Марс — следующая цель? 228 • Иные миры: контакты с инопланетными существами 230 • Приложение 1. Как пользоваться телескопом 232 • Приложение 2. Хронология астрономических исследований 234 • Приложение 3. Хронология космических исследований 240 • Указатель имен 244 • Библиография и веб-графия 251 •

# Введение

---

Астрономия (от греческого *astron* [звезда] и *nomos* [закон]) — одна из древнейших и наиболее почитаемых наук. Великие цивилизации испокон веков наблюдали за небом в поисках ответов на многочисленные вопросы об окружающей нас реальности и о месте человека в ней.

В любой научной дисциплине с каждым новым достижением открываются и новые границы для исследований. По-настоящему глубокая научная работа предполагает использование актуальных экспериментальных методов и отточенных теоретических моделей, которые зачастую доступны далеко не всем; тем не менее благодаря космическим телескопам, изображениям высочайшего разрешения и полностью автоматизированным обсерваториям поучаствовать в открытии новых небесных объектов, таких как кометы, астероиды или даже сверхновые звезды, может любой наблюдатель.







# Небесная сфера

---

Если мы посмотрим на небо в безоблачную ночь, когда Солнце уже не слепит своим сиянием, то увидим сферический свод, словно забрызганный звездами. Он медленно вращается с востока на запад вокруг точки, в которую устремлен наш взгляд, совершая полный оборот за 24 часа. Наши предки, наблюдая за этим феноменом, полагали, что неподвижная Земля находится в центре огромной сферы, которая вместе со звездами заставляет вращаться Солнце, Луну и планеты. Были созданы каменные модели, так называемые небесные сферы, которые воспроизводили это представление о конфигурации неба: на них изображались созвездия (произвольные скопления звезд, которые своей формой напоминали нашим предкам фантастических существ) и координаты движения Солнца в течение года, вокруг которых по двум осям вращалась сфера, — полюса. Даже сегодня, когда мы знаем, что Земля вращается вокруг собственной оси и звезды находятся на совершенно разных расстояниях друг от друга и от нашей планеты, древнее представление о том, что все звезды перемещаются вместе со сферой бесконечного радиуса, все еще находит применение и позволяет быстро создать упрощенную систему отсчета для описания астрономических явлений при наблюдении с Земли. Сферическая, или позиционная, астрономия — научная дисциплина, основанная на тригонометрии и изучающая движение небесных тел по отношению к системам сферических координат.

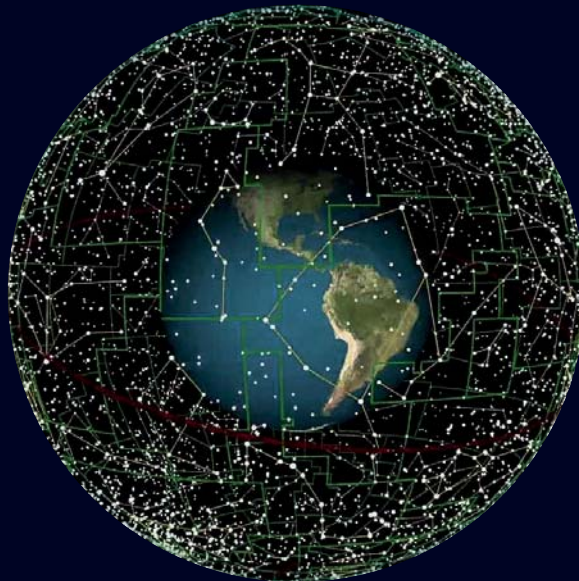
# Небесная сфера

За исключением Млечного Пути, напоминающего слабо светящуюся ленту, а также Солнца и Луны, все небесные объекты кажутся невооруженному глазу светящимися точками: пять из них — планеты, которые отражают солнечный свет, а остальные — звезды нашей Галактики или объекты других галактик, которые излучают собственный свет.

Яркость небесных тел условно измеряется видимой звездной величиной ( $m$ ), она отсчитывается по логарифмической убывающей шкале и определяется двумя факторами: количеством излучаемого объектом света (абсолютная звездная величина) и расстоянием до наблюдателя. В результате некоторые яркие звезды, расположенные на большом расстоянии от нас, могут казаться тусклыми, а слабые звезды, расположенные близко, наоборот, могут казаться очень яркими. Солнце, самая яркая звезда из всех, наблюдаемых нами, имеет видимую величину  $-26,7m$ ; полная Луна  $-12,74 m$ ; сияющая Венера достигает отметки  $-4,89 m$ ; ярчайшая звезда Сириус —  $-1,47 m$ . Небесные объекты слабее  $7 m$  на темном и безоблачном небе уже практически неразличимы. А в больших городах из-за светового и атмосферного загрязнения очень редко удается рассмотреть даже звезды с видимой величиной  $4 m$ .

► Небесная сфера — это абстрактное представление, которое позволяет установить расположение звезд и описать их движение.

Подразумевается, что звезды и планеты, равноудаленные от наблюдателя, двигаются вместе по внутренней поверхности небесной сферы, хотя на деле это, конечно же, не так. Астрономы делают воображаемую сферу на участки разной площади — созвездия.

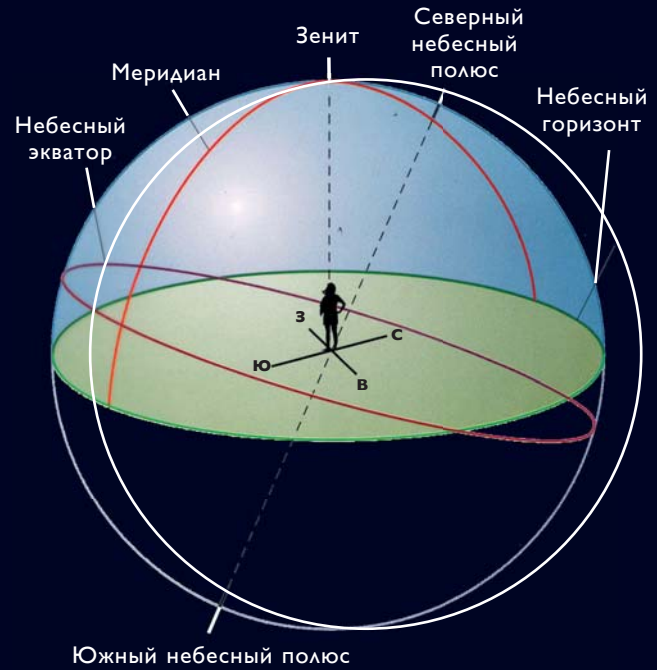


▲ Видимая величина ( $m$ ) небесного тела — это характеристика его яркости. Звезда 1 в 100 раз ярче звезды 6.

◀ Сейчас выделяют 88 признанных Международным астрономическим союзом созвездий. Двенадцать из них формируют так называемый зодиакальный круг, внутри которого проходит эклиптика (круг, описывающий Солнце в течение года). Небесная и земная сферы находятся в тесной близости: небесные полюса являются проекцией географических полюсов нашей планеты. Таким образом, если мы наблюдаем за звездами с географического Северного полюса, соответствующий ему небесный полюс будет находиться в зените.

▼ Существует простой метод, позволяющий доказать вращение Земли вокруг собственной оси с востока на запад: если фотографировать небо жестко закрепленной камерой, открыв затвор на несколько часов, мы зафиксируем звездные треки — следы кругового перемещения звезд по небу, вызванные суточным вращением Земли. На нижнем фото объектив камеры был направлен на звезды вокруг небесного полюса: концентрические треки звезд тем уже, чем ближе звезда к оси вращения.

► Наблюдатель находится в центре небесной сферы. Прямо над его головой расположен зенит — высшая точка по отношению к небесному горизонту. Круг разделяет небесную сферу на две части; верхняя полусфера изображает видимый небосвод. Сфера делает оборот вокруг оси, проходящей через северный и южный небесные полюса, за 24 часа. Воображаемый круг, опоясывающий сферу и находящийся на одинаковом расстоянии от двух полюсов, — это небесный экватор. Большой круг, проходящий через зенит и соединяющий северную и южную точки на горизонте, называется меридианом.



# Небесные координаты

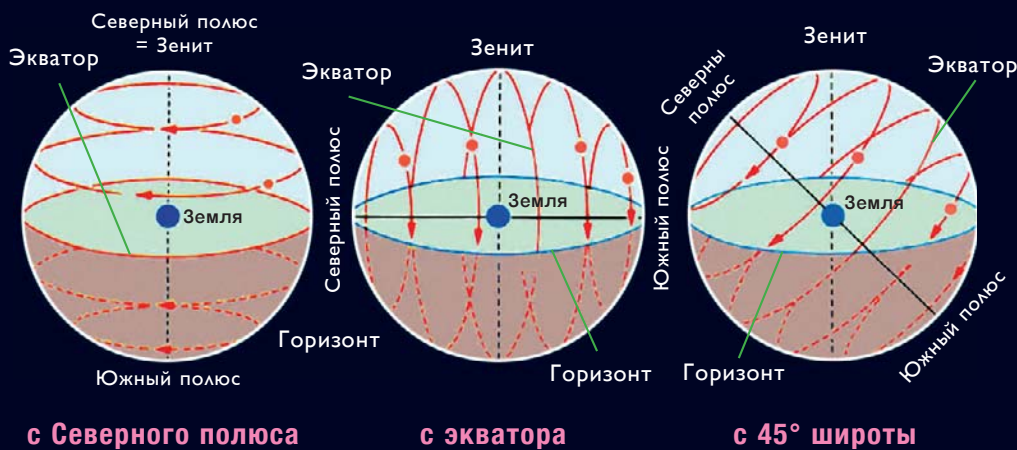
Координаты необходимы, чтобы можно было определить расположение звезд на небесной сфере. В астрономии существуют разные системы координат: горизонтальная, в которой основной плоскостью является горизонт, а полюсом — зенит; экваториальная (наиболее используемая), в которой основной плоскостью является небесный экватор, а полюсом — точка гамма; эклиптическая, в которой основная плоскость — это плоскость эклиптики, а полюс — полюс эклиптики; галактическая — имеющая направление отсчета от экватора галактики Млечный Путь.



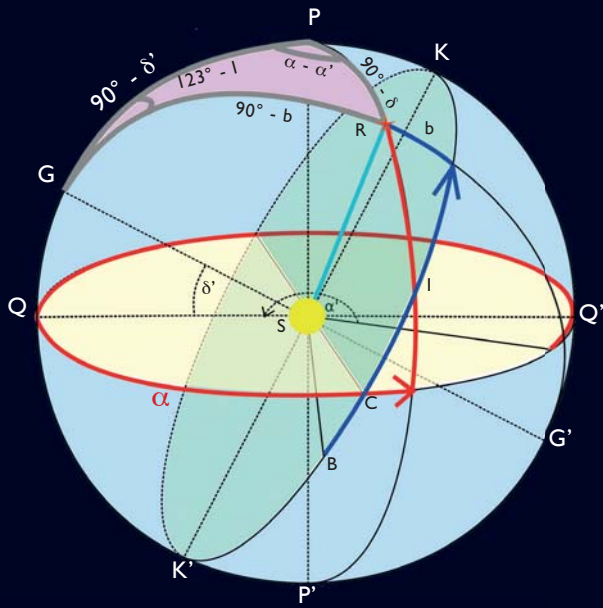
▼ Для наблюдателя на полюсе зенит совпадает с небесным полюсом, а горизонт — с небесным экватором. Если бы наблюдатель находился на экваторе, то небесный экватор был бы в зените, а два полюса — на горизонте. В промежуточной точке на параллели  $45^\circ$  полюс будет расположен на высоте  $45^\circ$  над горизонтом.

▲ В экваториальной системе координат расстояние между точкой, где Солнце встречается с небесным экватором в день весеннего равноденствия, и часовым кругом звезды (то есть большим кругом, проходящим через звезду и полюс) называется прямым восхождением. Склонение светила — это дуга часового круга между звездой и небесным экватором.

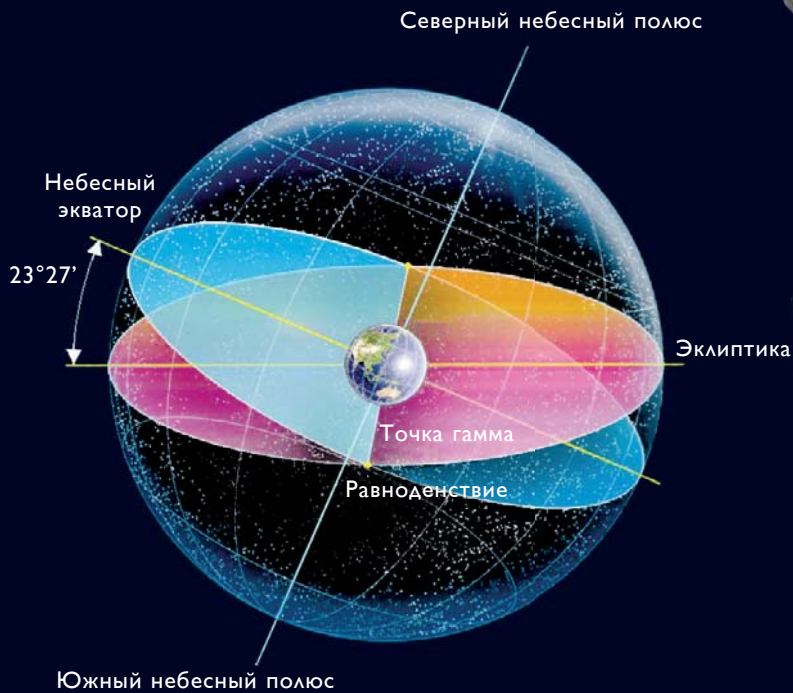
## Небесная сфера, наблюдаемая с разных широт:



► В точке гамма эклиптики пересекается с небесным экватором и совпадает с положением Солнца в день весеннего равноденствия. Угловое расстояние между этими двумя окружностями равно  $23^\circ 27'$ : это отклонение, обусловленное наклоном земной оси, влияет на смену времен года и различия в продолжительности дня и ночи в разных регионах на протяжении года.



▲ Это углы, полученные в результате наложения экваториальной системы координат на галактическую. Небесный экватор (желтый) пересекает галактический экватор (зеленый) в точке С, образуя угол  $62^{\circ}41'$ . Р и G обозначают соответственно небесный и галактический полюса. Галактическая долгота отсчитывается от галактического центра, который находится в созвездии Стрельца.



► Персонафикации континентов поддерживают небесную сферу. Fontaine de l'Observatoire, Париж.

SCAMATIFAT. FONDEUR.  
A PARIS. 1873.

# Эклиптика

Линия видимого движения Солнца относительно неподвижных звезд вокруг земной сферы называется эклиптикой. Скорость движения Солнца по эклиптике примерно равна  $1^\circ$  в сутки (один оборот за год). В действительности это явление отражает орбитальное движение Земли. Из-за наклона земной оси эклиптика наклонена на  $23^\circ 27'$  к небесному экватору. Планеты Солнечной системы и Луна обращаются по небесной сфере близко к эклиптике, не удаляясь от нее более чем на  $9^\circ$ . Созвездия, которые пересекает эклиптика, составляют зодиакальный круг.

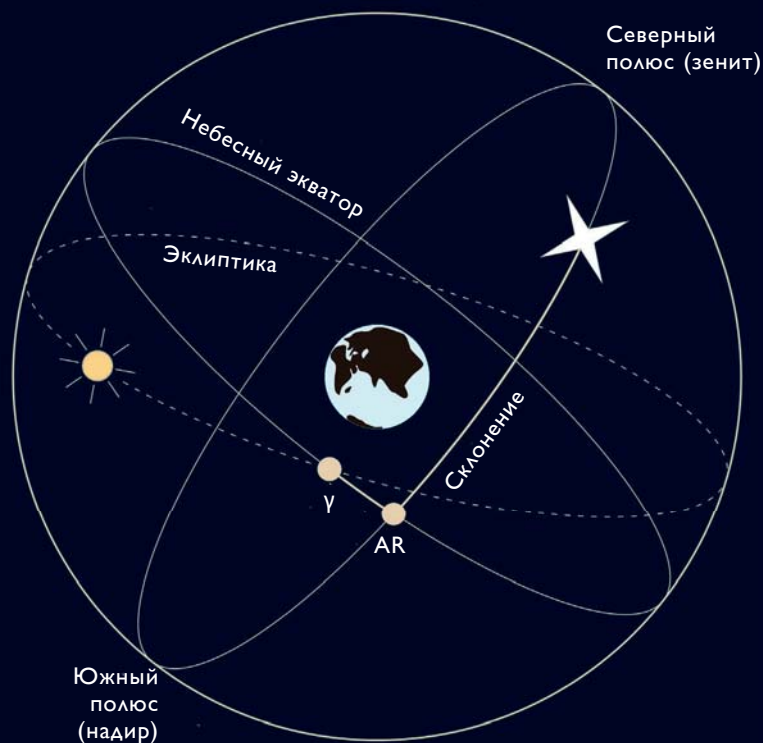


▲ Небесная сфера — фиктивное понятие, но реальное представление движения небесных тел не так удобно для вычисления астрономических положений, поскольку в нем должно отражаться и реальное вращение Земли.

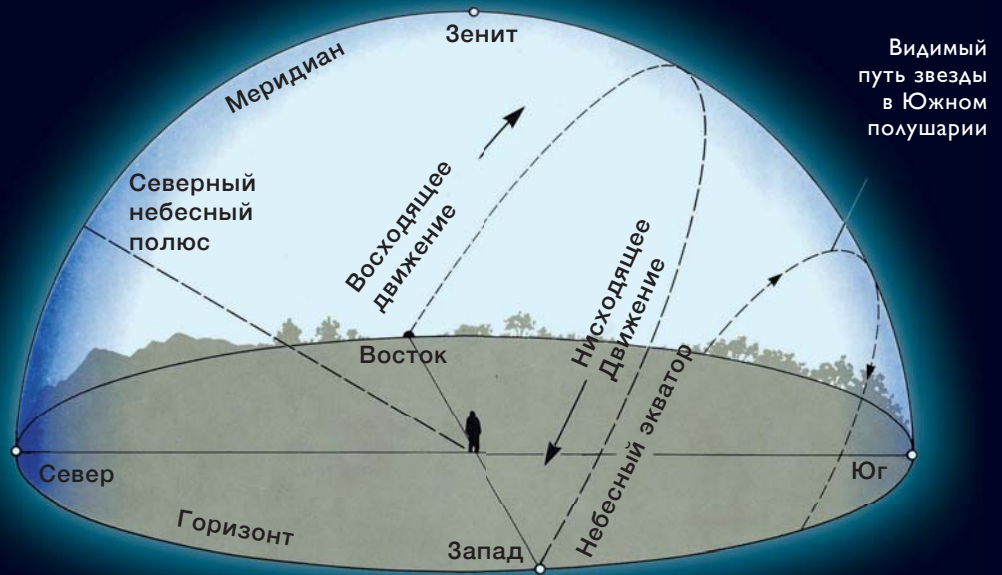
▼ Для определения положения точки на земной поверхности используются географические координаты: долгота и широта. На небесной сфере эквивалентными координатами являются прямое восхождение и склонение. Совершая движение по эклиптике, Солнце достигает разной высоты на небе в зависимости от широты места наблюдения и высоты Солнца относительно небесного экватора.



► Склонение и прямое восхождение (AR) звезды отсчитываются соответственно от небесных полюсов (склонения звезд ниже экватора считаются отрицательными) и точки весеннего равноденствия (точки гамма —  $\gamma$ ). Первая координата выражается в градусах, а вторая — в часах.

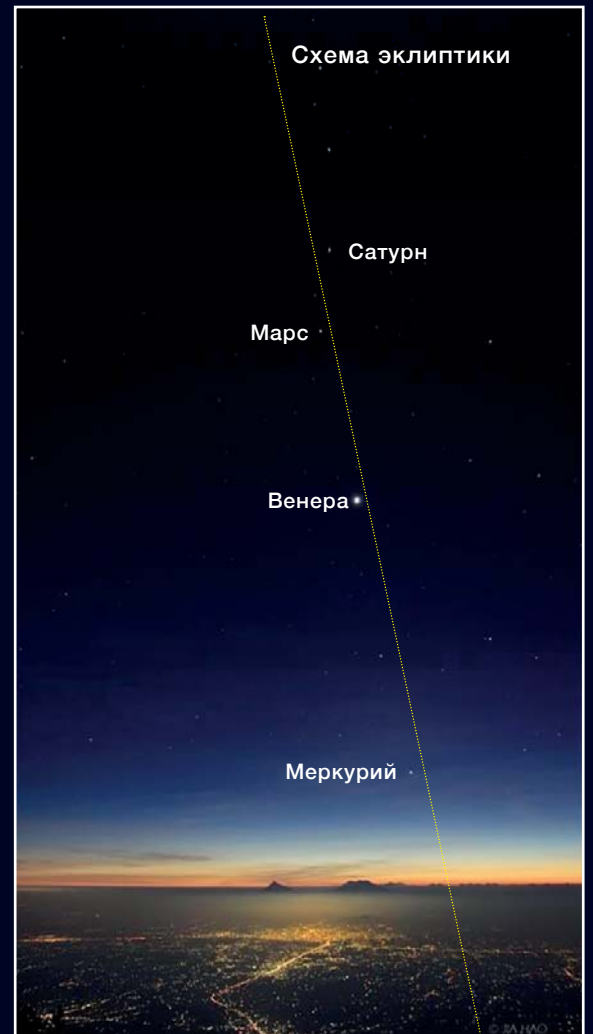


► Если звезда расположена к югу от небесного экватора (и, как следствие, имеет отрицательное склонение), то наблюдателю в Северном полушарии она покажется близкой к южному горизонту или непосредственно невидимой ниже горизонта. Когда звезда достигнет своей максимальной высоты, она пересечет местный меридиан; то есть она пересечет окружность, которая проходит через зенит, проходя через север и юг горизонта. Когда Солнце достигает местного меридиана, это означает, что сейчас полдень.



▲ Когда Солнце находится на высоте  $0^\circ$  по отношению к небесному экватору, наступают весеннее и осеннее равноденствия. Когда оно достигает своей максимальной высоты  $+23^\circ 27'$ , происходит летнее солнцестояние, а на высоте  $-23^\circ 27'$  начинается астрономическая зима. Приблизительные даты этих событий — 21 марта и 23 сентября для равноденствий, 21 июня и 21–22 декабря — для солнцестояний. Разнообразие жизни на Земле является прямым следствием этой циклической изменчивости, влияющей на смену времен года и климатические различия между регионами земного шара.

► Когда Солнце заходит, в полосе шириной  $18^\circ$  вокруг эклиптики хорошо видны невооруженным глазом пять планет Солнечной системы (а всего их семь, не считая Земли) — конечно, при условии, что они в это время находятся над горизонтом. Начиная с ближайших к Солнцу, это Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. Остальные две планеты (Уран и Нептун) имеют звездную величину менее 6. Все планеты выглядят, как и звезды, светящимися точками, а их яркость меняется в течение года в зависимости от расстояния до нашей планеты и положения по отношению к ней.



# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ I

## От шумеров до космического телескопа

Интерес к изучению небесных явлений, их наблюдению и измерению, а также к тому, как они связаны с природными изменениями на Земле, появился на заре цивилизации, задолго до изобретения письменности, и представляет собой один из наиболее явных признаков начала эволюции человеческой мысли.

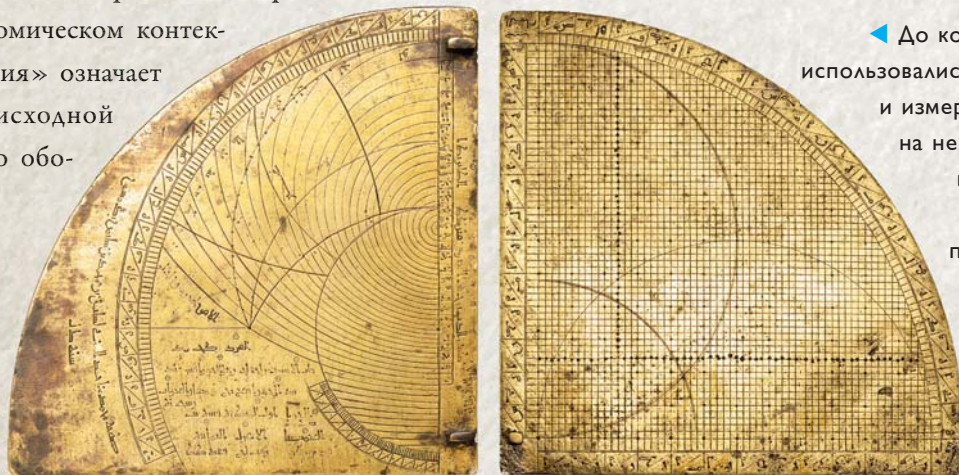
Еще египетские жрецы и халдейские астрономы-астрологи задавались вопросом о причинах движения небесных тел и возможности предугадывать их путь. Ночь за ночью они собирали и записывали данные своих наблюдений, ценность и научную полезность которых нельзя недооценивать даже с точки зрения всей полноты знаний современной астрономии.

Позже эта традиция была подхвачена учеными Древней Греции, колыбели философской и научной мысли, и развилась в теоретические модели, которые повлияли на все последующие века и стали фундаментальной точкой отсчета для современной науки (или вошли в конфронтацию с ней). Коперник, Кеплер, Галилей и Ньютон, величайшие деятели научной революции XVI–XVII веков, восхищались математикой, геометрией и тем, как их можно применить в астрономии — науке, пришедшей из глубокой древности.

Нынешняя астрономическая наука родилась из этой самой «научной революции». В ее основу легли телескопические наблюдения и гелиоцентрическая модель мира, которая смогла стать воплощением инноваций и одновременно хранилищем традиций. Ведь в астрономическом контексте слово «революция» означает «возвращение к исходной точке после полного оборота по орбите».

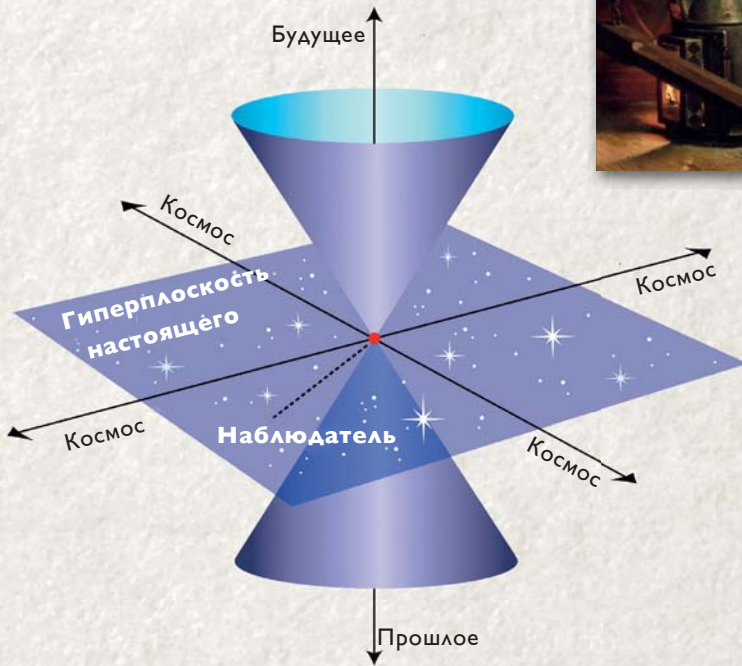


▲ Ассирийцы приняли шумерскую систему деления неба на созвездия, названия некоторых из них дошли и до наших дней (например, Телец, Лев и Скорпион). На этой планисфере, найденной в библиотеке царя Ашшурбанипала (VII век до н.э.) представлены восемь главных созвездий. Свойственное древним цивилизациям мистическое отношение к небесным светилам, вера в то, что по ним можно предсказывать будущее, заставляют думать, что подобные предметы действительно были инструментами древней астрологии.



◀ До конца XVI века в астрономии использовались приборы для наблюдений и измерений, рассчитанные только на невооруженный человеческий глаз, без какой-либо оптики и увеличения. И это не помешало астрономии стать точной наукой, основанной на математике. На фото: арабский квадрант периода позднего Средневековья.

► Коперник, пытаясь обосновать теорию о том, что Земля вращается вокруг своей оси и вокруг центра, близкого к Солнцу, прямо ссылаясь на постулаты греческой астрономической традиции, в частности, пифагорейской. То же самое делали и его главные последователи, в том числе Исаак Ньютон, который произвел революцию в науке, сформулировав теорию всемирного тяготения.



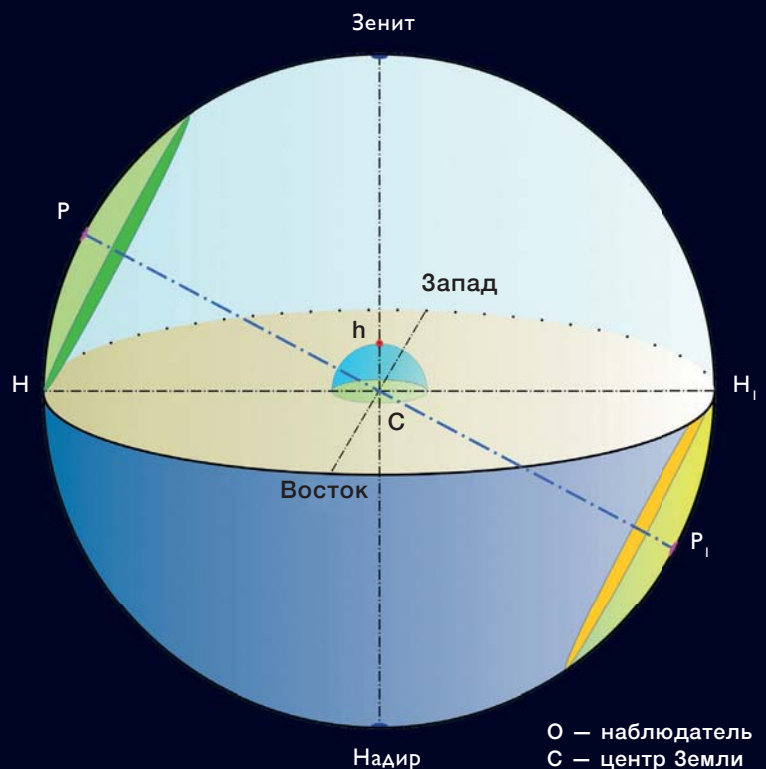
◀ Ньютонская физика, основанная на силе тяготения и представлении об абсолютности и неизменности пространства и времени, в начале XX века уступила место модели, введенной Альбертом Эйнштейном, в которой на смену силе тяготения пришла деформация пространства-времени, а понятие времени как такового оказалось привязано к скорости и пространству. Теория Ньютона по-прежнему действует в малых масштабах и, в частности, применима для описания движения планет Солнечной системы, но явления в масштабе всей Вселенной теперь объясняются теорией относительности, еще не опровергнутой никакими исследовательскими данными. На рисунке — представление Вселенной Минковского, модели, построенной Германом Минковским на основе идей Эйнштейна.

► Без сомнения, самый важный инструмент астрономии — современный телескоп. С помощью его непосредственного предшественника — подзорной трубы, направленной в небо, — Галилео Галилей, смог наблюдать ряд новых явлений, подтвердивших гипотезу Коперника. Технические инновации Кеплера положили начало эпохе линзовых телескопов. Тем не менее космический телескоп «Кеплер» (на фото), задача которого — поиск и изучение экзопланет, имеет, как и большинство современных астрономических инструментов, зеркальную оптическую систему, которую впервые использовал Исаак Ньютон в XVII веке. Возможность с помощью орбитальных телескопов наблюдать за небесными объектами без искажений, которые вносит земная атмосфера, стала поистине революционной: подобно подзорной трубе начала XVII века, космический телескоп позволяет нам выйти далеко за пределы прежних горизонтов и открывает новые перспективы.

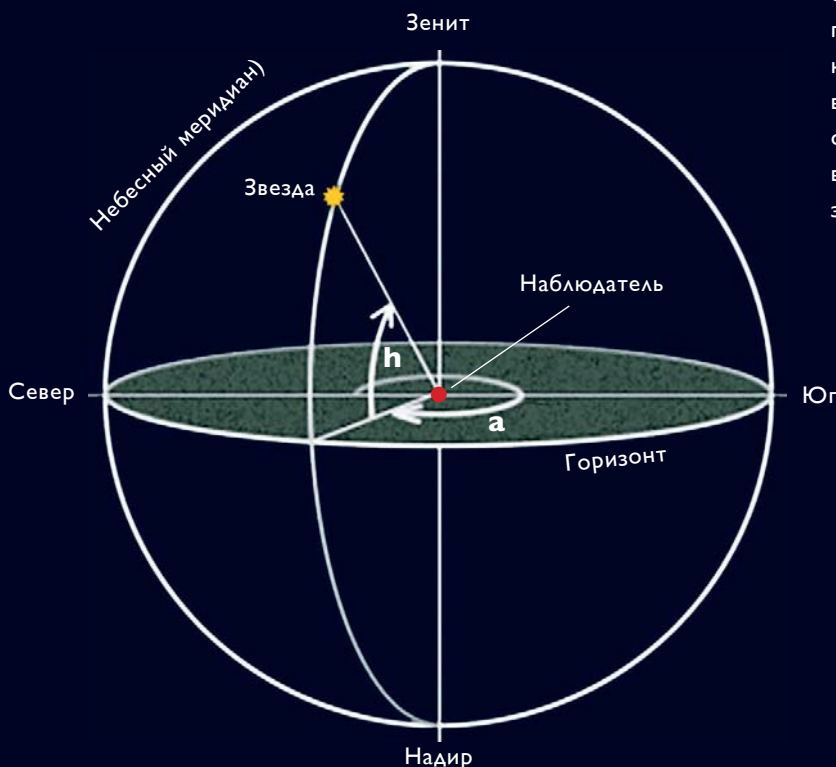


# Зенит и надир

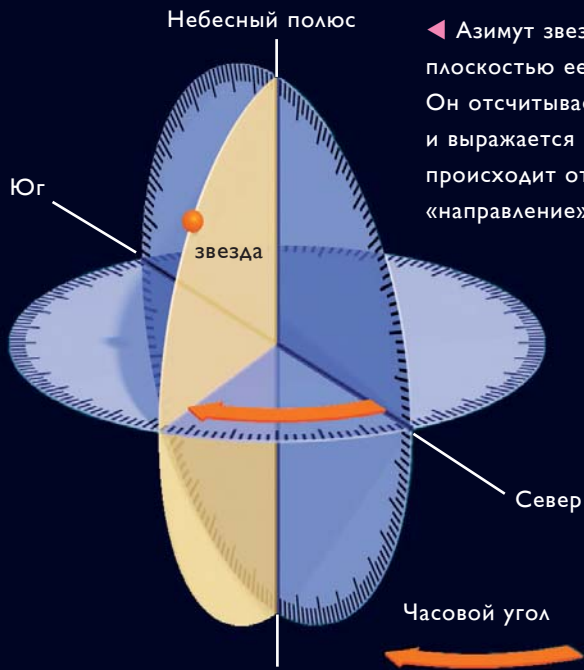
Термин «зенит» был придуман в XII веке итальянским математиком, который, ко всему прочему занимался переводом астрономических сочинений с арабского и иврита на латынь, Платоном из Тиволи. Он перевел арабское выражение *samt al-ra's* («направление голов») как *zenith capitis*, что дало начало новому слову. Западные астрономы начали обозначать им точку на небесной сфере, лежащую ровно над головой наблюдателя. Точно так же восточный термин *nazir al-samt* («противоположное головам направление») трансформировался в «надир» и стал обозначать место на небесной сфере, находящееся ровно под ногами наблюдателя (и, следовательно, невидимое). Поэтому зенит и надир можно назвать полюсами горизонтальной системы координат.



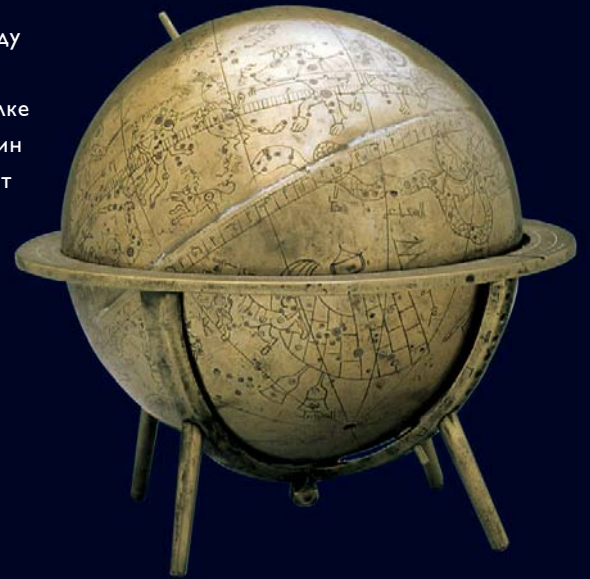
▲ Ближайшая к зениту часть сферы вокруг полюса (P), показанная зеленым цветом, содержит приполярную область — область неба, которая не опускается ниже линии горизонта. Ее границы меняются в зависимости от широты наблюдателя (и высоты полюса). Звезды в этой области видны круглый год. На противоположной стороне небесной сферы, вокруг противоположного полюса (P<sub>1</sub>), в области, выделенной желтым цветом, находятся невосходящие звезды, которые в данном месте никогда не видны.



◀ Большие круги, проходящие через зенит, называются вертикалами. Круг, пересекающий север и юг, называется меридианом; круг, пересекающий восток и запад, известен как первый вертикал. В азимутальной системе координатами, определяющими положения звезды на небесной сфере, являются высота (h), или угловое расстояние светила от горизонта, и азимут (a), или угловое расстояние звезды от плоскости меридиана, отсчитываемое от севера к востоку. Из-за вращения Земли высота и азимут звезды постоянно меняются.

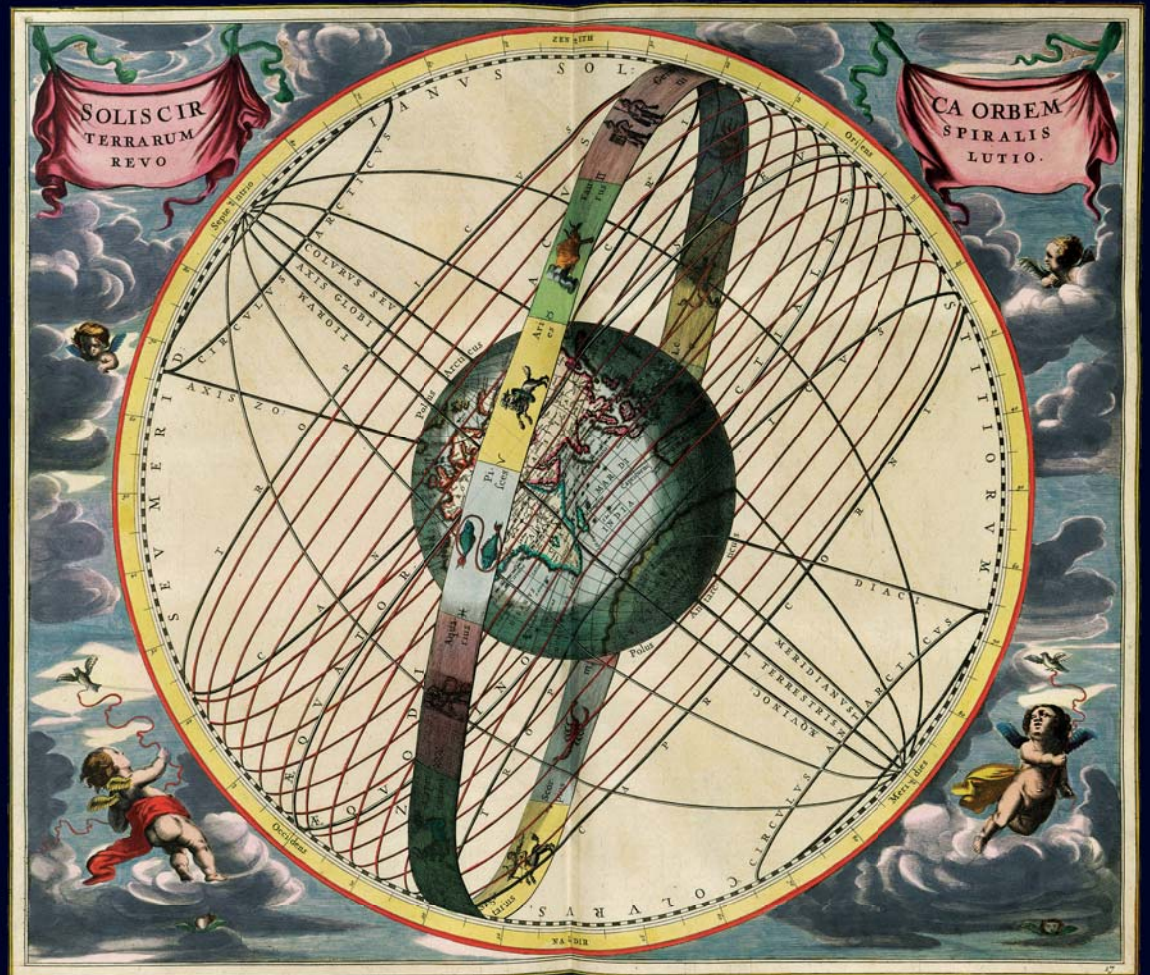


◀ Азимут звезды равен углу между плоскостью ее вертикала и меридианом. Он отсчитывается с севера по часовой стрелке и выражается в градусах или радианах. Термин происходит от арабского *as-sūmut*, что значит «направление».



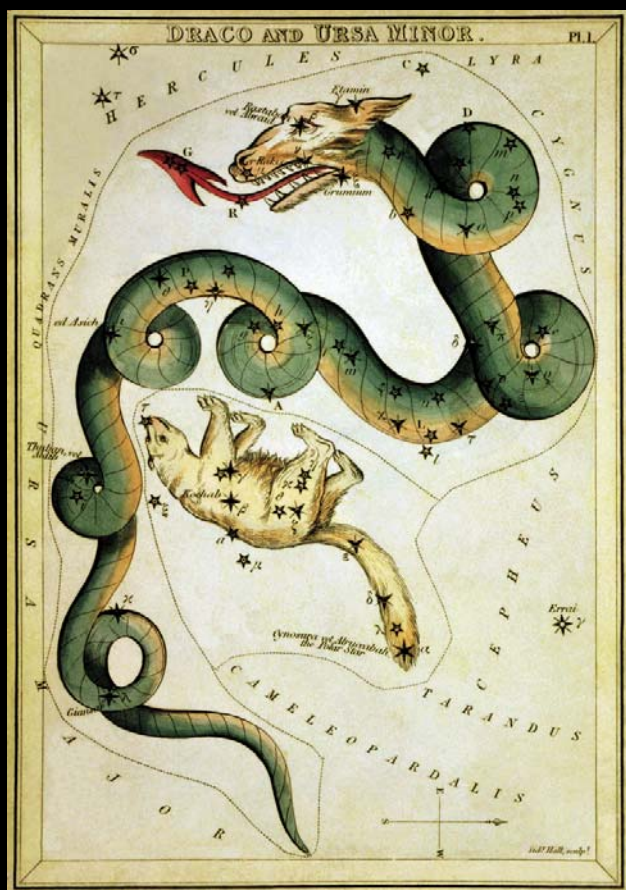
▲ Небесная сфера (Персия, XIV век). Арабское происхождение многих терминов, описывающих небесные координаты, свидетельствует об огромном влиянии арабских астрологических теорий на формирование европейской астрономии.

► Эта иллюстрация, которую в 1660 году Андреас Целлариус включил в атлас «Гармония Макрокосмоса», демонстрирует схему обращения Солнца вокруг Земли в разные времена года. Из-за циклического изменения азимута и высоты Солнца по отношению к горизонту считалось, будто светило обращается вокруг Земли по спиральной траектории, что подтверждает и подпись на латыни: *Solis circa orbem Terrarum spiralis revolutio*.



# Полярная звезда

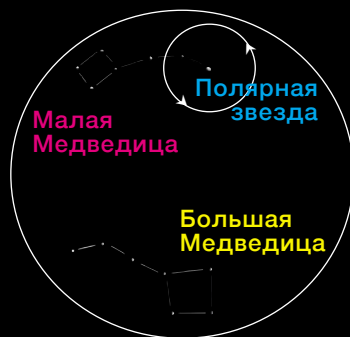
Самая яркая и самая близкая к Северному полюсу звезда называется «Полярной». На протяжении столетий из-за прецессии, вызванной очень медленным вращением земной оси в пространстве, положение северного небесного полюса постоянно меняется. Поэтому в разные эпохи существования Земли вблизи полюса неба оказывались разные звезды. Сейчас в этом месте неба находится Альфа Малой Медведицы (Полярная, или Северная, звезда). Именно она в наше время оказалась в непосредственной близости от северной проекции оси, вокруг которой вращается небесная сфера. На небе южного полушария ориентиром для определения южного небесного полюса и географического юга служит другая «полярная звезда» — Сигма Октанта 1, очень слабая и едва заметная для невооруженного глаза.



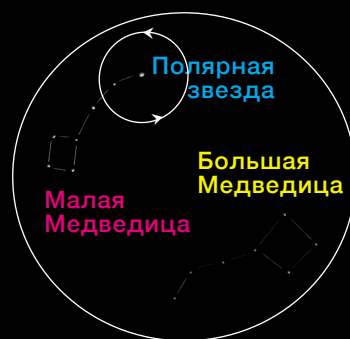
◀ Расположение Большой и Малой Медведиц на небе меняется при их вращении вокруг полюса. Они, как стрелки часов, отмечают время, что очень удобно, так как эти созвездия являются околополярными и не заходят за горизонт.



◀ Через несколько часов после того, как Медведицы имели положение, изображенное на первом рисунке, оба созвездия сместились против часовой стрелки вокруг северного небесного полюса.



◀ В определенный момент Большая Медведица окажется на ближайшем к горизонту участке своего пути, но как околополярное созвездие все равно будет видна в северных широтах.



◀ Затем она начнет подниматься, приближаясь к зениту наблюдателя.

◀ Малая Медведица и Дракон — единственные северные созвездия, почти полностью вписанные в круг, по которому движется земная ось в течение прецессионного цикла (25 765 лет). Это значит, что многие из «полярных» звезд, которые оказывались вблизи северного небесного полюса в прошлом или окажутся там в будущем, лежат именно в этих созвездиях. Среди наиболее заметных исключений — Денеб и Вега из созвездий Лебедя и Лыры соответственно.



▲ Положение Большой Медведицы по отношению к Полярной звезде в одно и то же время суток меняется в зависимости от времени года: полный круг созвездие описывает за год. Выше всего оно оказывается весенней глубокой ночью.

► Эта фотография, сделанная с открытым в течение нескольких часов затвором, позволяет увидеть, как небесная сфера вращается вокруг своей оси. Полярная звезда на этом фото остается точкой, что говорит о ее близости к полюсу: чем дальше от него звезда, тем длиннее след, который она оставляет.



### Найти Полярную звезду

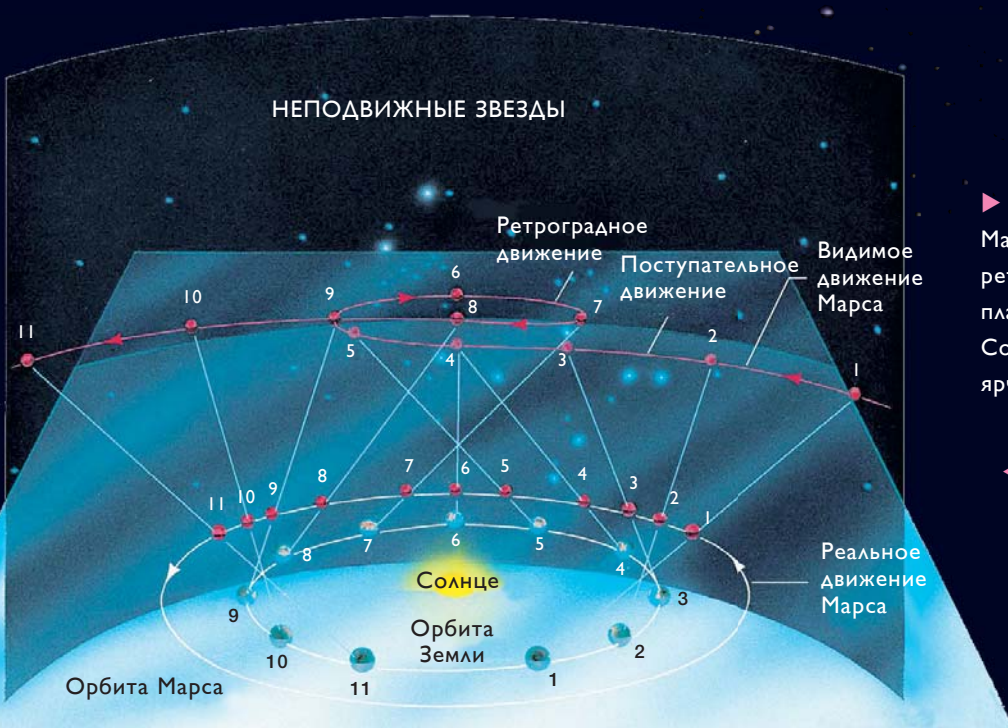
Отмечается расстояние между звездами созвездия Большой Медведицы  $\alpha$  (Дубхе) и  $\beta$  (Мерак). Через звезды  $\beta$  и  $\alpha$  проводится воображаемая линия, на которой расстояние от  $\beta$  до  $\alpha$  откладывается пять раз от точки  $\alpha$ . В этой точке и лежит Полярная звезда.



# Остановки в движении планет

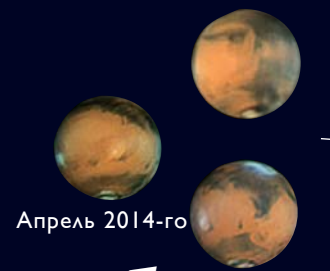
Термин «планета» переводится с древнегреческого как «блуждающая». Название в полной мере описывает главное свойство этих небесных объектов, а также их отличие от звезд, которые кажутся неподвижными. Планеты нашей системы обращаются вокруг Солнца, из-за чего медленно движутся в зодиакальном поясе.

Однако это движение выглядит довольно сложно и разнообразно. Пять планет, видимых невооруженным глазом (они выглядят, как светящиеся точки, похожие на звезды), движутся в направлении, противоположном кажущемуся суточному движению Солнца, с запада на восток. Их маршрут, заметный только при длительном наблюдении от ночи к ночи, не всегда регулярен в течение года. Планеты, расположенные внутри орбиты Земли (Меркурий и Венера), близки к Солнцу, поэтому их скорость меняется неравномерно по сравнению со скоростью более медленных внешних планет (Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун). Кроме того, из-за приблизительного совпадения плоскостей их орбит с плоскостью орбиты Земли каждая из планет время от времени останавливается в своем видимом движении по небу, а затем начинает обратное (ретроградное) движение. Эти фазы движения циклически повторяются с периодом, который называется синодическим.



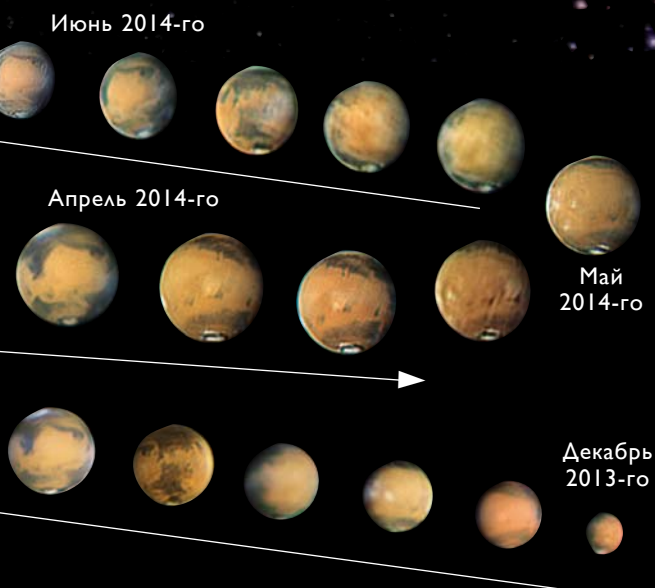
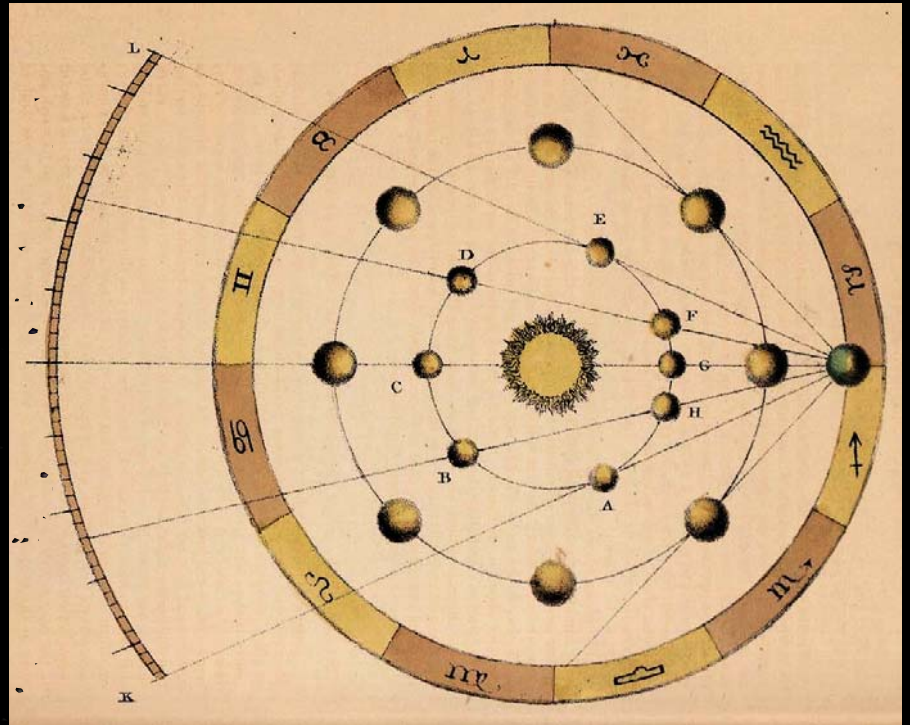
▶ Когда Земля на своем пути «обгоняет» Марс, это вызывает его кажущееся ретроградное движение. При сближении планет, когда Земля оказывается между Солнцем и Марсом, тот выглядит ярче и больше.

◀ Ретроградное движение Марса связано с положением, которое он занимает по отношению к Земле.



◀ Представление о геоцентрическом устройстве мироздания господствовало со времен Античности почти до XVIII века. Считалось, что Земля — центр Солнечной системы. Движение планет, особенно ретроградное, нельзя было объяснить простой системой концентрических орбит (девятью гомоцентрическими сферами Аристотеля). Приходилось создавать очень сложные схемы, чтобы объяснить все наблюдаемые явления: например, планеты должны были двигаться по малым окружностям — эпициклам, центры которых располагались на больших окружностях — деферентах.

▼ Меркурий и Венера, внутренние планеты, невидимы с Земли в двух случаях: когда они находятся позади Солнца (верхнее соединение) и когда занимают промежуточное положение между ним и нашей планетой (нижнее соединение). Во втором случае крайне редко можно наблюдать в телескоп темный диск одной из этих планет, проходящий перед нашей звездой. Однако, когда эти планеты находятся на максимальном угловом расстоянии от Солнца, с Земли они чаще всего видны хорошо. Это может произойти после нижнего соединения (ретроградного движения) — в этом случае планета будет видна утром: соответственно, после верхнего соединения она будет видна вечером. В телескоп у Меркурия и Венеры можно разглядеть чередующиеся фазы, очень похожие на фазы Луны.



### Период и продолжительность ретроградных движений

Планета	Синодический период		
	дни	месяцы	продолжительность (дни)
Меркурий	116	3,8	~21
Венера	584	19,2	41
Марс	780	25,6	72
Юпитер	399	13,1	121
Сатурн	378	12,4	138
Уран	370	12,15	151
Нептун	367	12,07	158

# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ II

## Древность: астрономы и философы

В древние времена главным инструментом наблюдения за небесным сводом являлся горизонт. С помощью этой линии люди фиксировали моменты восхода и захода звезд, и таким образом определяли даты религиозных праздников, связанных с земледелием. Уметь ориентироваться в небе было необходимо и пастухам, ведущим стада, и особенно путешественникам по суше или по морю, которые быстро поняли, что, если уйти достаточно далеко в чужие земли, высоты звезд изменятся, а над горизонтом появятся новые, не виданные ранее огни.

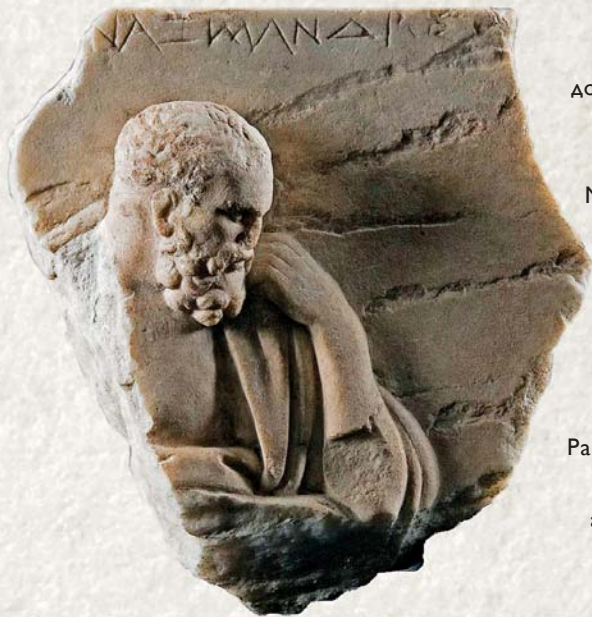
Ночные звезды и два великих светила, Солнце и Луна, были верными спутниками древнего человека. Благодаря им люди могли ориентироваться во времени и пространстве. Само собой, из-за этого небесные явления становились объектами произвольного почитания — они мифологизировались и обожествлялись. Такая тесная связь физических знаний и наивного суеверия способствовала, с одной стороны, появлению астрономических календарей и навигации, а с другой — зарождению астрологии, предсказаний и гаданий. Впоследствии греческие философы, вооружившись египетскими и халдейскими знаниями, приподнимут завесу мифа с помощью рациональных объяснений и создания первых научных космологических моделей.



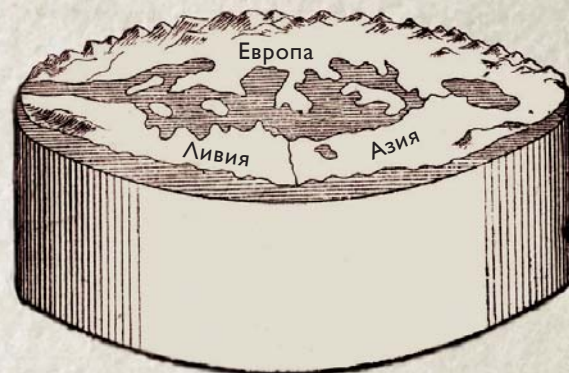
▲ Эта вавилонская табличка 500 года до н.э. представляет окружающий мир в виде диска, омываемого океаном (что напоминает древнегреческие изображения). На ней высечен ряд созвездий, которые в этой широте можно увидеть над горизонтом — уровнем поверхности океана. Халдеи культивировали астрономические знания и наблюдения за небесными явлениями, это они разделили зодиакальный пояс на 12 знаков. Халдеи считали, что на сезонные изменения влияют положение и высота не только Солнца, но еще и звезд и планет, которые в халдейской культуре наделялись способностью определять судьбы людей.



▲ Египетская астрономия началась с наблюдений за восходом и заходом Солнца и Сириуса — звезды, возвещавшей о разливе Нила. Самый выдающийся результат египетской науки — это 365-дневный лунно-солнечный календарь, относящийся еще к додинастическому периоду (3000 год до н.э.). В храмах и папирусах эпохи Птолемеев (305–30 годы до н.э.) можно встретить очевидные признаки влияния астрономии греков и вавилонян: зодиакальные фигуры созвездий в Дандарском храме (вверху) вдохновлены вавилонской культурой, но при этом воссозданы в египетском стиле.



◀ Модель Вселенной греческого философа-досократика Анаксимандра Милетского (VI век до н.э.), ученика Фалеса Милетского, задумывалась как механическая. Вода — основа и сущность всего: по ней плавает Земля, как бы подвешенная в пространстве. Рассуждения Анаксимандра построены не на мифах, а на чисто рациональных умозаключениях.

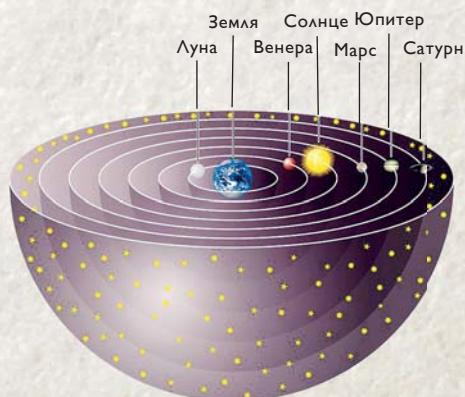


▲ Земля, в представлении Анаксимандра, первого греческого картографа, имела форму диска. Хотя другие философы-досократики доказывали, что Земля плоская, Парменид и Пифагор, а позднее Платон и Аристотель, не сомневались в ее шарообразности, поскольку имелись многочисленные эмпирические свидетельства, такие, как конфигурация созвездий, меняющаяся в зависимости от широты, или лунные затмения. Все это утверждало в сознании античных философов и астрономов представление о том, что сфера, как и плоская фигура, на основе которой она построена (круг), — синоним совершенства и максимальной рациональности.

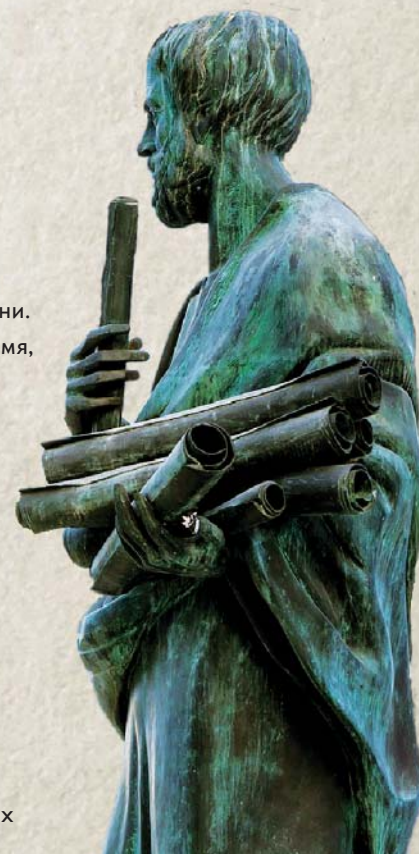
▶ Глобус Мателики, датируемый I–II веками н.э., инструмент древнегреческого происхождения. При естественном солнечном освещении он показывал различные элементы, связанные с восходом и заходом звезды и ее траекторией в зодиаке. Это не модель небесной сферы, а своего рода солнечные часы.



▼ Самая ранняя геоцентрическая космологическая модель, придуманная греками (которую поддерживали, в частности, Платон, Аристотель и Евдокс Книдский), включала ряд гомоцентрических сфер — от Земли до неподвижных звезд, которыми были инкрустированы кристаллические сферы.

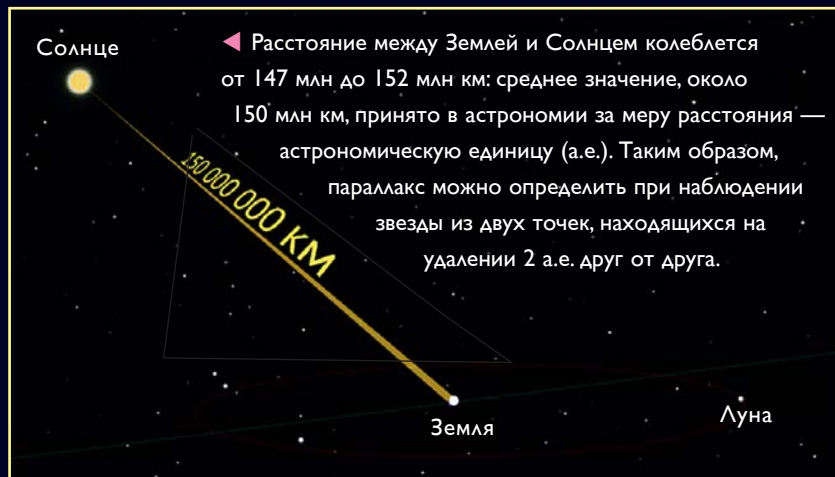


▶ Физика Аристотеля (IV век до н.э.) лежит в основе самых популярных научных теорий вплоть до научной революции Нового времени. Если исключить глубокое Средневековье, время, в котором аристотелевскую мысль сначала неверно интерпретировали, а затем и вовсе отвергли по религиозным мотивам, — геоцентрическая система Аристотеля (исправленная и усовершенствованная Птолемеем) и его концепция материи стали одними из самых долгоживущих западных теорий натурфилософии. Разрыв между тленным подлунным миром четырех стихий (земли, воды, воздуха и огня) и миром небесных сфер (эфира) неумолимо отделяет явления, происходящие на Земле, от соответствующих им причин, наблюдаемых на небе.

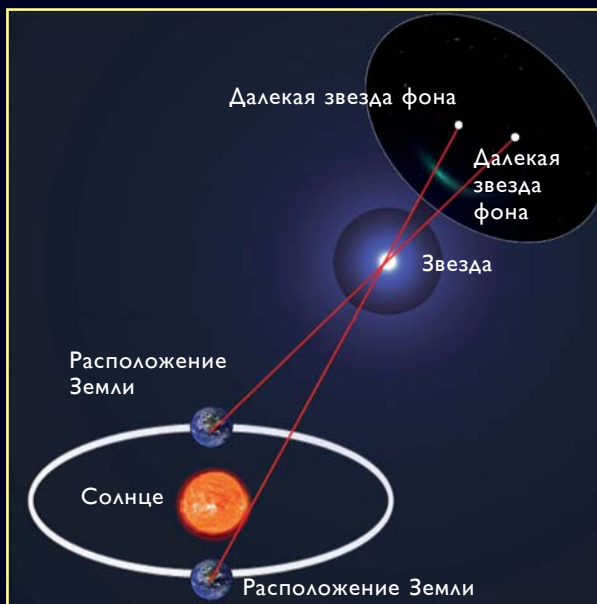


# Звездные параллаксы

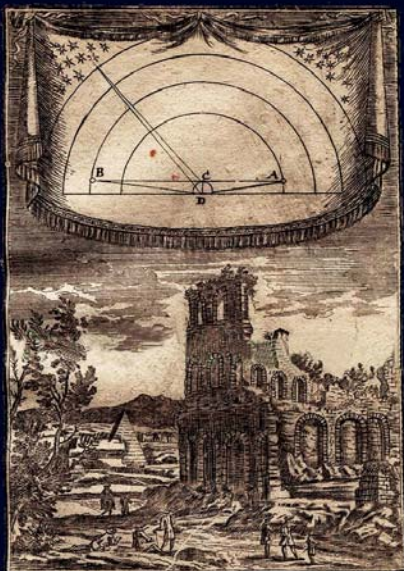
Эффект параллакса позволяет рассчитать расстояние до ближайших к Земле звезд. Его легко продемонстрировать: вытяните руку прямо перед собой так, чтобы оттопыренный указательный палец находился на одинаковом расстоянии от обоих глаз. Теперь, если вы будете поочередно закрывать правый и левый глаза, то заметите, что палец смещается по отношению к фону. Измерив угол этого смещения и зная расстояние между зрачками, можно вычислить расстояние от точки между глаз до пальца. Подобную операцию (только место пальца в этой схеме будет занимать звезда) можно воспроизвести, наблюдая малые смещения звезды на фоне других, более далеких звезд при наблюдении ее из двух удаленных друг от друга точек земной поверхности. А чтобы смещение было легче обнаружить и просчитать, лучше всего наблюдать звезду с двух противоположных точек земной орбиты.



◀ Из-за относительной близости Луны ее параллакс заметен гораздо лучше. Как видно на рисунке, наш спутник меняет свое положение относительно звезд фона, когда его одновременно наблюдают из удаленных друг от друга мест земного шара.

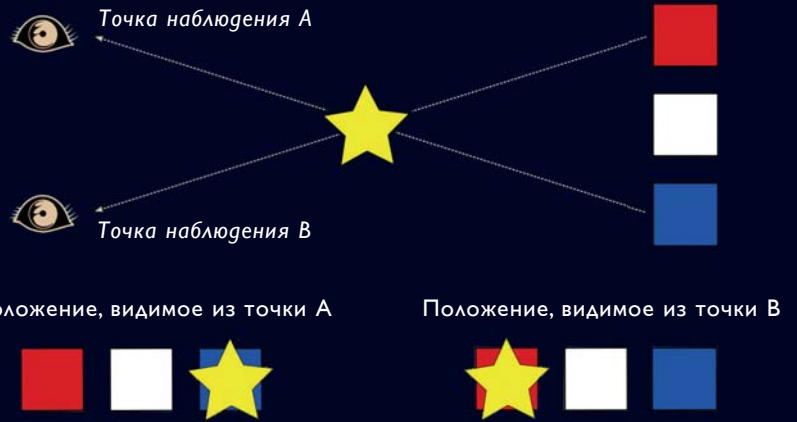


◀ Угловое расстояние между двумя видимыми положениями, которые одна и та же звезда занимает в небе при наблюдениях с разницей в шесть месяцев (за это время Земля перемещается в противоположную точку своей орбиты), позволяет достаточно точно рассчитать расстояние до нее.



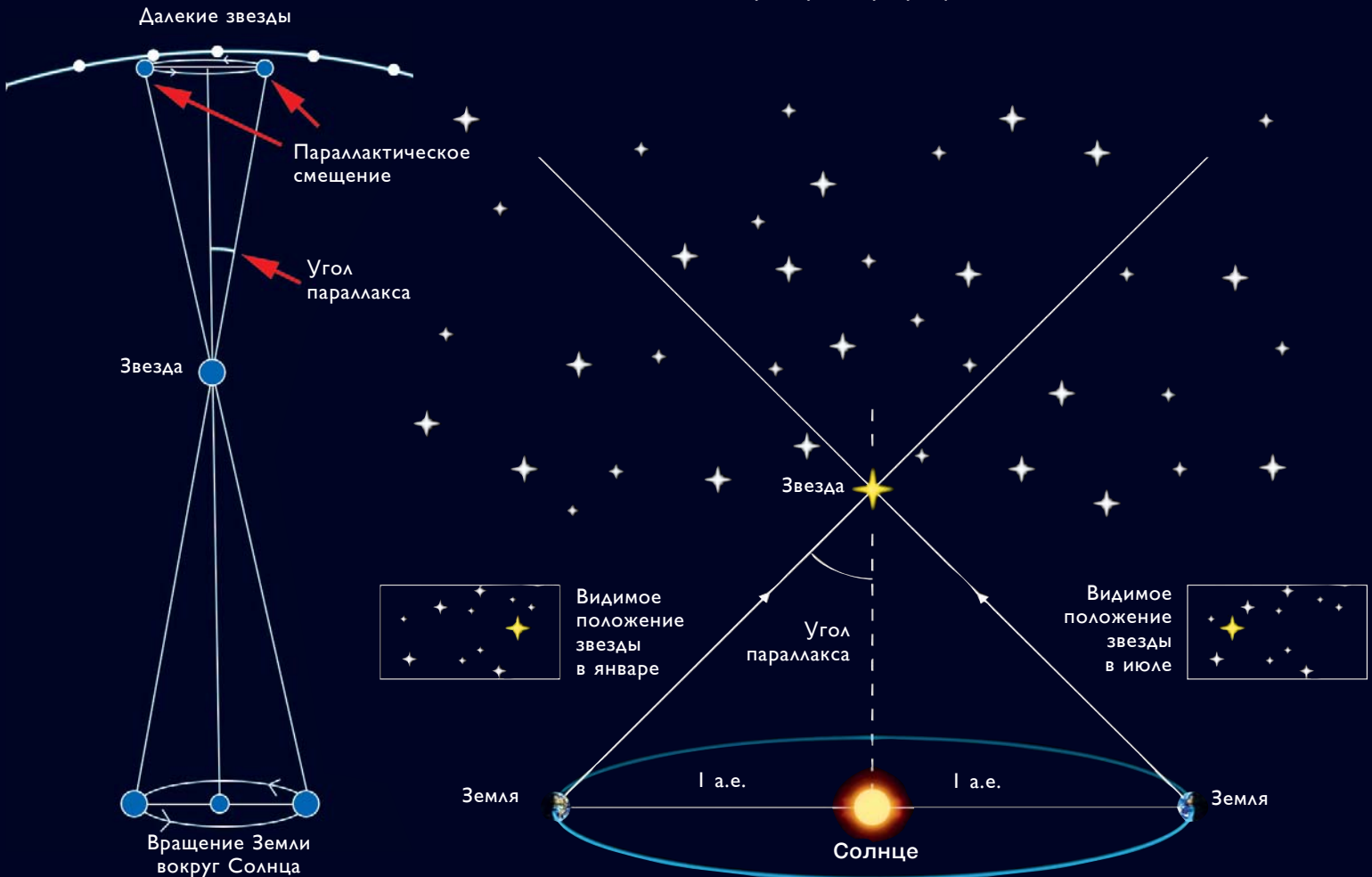
◀ Гравюра «Описание Вселенной» Алена Манессона-Малле (1683) со схемой измерения параллакса планет.

► Чем дальше находится звезда, тем меньше звездный параллакс. Для большинства звезд угол параллакса оказывается слишком маленьким, чтобы его можно было измерить. После многочисленных неудачных попыток астроном Фридрих Вильгельм Бессель первым рассчитал этим методом расстояние до одной из ближайших к Солнцу звезда (61 в созвездии Лебедя): результат составил примерно 650 000 а.е.



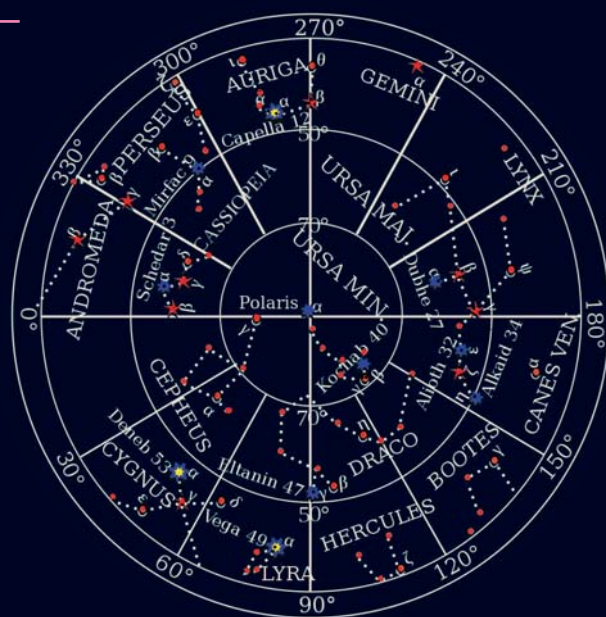
▼ Звездный (или годовой) параллакс равен углу параллакса звезды, ниже которого оценивается радиус земной орбиты.

▼ Выражая звездные расстояния в километрах, мы получили бы огромные числа, неудобные для использования, поэтому, кроме астрономической, появилась и другая единица расстояния, непосредственно связанная с углом параллакса: парсек (пк). Один парсек соответствует значению звездного параллакса в 1 угловую секунду и равен 206 265 а.е.

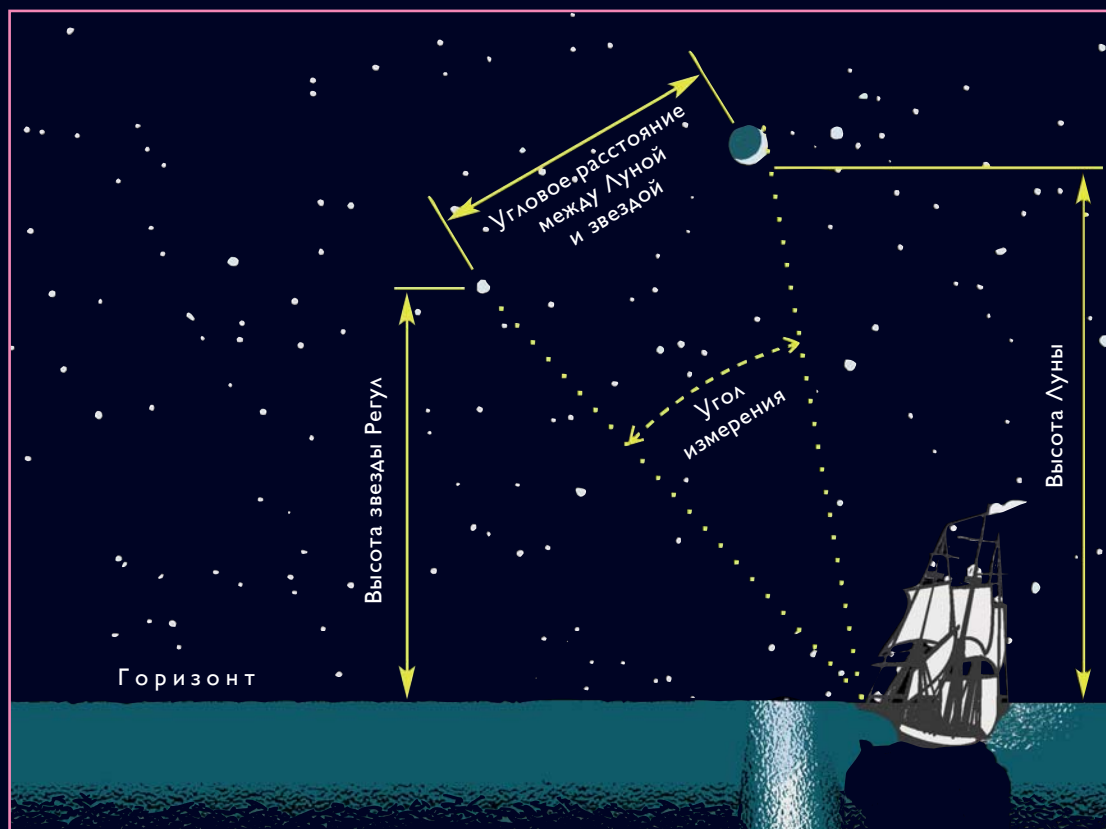


# Астрономия и навигация

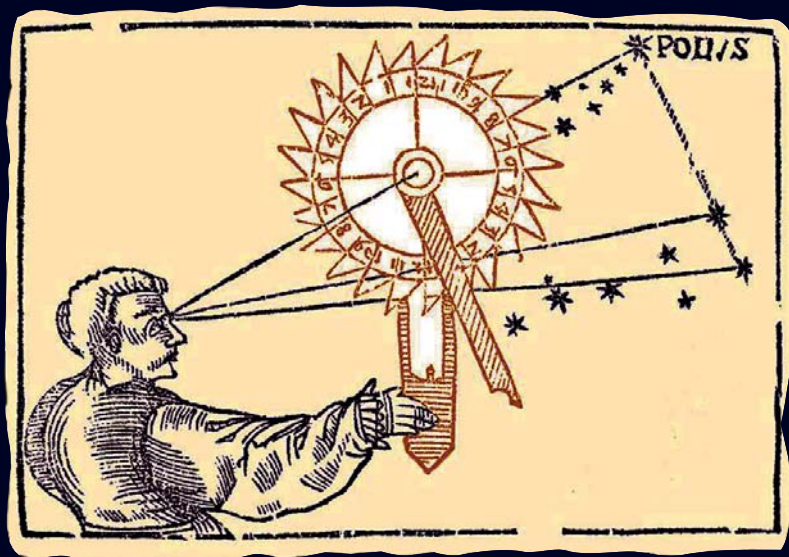
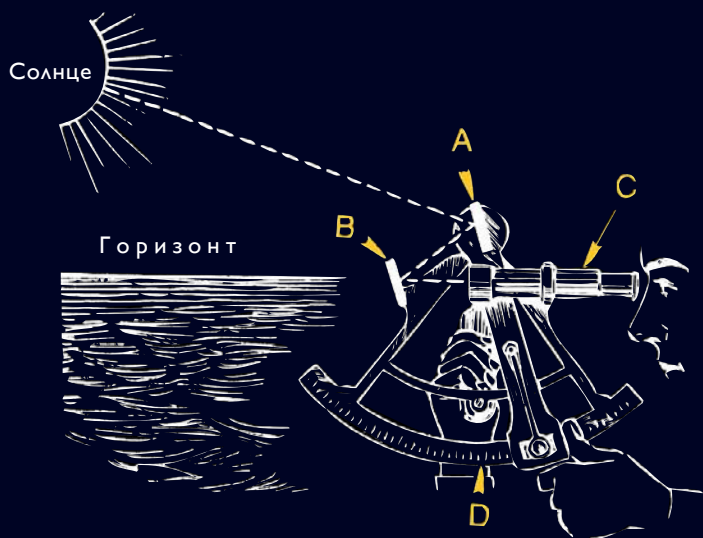
Один из старейших методов навигации, который используется до сих пор, основан на непосредственном наблюдении за небесной сферой. С его помощью можно ориентироваться на местности: определить местонахождение (географическое положение) своего судна в открытом море, то есть его долготу и широту, а также вычислить местное время, наблюдая прохождение Солнца через меридиан. Хотя широту места люди издавна умели определять с достаточно высокой точностью, оценивая высоту Полярной звезды над горизонтом, вычислить точное значение долготы было для мореплавателей очень трудной задачей (по крайней мере, до XVIII века). Обе координаты, по которым определяется географическое положение, можно рассчитать с помощью приборов, способных измерять угловые расстояния звезд в системе отсчета, связанной с горизонтом.



▲ Полярная звезда и ярчайшие звезды околополярных созвездий — идеальные помощники при ориентировании на местности ночью.



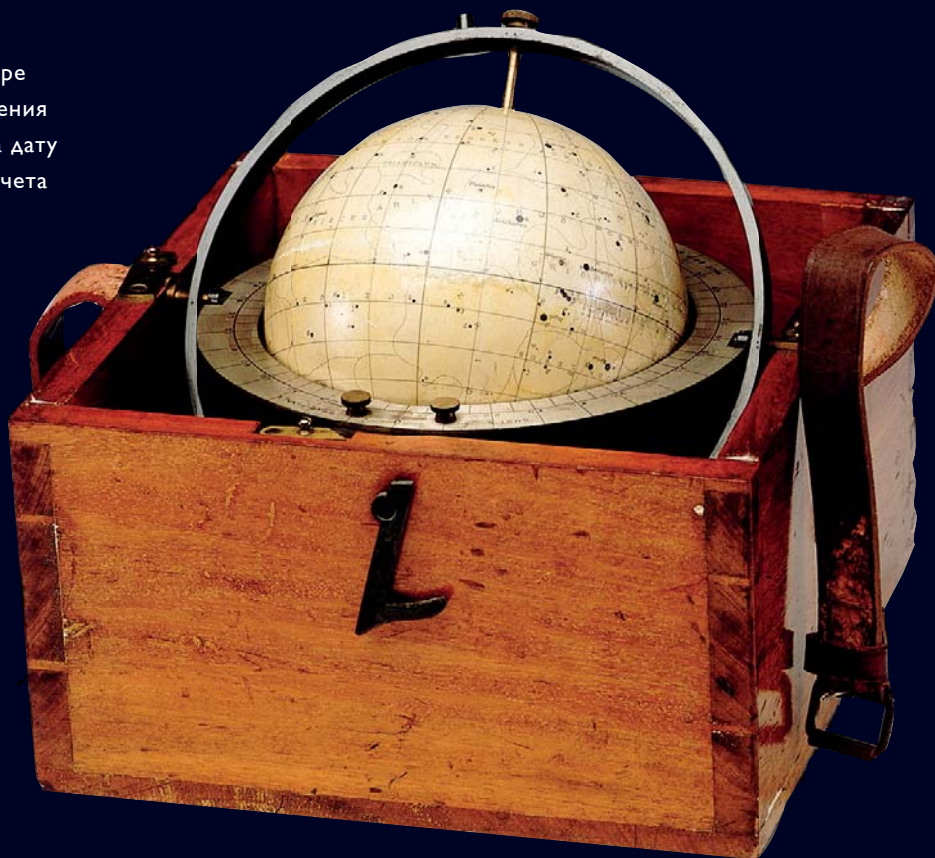
◀ Для того чтобы определить долготу места наблюдения, до конца XVII века использовалось угловое расстояние между Луной и звездой с известными координатами. Сначала, зная высоту двух опорных звезд, необходимо было определить местное время, скорректировав его, учитывая эффекты параллакса и рефракции. Затем с помощью таблиц преобразования полученных данных к Гринвичскому меридиану можно было с достаточной точностью вычислить долготу.



▲ С XVIII века основным навигационным инструментом стал секстант, пришедший на смену астролябии. С его помощью можно было измерять угол возвышения небесного тела относительно горизонта, используя принцип двойного отражения. Инструмент позволял связать две видимые точки: первая, на которую направлено подвижное зеркало А, является небесным объектом, а вторая, на которую направлено неподвижное зеркало В, лежит на линии горизонта. При правильной настройке С — нижняя граница небесного объекта — в окуляре телескопа должна касаться горизонта. Угол возвышения по шкале D, называемой нониусом, определяется на дату наблюдений и является входным значением для расчета положения наблюдателя.

▲ В Средние века для навигации широко использовался ноктурлабиум. Он позволял определить точное время по положениям двух звезд Большой Медведицы (Дубхе и Мерак) относительно Полярной звезды.

► Эта небесная сфера конца XIX века была создана английским морским офицером Гербертом Эдвардом Пьюри-Кастом. На ней представлены основные созвездия Южного и Северного полушарий. Звезды обозначены в соответствии со шкалой звездных величин. Самые яркие и известные названы по именам, а остальные обозначены номерами по каталогу Вауег. Такой инструмент был очень полезен для мореплавателей, когда нужно было проложить курс корабля и как можно точнее определить его географическое положение.



# Использование телескопа

С тех пор как в 1609 году Галилео Галилей направил свою подзорную трубу (трубку, на двух концах которой были смонтированы объектив и окуляр) в небо, на небесных объектах стало возможным обнаружить неразличимые невооруженным глазом детали: лунные кратеры и горы, пятна на Солнце, спутники Юпитера, фазы Венеры, состав Млечного Пути, туманная полоса которого, как оказалась, состоит из тысяч очень тесно друг к другу расположенных звезд. Позже технические достижения позволили усовершенствовать оптические приборы для наблюдения за Вселенной. С помощью телескопов с чрезвычайно большим увеличением удалось сделать выдающиеся открытия. Некоторые из таких телескопов сейчас обращаются вокруг Земли, чтобы на их работу не влияли атмосферные помехи. Огромные возможности открыла астрономическая фотография, как обычная, так и цифровая.



▲ Луна — один из самых впечатляющих объектов для наблюдения даже в небольшой телескоп (или простой бинокль). Более мелкие детали на ее поверхности легче различить вблизи терминатора — границы между освещенным и темным полушариями спутника Земли, — положение которого меняется в зависимости от лунной фазы.



► Объекты глубокого космоса — галактики, туманности и звездные скопления — тусклые и, как правило, размытые, обычно почти не различимы невооруженным глазом. Лучше всего они видны в телескопы-рефлекторы, которые обеспечивают большую светосилу (отношение диаметра объектива к фокусному расстоянию) и широкое поле зрения. Сейчас любителям доступны зеркальные телескопы с объективами диаметром 40–60 см.

**Вид небесного объекта в телескоп с диаметром объектива 400 мм**



▼ Наиболее компактны и универсальны катадиоптрические телескопы (сконструированные по распространенной оптической схеме Шмидта — Кассегрена). С ними удобно наблюдать планеты, и при этом глубины звездного неба им также доступны. Они дешевле рефракторов, что делает их лидерами продаж, и часто снабжены электрическим часовым механизмом, который может обеспечить постоянное перемещение объектива по часовому углу, позволяя отслеживать суточное движение звезды по небесной сфере и удерживать объект в поле зрения. В комплекте телескопа есть приспособления для улучшения качества изображения. Небольшая дополнительная оптическая трубка — искатель — упрощает наведение, даже если координаты нельзя ввести в компьютер в цифровом виде.

◀ Телескопы-рефракторы с линзовым объективом очень удобны для наблюдения за планетами и Луной. Большие фокусные расстояния позволяют сильнее увеличивать изображение. Новые технологии производства линз дают возможность изготавливать недорогие высококачественные рефракторы, лишенные многих традиционных недостатков, присущих этому типу телескопов, — например, хроматической аберрации, которая не один век затрудняла наблюдения на крупных рефракторах прошлого. Надежные и устойчивые монтировки — конструкции, которые поддерживают и перемещают трубу телескопа, — обеспечивают устойчивость изображения в поле и точную фокусировку.

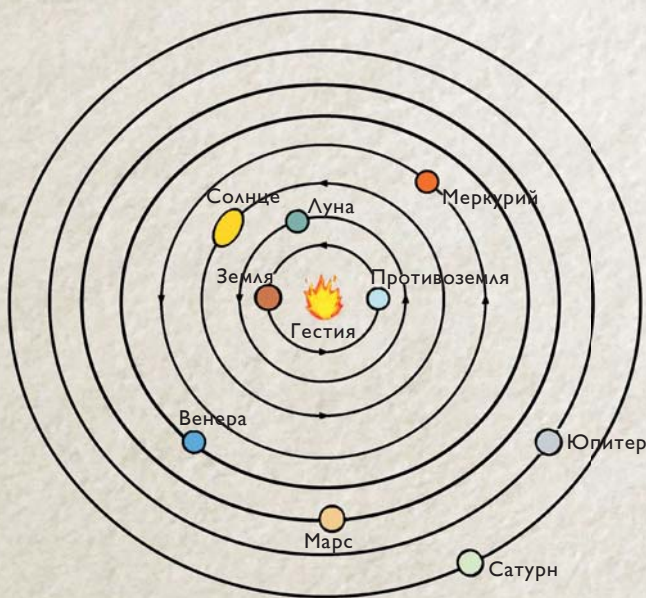


# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ III

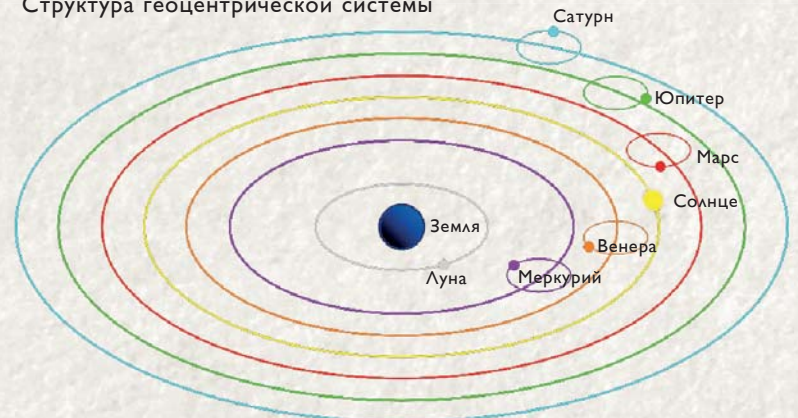
## Гелиоцентризм и астрономические единицы измерения

Научная астрономия зародилась в IV веке до н.э. в Греции, в тесном диалоге с математикой того времени. Это было золотое время, длившееся до II века до н.э. — до расцвета последнего поколения мыслителей, в которое входил и Гиппарх Никейский, открывший предварение равноденствий. Другие выдающиеся ученые того времени — Евдокс Книдский, Каллипп Кизикский, Гераклид Понтийский, Аристарх Самосский, Конон Самосский, Архимед Сиракузский, Селевк Селевкийский и Аполлоний Пергский.

▼ Пифагореец Филолай предполагал, что вокруг Центрального Огня (Гестии), кроме Земли, вращаются Солнце, Луна и планеты, отражающие его свет. Аристотель обвинял пифагорейцев в том, что они ставят рассуждения выше наблюдений, зато их модель объясняла чередование дня и ночи (без предположения о вращении Земли вокруг своей оси), затмения (они вызывались Антихтоном, темной «Противоземлей») и хорошо описывала истинные движения планет.



Структура геоцентрической системы

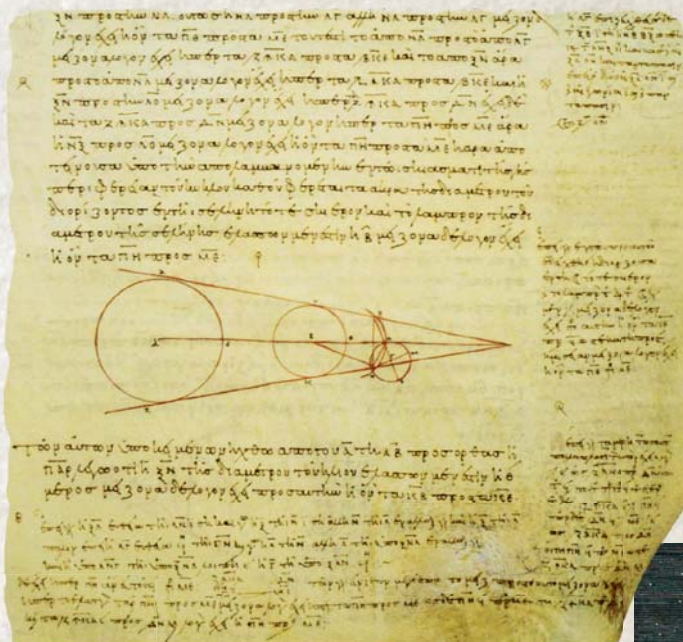


Структура гелиоцентрической системы.



▲ Геоцентрическая система помещает Землю в центр Солнечной системы: здравый смысл едва ли мог допустить иную модель. Земному наблюдателю кажется, что Солнце, Луна и звезды движутся вокруг его неподвижной планеты. Однако при более подробном анализе выяснилось, что некоторые движения небесных тел оказались несовместимыми с подобной моделью. Их можно было объяснить, лишь усложняя модель новыми деталями, запутанность которых контрастировала с простотой природы. Некоторые философы-пифагорейцы и Гераклид Понтийский (IV век до н.э.) уже утверждали, что Земля вращается вокруг своей оси. Аристарх Самосский (III век до н.э.) предложил гелиоцентрическую систему, в которой Земля вращалась вокруг своей оси и обращалась по орбите вокруг Солнца. Невообразимо большое расстояние до неподвижных звезд, которое предполагала эта модель, и другие трудности ее совмещения с физическими теориями того времени, заставили более четырех столетий спустя таких астрономов, как Птолемей, вернуться к геоцентрической системе.

▶ Аристарх в сочинении «О величинах и расстояниях Солнца и Луны» по лунным фазам, затмениям и видимому размеру дисков двух великих светил впервые определил их размеры. Он получил ошибочные результаты, но примененный им математический метод нельзя считать полностью неверным: заметные расхождения с истинными значениями были вызваны неточностями наблюдательных данных, на которых Аристарх построил свои вычисления.



◀ В работе, последовавшей за сочинением «О величинах и расстояниях Солнца и Луны», из которой до нас дошли только фрагменты, цитируемые Архимедом в книге «Псаммит», Аристарх описывает свое представление о Вселенной с Солнцем в центре и планетами, включая Землю, обращающимися вокруг него по кругу. Эта система подразумевала, что наша планета вращается и вокруг своей оси, как уже утверждал Гераклид Понтийский, пытавшийся объяснить ретроградное движение планет. По новому пути, открытому Аристархом, пошел и Селевк. Однако, спустя несколько столетий от этого подхода отказались, так как он противоречил аристотелевской физике, религиозным догмам и астрологической доктрине.

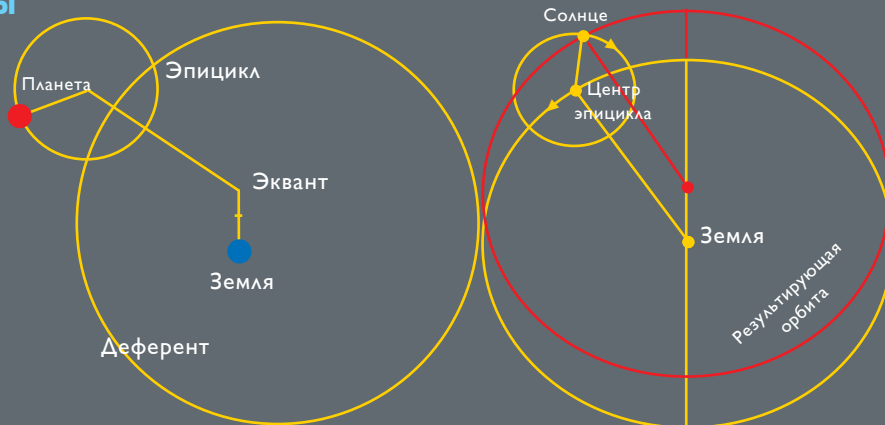


▼ Гипатия Александрийская (IV век н.э.), астроном-неоплатоник, убитая христианами при молчаливом соучастии епископа Кирилла, в свое время возглавила александрийскую школу. Она написала комментарий к труду о конических сечениях. Ее мученическая смерть стала символом борьбы за свободу исследований и мысли. Английский философ Джон Толанд (1670–1722) посвятил ей одно из своих произведений.



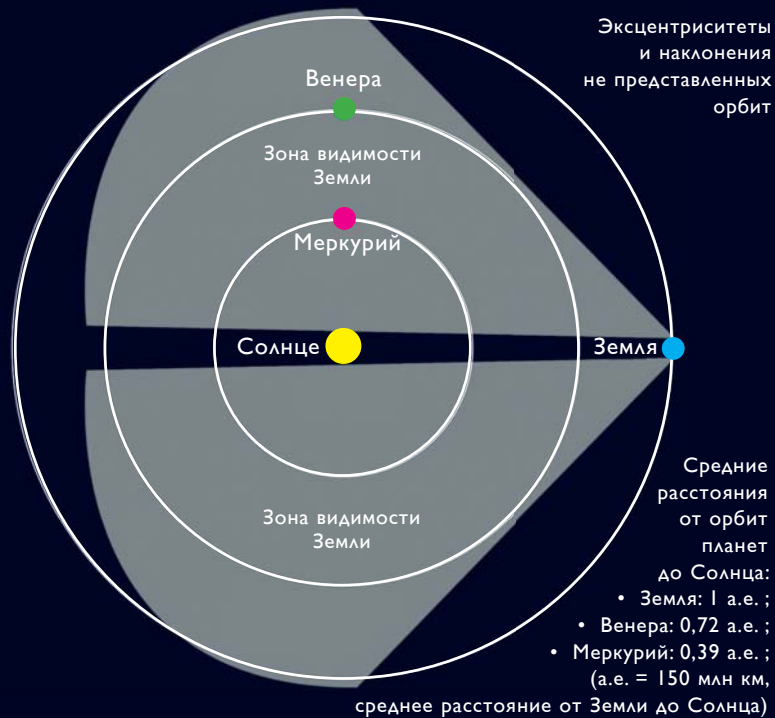
## Эпициклы, экванты и деференты

Альтернативным гелиоцентризму объяснением попятных движений и вариаций светимости планет стало введение в геоцентрическую систему эпициклов и деферентов, предложенное Аполлонием Пергским. Эта модель позволяла сохранить основные принципы аристотелевской физики и в то же время объясняла наблюдаемые явления: разница долгот между летним и зимним семестрами была обоснована перемещением центра солнечной орбиты в точку, близкую к Земле, но не совпадающую с ней.



# Наблюдения за планетами

По зодиакальному поясу, помимо Солнца и Луны, движутся планеты — на своем орбитальном пути они время от времени бывают видимы с Земли. Наилучший период наблюдения внутренних планет длится от момента их максимальной элонгации (наибольшего видимого углового расстояния от Солнца) до перигея (момента минимального удаления от Земли). В это время планеты имеют наибольшие видимые размеры. Внешние планеты, наоборот, кажутся намного ярче и крупнее во время их противостояния с Солнцем, на минимальном расстоянии от Земли. Даже в небольшой телескоп можно наблюдать фазы Меркурия и Венеры, основные морфологические особенности Марса, атмосферу и спутники Юпитера, кольца Сатурна, кратеры и горы на поверхности Луны.

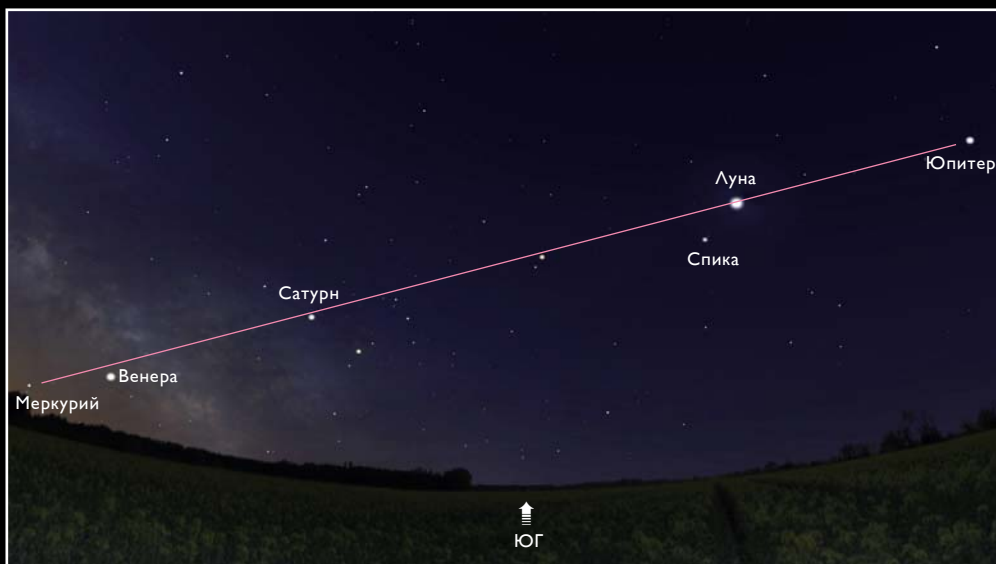


▲ Две светлые полосы указывают положение внутренних планет относительно Земли, когда те становятся доступны для наблюдения. Если внутренняя планета находится впереди или позади Солнца, она с Земли не видна.



◀ Солнечный свет, освещающий область Луны, расположенную вблизи границы, за которой начинается темная часть, позволяет оценить форму и размеры многих деталей лунной поверхности. Особенно хорошо видны ударные кратеры и горы.

► Чтобы определить местонахождение планет Солнечной системы, нужно прежде всего найти на небе эклиптику — путь, который Солнце описывает между созвездиями в течение года, — и зодиак. В этом участке неба, на востоке, западе и юге, и будут видны планеты.



► Одно из самых впечатляющих явлений зодиакального круга — это, разумеется, лунное затмение. Когда Луна оказывается в тени освещаемой Солнцем Земли, она сначала становится красной (из-за преломления света звезды в плотной земной атмосфере), а затем постепенно закрывается черным покрывалом земной тени.



► В вечерних сумерках и на рассвете нередко можно увидеть неподалеку друг от друга сразу несколько планет. Это неудивительно, ведь обе внутренние планеты располагаются близко к Солнцу. А внешние планеты оказываются на небе в таком положении только тогда, когда находятся на максимальном удалении от Земли. Но по этой причине и еще потому, что близкорасположенное Солнце заливает небо вокруг себя ослепительным светом, наблюдать планеты в этом положении, особенно в телескоп, неудобно.





# Вселенная

---

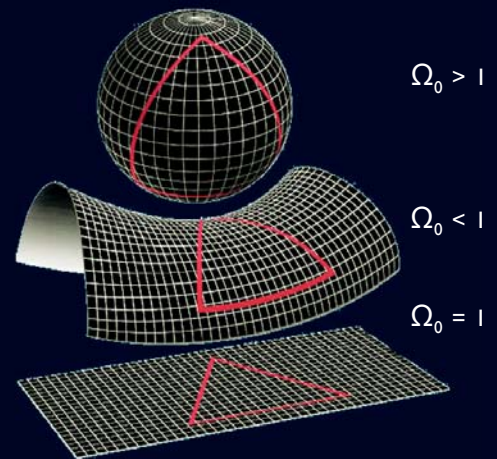
Вселенная — весь существующий мир, состоящий из материи и энергии, — в своей совокупности и уникальности подчиняется физическим законам, действующим во всех ее частях и выражаемым на языке математики. По этой причине древние греки называли ее космосом, «порядком» всех вещей, ведь она подчинена единым, всеобщим правилам. В этом пространстве, возможно бесконечном, движутся галактики, звездные скопления, туманности, звезды и планеты. В постоянно расширяющейся Вселенной их свету требуются миллиарды лет, чтобы преодолеть бесконечные расстояния и достичь самых отдаленных областей космоса. Сочетание этих двух особенностей Вселенной — ее расширения и постоянства скорости света — наводит на мысль о существовании во всех направлениях непреодолимого физического предела, на расстоянии около 46 миллиардов световых лет от нас; из областей, находящихся от Земли на расстоянии больше этого, невозможно принять никакие сигналы, какими бы инструментами мы ни пользовались.

Практически все видимые невооруженным глазом источники света на небесной сфере принадлежат нашей Галактике, имеющей диаметр около 100 000 световых лет. Ближайшая к нам галактика Андромеды находится на расстоянии около 2,5 миллиона световых лет. Эти цифры дают представление об огромных размерах наблюдаемой Вселенной.

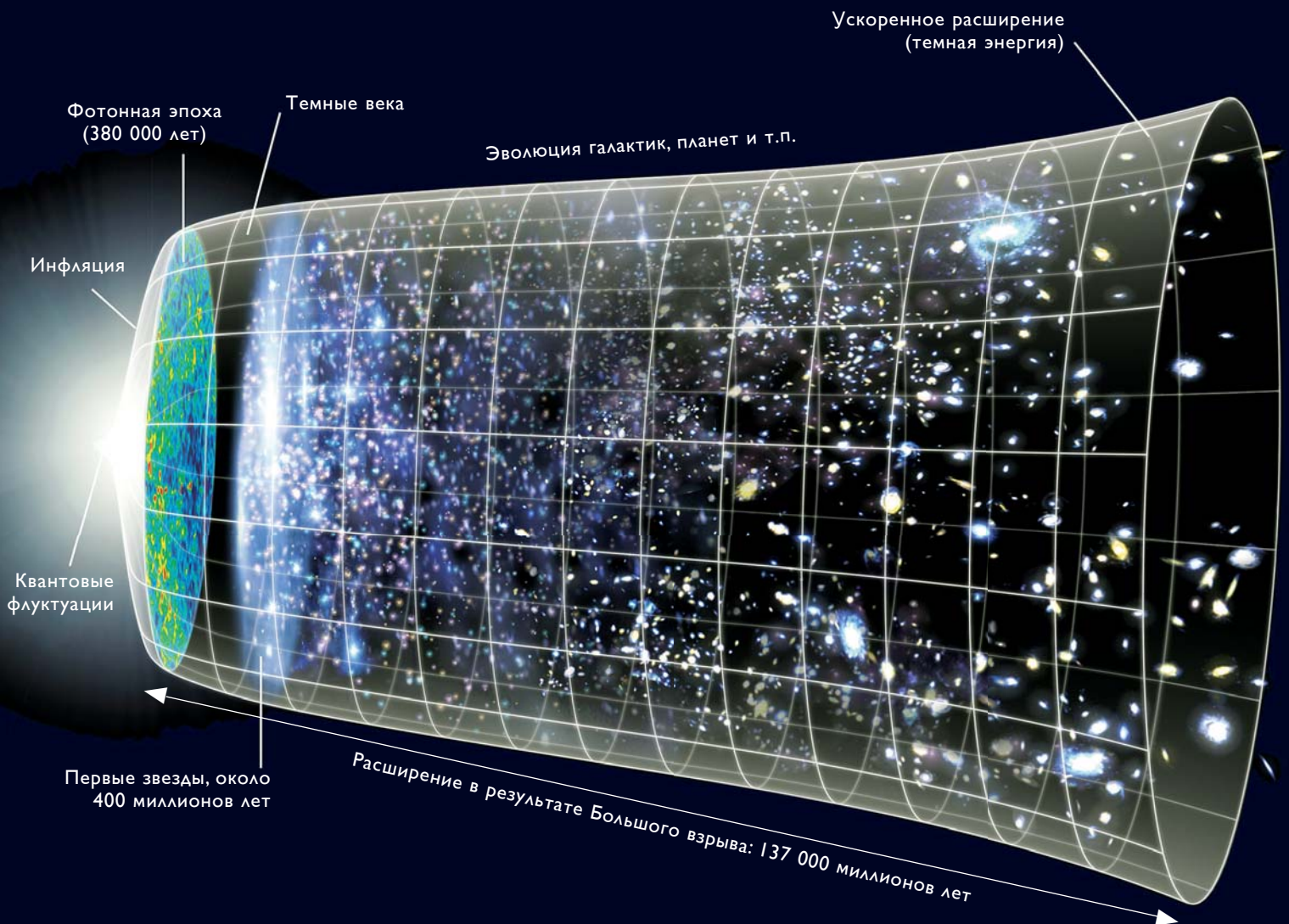
# Происхождение Вселенной

Большинство ученых придерживаются теории, что Вселенная возникла из бесконечно плотной материи, которая начала расширяться в соответствии с неким самопроизвольно запустившимся процессом, — это основное положение теории Большого взрыва.

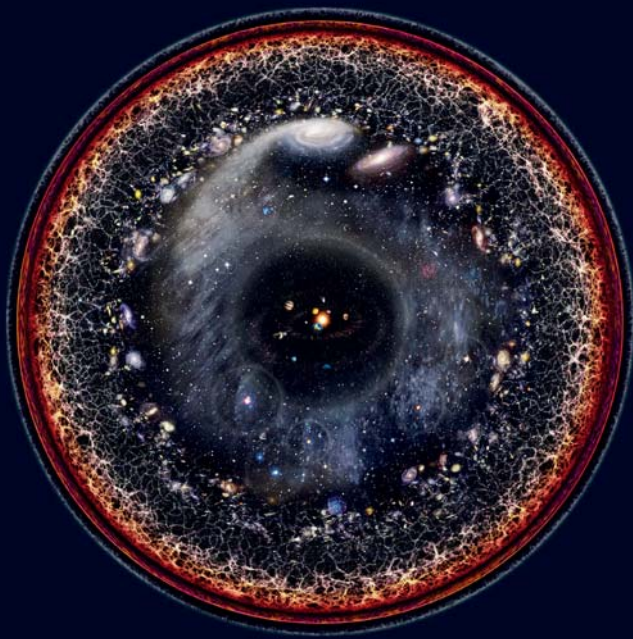
Согласно другой гипотезе, у которой сейчас гораздо меньше сторонников, Вселенную в конце существования ждет Большое сжатие — колоссальных масштабов апокалиптический коллапс вроде того, что представляли себе древние стоики. Это было бы возможно только в том случае, если бы Вселенная не была бесконечной. Но большинство современных теорий рассматривают ее как пространство, которое расширяется без ограничений и в котором материя распространяется бесконечно, несмотря на замедляющее действие силы гравитации и темной материи.



▲ В XX веке появилось три модели, описывающие структуру Вселенной с учетом принятого значения критической плотности пространства-времени ( $\Omega$ ): замкнутая, стационарная и открытая Вселенная.



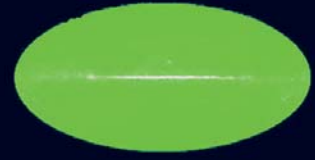
► Одним из доказательств, подтверждающих космологическую модель Большого взрыва, является присутствие в космосе электромагнитного микроволнового излучения, невидимого в оптические телескопы. Это излучение — реликтовое свидетельство первых фаз генезиса Вселенной: за время, прошедшее с первоначального расширения, Излучение успело сильно остыть и теперь имеет температуру всего на несколько градусов выше абсолютного нуля. Полученная с помощью сверхчувствительных радиотелескопов карта его распределения в пространстве, каждый раз все более подробная, необходима для уточнения космологических моделей и дает нам кратчайший путь к главной цели космологии — описанию происхождения Вселенной и ее дальнейшей судьбы.



### Картирование микроволнового фона

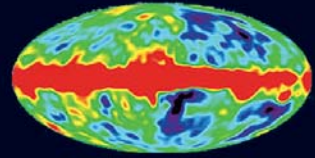
Наблюдения с антенной Арно Пензиаса и Роберта Вильсона

1964



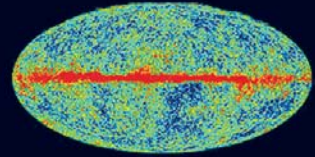
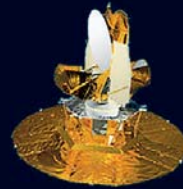
Наблюдения с борта спутника Cosmic Background Explorer (COBE)

1992



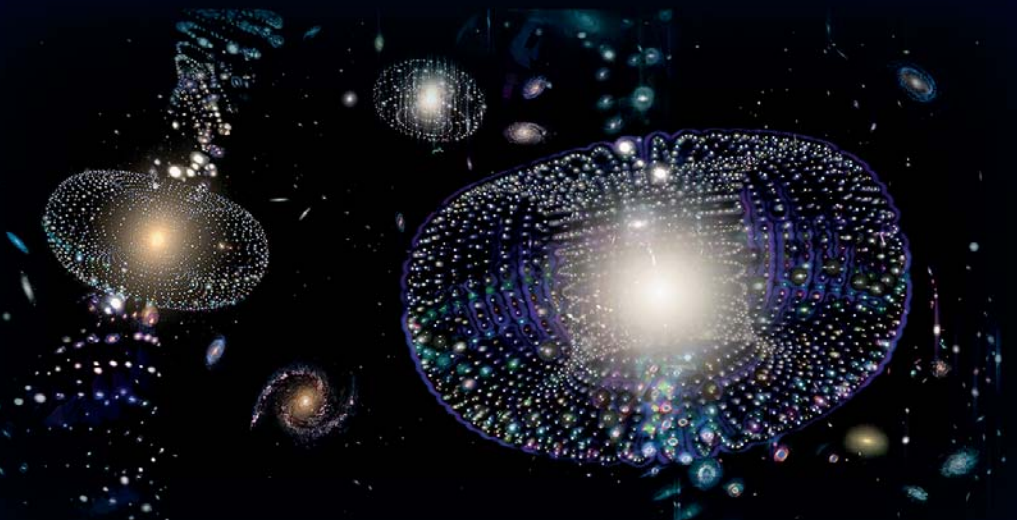
Наблюдения с борта спутника WMAP

2003



▼ Идея Мультивселенной, бесконечного множества параллельных вселенных, в которых наша лишь сосуществует с другими, была предвосхищена, как это часто бывает в новейшей истории науки, научной фантастикой. Многим научным гипотезам, которые все еще находятся в стадии разработки, например теории космических струн, предшествовало воображение писателей-фантастов.

◀ Инфляционная модель, часть теории Большого взрыва, предполагает почти мгновенное расширение Вселенной за несколько микроскопических долей секунды. На рисунке — история космоса в соответствии с новейшими космологическими представлениями.



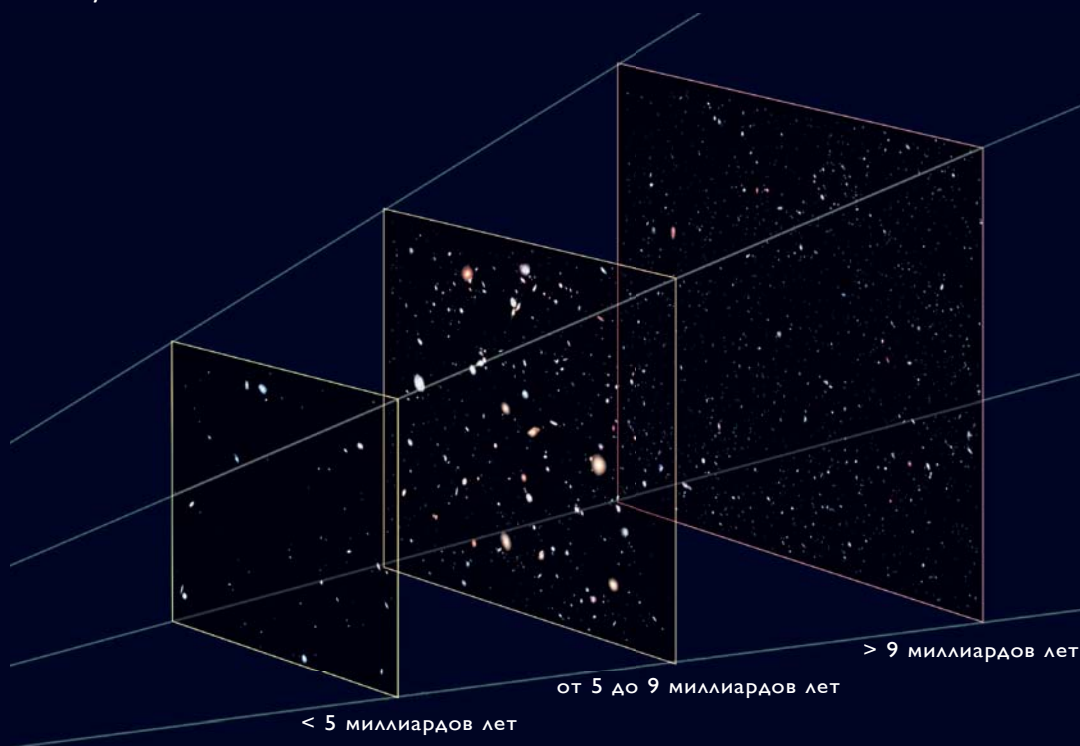
# Расширение и сжатие

Пропорциональность между красным смещением (так называют сдвиг в сторону удлинения, то есть покраснения волн излучения объекта, удаляющегося от наблюдателя) и расстоянием до галактик, оцениваемым по их видимой и абсолютной светимости, позволяет сделать вывод, что галактики «разбегаются» — удаляются от Млечного Пути и друг от друга.

Это расширение понимается не как постепенное заполнение ранее существовавшей пустоты, а как непрерывное добавление нового пространства. Представьте себе воздушный шар, при надувании которого точки, нарисованные на его поверхности, начнут удаляться друг от друга. В модели открытого космоса шар может расширяться бесконечно, так как для этого нет никаких физических препятствий, но в замкнутой модели после расширения неизбежно наступает фаза сжатия (когда красное смещение излучения галактик сменяется на голубое), и наступает окончательное «схлопывание».

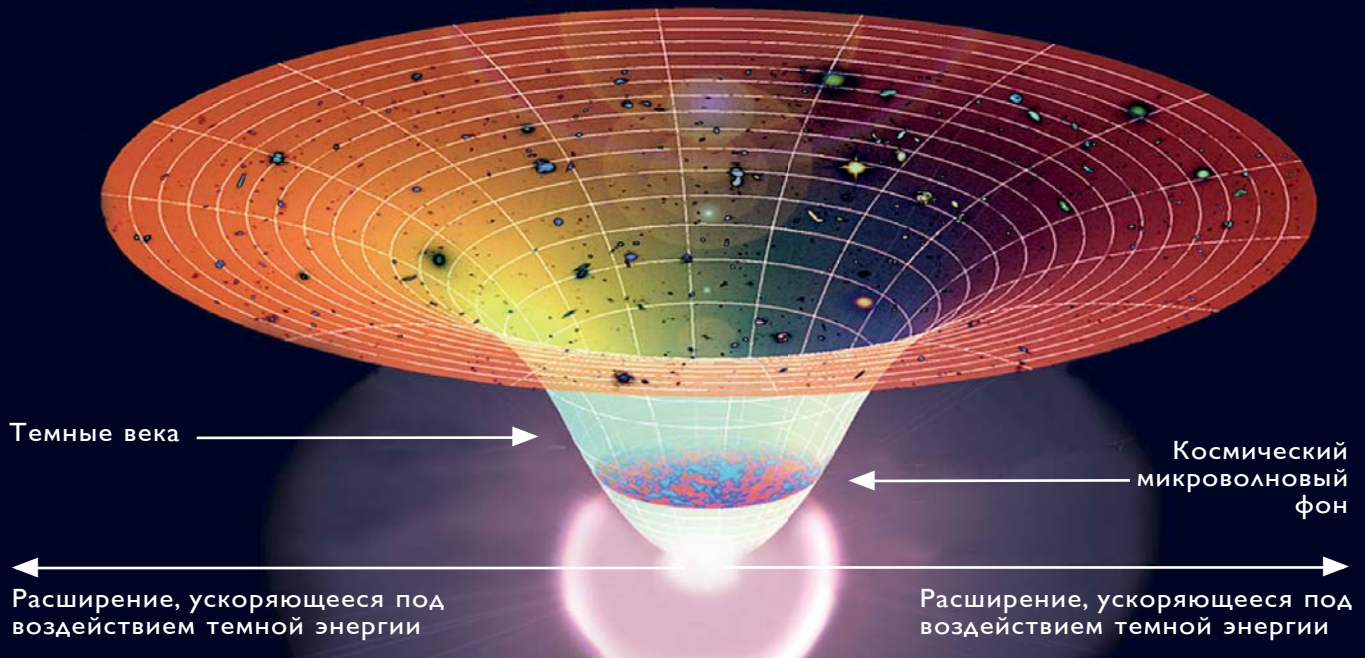


▲ Эмпирический закон красного смещения галактик, следствием которого стала модель расширяющейся Вселенной, открыл Эдвин Хаббл (1889–1953).



◀ Этот рисунок, опубликованный в 2012 году, дает представление о так называемом Глубоком поле «Хаббла», небольшом участке неба в созвездии Печи, заснятом космическим телескопом «Хаббл» с многочасовой экспозицией. Объекты поля схематически разделены по расстоянию до них (пространственной глубине), а значит, и по временной глубине, ведь чем дальше находится источник света, тем в более ранней эпохе существования Вселенной мы его видим. Самые дальние объекты на фото находятся на расстоянии 13,2 миллиарда световых лет и, следовательно, предстают перед нами такими, какими были 13,2 миллиарда лет назад.

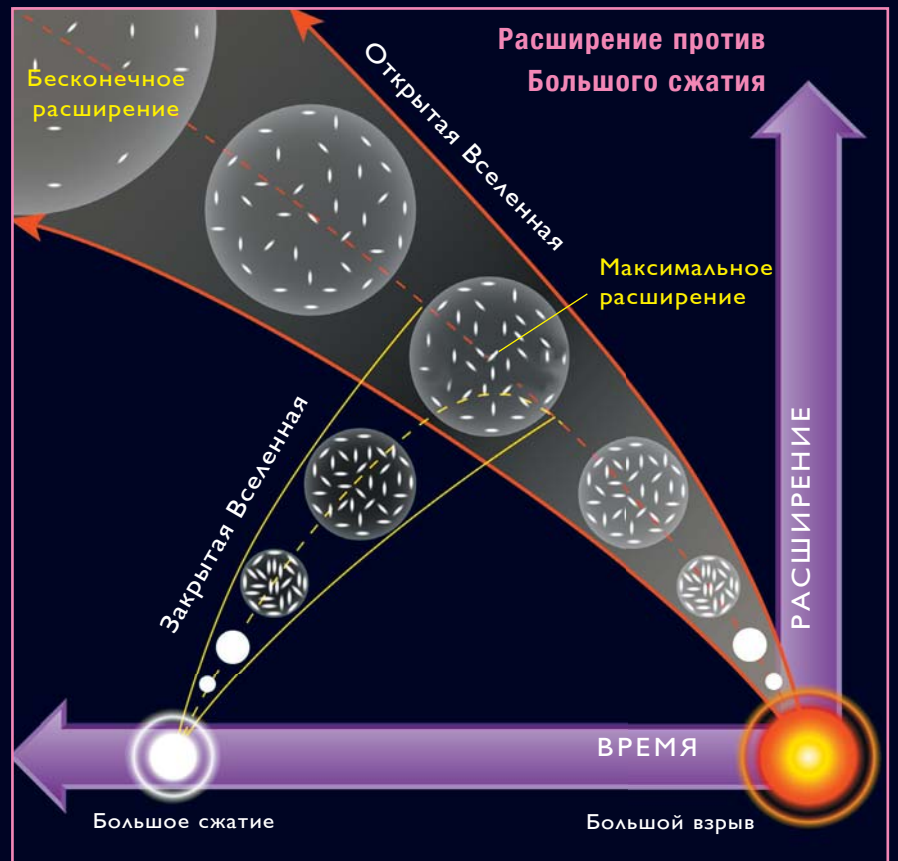
## Ускоряющееся расширение Вселенной



## Большой взрыв — инфляция

▲ Согласно самым последним космологическим моделям, которые основаны на данных последних наблюдений внегалактических сверхновых, в нынешней фазе расширения Вселенной происходит его ускорение. Это противоречит принципу, которого до сих пор придерживается большая часть научного сообщества: действие гравитации должно, наоборот, замедлять процесс расширения. Однако оказывается, что это ускорение может быть оправдано наличием отрицательной энергии давления — темной энергии. На рисунке выше представлена схема истории Вселенной согласно теории Большого взрыва, дополненной самыми последними данными (текущая фаза ускорения выделена красным).

► Две возможные судьбы Вселенной, учитывая фазу ее нынешнего расширения: если Вселенная открыта, расширение будет бесконечным, но если она все-таки закрыта, ее ждет Большое сжатие.

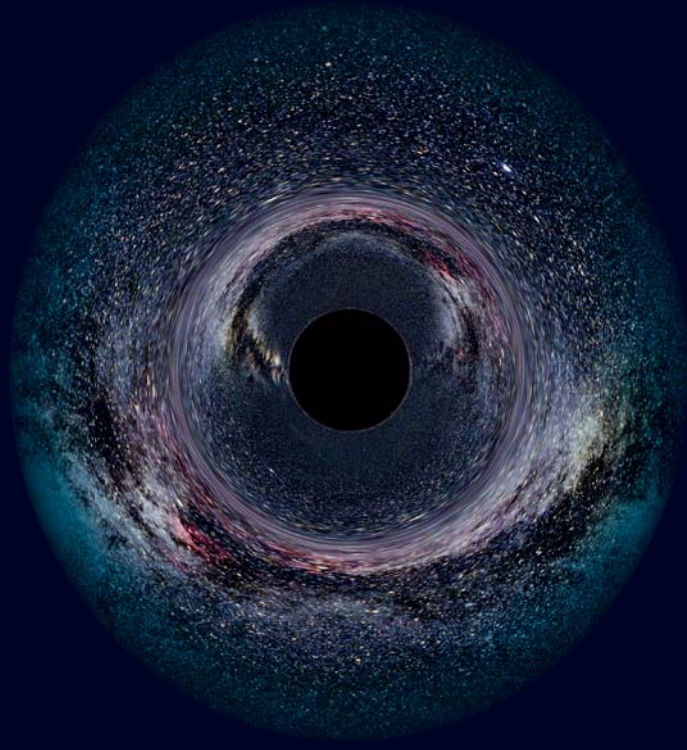


# Черные дыры

Под термином «черная дыра», столь же неточным, сколь и популярным, понимается область Вселенной с таким гравитационным полем, которое не позволяет выйти за свои пределы ничему, даже электромагнитному излучению. Граница этой области, так называемый горизонт событий, не является материальной преградой, которая отделяет остальную часть космоса от черной дыры. Центральная часть черной дыры, заполненная материей очень высокой плотности, содержит гравитационную сингулярность — точку, в которой кривизна пространства-времени приближается к бесконечности.

Как правило, образование черной дыры происходит в результате гибели очень массивной звезды, хотя предполагается, что на ранней стадии Вселенной некоторые черные дыры образовались и после коллапса газовых облаков. Предполагается, что существует большое количество черных дыр с огромной массой (от 1 миллиона до 100 миллионов масс Солнца), — это предположение хорошо объясняет поведение некоторых активных галактических ядер, например квазаров. А «мини-черные дыры», вероятно, существовали на самых ранних стадиях формирования Вселенной.

В 2002 году было окончательно подтверждено наличие сверхмассивной черной дыры в центре Млечного Пути. Считается, что то же самое происходит в галактике Андромеды. Это наводит астрофизиков на мысль, что данное правило применимо и к остальным галактикам Вселенной.



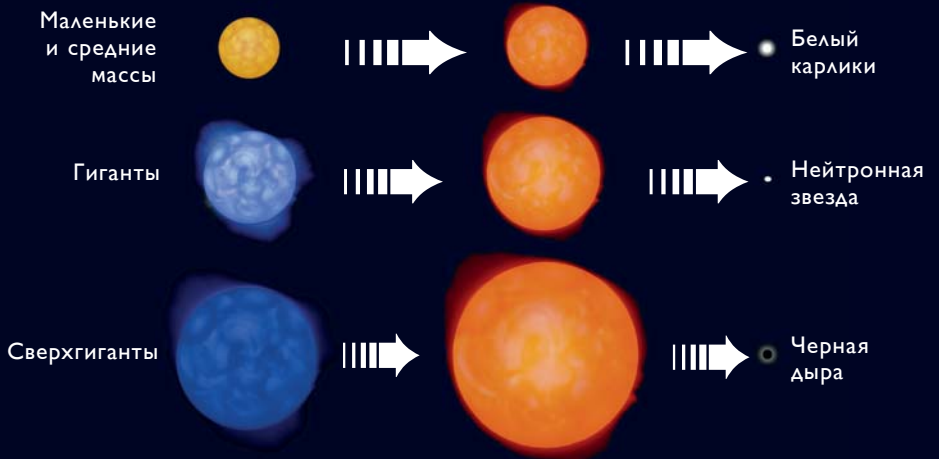
▲ У нас нет точных и четких изображений черных дыр. Мы можем лишь попытаться представить, как они выглядят. Например, на рисунке, если не учитывать темную центральную область, показан круг горизонта событий и искривленный гравитацией луч света в непосредственной близости от него.



◀ Некоторые ученые даже разработали релятивистскую модель, при которой две черные дыры могут быть связаны своего рода пространственно-временным каналом, образованным сверхсильным гравитационным полем. Хотя до сих пор нет никаких экспериментальных подтверждений того, что такая гипотетическая модель реализуется в действительности, предполагается, что эти каналы (их называют «кротовыми норами») могут кратчайшим путем соединять друг с другом отдаленные области Вселенной так, что из одной в другую можно проникнуть со скоростью, превосходящей световую. «Кротовые норы» представляются чем-то вроде фантастических машин времени, способных перемещать входящие в них объекты, растянутые невероятной силой гравитации, в будущее.

► Когда звезда истощает запасы ядерного топлива, она остывает и сжимается. Звезда небольшой массы становится белым карликом объектом, в котором гравитационному притяжению противодействует давление вырожденных электронов. Если же сжимается массивная звезда-гигант, то ее судьба — превратиться в нейтронную звезду после гравитационного коллапса, когда газовое давление больше не сможет противодействовать гравитации. Превращение самых крупных и тяжелых звезд в черные дыры практически неизбежно.

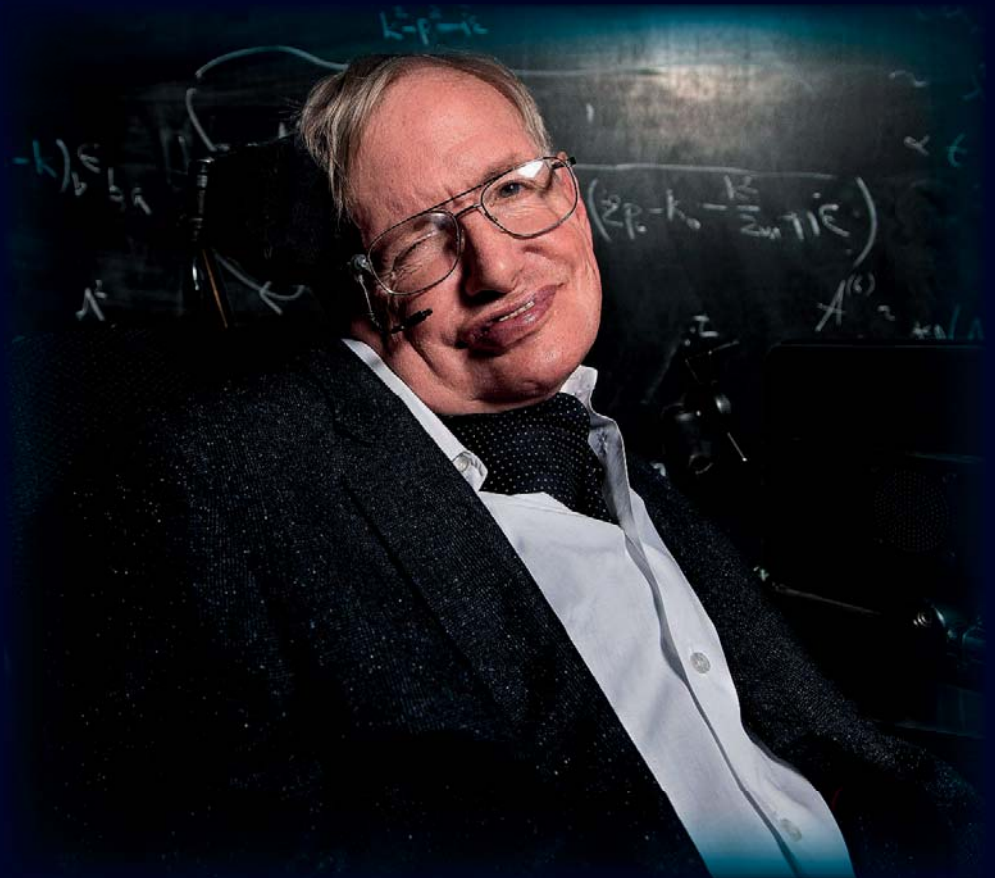
### Трансформация звезд



$$S = \frac{\pi A k c^3}{2 h G}$$

► Мультиуниверсальная, образование и эволюция галактик, космическая инфляция, теория бесконечной вложенности материи и, прежде всего, термодинамика черных дыр — вот основные направления развития новейшей космологии и физики. Огромный вклад в эти области науки внес физик и математик Стивен Хокинг (1942–2018). Широко известны и его научно-популярные книги, особенно вышедшая в 1988 году «Краткая история времени от Большого взрыва до черных дыр». Главное уравнение Хокинга, относящееся к физике черных дыр, выгравировано на надгробии великого ученого.

◀ Знаменитое уравнение Хокинга показывает, что черные дыры испускают особое излучение, которое так и называется — излучение Хокинга.



# Звездные скопления и туманности

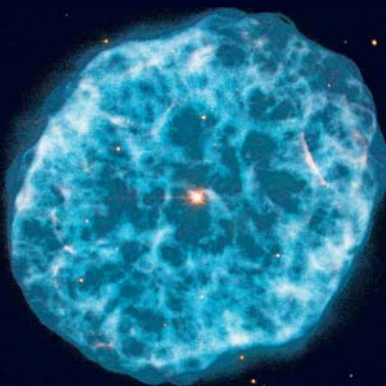
Звездные скопления — это группы звезд, удерживаемые вместе общим гравитационным полем. Рассеянные скопления, видимые в телескоп (а иногда и невооруженным глазом) как россыпь близких друг к другу звезд, сравнительно молоды. Шаровые скопления гораздо старше и содержат гораздо больше звезд, расположенных настолько компактно, что в телескоп подобные скопления выглядят как шарообразные светящиеся пятна, в которых отдельные звезды различимы только на периферии.

Туманности — межзвездные газовые облака. В зависимости от формы они разделяются на диффузные и планетарные — происхождение этих видов туманностей различно.

В небе Земли наблюдается множество туманностей, принадлежащих нашей Галактике.

## Цвета космических фотографий

Путем компьютерной обработки изображений, полученных с помощью цифровых камер, можно выявить самые слабые и неуловимые структурные детали туманностей, неразличимые даже в мощные оптические телескопы. Все дело в цветовых преобразованиях, эффект которых можно видеть на фотографии туманности NGC 1501.

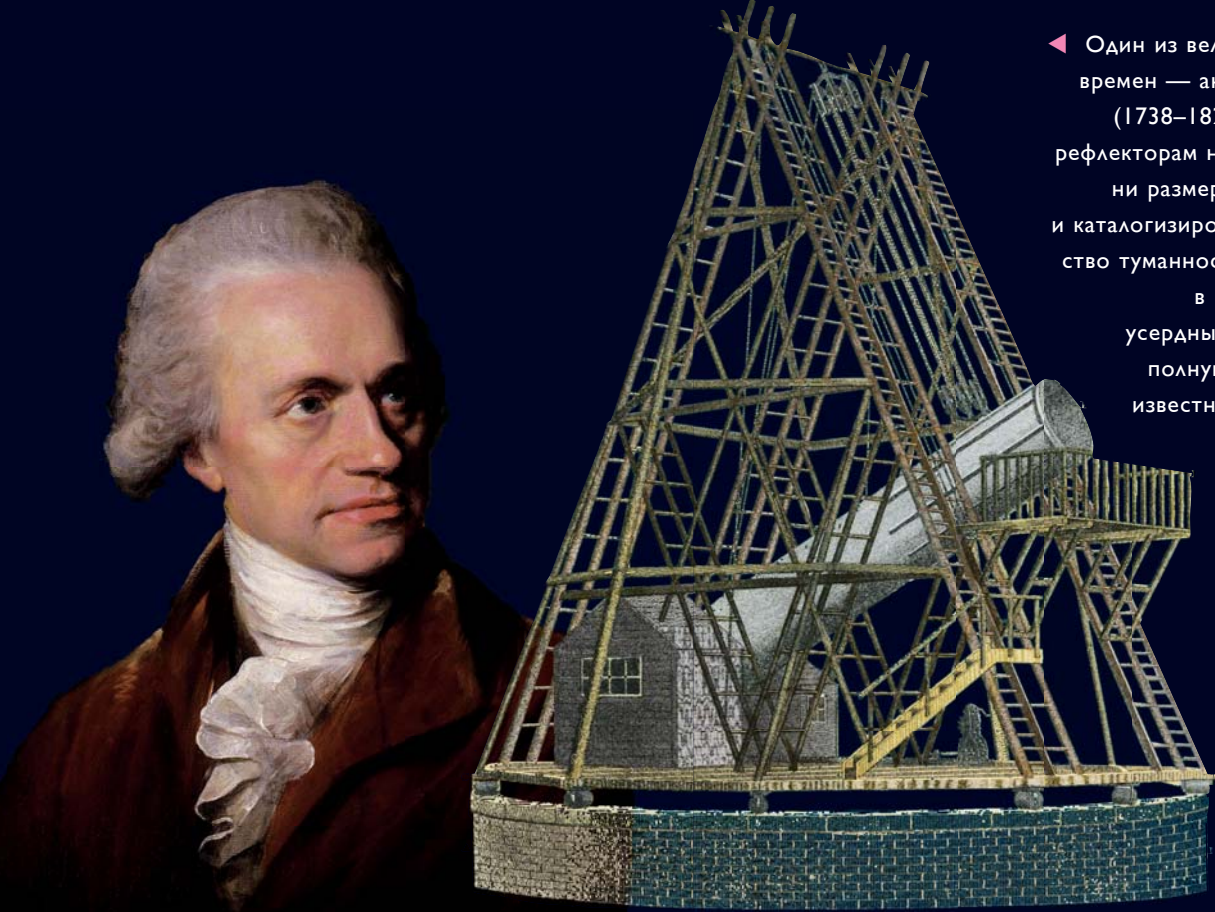
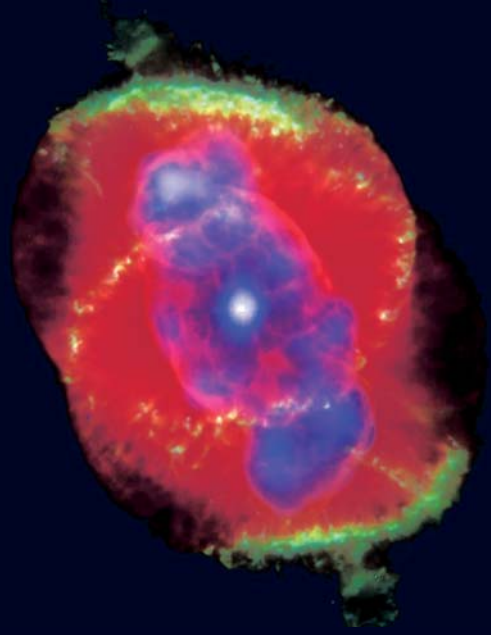


▲ Одна из самых обширных светящихся туманностей находится в южном полушарии неба в созвездии Киля. Это диффузная туманность размером около 260 световых лет, яркость которой достигает видимой величины 3. Она состоит из ионизированных газов и содержит внутри себя яркую звезду Эту Киля. Судя по необыкновенным размерам звезды, через несколько столетий она взорвется, превратившись в сверхновую. В этой гигантской туманности еще много рассеянных звездных скоплений.



▲ Плеяды — рассеянное звездное скопление в созвездии Тельца. Оно было хорошо известно еще на заре цивилизации благодаря яркости своих звезд и специфическому рисунку их расположения: семь самых ярких компонентов образуют ярко выделяющийся крошечный астеризм. В действительности в Плеядах сотни невидимых невооруженному глазу очень молодых, голубых и белых, звезд. На фотографии видно, что самые яркие звезды Плеяд окружены диффузными отражательными туманностями.

▼ Планетарные туманности обязаны своим названием сферической форме, напоминающей форму планет. На фото внизу: туманность Кошачий Глаз в созвездии Дракона.



◀ Один из величайших астрономов всех времен — англичанин Уильям Гершель (1738–1822). Благодаря телескопам-рефлекторам невиданных до того времени размеров ему удалось наблюдать и каталогизировать необычайное количество туманностей и звездных скоплений в нашей Галактике. За 20 лет усердных поисков Гершель провел полную перепись. Однако самый известный каталог глубокого неба принадлежит его современнику — французско-му астроному Шарлю Мессье (1730–1817): он содержит 110 объектов (включая галактики), снабженных порядковыми номерами с буквой М. Плеяды, например, в этом каталоге указаны под номером М45.

# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ IV

## Размеры Земли

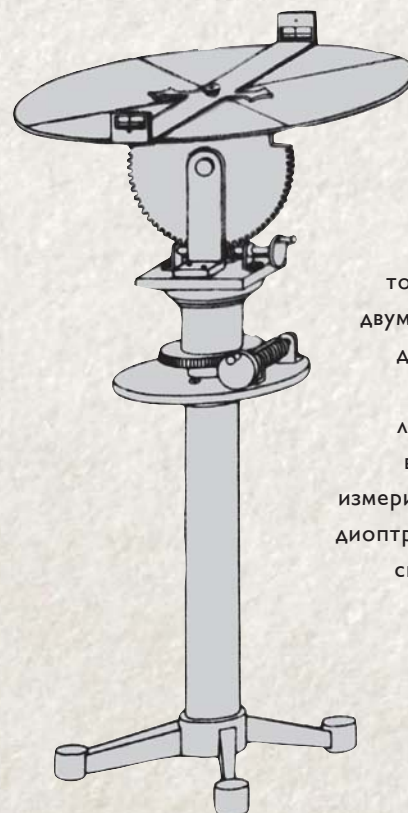
Измерение огромной поверхности Земли (которая грекам, знавшим лишь крошечную ее часть, казалась гораздо крупнее, чем нам сегодня) было великим подвигом человеческого интеллекта: с помощью простой абстракции удалось довольно точно измерить окружность в 250 000 стадий (более 40 000 км).

Основой для этого исследования послужила интуиция гениального философа Эратосфена Киренского (III век до н.э.), автора работ по астрономии и хронологии, изобретателя армиллярной сферы. Эратосфен применил к геодезической задаче астрономические и тригонометрические представления, воспользовавшись разницей в длине тени гномона в двух городах, расположенных на известном расстоянии друг от друга.

Области греческого естествознания — прежде всего астрономия и география, — описываемые на строгом языке математики и геометрии, в то время уже вполне соответствовали современным критериям научности.



▲ Эратосфену (здесь мы видим его идеализированный портрет работы Бернардо Строчци) приписывают, помимо вычисления размеров Земли и наклона эклиптики, создание армиллярной сферы. Он также изучал хронологию, математику и математическую географию — науку, основателем которой был он сам.



◀ Диоптр, предшественник астролябии и современного теодолита, был инструментом, позволявшим с достаточной точностью измерить угол между двумя прямыми, направленными на две точки земной поверхности. Первоначально состоявший лишь из подставки и визира, он вскоре превратился в сложный измерительный прибор. Применение диоптра в астрономии и топографии сыграло огромную роль в науке III века до н.э. Инструменты такого рода были незаменимы в математической географии и геодезии, основанных на тригонометрии.



▼ Хотя труд Эратосфена «Об измерении Земли», в котором он описал свой метод измерения земной окружности, утерян, мы знаем подробности его работы благодаря «Целестии» Клеомеда. Значимость вычислений Эратосфена заключается не только в правильности процесса и высокой точности результата, но прежде всего в том, что это была первая серьезная попытка построить теоретическую модель реального мира путем переноса данных, полученных на местности, на абстрактную сферу — нечто подобное происходит при воспроизведении чертежа в другом масштабе.

▲ Стадий был единицей измерения расстояния в Древней Греции. Он равнялся 600 футам, хотя значение греческого фута в разных городах различалось. Среднее значение стадия в метрах — примерно 155–160 м.

- a** Угол
- h** Гномон
- A** Александрия
- S** Сиена в тропиках
- D** Расстояние между Александрией и Сиеной
- L** Длина тени гномона
- R** Радиус Земли
- C** Центр Земли

Определив при помощи установленного в Александрии гномона ( $h$ ) угол между направлениями из центра Земли на города Сиену и Александрию ( $a = 7^\circ$ ), и предположив, что Сиена находится на круге тропика, и зная, что расстояние по прямой от нее до Александрии ( $D$ ) равно 5000 стадиям, Эратосфен получил длину радиуса Земли ( $R$ ).

Этот метод опирается на два предположения: Сиена находится к югу от Александрии и находится на круге тропика. Хотя данные предположения были не вполне точны, на результат это не повлияло — видимо, Эратосфену просто повезло.

# Галактики

Сложные структуры, состоящие из огромного количества звезд разной массы и возраста, облаков межзвездного газа и пыли, неуловимой темной материи, связанных гравитационными взаимодействиями, называются галактикам. Во Вселенной насчитывается около 100 миллиардов галактик, от самых маленьких (содержащих несколько десятков миллионов звезд) до самых больших (вмещающих триллионы звезд).

▶ Взаимное притяжение, связывающее миллиарды звезд в систему, в более широком масштабе применимо и к галактикам: многие из них являются частью сложных систем, состоящих из других подобных галактик — скоплений или целых галактических групп. Возьмем в качестве примера систему Андромеды, где массивная галактика притягивает к себе разношерстную группу галактик-спутников. Многие из них лежат на плоскости, проходящей через ядро основной галактики. Такое расположение вряд ли случайно: можно предположить, хотя и без особой уверенности, что галактики-спутники имеют общее приливное происхождение.



▲ Мириады звезд, составляющих галактику, образуют крупномасштабные структуры, которые и определяют галактические формы. На фото: галактика, имеющая форму спирали — одну из наиболее часто встречающихся во Вселенной галактических форм.



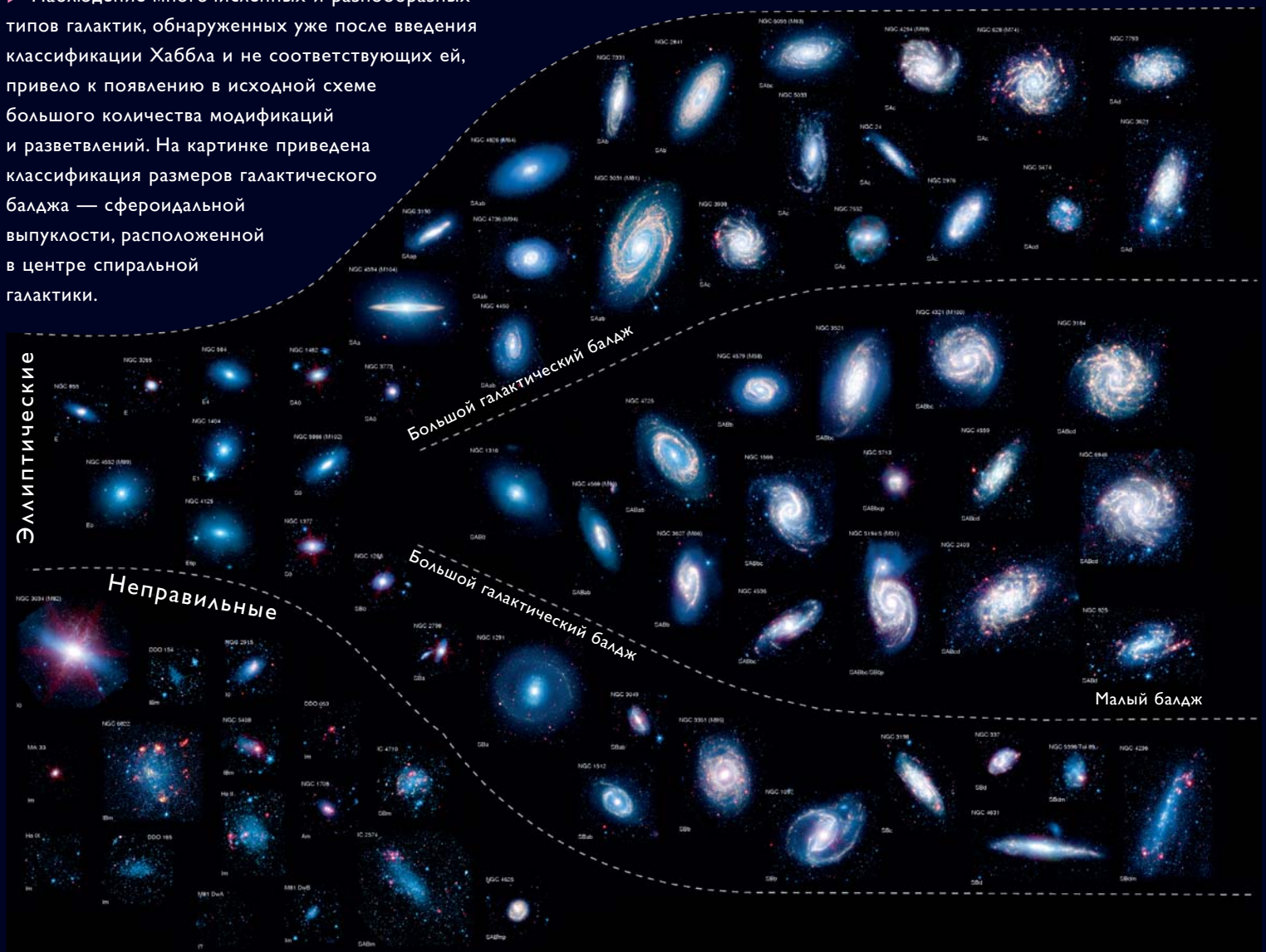
◀ Благодаря новым мощным радиотелескопам, принимающим радиоволны из космоса, стало возможным нанести на карту внегалактические области, которые в оптике не удастся наблюдать из-за загромождающих их звезд и пылевых облаков нашей Галактики, а также из-за периферийного положения Солнца внутри нее.

◀ Спиральная галактика взаимодействует с галактикой-спутником, которая прошла через нее насквозь. Этот своеобразный взаимосвязанный комплекс в созвездии Андромеды называется Агр 273 (по каталогу астронома Хэлтона Арпа). Как видно, его структура, которая изначально делала объект похожим на огромный вихрь с правильно расположенными рукавами, претерпела заметные деформации.



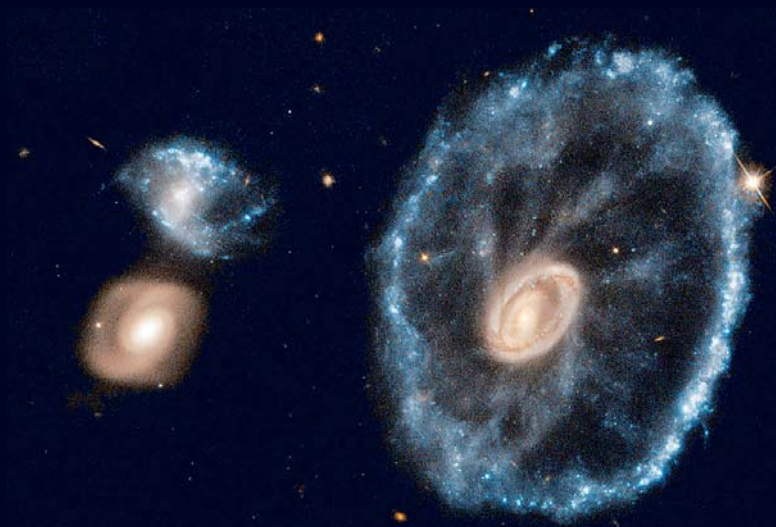
▲ Эдвин Хаббл (1889–1953) в 1926 году предложил первую морфологическую классификацию галактик, которую прозвали «камертон Хаббла». Он разделил галактики на три основных класса: эллиптические (E), спиральные (S) и неправильные (I). Класс S делится на два подкласса: обычные спирали и спирали с перемычкой (SB).

▶ Наблюдение многочисленных и разнообразных типов галактик, обнаруженных уже после введения классификации Хаббла и не соответствующих ей, привело к появлению в исходной схеме большого количества модификаций и разветвлений. На картинке приведена классификация размеров галактического балджа — сфероидальной выпуклости, расположенной в центре спиральной галактики.

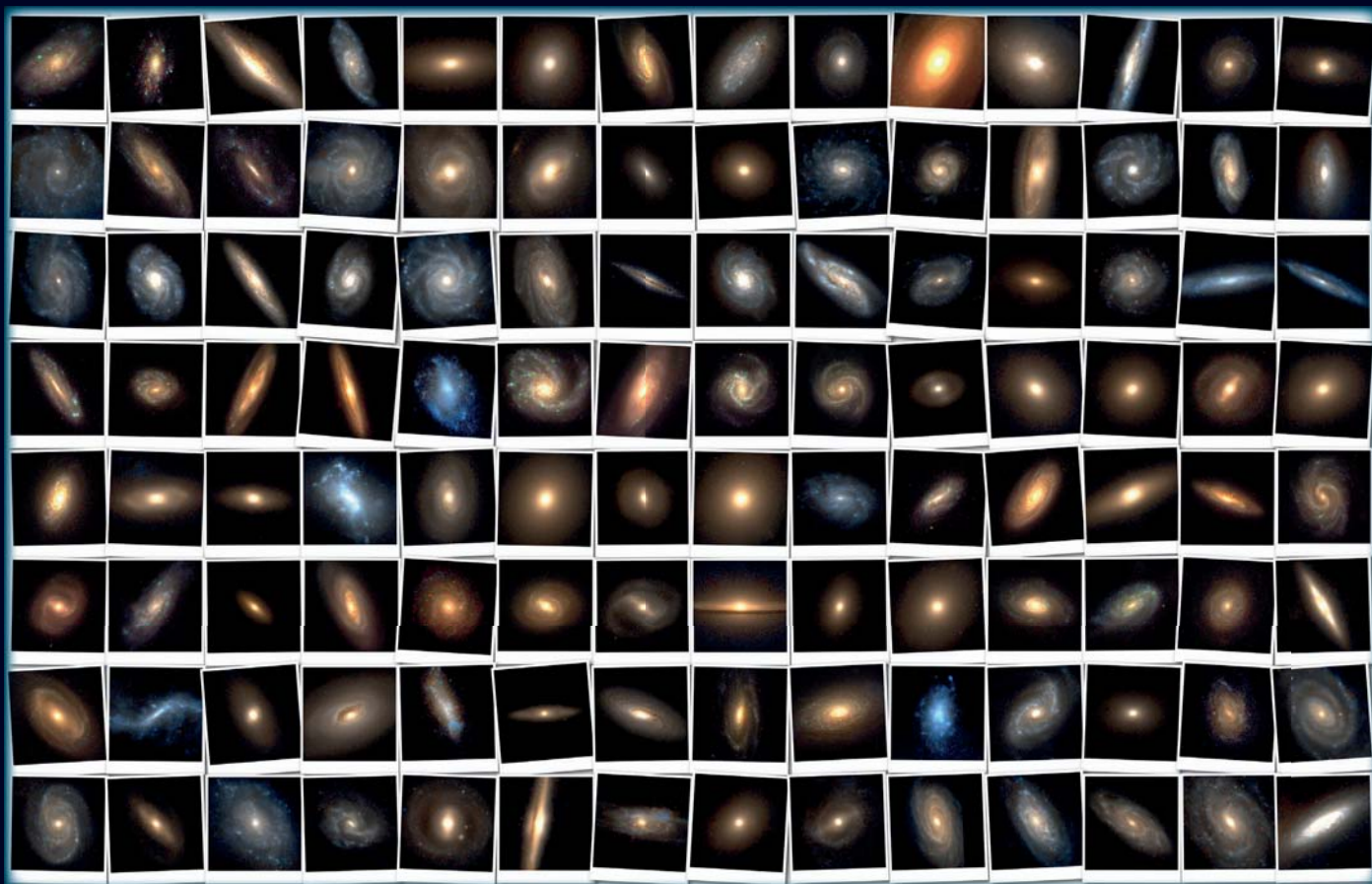


# Типы галактик

На форму галактик влияют два вида факторов: эндогенные (способы образования и взаимодействия составляющих галактику звезд, связь звезд с находящейся в галактике темной материей) и экзогенные (межгалактические взаимодействия, которые могут быть очень сильными, как в случае столкновения двух галактик). Основные типы галактик по современной классификации: эллиптические, линзообразные, спиральные, спиральные с перемычкой, промежуточные спиральные и неправильные.



Каталог галактик, составленный в Принстонском университете (США)



◀ Галактика Колесо Телеги относится к неправильным. Двести миллионов лет назад она относилась к более распространенному типу спиральных галактик, но в результате столкновения с другой, меньшей по размеру галактикой деформировалась и приняла кольцеобразную форму. Большая плотность внешнего кольца связана со вспышкой звездообразования, вызванной колоссальной ударной волной, которая инициировала сжатие пыли и газа в этой области пространства.



◀ Галактика Водоворот расположена в созвездии Гончих Псов. Она очень яркая и к тому же видна «анфас», поэтому мы можем любоваться ее прекрасной спиральной структурой. Галактика была открыта Шарлем Мессье в 1773 году и занимает 51-е место в его знаменитом каталоге ярчайших объектов глубокого неба.

◀ Полученные ПЗС-камерой астрономической обсерватории Маунт-Паломар изображения 112 галактик, включенных в цифровой каталог Принстонского университета, стали прототипами для автоматической классификации еще девяти галактик, распознанных электронными системами. Эти яркие и большие объекты как будто созданы для того, чтобы служить типичными моделями соответствующих категорий.

▼ Галактика Сомбреро в созвездии Девы (M104) тоже относится к спиральному типу, но мы ее видим почти с ребра, перпендикулярно диску M51 на предыдущем изображении. По этой причине, а также из-за темной экваториальной пылевой полосы в телескопе она напоминает широкополую ковбойскую шляпу.

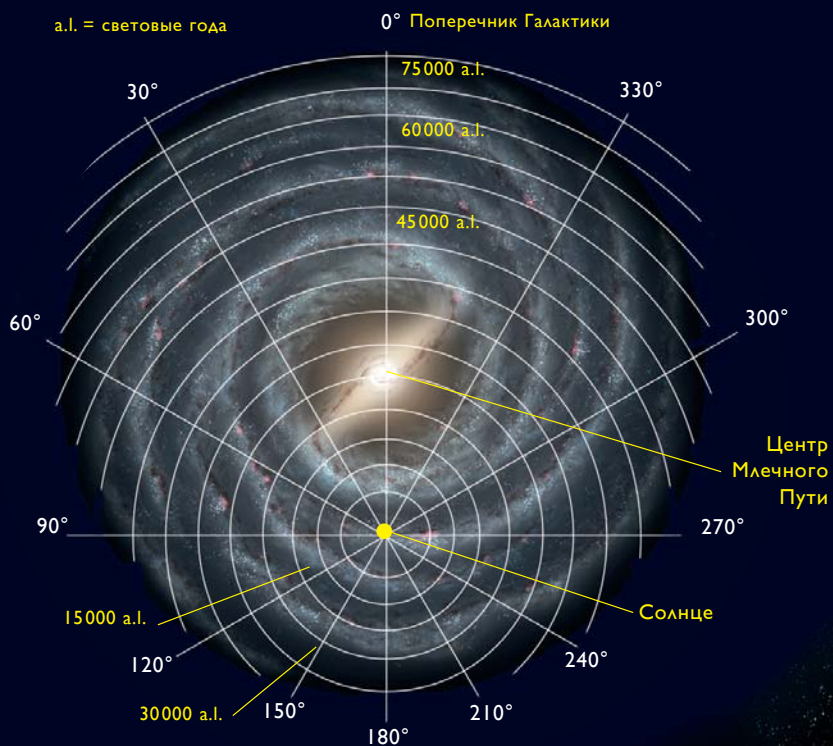


# Млечный Путь

Солнце, как и другие видимые на небе звезды, принадлежит галактике Млечный Путь, которая обязана своим названием туманной молочно-белой полосе, пересекающей летнее небо с севера на юг и видимой невооруженным глазом. Древние философы-пифагорейцы, знакомые с мифом о Фаэтоне, считали этот светящийся след старым путем Солнца, с которого оно позже перешло на эклиптику. Астрономам XVI и XVII веков, которые благодаря телескопическим наблюдениям обнаружили в этой слабо-светящейся полосе мириады звезд, Млечный Путь казался областью максимальной концентрации небесных объектов во всей Вселенной. И только в 1925 году Эдвин Хаббл заявил, что Млечный Путь — лишь одна из многих галактик в космосе.

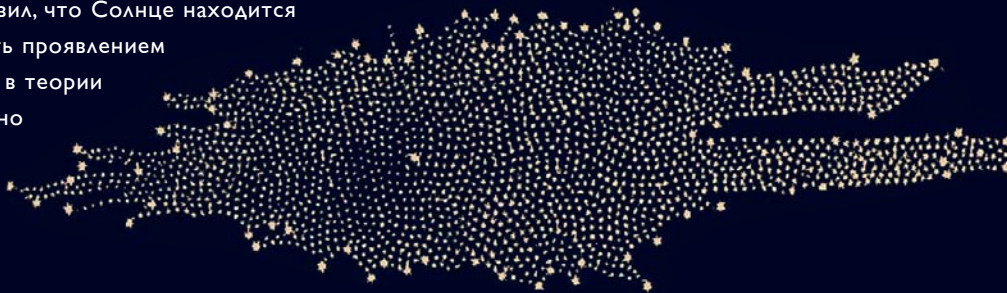


▲ Полотно Тинторетто «Происхождение Млечного Пути» (1580) иллюстрирует один из мифов о происхождении этого небесного объекта, производившего такое впечатление на людей древности. В этой версии мифа младенец Геракл, которого держит на руках отец Зевс, сосет дарующее бессмертие молоко из груди спящей Геры. Богиня пробуждается и, отстраняясь, проливает струю чудесного молока в небо.



▲ Солнце находится в одном из рукавов Млечного Пути — спиральной галактики с перемычкой. На небе Земли центр Галактики (и начальная точка галактической системы координат) находится в созвездии Стрельца, хотя звезды, составляющие это созвездие, расположены вовсе не в области галактического центра, а вблизи Солнца, — это просто вопрос перспективы.

► Первая попытка описать форму Млечного Пути была предпринята Уильямом Гершелем в 1785 году. Он представил, что Солнце находится близко к центру галактики. Это можно считать проявлением антропоцентризма, который часто проникает в теории даже самых выдающихся ученых — достаточно вспомнить о геоцентрической системе мира. Но даже в гелиоцентрической системе Коперника Солнце считалось центром Вселенной, тогда как на самом деле оно находится на периферии довольно обычной галактики.



◀ Полная инфракрасная карта Млечного Пути, сделанная спутником COBE, позволяет различить структуру галактики: основная ее масса сконцентрирована в одной плоскости, в которой лежит и Земля.

▼ Неоднородный вид Млечного Пути на небе объясняется тем, что в нем, помимо звезд, содержится множество пылевых облаков и темных туманностей. Молочно-белая светлая полоса хорошо видна в безлунную ночь, а при очень ясном небе без следов светового загрязнения земные предметы в ее свете даже могут отбрасывать слабые тени.



# Звезды

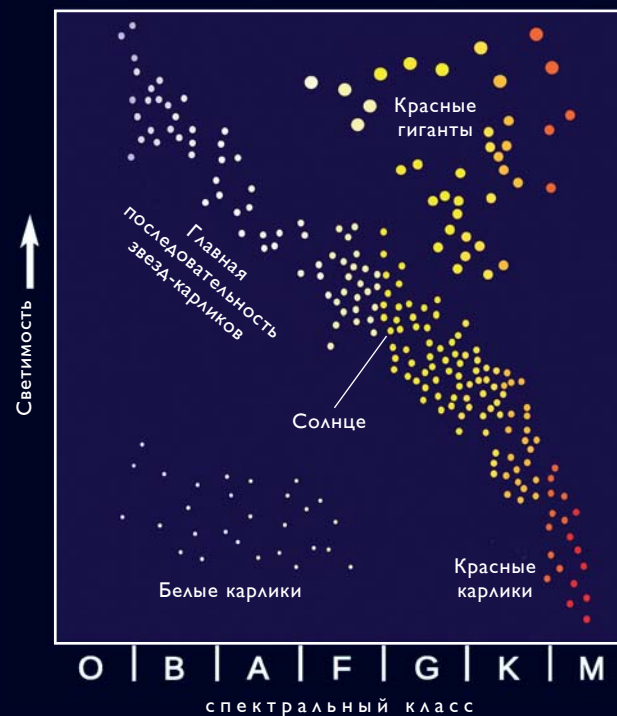
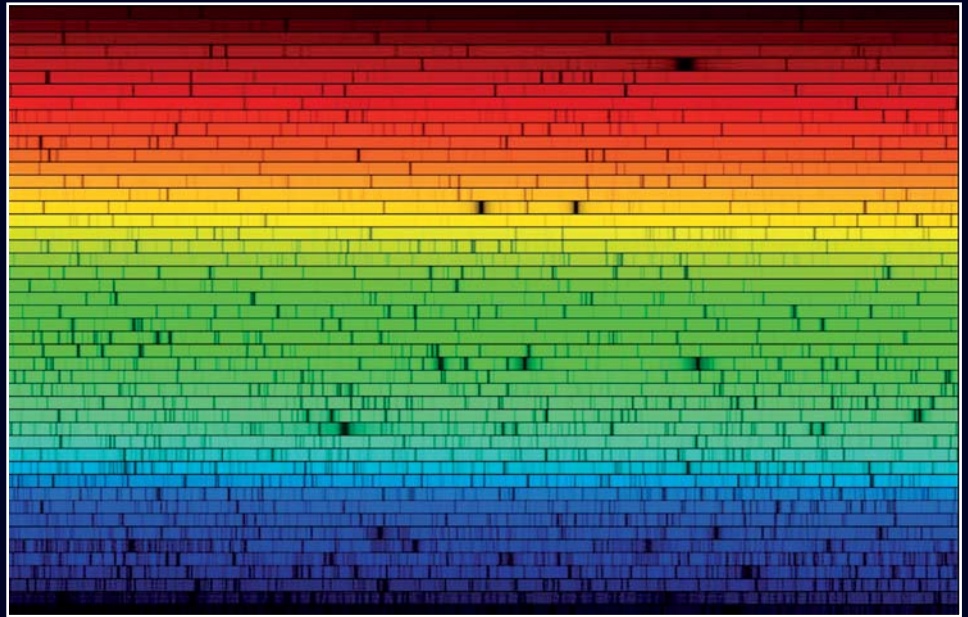
Мы видим звезды как светящиеся в ночном небе точки разной яркости. На деле это разбросанные по Вселенной огромные сфероидальные тела, состоят из раскаленной плазмы и в ядрах которых происходят процессы термоядерного синтеза. Помимо интенсивного электромагнитного излучения, они испускают в космос поток частиц (звездный ветер) и нейтрино. Зародыши звезд — протозвезды — появляются в результате сжатия молекулярных облаков. Впоследствии, в ходе своего жизненного цикла, звезды проходят различные фазы, во время которых их физическая структура претерпевает серьезные изменения. Характер этих изменений зависит от класса звезды, который определяется ее массой, размерами и светимостью.



Тип спектра	Цвет	Температура в кельвинах (K)	Химические элементы
O		28 000 – 50 000	Ионы гелия
B		10 000 – 28 000	Гелий, немного водорода
A		7 500 – 10 000	В основном водород и некоторые ионы металлов
F		6 000 – 7 500	Водород и ионы металлов, в основном кальций и железо
G		5 000 – 6 000	Металлы или ионы металлов, в основном ионы кальция
K		3 500 – 5 000	Металлы
M		2 500 – 3 500	В основном оксид титана и присутствие кальция

◀ Ригель, самая яркая звезда в созвездии Ориона, — ярчайшая из звезд в окрестности Солнца. Ее физические характеристики, в том числе голубовато-белый цвет (спектральный класс В), соответствуют классу голубых сверхгигантов.

▶ Если пропустить желтовато-белый свет Солнца через стеклянную призму — показатель преломления стекла больше, чем у воздуха, — то он разложится на семь основных цветов. Первым этот опыт выполнил знаменитый естествоиспытатель Исаак Ньютон (1642–1727). На фото: видимый спектр Солнца.



◀ «Oh, be a fine girl, kiss me!» («О, будь хорошей девочкой, поцелуй меня!») — эту английскую фразу астрономы придумали для того, чтобы запомнить последовательность спектральных классов звезд, связанных с их цветом, температурой и химическим составом.



◀ Диаграмма Герцшпрунга – Рассела сопоставляет три физические характеристики звезд, тесно связанные с их массой и возрастом: по горизонтальной оси отложены температура и спектральный класс, по вертикальной — абсолютная звездная величина. Звезды группируются в определенных областях диаграммы; большинство располагается в виде диагональной полосы, называемой Главной последовательностью.

◀ Видимая величина звезды, наблюдаемой с Земли, зависит от двух факторов: абсолютной звездной величины (собственной яркости) и расстояния от звезды до наблюдателя. На рисунке — созвездие Большого Пса: каким оно выглядит на нашем небе и каким оно было бы, если бы все его звезды находились на одинаковом расстоянии от нас. Большая видимая яркость Сириуса во многом объясняется его близостью к Солнцу.

▼ Стандартное соотношение между размерами и спектральными классами звезд. Наше Солнце относится к классу G.



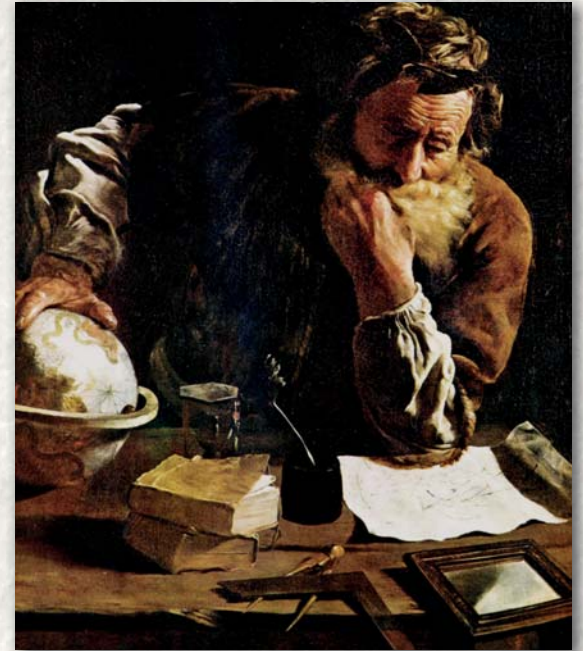
# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ V

## Гравитация и каталог звездного неба

Имя Архимеда (III век до н.э.), одного из величайших философов и математиков всех времен, неразрывно связано с геометрией, гидростатикой, оптикой и механикой. В истории науки навсегда остались его многочисленные изобретения — от планетария до водяных часов. В области техники основополагающей является разработанная им теория рычага, изложенная в труде «О равновесии плоских фигур». Из открытых им законов гидростатики родилась гипотеза о множественности центров притяжения во Вселенной.

Спустя столетие после Архимеда древнегреческий астроном Гиппарх Никейский составил первый каталог всех объектов, видимых на небесной сфере. Он первым убедился в том, что неподвижные звезды не так уж и неподвижны. Подобно Архимеду, Гиппарх конструировал научные приборы: среди его изобретений была и астролябия.

▼ Архимед внес огромный вклад в гидростатику — науку о равновесии жидкости. Ему, по сути, удалось предсказать, что вода в невесомости принимает сферическую форму с центром в своем центре тяжести. Однако эти идеи продвинули вперед и древнегреческую астрономию: применив рассуждения Архимеда к Солнцу и Луне (сферическим телам), можно было заключить, что небесные светила тоже обладают центрами тяжести, что опровергало аристотелевское убеждение о центре Земли как точке, к которой притягиваются все небесные тела.



▲ На полотне Доменико Фетти, написанном в 1620 году, Архимед изображен в окружении некоторых своих научных инструментов. За пять лет до создания этой картины в Париже вышло одно из первых изданий полного собрания сочинений великого греческого математика. Это во многом способствовало распространению его идей, частично забытых в предыдущие века.

### Гидростатика Архимеда и гравитация

Представьте себе две точки в океане, А и В, расположенные на несферической поверхности и на разном расстоянии от центра Земли (К). Точки А и В будут иметь разную высоту, и, как следствие, вода в этих двух областях будет оказывать разное давление на нижележащий уровень. Однако, по принципу Архимеда, более сжатая вода вытесняет менее сжатую, восстанавливая равновесие. Подобную схему можно было применить и к небесным телам: Солнцу и Луне.



▶ Гиппарх из Никеи (II век до н.э.) был первым астрономом, составившим каталог неподвижных звезд с описанием формы созвездий. Было описано примерно 850 звезд с их эклиптическими координатами. Кроме того, Гиппарх принял вавилонское деление земного круга на  $360^\circ$  и, изучив тригонометрические функции, создал важные астрономические инструменты: диоптр и астролябию. Сравнив свои наблюдения с теми, которые сделал за сто лет до него Тимохарис Александрийский, Гиппарх понял, что положения неподвижных звезд на небе меняются и что точки равноденствий смещаются по эклиптике со скоростью примерно в  $1^\circ$  каждые сто лет из-за явления «предварения равноденствий».



▼ Средневековая копия «Явлений» древнегреческого поэта Арата из Сол (III век до н.э.), стихотворного изложения астрономического учения Евдокса Книдского, ученика Платона и сторонника геоцентрической системы мира. Поэма описывает конфигурацию созвездий, моменты восхода и захода светила в течение года, их небесные координаты. Такие дидактические стихотворные произведения на астрономические и астрологические темы стали многовековой традицией, прекрасным примером которой служит латинская поэма Марка Манилия «Астрономика» (I век н.э.).



▲ Экваториальное кольцо Гиппарха — естественный календарь для расчета даты равноденствия: в это время, если плоскость кольца расположена параллельно экватору, верхняя его половина будет отбрасывать тень на нижнюю, тогда на поверхность Земли будет спроецирована тень в виде линии (в остальные дни года тень проецируется в виде эллипса).

◀ Шар, который титан Атлас держит на спине, — воспроизведенное в камне олицетворение небесной сферы, изученной и каталогизированной древними астрономами. Копия статуи, известной как «Атлас Фарнезе», находится в Национальном музее Неаполя и датируется II веком н.э. На сфере изображены созвездия зодиака, еще 22 южных и северных созвездия, небесный экватор, эклиптика, полярные круги и небесные меридианы.



# Переменные и кратные звезды

Многие звезды нашей Галактики связаны тесной гравитационной связью с другими звездами. Двойная звезда представляет собой простейшую звездную систему, хотя многие звезды образуют и кратные системы из нескольких компонентов. Звездные пары имеют общий центр тяжести, вокруг которого вращаются оба компонента. Обычно они так близки друг к другу, что их двойственность неразличима невооруженным глазом; понять, что это не просто одиночная звезда, можно, лишь наблюдая в телескоп. Многие двойные звезды демонстрируют сложные последовательности взаимных затмений, из-за которых их общий видимый блеск постоянно изменяется. Но это не единственный вид звезд, блеск которых колеблется: по внутренним физическим причинам многие одиночные звезды тоже меняют свою яркость, часто циклически.



▲ Люди с острым зрением способны различить у Мицара, одной из ярких звезд в созвездии Большой Медведицы, спутник Алькор. Но на деле система Мицара состоит из шести звезд, три из которых удалось обнаружить только различными методами спектрального анализа.

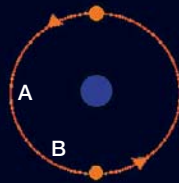


◀ Так может выглядеть закат на планете в тройной звездной системе. Первое солнце уже скрылось за горами, а два менее светлых, красное и желтое, висят над горизонтом.

► Многие из двойных звезд относятся к типу спектрально-двойных. Это значит, что их можно обнаружить только по изменениям спектра суммарного излучения обоих компонентов. Двойные системы очень редко бывают одновременно и визуально различимыми, и спектрально-двойными: эти виды двойных систем физически совершенно различны. Красное (или голубое) смещение в спектре звезды — наблюдательный признак, по которому обнаруживаются кратные системы и который позволяет определить расстояния между их компонентами и периоды их обращения.

### Спектроскопия двойной звезд.

Удаление: спектр В смещается в красную сторону.

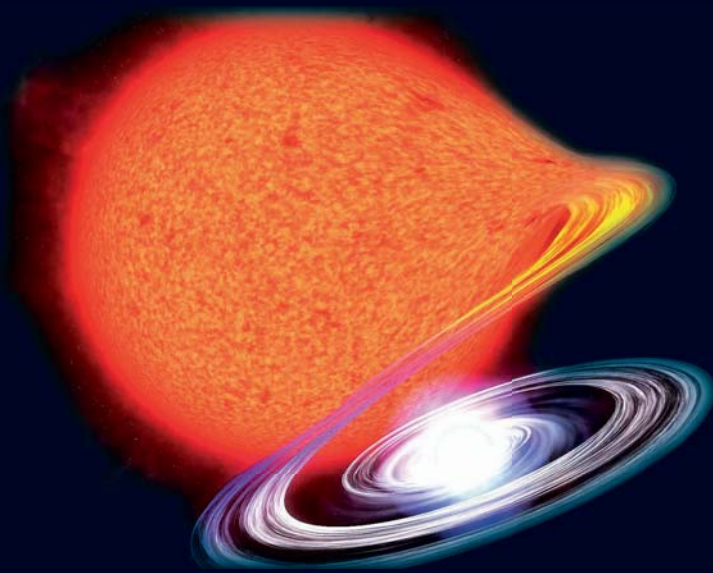


Белые спектральные линии относятся к звезде В, черные — к звезде А.

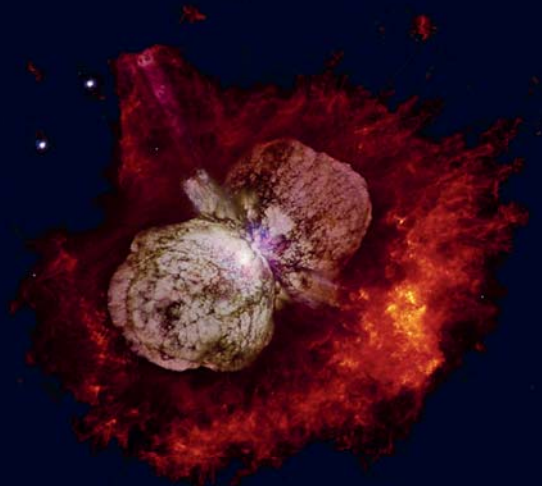


Приближение: спектр В смещается в голубую сторону).

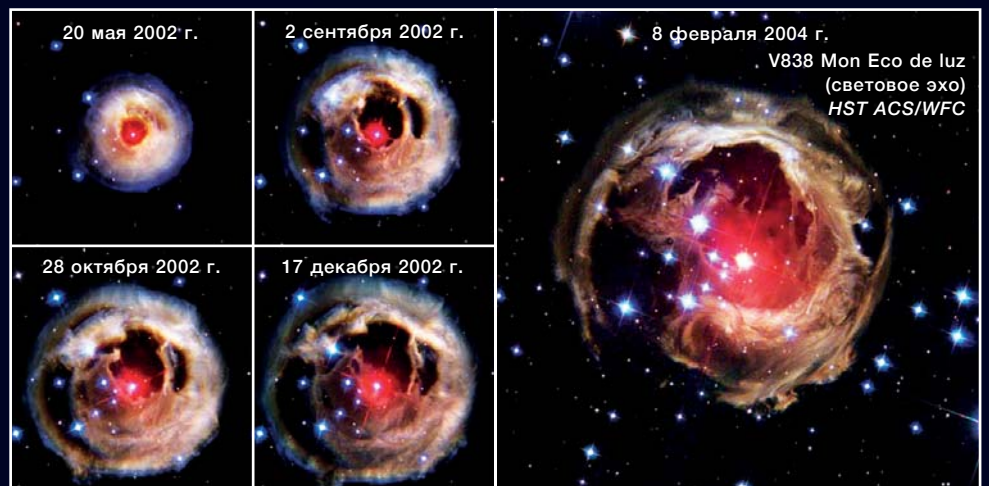
▼ У ослепительной сверхмассивной звезды Эты из созвездия Киля, окруженной уже описанной ранее знаменитой туманностью, есть компаньон меньшего размера (хотя его масса в 90 раз превышает массу нашего Солнца). Светимость главной звезды меняется очень медленно: из-за ее необычайно большой массы и яркости нарушение равновесия фигуры звезды может закончиться колоссальным взрывом сверхновой или гиперновой.



▲ В некоторых двойных системах звезды расположены так близко друг к другу, что из-за гравитационных сил одна может «украсть» вещество другой. Чем ближе одна звезда к другой, тем сильнее формы звезд меняются от сфероидальной к эллипсоидальной. В таких системах звезды испытывают приливные деформации и окончательно распадаются, когда начинают заполнять свои полости Роша.



► Вспышка звезды V838 в созвездии Единорога, произошедшая 6 января 2002 года, скорее всего, была результатом слияния двойной системы. Звездная величина за короткое время увеличилась с 15,6 до 6,75, затем быстро снизилась и какое-то количество раз частично восстанавливалась в течение нескольких месяцев. Тем временем газовое облако, образовавшееся в результате взрыва, рассеялось с большой скоростью, как видно из серии изображений справа.

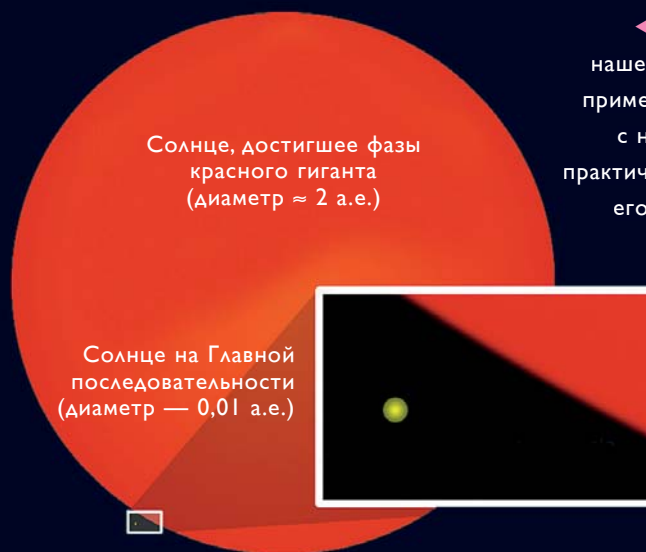
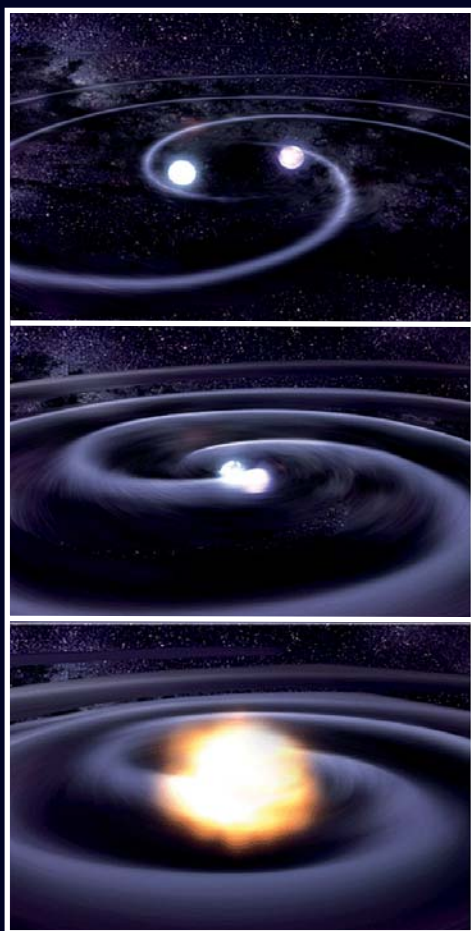


# Красные гиганты и белые карлики

Несмотря на большие физические различия между белым карликом и красным гигантом, они имеют нечто общее: каждая из этих разновидностей звезд представляет собой одну из последних фаз жизненного цикла звезд малой и средней массы — таких, как Солнце. Наша материнская звезда — желтый карлик, который через 5 миллиардов лет превратится в красного гиганта, а еще через 2 миллиарда лет, после того как сбросит в пространство свои внешние оболочки, — в белого карлика.

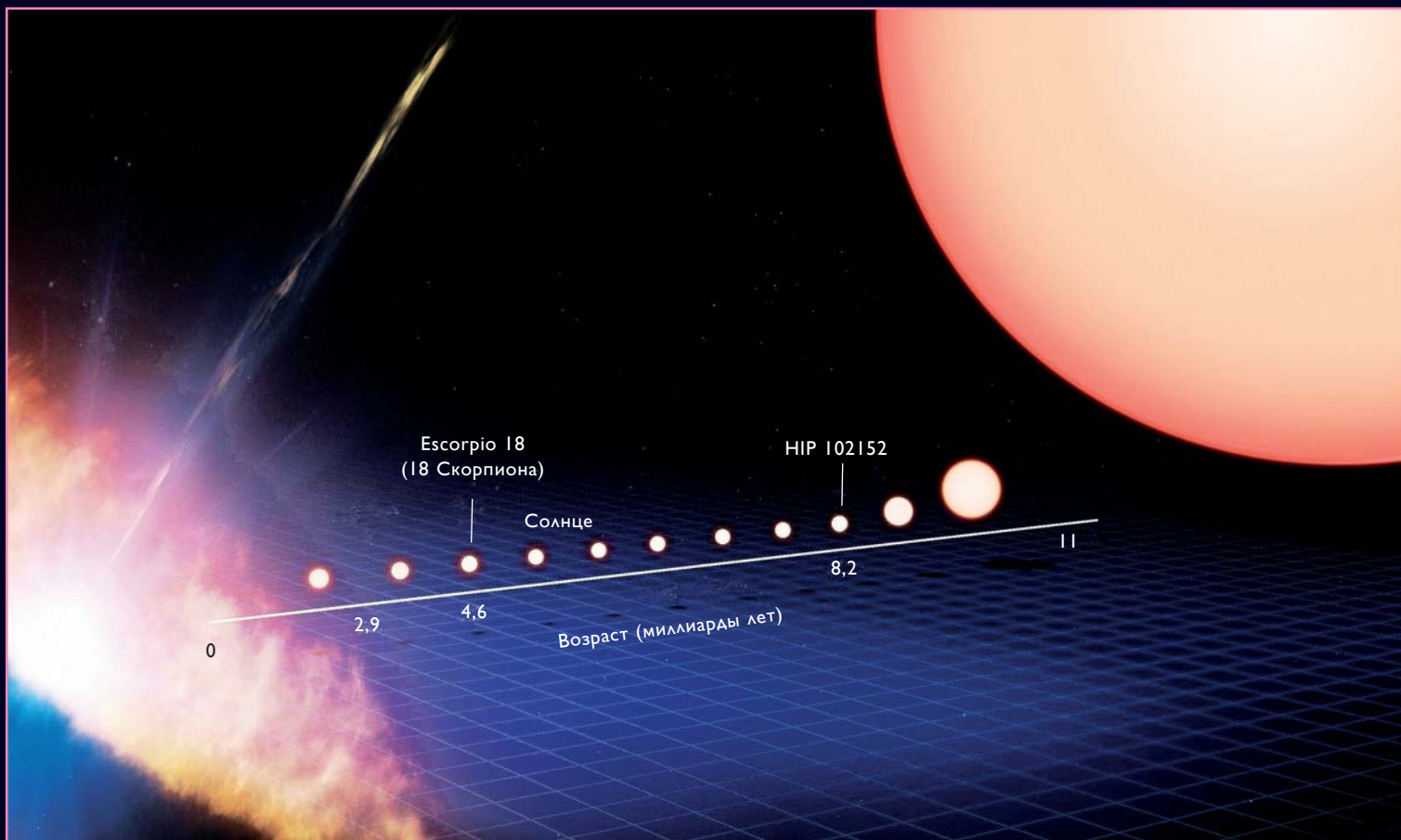


▲ Компаньон Сириуса, Сириус В, является одним из самых массивных из когда-либо обнаруженных белых карликов. Он не больше Земли, но имеет массу, близкую к массе Солнца. Сила тяжести на его поверхности почти в 350 000 раз больше, чем у Земли: 68-килограммовый земной предмет на Сириусе В весил бы более 2 250 000 кг.



◀ На последних фазах жизни нашей звезды ее радиус вырастет примерно в 100 раз по сравнению с нынешним: Солнце раздуется практически до орбиты Земли. Цвет его из желтого станет красным.

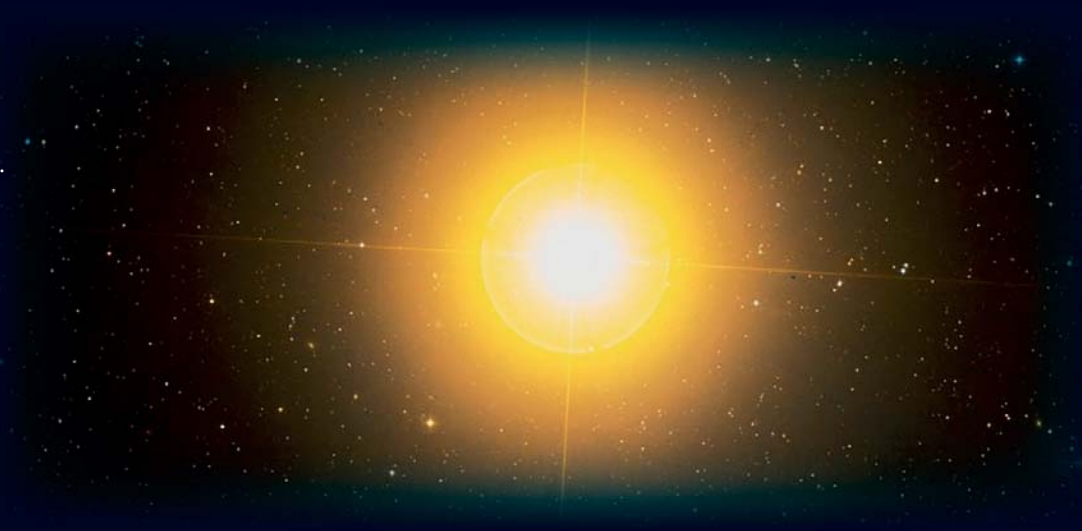
◀ Иногда два белых карлика могут столкнуться. В результате этой катастрофы один из них разрушится и образует плазменный диск вокруг уцелевшего. Когда частицы диска станут выпадать на поверхность выжившего карлика, его масса постепенно начнет увеличиваться до тех пор, пока он не взорвется. Если масса выродившегося вещества, из которого состоит белый карлик, превысит так называемый предел Чандрасекара (примерно 1,44 массы Солнца), случившийся взрыв будет вспышкой сверхновой I типа.



▲ Жизненный цикл звезды типа Солнца (слева направо): от протозвезды, окруженной пылевым диском, до красного гиганта. Если продолжить эту схему, звезда станет плотным белым карликом, окруженным планетарной туманностью.

На диаграмме показаны текущие фазы жизненного цикла Солнца и его близнецов: 18 Скорпиона (несколько моложе Солнца) и HIP 102152 созвездия Козерога (намного старше). Изучение последней позволит нам лучше понять судьбу, уготованную Солнцу.

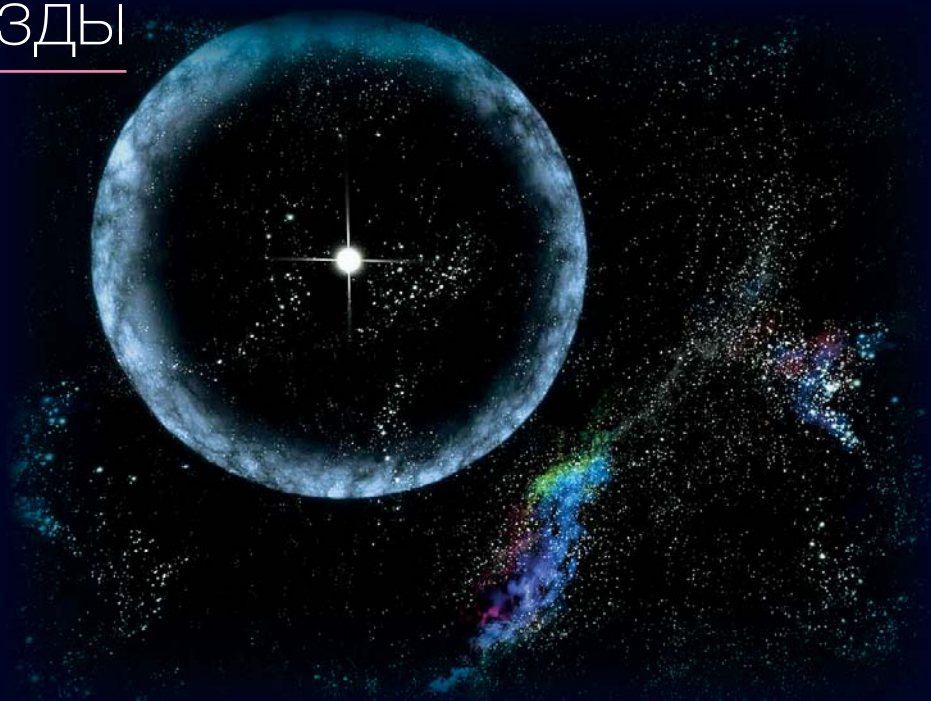
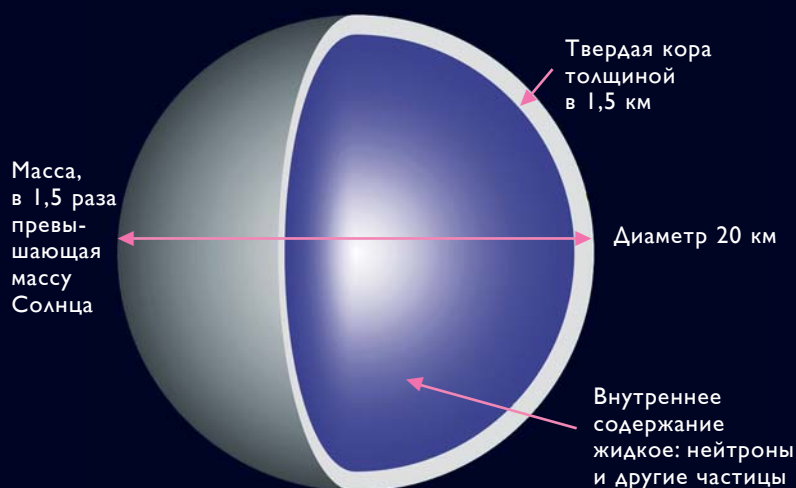
▼ Среди звезд-гигантов астрономы наиболее точно и подробно измерили характеристики Альдебарана, самой яркой звезды в созвездии Тельца. Альдебаран очень удобен для исследования за счет своей близости к Солнцу, положению вблизи плоскости эклиптики (что благоприятствует измерениям его покрытий Луной) и больших размеров.



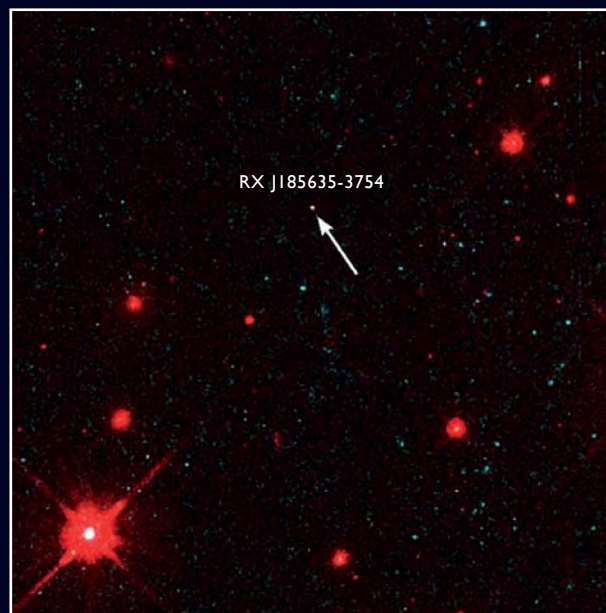
# Нейтронные звезды

Последний этап жизни очень массивных звезд (не менее десяти масс Солнца) обусловлен гравитационным коллапсом их ядер из-за прекращения термоядерного синтеза. Колоссальная гравитация сжимает электроны и протоны в ядре звезды настолько сильно, что превращает их в нейтроны. Образуется вещество, аномальные свойства которого все еще до конца не изучены. Если масса такого вырожденного вещества превысит предел в 0,7 массы Солнца (предел Толмена — Оппенгеймера — Волкова), произойдет гравитационный коллапс, который может привести к возникновению черной дыры.

▼ Структура типичной нейронной звезды. Среди наиболее экстремальных характеристик, которыми обладают объекты этого типа, — скорость вращения вокруг своей оси, которая может достигать периодов в одну секунду или чуть больше



▲ Масса 20-километровой нейтронной звезды может быть в три раза больше массы Солнца, а ее плотность настолько высока, что одна чайная ложка такого звездного вещества весила бы на Земле около 6 миллиардов тонн.

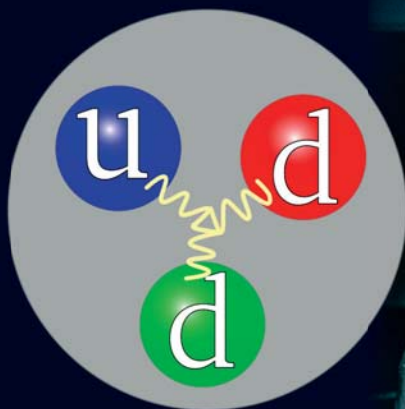


▲ Нейтронная звезда — один из тех объектов космоса, которые сначала были предсказаны теоретически, а уже потом обнаружены в природе. На фото: первая наблюдаемая нейтронная звезда RX J185635-3754.

## Трансформация звезды в нейтронную



► Нейтрон представляет собой субатомную частицу, состоящую из трех кварков (одного верхнего типа «up» и двух нижнего типа «down»), с суммарным электрическим зарядом, равным нулю. Из этих частиц и состоят нейтронные звезды.



► Джеймс Чедвик (1891–1974), английский физик, которому мы обязаны открытием нейтрона, был удостоен Нобелевской премии в 1935 году. Он стал одним из авторов «Доклада MAUD» — документа, который инициировал создание атомного оружия в Соединенных Штатах во время Второй мировой войны. Чедвик возглавлял английскую группу в Манхэттенском проекте.

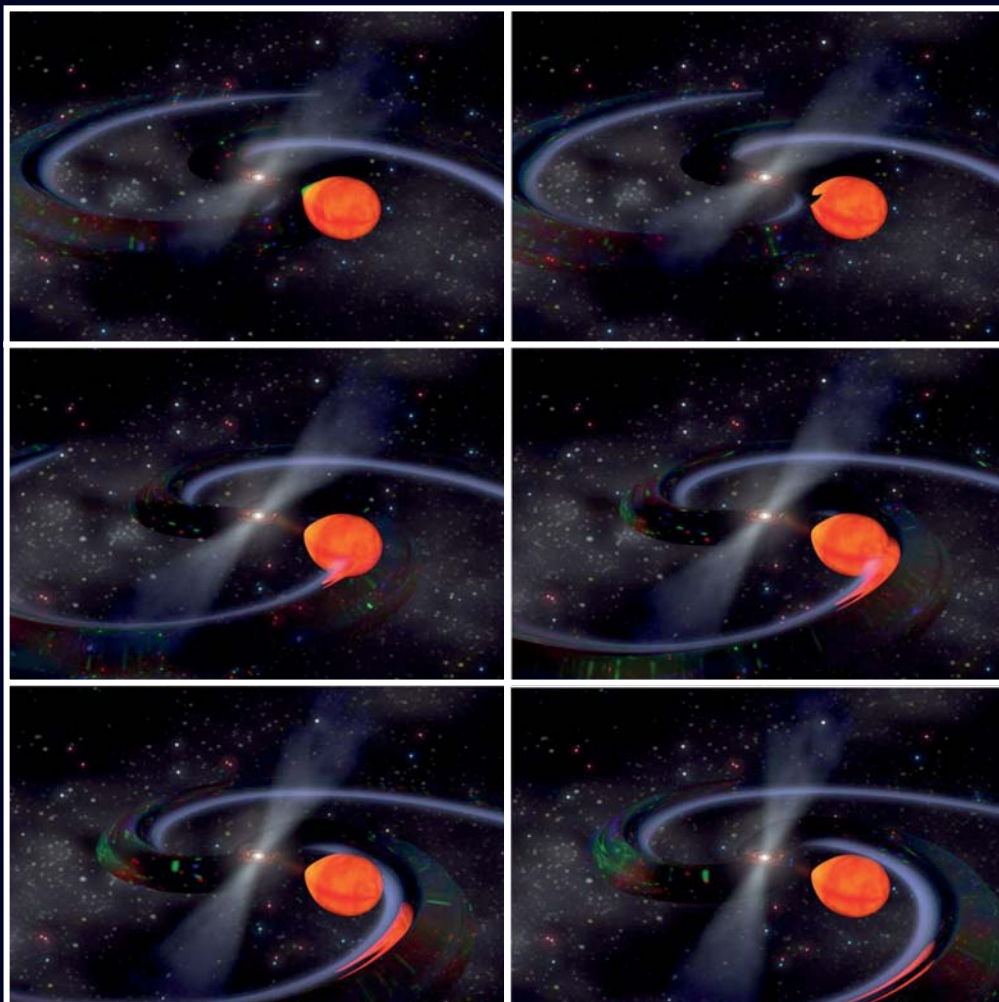


# Пульсар, квазар и блазар

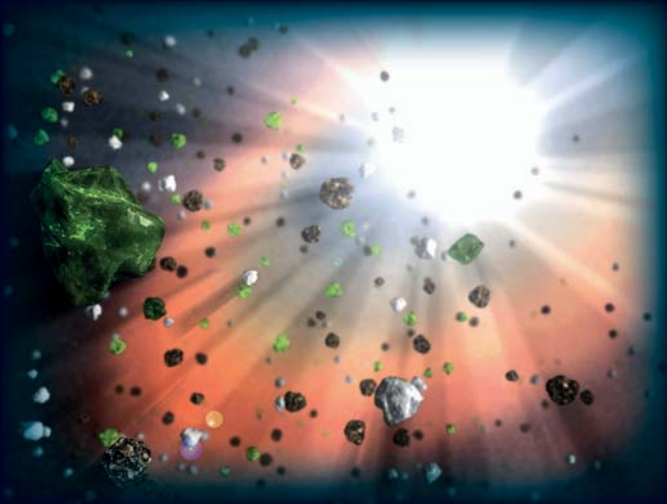
Все эти объекты являются радиоисточниками — источниками очень интенсивного радиоизлучения. Но пульсар — маленькая сверхплотная нейтронная звезда, а квазары и блазары вообще не являются звездами. Это гигантские объекты — ядра галактик, излучающие огромное количество энергии и расположенные в миллиардах световых лет от Земли.



► Пульсары — нейтронные звезды с очень высокой скоростью вращения. Благодаря совместному действию магнитного поля и вращения они излучают узкий пучок радиоволн, который с очень высокой степенью регулярности попадает на Землю. Когда пульсар испытывает воздействие со стороны звезды-компаньона, идеально сферическая форма его поверхности искажается, и внешняя кора слегка деформируется (на рисунке это отмечено экваториальным утолщением). Небольшого искажения достаточно, чтобы произвести гравитационные волны. Вещество звезды-компаньона, стекающее на поверхность пульсара, ускоряет вращение последнего, а потери энергии на гравитационное излучение это вращение, наоборот, замедляют — в силу закона сохранения энергии. В результате устанавливается равновесие, которым и определяется естественная скорость вращения пульсара (у некоторых сверхбыстрых пульсаров период вращения достигает невероятных значений в несколько миллисекунд). У скорости вращения пульсаров, разумеется, есть верхний предел.



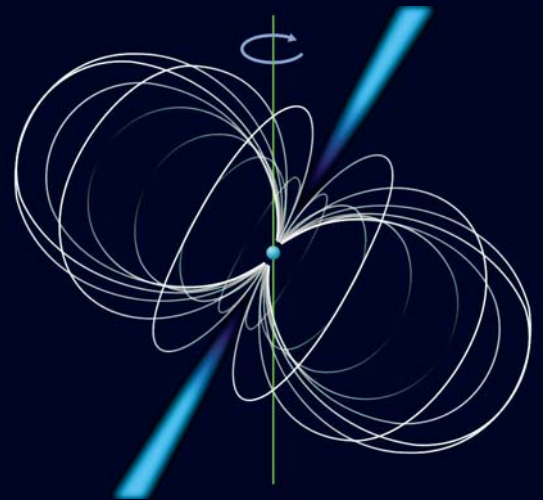
◀ В центре многих галактик находится сверхмассивная черная дыра, окруженная излучающим огромную энергию диском. Все подобные источники энергии являются квазарами, это общее название (блазары тоже относятся к числу квазаров). В случае блазара узкий пучок энергии, излучаемый диском, случайно оказывается направленным прямо на Землю. Блазары делятся на два подкласса: квазары с высокой степенью переменности излучения и объекты типа BL Ящерицы. Отсюда и их название: BL-азар, которое также можно прочесть как BLazing quaSAR — «светящийся квазар».



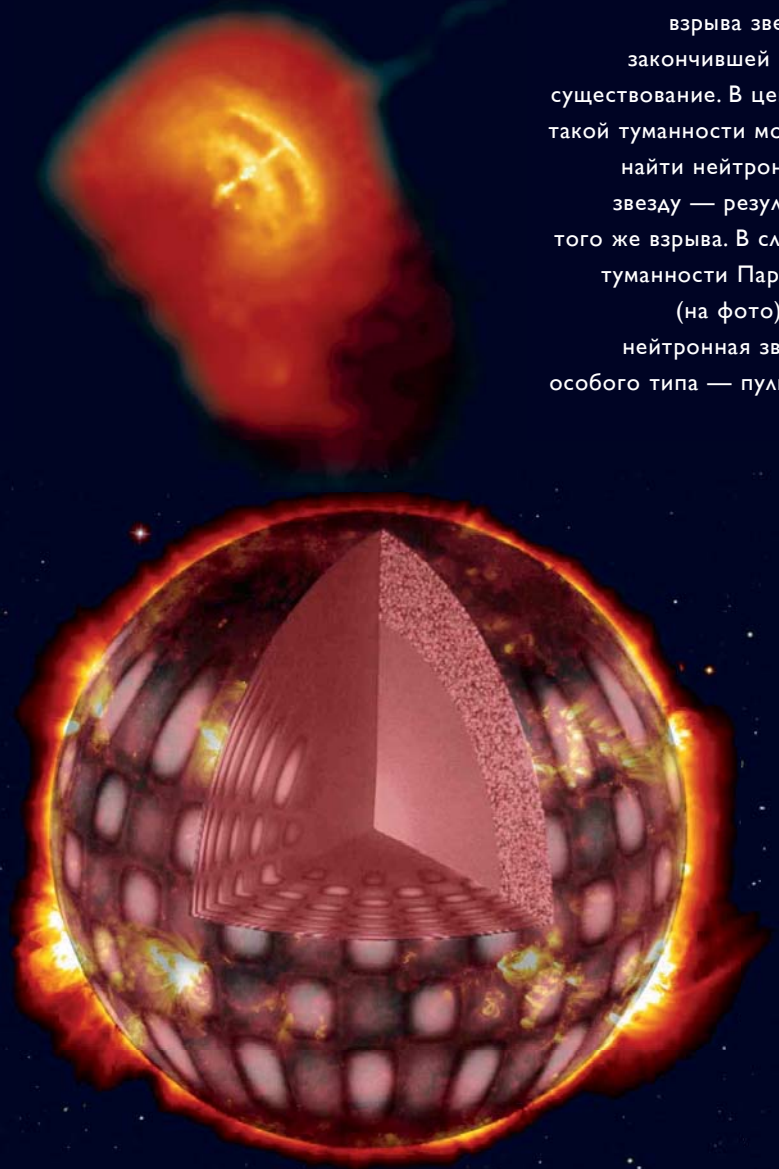
▲ Квазизвездные радиоисточники (квазары) — разновидность ядер активных галактик, которые излучают гигантскую нетепловую энергию, не связанную с присутствующими в галактике классическими объектами: звездами, пылью и газом. Несмотря на огромное расстояние от нас (вычисляемое по большому красному смещению), они выглядят звездообразными дискретными объектами большой видимой звездной величины (самый яркий квазар имеет звездную величину 13), что свидетельствует об их необычайно мощном световом излучении.

▶ Импульсы излучения пульсаров отличаются огромной частотой и регулярностью. Но колебания блеска случаются и у обычных звезд, хоть и не с такой идеальной периодичностью и со значительно меньшей частотой. Такие звезды называются переменными (на фото). Даже Солнце, хотя и не является переменной звездой, испытывает небольшие расширения и сжатия фотосферы с периодом около 5 минут.

▶ Схематическое изображение пульсара. Центральная точка — нейтронная звезда, кривые линии — силовые линии магнитного поля. Два противоположных конуса — джеты (узкие потоки излучения), вертикальная прямая — ось вращения пульсара.



◀ Туманности часто являются остатками взрыва звезды, закончившей свое существование. В центре такой туманности можно найти нейтронную звезду — результат того же взрыва. В случае туманности Парусов (на фото) это нейтронная звезда особого типа — пульсар.



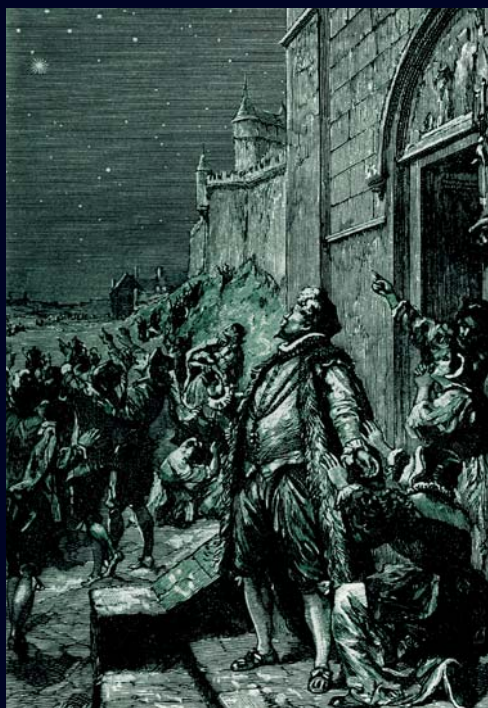
# Новые и сверхновые звезды

Древние астрономы полагали, что небо неподвижных звезд, как и небо высших сфер, от лунной орбиты до орбит планет (Земля находилась в центре Вселенной), было вечным и неизменным. Кометы считались атмосферными явлениями — в подлунной области допускались всевозможные изменения. Когда астроном Тихо Браге показал, что на небе могут появляться новые звезды, астрономия сделала необыкновенный скачок вперед.

Но сегодня мы знаем, что такие явления не связаны с рождением звезд, а, напротив, происходят на поздних этапах звездной эволюции. В случае «новых» это термоядерные взрывы, вызванные накоплением водорода на поверхности белого карлика; у вспышек сверхновых есть несколько причин, и все эти вспышки отличаются выделением энергии, которая сравнима с суммарной энергией излучения всех остальных звезд галактики.

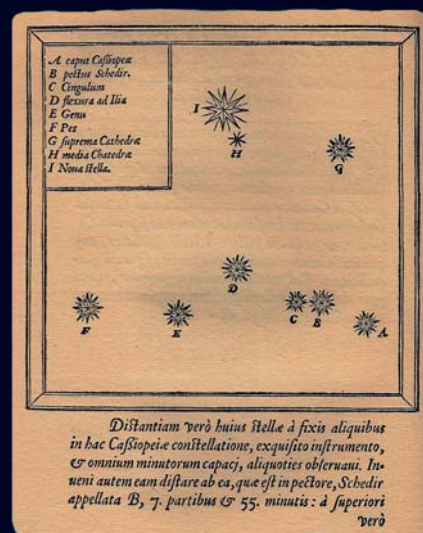


▲ Звезда КТ Эридана внезапно вспыхнула в конце ноября 2009 года и достигла величины 5,5; в обычном состоянии ее звездная величина составляла 15,35. Такие объекты ищут, последовательно просматривая два изображения звездного поля и отслеживая звезды, резко изменившие блеск.

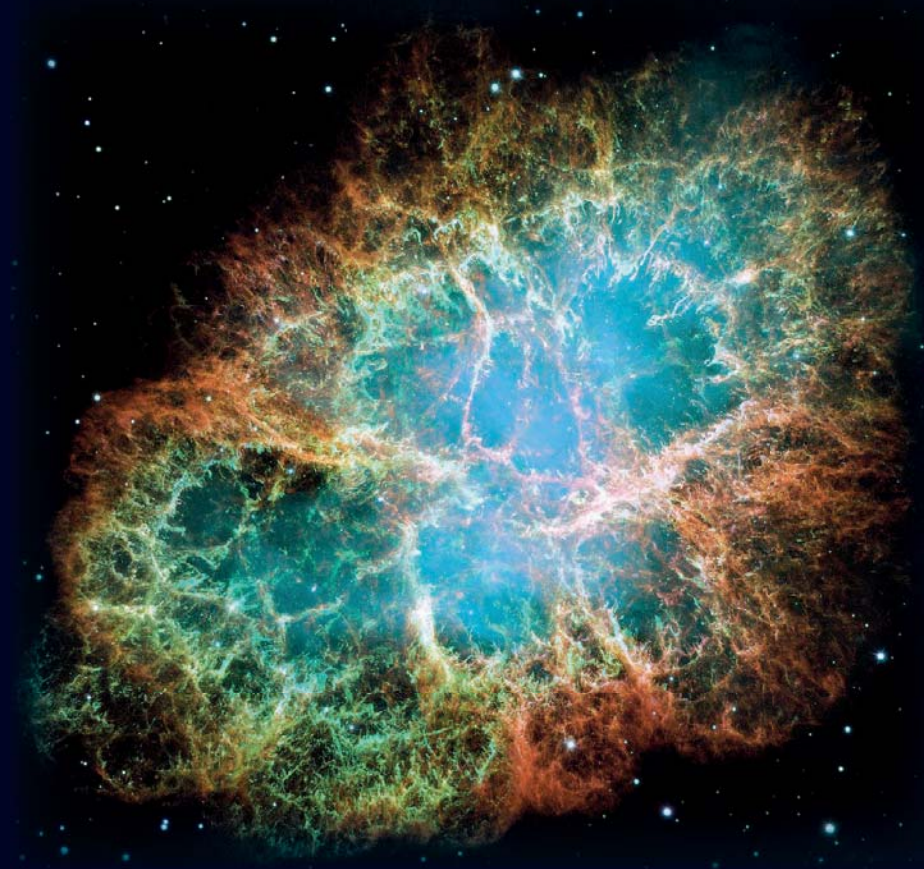
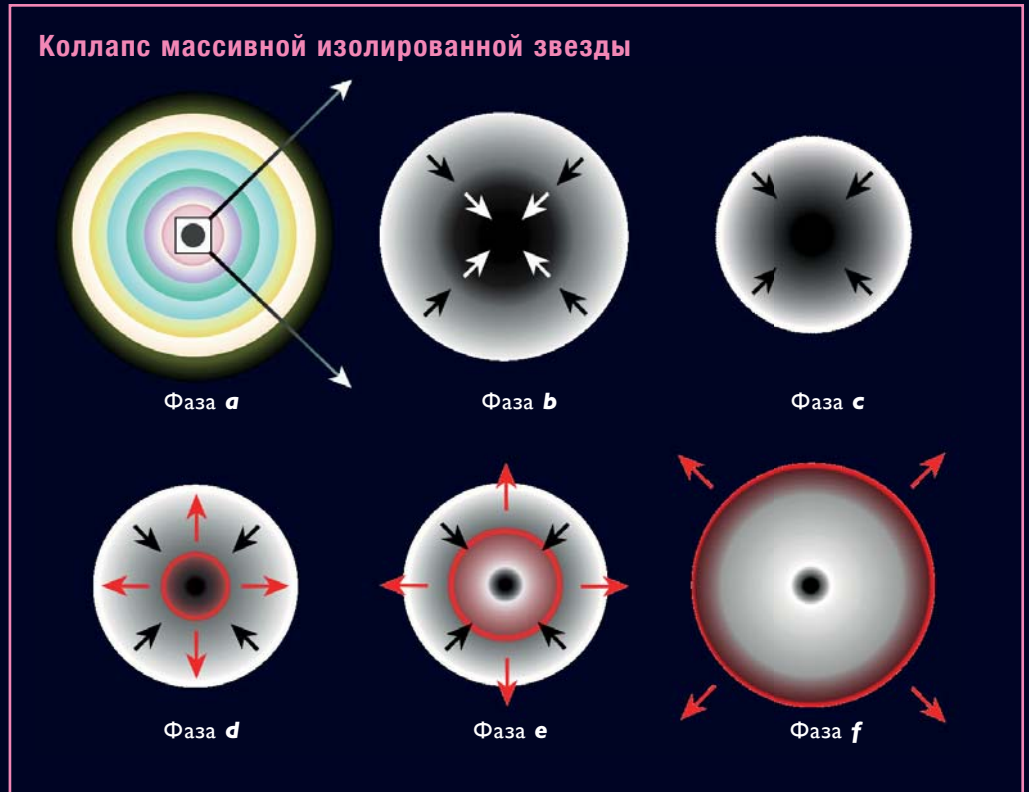


◀ Тихо Браге (1546–1601) — один из величайших астрономов в истории, учитель Кеплера. В частности, Тихо разработал свою геоцентрическую систему, альтернативную птолемеевской. В 1572 году он наблюдал звезду (теперь мы знаем, что это была вспышка сверхновой), вспыхнувшую в созвездии Кассиопеи. Понимая по отсутствию параллакса, что этот объект не может быть близок к Земле, как, например, комета, Тихо приписал ему звездное происхождение. В своей книге «О новой звезде» (*De stella nova*), опубликованной в следующем году, он и ввел название, которое до сих пор используется для таких вспышек. В то же время Тихо Браге доказал, что небо «неподвижных звезд» на самом деле изменчиво.

▼ На карте, воспроизведенной в *De stella nova* Тихо Браге, звезда, отмеченная буквой I, — новая. Теперь астрономы обозначают эту вспышку сверхновой SN 1572.



► В сверхмассивной звезде в заключительной фазе ее жизни (фаза *a*) слияние внутренних концентрических слоев вызывает рождение железного ядра, которое затем начинает разрушаться (фаза *b*). Рост гравитационного давления ведет к образованию нейтронной звезды (фаза *c*), в ходе которого возникает обратная ударная волна, обозначенная красными стрелками (фаза *d*). Волна устремляется наружу вместе с потоками нейтрино, создаваемыми нейтронной звездой (фаза *e*). Внешние оболочки звезды сбрасываются в пространство (фаза *f*).



◄ Крабовидная туманность — все, что осталось от взрыва сверхновой в 1054 году. Хотя в средневековых летописях западного мира никаких записей об этом событии нет, у арабов и китайцев подобные упоминания найти можно. Летом 1054 года блеск сверхновой должен был превысить звездную величину  $-5$ . Туманность, возникшая в результате этой катастрофы, имела диаметр в 6 световых лет и видимую протяженность на небесной сфере  $6' \times 4'$ . В 1968 году внутри нее был обнаружен пульсар, возникший в ходе того же мощного взрыва. Астрономы убеждены, что это была сверхновая II типа, вспыхнувшая в результате коллапса ядра звезды, по меньшей мере в девять раз более массивной, чем Солнце. Ее спектр должен был отличаться очень широкими линиями излучения водорода; сверхновые типа Ia показывают в спектре линии поглощения кремния, а тип Ib характеризуется линиями нейтрального гелия.

# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ VI

## Клавдий Птолемей

Клавдий Птолемей, египетский астроном II века н.э., в своем главном труде «Альмагест» сформулировал самую устойчивую астрономическую доктрину в истории. Она оставалась практически неизменной в течение 1300 лет, хотя на Западе о ней забыли на несколько столетий, пока в середине XII века арабские и византийские астрономы ее не возродили. В основе этого свода всех греческих астрономических знаний лежали труды Гиппарха Никейского. Первые две книги содержат научные основы, из которых развивается остальная часть фундаментального трактата. За ними следуют описания движений Солнца, Луны и планет, а седьмой и восьмой тома посвящены неподвижным звездам и включают древнейший дошедший до нашего времени звездный каталог.

Другой важной работой Птолемея была его «География». Как и «Альмагест», она начинается с теоретического введения, в котором закладываются математические основы труда. В главной части книги перечислены 6345 локаций с их координатами, а в конце даже есть несколько карт, представляющих весь обитаемый мир.



▲ Система Птолемея была ориентиром для астрономов, астрологов и мореплавателей до самой эпохи Возрождения. Портрет Клавдия Птолемея XV века, был помещен среди изображений великих мыслителей древности в мастерской Федерико да Монтефельтро в Урбино, что свидетельствует о восхищении, которое вызывал у просвещенных людей Нового времени этот блестящий астроном, математик и географ.



◀ В аристотелевской системе неподвижная Земля находится в центре Вселенной, а вокруг нее планеты, Луна и Солнце описывают идеальные круговые орбиты. Эта модель не могла объяснить все наблюдаемые явления. Птолемей, сохранивший основную структуру Аристотеля и развивший идеи Аполлония Пергского, выступал за то, что круговые движения происходят вокруг различных геометрических точек. По его теории, планета ежегодно движется по малой окружности, называемой эпициклом, центр которой лежит на большом круге, деференте. Земля не находится точно в центре деферента; равномерность углового движения относится только к так называемому экванту. Вся эта сложная сеть движений, кругов и точек была необходима, чтобы не допустить предположения, что орбиты планет могут быть эллиптическими.

## Антильские острова — не Канарские острова

По всей вероятности, в источниках, использованных Птолемеем для его «Географии» (особенно в трудах Гиппарха), «счастливыми островами» назывались Антильские, а не Канарские острова, которые считались западным краем ойкумены (обитаемого мира). Эта путаница заставила Птолея ошибиться в расчетах на  $1^\circ$  долготы в пересчете на реальные расстояния; тем самым он отошел от гораздо более точных и близких к реальности результатов Эратосфена. Ошибка Птолея, допущенная несколькими его предшественниками, показывает, насколько строгой и развитой была эллинистическая наука во времена Гиппарха.



Математические географы получали данные от мореплавателей. Точность этой информации, относящейся примерно ко II веку до н.э., позволяет предполагать, что некоторые путешественники достигли Нового Света задолго до Христофора Колумба. Данной гипотезы придерживается и историк науки Лучио Руссо, автор книги «Забывтая Америка», вышедшей в 2013 году.

▼ В «Географии» Птолея представлены две карты ойкумены (обитаемого мира) в разных проекциях. На второй меридианы представляют собой дуги окружности.

▼ Ойкумена разделяется на части и ограничивается тремя главными параллелями: Туле на севере ( $63^\circ$  с.ш.) и Антимероз на юге ( $16^\circ 25'$  ю.ш.) равноудалены от третьей, расположенной посередине. Западный предел ойкумены проходит по Канарским островам, а восточный лежит в Индокитае.

▼ Существует 27 карт Птолея из восьмой книги «Географии», и на каждой из них указаны места, перечисленные в предыдущих книгах, с указанием широты и долготы.



# Созвездия

Животные, боги, герои, предметы... Их образы древние цивилизации (и не только они) видели в конфигурациях неподвижных звезд на небесном своде, которые начали называть созвездиями.

Созвездия используются и сегодня — как ориентиры для определения местонахождения небесных объектов и для удобства их классификации. По названиям созвездий можно судить и о людях, которые их изобрели: об их мифах, культуре и научных знаниях. Первыми получили имена созвездия, наиболее полезные для земледелия и ориентации на местности. Для оседлых народов незаменимы были созвездия зодиака, где проходили великие светила (Солнце и Луна) и планеты: по их восходам и заходам на протяжении года определялись сезоны и циклы посева и сбора урожая. Но если нужно было проложить путь, древние мореплаватели смотрели на самые яркие звезды и на те созвездия, в которых таких больше всего.

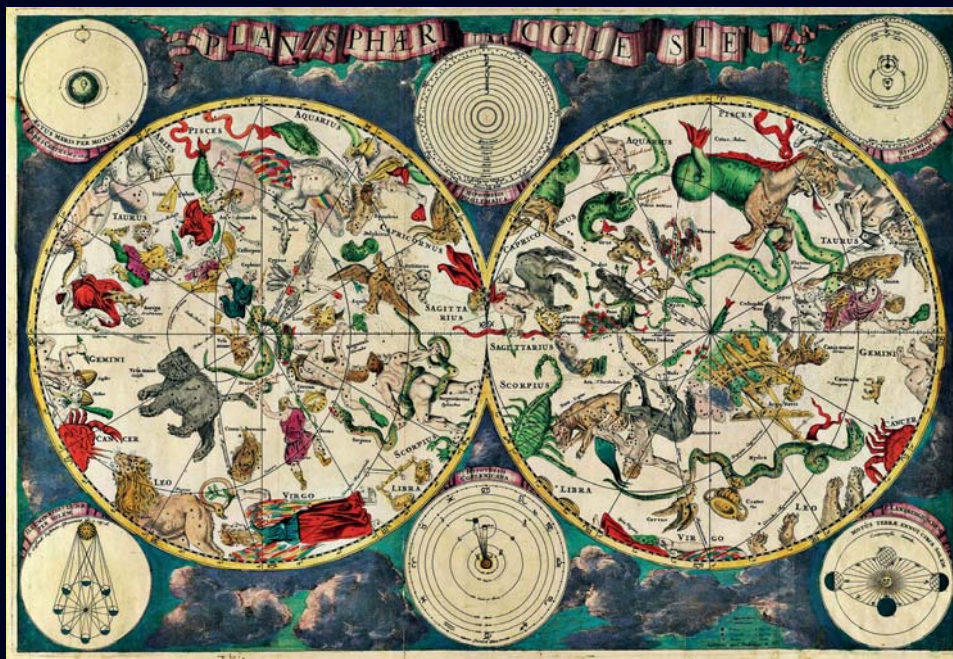


▲ В «Книге неподвижных звезд» персидского астронома Абд ар-Рахмана ас-Суфи (903–986) описаны или зарисованы основные наблюдаемые созвездия, а также дан очень богатый и подробный каталог основных небесных объектов, в том числе некоторых туманностей.



◀ Небесный глобус с созвездиями.

Прообразом для этого научного инструмента Нового времени, подлинного произведения искусства, послужили каменные сферы, созданные первыми греческими астрономами. Помимо звездных конфигураций, на таком глобусе довольно примитивным способом изображались координаты, основанные на видимом движении Солнца (эклиптика или небесные меридианы), но распространявшиеся и на другие части неба (полюсы или небесный экватор).



▲ Созвездия с названиями на испанском языке. Знаки зодиака выделены желтым цветом. Термин «зодиак» происходит от греческого *zōon* — «живое существо». Единственное исключение — созвездие Весов: оно не является животным. Его добавили в зодиак во времена Юлия Цезаря, чтобы заменить созвездие Хелес, часть более позднего созвездия Скорпиона.

◀ Художественные изображения созвездий помогают распознать те из них, которые многим могут показаться просто звездными узорами, не вызывающими особых ассоциаций. Но в некоторых случаях ассоциации напрашиваются сами собой, как в очертаниях созвездий Скорпиона, Льва и Северной Короны.

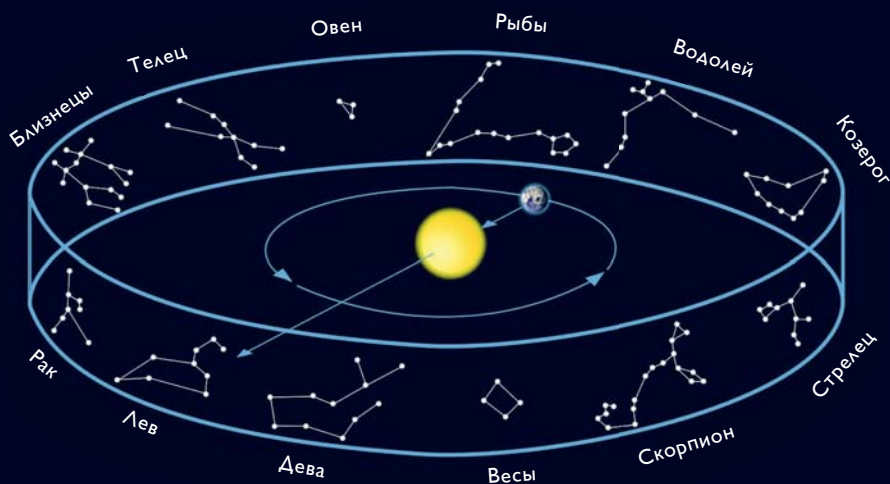
# Зодиак

Термин «зодиак» с греческого переводится «круг животных»: изначально его знаки считывались как образы некоторых животных и мифических существ.

По видимым движениям Солнца, Луны и планет древнейшие цивилизации пытались понять, какое влияние эти блуждающие небесные объекты оказывают на людей, переходя из одного созвездия в другое. Люди древности пришли к выводу, что и сам по себе зодиак влияет на земную жизнь (и это оказалось верно в смысле годичного движения Солнца и смены сезонов, при которой меняется погода и количество дневного света).

Зодиак — полоса вокруг небесной сферы шириной  $18^\circ$ , условно делится по длине на 12 частей — «знаков», по  $30^\circ$  на знак, хотя соответствующие знакам созвездия на воображаемой зодиакальной ленте занимают другие позиции.

► Египетская звездная карта I века до н.э., известная как Дендерский зодиак, включает и зодиакальные созвездия, но они лишь частично совпадают с дошедшими до нас названиями и их греческой интерпретацией. На карте можно обнаружить с небольшими изменениями, Овна, Тельца, Скорпиона и Козерога. Однако другие знаки имеют вид египетских божеств, поэтому прямого соответствия с теми образами, которые знаем мы, нет.

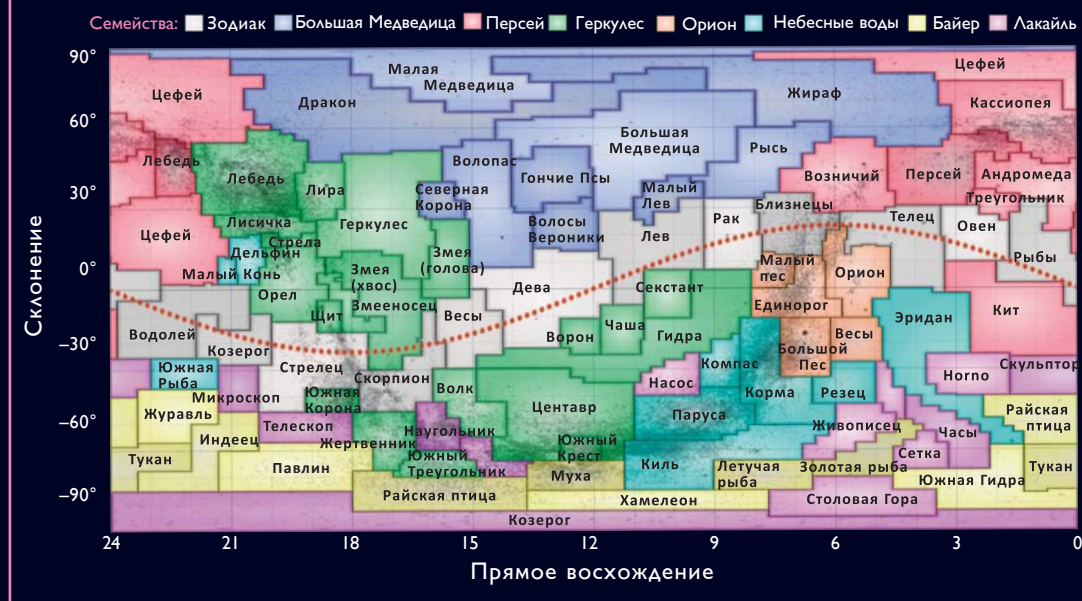


▲ Видимый путь Солнца, пересекающего весь Зодиак за один год, на деле отражает околосолнечное вращение Земли. Учитывая, что ширина знака  $30^\circ$ , Солнце проходит каждый из них примерно за месяц.

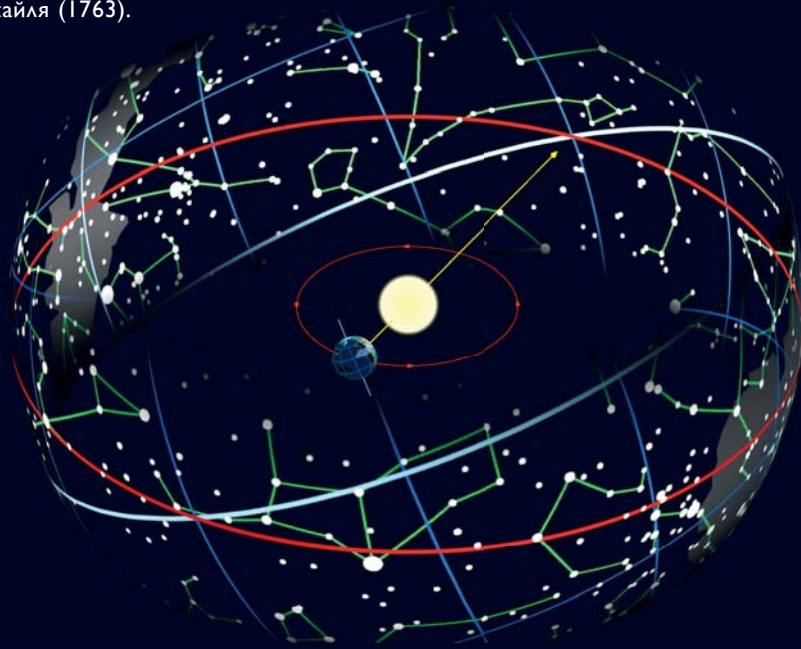


► Разные значения склонений у разных зодиакальных созвездий — прямое следствие наклона эклиптики к экватору. Два созвездия, пересекающие небесный экватор (склонение  $0^\circ$ ), — это Дева и Рыбы: когда Солнце находится в этих созвездиях, наступают равноденствия. Солнцестояния встречаются на минимальном и максимальном склонении: летнее между Скорпионом и Стрельцом, зимнее — между Близнецами и Тельцом. Цвета обозначают группы созвездий, классифицированные в соответствии с периодом, в который они были установлены: от самых старых, зодиакальных и циркумполярных, до тех, которые были установлены в результате наблюдений Иоганна Байера (1603) и Николя-Луи де Лакайля (1763).

### Расположение зодиака между семействами созвездий



▼ Великолепные астрономические часы в Праге — наиболее выдающийся образец механического зодиакального календаря, популярного в Средние века и в эпоху Возрождения. В одном из его квадрантов представлены пути Солнца и Луны относительно Зодиака.



▲ Абстракция окружающей Землю небесной сферы бесконечного радиуса необходима для расчета положений объектов, движущихся по небу. Красный ободок — эклиптика, составляющая с экватором угол более  $23^\circ$  относительно оси суточного вращения.

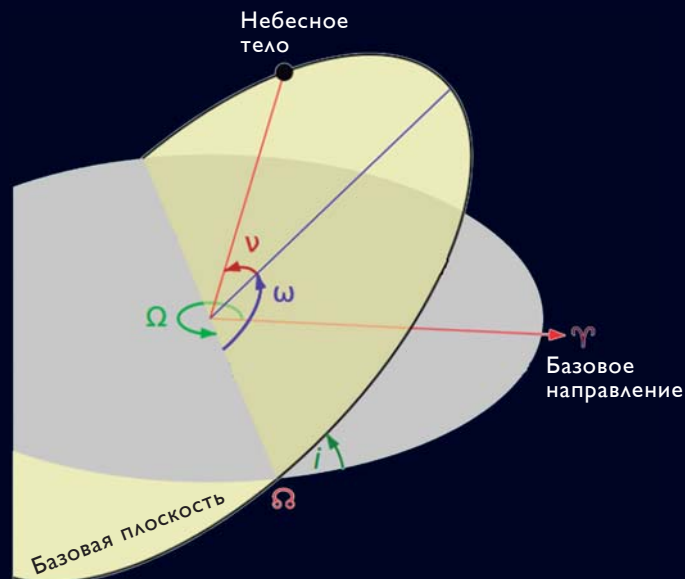


# Планеты

Астрономы еще несколько десятилетий назад доказали, что планеты — очень распространенные небесные тела в нашей Галактике.

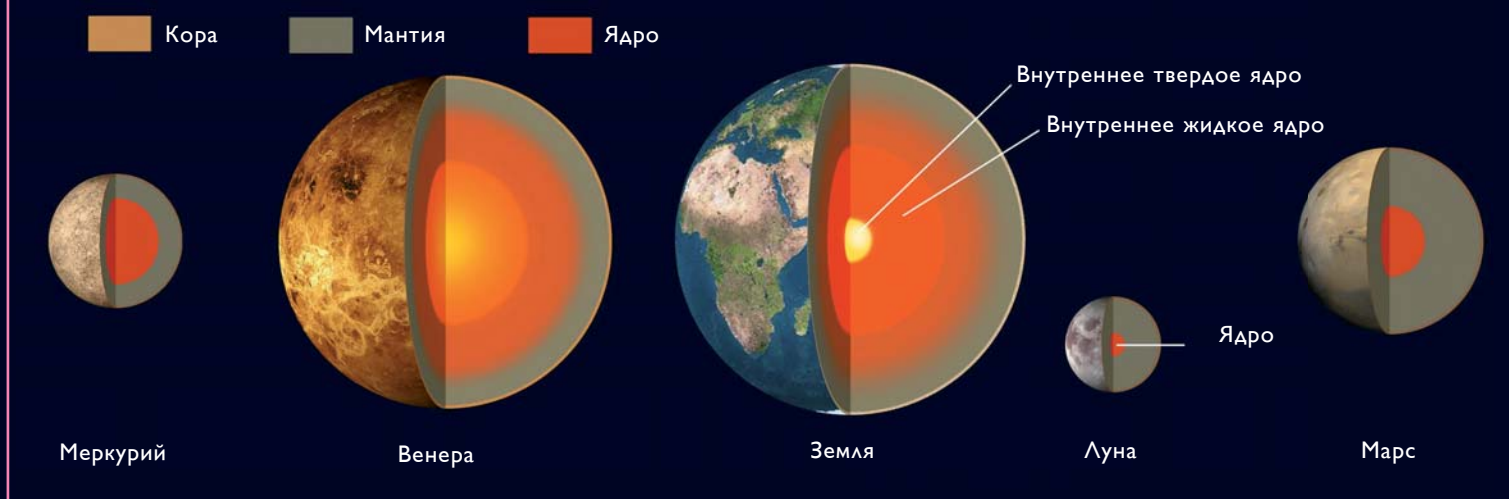
Планета — сфероидальное тело, которое обращается вокруг звезды; его масса слишком мала, чтобы внутри него могли начаться реакции термоядерного синтеза, то есть оно не излучает собственного света. В переводе с древнегреческого «планета» значит «блуждающая»: эти светила, на первый взгляд очень похожие на звезды, медленно перемещаются по небесной сфере. Свет, который доходит от них, представляет собой отраженное солнечное излучение (отношение отражаемого от поверхности планеты светового потока к падающему на нее, называется «альбедо»).

▼ Восемь планет Солнечной системы обычно делятся на две группы: орбиты четырех внутренних каменных планет намного ближе к Солнцу, чем орбиты четырех внешних планет, гораздо более крупных и схожих друг с другом по строению: у них нет твердой коры, и в основном они состоят из газа. На рисунке — внутренние планеты, воспроизведенные в масштабе; в разрезе видно четкое деление внутренней структуры всех четырех планет на кору, мантию и ядро.

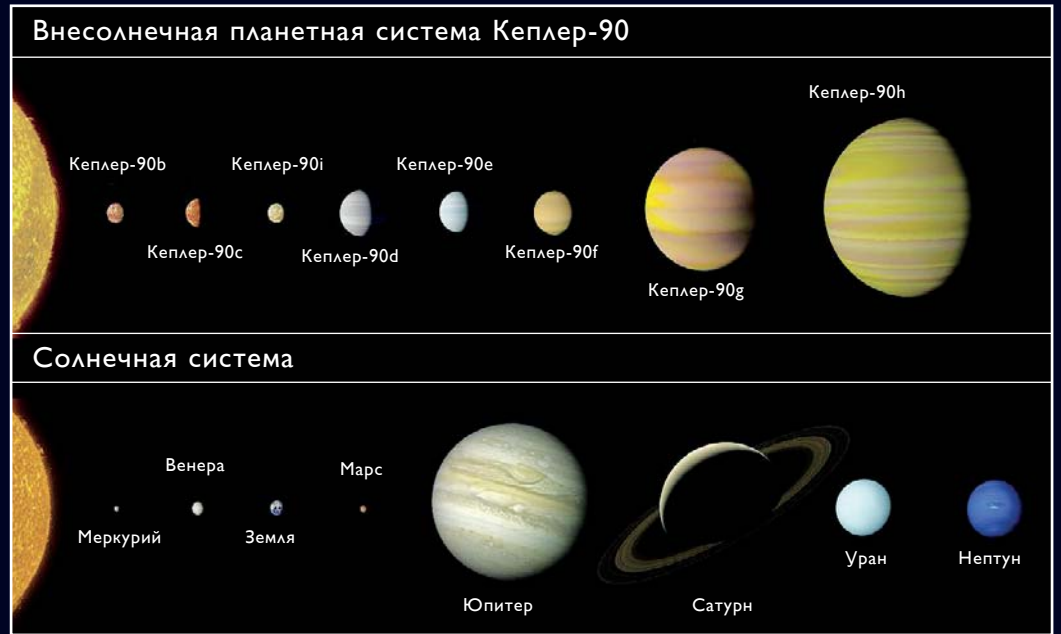


▲ Орбитальные параметры, необходимые для точного установления орбиты планеты, происходят из трех законов Кеплера и определяются ньютоновской теорией тяготения. Истинная аномалия ( $v$ ) фиксирует положение объекта на орбите в зависимости от времени; остальные — наклонение ( $i$ ), долгота восходящего узла ( $\Omega$ ), аргумент периастра ( $\omega$ ), эксцентриситет и период обращения. Без этих шести параметров, присущих любому вращающемуся объекту в системе двух тел, невозможно восстановить его видимую траекторию на небесной сфере.

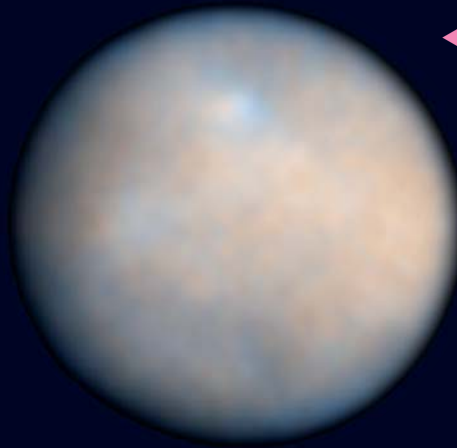
## Внутренняя структура твердых планет Солнечной системы



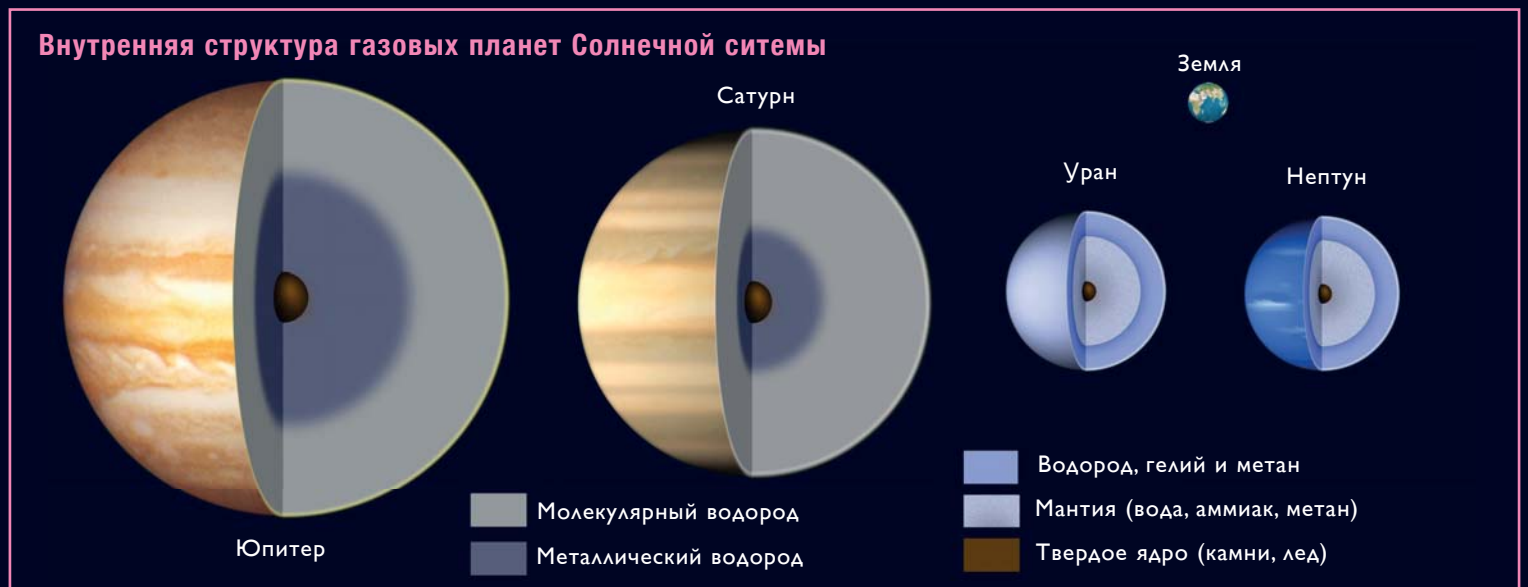
▶ Лишь недавно астрономы научились открывать планетные системы у звезд. Кеплер-90, после того как в ней открыли восьмую планету, стала первой внесолнечной планетной системой с таким же количеством известных планет, как в нашей. На рисунке схематически показаны обе эти планетные системы. Хорошо заметны различия в структуре и размерах между соответствующими компонентами систем.



▼ Гигантские планеты Солнечной системы (Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун) в значительной степени состоят из газа, хотя, скорее всего, имеют каменное ядро. Нижняя граница массы для планет такого типа: в 10 раз больше массы Земли и в 70 раз меньше массы Юпитера. Высокая температура и давление внутри такого небесного тела могут инициировать ядерные реакции, которые превратят его в маленькую звезду. Для газового гиганта характерны внезапные и неравномерные изменения внешнего вида поверхности: поскольку она жидкая, на ней видны видоизменяющиеся линии и пятна.



◀ В 2006 году малая планета Церера, расположенная в поясе астероидов между орбитами Марса и Юпитера, была внесена в список карликовых планет вместе с ранее считавшимся внешней планетой Плутоном и другими подобными космическими телами. Они обладают достаточной массой, чтобы иметь почти сферическую форму, в отличие от астероидов.



# КОМЕТЫ

Истинная природа комет была окончательно разгадана во времена Исаака Ньютона: астрономы Джон Флемстид и Эдмунд Галлей установили, что это небесные тела, обращающиеся вокруг Солнца, а не «атмосферные явления», как считалось ранее. Сам Ньютон, которого убедили только свидетельства, представленные этими двумя астрономами, описал роль комет в Солнечной системе в изложении своей теории всемирного тяготения, опубликованном в знаменитых «Математических началах» (1687).

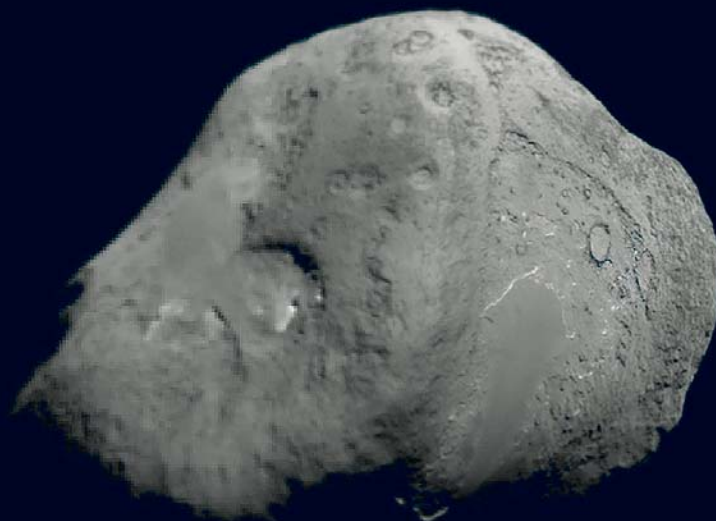
Сегодня мы знаем, что эти впечатляющие объекты — ледяные тела, которые быстро приближаются к Солнцу, оставляя за собой светящийся хвост из пыли и еще один, менее заметный, — из плазмы.



◀ Орбита кометы может быть эллиптической (хотя и гораздо более эксцентрической, чем у планет), параболической или гиперболической. Часто она не находится в общей плоскости планетных орбит, поэтому кометы можно наблюдать в очень удаленных от эклиптики созвездиях.



▲ На гобелене из Байё изображена очень яркая комета, появившаяся незадолго до битвы при Гастингсе, в 1066 году. Это периодическая комета Галлея (с эллиптической орбитой), циклическое возвращение которой к Солнцу и Земле фиксируется примерно каждые 76 лет.



▲ В 2005 году зонд NASA Deep Impact приблизился к ядру периодической кометы 9P/Tempel, открытой в 1867 году. Эта же комета встретила во второй раз, уже зонду Stardust, в 2011 году. Обе миссии позволили тщательно проанализировать вещества и строение малого небесного тела, которое, как оказалось, состоит из силикатов, карбонатов, смектита, сульфидов металлов, углеводов и аморфного углерода.



▲ Величественное и в то же время пугающее зрелище развернувшегося в небе хвоста кометы с древних времен вызывало у людей трепет и считалось плохим предзнаменованием. Но знаменитая Вифлеемская звезда, возвестившая о рождении Иисуса Христа, была не кометой (как многие считают), а соединением планет. В этой ошибке, может быть, виноват художник Джотто, который добавил увиденную им комету Галлея к сцене Рождества, написанной в Капелле Скровеньи в Падуе.

▲ В июле 1994 года периодическая комета Шумейкеров — Леви 9 и планета Юпитер участвовали в очень редком и захватывающем событии. После того, как за несколько лет до этого комета прошла через орбиту Юпитера, она была захвачена его притяжением и в итоге упала на поверхность газового гиганта, расколовшись на несколько частей. Катастрофический эффект от столкновения кометы с атмосферой самой крупной планеты Солнечной системы был прекрасно виден с Земли даже в небольшие телескопы.

► Одним из самых полезных инструментов для охотников за новыми кометами, без сомнения, является альт-азимутальная монтировка, которая идеально сочетается со светосильным телескопом. Такое объединение ценных характеристик очень облегчило систематические обзоры неба. Для упрощения тяжелой и кропотливой поисковой работы у телескопа устанавливали удобное сиденье, чтобы человек не слишком уставал, проводя длительные сеансы наблюдений. На фото: инструмент, которым пользовался немецкий астроном Иоганн Георг Репсольд (1770–1830).



# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ VII

## Средние века: исламская астрономия

Астрономическая наука мусульман не только вобрала в себя знания греков и индийцев, но и стала уникальной дисциплиной со строгим математическим фундаментом. К популярной астрономии, вдохновленной Кораном, были добавлены теоретический подход и результаты наблюдений, изложенные в трактатах зиджи. В Средние века все это по праву считалось настоящим авангардом науки.

«Альмагест» Птолемея был переведен на арабский язык в VIII веке н.э. и спровоцировал огромное количество комментариев, которые не ограничивались простым резюмированием, а содержали детальную критику, исправления, дополнения и обновления исходного текста. Наиболее значимые правки внесли Альхазен (ибн аль-Хайтам, XI век), Насир ад-Дин ат-Туси (XIII век) и аль-Шатир (XIV век) — их исследования, вероятно, повлияли на самого Коперника. Произведения Птолемея были не единственными, переведенными на арабский язык. Мусульманские ученые были знакомы и с работами Аристарха, греческого астронома, отца гелиоцентризма, хотя арабская астрономия продолжала быть строго геоцентрической.

О том, что исламская наука оставила в истории глубокий след, свидетельствуют многочисленные технические термины, используемые до сих пор (зенит, надир, азимут и т.д.), и названия многих звезд (Альдебаран, Вега и т.д.).

▶ Арабские астролябии не просто имитируют греческие прототипы: они содержат технические и конструктивные усовершенствования, которые облегчают и улучшают работу. После аль-Фазари (VIII век) изменения в исходную модель астролябии также внесли перс аль-Хабаша, один из первых мусульман, аль-Хорезми, аль-Фаргани (IX век) и андалузец аль-Заркали (XI век). Все они возглавляли крупные школы теоретической и практической астрономии.



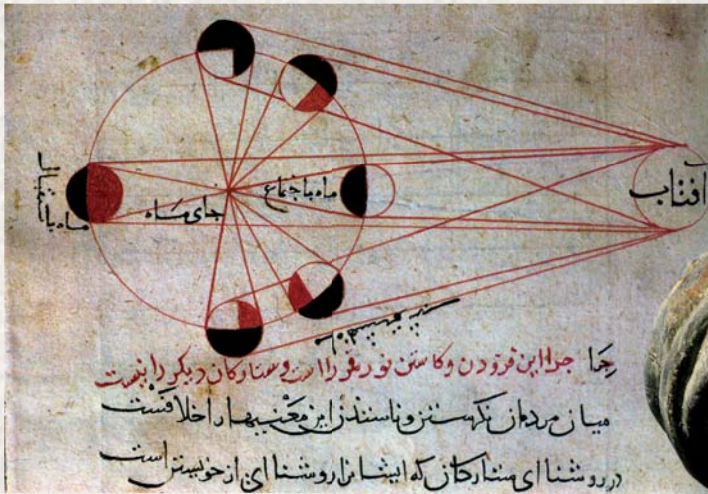
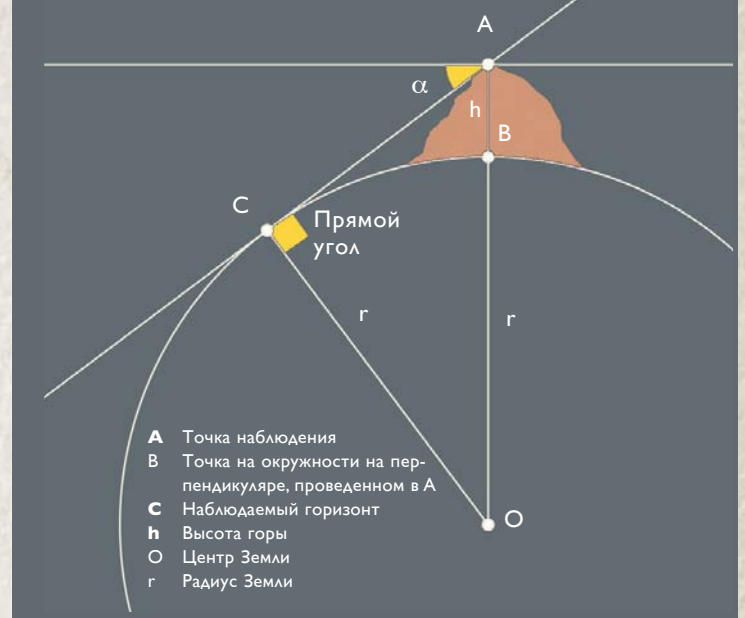
▲ Индийские астрономы, наблюдающие за звездами. Их влияние на исламскую математику и астрономию было чрезвычайно велико: во второй половине VIII века через посольство синдов при дворе аль-Мансура распространились санскритские астрономические тексты в арабском переводе аль-Фазари. Со временем они стали основными первоисточниками исламских трактатов по астрономии вплоть до позднего Средневековья (наряду с греческой научной литературой).

▶ Аль-Бируни (XI век) разработал новый тригонометрический метод вычисления радиуса и окружности Земли, основанный на измерении угла между линией реального горизонта (AC), наблюдаемой с вершины горы известной высоты (h), и перпендикуляром к вертикали наблюдателя, проходящей через центр Земли (AO). Полученные таким образом результаты были точнее результатов Эратосфена.

▶ Резной металлический небесный глобус персидского производства, на котором выгравированы важнейшие созвездия и сетка сферических координат. Этот инструмент заменил каменные сферы первых греческих астрономов. В Европе искусство изготовления подобных глобусов достигло наивысшего расцвета между XVII и XVIII веками.



## Измерение радиуса Земли по Аль-Бируни



▲ Графическое описание лунных фаз, предложенное аль-Бируни. Критической проблемой средневековой науки, сначала в исламских странах, а затем и на Западе, был трудноразрешимый конфликт между системами Птолемея и Аристотеля. Предпринимались различные попытки втиснуть теорию Птолемея в модель Аристотеля и привести ее в согласие с физическим миром. Альхасен решил объединить системы и, чтобы оправдать движение прецессии, предположил существование девятой сферы. Другие астрономы сохранили верность одному из двух старых подходов, например, аль-Фаргани — птолемеевскому, а аль-Битруджи — аристотелевскому.

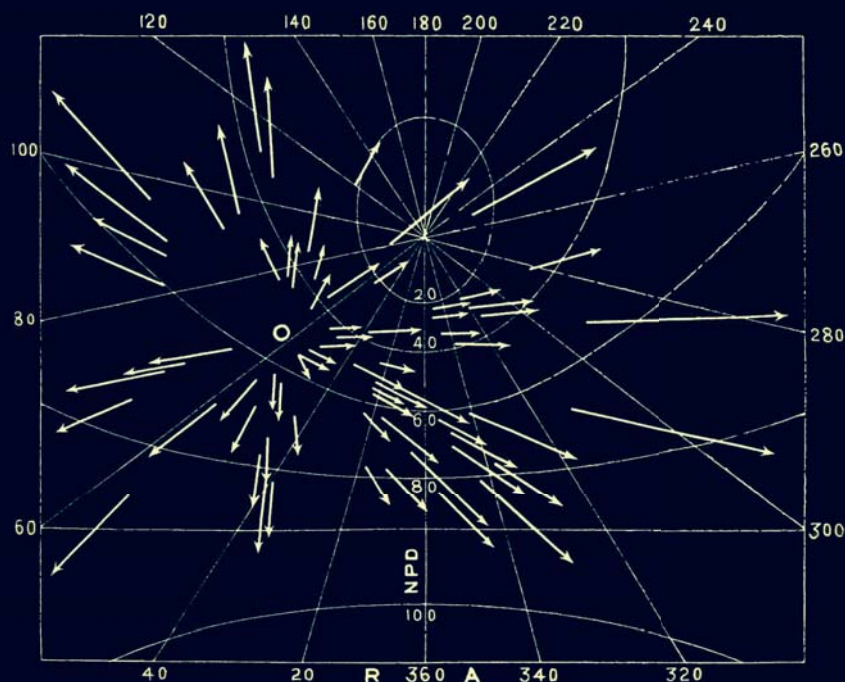
▼ Аль-Бируни, автор астрономического сборника «Канон аль-Масуди», — один из главных деятелей эпохи неповторимого культурного и научного расцвета. Он и его современники, исламские философы, математики и физики, внесли огромный вклад в развитие универсального знания. Гипотезы Альхасена в области физической оптики (XI век) буквально произвели революцию в этой дисциплине — были выведены понятия, из которых исходит вся современная оптика.



# Астероиды, метеориты и метеоры

В Солнечной системе есть миллиарды малых тел: мелких осколков, космического «мусора», появившегося в результате соударений и распадов более крупных объектов, а также тел, масса которых слишком мала, чтобы они могли принять сфероидальную форму.

Самыми крупными из таких тел являются астероиды (называемые также планетоидами), большинство из которых вращается в полосе между Марсом и Юпитером — Главном поясе астероидов. Однако многие обращаются вокруг Солнца и в других областях Солнечной системы. Некоторые из них представляют для человечества особый интерес из-за своей близости к Земле: их орбиты пересекают или могут пересечь земную. Астероиды похожи по размеру на кометы; объекты меньших размеров называются метеороидами и падают на Землю в виде метеоритов. Самые маленькие из всех — метеоры, которые сгорают в атмосфере, не долетев до поверхности планеты.



▲ Диаграмма, демонстрирующая положения, направление движения и протяженность на небе группы метеоров, принадлежащих одному источнику. Все они, как видно, исходят из общей точки, так называемого радианта — места, где земная атмосфера встречается с облаком пыли, скорее всего оставшимся от когда-то прошедшей здесь кометы. Крошечные каменные зерна горят в атмосфере из-за трения, вызывая в небе внезапную вспышку, за которой следует световой след. Такие явления происходят каждый год в определенные дни и месяцы, когда Земля, двигаясь по орбите, встречается с оставшимся в определенном месте метеорным роем. Такие «падающие звезды», разумеется, не следует путать со звездами (с которыми метеоры не имеют ничего общего) или с более крупными метеоритами, которые долетают до поверхности Земли.

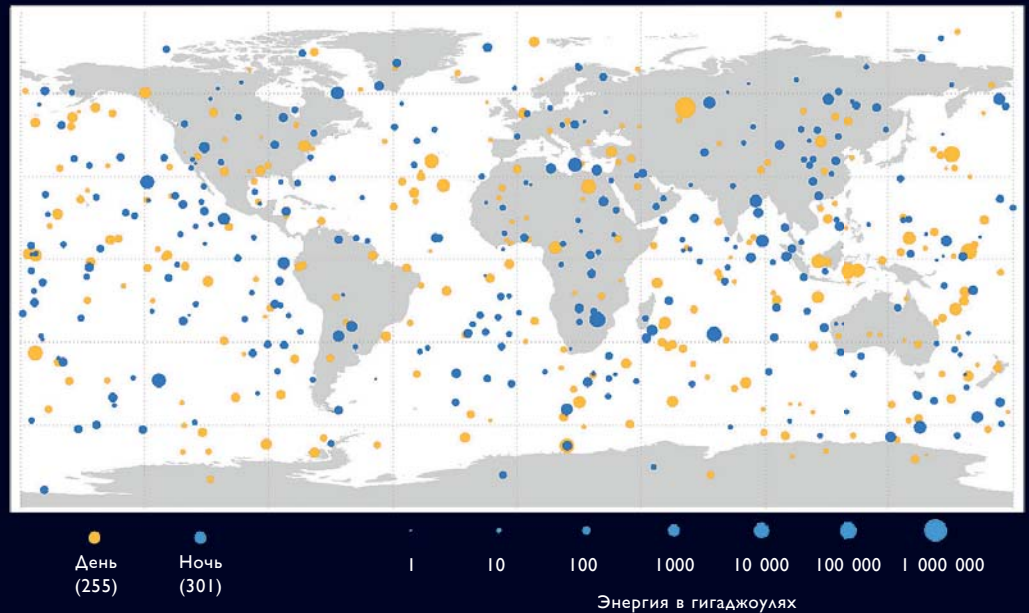


◀ Особо яркие метеоры называются болидами, хотя этот термин не является строго научным. Болиды оставляют за собой стойкий след и в некоторых случаях издают грохот или гул. Входящий в атмосферу болид может весить сотни килограммов, но и в этом случае иногда полностью сгорает в атмосфере.

► Эта карта дает представление о том, насколько часто Земля бомбардируется крупными метеоритами (болидами), и о том, какое их количество сгорело в атмосфере за последние 20 лет.

При взгляде на нее становится понятно, насколько важен этот естественный газовый барьер, который не только обеспечивает нас кислородом для дыхания и защищает от вредных космических излучений, но и задерживает большую часть сталкивающихся с Землей космических валунов. Можно взглянуть на тысячи кратеров на поверхности лишенной атмосферы Луны, чтобы понять, насколько уязвимой была бы Земля без атмосферы.

### Болиды, сгоревшие в атмосфере Земли с 1994 по 2013 год



◀ Астероиды Гаспра (вверху) и Ида (внизу), принадлежащие Главному поясу астероидов между орбитами Марса и Юпитера. Рядом с Идой — ее крошечный спутник, удерживаемый силой притяжения.

► Коричневый цвет, типичный для метеоритов, обусловлен двумя факторами: железистым составом и действием атмосферного трения, которое сжигает большую часть вещества метеорита и образует кору плавления на его поверхности.

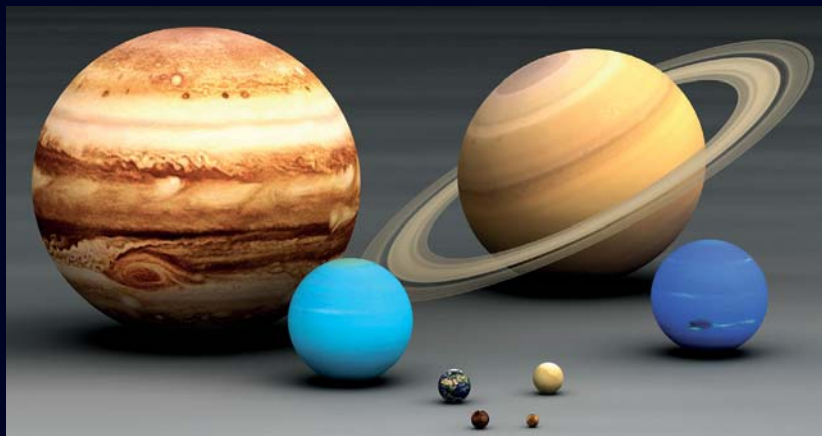


◀ Результат падения метеорита. На фото: кратер Барринджера в Аризоне. Его диаметр 1,2 км при размерах самого небесного тела не более 50 м. В пустынных местностях следы падения метеоритов сохраняются гораздо дольше: вода способствует окислению химических составляющих их вещества, в основном соединений железа, а растительность быстро скрывает изменения рельефа.

# Планетная система

Как интуитивно догадывались некоторые философы, например Эммануил Сведенборг (1688–1772) и Иммануил Кант (1724–1804), планеты формируются из тех же молекулярных облаков, которые порождают звезды. Масса планет слишком мала, чтобы внутри них могли начаться реакции термоядерного синтеза, — они остаются холодными и темными телами. Еще недавно астрономы не были уверены в существовании планет у других звезд, помимо Солнца, и только в 1995 году удалось открыть первую экзопланету в системе звезды 51 Пегаса.

Типичные черты экзопланет — малая яркость и угловое расстояние от материнской звезды — делают их прямое наблюдение исключительно трудной задачей, особенно если надо оценить их размер и структуру.



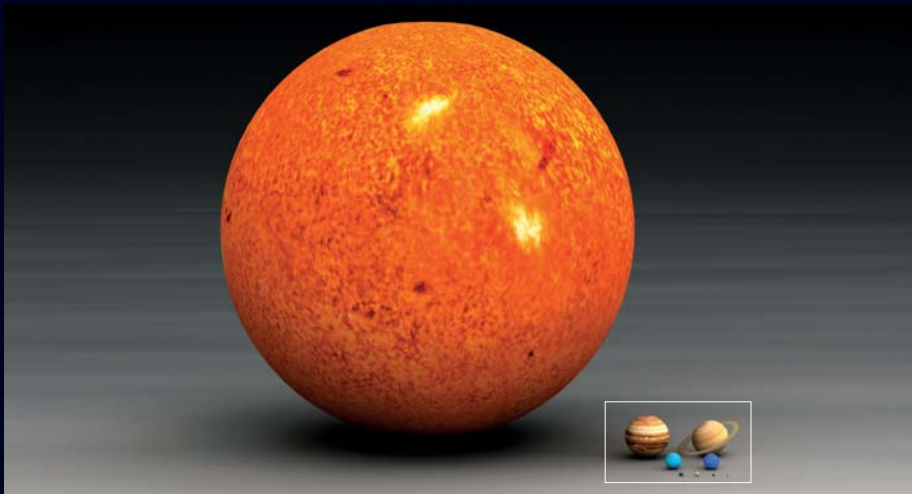
▲ Восемь планет нашей Солнечной системы очень различны по массе и размеру: масса Юпитера больше массы всех остальных планет вместе взятых, а Меркурий, самая маленькая из них, по массе в 5750 раз меньше Юпитера.



◀ Во всех планетарных системах есть орбитальная зона, где условия окружающей среды ее компонентов могут быть пригодны для жизни. Положение этой зоны может быть вычислено, в частности, по температуре материнской звезды.

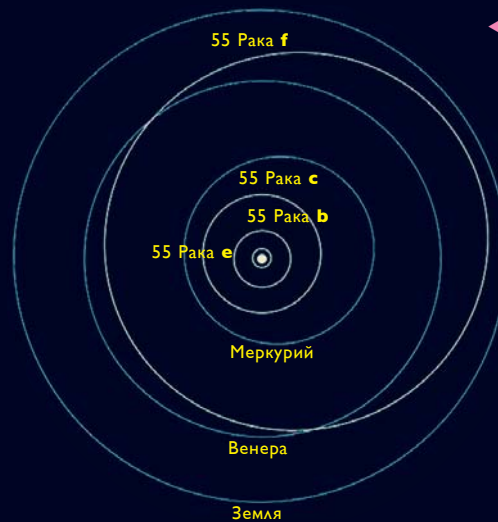


◀ Сейчас вокруг двойной звезды 55 Рака найдено пять планет. Главный компонент двойной звезды — желтый карлик — чуть меньше и холоднее Солнца. Компоненты его планетной системы — газовые гиганты 55 Рака b, c, d, e, f: четыре из них расположены ближе к материнской звезде, чем Земля к Солнцу, а пятая (55 Рака d) находится от звезды на таком же расстоянии, сколько от Солнца до Юпитера. Масса этой планеты в 3,8 раза больше массы нашего газового гиганта. Вторая звезда двойной системы, красный карлик 55 Рака b, вращается вокруг барицентра двойной системы на относительно большом расстоянии.



◀ Размеры Солнца по сравнению с размерами планет Солнечной системы — внутренние планеты кажутся крошечными точками, внешние гиганты чуть крупнее. Кроме Солнца и восьми планет, в Солнечной системе открыто пять карликовых планет, 169 спутников больших планет, почти 600 000 астероидов и более 3000 комет, а также неисчислимое количество пыли, рассеянной между планетами и за их пределами.

▼ Теперь, когда открыто так много планет в других звездных системах, воображение рисует нам экзотические, необыкновенные и, может быть, даже обитаемые пейзажи. На рисунке ниже — смоделированный ландшафт планеты в системе звезды Глизе 667 в созвездии Скорпиона, на небе которой сияют три солнца. Над горизонтом виднеется тонкий серп планеты Глизе 667с — на ней, так же как и на Глизе 667f, теоретически возможна жизнь. Иллюстрация на странице рядом — система Глизе 667 со всеми семью планетами.



◀ Если наложить в одном масштабе орбиты внутренних планет Солнечной системы на орбиты внутренних планет системы 55 Рака (в порядке увеличения расстояния от материнской звезды это Янссен, Галилео, Браге и Харриот), видно, что все четыре планеты чужой системы помещаются внутри области, ограниченной орбитой Земли. При этом у Харриота (55 Рака f) орбита очень эксцентричная — как у Меркурия.



# Гравитация

Согласно общей теории относительности, гравитация — следствие искривления пространства-времени.

Пространство-время деформируется телами, наделенными массой и (или) энергией.

В течение многих столетий под влиянием идей Аристотеля и его последователей гравитация считалась результатом внутреннего напряжения элементов, составляющих материю: земля и вода стремятся вниз; воздух и огонь вверх. Явления неба, наделенного пятым элементом, эфиром, подчинялись другим законам, и движения небесных тел были круговыми по своей природе.

В конце XVII века Исаак Ньютон окончательно развенчал этот способ представления действительности, когда ввел понятие всемирного тяготения, согласно которому один и тот же закон регулирует явления на Земле и в небе. Силы притяжения действуют на расстоянии без какого-либо видимого механического контакта; природа этих сил, несмотря на найденное Ньютоном математическое выражение их действия, ставила его в тупик, что он и выразил своим знаменитым изречением: *Hypotheses non fingo* («Гипотез я не измышляю»).

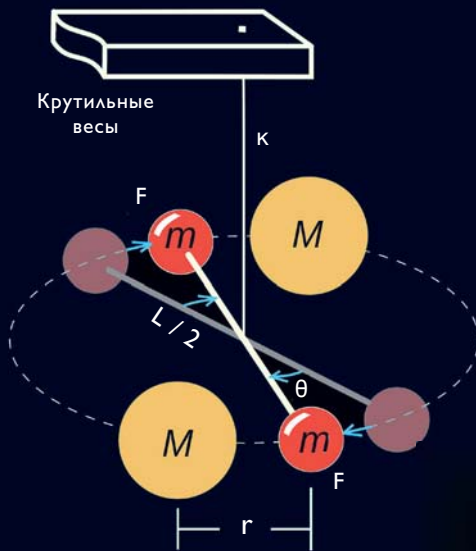
▼ Двойная система, состоящая из двух белых карликов, по мере их сближения производит все более сильные гравитационные волны, и скорость ее вращения постепенно увеличивается. Излучение гравитационных волн предсказывается общей теорией относительности.

► Свободно падающий в гравитационном поле Земли баскетбольный мяч (на который действует только сила земного притяжения) из начального состояния покоя (точка 0) будет двигаться с постоянным ускорением  $g$ , которое и называется ускорением свободного падения. На поверхности Земли ускорение  $g$  равно  $9,80665 \text{ м/с}^2$ .

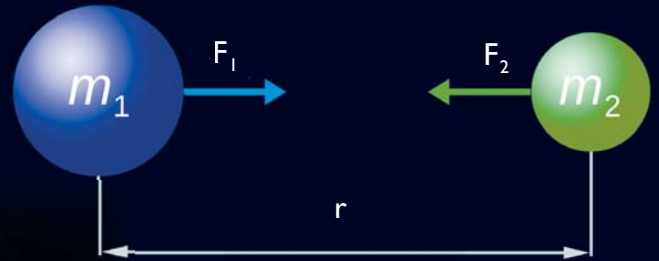


▼ Эксперимент, проведенный Генри Кавендишем в 1798 году, позволил впервые измерить в лаборатории силу притяжения  $F$  между массами  $M$  и  $m$ , а также получить более точные значения гравитационной постоянной. Элементами установки были крутильные весы и два свинцовых шара.

$\theta$  — угол отклонения от положения равновесия;  
 $k$  — коэффициент кручения;  
 $r$  — расстояние между центрами масс;  
 $L$  — длина горизонтального плеча между центрами малых масс.



◀ Чем дальше мы от Земли (или от любого другого массивного небесного тела), тем сильнее уменьшается гравитационное поле — до тех пор, пока не становится практически нулевым. По этой причине люди на орбите нашей планеты испытывают ощущение потери веса. Когда астронавты ступили на поверхность Луны, на которой ускорение свободного падения составляет  $1,62 \text{ м/с}^2$ , они ощутили серьезную разницу между ходьбой по Луне и по Земле.



► Исааку Ньютону мы обязаны формулировкой закона всемирного тяготения (опубликованного в 1687 году.), который гласит, что два тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. Буква  $G$  обозначает универсальную гравитационную постоянную,  $m_1$  и  $m_2$  — массы тел, а  $r$  — расстояние между ними.

$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$



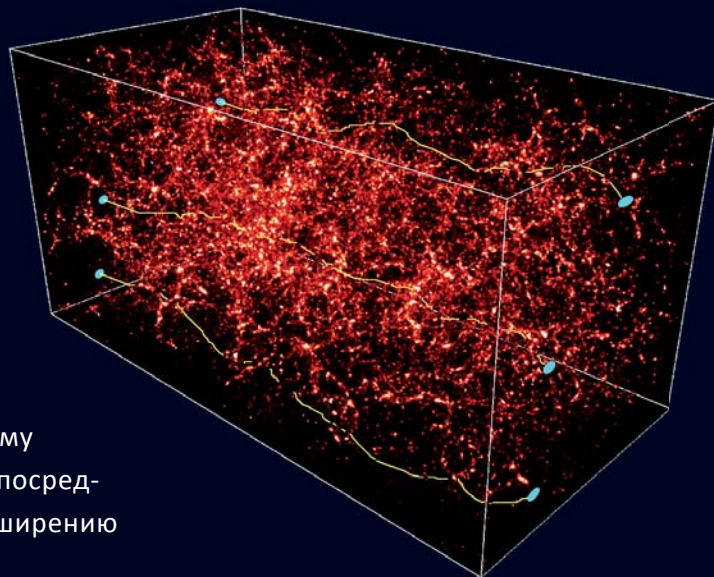
▲ Одно из главных открытий Исаака Ньютона состоит в том, что он обнаружил способность к притяжению во всех телах и выразил это свойство математически. Яблоко, которое он наблюдал в своем саду, не «упало» с дерева на землю: на самом деле два тела (яблоко и Земля) столкнулись за счет взаимного притяжения. Конечно, яблоко было бесконечно менее массивным, чем Земля, и сила притяжения, действовавшая на него, была очень мала, но Земля испытывала ровно такую же силу притяжения, как и яблоко. С другой стороны, когда два массивных тела, объединенных взаимным притяжением, не сталкиваются, они сохраняют состояние движения вокруг их центра тяжести или центра масс.

# Темная материя и темная энергия

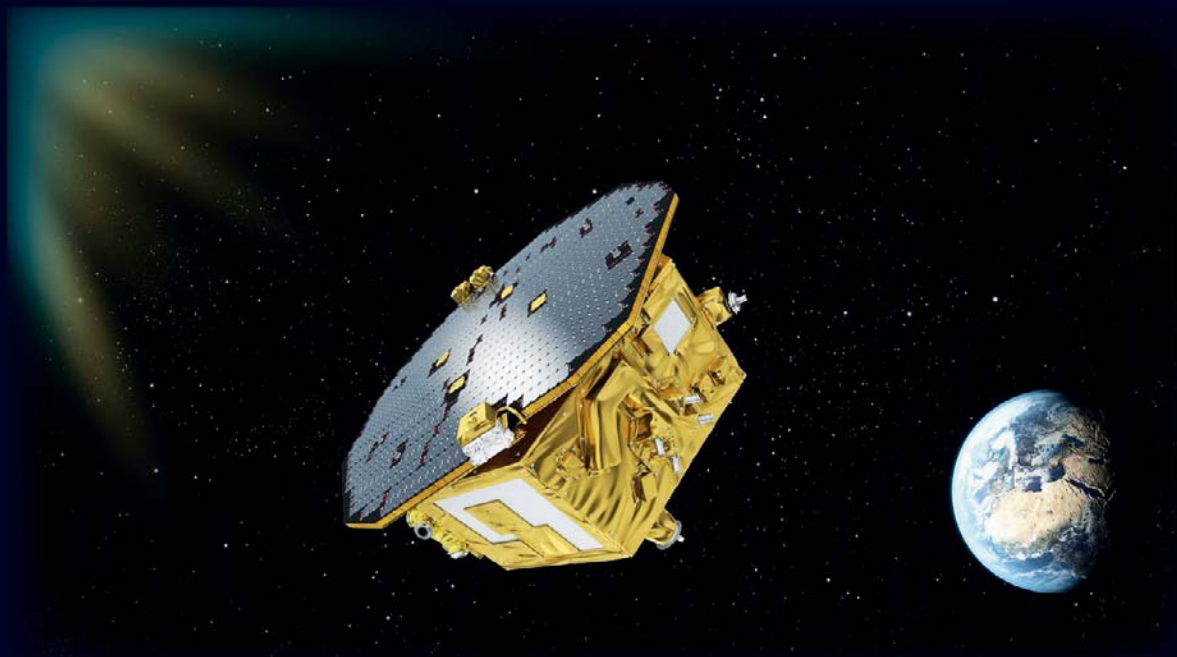
Если мы будем исходить из стандартной космологической модели, то увидим, что некоторые явления во Вселенной невозможно объяснить, не прибегая к идее материи, которая не взаимодействует с электромагнитным излучением и проявляется только своим гравитационным притяжением. Некоторые явления — такие, как аномально высокая орбитальная скорость звезд на периферии спиральных галактик или так называемые гравитационные линзы, — предсказанные общей теорией относительности и наблюдаемые там, где количество обычного вещества не в состоянии эти явления объяснить, могут быть истолкованы лишь с учетом действия невидимого вещества.

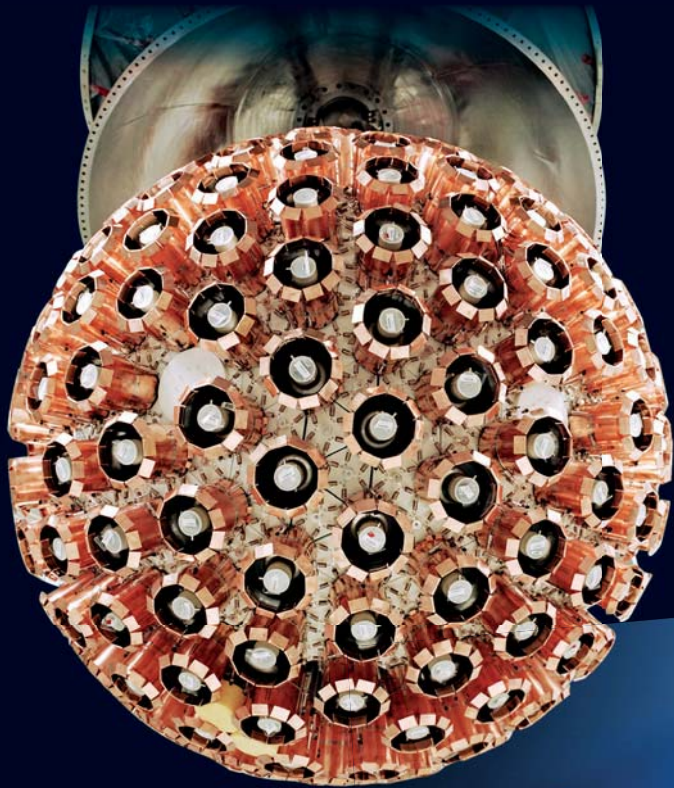
Еще одна загадка — темная энергия, рассеянная по всему космосу гипотетическая энергия, которая не поддается непосредственному обнаружению и способствует ускоренному расширению Вселенной.

▼ Когда в 2034 году в космос будет запущена миссия LISA («Лазерная интерферометрическая космическая антенна»), мы получим гораздо больше данных о гравитационных волнах, создаваемых двойными звездами в нашей Галактике, о сверхмассивных черных дырах и об их возможных столкновениях. Именно объекты последнего типа в ранней Вселенной дали начало первым квазарам, и теперь ученые пытаются выяснить, почему их рост в эту эпоху был таким быстрым.



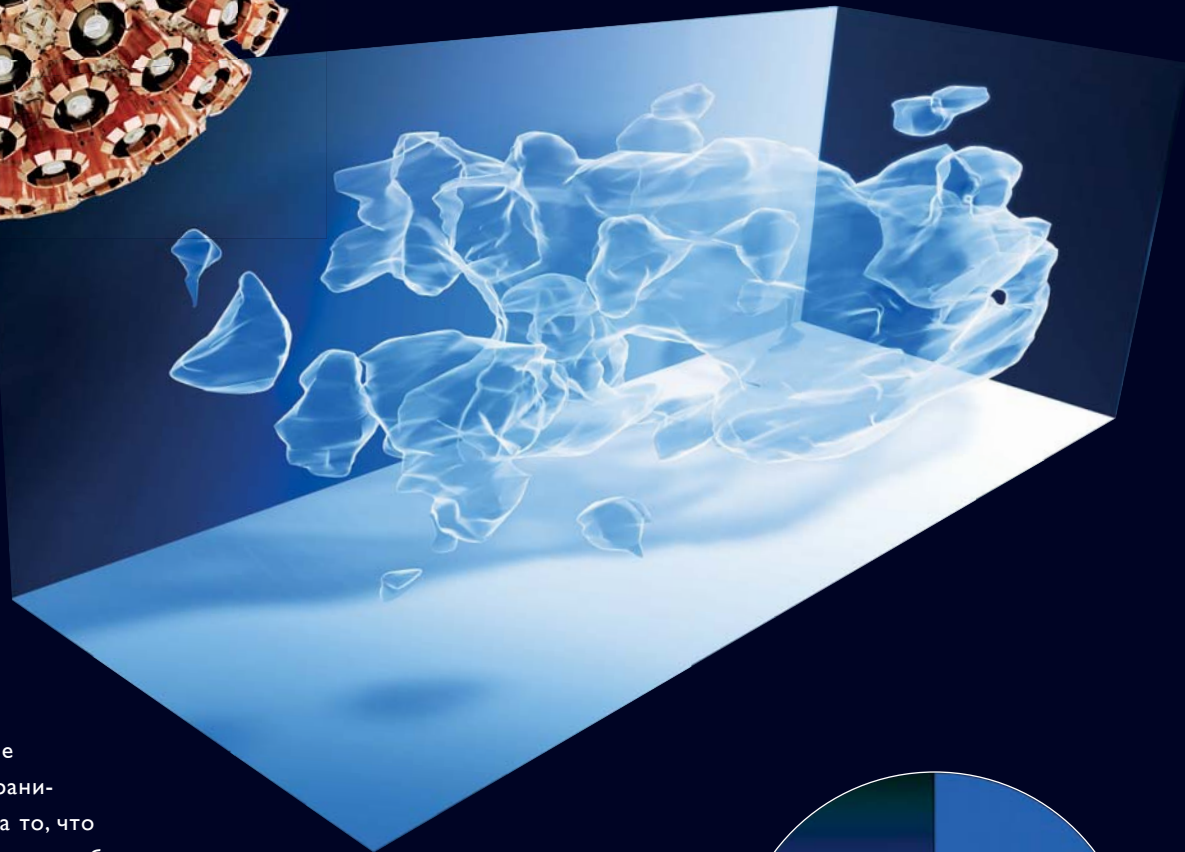
▲ Схема искажения света от очень далеких галактик огромными массами темной материи, которая непосредственно не наблюдается, но действует аналогично оптической линзе, называется явлением гравитационного линзирования».





◀ Важнейшая попытка обнаружить и изучить темную материю сейчас проводится на установке DEAP. Предполагается, что детектор сможет зарегистрировать взаимодействие частиц темной материи, анализируя форму сцинтилляционных импульсов жидкого аргона. В последней версии детектора «DEAP-3600», в которой использованы компоненты с очень низким уровнем радиоактивности, достигнута в 20 раз более высокая чувствительность, чем у любого из предыдущих приборов данного типа. Этому способствует и расположение установки: она находится под слоем скальных пород двухкилометровой толщины, который действует как фильтр для космических лучей.

▶ Построенная по косвенным измерениям трехмерная карта распределения темной материи во Вселенной. Гипотеза темной материи позволяет ответить на два принципиально важных вопроса: 1) каким образом галактики и скопления галактик успели сформироваться за столь короткое время с момента Большого взрыва, и 2) почему скопления галактик не рассеялись в пространстве, а сохранили свою целостность, несмотря на то, что видимое барионное вещество само по себе не смогло бы обеспечить достаточное для этого гравитационное притяжение.



▶ Согласно стандартной космологической модели, основанной на идее Большого взрыва, на долю обычной материи приходится менее 5% от общей массы-энергии Вселенной. Остальная ее часть, более 95%, состоит из материи и энергии неизвестных видов, которые пока не обнаружены и непосредственно не наблюдались.



# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ VIII

## Христианство и астрономия

Новые перспективы, которые в XII веке открылись благодаря переводам с древнегреческого и арабского основных астрономических текстов, а также распространению университетов, расширили горизонт науки. Это позволило западной астрономической культуре заложить необходимые основы для радикального переворота в науке, который произошел в следующем, XIII столетии и, говоря о котором, современные ученые часто проводят параллель с тем, что происходит в науке сегодня. Огромный вклад в астрономию Средних веков внесли Герард Кремонский, Иоанн Севильский, Аделард Батский, ученые Шартрской школы и многие другие носители обновленного вкуса к знаниям, основанным на чувственном опыте и естественном прочтении окружающего мира. Благодаря их трудам, новые поколения астрономов смогли начать эпоху оригинальных исследований, которые уже не зависели от религиозных и метафизических предположений и в которых роль математики снова стала существенной.

▼ В Средние века было множество трактатов по астрологии, радикально отличающейся от астрономии, — дисциплине, к которой часто относились скептически, как к обыкновенному суевию.



► Иоанн Сакробоско, парижский ученый, живший в первой половине XIII века, первым возродил вновь вернувшуюся на Запад систему Птолемея в теоретическом трактате *De sphaera mundi*. Сочинение имело колоссальный успех и до 1650 года выдержало 222 издания. Сакробоско также предложил использовать для математических операций арабские числа, которые появились на Западе совсем недавно. Чтобы минимизировать расхождения между использовавшимся календарем и реальностью, он инициировал реформу календаря, к слову, мало отличавшуюся от григорианской реформы 1582 года.

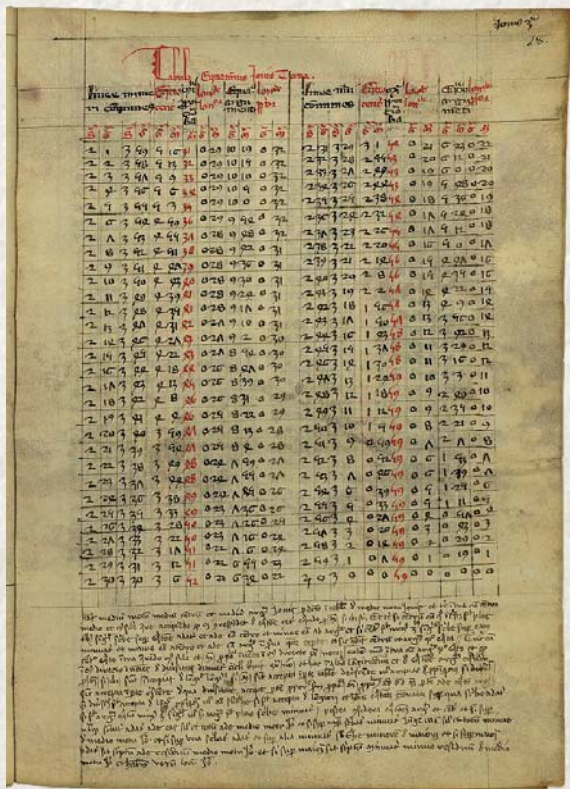


▲ Под конец Средневековья, когда в некоторых странах изучение звездного неба было запрещено законом, интерес к астрономии и наблюдениям быстро возродился. Математический и геометрический подход обрел новую жизнь благодаря таким исследователям, как Роджер Бэкон и Роберт Гроссетест.

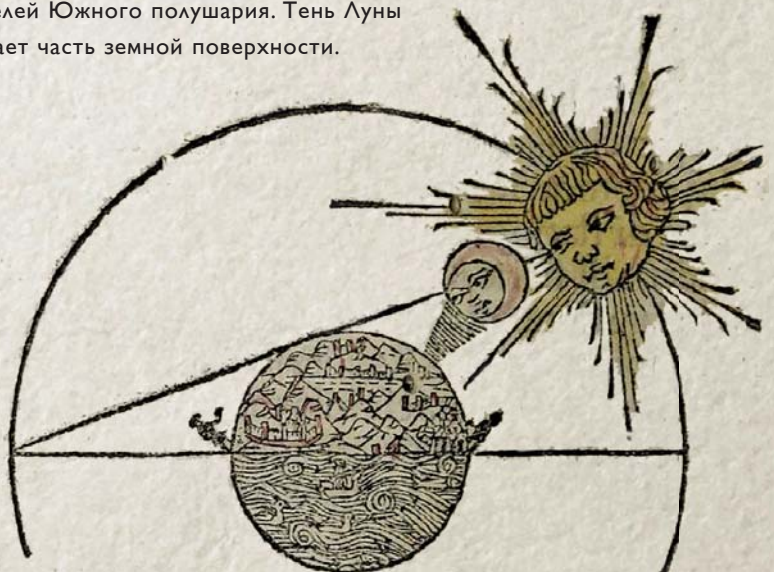


▶ Один из наиболее важных астрономических трактатов средневековой Европы — это «Пир» Данте (1307), текст, который формально продолжает традицию таких авторов, как Платон или Атеней из Накратиса, но оригинально ее перерабатывает. В нем представлена христианская космология, вдохновленная, главным образом, Птолемеевой наукой (в изложении арабского астронома аль-Фаргани) и томизмом (учением доминиканского монаха Фомы Аквинского). Философско-научная основа этого эссе найдет отражение в более поздней поэме Данте «Божественная комедия», одном из величайших творений мировой литературы. Фундаментальная роль астрономии и космологии в этом произведении проявляется в повторении слова «звёзды» в конце каждой из трех частей поэмы: это совсем не случайное стилистическое решение.

▼ Астрономические таблицы сыграли важную роль в развитии астрономии в Средние века. Они содержали эфемериды (параметры орбит, координаты и светимости) звезд и планет. Наиболее часто используемыми, благодаря их точности, были таблицы короля Кастилии и Леона Альфонсо X Мудрого, или Альфонсовы таблицы (1252).



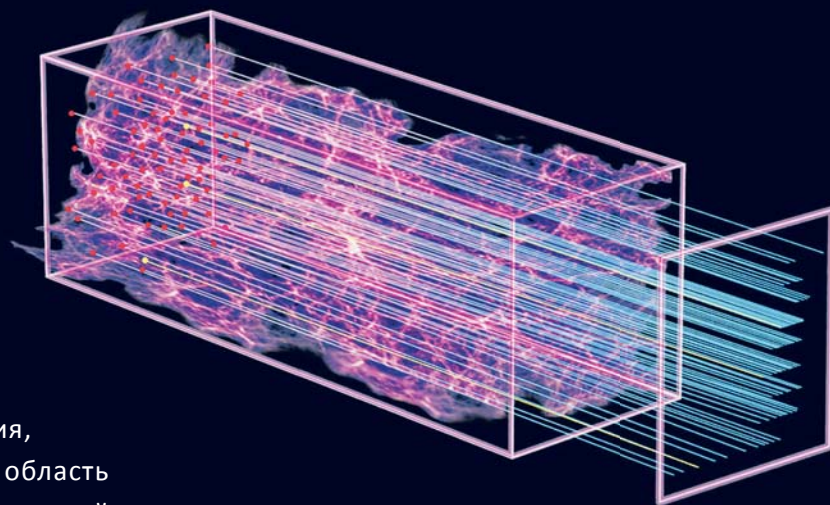
▼ На иллюстрации из печатного издания 1490 года книги Иоанна Сакробоско *De sphaera mundi* — художественное изображение солнечного затмения, соответствующее геоцентрической модели. Можно оценить сферическую форму Земли и наличие антиподов, обитателей Южного полушария. Тень Луны покрывает часть земной поверхности.



# Астрофизика

Эта наука разрабатывает физическое описание материи, присутствующей во Вселенной, и изучает генезис — формирование и эволюцию космоса в целом. Физические условия в космосе часто очень отличаются от земных, и их изучение открывает новые границы познания, недоступные для обычных лабораторий. Данная область физики стремительно развивается и привлекает крупнейших естествоиспытателей современности.

Так называемый здравый смысл, применимость которого в физике была поставлена под сомнение еще во времена Галилея, сейчас просто вынужден капитулировать перед новыми космологическими учениями, основанными на квантовой теории и общей теории относительности.

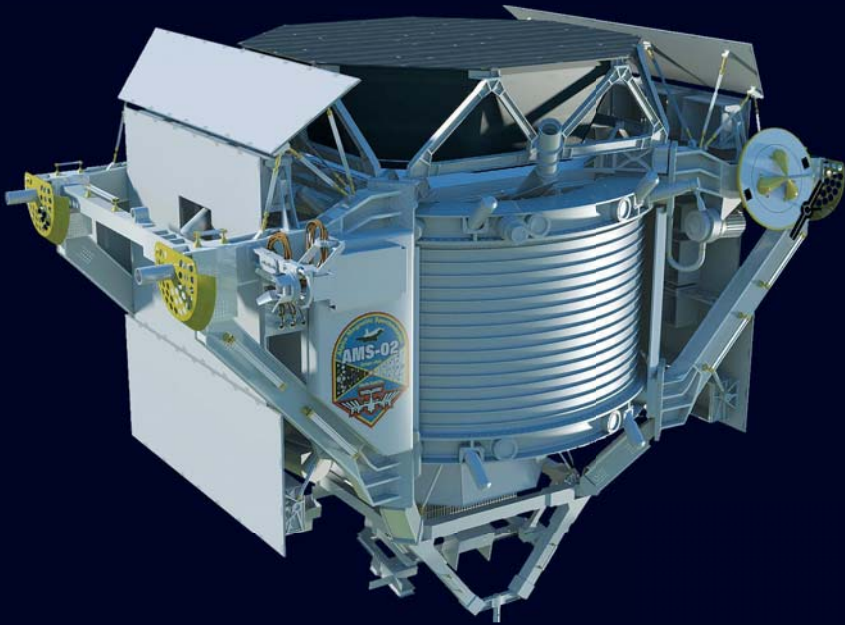


▲ Розовые точки на рисунке — далекие квазары, излучение которых по пути к Земле частично поглощается облаками водорода. Анализ спектров этих квазаров в рамках обзора BOSS позволил составить трехмерную карту этих облаков и реконструировать физические параметры квазара на эпоху около 10 миллиардов лет назад, когда влияние темной энергии не было таким сильным, как сейчас.

## Элементы во Вселенной

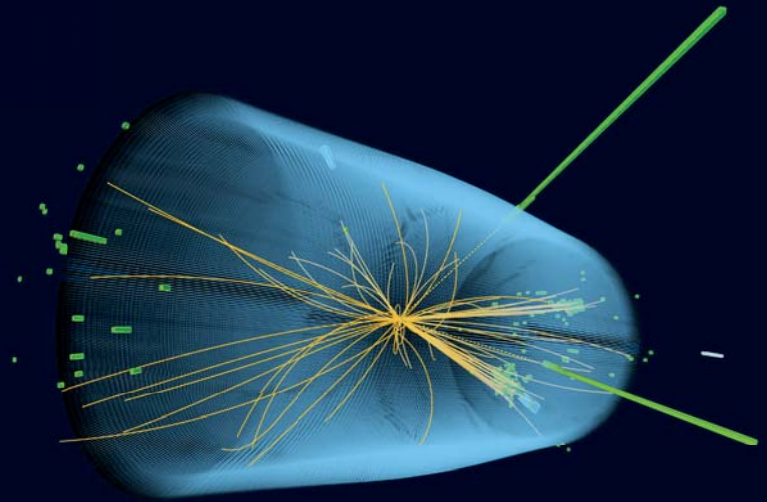
Химические элементы, существующие в природе или синтезированные в лаборатории, образуют Периодическую таблицу элементов, в которой занимают места в соответствии со своими атомными номерами и числом электронов на атомных орбиталях. Наша Галактика на 73,9% состоит из водорода (H), первого элемента в списке.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																														
1	H <sup>1</sup>			Неметаллы				Неметаллы											He <sup>2</sup>																													
2	Li <sup>3</sup>	Be <sup>4</sup>		Щелочные металлы				Переходные металлы					B <sup>5</sup>	C <sup>6</sup>	N <sup>7</sup>	O <sup>8</sup>	F <sup>9</sup>	Ne <sup>10</sup>																														
3	Na <sup>11</sup>	Mg <sup>12</sup>		Щелочноземельные металлы				Постпереходные металлы					Al <sup>13</sup>	Si <sup>14</sup>	P <sup>15</sup>	S <sup>16</sup>	Cl <sup>17</sup>	Ar <sup>18</sup>																														
4	K <sup>19</sup>	Ca <sup>20</sup>	Sc <sup>21</sup>	Ti <sup>22</sup>	V <sup>23</sup>	Cr <sup>24</sup>	Mn <sup>25</sup>	Fe <sup>26</sup>	Co <sup>27</sup>	Ni <sup>28</sup>	Cu <sup>29</sup>	Zn <sup>30</sup>	Ga <sup>31</sup>	Ge <sup>32</sup>	As <sup>33</sup>	Se <sup>34</sup>	Br <sup>35</sup>	Kr <sup>36</sup>																														
5	Rb <sup>37</sup>	Sr <sup>38</sup>	Y <sup>39</sup>	Zr <sup>40</sup>	Nb <sup>41</sup>	Mo <sup>42</sup>	Tc <sup>43</sup>	Ru <sup>44</sup>	Rh <sup>45</sup>	Pd <sup>46</sup>	Ag <sup>47</sup>	Cd <sup>48</sup>	In <sup>49</sup>	Sn <sup>50</sup>	Sb <sup>51</sup>	Te <sup>52</sup>	I <sup>53</sup>	Xe <sup>54</sup>																														
6	Cs <sup>55</sup>	Ba <sup>56</sup>	La-Lu <sup>57-71</sup>	Hf <sup>72</sup>	Ta <sup>73</sup>	W <sup>74</sup>	Re <sup>75</sup>	Os <sup>76</sup>	Ir <sup>77</sup>	Pt <sup>78</sup>	Au <sup>79</sup>	Hg <sup>80</sup>	Tl <sup>81</sup>	Pb <sup>82</sup>	Bi <sup>83</sup>	Po <sup>84</sup>	At <sup>85</sup>	Rn <sup>86</sup>																														
7	Fr <sup>87</sup>	Ra <sup>88</sup>	Ac-Lr <sup>89-103</sup>	Rf <sup>104</sup>	Db <sup>105</sup>	Sg <sup>106</sup>	Bh <sup>107</sup>	Hs <sup>108</sup>	Mt <sup>109</sup>	Ds <sup>110</sup>	Rg <sup>111</sup>	Cn <sup>112</sup>	Nh <sup>113</sup>	Fl <sup>114</sup>	Mc <sup>115</sup>	Lv <sup>116</sup>	Ts <sup>117</sup>	Og <sup>118</sup>																														
Элементы 57 – 71	<table border="1"> <tr> <td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td><td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td> </tr> <tr> <td>La</td><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> </table>																		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71																																		
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																		
Элементы 89 – 103	<table border="1"> <tr> <td>89</td><td>90</td><td>91</td><td>92</td><td>93</td><td>94</td><td>95</td><td>96</td><td>97</td><td>98</td><td>99</td><td>100</td><td>101</td><td>102</td><td>103</td> </tr> <tr> <td>Ac</td><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>																		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103																																		
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																		



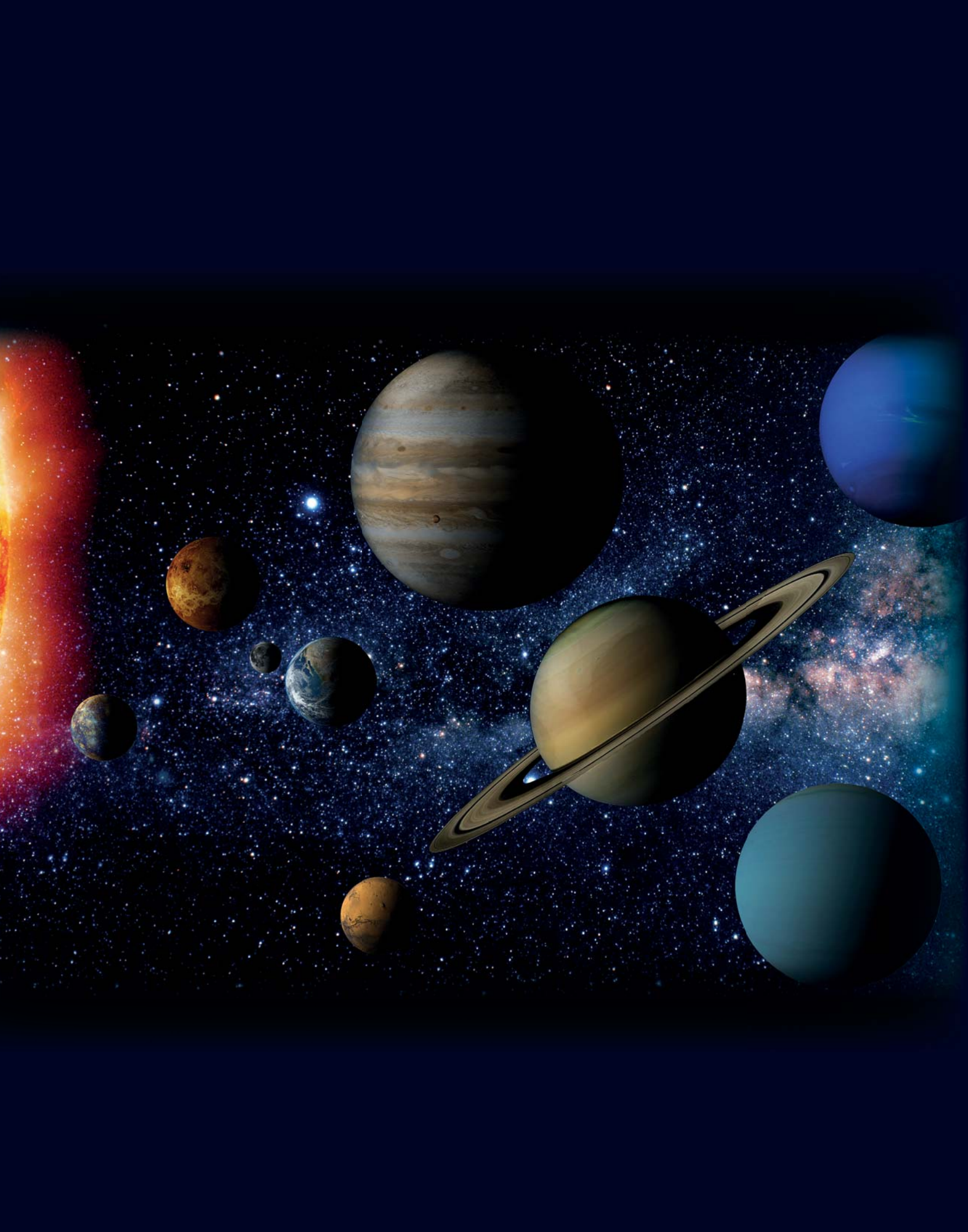
► Графическая схема столкновения частиц, захваченных установкой CMS (ЦЕРН). Таким способом был впервые обнаружен бозон Хиггса — частица, существование которой необходимо для построения самосогласованной стандартной модели системы элементарных частиц.

◀ На Международной космической станции (МКС) установлен крупнейший и самый чувствительный на сегодняшний день космический магнитный спектрометр AMS. Одна из его задач — исследование космических лучей с целью поиска новых форм материи. Этот эксперимент может иметь решающее значение для понимания происхождения Вселенной и ее нынешнего строения.



◀ Роджер Пенроуз ((род. 1931) — один из крупнейших современных астрофизиков и космологов, автор двух всемирно известных книг: «Новый разум императора» и «Путь к реальности». Последняя представляет собой историю развития фундаментальной физики и фундаментальной математики. В 1974 году Пенроуз изобрел основанную на золотом сечении тесселяцию — способ замощения плоскости многоугольниками, носящий его имя и позволяющий получать бесконечные аperiодические поверхности. Пенроуз сотрудничал со Стивеном Хокингом в области теории черных дыр и гравитационной сингулярности. Его недавняя теория конформной циклической космологии (ССС) предсказывает, что материю и энергию Вселенной ждет судьба полной гомогенизации и поглощения черными дырами, после чего гравитация исчезнет и в космосе останутся только фотоны.





# Солнечная система

---

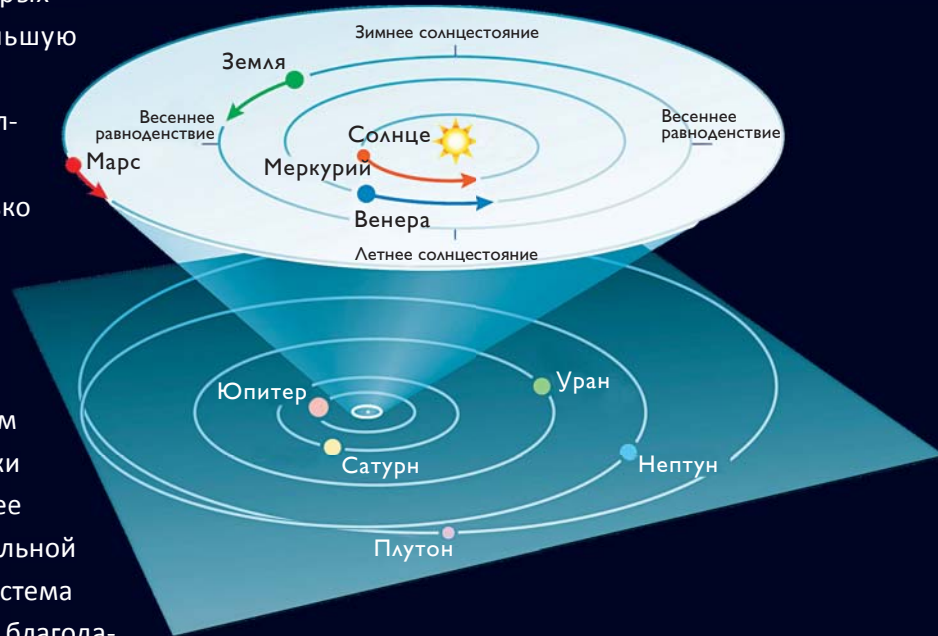
---

Солнечная система, одна из множества планетных систем нашей Галактики, представляет собой группу небесных тел, связанных гравитационным притяжением, с центром масс вблизи центра Солнца — ее материнской звезды. Из восьми основных планет системы только гигантский Юпитер благодаря своей массе способен в минимальной степени влиять на движение Солнца и чуть заметнее — на орбиты других, более мелких тел, например астероидов или остальных планет. Сатурн, Уран и Нептун — внешние планеты, подобные Юпитеру, хотя при этом более далекие от Солнца и менее массивные, — тоже оказывают минимальное влияние на взаимодействие между объектами системы. Остальные четыре планеты: Меркурий, Венера, Земля и Марс — меньше по размерам и массе и ближе к Солнцу, почему и называются внутренними. Остальное вещество имеет вид более мелких объектов: спутников (Луна — один из крупнейших), пяти карликовых планет (сфероидальной формы, но очень маленьких), астероидов (основная масса которых неравномерно распределена в двух поясах), комет (большинство из которых находятся в самых удаленных окосолнечных областях), метеороидов (они чуть больше по размеру, чем валуны) и межпланетной пыли.

# Солнечная система: структура и происхождение

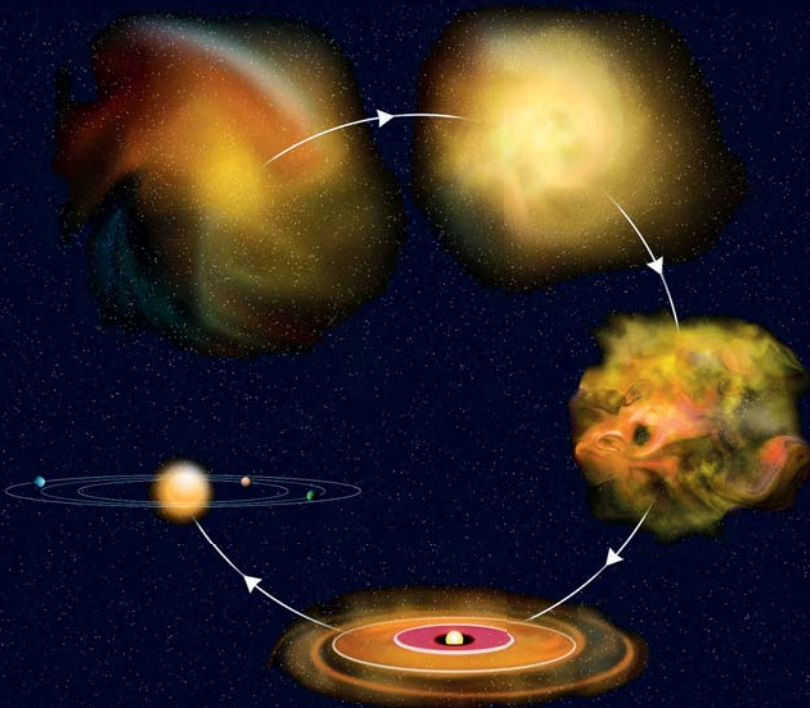
Солнце, составляющее 99,86% всей массы Солнечной системы, притягивает к себе множество малых объектов, два из которых — планеты Юпитер и Сатурн — аккумулируют большую часть остального вещества.

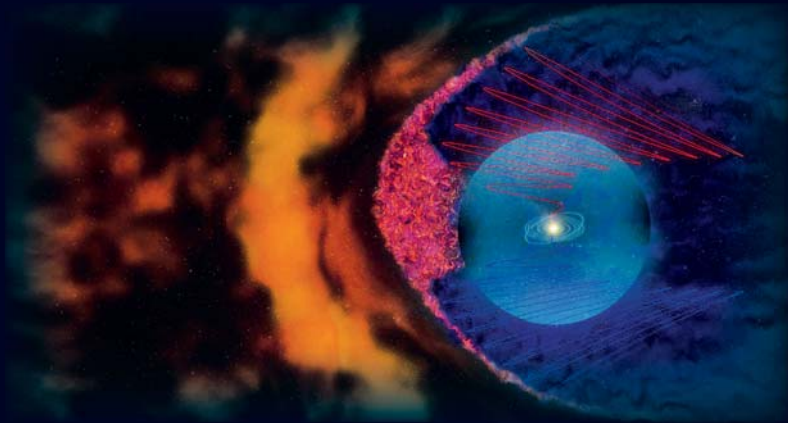
Кроме Юпитера и Сатурна, вокруг центра масс Солнечной системы вращаются шесть других планет, включая Землю. Центр масс находится очень близко к Солнцу и составляет один из двух фокусов эллиптических планетарных орбит. Движение планет немного эксцентрично и происходит против часовой стрелки. Взаимные расстояния их орбит подчиняются точным математическим пропорциям (за исключением Нептуна); плоскости орбит близки друг к другу настолько, что на небе Земли в зимнее солнцестояние все планеты лежат внутри зодиакальной полосы шириной  $18^\circ$ . Считается, что Солнечная система образовалась из газопылевого облака, в котором, благодаря действию гравитационных сил конденсировались отдельные тела.



▲ Размеры планетарных орбит воспроизведены в масштабе — можно легко оценить разницу между расстояниями от Солнца внутренних и внешних планет. Эллипс орбиты карликовой планеты Плутона настолько эксцентричен, что пересекает орбиту Нептуна, что позволяет Плутону в течение сравнительно короткого времени быть к Солнцу ближе, чем Нептун.

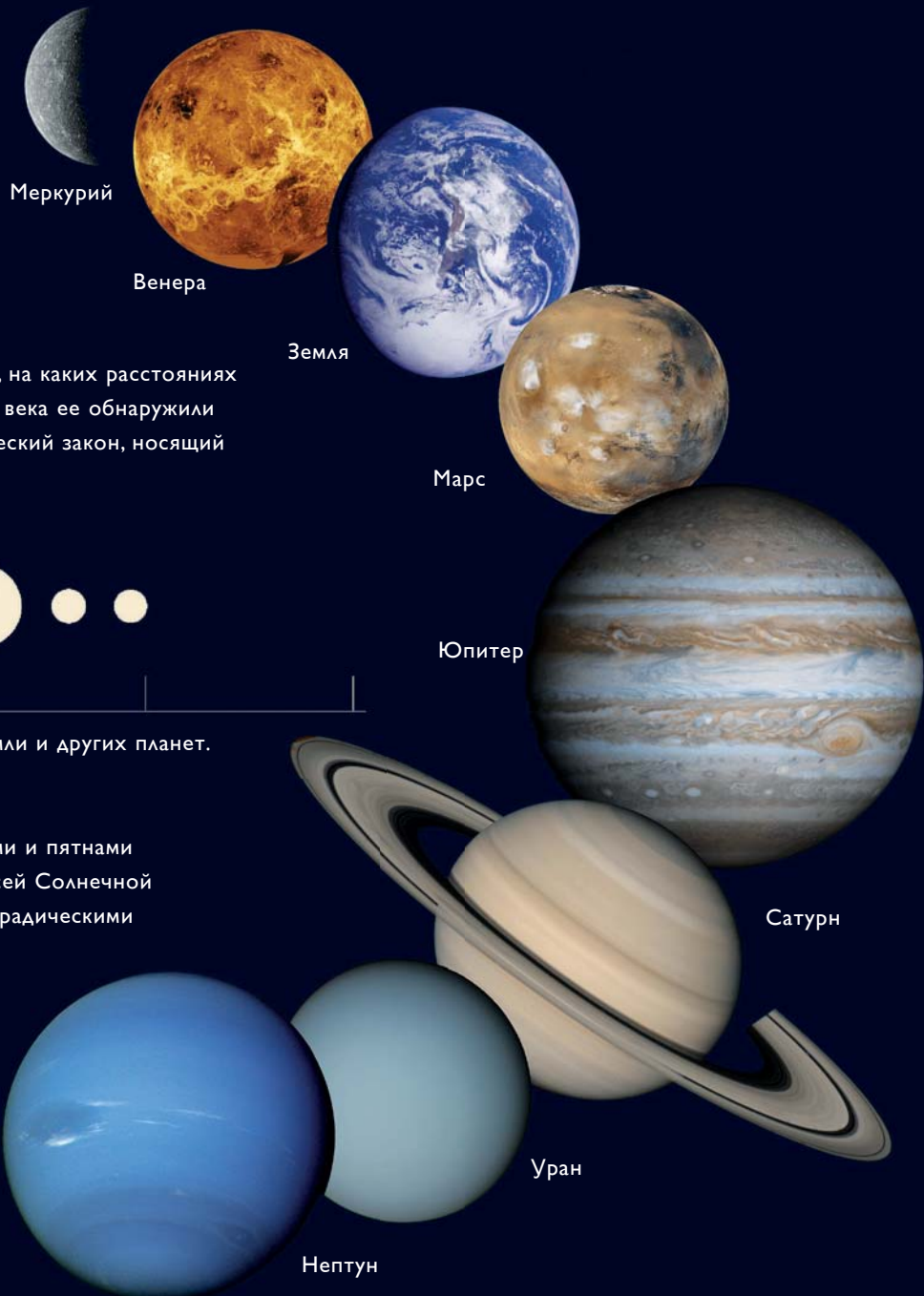
◀ Тела Солнечной системы образовались 4 миллиарда лет назад. Гипотеза о механизме этого процесса была сформулирована сразу несколькими философами XVIII века и нашла наиболее полное воплощение в теории Пьера-Симона Лапласа (1749–1827): вначале образовалось бесформенное газовое облако размером около 100 а.е. и массой в три раза больше, чем у нынешнего Солнца, из него сформировалась протозвезда, а из материала внешних частей облака, которое приобрело форму диска, возникли планеты.





◀ Солнечная корона непрерывно испускает в межпланетное пространство мощный поток заряженных частиц, называемый солнечным ветром. Он воздействует на все тела, встречающиеся на пути, и заполняет собой все околосолнечное пространство, создавая своеобразный «пузырь» размером около 100 а.е. Этот «пузырь» отделяет Солнечную систему от межзвездного пространства, где преобладают газообразные водород и гелий — основные химические элементы Галактики. Граница, на которой распространение солнечного ветра прекращается, называется «гелиопаузой».

▶ Планеты в порядке увеличения расстояния от Солнца (размеры даны не в масштабе). Рисунок позволяет сравнить их внешний вид: изрытый кратерами Меркурий похож на Луну; Венера со своей корой и атмосферой, больше похожа на Землю; почти безвоздушный Марс выглядит как красная пустыня.



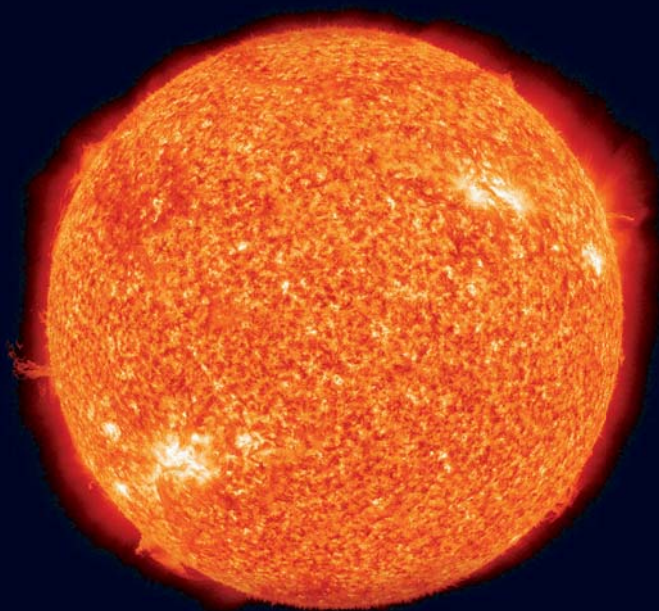
▼ Существует определенная закономерность в том, на каких расстояниях от Солнца располагаются планеты: в середине XVIII века ее обнаружили два астронома, которые и сформулировали эмпирический закон, носящий их имена, — правило Тициуса — Боде.



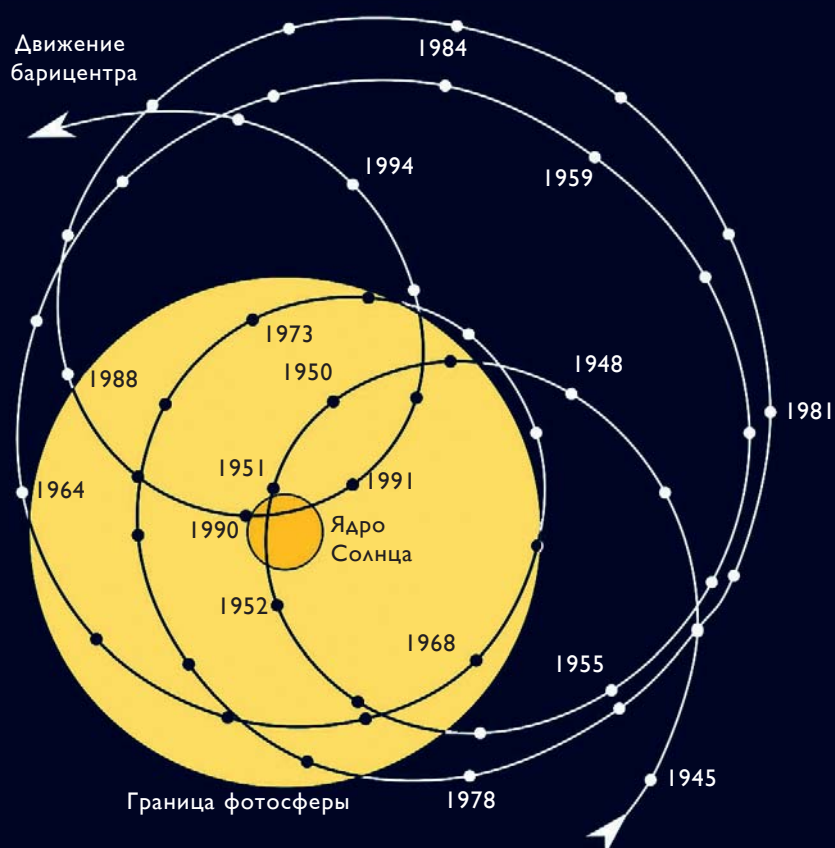
▶ Огромный Юпитер с его разноцветными полосами и пятнами обладает самой богатой и бурной атмосферой во всей Солнечной системе. Сатурн с горизонтальными полосами и спорадическими колеблющимися пятнами выделяется своей сложной системой колец, состоящей из мириадом маленьких тел, которые обращаются вокруг планеты. Морфологические характеристики поверхности ледяных гигантов Урана и Нептуна из-за их большой удаленности от Земли еще не полностью установлены: межпланетный зонд «Вояджер-2» приближался к Урану только в 1986 году, а к Нептуну — в 1989-м.

# Солнце

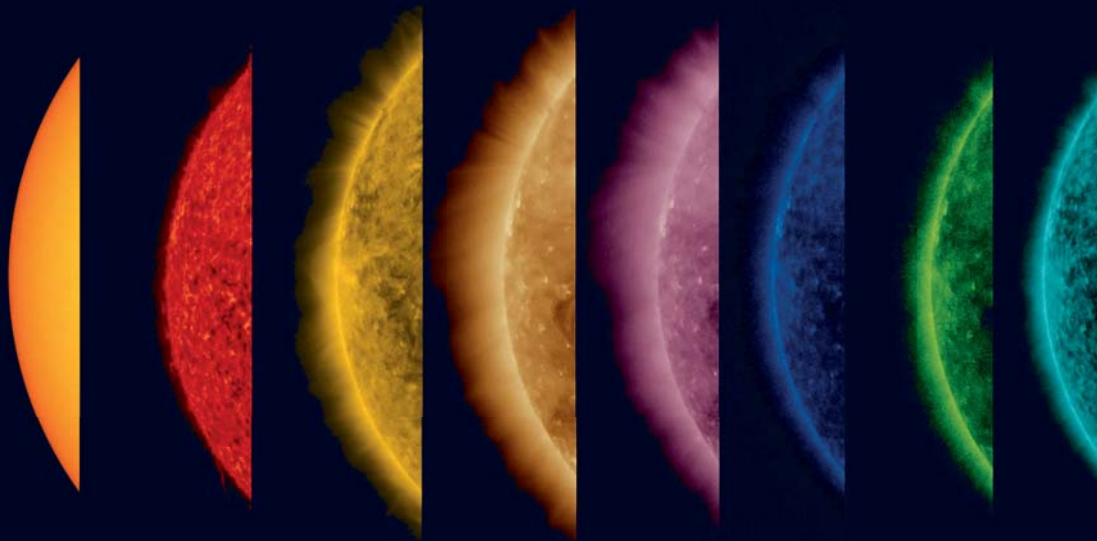
Солнце — желтый карлик спектрального класса G. У него нет звезды-компаньона, но есть окружение из восьми планет. С Земли его средний угловой диаметр составляет около 32 минут. Зная среднее расстояние между Землей и Солнцем, можно вычислить истинный диаметр Солнца — 1 391 000 км, что более чем в сто раз превышает диаметр нашей планеты. Параметры движения планет позволяют оценить массу Солнца, которая примерно в 333 000 раз больше, чем у Земли. Плотность (масса в единице объема) Солнца немного выше, чем плотность воды. При его огромной температуре (от 6000 °C на поверхности до 1 600 000 °C внутри) это значит, что оно состоит из плазмы. Изучение нашей звезды имеет принципиально важное значение и для звездной астрофизики (ни одна звезда не расположена к нам так близко), и для геофизики (науки о свойствах Земли, в том числе о явлениях, связанных с воздействием Солнца).



▲ Это изображение Солнца получено через фильтр, пропускающий только ультрафиолетовое излучение ионизованного гелия, присутствующего в солнечной атмосфере. Можно увидеть выбросы газовых струй — протуберанцы.



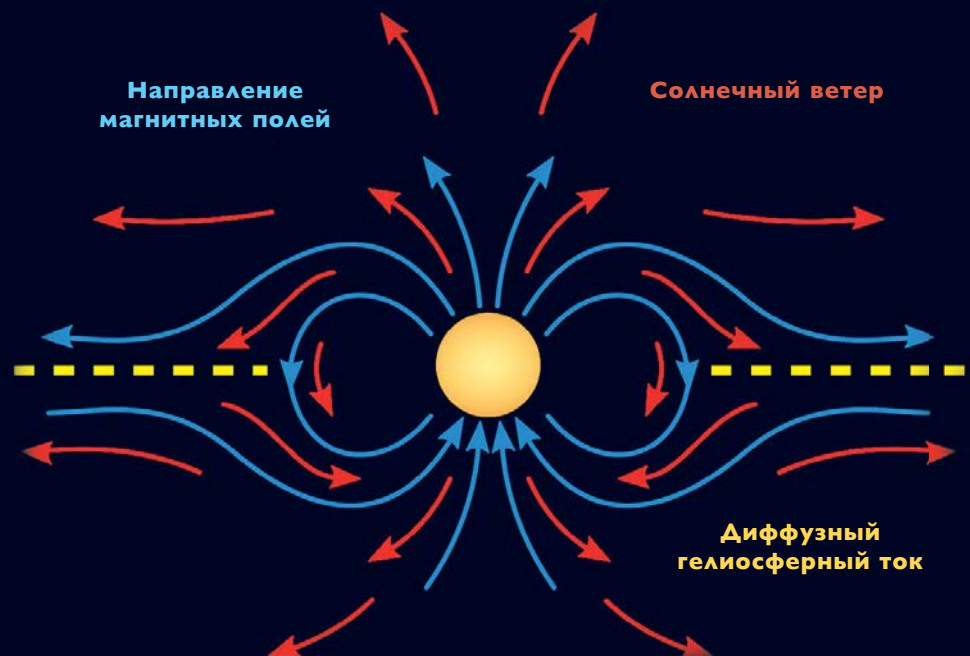
◀ Как было ясно еще во времена создания ньютоновской теории всемирного тяготения, из-за гравитационного взаимодействия Солнца и планет (особенно Юпитера и Сатурна) барицентр Солнечной системы, то есть ее центр масс, не всегда совпадает с геометрическим центром Солнца, оказываясь иногда даже за пределами его поверхности. Модель, описывающая движение тел Солнечной системы, связывает их центральную точку не с самим Солнцем, а с центром масс всей системы.



◀ Часть диска Солнца, сфотографированная в один и тот же день с разными ультрафиолетовыми фильтрами (кроме первого фото слева, сделанного в белом свете). Изображения даны слева направо в порядке возрастания температуры, от 6000 до 10 000 000 °С: на каждом видны внутренние области Солнца с соответствующей температурой.

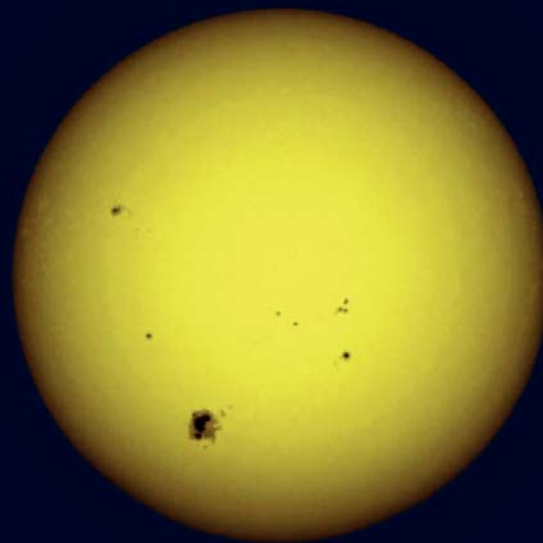


► Плазма солнечного ветра, хороший проводник электрического тока, удлиняет силовые линии магнитного поля. Тот факт, что излучение плазмы синхронизировано с вращением Солнца вокруг своей оси, означает, что магнитное поле принимает специфическую форму (спираль Паркера), где направление магнитных линий ориентировано в сторону Солнца или от него, в зависимости от солнечного полушария и фазы солнечного цикла, который длится около 11 лет. Взаимодействие солнечного магнитного поля с плазмой межпланетной среды создает диффузный гелиосферный токовый слой, то есть плоскость, разделяющую области изменения магнитной полярности. Все проявления солнечной активности (например, фотосферные солнечные пятна и солнечные вспышки) коррелируют с магнитным полем звезды.

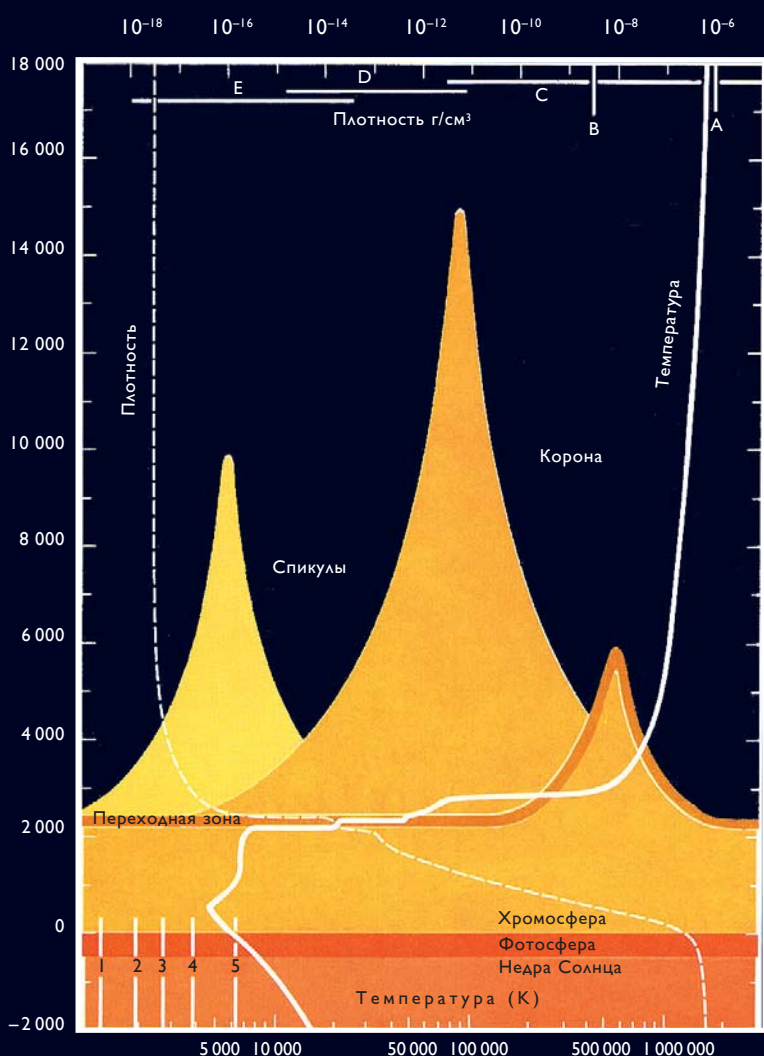


# Солнечные пятна

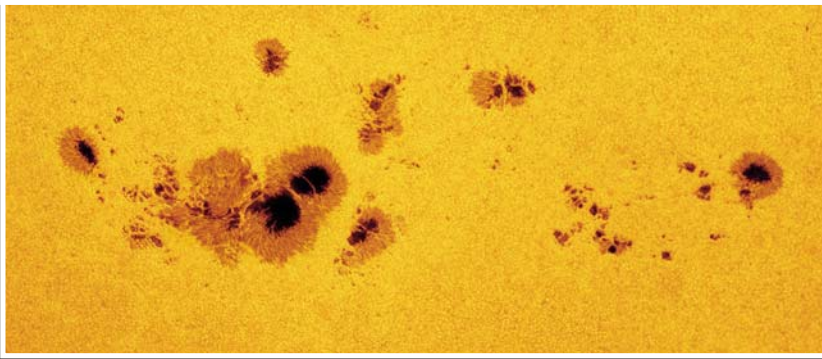
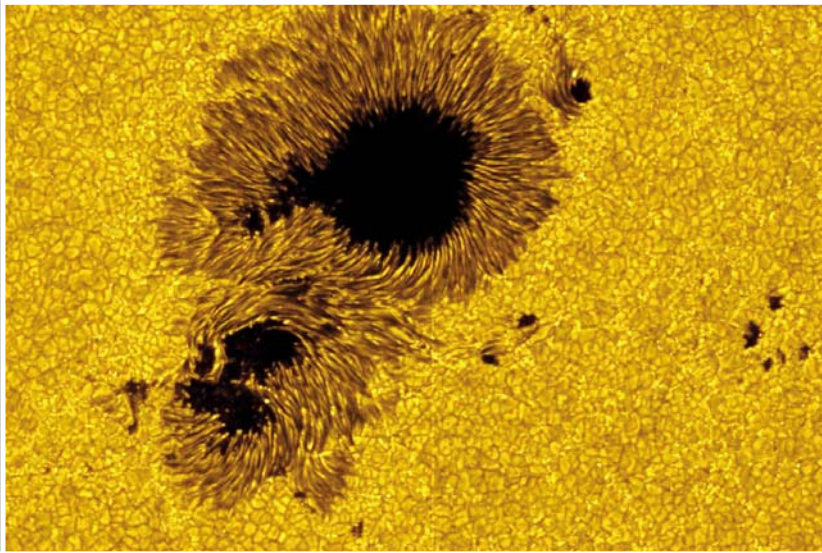
На телескопических фотографиях солнечного диска видны характерные темные пятна, которые то появляются, то исчезают. Астрономы доказали, что подобные пятна встречаются и на других звездах, а их наличие и количество связаны с цикличностью солнечной активности. Например, одновременно с так называемым малым ледниковым периодом между XVII и XVIII веками наблюдалась минимальная солнечная активность (минимум Маундера) — в это время пятен было крайне мало. Предполагается, что падение температуры Земли как раз таки связано с уменьшением активности звезды.



▲ Вид солнечного диска в телескоп, оснащенный темным фильтром. Есть и другой способ защитить глаза при наблюдении Солнца: спроецировать телескопическое изображение на белый экран, однако это опасно, если телескоп имеет большое увеличение.

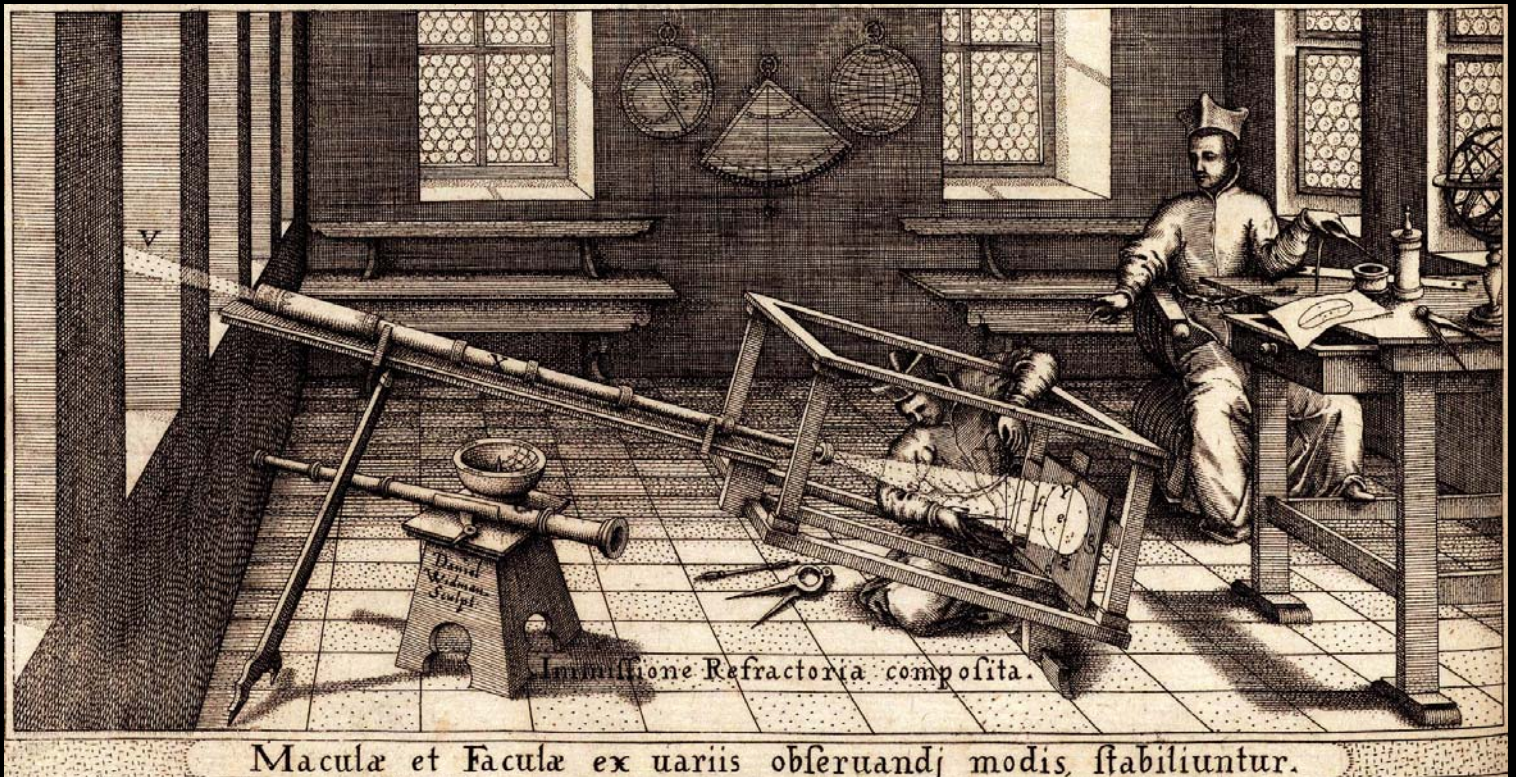


◀ Как видно из графика, температура и плотность внутри Солнца меняются с высотой солнечной атмосферы. Два пика, желтый и оранжевый, представляют собой струи плазмы (спикулы), которые выходят из короны. Переходная зона между хромосферой и короной, обозначается темной линией и имеет толщину в несколько сотен километров. Она проходит по границе спикул. В верхней части фотосферы (высота 0) температура достигает 6000 К (более 5700 °С). На нижних уровнях она быстро растет и, наоборот, уменьшается по мере удаления от фотосферы наружу, пока снова не начнет подниматься, сначала медленно, а потом внезапно, в верхней хромосфере. На высоте 5000 км в короне температура достигает более 1 000 000 К.



◀ На поверхности Солнца, или фотосфере, в результате локального понижения температуры и сильной магнитной активности могут образовываться темные пятна. Наблюдения за тем, как пятна поступательно движутся вместе с солнечным диском, позволили астрономам XVII века доказать вращение Солнца вокруг своей оси. Черный цвет пятна не должен вводить нас в заблуждение: солнечные пятна тоже интенсивно излучают свет, а темными кажутся на контрасте с более горячей и яркой окружающей поверхностью. Некоторые исторические свидетельства сообщают о пятнах настолько больших, что их можно было увидеть невооруженным глазом; последний раз это случилось в 1947 году. Часто рядом с пятнами наблюдаются светящиеся зоны, называемые факелами, — более горячие массы газа.

▼ Гелиоскоп — инструмент, который сочетает в себе подзорную трубу и систему проецирования света на белый лист, — помогает предохранить глаз от ожога. С помощью гелиоскопа удалось увидеть солнечные пятна еще во времена Галилея. Гравюра изображает гелиоскоп, построенный Кристофом Шайнером (1575–1650), который оспаривал факт того, что первым пятна открыл Галилей.



# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ IX

## Эпоха Возрождения: Коперник

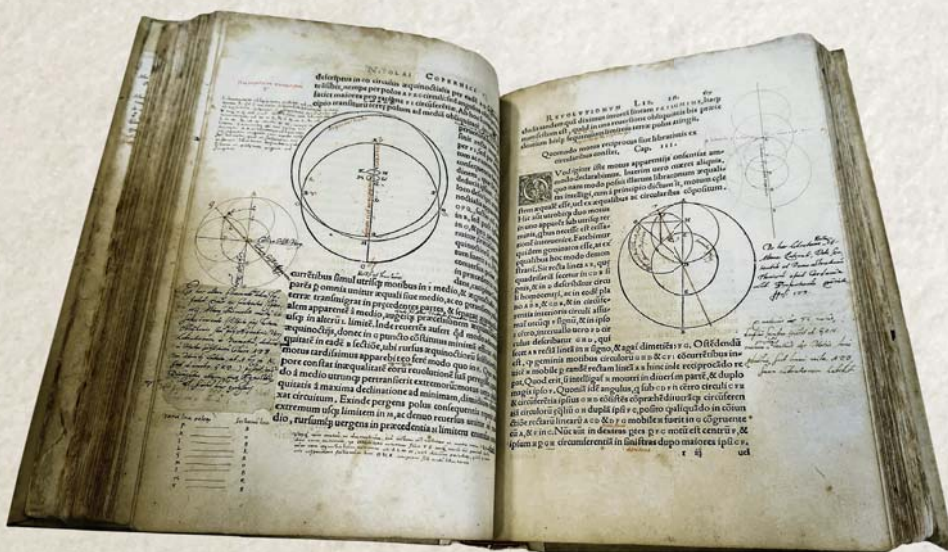
24 мая 1543 года уходил из жизни астроном Николай Коперник. Из последних сил он смог, наконец, перелистать только что вышедшую из печати книгу, содержащую труд всей его жизни: *De Revolutionibus orbium coelestium*. Через несколько часов после этого он умер.

В книгу вошла теория, которая навсегда изменила представление о Вселенной: не наша планета находилась в центре Вселенной, а Солнце, как когда-то уже предполагал Аристарх. Вокруг светила и одновременно вокруг своей оси обращалась Земля — она была подвижна. Несмотря на революционность новой картины мира, основанной, как и птолемеевская, на строгой геометрически-математической конструкции, призванной упростить сложное описание движений планет в геоцентрической системе, она не получила ни немедленного одобрения, ни яростных возражений. Без ведома автора редактор книги поместил в начало введение, в котором, охваченный религиозными сомнениями, предупредил, что труд Коперника — всего лишь гипотеза, которая никак не нарушает реального положения вещей.

▼ Система Коперника предлагает два основных нововведения: вращение планет вокруг центра земной орбиты, близкого к Солнцу, и вращение Земли вокруг своей оси. Структура и состав оставшейся в системе Коперника на старом месте сферы неподвижных звезд не изменились, точнее, были неизвестны. Уничтожить эту последнюю деталь традиционной системы мира предстояло уже последователям великого астронома.

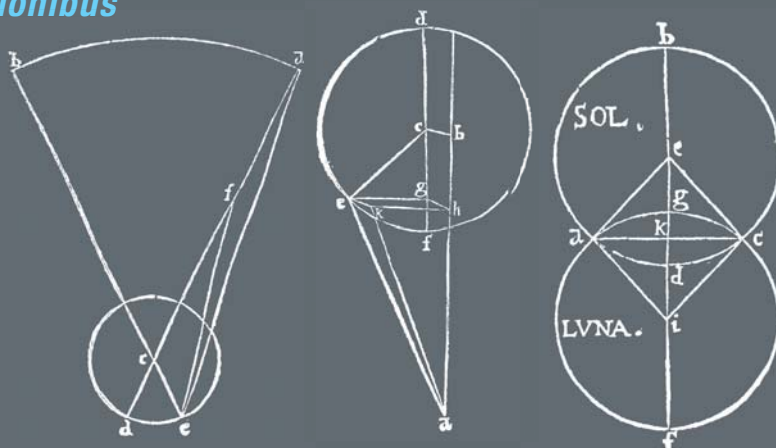


▲ Коперник учился в университетах Кракова, Болоньи и Падуи и в мае 1502 года получил в Ферраре степень лиценциата канонического права. Десять лет спустя, работая врачом, каноником и астрономом во Фрауэнбурге (ныне Фромборк), Коперник начал вникать в детали космологических моделей, отличных от аристотелевского геоцентризма. Среди авторов, которых он изучал, были Гераклid Понтийский, Экфант Сиракузский, Марциано Капелла и Аристарх Самосский: все они говорили о Земле в движении. Между 1509 и 1529 годами Коперник впервые попытался продемонстрировать превосходство гелиоцентризма. Наблюдая за движением планет, астроном убедился, что эта система будет гораздо удобнее сложной аристотелевско-птолемеевской модели.



## Вычисления и геометрия в *De Revolutionibus*

За исключением первой книги, гораздо более простой, чем последующие, текст Коперника содержит таблицы и формулы, доступные только математикам и астрономам того времени. Поначалу этот фактор сдерживал цензуру церкви. Следует подчеркнуть, что система Коперника была основана на механизмах такой же сложности, что и предшествующая птолемеевская модель: на самом деле Коперник также прибегал к эпициклам, деферентам и эксцентрикам — средствам, которые он сам пытался подвергнуть сомнению и устранить.



▼ В 30-х годах XVI века Коперник написал *Commentariolus*, краткое изложение его гелиоцентрической теории, вызвавшее большой интерес и принесшее ему известность. Многие ученые просили автора опубликовать полную теорию вместе с данными и математическими доказательствами. Опасаясь церковного гнева, Коперник годами скрывал свои теоретические построения.

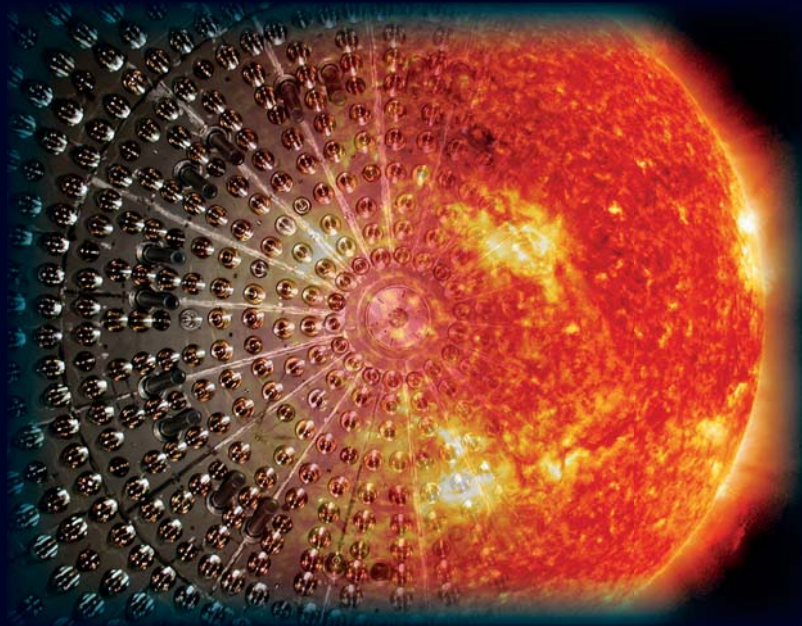
▲ Астроном Георг Иоахим Ретик убедил Коперника опубликовать полный трактат о своей теории в Нюрнберге под названием *De Revolutionibus orbium coelestium* («Об обращениях небесных сфер»). Внезапный отъезд Ретика из Нюрнберга позволил лютеранскому пастору Андреасу Озиандеру проконтролировать издание труда и вставить в него знаменитое уведомление *ad lectorem*. Чрезмерное благоразумие или усердие заставило его уточнить, что книга содержит обычные гипотезы, необязательно правдоподобные, и что данная теория, иными словами, является математическим методом более быстрого вычисления эфемерид. Несмотря на этот маневр Озиандера, новые идеи медленно, но верно распространялись по Европе и дошли до Галилея и Кеплера — но стали также известны и церкви, наложившей запрет на учение Коперника в 1616 году.



# Ядерные реакции

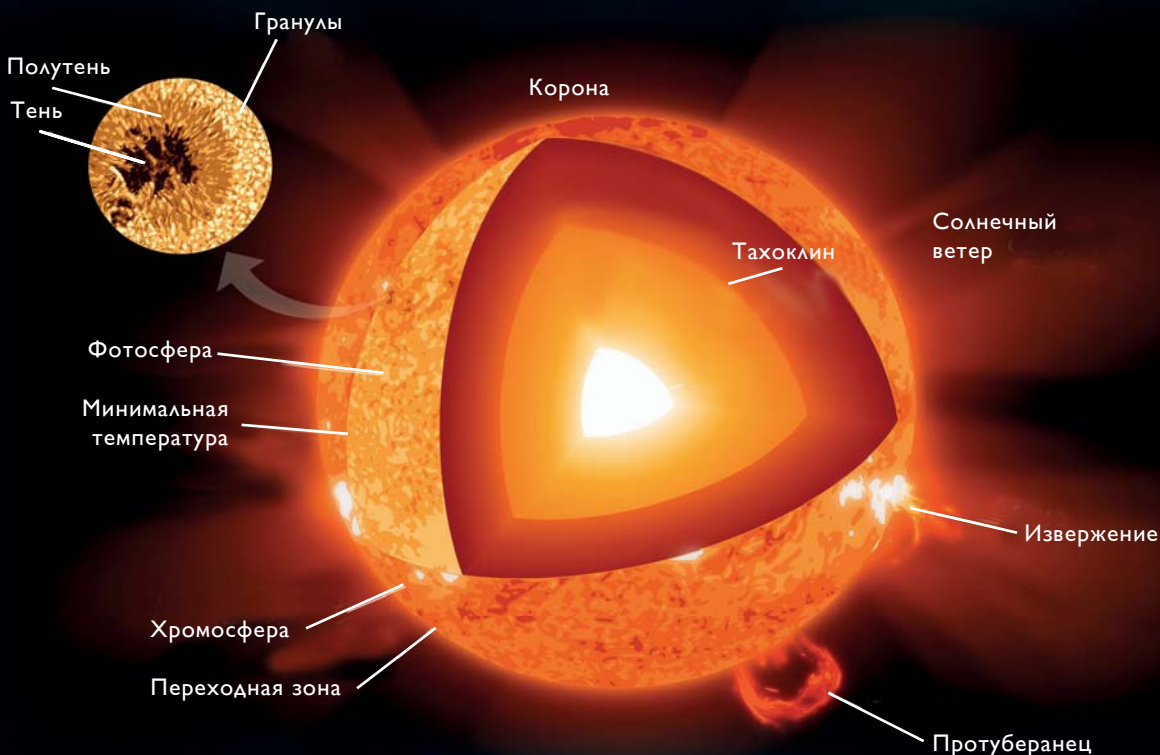
Ядро Солнца — огромный термоядерный реактор, энергия которого наполняет гигантскую огненную сферу, состоящую в основном из водорода и гелия.

Колоссальное давление и температура заставляют ядра водорода в центральной области Солнца соединяться в ядра гелия, более тяжелого элемента. Этот процесс, происходящий уже 4,6 миллиарда лет, за секунду превращает 4 миллиона тонн материи в энергию. Примерно через столько же лет запасы ядерного «топлива» в недрах Солнца иссякнут.



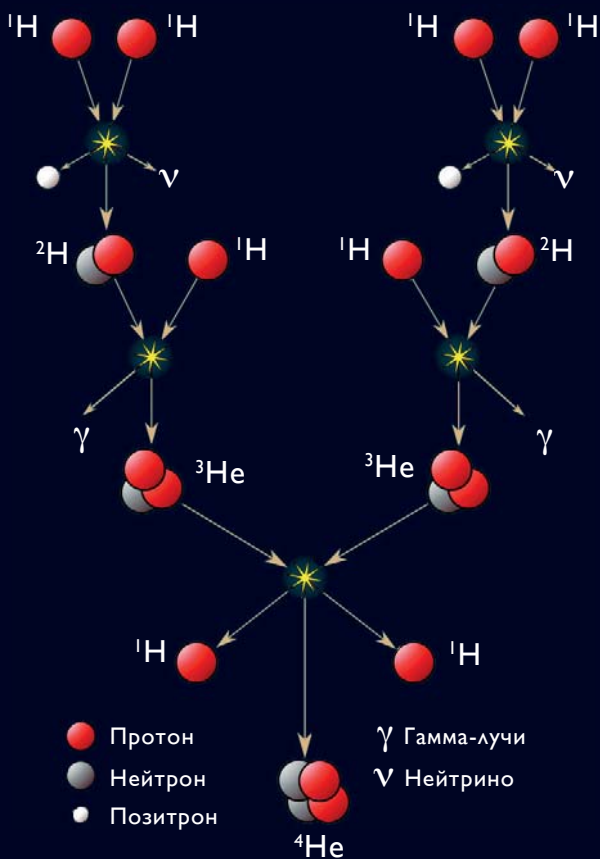
▲ Эксперимент *Borexino*, проведенный в Национальной лаборатории Гран-Сассо в Италии в 2014 году, позволил измерить энергию Солнца в режиме реального времени и зарегистрировать нейтрино — частицы, возникающие в центре Солнца в результате ядерных реакций.

## СОЛНЕЧНОЕ ПЯТНО

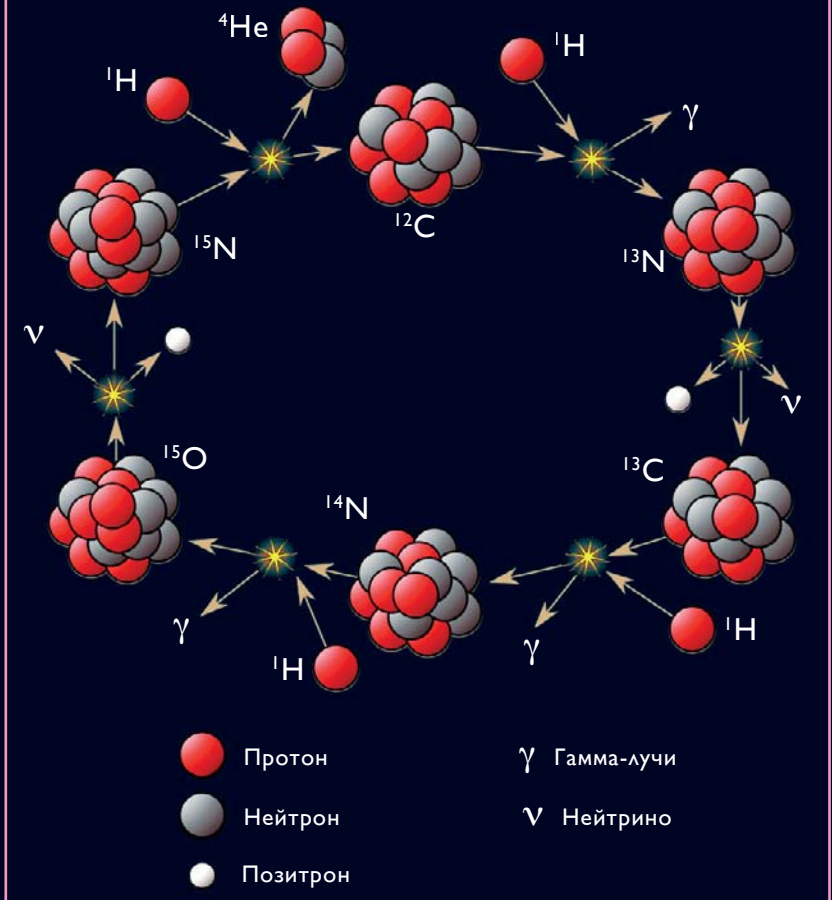


◀ Внутренняя часть Солнца имеет концентрическую структуру: источник энергии находится в ядре, где при огромном давлении и невероятно высокой температуре идут реакции термоядерного синтеза. Энергия распространяется до самых внешних слоев звезды и достигает ее поверхности, после чего уходит в космос в виде света и других видов излучения.

▼ Почти все звезды во Вселенной, включая Солнце, черпают энергию из цикла термоядерной трансформации. Ядерный процесс, который превращает протоны (ядра водорода) — в ядра гелия, называется «протон-протонным циклом». Эта теория создана в 1939 году. Хансом Альбрехтом Бете. В ходе процесса небольшая часть массы превращается в энергию гамма-лучей и нейтрино.



### Ядерная реакция на Солнце: углеродно-азотный цикл



▲ В звездах, по крайней мере на 20% более массивных, чем Солнце, может быть запущена серия термоядерных реакций углеродно-азотного цикла, также описанного в 1938 году Бете. Результатом этого процесса является выделение энергии в виде гамма-лучей.



◀ Первая водородная бомба, испытанная на атолле Эниветок 1 ноября 1952 года, высвободила огромную энергию цепной реакции термоядерного синтеза (в отличие от атомной бомбы, где энергия выделяется вследствие деления ядер). При термоядерном синтезе два ядра легких элементов (например, водорода) сливаются, образуя одно более тяжелое, — процесс, подобный тому, который происходит внутри нашей звезды.

# Меркурий

Семь миров, отличных от нашего, — все они необитаемы, поскольку находятся слишком далеко от Солнца или слишком близко к нему, чтобы поддерживать жизнь. Одни почти лишены атмосферы, другие окутаны ядовитыми и удушливыми газами, третьи из-за своей огромной массы раздавили бы любой предмет, упавший на их поверхность. Меркурий — первый из семи миров...

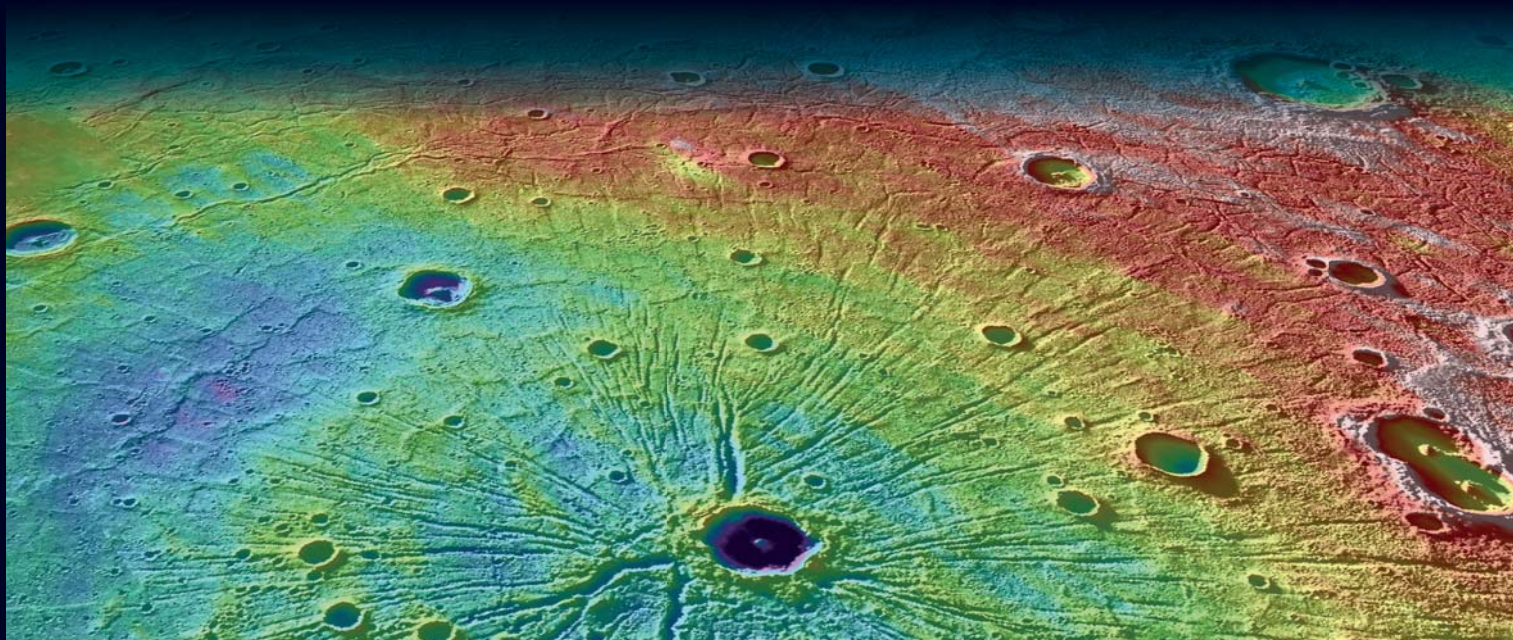
Меркурий — самая внутренняя планета Солнечной системы. Его орбита радиусом около 0,387 а.е. очень эксцентрична и имеет большой наклон (около  $7^\circ$ ) по отношению к орбитам других планет.

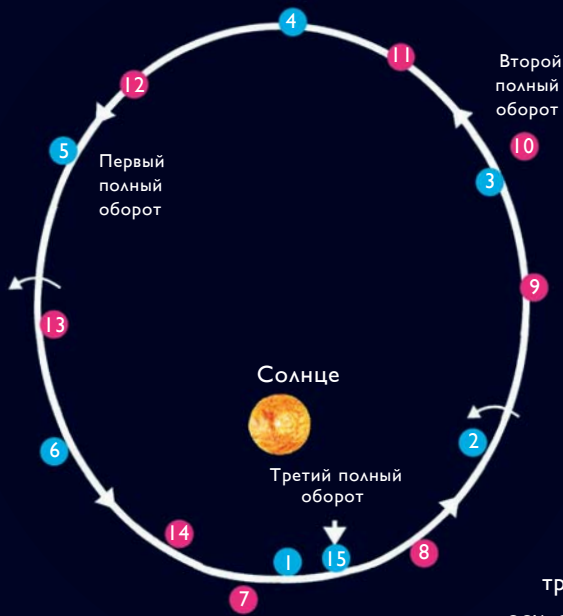
Особое сочетание периода вращения вокруг собственной оси и времени обращения вокруг Солнца приводит к тому, что два года на планете делятся три меркурианских дня. Внешним видом Меркурий очень напоминает Луну: оба небесных тела не имеют заметной атмосферы. Однако внутреннее строение Меркурия напоминает строение Земли и средние плотности двух планет близки по своим значениям.

▼ Это детальное изображение поверхности Меркурия получено космическим зондом «Мессенджер», который обращался вокруг планеты с 2011 по 2015 год. Искусственные цвета показывают различие высот: от синего (самые малые высоты) до красного (самые большие).



▲ К концу XIX века телескопические наблюдения Меркурия позволили составить его первую морфологическую карту, хотя и не очень подробную. Ясное представление о его внешнем виде было получено только в 1974 году, в результате первого полета к планете. Верхнее фото снято с борта миссии «Мессенджер» до выхода на орбиту Меркурия 4 января 2008 года.



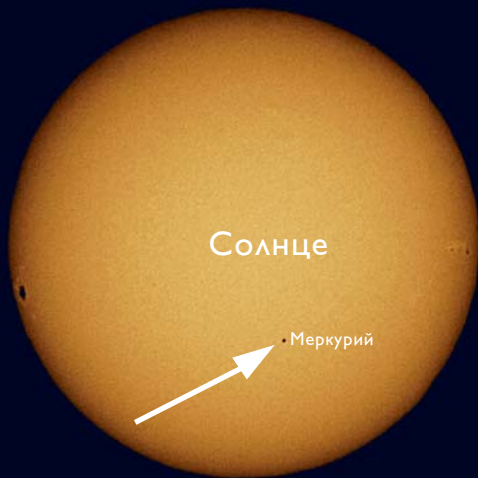


► Направление перигелия со временем медленно изменяется для всех планет, но скорость прецессии Меркурия, самая высокая в Солнечной системе, превышает 43 угловые секунды в столетие, что предсказано еще в рамках ньютоновской механики. Теория Эйнштейна позволила уточнить величину этого эффекта.

◀ Движение Меркурия характеризуется своеобразной взаимосвязью, называемой «резонансом», между его вращением вокруг оси (58,65 земных суток) и вращением вокруг Солнца (87,97 земных суток): планета трижды обращается вокруг своей оси, совершая при этом два оборота вокруг Солнца.



▼ Довольно редкое явление, наблюдаемое при прохождении Меркурия между Землей и Солнцем, называется «транзитом». Его можно наблюдать только в телескоп: крошечный темный диск планеты, который мы видим с неосвещенной стороны, медленно движется на фоне пылающего Солнца. Это механизм, аналогичный затмению Солнца Луной, но так как видимый угловой диаметр нашего спутника намного больше из-за близости к Земле, Луна полностью закрывает собой звезду.



► Меркурий и Венера, орбиты которых расположены внутри земной орбиты, на небесной сфере всегда находятся близко к Солнцу. Это означает, что их можно наблюдать утром и ночью и что, двигаясь вокруг Солнца, они демонстрируют фазы, подобные лунным, в зависимости от положения их освещенного полушария относительно Земли.



# Венера

Венера, которая из всех планет Солнечной системы кажется наиболее похожей на Землю, на самом деле крайне негостеприимна. Давление плотной атмосферы на поверхности планеты огромно, а температура из-за парникового эффекта достигает почти 500 °С. В небе, затянутом сплошным слоем туч, состоящих из концентрированной серной кислоты, время от времени вспыхивают мощные электрические разряды. Кроме того, весьма вероятно, что на планете есть и вулканическая активность.

Орбита Венеры практически круговая с большой полуосью 0,712 а.е. Один оборот по орбите длится 225 земных суток, при этом на один оборот вокруг своей оси в ретроградном направлении (с востока на запад, как не движется ни одна из каменных планет) Венере требуется 244 земных дня. Близость к Земле и обусловленное большой плотностью атмосферы высокое альbedo делают планету самым ярким на небе Земли светилом после Солнца и Луны.



▲ Между 1990 и 1994 годами зонд «Магеллан» просканировал радаром всю поверхность Венеры. Сквозь толстый слой атмосферного газа удалось зарегистрировать на поверхности кратеры, холмы и горные хребты, характерные для каменных планет.



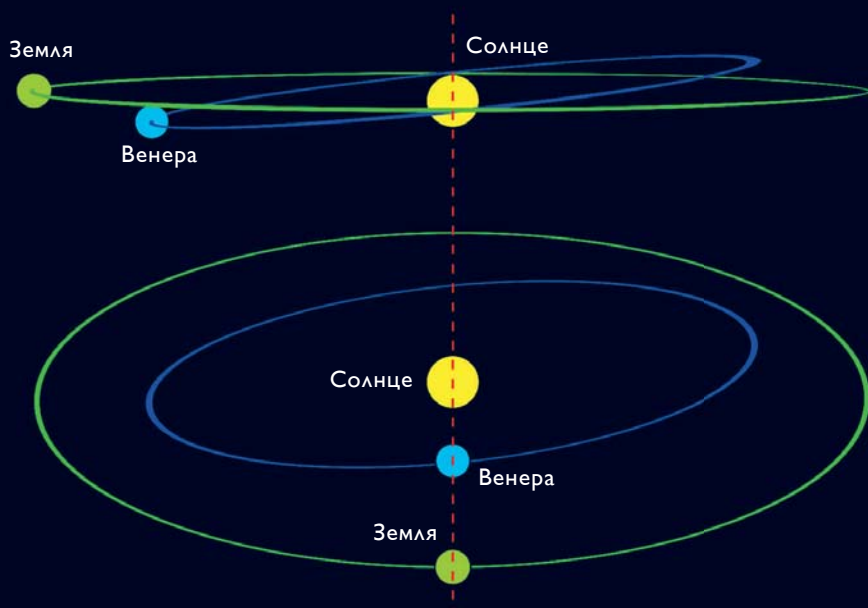
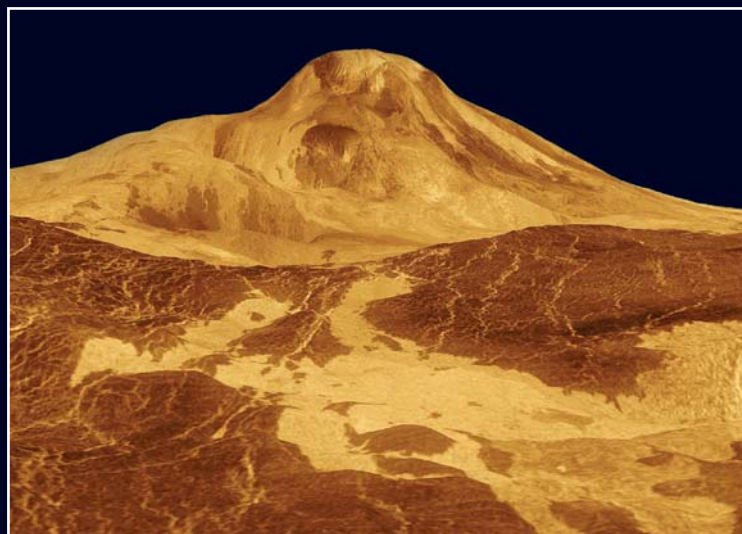
◀ В атмосфере Венеры постоянно висит непрозрачный и практически однородный толстый облачный слой. Сама атмосфера состоит в основном из углекислого газа (отвечающего, в частности, за парниковый эффект) и настолько массивна, что оказывает на поверхность давление, почти в 90 раз превышающее земное.

▼ Чередование фаз Венеры происходит аналогично смене лунных фаз, однако расстояние между ней и Землей в разных положениях обеих планет на орбитах сильно меняется вместе с изменением видимого размера Венеры, который тем больше, чем меньше становится ее освещенная часть.

## Фазы Венеры и эволюция ее видимого диаметра в 2004 году

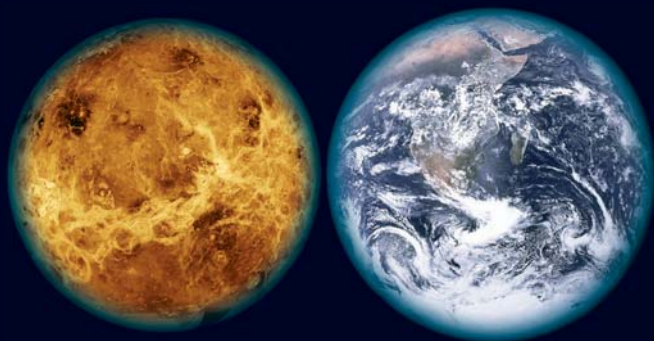


► Поверхность Венеры геологически очень молода и, возможно, вулканически активна. На фото: венерианская гора Маат, вулкан высотой 8 км, возможно, все еще действующий. Вулканизм, вероятно, является причиной заметного изменения атмосферной концентрации диоксида серы и метана, обнаруженных на планете.

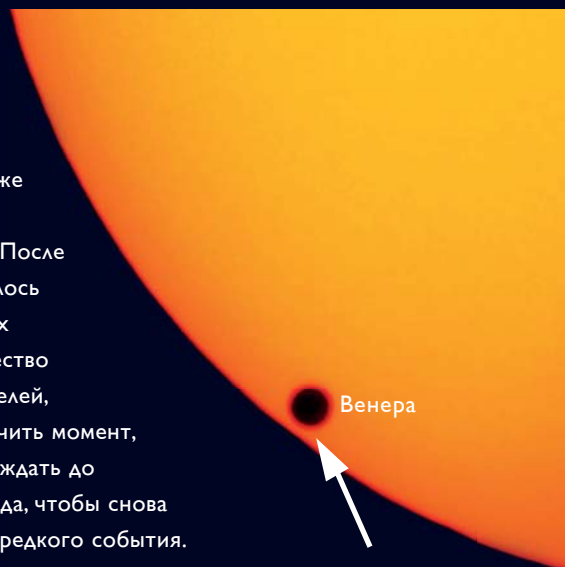


◀ Орбита Венеры наклонена на  $3,4^\circ$  к эклиптике (орбите Земли вокруг Солнца). Это значит, что в момент пересечения с Землей планета, как правило, находится на небе выше или ниже Солнца. Прохождение планеты по диску звезды наблюдается только тогда, когда пересечение происходит в точке, где орбита Венеры проходит через плоскость орбиты Земли. То же самое относится и к Меркурию, но он обращается гораздо быстрее и ближе к Солнцу, поэтому, хоть его орбита и имеет еще больший наклон, чем у Венеры, шансы Меркурия оказаться на одной линии между Землей и Солнцем значительно выше.

▼ Размеры Земли и Венеры, а также их массы и средние плотности схожи. Разве что наша планета чуть больше.



► Прохождение Венеры по диску Солнца — очень редкое явление, даже более редкое, чем транзит Меркурия. После того как это случилось в 2004 и 2012 годах и привлекло множество астрономов-любителей, желающих увековечить момент, нам придется подождать до 11 декабря 2117 года, чтобы снова стать свидетелями редкого события.



# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ X

## Реформа календаря

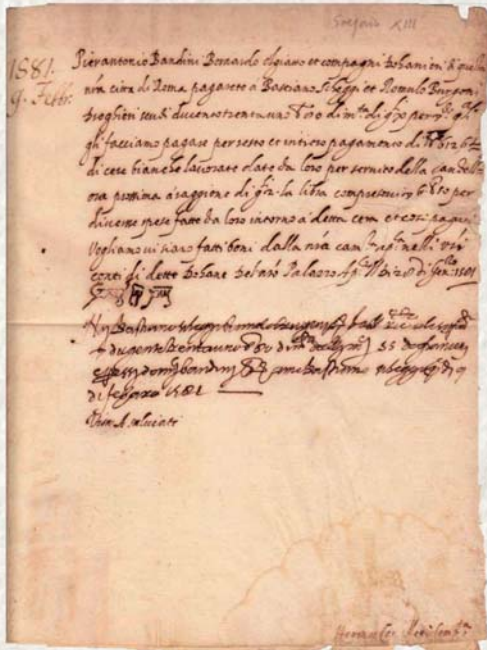
Вечером 4 октября 1582 года жители европейских католических стран, как обычно, легли спать, а когда проснулись на следующее утро, на календаре было уже 15 октября: папская реформа украла у них десять дней. Такое изменение не осталось без последствий: в городах вспыхивали беспорядки, сотни людей вынуждены были досрочно выполнить свои финансовые обязательства. И все же, реформа была необходима. Это стало ясно еще во времена Никейского собора (IV век): с течением времени расхождение между опорными астрономическими событиями и календарными датами, на которые они должны были приходиться, все увеличивалось. Например, Иоанн Сакробоско и Роджер Бэкон заметили, что весеннее равноденствие — момент, когда Солнце имеет нулевое склонение, а продолжительность дня и ночи одинакова, — наступает по юлианскому календарю (установленному Юлием Цезарем) не 21 марта, а за десять дней до этого. Сдвиг приводил к неверному вычислению дня Пасхи и несоблюдению Великого поста. Инициаторов реформы было трое: Алоизий Лилий (1510–1576), собственно, ее автор, Христофор Клавиус (1538–1612), пытавшийся уладить споры ученых и теологов, и Уго Бонкомпаньи (1502–1585), избранный 14 мая 1572 года папой под именем Григорий XIII. Он и ввел в употребление новый календарь, названный в его честь.



▲ По инициативе Трентского собора папа Григорий XIII поручил реформировать календарь комиссии, состоявшей из духовных лиц и математиков. Прежняя система счета времени перестала совпадать с реальностью из-за принятой в свое время Юлием Цезарем продолжительности года в 365,25 дня вместо 365,2422.

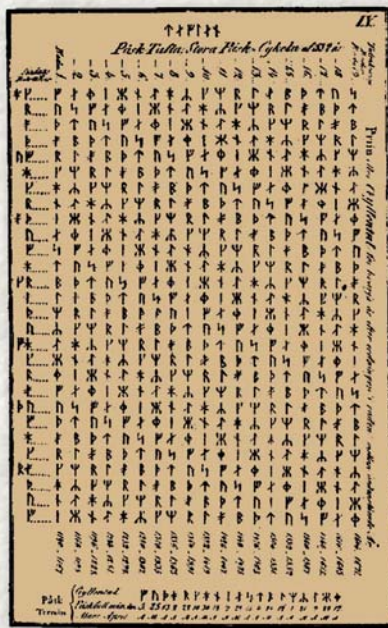


◀ На барельефе в гробнице Григория XIII запечатлен исторический момент, когда папа распорядился реформировать юлианский календарь. Ответственная за это комиссия не ограничилась добавлением десяти дней: она также установила правило, согласно которому, чтобы сохранить правильность нового календаря на много столетий вперед, каждые 400 лет следовало убирать три дня. Для этого было решено считать годы начала столетий (за исключением кратных 400) не високосными, а обычными. Поэтому 2000 год был високосным, а 2100 им не будет.



▲ Собственноручное письмо Григория XIII от 9 февраля 1581 года. 24 февраля он издаст папскую буллу «Inter gravissimas», которой будет утверждено использование нового календаря в католических странах Европы. Европа в целом приветствовала реформу 1587 года г., хотя протестанты некоторое время и сопротивлялись. Англии и Швеции пришлось ждать реформы до 1752 года. Последними новый календарь приняли турки в 1924 году.

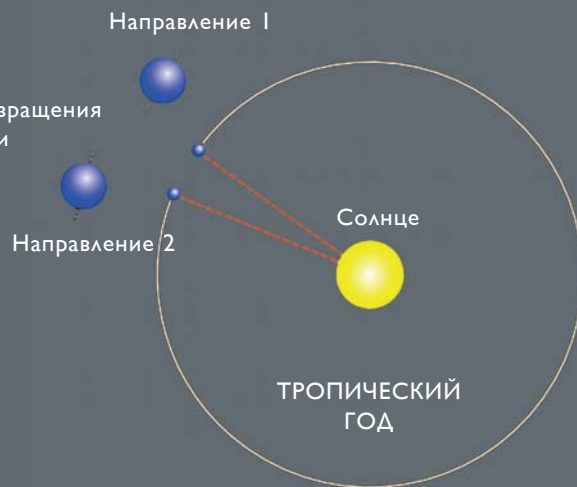
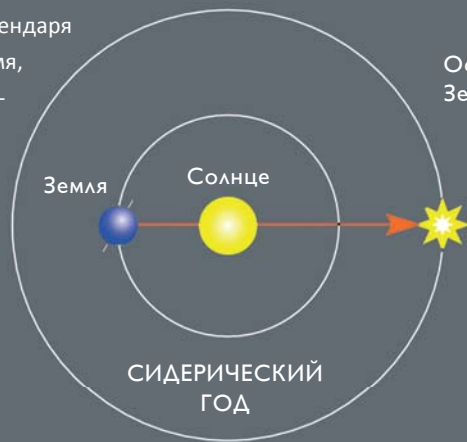
▼ Рунический посох, тип вечно-го календаря, был изобретен в Швеции в XIII веке. В его основе лежал 19-летний лунно-солнечный метоновый цикл, где каждому году цикла соответствовала руна. Хотя руны и не учитывали продолжительности тропического года или високосных лет, свою функцию они выполняли, так как привязывались к непосредственным наблюдениям первого полнолуния после зимнего солнцестояния.



▲ Христофор Клавий был одним из инициаторов, а позже одним из ответственных за реформу календаря: в своем сочинении *Romani calendarii a Gregorio XIII restituti explicatio* (1603) он подробно объяснил всю необходимость решений, предложенных комиссией, членом которой был сам. Важно отметить, что Клавий считался великим защитником геоцентрической системы: несмотря на использование системы Коперника для измерения продолжительности сидерического и тропического года, прямой связи между реформой календаря и коперниканской революцией все же нет.

## Сидерический и тропический годы

Лежащая в основе реформы календаря продолжительность года — время, необходимое Солнцу, чтобы вернуться в то же видимое положение на небе, — называется тропическим годом и равна 365,2422 дня. Сидерический год — период, за который Земля совершает свой полный оборот вокруг Солнца, — из-за прецессии равноденствий длится на 20 минут дольше.



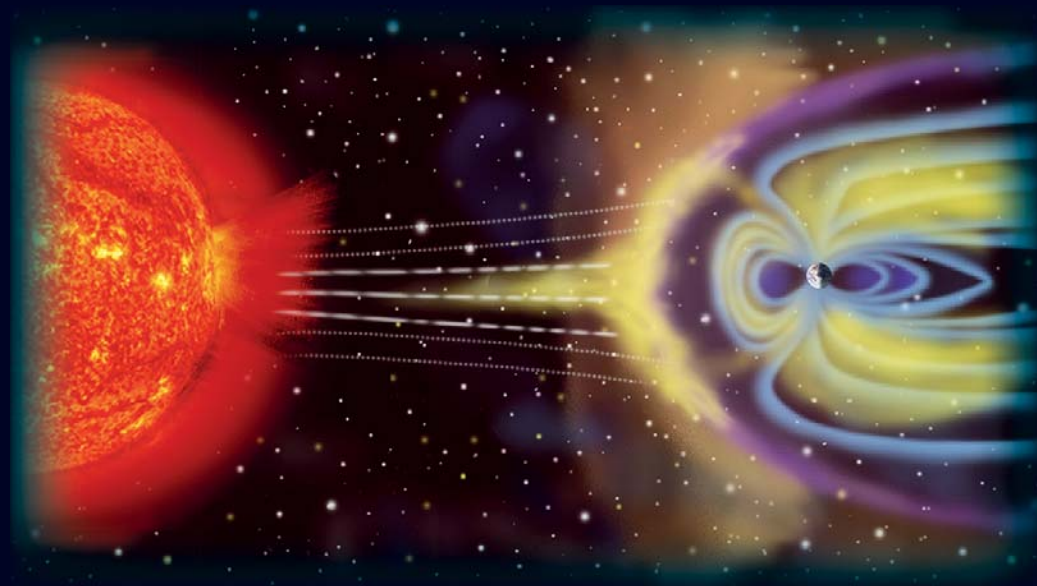
# Земля

В лишенной жизни Вселенной Земля выглядит исключением, и, хотя есть надежда, что рано или поздно вторую такую планету удастся найти, сейчас это единственная известная обитаемая планета не только в Солнечной системе, но и во всей Галактике. Науке пока также не известны и планеты, на поверхности которых находилось бы так много жидкой воды.

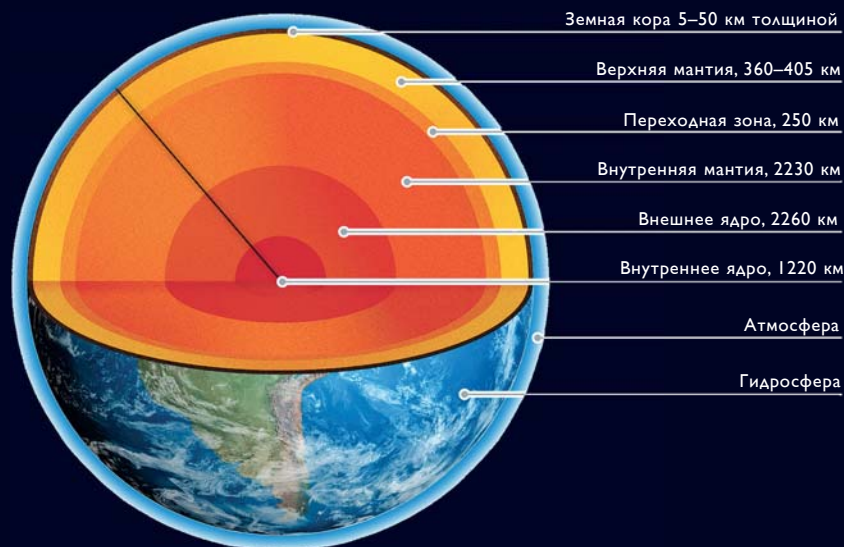
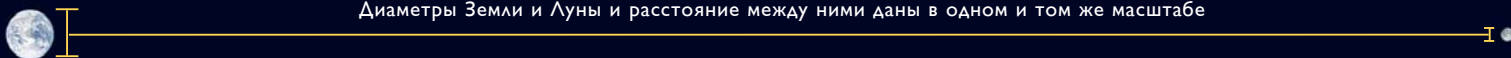
Большая часть воды — вещества, преобладающего на земной поверхности, — вероятно, попала на нее из межпланетного пространства в очень отдаленные времена в результате столкновения с кометами или астероидами. Благодаря первым живым организмам участки земной коры, выступавшей над водой, покрылись зеленым покровом и выделили в атмосферу большое количество кислорода. Его голубоватый цвет не имеет ничего общего с цветами ядовитых атмосфер газовых гигантов, а белые струйки водяного пара совсем не похожи на плотные зловонные облака Венеры.



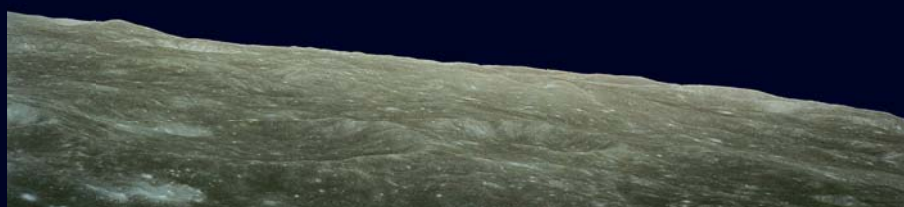
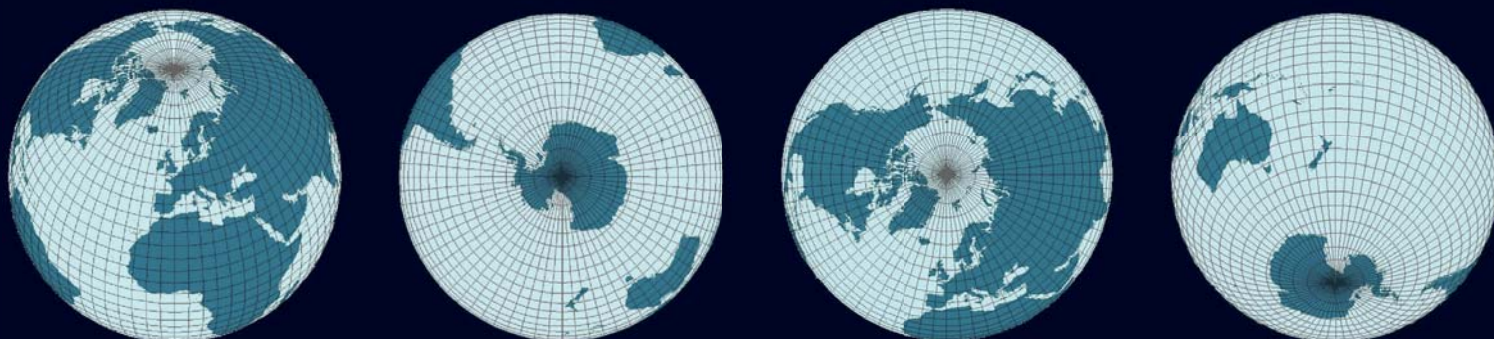
▲ Земля — третья по счету планета от Солнца, самая большая среди скалистых внутренних планет и единственная со сфероидальным спутником. У нее, как и у Венеры, плотная атмосфера, хотя и не настолько, чтобы парниковый эффект был чрезмерным. Две трети поверхности Земли покрыты водой. Земная кора разделена на крупные тектонические плиты, которые движутся, увлекая за собой континенты. Подобно Марсу, Земля имеет на полюсах две постоянные ледяные шапки, только земные состоят не из замерзшей углекислоты, как марсианские, а из воды.



▲ Электрические токи, генерируемые в глубинах земного шара в результате динамо-процесса, создают магнитосферу, которая, подобно простирающемуся на тысячи километров в межпланетном пространстве эластичному силовому экрану, постоянно меняет напряженность и ориентацию. Поток солнечного ветра сплюсчивает ее и прижимает к Земле, а с противоположной стороны она, наоборот, растягивается. Этот защитный слой является гарантией жизни, так как задерживает космические лучи, разрушающие живые клетки, и смягчает климат.



▼ Земная поверхность с четырех ракурсов: два изображения в центре — вид со стороны Южного и Северного полюсов. Изображения по бокам — два полушария.



◀ Земной шар состоит из наложенных друг на друга концентрических слоев. В самой глубокой его части, во внутреннем ядре, температура выше, чем на поверхности Солнца. Ядро состоит из металлов, которые, несмотря на высокую температуру, находятся в твердом состоянии из-за огромного давления. Внешнее ядро менее горячее, но его температура все же очень высока: оно состоит из расплавленных кипящих никеля и железа. Жидкое металлическое ядро Земли создает магнитное поле планеты. Мантия, частично расплавленная в ближайших к ядру участках, состоит из скальных пород. Твердой коре толщиной в несколько десятков километров передаются движения частично расплавленного материала мантии. Совокупность водных масс на земной коре и под землей составляет гидросферу. Окружает земной шар атмосфера — газовая оболочка толщиной 100 км, но лишь ее небольшая приповерхностная часть содержит облака и пригодный для дыхания воздух.

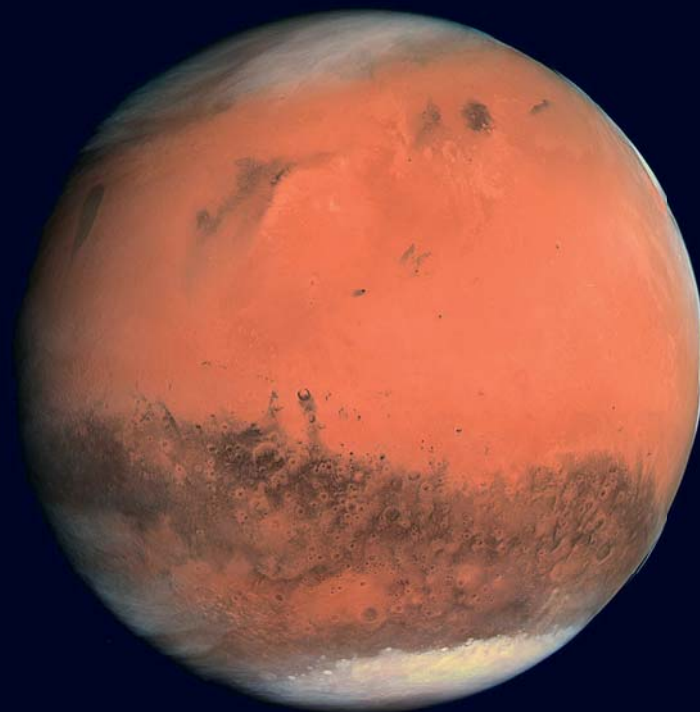
◀ По словам всех астронавтов, побывавших на окололунной орбите или ступивших на поверхность Луны, ни одно чудо природы так не изумило и не взволновало их, как вид родной планеты с поверхности спутника. Размер Земли, наблюдаемой с Луны, в полной фазе примерно в 3,7 раза больше размера Луны, видимой с Земли. Хотя видимый со спутника диск нашей планеты тоже может иметь различные фазы, как и лунный диск на земном небе, в целом Земля сохраняет на небе Луны почти неизменное положение: это любопытное обстоятельство связано с тем, что наш спутник всегда повернут к Земле одной своей стороной. Фотография сделана с борта «Аполлона-8» в 1968 году.

# Марс

Сухой ледяной Марс, покрытый очень тонкой и разреженной атмосферой, отличается от других планет характерным красным цветом, видимым с Земли невооруженным глазом. За цвет поверхности планеты ответственны окислы железа, которыми богата марсианская почва.

Марс — не очень гостеприимная планета: на его поверхности нет жидкой воды, средняя температура около  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  (на Земле  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), максимальная,  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (только летом на экваторе). Такой суровый температурный режим связан не только с большим по сравнению с Землей расстоянием планеты от Солнца, но и, прежде всего, с очень низким атмосферным давлением. Не стоит также забывать и о постоянном освещении поверхности Марса жестким ультрафиолетовым излучением Солнца, губительным для любой органики.

▼ Хотя закат на Марсе лишен ярких и теплых красок, свойственных земному закату, зрелище завораживает: Солнце, более тусклое и далекое, чем на Земле, лишь чуть фильтруется очень тонкой атмосферой (способной, однако, заметно блокировать красный свет) и опускается за горизонт, окутанное ледяной призрачной дымкой со слабым голубоватым оттенком. Снимок был отправлен на Землю марсоходом Opportunity в 2015 году.



▲ Геология Марса разнообразна и сложна. За пределами полярных шапок, состоящих из твердой углекислоты («сухого льда»), планета четко делится на два полушария. В северном чередуются два типа рельефа: один древний, со множеством кратеров, пересеченный длинными «каналами» (возможно, когда-то заполненными водой), другой — более молодой и плоский. В южном полушарии преобладают вулканы, покрытые застывшей лавой, равнины и каньоны.



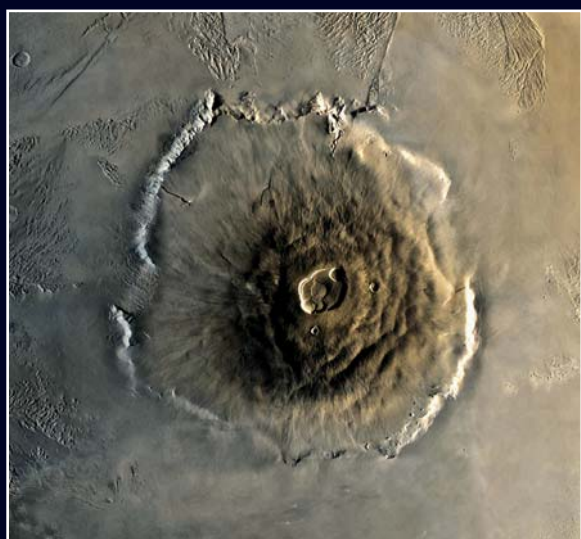


Деймос,  
средний диаметр 12,4 км

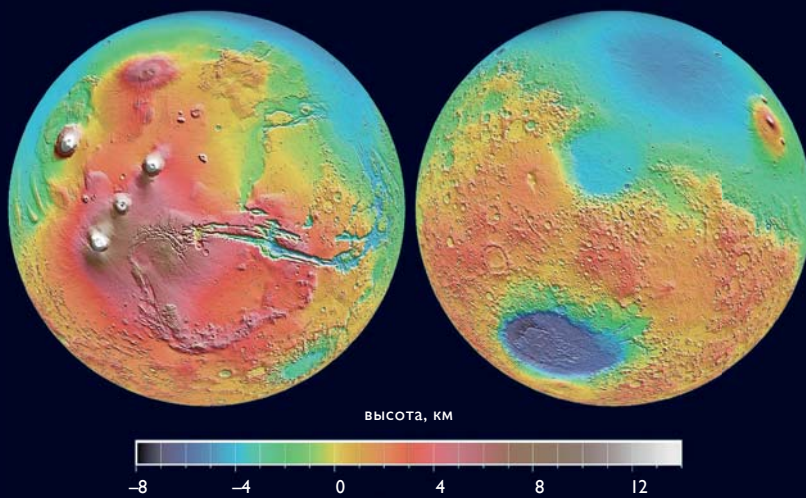


Фобос,  
средний диаметр 22,2 км

◀ Два маленьких естественных спутника Марса имеют неправильную форму, типичную для астероидов, масса которых недостаточна для приобретения шарообразности. Фобос обращается вокруг Марса на среднем расстоянии всего 6000 км — это самое малое из известных расстояний от спутника до поверхности материнской планеты. Подобная близость означает, что в долгосрочной перспективе Фобос будет разрушен приливными силами.



▼ Эта альтиметрическая карта демонстрирует разнообразие видов марсианской почвы. Белым цветом отмечены высочайшие потухшие вулканы в районе Фариса, обширной выпуклости планеты в северном полушарии. Она выделена серым цветом и возвышается на десятки километров.



▲ Гора Олимп высотой более 25 км, расположенная примерно в 20° к северу от марсианского экватора, — самая высокая горная вершина во всей Солнечной системе.



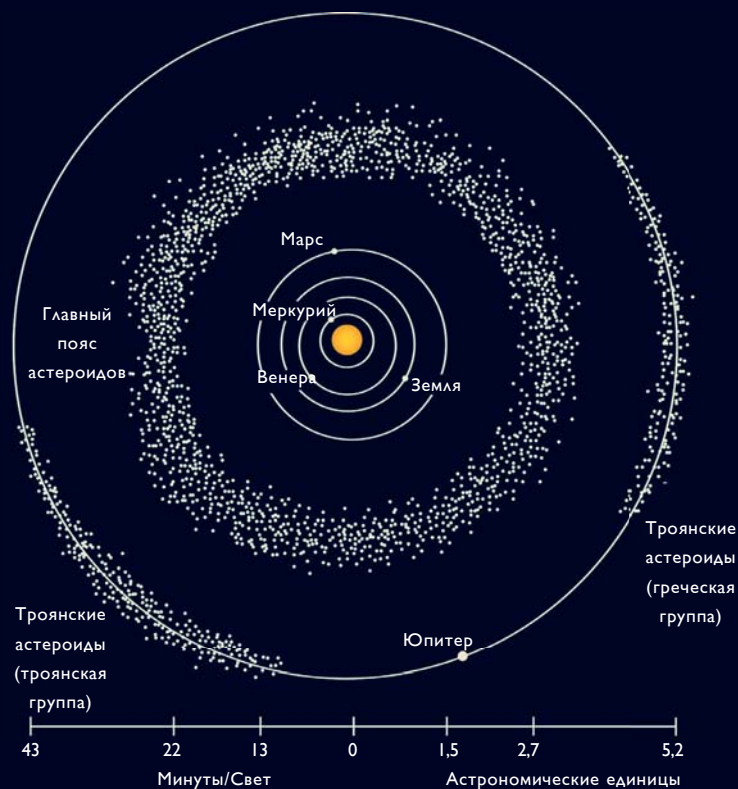
◀ Марсоходы-близнецы Spirit и Opportunity встретились на поверхности Марса в январе 2004 года. Они преодолели тысячи миль, исследуя поверхность планеты: брали пробы грунта, делали фотографии. Spirit перестал работать в 2010 году (хотя проработал намного дольше, чем ожидалось), а Opportunity превзошел самые оптимистичные ожидания: он все еще активен, несмотря на то что проехал более 45 км по скалистой местности<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Марсоход Opportunity прекратил работу в середине 2018 года (прим. науч. ред.).

# Пояс астероидов

В космосе летает множество малых тел неправильной формы — валуны разных размеров. Их называют астероидами (или иногда планетоидами). Большинство из них обращается непосредственно вокруг Солнца; некоторые иногда притягиваются планетами и становятся их временными спутниками. Подобные небесные тела могут иметь самый разный состав: одни состоят из металлов, другие — из камня, третьи — из углерода и льда. Поэтому они очень по-разному отражают солнечный свет — у них разное альbedo и, соответственно, разная яркость.

При таком количестве малых небесных тел в системе неизбежны их столкновения с планетами. Одно из самых явных доказательств этого — ударные кратеры на поверхности планет. Орбиты астероидов иногда нестабильны, особенно когда речь идет об изолированных объектах, но есть и группы астероидов, движения которых идеально синхронизированы с движением их гигантского соседа — Юпитером. Такое явление называется орбитальным резонансом. Например, астероиды группы Хильды совершают три оборота вокруг Солнца за то время, за которое Юпитер делает два, астероиды группы Туле находятся с Юпитером в резонансе 4:3, а троянские астероиды — две группы астероидов, лежащие на орбите Юпитера по обе стороны от него на одинаковых расстояниях, — имеют орбитальный период, равный периоду газового гиганта.



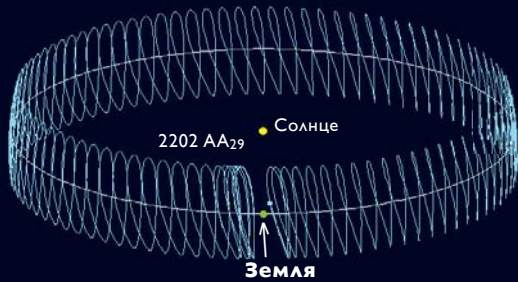
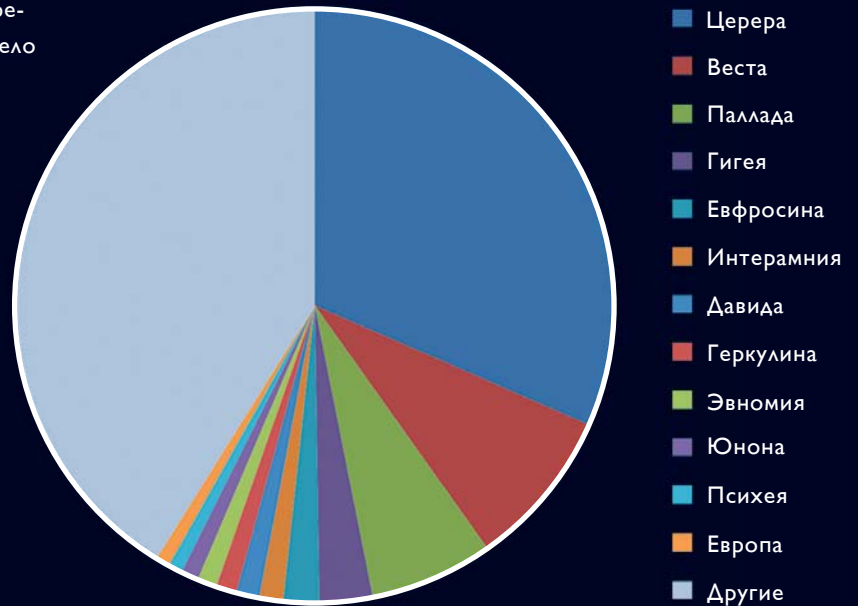
▲ Большая часть астероидов (около 95%) находится между орбитами Марса и Юпитера, в так называемом Главном поясе. На периферии этого пояса есть локальные группы, важнейшие из которых — две группы троянских астероидов, расположенные на орбите Юпитера на  $60^\circ$  впереди («греки») или позади («троянцы») газового гиганта.



◀ Космический зонд «Рассвет» (Dawn) сблизился с двумя астероидами Главного пояса: в 2011 году он вышел на орбиту Весты, которую покинул в 2012 году, чтобы приблизиться к Церере, одной из карликовых планет Солнечной системы. Это был первый случай в истории космонавтики, когда один космический зонд в ходе одной и той же миссии посетил два различных небесных тела, выйдя на орбиту вокруг каждого из них.

► Эта классическая секторная диаграмма показывает распределение масс астероидов Главного пояса. Самое крупное тело в поясе — карликовая планета Церера. На фоне остальных объектов также выделяются Веста и Паллада.

▼ Некоторые маленькие астероиды иногда притягиваются Землей и становятся ее временными спутниками или коорбитальными объектами. Их уникальные орбиты — результат совместного гравитационного влияния Луны и нашей планеты, вариант решения знаменитой задачи трех тел Жозефа Луи Лагранжа (1736–1813).



▼ Большие размеры и сфероидальная форма трех карликовых планет — Цереры, Харона и Плутона — показаны на контрасте с двумя астероидами неправильной формы: Вестой, самым большим из всех известных астероидов Главного пояса, и Эросом, входящим в группу околоземных астероидов (АСЗ) и имеющим размер в несколько десятков километров.



◀ Три возможных сценария эволюции пояса астероидов. Вверху — Солнечная система с планетой, похожей на Юпитер: планета постепенно мигрирует через систему, оттягивая часть планетоидов от внутренних планет. Посередине — случай, похожий на тот, что однажды действительно произошел: Юпитер находится во внешней части пояса. Внизу — третий сценарий: планета, похожая на Юпитер, создает своим тяготением пояс астероидов, опасный для остальных планет из-за своей плотности.

### Возможная эволюция Главного пояса астероидов

Распад пояса

Главный пояс Солнечной системы

Плотный пояс

# Юпитер

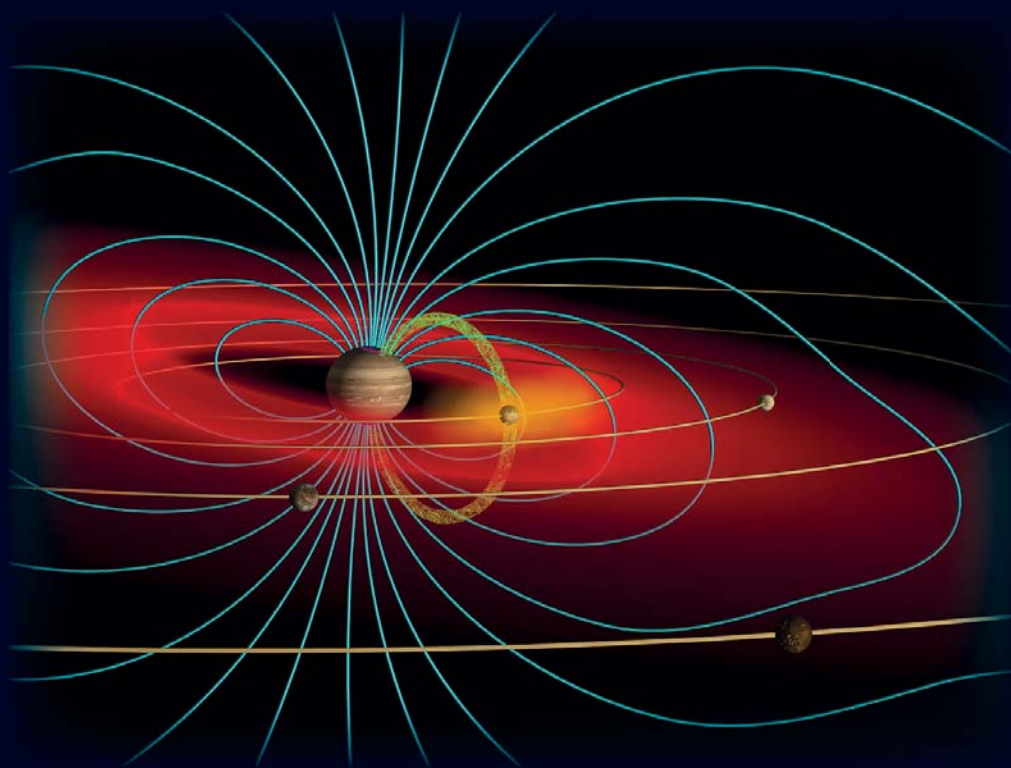
Огромный и достаточно массивный, чтобы заслужить прозвище «несостоявшаяся звезда», Юпитер притягивает к себе множество спутников: сейчас их насчитывается не менее 69, из которых четыре имеют сфероидальную форму и размер, близкий к размерам внутренних планет. Масса Юпитера в 2,47 раза больше суммарной массы всех остальных планет Солнечной системы. Впечатляет и его объем: в 1300 с лишним раз больше, чем у Земли.

Планета лишена твердой поверхности и излучает в 2,5 раза больше энергии, чем получает от Солнца, что говорит о наличии внутри нее мощного теплогенерирующего механизма. Но на этом рекорды не заканчиваются: вокруг своей оси Юпитер вращается с головокружительной скоростью, совершая один оборот менее чем за 10 земных часов, что вызывает характерное уплощение планеты. Оборот Юпитера вокруг Солнца занимает 11,86 земного года: при наблюдении с Земли он смещается в зодиакальном поясе примерно на одно созвездие в год.



▲ Разнообразные и яркие оттенки атмосферы Юпитера видны даже в малые и средние телескопы. Астрономы наблюдают за их изменениями уже почти 400 лет.

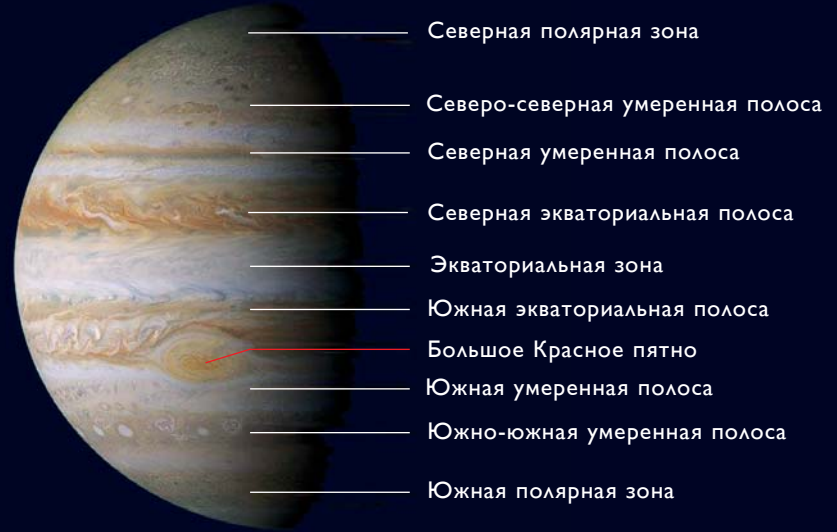
► У Юпитера огромная магнитосфера: в 1200 раз больше, чем у Земли. Поток намагниченного солнечного ветра, попадающий в магнитосферу Юпитера, создает своего рода волну в пространстве. Межпланетное магнитное поле, переносимое солнечным ветром, сливается с внешними пределами магнитосферы газового гиганта и образует за ним длинный турбулентный магнитный след, достигающий магнитного поля Сатурна и проходящий через него. Внутри магнитосферы заряженные частицы, захваченные магнитным полем, создают интенсивные потоки жесткого излучения. Возможно, они генерируются вулканическими выбросами с естественного спутника Юпитера — Ио.





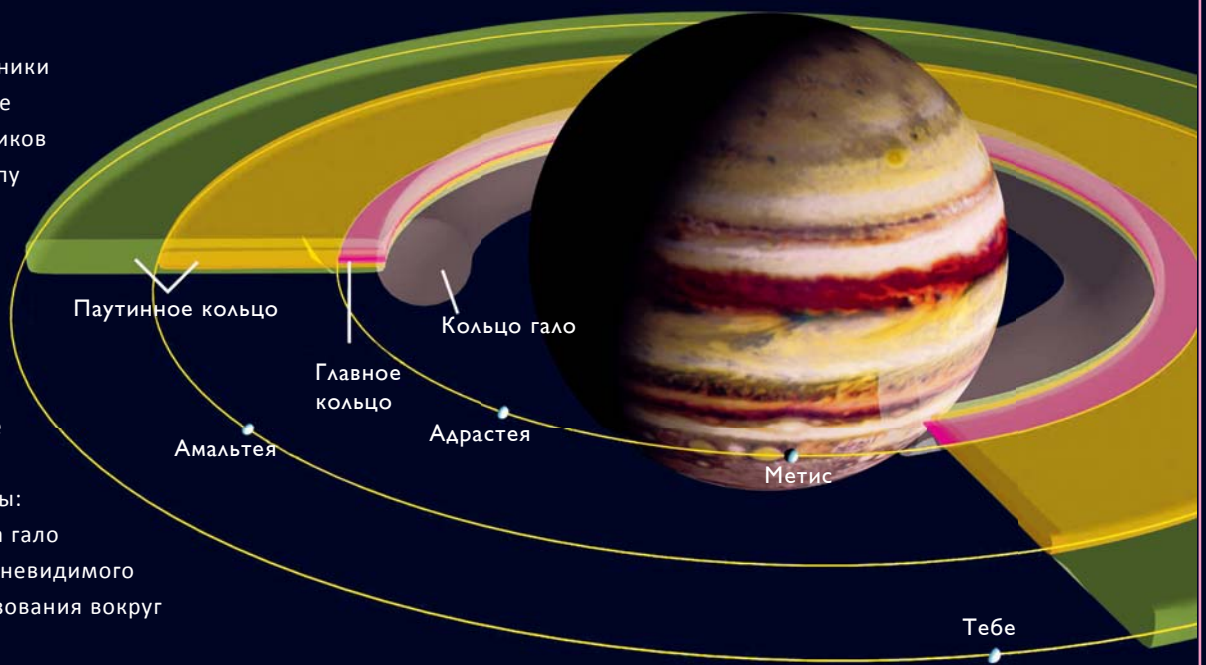
◀ Четыре крупнейших спутника Юпитера, которые Галилей открыл в 1610 году и посвятил Козимо II Медичи, можно наблюдать в небольшой телескоп: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто. Их орбитальные периоды лежат в промежутке от 1,77 дня (Ио) до 16,69 дня (Каллисто).

▶ Всем знаком характерный внешний вид Юпитера, его разноцветная атмосфера с несколькими параллельными темными полосами, чередующимися с более светлыми областями. Самые высокие облака состоят из кристаллов аммиака, более низкие — в основном из водорода и гелия. Температура темных полос около  $-135^{\circ}\text{C}$ , светлых — примерно на  $10^{\circ}$  ниже. Выше  $50^{\circ}$  широты на севере и юге параллельные полосы и зоны уступают место закрученной структуре полярных областей. Между горизонтальной полосой и областью на  $22^{\circ}$  южной широты расположена зона пертурбаций невиданных на Земле масштабов и продолжительности. Большое Красное пятно, открытое в 1665 году Жаном-Домиником Кассини и видимое даже в небольшие телескопы, — это гигантский атмосферный вихрь высокого давления.



### Спутники группы Амальтеи и внутренние кольца Юпитера

Самые внутренние спутники Юпитера, обнаруженные в пределах орбит спутников Медичи, образуют группу Амальтеи: Метида, Адрастея, Амальтея и Фива. Они были открыты в 1979 году, когда Юпитера достиг космический зонд «Вояджер». Внутренние спутники способствуют сгущению колец планеты: главного кольца, кольца гало и паутинового кольца — невидимого с Земли пылевого образования вокруг планеты.



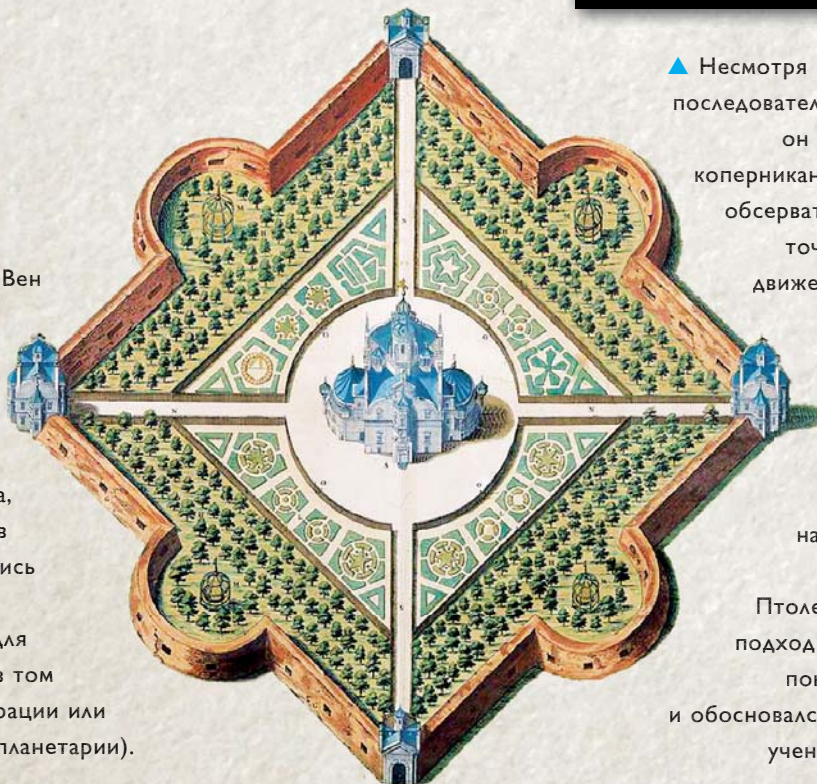
# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XI

## Тихо Браге и Ураниборг

Когда молодой Тихо Браге (1546–1601) в 1563 году наблюдал соединение Юпитера и Сатурна, он понял, что Альфонсовы таблицы дают момент этого события с отклонением в один месяц, в то время как гораздо более поздние, современные и усовершенствованные Прусские таблицы ошиблись всего на несколько дней. Неожиданное открытие побудило юношу заняться астрономией: он захотел исправить эти неточности. Убеденный последователем системы Птолемея, Тихо учился и работал в Дании, в аббатстве Херисвад. Там 11 ноября 1572 года он обнаружил присутствие нового небесного объекта в созвездии Кассиопеи, такого же яркого, как Венера. Благодаря построенному им секстанту с очень точной системой градуировки дуг Браге установил, что объект не имеет параллакса. Отбросив таким образом возможность его принадлежности к Солнечной системе, астроном решил, что это мог быть только очень далекий объект — должно быть, звезда. Вера Браге в аристотелевскую физику, которая такого не допускала, серьезно пошатнулась.



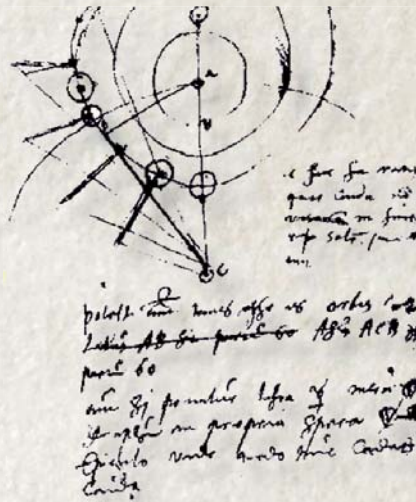
▶ Благодаря поддержке ландграфа Вильгельма, который восторгался мастерством Браге как астронома-наблюдателя, на маленьком острове Вен была построена обсерватория, получившая название Ураниборг (Небесная крепость). В квадратной по форме цитадели общей площадью 85 м<sup>2</sup>, ориентированной по сторонам света, было все: от резиденции астрономов до типографии. В центре располагались две башни, оснащенные различными астрономическими инструментами: для наблюдений (квадранты, секстанты, в том числе и переносные) и для демонстрации или теоретического анализа (глобусы и планетарии).



▲ Несмотря на то что Тихо Браге был последователем Птолемея, в 1574 году он публично начал защищать коперниканскую математику. В своей обсерватории он выполнил серию точных измерений видимого движения кометы, пролетевшей недалеко от Земли в ноябре 1577 года. То, что, приближаясь к Солнцу, комета пересекала орбиты планет, навело астронома на мысль, что она двигалась не по кругу, а по эллипсу. Птолемеевско-аристотелевский подход рухнул. В 1596 году Тихо покинул свою обсерваторию и обосновался в Праге, где его лучшим учеником стал Иоганн Кеплер.

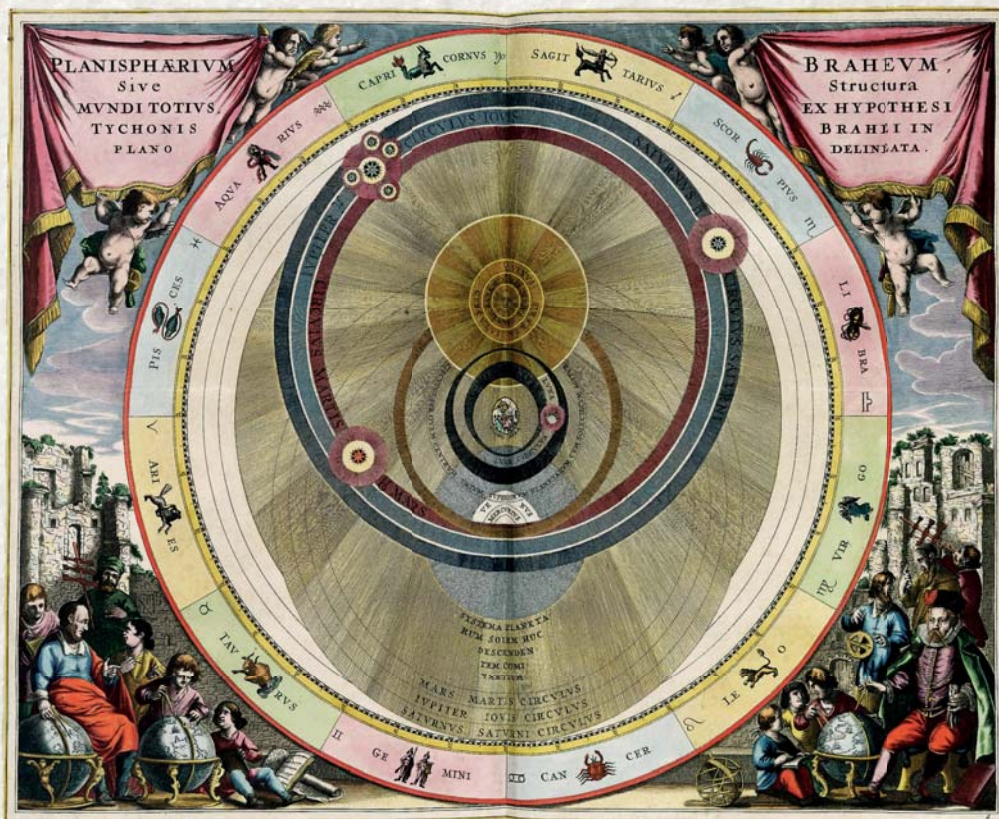
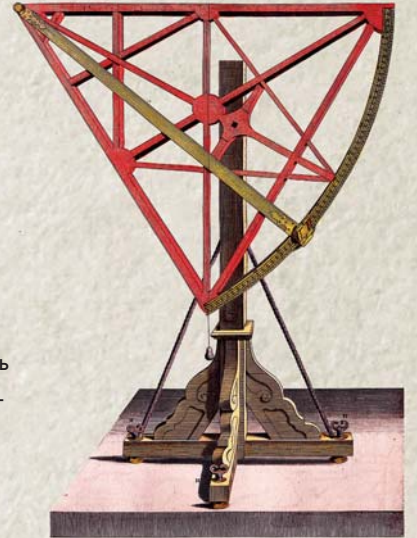


▲ В астрономической обсерватории Ураниборг: Тихо Браге изучает небо при помощи своего знаменитого квадранта и диктует ассистентам полученные значения. В обсерватории одновременно могли работать до восьми человек.



▲ На наброске великого астронома показан путь видимой невооруженным глазом кометы, появившейся в 1577 году. Наблюдения позволили Тихо сформулировать две гипотезы, которые оказались верными, — о том, что представляют собой небесные тела, а не атмосферные явления, как полагал Аристотель, и что их хвосты всегда направлены от Солнца.

▼ Использование больших секстантов и квадрантов позволило Тихо Браге с большой точностью определять положения звезд и направления движения планет. Он сам сконструировал секстант, с помощью которого определил точные координаты сверхновой звезды в Кассиопее в 1572 году.



◀ На модели Тихо Браге Солнце находилось в центре планетных орбит. Но при этом оно вместе с Луной обращалось вокруг Земли, находившейся в центре Вселенной. Иными словами, астроном все же продолжал придерживаться геоцентрической модели. Решение поместить нашу планету в центр мира было вызвано не религиозными соображениями, а осознанием того, что наблюдения и измерения положений неподвижных звезд не выявили какого-либо годового параллактического сдвига. Это могло означать только одно из двух: либо Земля оставалась неподвижной, либо звезды были безмерно далеко. Вторая гипотеза показалась Браге неправдоподобной, поэтому он выбрал первую. За исключением явлений паралакса и абберации света, его модель относительного движения Земли, Солнца и планет эквивалентна коперниканской: в ней лишь выбрана другая точка отсчета.

# Сатурн

Вид Сатурна в телескоп, с его кольцами, спутниками и слабыми атмосферными полосами, — уникальное и грандиозное зрелище, одно из самых красивых, какие только может предложить наблюдателю Солнечная система.

Вторая по размеру планета после Юпитера, Сатурн имеет схожую с соседом атмосферу, очень близкую по составу, но несколько менее хаотичную (хотя тоже бурную) и более блеклых оттенков. У Сатурна тоже множество спутников (не менее 62), и он так же быстро вращается вокруг своей оси (за 10,7 часа), из-за чего во всей Солнечной системе остается наиболее сплюснутой у полюсов планетой. Одно только сильно отличает его от Юпитера: несмотря на внушительные размеры, масса Сатурна в три раза меньше, что означает очень малую плотность.

Самое необычное в этой планете — наличие системы колец, гораздо более ярких, чем у других планет-гигантов. Ледяные пылевые образования вокруг Сатурна, заметные с Земли даже в небольшой телескоп, были обнаружены Христианом Гюйгенсом в 1655 году (Галилей тоже наблюдал у планеты боковые выпуклости, но не смог определить их природу). В 1675 году Жан-Доминик Кассини изучил детали морфологии колец более подробно, обнаружив тонкую темную линию, разделяющую их на две части.

► Кольца Сатурна отражают солнечный свет по-разному, в зависимости от материала, из которого они состоят. Темное кольцо С и щель Кассини пропускают свет и почти прозрачны; кольца А и В, гораздо более непрозрачные, отражают свет и кажутся светлее.



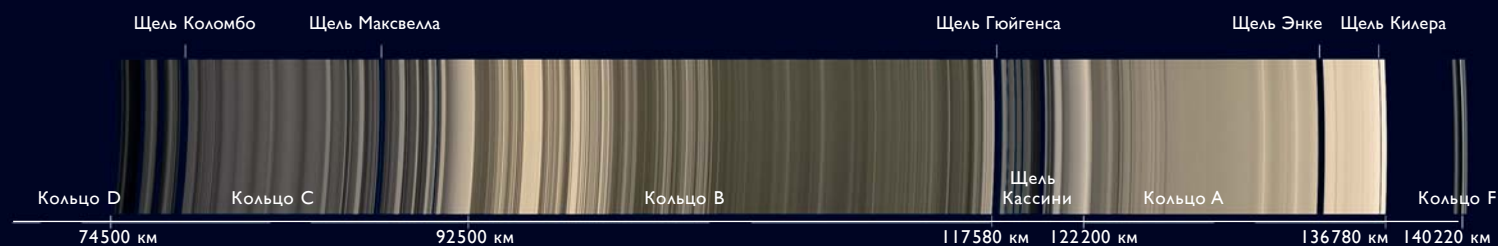
▲ На рисунке — разделяющая кольца тонкая темная линия, известная как щель Кассини. На диске планеты заметны слегка окрашенные параллельные полосы, а также тень, отбрасываемая одним из спутников.



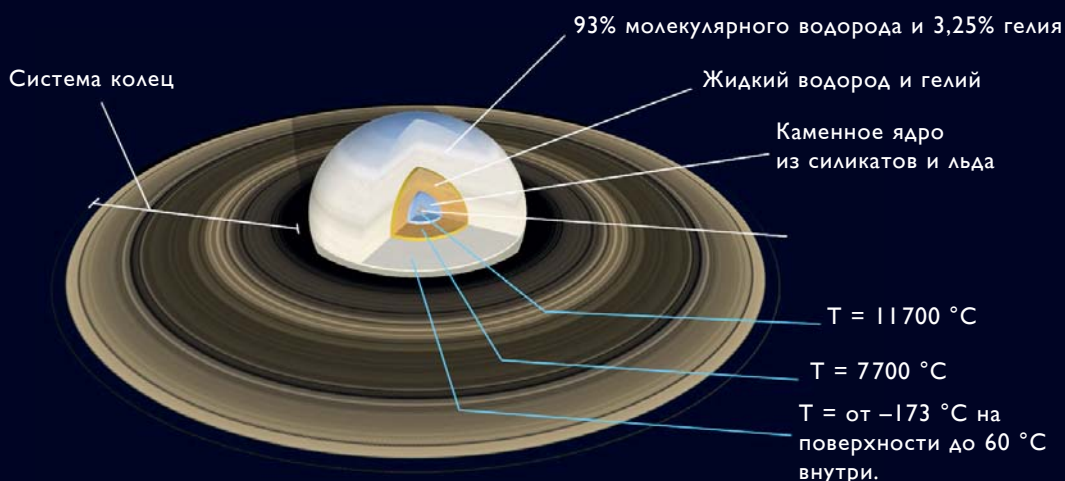
◀ Система колец Сатурна не перестает удивлять астрономов. Космический телескоп «Спитцера», работающий в инфракрасном диапазоне, обнаружил в 2009 году на расстоянии в 6 млн км от планеты кольцо шириной 12 млн км. Примечательной оказалась и его толщина: в 20 раз больше, чем диаметр самого Сатурна. Несмотря на внушительные размеры, это кольцо трудно наблюдать в оптические телескопы из-за разреженности. На рисунке: огромное тонкое кольцо Сатурна, видимое из межпланетного пространства.

### Характеристики колец Сатурна

Этот почти фронтальный вид колец Сатурна, построенный из снимков, присланных космическим зондом «Кассини», позволяет увидеть едва заметные различия в цвете и отражающей способности участков колец: самые темные участки называются щелями и разграничивают более светлые кольца, каждое из которых обозначено буквой алфавита.



► Подобно Юпитеру, Сатурн в основном состоит из водорода (около 93%) и гелия (около 3%), которые в самых глубоких слоях планеты настолько сжаты, что становятся жидкими. Ядро может состоять из металлов и скальных пород.



# Уран

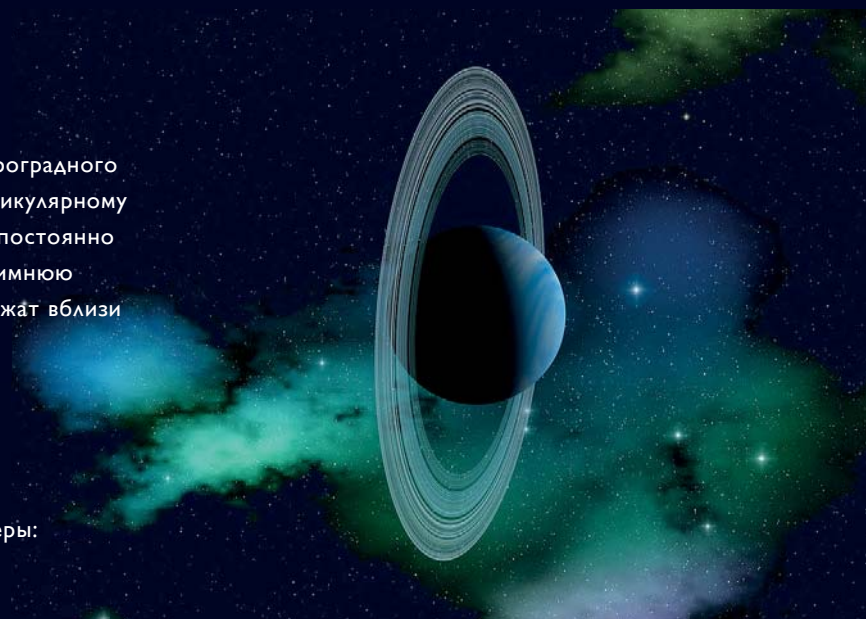
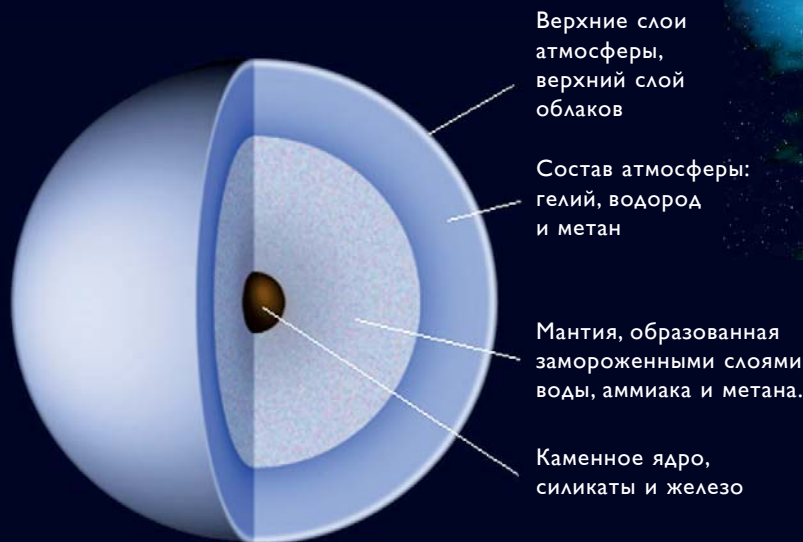
Из-за низкой яркости (5,3 звездной величины в максимуме блеска) Уран был первой планетой, обнаруженной в Новое время. Как видно из каталога, составленного Джоном Флемстидом в 1690 году, на протяжении десятилетий небесное тело путали со звездой, пока в 1781 году Уильям Гершель не доказал, что это седьмая планета Солнечной системы. В телескоп можно увидеть только крохотный голубой диск, лишенный деталей. Большая часть наших знаний об Уране получена благодаря космическому зонду «Вояджер-2», пролетевшему вблизи него в 1986 году, и снимками с космического телескопа «Хаббл».

Атмосфера Урана имеет светло-голубой цвет из-за небольшого количества газообразного метана, примешенного к привычным водороду и гелию. Главная особенность планеты — необычный наклон оси, вероятно, полученный вследствие одной или нескольких космических катастроф.

► Особенностью Урана является аномальный наклон оси ретроградного вращения — почти  $98^\circ$  по отношению к направлению, перпендикулярному орбите. Это значит, что летом над одним из полюсов планеты постоянно находится Солнце, а второй полюс погружен в непрерывную зимнюю ночь. Кольца, обнаруженные с Земли мощными телескопами, лежат вблизи экваториальной плоскости планеты.



▲ Однородность атмосферы Урана была установлена космическим зондом «Вояджер-2» в 1986 году.



◀ Мантия Урана состоит из грязевой смеси воды, метана и аммиака. В его ядре, вероятно, каменистом, присутствуют силикаты и железо. Считалось, что атмосфера планеты похожа на атмосферы других газовых гигантов, но новые наблюдения в начале XXI века обнаружили в ней значительно более турбулентные образования.

## Луны Урана

По данным «Вояджера-2», у Урана шесть основных спутников. Самый крупный, Титания, имеет диаметр 1577 км.

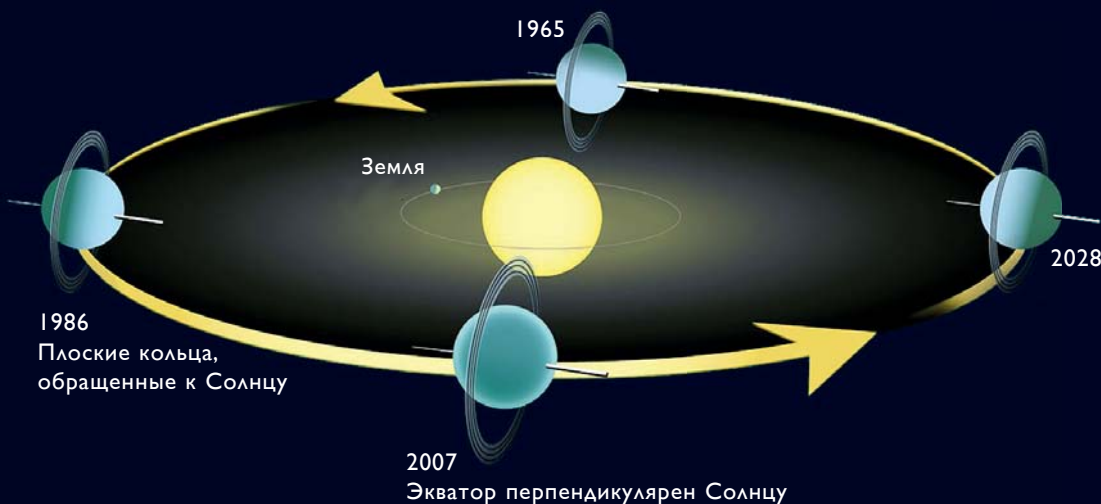
У  
Р  
А  
Н



27 спутников Урана получили свои названия от имен персонажей Уильяма Шекспира или Сэмюэля Пипса.

◀ Сложная система спутников и колец Урана была открыта в середине 1980-х годов. Тот факт, что все они находятся вблизи его экваториальной плоскости, подтверждает гипотезу, что событие, придавшее Урану странную осевую ориентацию, должно было произойти во время формирования планеты, до появления колец и спутников. Подобную аномалию могла вызвать протопланета с массой, близкой к земной, но более поздние гипотезы указывают на большее количество столкновений (как минимум два).

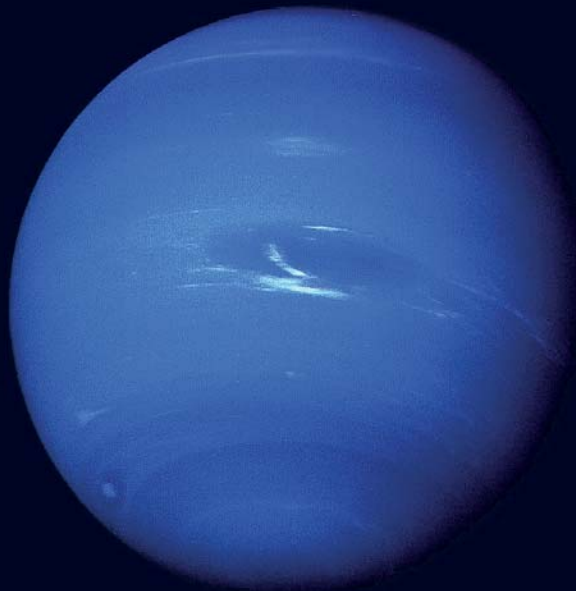
► Как показали недавние компьютерные симуляции, если бы планета пострадала от столкновения только один раз, то вращение спутников Урана должно было бы быть ретроградным. Несмотря на наблюдательные трудности, связанные с огромным расстоянием, с Земли — за счет специфической ориентации оси вращения планеты — можно следить за процессами в атмосфере Урана на полюсах и экваторе, разумеется, в разное время. Недавно было обнаружено, что атмосфера седьмой планеты — спокойная и однородная во время сближения с «Вояджером-2» в 1986 году, когда один из полюсов был обращен к Солнцу, — становится более турбулентной, когда экватор перпендикулярен материнской звезде. В таком положении Уран находился в середине 2000-х, когда наблюдения с космического телескопа «Хаббл» показали рост активности атмосферы.



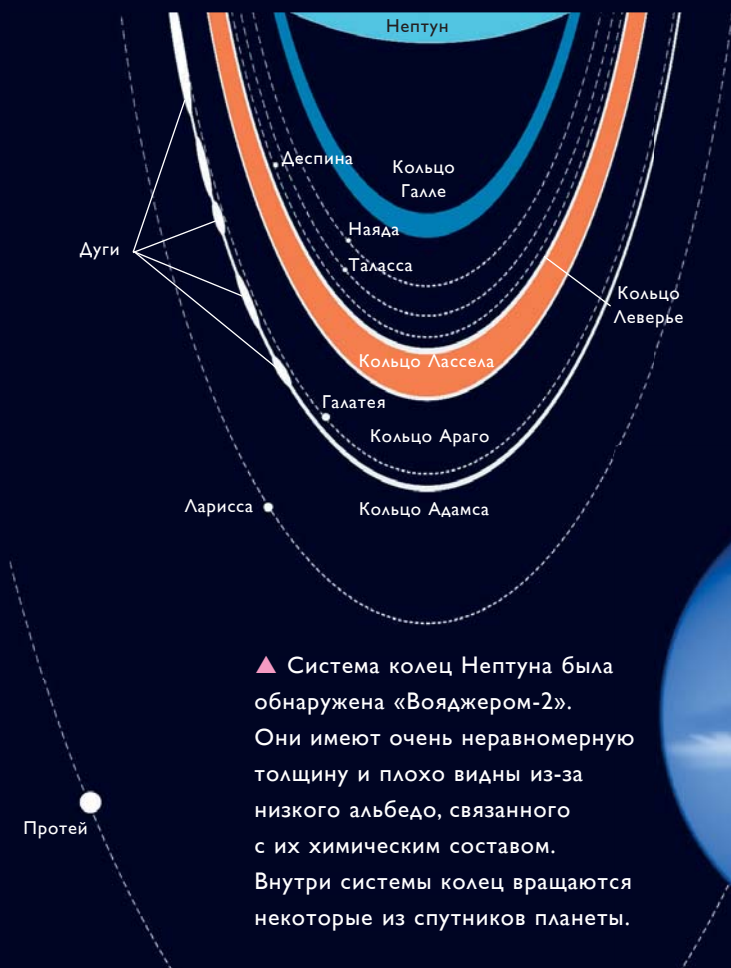
◀ За 84 земных года, за которые Уран совершает один оборот вокруг Солнца, положение колец меняется от вида «с ребра» до фронтального. На момент встречи с «Вояджером-2» кольца находились в выгодном положении, как и в 1977 году, когда их обнаружили с Земли.

# Нептун

Самая далекая и самая холодная из планет Солнечной системы, Нептун находится на расстоянии 4497 млн км от Солнца, и ей требуется 165 лет, чтобы совершить оборот вокруг звезды. Нептун невозможно увидеть невооруженным глазом. Планета была обнаружена косвенно, путем вычислений причины возмущений в движении Урана. В 1846 году ее увидел в телескоп Иоганн Готтфрид Галле, который следовал указаниям Урбена Леверье и Джона Коуча Адамса, теоретически предсказавших существование восьмой планеты. Атмосфера Нептуна кажется более сложной, чем у Урана, хотя тоже имеет голубой оттенок из-за присутствия метана. С помощью зонда «Вояджер-2» и космического телескопа «Хаббл» на Нептуне наблюдались темные вихри, а также белые облака ледяного метана.

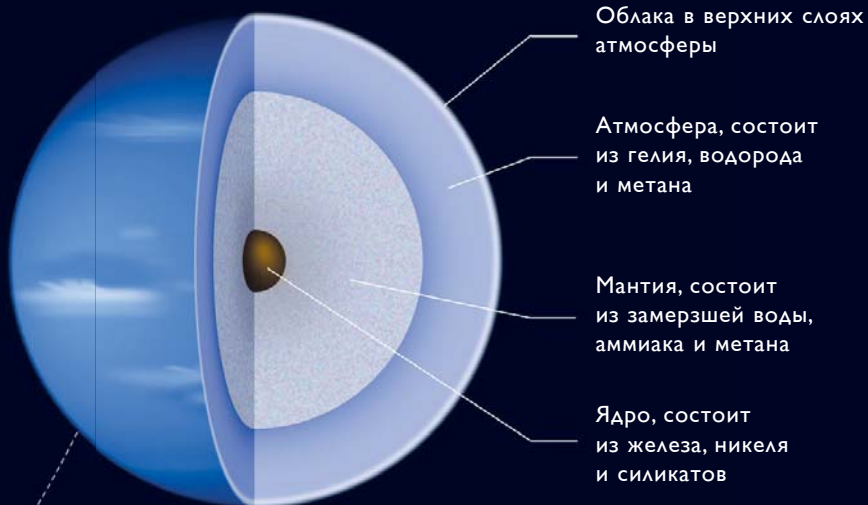


▲ Большие темные вихри — редкое явление, в 2016 году наблюдались в космическом телескоп «Хаббл», а ранее, в 1989 году, — зондом «Вояджер-2».

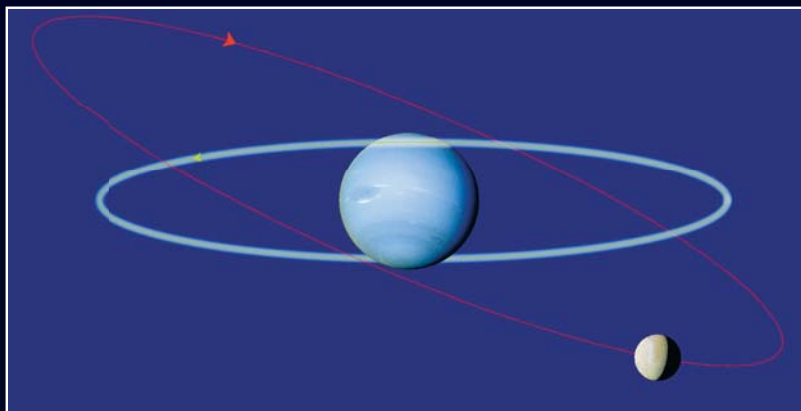


▲ Система колец Нептуна была обнаружена «Вояджером-2». Они имеют очень неравномерную толщину и плохо видны из-за низкого альbedo, связанного с их химическим составом. Внутри системы колец вращаются некоторые из спутников планеты.

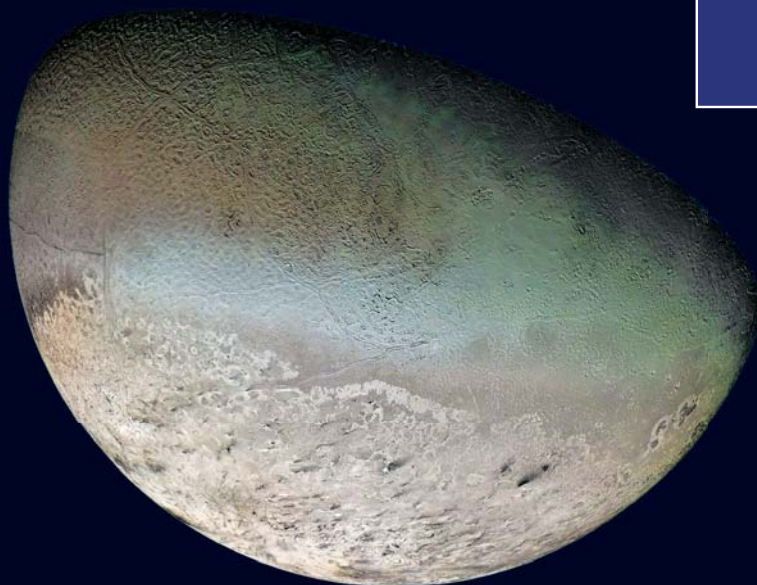
▼ Как и у всех газовых гигантов, у Нептуна нет четкого разделения между атмосферой и поверхностью, поэтому за нулевой уровень атмосферы условно берется уровень, соответствующий давлению в 1 бар. Химический состав Нептуна не сильно отличается от состава Урана.



► Спутник Нептуна Тритон движется по своей орбите в направлении, противоположном направлению вращения планеты. Поэтому считается, что он был захвачен притяжением Нептуна и первоначально не принадлежал системе его спутников.

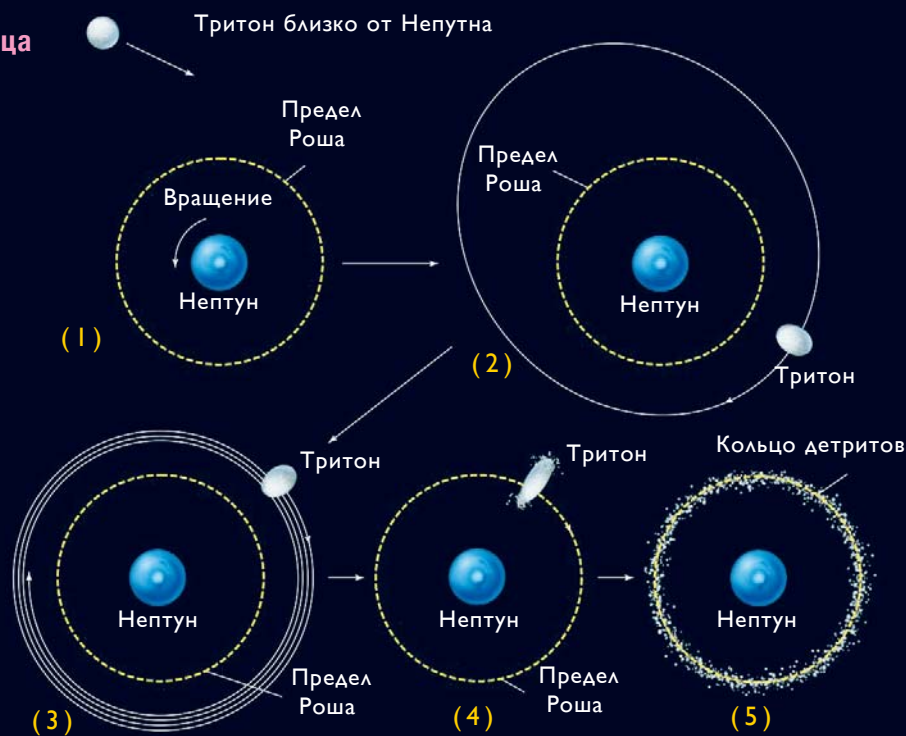


◀ Тритон, крупнейший спутник Нептуна, размером примерно с Луну — одно из самых холодных мест в Солнечной системе. Во время миссии «Вояджер-2» с борта зонда наблюдалось любопытное явление: огромные азотные гейзеры, поднимающиеся над поверхностью Тритона на 8 км.



### Захват Тритона и формирование кольца

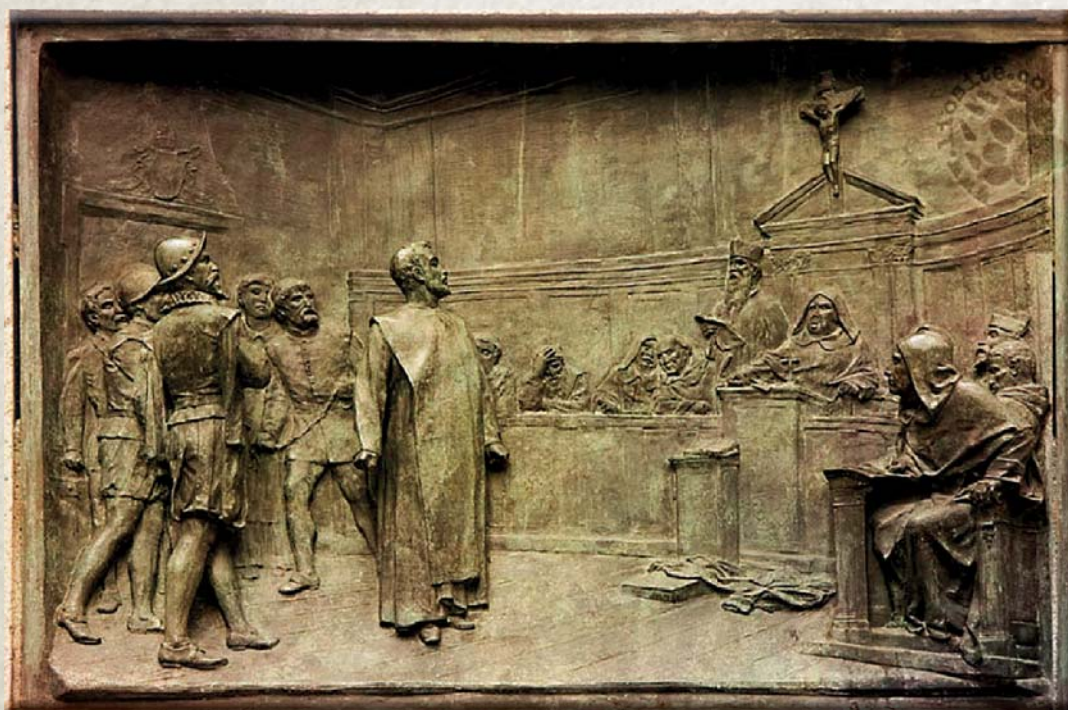
Возможное минимальное расстояние между планетой и ее спутником ограничено «пределом Роша», названным по имени исследовавшего данный вопрос ученого (Эдуарда Роша). За этим «пределом» сохранение целостной структуры невозможно: приливные силы разорвут спутник на мелкие фрагменты, которые продолжат движение по орбите и образуют кольца. Тритон, захваченный притяжением Нептуна, испытывает на себе действие приливных сил планеты и, постепенно замедляя свое вращение, сближается с более крупным небесным телом все быстрее (фаза 2). Произойдет приливное разрушение (фаза 3), и когда Тритон перейдет предел Роша (фаза 4), то превратится в яркое кольцо, подобное кольцам Урана и Сатурна (фаза 5).



# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XII

## Другие миры? Джордано Бруно

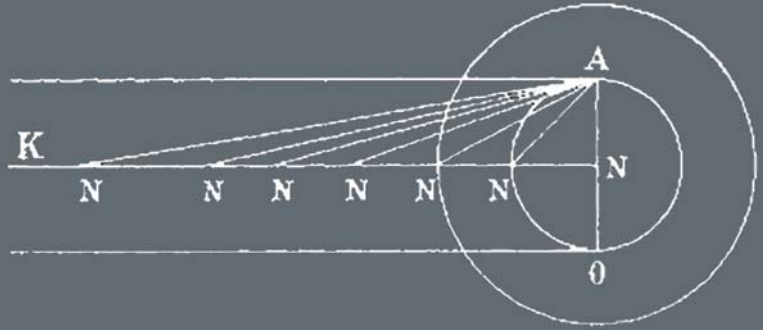
Родившийся в Ноле, Джордано Бруно (1548–1600) в 1565 году поступил в монастырь Сан-Доминико в Неаполе. Вскоре он увлекся не только богословием, но и философией, после чего попал под влияние христоцентризма Эразма Роттердамского и антитринитарного учения Ария. В 1576 году, чувствуя угрозу со стороны братьев в монастыре, которым явно не нравились его неортодоксальные идеи, Бруно бежал из Неаполя и посетил несколько итальянских городов прежде, чем прибыл в Женеву. Там он не терял времени даром: опубликовал клеветническую брошюру против известного профессора философии и был арестован. Беспокойная душа, он позже переехал в Лион и Тулузу, где давал частные уроки философии и астрономии. В 1581 году Бруно прибыл в Париж, где опубликовал такие тексты, как *Ars memoriae* и *De umbris idearum* (оба основаны на мнемонических приемах Раймунда Луллия и Педро де Равены), а также комедию «Il sandelaio». Между 1583 и 1585 годами он дважды посетил Англию, чтобы защитить новую космологию Коперника от «оксфордских педантов». В то же время он опубликовал *La cena delle ceneri*, один из трех диалогов, посвященных космологии, где он яростно отстаивает бесконечность Вселенной и множественность миров.



◀ Джордано Бруно вернулся во Францию в конце 1585 года, затем отправился в Германию, а оттуда в Прагу и Гельмштедт. Тем временем, он продолжал обширную литературную деятельность. В своих сочинениях астроном затрагивал такие важные темы, как коперниканство, эзотерические дисциплины и мнемоника. Побывав в Швейцарии и во Франкфурте, он в 1591 году вернулся в Италию, в Венецию, где патриций Джованни Франческо Мочениго предал его и обвинил перед инквизицией в богохульстве. На этом барельефе XIX века изображен происходивший в Риме суд инквизиции, в результате которого Бруно был осужден.

## Пир на пепле

Рисунок взят из третьего диалога: сравнивая размеры двух небесных тел, Бруно раскрывает возможность бесконечного величия, к которому стремится объект, представленный внешним кругом. Он утверждает, что угол  $N$  становится все более и более острым, «пока не начинает казаться линией, а не углом».



▼ Во время своего английского периода Джордано Бруно опубликовал сочинение *De Infinito Universo et Mundi*. Это был его третий в хронологическом порядке диалог о космологии. В нем астроном повторно проговаривает свои убеждения о бесконечной Вселенной и множественности миров. Он защищает идеи английского астронома и сторонника гелиоцентризма Томаса Диггеса, выступая против как аристотелевской, так и коперниканской системы, которые постулировали замкнутый космос в сфере неподвижных звезд.



► В ходе процесса Джордано Бруно подтвердил свою приверженность коперниканству и заявил, что движение Земли и неподвижность небосвода не влияют на авторитет божественного письма. Позже он отстаивал свои философские позиции, явно противоречащие католическому учению, включая пантеизм (убеждение, что все вещи пронизаны Богом, так что Вселенная эквивалентна Ему в своей бесконечности). 17 февраля 1600 года Джордано Бруно был заживо сожжен в Кампо-Фьори, где стоит теперь его мемориал.



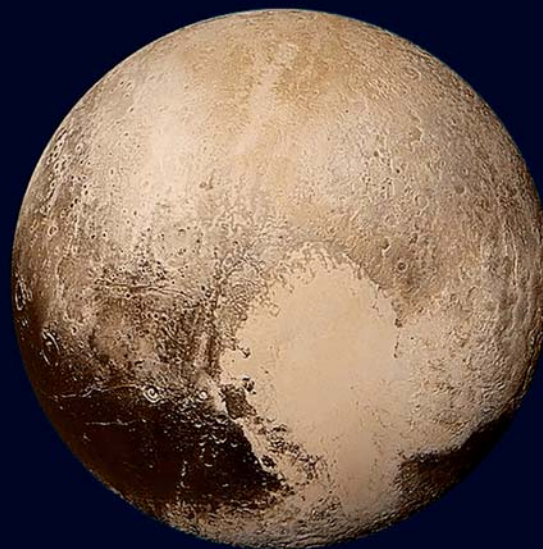
◀ Андреас Озиандер был тем анонимным автором, который без ведома Коперника написал печально известное введение к *De Revolutionibus*. И Джордано Бруно в «Пире на пепле» справедливо подозревает, что этот текст добавлен другой рукой. Он обращается к истинному автору (в то время еще неизвестному) и называет его «невежественным и самонадеянным ослом». Ссылаясь на письмо Коперника, он утверждает, что гелиоцентрическая модель была в уме человека, который ее придумал, не простой математической гипотезой, как указано во введении, а скорее реальной физической демонстрацией. Позже Кеплер раскроет имя Озиандера как автора предисловия.



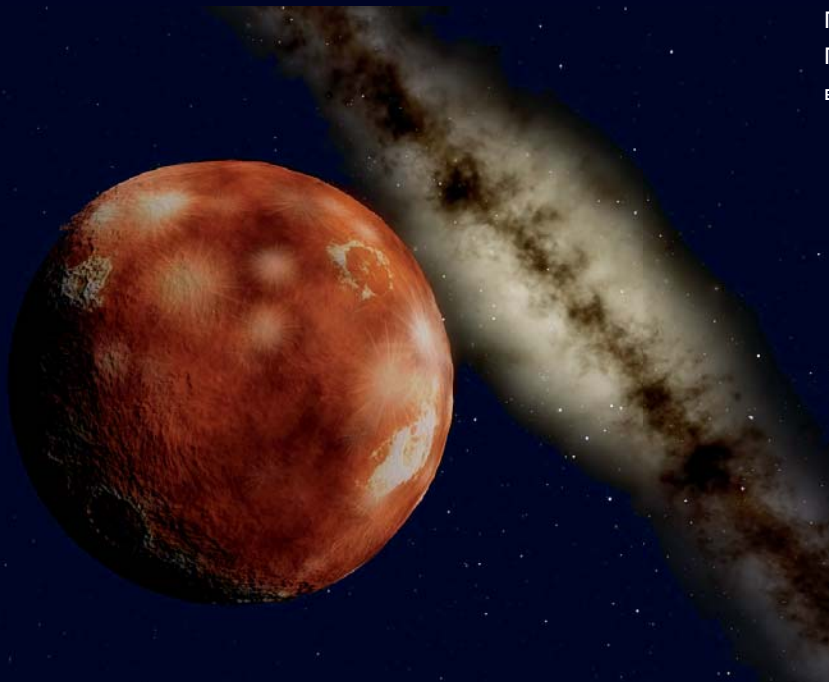
# Карликовые транснептуновые планеты

В дальних уголках Солнечной системы, за орбитой последнего газового гиганта, в холоде и темноте далекого от Солнца межпланетного пространства лениво бродят немногочисленные карликовые планеты. Самая массивная из них — Плутон, считавшийся до 2006 года девятой планетой Солнечной системы.

В 2006 году Международный астрономический союз изменил критерии классификации тел Солнечной системы. Чтобы считаться планетой, объект: 1) должен вращаться вокруг Солнца; 2) должен иметь достаточную массу, чтобы находиться в гидростатическом равновесии (и почти сферическую форму); 3) не должен вращаться вокруг планеты; 4) не должен иметь вблизи своей орбиты объекты сравнимого размера, а также не должен «смывать» своим гравитационным действием все близлежащие объекты. Плутон, обладающий только первыми тремя характеристиками, был объявлен карликовой планетой. Мы знаем как минимум о трех других подобных Плутону телах, которые находятся за пределами орбиты Нептуна (транснептуновые объекты), но их число может пополниться.



▲ 14 июля 2015 года космический зонд «Новые горизонты» пролетел мимо Плутона, детали поверхности которого ранее с большим трудом удалось наблюдать только в космический телескоп «Хаббл». Наиболее характерными элементами поверхности Плутона оказались относительно молодые горные хребты с вершинами, достигающими высоты 3500 м, и равнины, покрытые замерзшим азотом. Предполагается, что внешний вид поверхности Плутона не меняется (по крайней мере, ощутимо) в течение очень долгого времени.

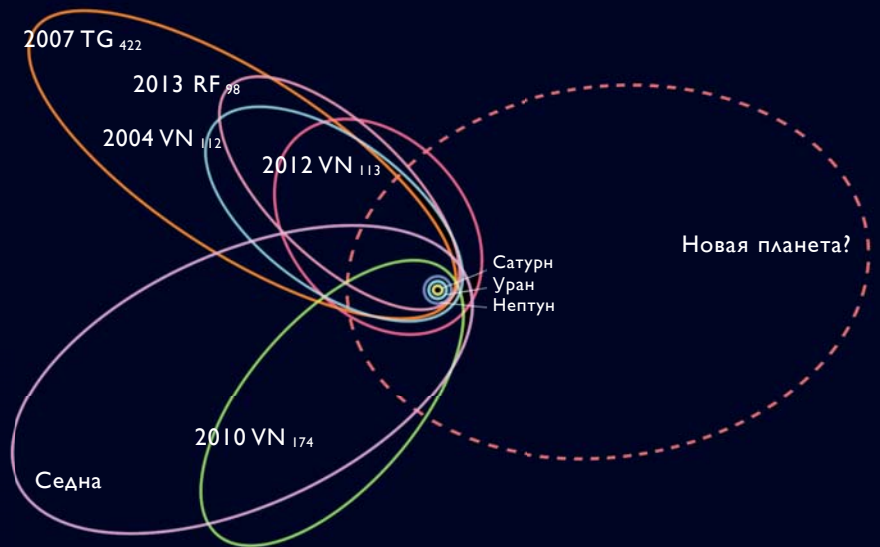


◀ Орбита транснептуновой карликовой планеты Иксион (планета имеет характерный красноватый цвет) близка к орбите Плутона (такие планеты называют, плутино или плутоидами). Обе планеты находятся в орбитальном резонансе 2:3 с Нептуном (три оборота Нептуна длятся столько же, сколько два — Иксиона и Плутона). При диаметре в 800 км Иксион должен иметь достаточную массу, чтобы его форма была близка к шару. Тогда можно было бы отнести Иксион к семейству карликовых планет, но пока еще нельзя исключать, что это довольно массивный астероид.

► За орбитой Нептуна обнаружены пока четыре подтвержденные карликовые планеты. Все они относительно небольшого размера (около 200 км в диаметре), хотя таких размеров достаточно для принятия сфероидальной формы. Это Плутон (самый большой транснептуновый объект), Эрис (самый массивный), Хаумеа (ярко выраженной удлиненной формы) и Макемаке. Другие объекты, показанные на рисунке, все еще не утверждены Международным астрономическим союзом в качестве карликовых планет.



▼ Классификация небесных тел производится в соответствии с приводимой диаграммой Ванна, утвержденной Международным астрономическим союзом. В группу карликовых планет входят некоторые транснептуновые объекты, которые в свою очередь содержат в своем составе плутоиды. Классификация планет выполняется совершенно независимо.

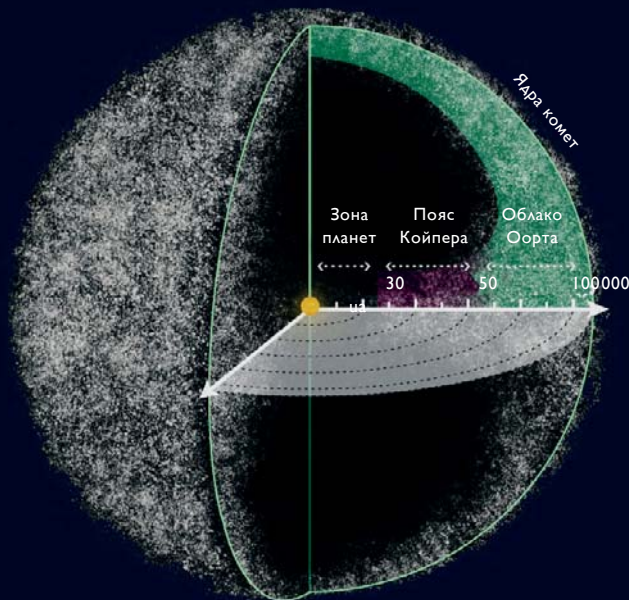


▲ Некоторые данные, относящиеся к орбитам транснептуновых объектов и тел еще более внешней области Солнечной системы, называемой облаком Оорта, заставляют предполагать существование в нашей системе девятой планеты, орбита которой лежит очень далеко от Солнца. Анализируя возможные косвенные признаки ее существования, можно сделать предположение о ее массе, которая в 10 раз превышает земную, и размере — до четырех диаметров Земли. Но в данный момент нет никаких прямых подтверждений этой гипотезы.

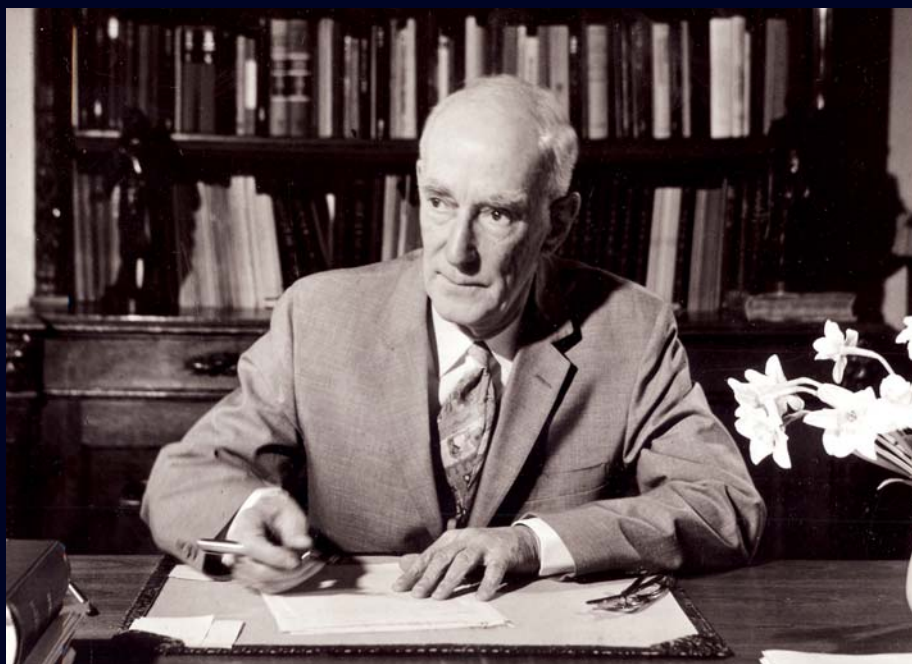
# Облако Оорта

Периодические кометы, орбиты которых проходят внутри Солнечной системы, постепенно истощают свои ледяные запасы и распадаются. Даже самые стойкие из них могут существовать лишь несколько десятков тысяч лет. Возникает вопрос: почему такие объекты все еще наблюдаются, почему они не исчезли давным-давно, как должно было быть, если учесть их известное количество и средний возраст, не сопоставимый с возрастом Солнечной системы, насчитывающим миллиарды лет?

В середине прошлого века Ян Хендрик Оорт предложил правдоподобное объяснение этой проблемы. Согласно его идее, количество периодических комет должно обновляться из некоего внешнего источника. Некоторые будут циклически перемещаться из «заповедника комет» в область внутренних планет и обратно. Благодаря большому расстоянию до кометного резервуара — по оценкам, примерно в 1 световой год или выше — в нем, несмотря на слабую гравитационную связь с Солнцем, вероятно, происходят периодические возмущения от прохождения соседних звезд вблизи Солнечной системы (5–10 за миллион лет). Вследствие возмущений кометы из облака могут поменять свои траектории и направиться, например, в сторону Солнца.



▲ Расстояние от Солнца до внешних границ облака Оорта предположительно составляет от 20 000 до 100 000 а.е. Гораздо ближе находится пояс Койпера: он охватывает область от орбиты Нептуна примерно до расстояния около 50 а.е. от Солнца.



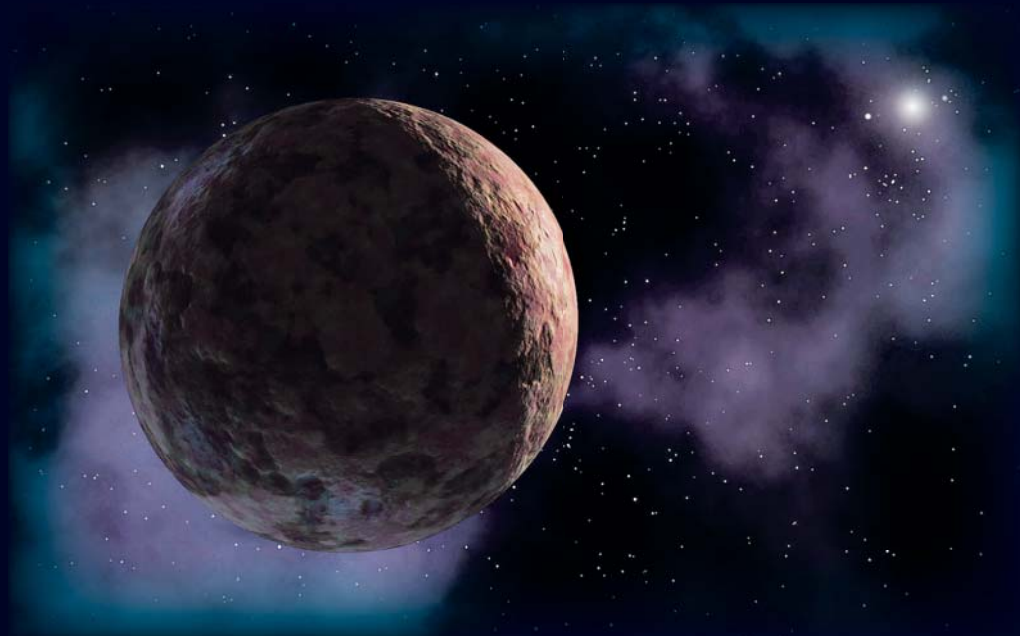
◀ Ян Хендрик Оорт (1900–1992) — пионер радиоастрономии и радиоинтерферометрии (техника, позволяющая объединять в один инструмент несколько радиотелескопов, иногда находящихся на большом расстоянии друг от друга). Знаменит тем, что смог обосновать гипотезу о вращении Млечного Пути вокруг своего центра, расположенного в созвездии Стрельца (его имя носят постоянные, с помощью которых вычисляется скорость галактического вращения Солнца). Сформулированная в 1950 году гипотеза Оорта, согласно которой кометы имеют общий источник в самых внешних областях Солнечной системы, теперь подтверждается, и это навсегда вписало имя ученого в историю астрономии.



▲ Внутри облака Оорта есть плоская центральная часть: пояс Койпера. В этом поясе лежат транснептуновые карликовые планеты и периодические кометы.

▲ Предполагаемая девятая планета, которую некоторые называют Тюхе, так и не была идентифицирована прямыми наблюдениями из-за трудностей обнаружения столь холодного и далекого объекта. Некоторые ученые считают, что аномалии, обнаруженные в орбитах долгопериодических комет, пришедших из облака Оорта, можно объяснить наличием очень массивной планеты, вращающейся вокруг Солнца на огромном расстоянии. Аналогичные выводы были сделаны для объяснения возмущений орбит некоторых транснептуновых объектов. В настоящее время инфракрасный космический телескоп WISE пытается подтвердить эти выводы наблюдениями самых отдаленных областей Солнечной системы.

► Транснептуновый астероид Седна, показанный на рисунке, имеет диаметр около 1500 км и может быть первым непосредственно наблюдаемым объектом облака Оорта (кроме, конечно, комет в их перигелии). Однако его точное положение до сих пор вызывает споры. Точка орбиты облака, в которой достигается минимальное расстояние от Солнца (перигелий), лежит на расстоянии чуть более 76 а.е., а орбитальный период составляет почти 11 000 земных лет. Самая удаленная от Солнца точка орбиты Седны (афелий) находится на расстоянии примерно в 900 а.е.





# Земля и Луна

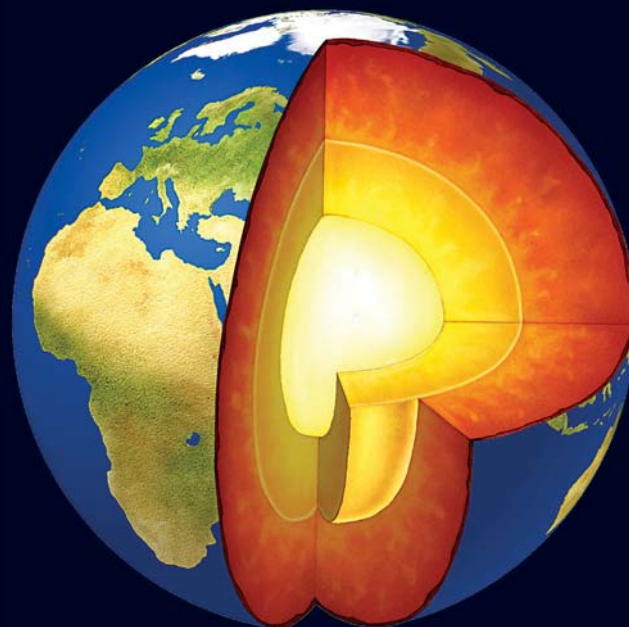
---

За исключением Земли, ни у одной каменной планеты в Солнечной системе нет естественного спутника, столь же большого и массивного, как Луна, спутника, который благодаря своей близости к планете и своей массе способен оказывать очень заметное приливное воздействие и мягко освещать, по крайней мере, в некоторых своих фазах, полушарие, противоположное Солнцу. Луна настолько большая и находится так близко к Земле, что мы можем невооруженным глазом увидеть некоторые детали ее сухой и неровной поверхности. Но на взаимодействие между планетой и ее спутником оказывает, в свою очередь, гравитационное и световое влияние Солнце — с ним связаны такие захватывающие события, как затмения. Впечатляют также наблюдаемые с поверхности Земли явления, вызванные взаимодействием различных частей планеты (атмосферы, мантии, ядра) с межпланетным пространством (например, северное сияние). Явления, связанные с геологическим строением Земли, делают конфигурацию ее поверхности неустойчивой и постоянно изменяющейся.

Проще говоря, Земля и Луна образуют микрокосмос, состоящий из двух малых тел внутри безмерно большой Вселенной, микрокосмос, который может многое рассказать о процессах, идущих в самых отдаленных уголках макрокосмоса.

# Земля

Земная твердь не такая уж и твердая: она медленно скользит по своего рода патоке из полурасплавленной породы. И не слишком уж нерушимая: часто в ходе своего медленного движения она раскалывается на плиты, которые затем сталкиваются или наползают друг на друга. Динамическое поведение земной поверхности заставляет ее трансформироваться: континенты объединяются и разъединяются, моря и океаны опустошаются или наполняются в течение миллионов лет. Иногда горячий расплавленный материал из нижележащего слоя вырывается наружу, прорывается через трещины в земной коре и образует обширные пространства базальтовой породы. В других случаях он находит выход через конические образования — вулканы, которые выбрасывают наружу камни и раскаленные газы. Эти явления, которые окружают нас и сегодня, определили существование атмосферы, развитие океанов и появление жизни на первых этапах эволюции нашей планеты.



▲ Из центра наружу. Структурными компонентами Земли являются ядро, мантия, кора, океаны и атмосфера. По частично расплавленной поверхности мантии медленно скользят плиты земной коры.

▼ Земная кора разделена на гигантские тектонические плиты. Они движутся очень медленно и несут на себе континенты — самые толстые участки коры. Континенты, изначально собранные в единый огромный суперконтинент (Пангею), в течение миллионов лет постепенно отдалялись друг от друга, пока не приобрели ту конфигурацию, которую имеют сегодня.

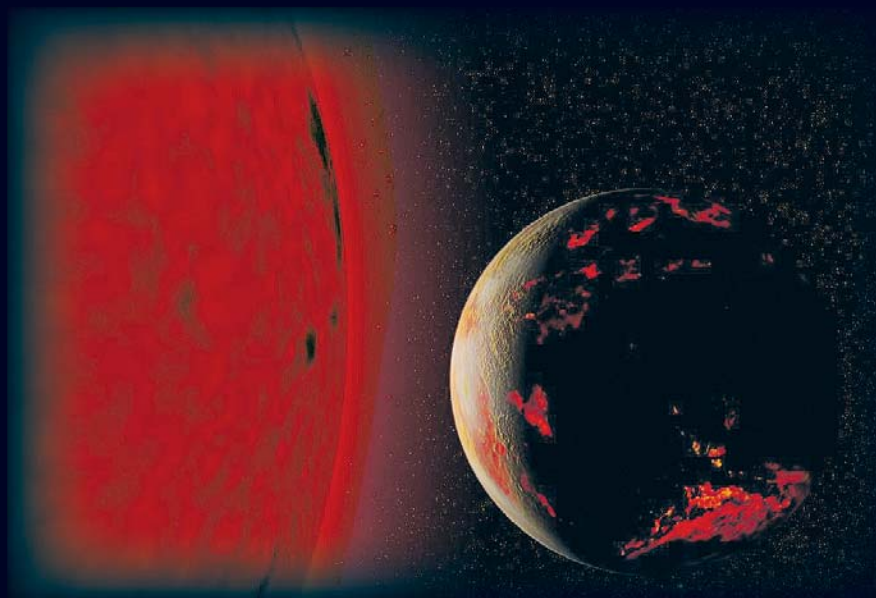
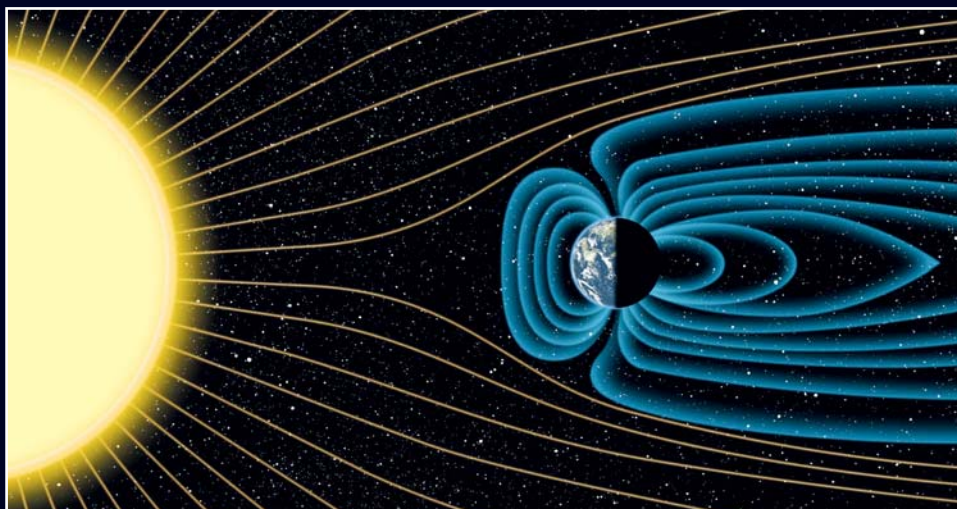


◀ Вполне вероятно, что примерно через 250 миллионов лет континенты снова объединятся, чтобы затем повторить процесс деления. Эти явления, обусловленные попеременным действием субдукции (сползания одной плиты под другую) и дробления, как бы повторяют в малом масштабе Большой взрыв и Большое сжатие Вселенной — циклическое сжатие и расширение бесчисленное множество раз повторяется в природе.

## Образование континентов



► Циклические движения внешнего ядра Земли, состоящего из расплавленного никеля и железа, отвечают за появление магнитного поля. Однако еще до формирования земного ядра было необходимо временное магнитное поле, вероятно, солнечного происхождения, способное запустить динамо-процесс.



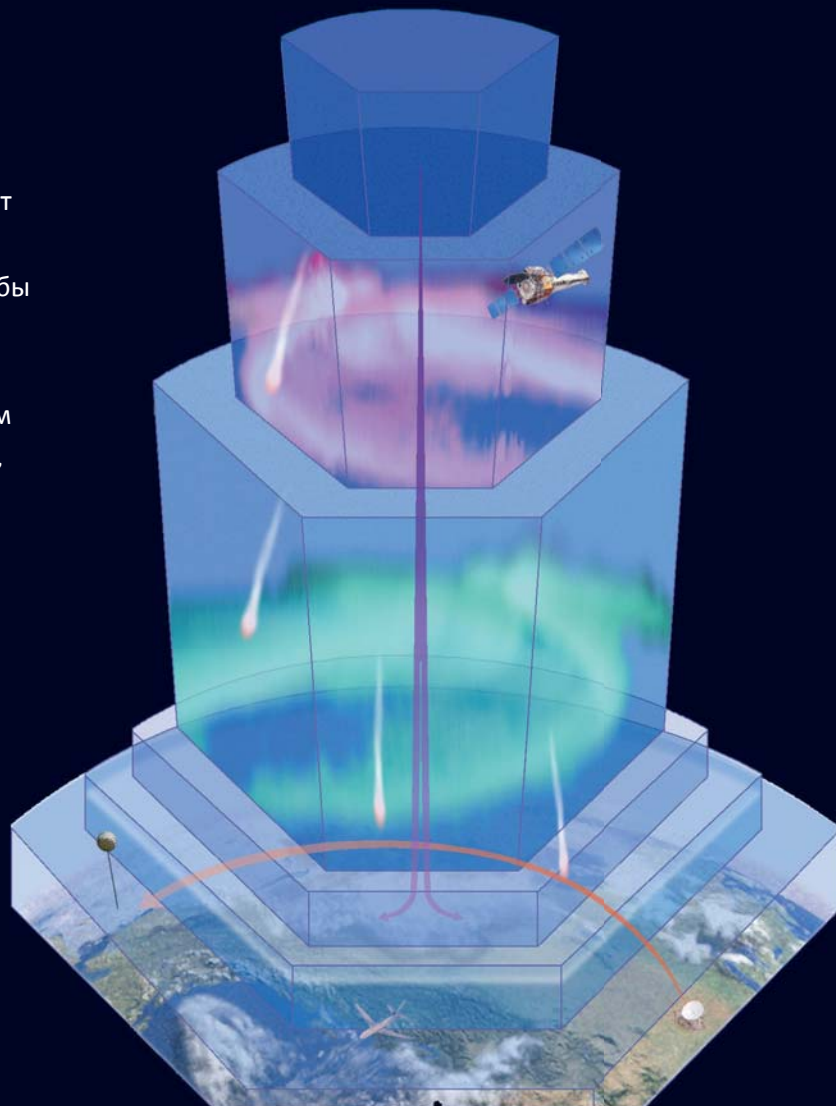
◄ Когда Солнце станет красным гигантом, согласно законам эволюции звезд, принадлежащих к его спектральному классу, судьба Земли будет решена. К тому времени (примерно через 5 миллиардов лет) наша планета потеряет как свои океаны, которые испарятся из-за жары, так и свою атмосферу, которая рассеется в пространстве из-за увеличения кинетической энергии составляющих ее молекул.

► Земля — не единственное небесное тело с вулканической активностью: можно вспомнить о Венере или Ио, спутнике Юпитера, не говоря уже о потухших вулканах на других планетах, самый высокий из которых находится на Марсе. Взрывные пирокластические извержения вулканов происходят из-за давления газа, действующего на лаву и породу и производящего нечто вроде струи осколков, выбрасываемых за пределы земной коры. В новейшей истории было достаточно вулканических извержений, способных изменить климат всей планеты огромными массами выброшенного в атмосферу пепла.

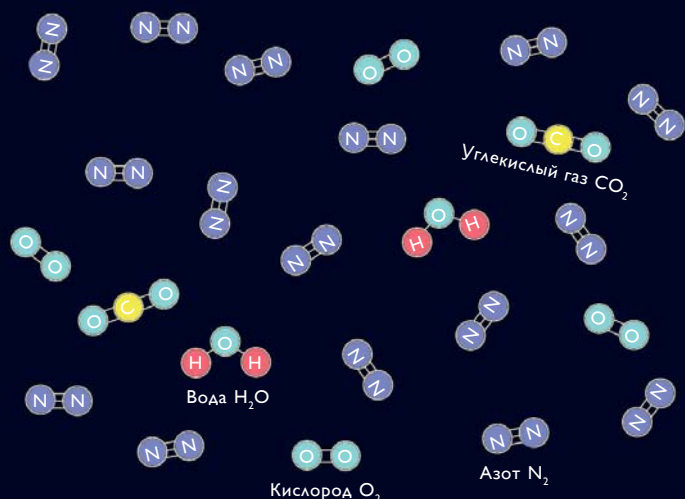


# Атмосфера

Атмосфера — это совокупность газов, которые окружают небесное тело (в нашем случае Землю), молекулы которых удерживаются силой притяжения этого тела. Атмосфера не только позволяет нам дышать, но и защищает от вредного излучения из космоса и от мелких метеоритов. Любое изменение атмосферы, каким бы незначительным оно ни было, может нанести существенный ущерб ее зыбкому равновесию. Озоновая дыра, например, является результатом чрезмерного выброса хлорфторуглеродов (ХФУ), присутствующих в большинстве аэрозолей. ХФУ разрушаются под воздействием солнечного излучения и запускают непрерывный цикл производства хлора — таким образом круговорот озона прерывается, и стратосфера постепенно теряет барьер, задерживающий ультрафиолетовые лучи.

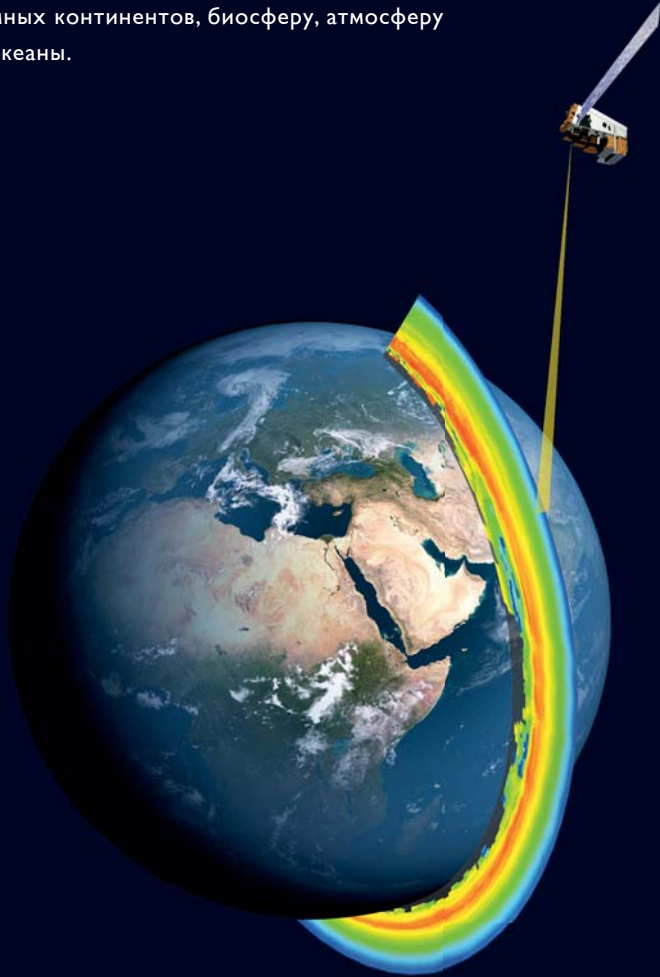


▼ Атмосфера содержит различные типы молекул: от газообразного азота ( $N_2$ ), присутствующего в количестве 78%, и кислорода ( $O_2$ ) до воды ( $H_2O$ ) и двуокиси углерода ( $CO_2$ ).



▲ Атмосфера Земли — неоднородная оболочка: она делится на несколько слоев, имеющих разные характеристики. Считая от поверхности планеты, слоев атмосферы пять: тропосфера, стратосфера (которая содержит озон), мезосфера, термосфера и экзосфера. Значительная часть мезосферы и термосферы относится уже к ионосфере. Большинство метеорологических явлений происходит в тропосфере, где сосредоточено 3/4 всей газовой массы атмосферы и почти весь водяной пар. Метеоры сгорают в термосфере и мезосфере. Также в термосфере и в самых высоких слоях экзосферы возникает полярное сияние.

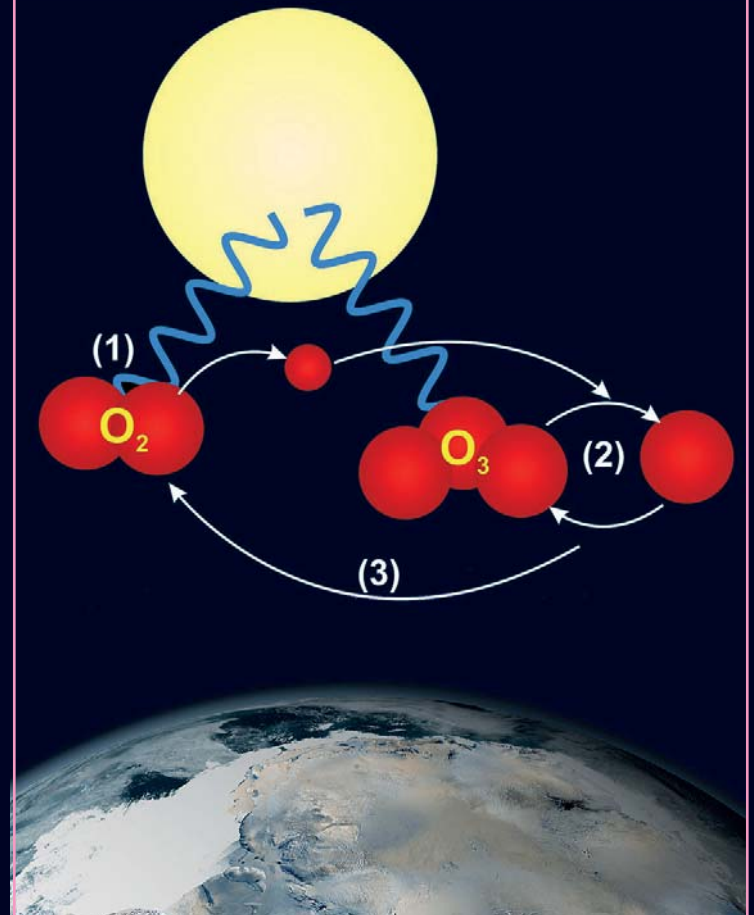
▼ На картинке поперечное сечение озонового слоя, измеренное прибором Limb Profiler (LP), частью комплекса Ozone Mapper Profiler Suite (OMPS) на борту АЭС «Суоми» — одного из спутников наблюдения Земли. Задача таких спутников — анализировать долговременные явления, влияющие на поверхность земных континентов, биосферу, атмосферу и океаны.



► Регистрируемый в последние десятилетия (начиная с 1950 года), рост числа экстремальных метеорологических и климатических явлений, таких, например, как ураганы, вероятно, связан с существенными изменениями баланса между частями атмосферы, приводящими к глобальному потеплению. За этот процесс отвечает растущее количество загрязняющих атмосферу газов, производимых промышленностью.



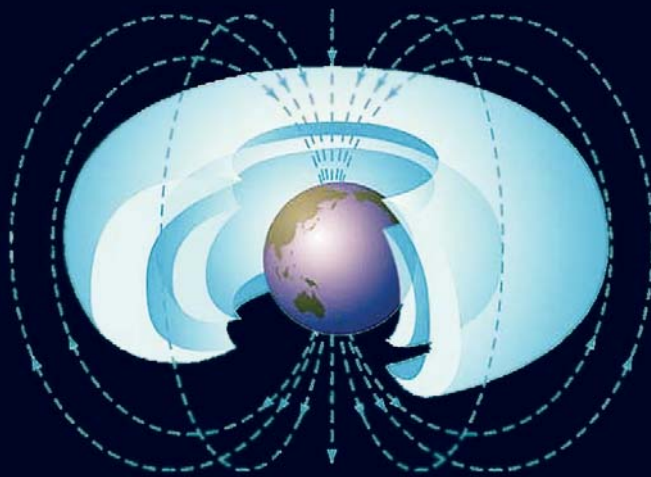
### Озоновый цикл



▲ Озон ( $O_3$ ) отвечает за механизм экранирования, защищающий нас от ультрафиолетовых лучей: бомбардируя молекулы озона (3), ультрафиолетовые лучи вызывают расщепление атома кислорода (2), способного вступить в реакцию с молекулой  $O_2$  (1), что дает начало молекуле озона (3).

# Пояса Ван Аллена

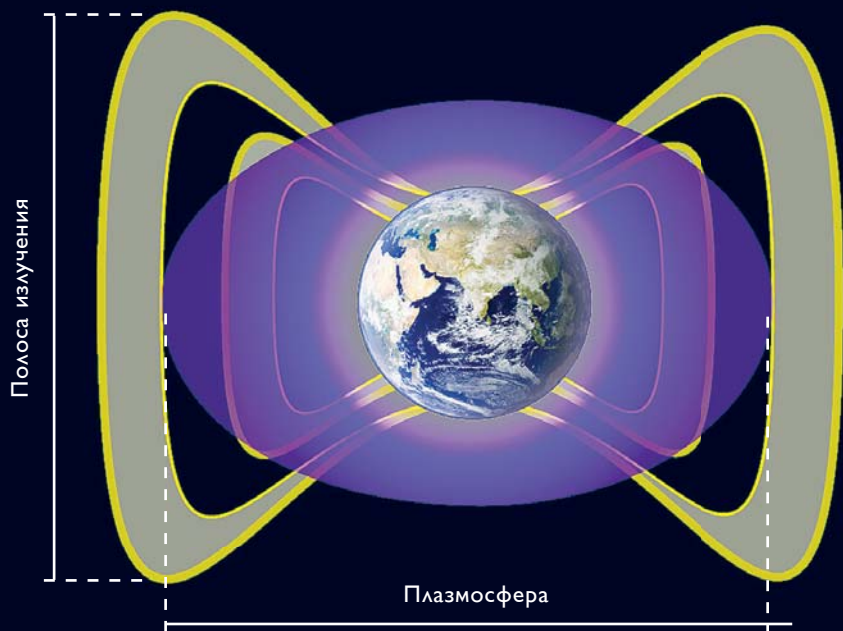
Спутник «Эксплорер-1», запущенный в 1958 году, был оснащен счетчиками частиц, созданными известным американским физиком Джеймсом Альфредом Ван Алленом. Хотя на нижних уровнях атмосферы они не выявили ничего аномального, в верхних слоях отсчеты приборов стали уменьшаться, пока на высоте 2500 км не стали практически нулевыми. Вместо того чтобы интерпретировать эти неожиданные значения как доказательство почти полного отсутствия частиц, Ван Аллен подумал, что счетчики могли просто «захлебнуться» намного более мощным потоком, чем ожидалось. Последующие запуски спутников с более эффективным оборудованием подтвердили существование вокруг Земли двух поясов геомагнитного поля, заполненных захваченными заряженными частицами с максимальными концентрациями на высоте 3000 и 15 000 км. Эти области стали называть поясами Ван Аллена. Когда из-за всплесков солнечной активности на границах поясов происходит коллапс силовых линий, случается так называемая геомагнитная буря, которая, в частности, проявляется в виде полярных сияний.



▲ Силовые магнитные линии в поясах Ван Аллена. Когда в высоких широтах частицы солнечного ветра попадают в верхние слои атмосферы, они, направляясь вдоль силовых линий магнитного поля Земли, взаимодействуют с нижележащей ионосферой и вызывают полярные сияния.

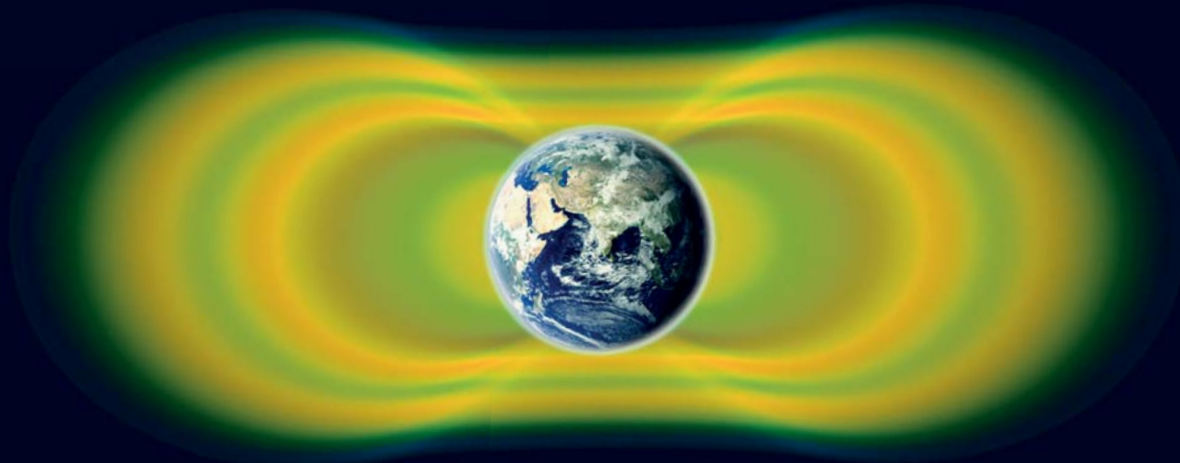


◀ Двойные зонды Ван Аллена, запущенные в 2012 году, помогли лучше понять природу геомагнитных поясов. Анализ явлений, происходящих в поясах Ван Аллена, был необходим для обеспечения работоспособности искусственных спутников Земли, безопасности работы космонавтов и программирования космических полетов. Силовые линии поясов влияют на работу спутников связи и всего электрического оборудования, установленного на искусственных спутниках Земли. Исследователи выясняют, как формируются и преобразуются ионы и электроны в поясах Ван Аллена в зависимости от солнечной активности.



◀ Землю окружает электрически заряженное облако холодного газа плазмосфера, или внутренняя магнитосфера (на рисунке показано фиолетовым цветом). Магнитосфера взаимодействует с частицами, находящимися в радиационных поясах Земли (на рисунке показана серым): она создает непреодолимый барьер, блокирующий самые быстрые электроны и не пропускающий их к земной поверхности.

▶ Магнитосфера образует по обе стороны экватора Земли два пояса заряженных частиц. Иногда можно наблюдать и внешний, третий пояс, сжатый по направлению к внутренней части первых двух.



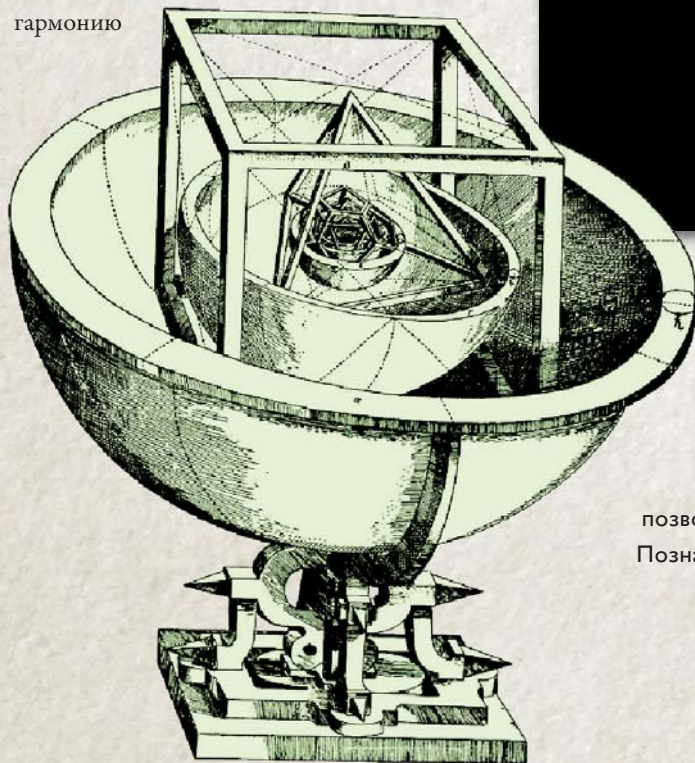
◀ Джеймс Альфред Ван Аллен (1914–2006) — американский ученый, специалист в области ракетной техники, один из создателей физики магнитосферы. Активно участвовал в запуске первого американского искусственного спутника Земли «Эксплорер-1» в 1958 году. Был научным руководителем проектов 24 космических зондов, в том числе «Пионер-10» и «Пионер-11». Открытие поясов, носящих его имя, помогает астронавтам защищаться от высокой радиоактивности при пересечении этих областей магнитосферы.

# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XIII

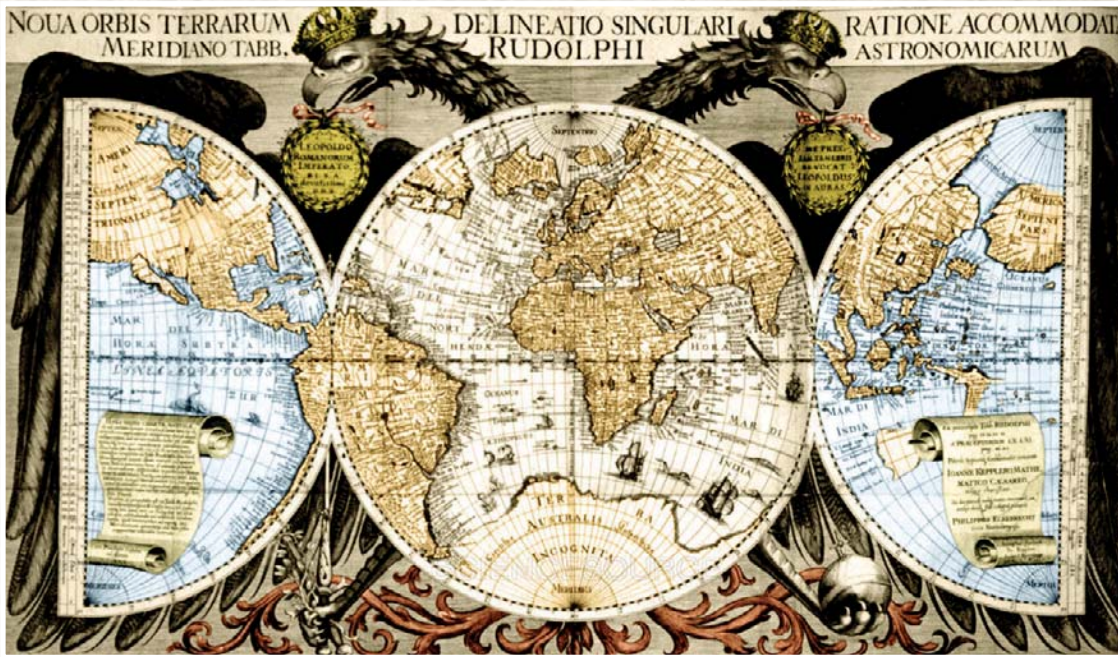
## Век XVII: Кеплер

Эпоха новой науки была временем борьбы средневековых традиций и новых знаний, которые иногда уживались друг с другом. Многим естествоиспытателям того времени удавалось совмещать научные занятия с тем, что сейчас называется эзотерикой.

Иоганн Кеплер (1571–1630), родившийся в бедной семье, собиравшийся стать богословом, но после внезапной кончины профессора математики в университете Граца получил его кафедру. Среди новых должностных обязанностей Кеплера была подготовка ежегодного альманаха, который содержал, помимо всего прочего, и астрологические прогнозы. Ученый охотно начал составлять гороскопы и предсказания, и ему сопутствовала удача: уже с первого альманаха 1595 года, некоторые пророчества Кеплера стали сбываться — например, особенно суровая зима и турецкое нашествие. В это время ученый уже трудился над своей первой книгой, основанной на евклидовой геометрии и гипотезах Коперника: *Mysterium Cosmographicum* (1596) — трактате, в котором автор стремился продемонстрировать гармонию небесных сфер.

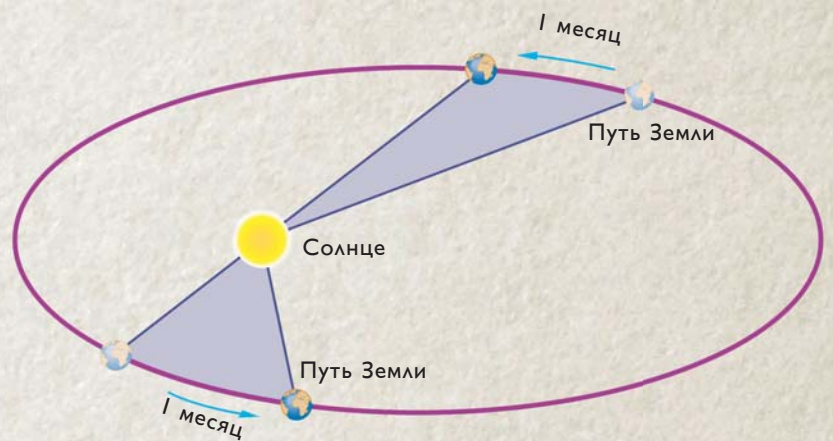


◀ Знаменитая модель из *Mysterium Cosmographicum* демонстрирует, как пять платоновых тел определяют структуру Вселенной и отражают план Творца через геометрию. Хотя такая геометрическая концепция казалась несколько спекулятивной, данный подход позволил математику сформулировать свой третий закон. Познакомившись с трудами Кеплера и восхитившись ими, Тихо Браге сделал его своим ассистентом.



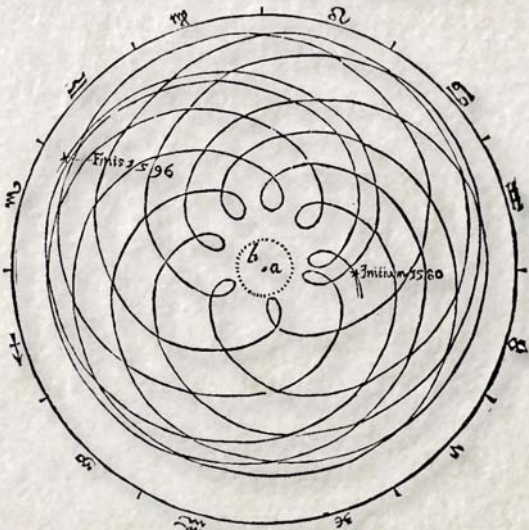
▶ Карта мира из Рудольфинских таблиц (1627), пришедших на смену устаревшим и неточным Альфонсовым и Прусским таблицам. Первоначально задуманные его учителем Тихо Браге, были опубликованы Кеплером с использованием как наблюдений старого наставника, так и его собственных. Содержат звездный каталог более чем из 1400 объектов и серию таблиц параметров движения планет и Солнца.

▶ Кеплер вошел в историю науки благодаря тому, что сформулировал три закона: орбиты планет являются эллипсами, и Солнце находится в одном из их фокусов (первый закон); радиус-вектор планеты за одинаковое время покрывает равные площади (второй закон, на рисунке); квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их орбит (третий закон).

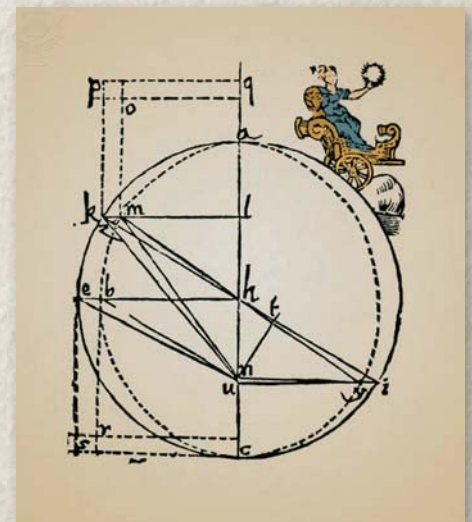


▼ По данным многочисленных наблюдений, сделанных в Ураниборге, Кеплер изучал орбиту Марса. Это исследование показало, что планеты движутся по эллипсам, а не по окружностям.

DE MOTIB. STELLÆ MARTIS



▶ На этой диаграмме, опубликованной в «Astronomia nova» (1609), Кеплер демонстрирует два сформулированных закона, касающихся движения планет. Марс обращается вокруг Солнца по эллиптической, почти круговой орбите, и если провести радиальную линию от Солнца к планете, то она покрывает равные площади за одно и то же время.

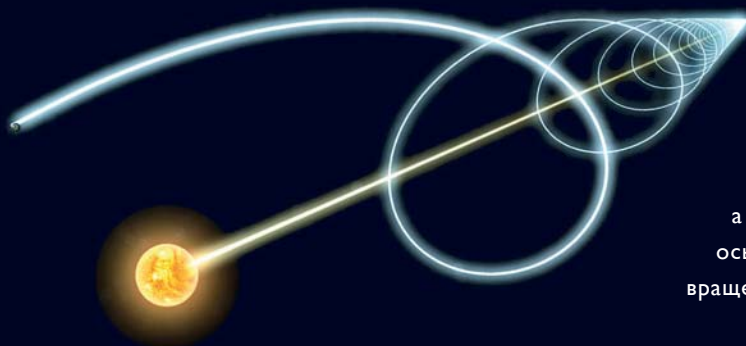
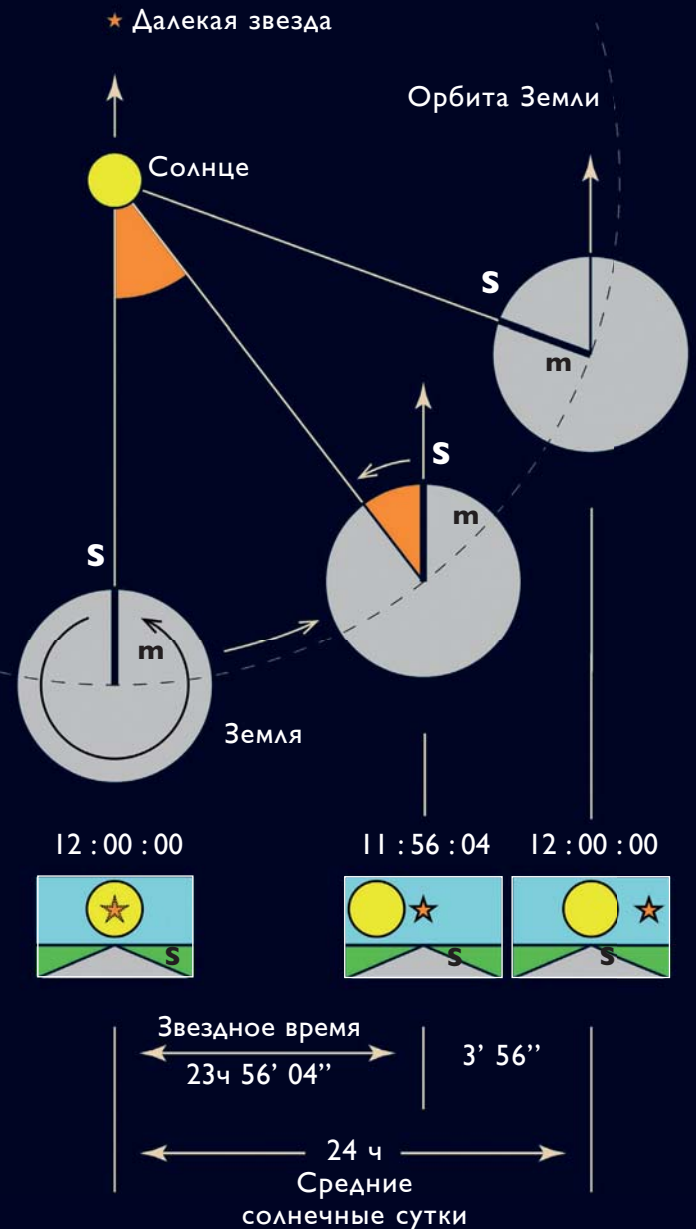


# Движение Земли

Два основных движения Земли (и других планет) — это вращение и обращение. Первое заключается в движении планеты вокруг собственной оси с периодом почти 24 часа; второе — в движении вокруг Солнца, которое она совершает за один год.

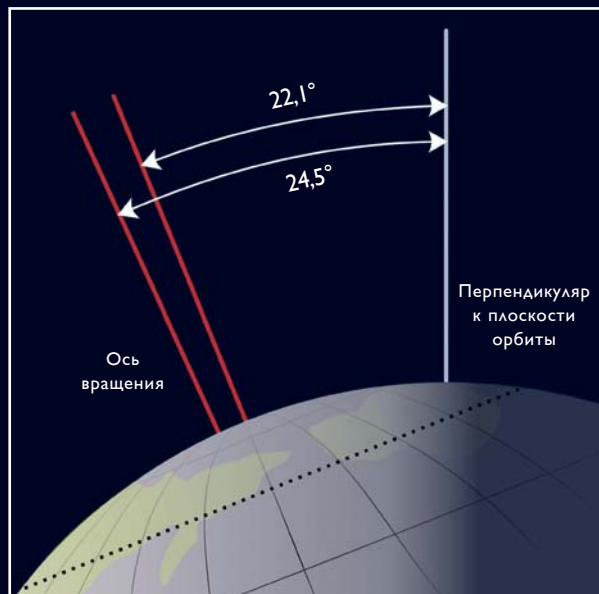
Земное вращение происходит с запада на восток; благодаря этому весь небесный свод как бы вращается с востока на запад, вокруг точки, очень близкой к Полярной звезде. Это движение связано с общим направлением ветров и с тем, что наша планета сплюснута у полюсов. Вероятно, в далеком прошлом Земля вращалась быстрее — возможно, с периодом в 10 часов; причиной замедления ее вращения было тормозящее действие приливов. Обращение вокруг Солнца вызывает смену времен года и видимое движение звезды по небесной сфере со скоростью, близкой к  $1^\circ$  в сутки.

К этим двум основным движениям добавляются другие, второстепенные. Одно, очень медленное, создается притяжением Луны и Солнца, стремящимся вернуть земной экватор в плоскость эклиптики, — из-за этого земная ось вращается в направлении, противоположном направлению вращения Земли, вокруг перпендикуляра к эклиптике с периодом около 25 800 лет. Данное явление называется прецессией. На прецессию накладываются малые колебания (нутация). Другое движение вызывается возмущениями со стороны остальных планет и событиями, происходящими с земной поверхностью, — это колебания наклона к эклиптике, который изменился чуть более чем на  $2^\circ$  за 41 000 лет.



◀ Схема реальной траектории движения Земли в пространстве. Обычно при описании движения планет вокруг Солнца их орбиты изображаются относительно Солнца, неподвижно закрепленного в центре системы. Однако в действительности наша звезда не неподвижна, а обращается вокруг ядра Галактики. Если наложить ось движения Земли вокруг Солнца на галактическое вращение, то получится спираль, показанная на рисунке голубым цветом.

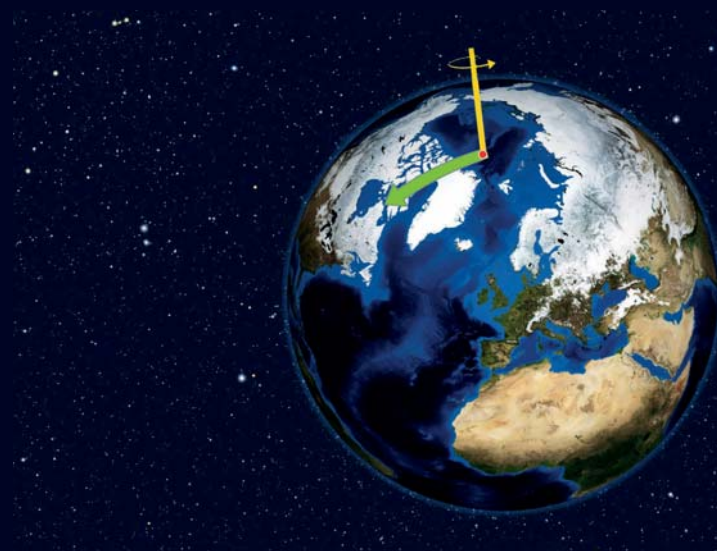
◀ За время полного оборота Земли вокруг своей оси планета смещается по орбите примерно на  $1^\circ$ , в связи с чем продолжительность суток по солнечному времени оказывается почти на 4 минуты больше времени полного оборота Земли, то есть, суток по звездному времени. В нижней части рисунка на первой слева картинке можно увидеть исходную ситуацию: Солнце и другая звезда находятся в одинаковом положении. На второй картинке звезда описала полный круг по небу (Солнце еще не успело этого сделать), а на третьей ровно через 24 часа после момента, показанного на первой картинке, Солнце тоже возвращается в исходную точку.



Минимальный и максимальный наклон оси вращения Земли за период около 41 000 лет (сегодняшнее значение:  $23,27^\circ$ )

◀ Существует два основных вида движений земной оси: прецессия (ось Земли с периодом в 25 800 лет описывает в пространстве конус) и изменение наклона земной оси по отношению к оси эклиптики, которое колеблется от  $24,5^\circ$  до  $22,1^\circ$  за 41 000 лет.

▶ Недавние исследования показали, что колебания наклона земной оси могут быть связаны с движением поверхностных водных масс. Нынешнее глобальное потепление с таянием льдов на полюсах и усилением засухи в других районах планеты вызывает отклонение в сторону Канады от направления земной оси со времен последнего ледникового периода. Сейчас она смещается в сторону Британских островов со скоростью около 17 см в год.



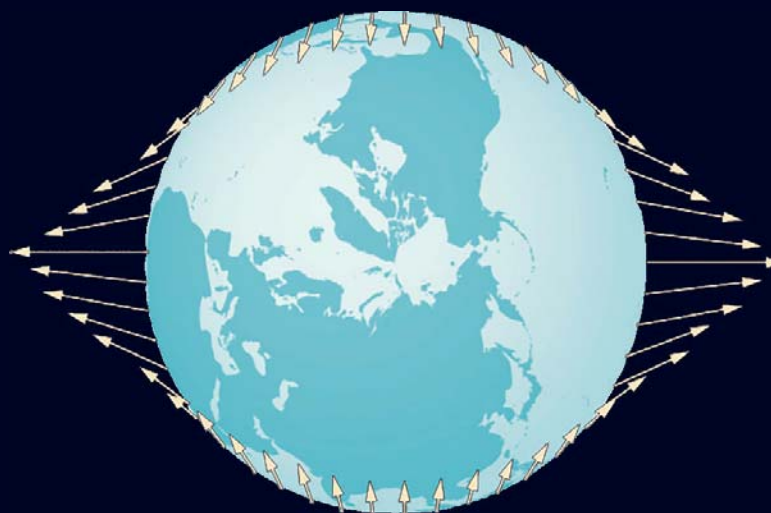
### Наклон земной оси по сравнению с наклоном осей вращения других планет



◀ Наклон земной оси по сравнению с наклонами осей двух других планет. Уран представляет собой исключительный случай в Солнечной системе: его ось вращения лежит практически в плоскости орбиты и при движении вокруг Солнца планета попеременно обращается к светилу то одним, то другим полюсом. Второй случай тоже весьма необычен: у Венеры, которая вращается вокруг своей оси в ретроградном направлении (как, впрочем, и Уран), угол наклона близок к  $180^\circ$  — почти зеркально по отношению к Земле.

# Приливы

С древних времен люди знали, что приливы связаны с движением Луны, но их теоретическое количественное описание впервые дал Исаак Ньютон. Он показал, что гравитационное притяжение Луны, которое не полностью уравновешивается в различных областях Земли центробежной силой (из-за движения нашей планеты), вызывает два утолщения земного шара, которые остаются всегда выровненными относительно общего центра тяжести планеты и ее спутника. Это создает в океанах две приливные волны, которые огибают Землю, двигаясь в направлении Луны. Приливы повторяются каждые 12 часов 25 минут, что составляет половину времени, необходимого спутнику, чтобы вернуться в исходное положение.

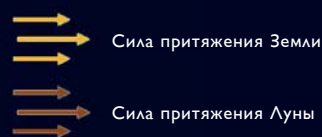


▲ Сила приливов является результатом разности гравитационного воздействия центра Земли и остальных действующих на точку сил. На рисунке показаны приливные силы на уровне моря — они и вызывают океанские приливы (считая от уровня экватора, где Земля шире, чем на полюсах). Силы, действующие на этом уровне, будут уменьшаться по мере приближения к центру Земли, вплоть до полного исчезновения.

► Совместное действие лунного и солнечного притяжения на частицы жидкости на поверхности моря вызывает лунно-солнечный прилив. Движения Луны и Солнца в зависимости от их взаимных положений по отношению к Земле провоцируют приливы самой разной амплитуды. Наибольшая приливная сила возникает в дни равноденствий и солнцестояний.

## Разные типы прилива

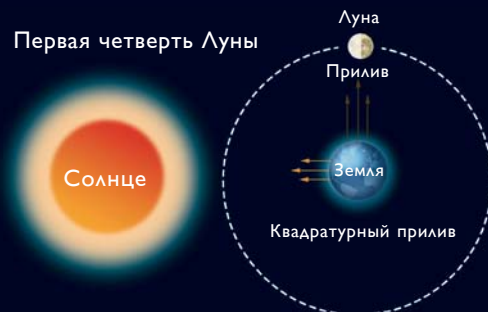
Различают два вида лунно-солнечных приливов: сизигийные, или живые (когда Солнце и Луна находятся в соединении или в оппозиции), и квадратурные, или мертвые (когда воображаемые прямые, направленные на Солнце и на Луну, образуют угол  $90^\circ$ ).



### Новолуние



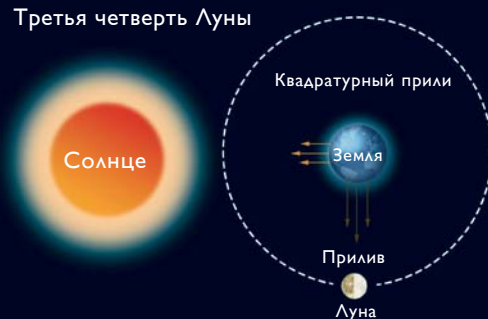
### Первая четверть Луны



### Полная Луна



### Третья четверть Луны



Сизигийный прилив

Квадратурный прилив

Квадратурный отлив

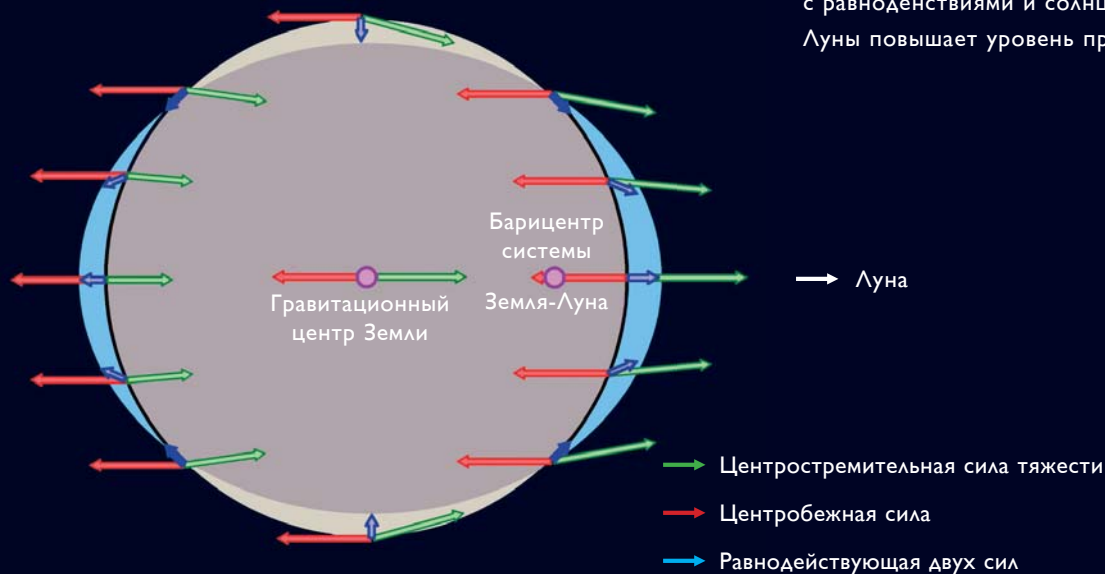
Сизигийный отлив

Среднее значение сизигийного отлива

Среднее значение квадратурного отлива

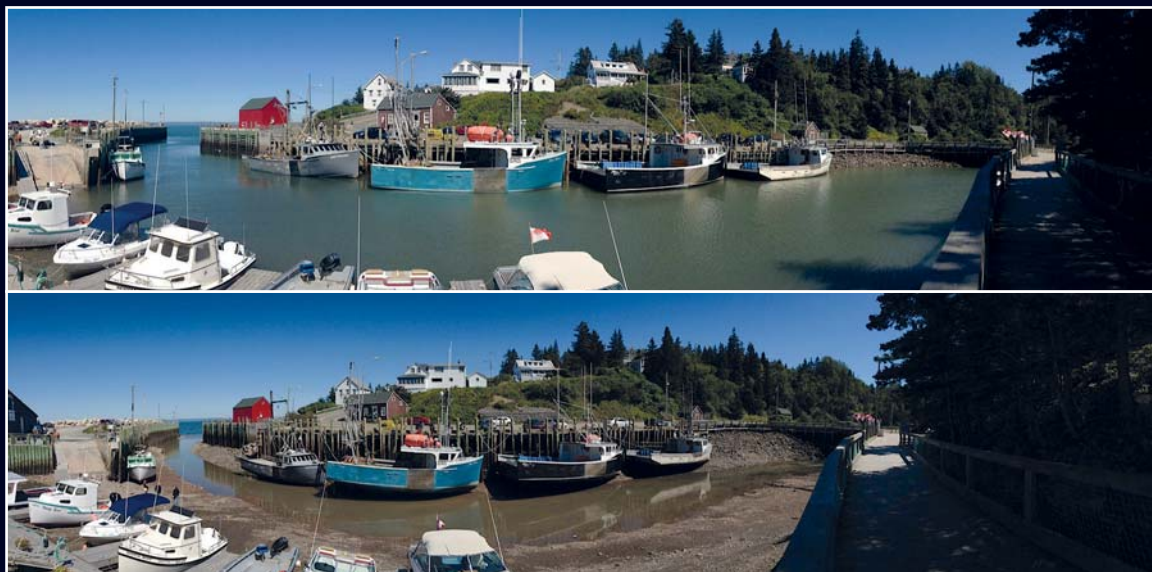


▲ Уровни океанических приливов в зависимости от различных лунно-солнечных конфигураций. Максимальный уровень соответствует сизигийному приливу. Совпадение с равноденствиями и солнцестояниями, а также с перигеем Луны повышает уровень прилива.



◀ В явлении приливов участвуют два типа сил: одна, центростремительная, является равнодействующей силы притяжения между центром Земли и Луной; другая, центробежная, вызвана вращением Земли. Синие стрелки показывают направление и величину сил, возникающих в результате этой комбинации.

► Высота приливов также зависит от формы и рельефа береговой линии. В некоторых местах их последствия удивительны. В заливе Фанди на атлантическом побережье Канады наблюдается самый большой в мире диапазон приливов и отливов. Процесс трения океанов о континенты, производит тепло, вырабатываемое за счет энергии вращения Земли.



# Солнцестояние и равноденствие

Смена времен года объясняется наклоном земной оси. Солнце меняет свое склонение от  $-23^{\circ}27'$  (в день зимнего солнцестояния) до  $+23^{\circ}27'$  (в день летнего солнцестояния), восходя соответственно на юго-востоке и северо-востоке. Кроме того, оно дважды пересекает небесный экватор со склонением  $0^{\circ}$  (в дни весеннего и осеннего равноденствия), появляясь над горизонтом чуть восточнее него. 23 июня и 22 декабря Солнце как бы останавливается на своем наибольшем склонении; латиняне говорили Sol stat, отсюда и возник термин «солнцестояние». И наоборот, 21 марта и 23 сентября ночь длится столько же, сколько и день: Aequa nox, выражение, от которого происходит термин «равноденствие».

▼ В дни равноденствия Солнце находится на нулевом склонении, в точке пересечения кругов эклиптики и небесного экватора. Его высота над горизонтом зависит от широты, на которой находится наблюдатель, и равна разности между  $90^{\circ}$  и значением широты. На экваторе Солнце в зените, на высоте  $90^{\circ}$  ( $90^{\circ} - 0^{\circ}$ ), а у полюсов — на горизонте ( $90^{\circ} - 90^{\circ}$ ); на широте  $50^{\circ}$  его высота будет равна  $40^{\circ}$  ( $90^{\circ} - 50^{\circ}$ ). Чтобы получить высоту Солнца в день летнего солнцестояния, достаточно вычесть из  $90^{\circ}$  широту и прибавить  $23^{\circ}27'$  (наклон эклиптики); для момента зимнего солнцестояния, наоборот, придется наклон вычесть.

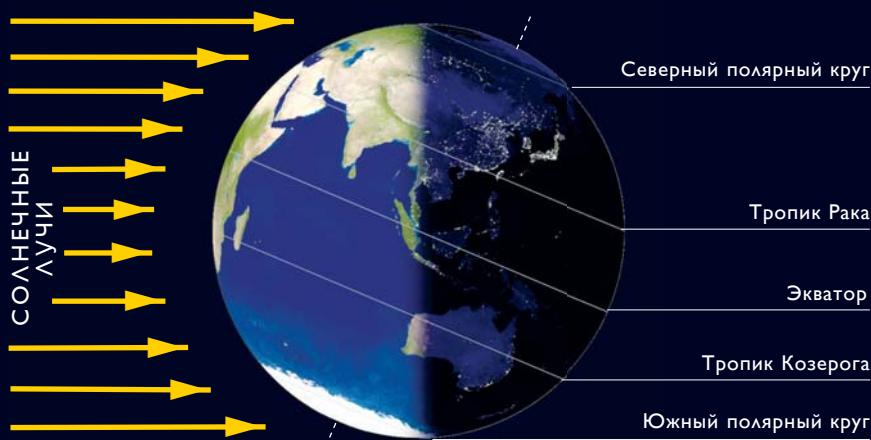


▲ Необычное и экзотическое для наших широт полуночное солнце — это явление, при котором звезда не заходит более 24 часов. Его можно увидеть только в областях между полюсом и соответствующим полярным кругом. На географических полюсах этот период может достигать полугода, чередуясь с шестью месяцами темноты (полярная ночь). Вблизи полярных кругов в момент солнцестояния (на севере в июне, на юге в декабре) Солнце не заходит почти 48 часов. Эта фотография, на которой Солнце стоит над горизонтом после полуночи, сделана на мысе Нордкап.

## Путь Солнца в день равноденствия, видимый с разных градусов широты.

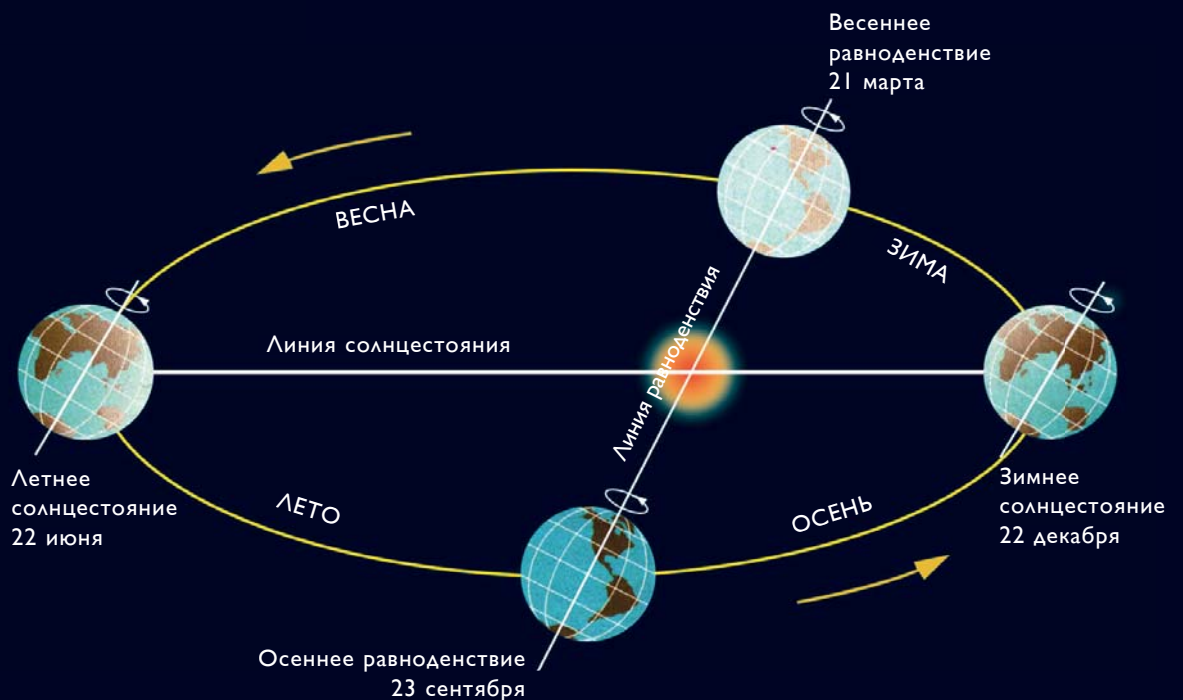


► В момент солнцестояния наша звезда находится в зените на одном из тропиков, и соответствующий этому тропику полярный круг из-за наклона земной оси целиком освещен солнечными лучами.



◀ Солнечное излучение по-разному влияет на разные зоны Земли: приносимое им тепло зависит от наклона падающих на поверхность солнечных лучей. В зависимости от широты и времени года меняется и количество светлого времени. Такое сочетание факторов делает близкие к экватору районы намного теплее, а дальние — холоднее; различие растет пропорционально удаленности от экватора, вплоть до приполярных льдов.

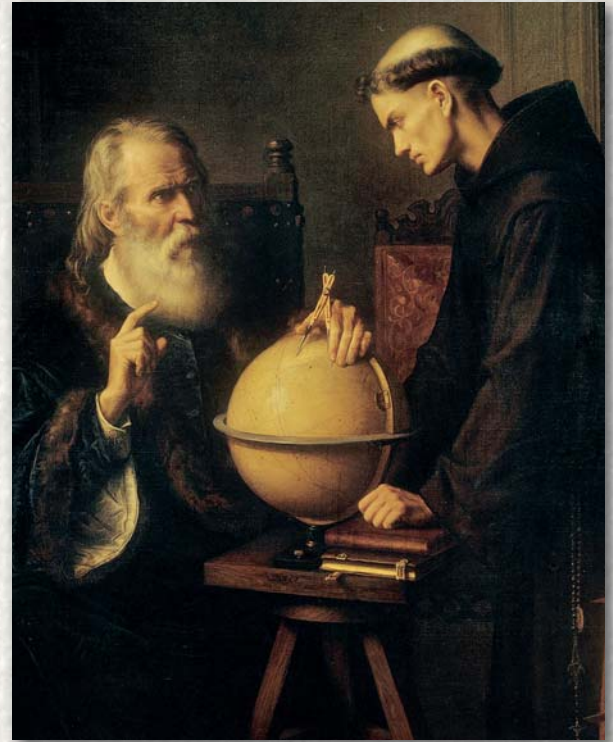
► Положения Земли на ее орбитальном пути вокруг Солнца. На рисунке преувеличен эксцентриситет эллипса земной орбиты, чтобы подчеркнуть, что в момент летнего солнцестояния Земля находится дальше от Солнца, чем в момент зимнего. Таким образом, лето в Северном полушарии несколько менее жаркое, а зима менее холодная, чем в Южном.



# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XIV

## Галилео Галилей

Общепризнано, что итальянский астроном, математик и физик Галилео Галилей (1564–1642) — один из тех, кто стоял у истоков современной науки. Он внес в традиционный для натурфилософии дедуктивный умозрительный подход важнейшее требование: единственным подтверждением научной гипотезы должен быть воспроизводимый эксперимент. Галилей показал, что недостаточно правильно анализировать явления в соответствии с логикой и традиционными представлениями — мысль должна приспосабливаться к опыту реальности, своевременно подвергаемой сомнению, и нуждается в математическом описании. После интенсивной и продолжительной работы над проблемами физической механики, на пороге своего сорокалетия Галилей отстоял правильность коперниканской гипотезы, которую поддерживал еще задолго до этого (о чем свидетельствует его письмо Кеплеру от 1597 года). Он применил для наблюдения за небом новейший инструмент — подзорную трубу, изобретенную в Голландии и усовершенствованную им самим, что положило начало телескопической астрономии и дало неопровержимые доказательства ошибочности птолемеевского геоцентризма. Впервые в истории Галилей наблюдал глубины Вселенной, лежащие далеко за пределами обычных возможностей человеческого зрения.



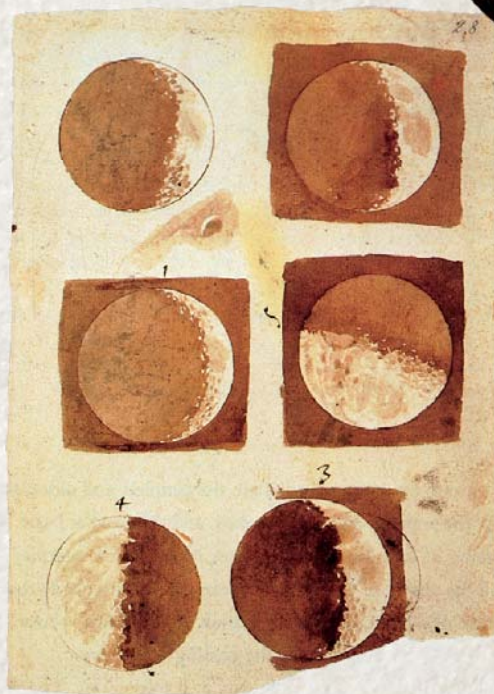
▲ Галилей излагает новую теорию Коперника в Падуанском университете, где он был профессором математики в 1592 году. В то время Венецианский университет отличался терпимостью к свободомыслию — позволял ту исследовательскую и преподавательскую деятельность, которая не одобрялась святой инквизицией.



◀ Рисунок Галилея, относящийся к последнему периоду жизни астронома, через несколько лет после его осуждения. Он свидетельствует, что отречение Галилея перед судом римской инквизиции от тезисов Коперника было лишь формальным. На рисунке Земля изображена вместе с другими планетами на орбите вокруг общего центра. Галилей умер через шесть лет после того, как сделал этот рисунок, в Арчетри, в изгнании, почти полностью ослепшим — ему помогли ученики, Вивиани и Торричелли.

► Подзорная труба, сконструированная Галилеем, состояла из тубуса с двумя линзами на концах (одной собирающей, а другой рассеивающей) с разными фокусными расстояниями. Хотя разрешающая способность этого инструмента была очень ограничена, всего за несколько месяцев Галилей открыл с ее помощью ошеломляющее количество новых явлений, которые перечислил в своем труде *Sidereus Nuncius* (1610).

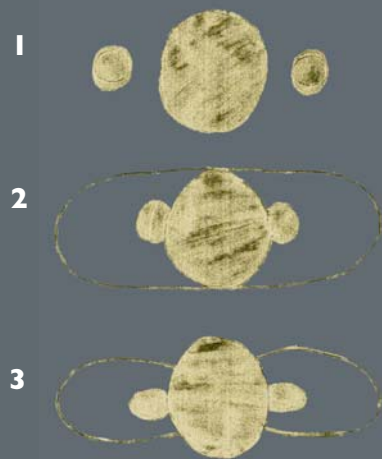
► В *Sidereus Nuncius* Галилей поместил некоторые рисунки, сделанные им в ходе наблюдений в подзорную трубу. На Луне он обнаружил кратеры и горы, о которых прежде ничего не было известно; их высота, по его расчетам, составляла около 7000 м. На страницах этого и последующих текстов отмечено множество других открытий: слабые звезды (их оказалось в 10 раз больше, чем можно было увидеть невооруженным глазом); Млечный Путь, состоящий из бесчисленных светящихся точек; звездные скопления; солнечные пятна; четыре спутника Юпитера, образующие миниатюрную планетную систему; фазы Венеры, доказывающие, что она обращается вокруг Солнца.



◀ В 1632 году Галилей опубликовал свой величайший космологический труд: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, где в форме диалога противопоставил гелиоцентризм геоцентризму. Несмотря на то, что в тексте не отдается явного предпочтения первому из этих учений, ясно, на чьей стороне выступает автор. С этим не могла смириться инквизиция, которая и вынудила Галилея отречься от своих взглядов.

## Кольца Сатурна

Направив свой телескоп на Сатурн, Галилей заметил странную систему, состоящую из трех светящихся выпуклостей. Две меньшие располагались по бокам от большей и всегда оставались соосными, что исключало вращение вокруг планеты. Низкая разрешающая способность прибора не позволила Галилею различить кольца, и он пришел к выводу, что Сатурн — «трехтелесная» планета.



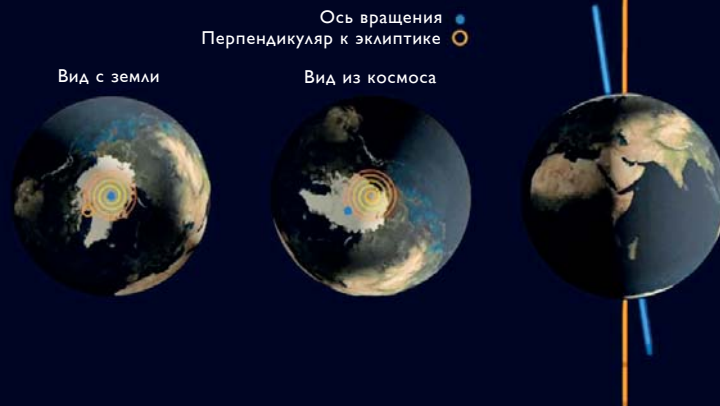
# Прецессия равноденствий

Прецессия — медленное вращение земной оси, которая совершает один оборот вокруг перпендикуляра к эклиптике примерно за 25 800 лет, подобно оси приводимого во вращение внешней силой волчка. Это явление имеет две причины: утолщение земного шара на экваторе и воздействие гравитационных сил Солнца и Луны.

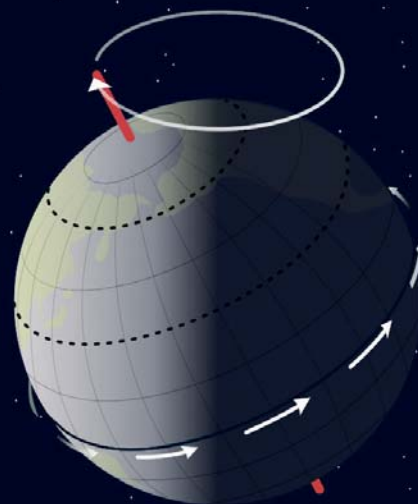
Наблюдатель, находящийся на земной поверхности, вряд ли сможет заметить прецессию, даже если потратит на это всю жизнь. Видимое следствие прецессии — медленное смещение по часовой стрелке точек равноденствия, солнцестояния и небесного полюса по отношению к неподвижным звездам примерно на  $1^\circ$  за 71,6 года. Заметить и измерить это очень медленное движение позволили только тщательные наблюдения нескольких поколений астрономов.

▼ Земля вращается против часовой стрелки (с запада на восток), а прецессия происходит в обратном направлении: Земля изначально наклонена, и сила, которая движет ею, стремится выпрямить планету. С волчком происходит обратное: внешняя сила стремится наклонить его ось, изначально перпендикулярную опорной плоскости. В этом случае прецессионное движение будет иметь то же направление, что и вращение.

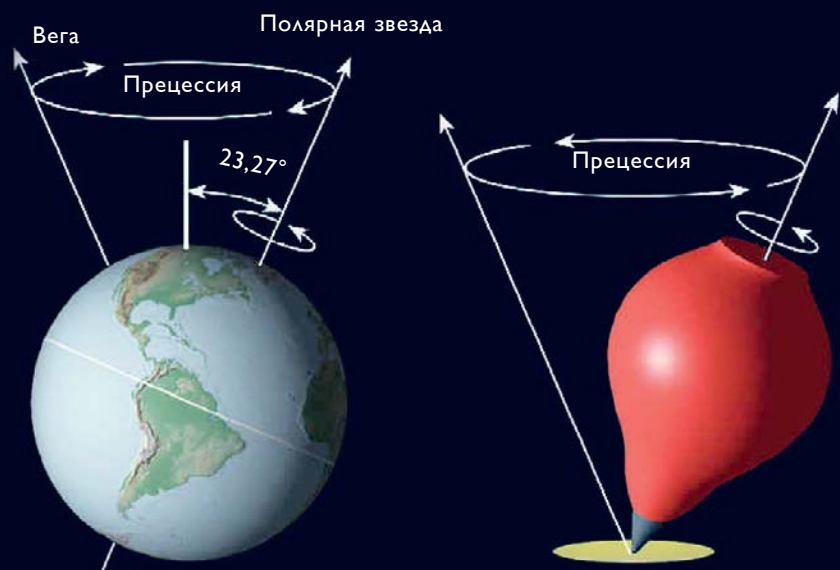
Полярное вращение

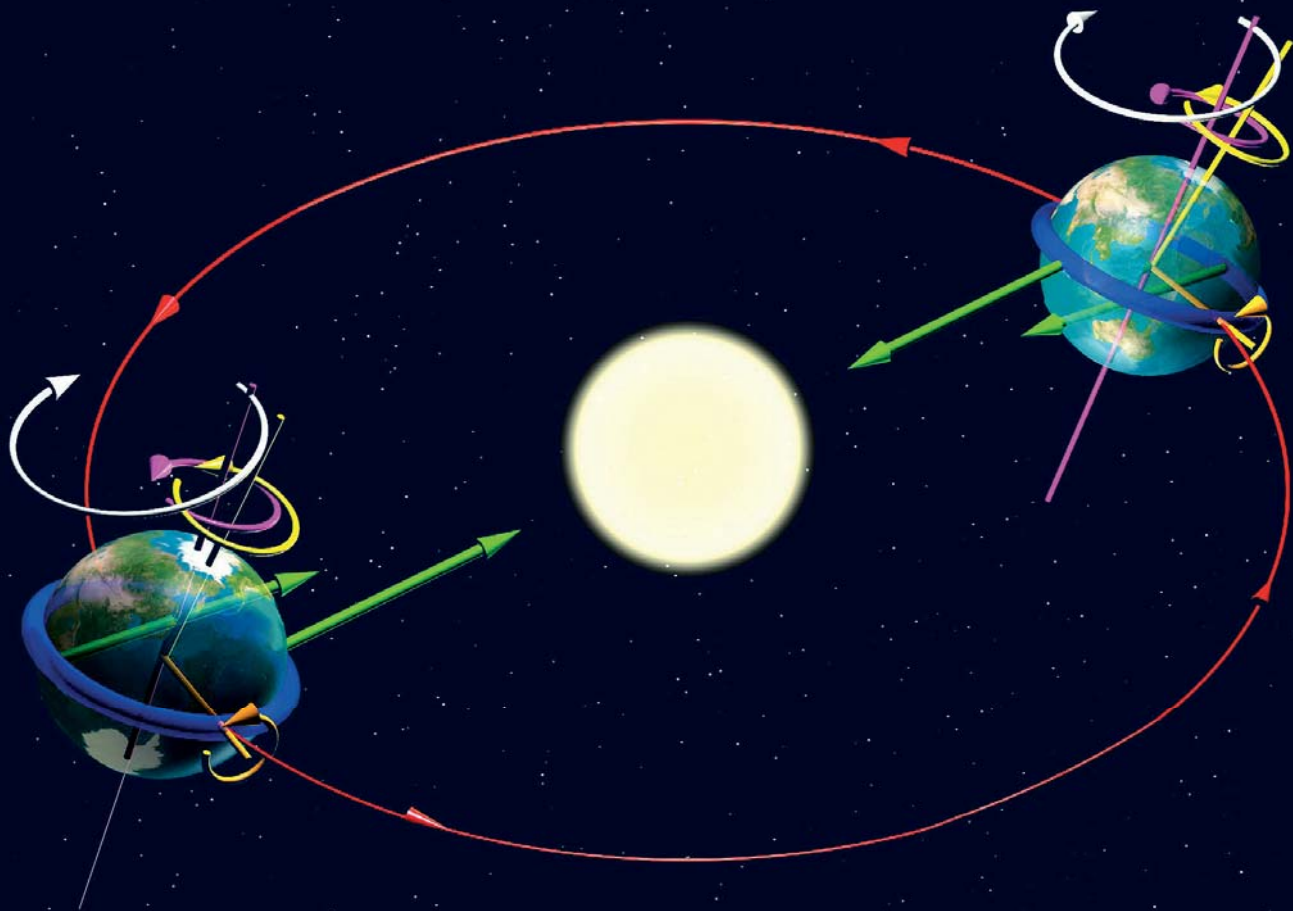


▲ Все зависит от принятой точки зрения: ось вращения Земли кажется наклонной по отношению к перпендикуляру к эклиптике, когда вращение Земли наблюдается относительно плоскости ее орбиты.



▲ Из-за утолщения экватора Луна и Солнце создают момент силы притяжения, стремящийся совместить плоскость земного экватора с плоскостью эклиптики, как если бы эта внешняя сила стремилась выпрямить наклон оси вращения Земли.

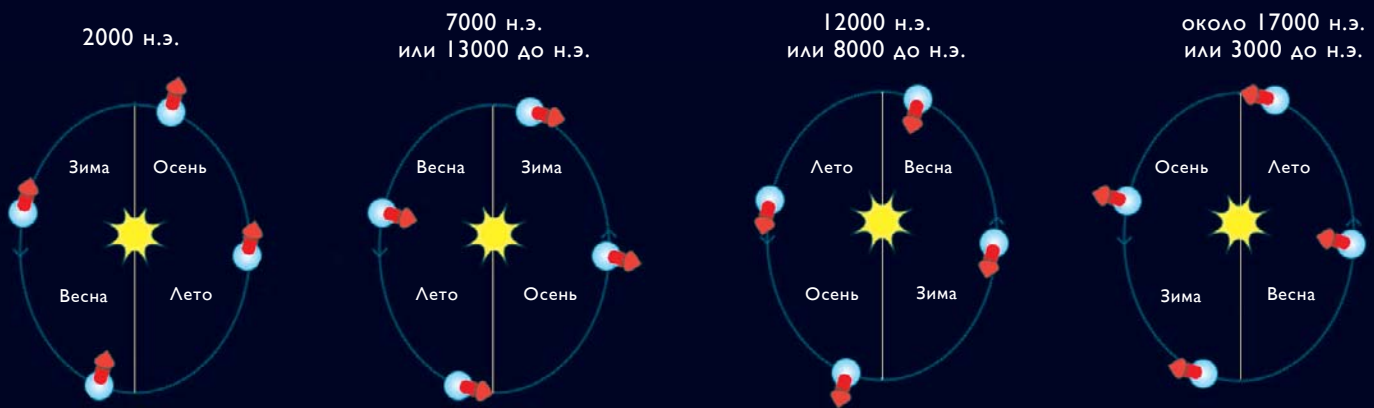




▼ Земная ось за счет прецессии движется очень медленно: полный оборот совершается примерно за 25 800 лет. Следует отметить, что во времена первых греческих астрономов в момент весеннего равноденствия Солнце находилось в Овне; во времена рождения Иисуса Христа оно переместилось в Рыбы, а затем в Водолея, в направлении, противоположном его видимому движению, оставаясь в каждом зодиакальном созвездии около 2150 лет.

▲ Рисунок, поясняющий явление прецессии (белая стрелка). Хороший способ выделить цепочку причин, вызвавших данное явление, — представить Землю идеальным шаром, экватор которого окружен дополнительным кольцом (синего цвета), эквивалентным реальному утолщению. Внешнее гравитационное воздействие на кольцо (зеленые стрелки) порождает пару сил (оранжевый крутящий момент), которые смещают ось вращения (желтый крутящий момент) в другом направлении (фиолетовые стрелки) и вызывают прецессию (белые стрелки).

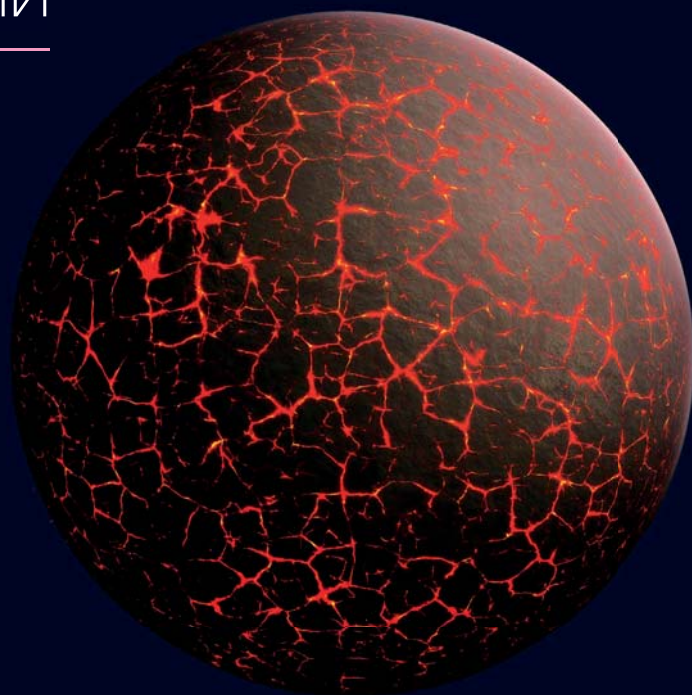
### Предварение равноденствий за тысячи лет



# Образование Земли и происхождение жизни

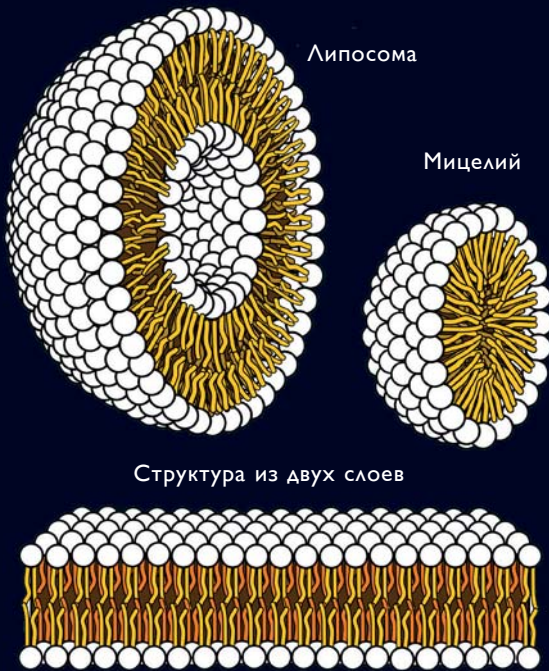
Земля образовалась 4,5 миллиарда лет назад. Расплавленная поверхность постепенно затвердевала до тех пор, пока не образовалась земная кора. После катастрофического столкновения с протопланетой (в результате которого возникла Луна) вследствие вулканической активности начала создаваться все более плотная атмосфера сложного химического состава. Преобладающим элементом в ней был углекислый газ, а образующийся водяной пар конденсировался и давал начало океанам. Примерно через миллиард лет зародилась жизнь и фотосинтезирующие организмы стали наполнять атмосферу кислородом. В верхней атмосфере образовался слой озона, который отражал ультрафиолетовые лучи Солнца, способствуя развитию жизни.

▼ Ад, бушующий на этом рисунке, относится к первичной эпохе истории Земли, или гадейскому эону (гадей, от *Hades*, — ад у греков), — от 4,6 до 4 миллиардов лет назад. Однако, это огненное море — ничто по сравнению с тем, что случилось дальше: планета размером с Марс врезалась в Землю, породив при этом Луну.

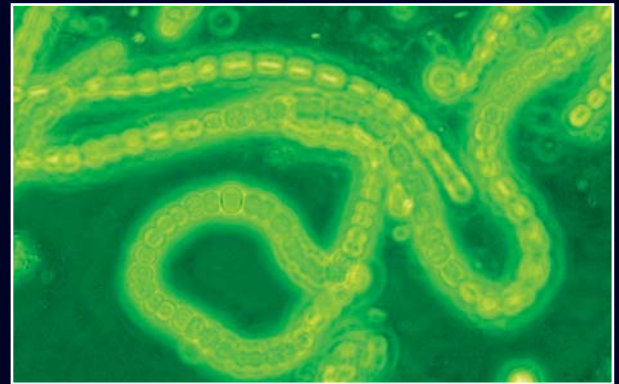


▲ Земля, какой ее можно было бы увидеть из космоса в эпоху гадея. На ее раскаленной поверхности не могло быть никакой жизни. Однако некоторые ученые предполагают, что на чуть более позднем этапе уже появились фотосинтезирующие цианобактерии. Сохранившиеся до нашего времени гадейские породы очень редки: они встречаются только в Западной Гренландии, Северо-Западной Канаде и Западной Австралии. Изучение некоторых гадейских цирконов показывает, что 4,4 миллиарда лет назад на Земле уже была жидкая вода, а значит, и атмосфера.

► За гадеем следует архей (от греческого *arkhē* — происхождение), эон, в течение которого земная кора достаточно остыла, чтобы образовались континенты. В то время температура на планете не очень отличалась от сегодняшней. На заднем плане — огромная Луна, которая была гораздо ближе к Земле, чем сегодня.



◄ Первым шагом на пути к созданию биосферы стали структуры, способные изолировать молекулы, управляющие процессом производства жизни. Возможными прототипами клеточных мембран были двуслойные структуры, такие как липосомы и мицелии, которые имеют гидрофильный конец, а также гидрофобный и липофильный конец, способный притягивать другие липидные молекулы.



▲ Фотосинтезирующие цианобактерии, появившиеся на Земле в конце гадея, — это «кирпичики жизни»: их фотосинтетическая деятельность извлекает углекислый газ из окружающей среды и вызывает осаждение карбоната кальция.

► Строматолиты могут дать информацию о древнейших формах жизни. Они образовались в результате растворения ила и песчинок со слоями бактерий. Эти структуры до сих пор можно увидеть в некоторых мелководных прибрежных районах, таких как Акуля бухта (Shark Bay) в Австралии (на фото). Геологический возраст этой формации восходит к начальному периоду архея.



# Луна

Наш спутник, такой большой и яркий, что виден даже днем, освещает ночное небо Земли. Смена лунных фаз позволяет определять время; древние календари, основанные на фазах Луны, были структурированы по неделям (время, близкое к продолжительности каждой фазы) и месяцам (время полного оборота Луны вокруг эклиптики).

Лунная поверхность испещрена кратерами разного размера, изобилует отложениями и пылью. Кратеры — результат бесчисленных ударов метеоритов, бомбардировавших наш спутник и саму нашу планету, особенно в самый ранний период образования Солнечной системы. Полное отсутствие атмосферы делает Луну еще более уязвимой: на нее постоянно выпадает настоящий дождь из космических обломков, хоть и меньшего размера, чем метеориты. В отличие от Земли, никакие эндогенные воздействия не могут сгладить шрамы от нанесенных ударов. Даже следы, почти полвека назад оставленные на лунном грунте подошвами первых астронавтов, сохранились нетронутыми до сих пор.

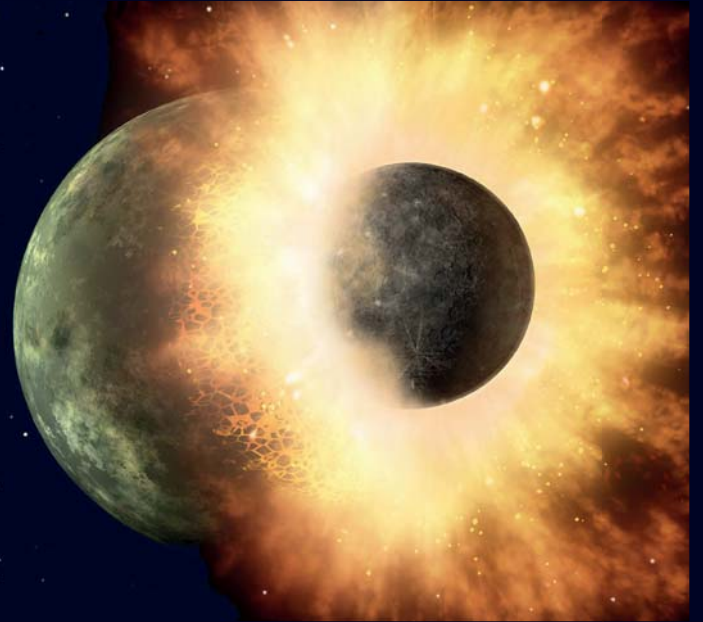


▼ Один из последних снимков лунного грунта, сделанный астронавтом возле небольшого кратера Шорти в 1972 году. Удачно выбранный ракурс демонстрирует разнообразие лунных рельефов небольшой высоты.

▲ Поверхность лицевой стороны лунного диска — единственная поверхность небесного тела, детали которой можно разглядеть с Земли невооруженным глазом. Темные пятна, называемые морями, образованы потоками застывшей лавы. Из-за особенностей обращения Луны вокруг Земли (так называемого синхронного вращения) наш спутник всегда повернут к нам одной стороной, на которой и расположено большинство лунных морей.



► Катастрофическое столкновение между протопланетой размером с Марс, которую астрономы назвали Тейей, и очень молодой Землей вызвало увеличение массы Земли и выброс в пространство огромных масс скальных пород, которые сформировали Луну. Как абсолютные размеры нашего спутника, так и отношение его массы к массе материнской планеты (примерно 1:6), уникальное для всей Солнечной системы, позволяют предположить, что подобные столкновения очень редки. Некоторые астрономы считали систему «Земля — Луна» случаем двойной планеты.



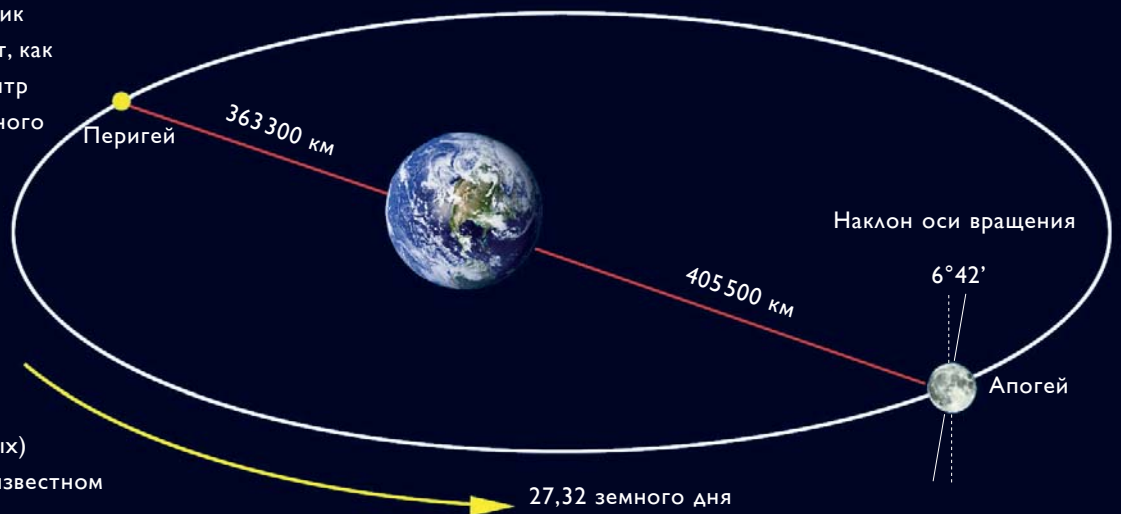
► Мечта о полете на Луну, мечта множества поколений на протяжении всей человеческой истории, наконец-то сбылась. С июля 1969 года по декабрь 1972 года в рамках программы «Аполлон» на поверхности Луны побывали в общей сложности 12 астронавтов. С тех пор человек пока не возвращался в эти негостеприимные пространства, где нет ничего, кроме пыли и камней.



► 20 июля 1969 года двое из трех членов экипажа корабля «Аполлон-11» — Нил Армстронг и Базз Олдрин — впервые в истории ступили на лунную поверхность.



► Орбита Луны, которую наш спутник проходит за 27,32 земного дня, имеет, как и все эллиптические орбиты, перигей и апогей, то есть точки максимального и минимального удаления от фокуса. Поскольку это небесное тело находится очень близко к Земле, даже небольшое изменение расстояния до него может повлиять на размеры наблюдаемого лунного диска. Это заметно прежде всего при различных конфигурациях солнечных затмений (полных или кольцеобразных) и в ситуации полнолуния в перигее, известном как суперлуние.

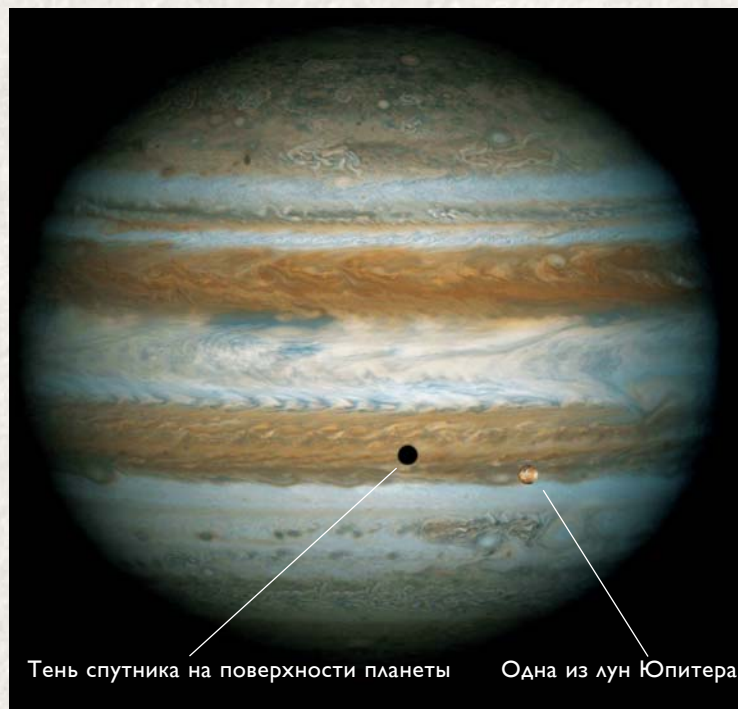
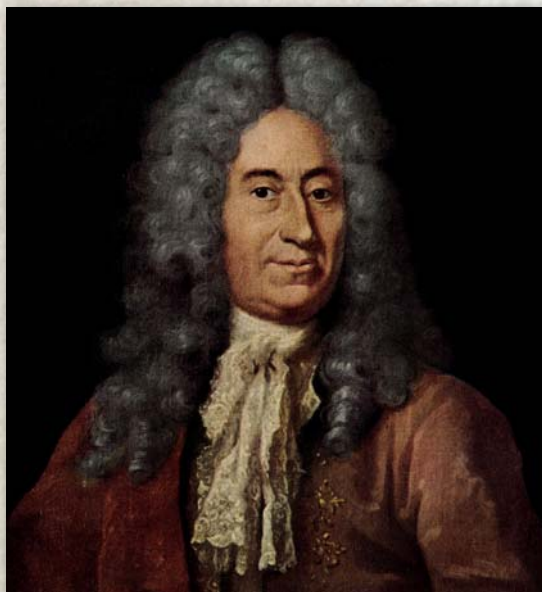


# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XV

## Луны Юпитера и скорость света

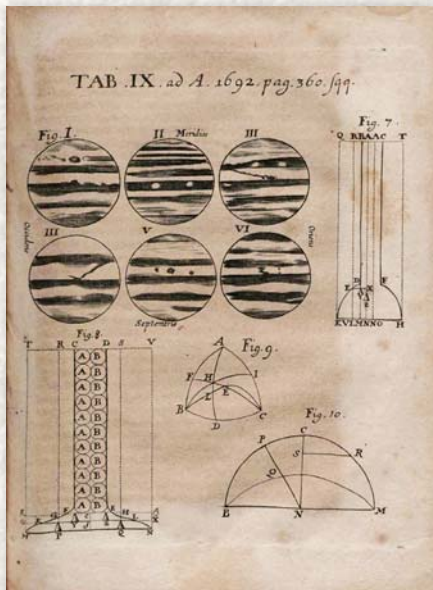
Несмотря на значительную хроматическую аберрацию (дефект оптики, проявляющийся в окрашенности и нерезкости изображений), первые успехи в строительстве линзовых телескопов, прямых потомков Галилеевой подзорной трубы, позволили сделать новые удивительные открытия.

Когда сопротивление новой системе мира, предложенной Коперником, было в основном сломлено, ученые сосредоточились на теоретических и технических проблемах наблюдательной астрономии. Постоянные исследования Вселенной с помощью телескопов давали важные результаты. Часто они оказывались неожиданными, как в случае с определением скорости света (которую Рене Декарт считал бесконечной) Олафом Кристенсенем Рёмером и Жаном-Домиником Кассини. А измерения положений звезд, планет и комет, выполненные Джоном Флемстидом, так и вовсе позволили Исааку Ньютону разработать теорию всемирного тяготения.



▲ С помощью телескопов-рефракторов астрономы впервые смогли увидеть детали поверхностей планет. Жан-Доминик Кассини (1625–1712) рассчитал скорость вращения Юпитера и Марса, наблюдая особенности их поверхностей, а также обнаружил расщепление колец Сатурна и Большое красное пятно Юпитера.

◀ Олаф Кристенсен Рёмер (1644–1710) представил Академии наук доклад об определении скорости света из расхождения теоретических и наблюдательных данных о движении спутников Юпитера. Он вел в Ураниборге наблюдения Галилеевых лун Юпитера, в частности, затмений Ио, и в сотрудничестве с Жаном-Домиником Кассини установил обсерватории в Ураниборге и Париже. Вдвоем они разработали конструкцию проволочного микрометра — системы перекрещенных тонких неподвижных и подвижных нитей, видимых одновременно с наблюдаемым объектом. Данный прибор позволил выполнять очень точные измерения положений звезд. Экваториальная монтировка телескопа тоже изобретена Рёмером.



▲ В статье *Diversae motus Periodi in Jove*, опубликованной в *Acta Eruditorum* в 1692 году вместе с некоторыми оригинальными рисунками (один из них приведен выше), Жан-Доминик Кассини изложил свои расчеты вращения Юпитера вокруг оси, основанные на наблюдениях за пятнами на его поверхности. Именно в ходе этих исследований Кассини обнаружил знаменитое Красное пятно.

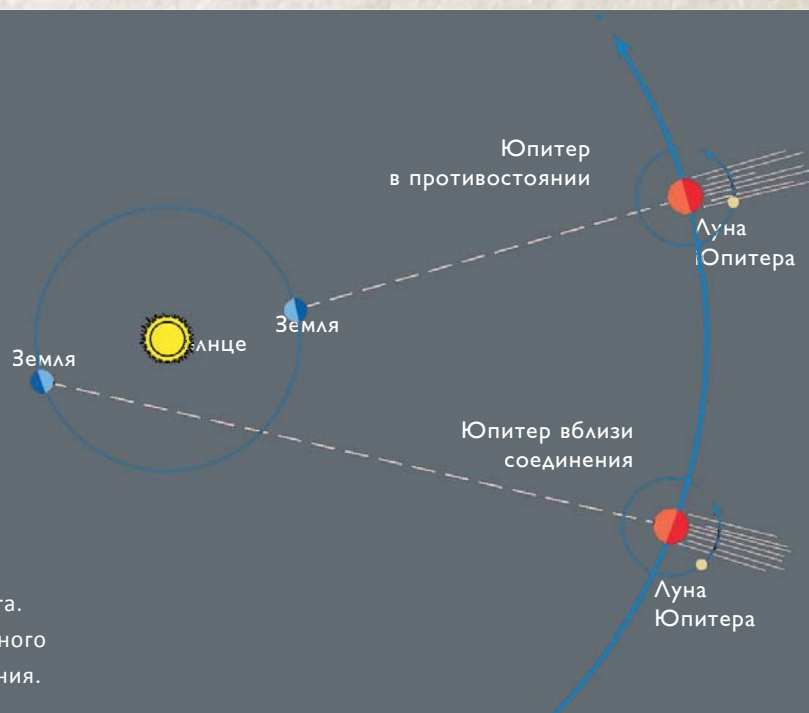


▲ Так как Жан-Доминик Кассини был геодезистом, его особенно интересовало использование наблюдений спутников Юпитера для расчета широт на поверхности Земли. От него произошел целый род выдающихся астрономов и геодезистов: его внук, Сезар-Франсуа Кассини, начал разработку *Carta di Cassini*, геометрической карты Франции, которая была завершена уже его сыном, названным в честь прадеда Жаном-Домиником Кассини, в 1784 году. Исправление методом Кассини карты Франции Жана Пикара (1682 г.) привело к выводу, что размер Франции на карте был преувеличен; Людовик XIV, инициатор этого проекта, оказался в итоге правителем королевства меньшего размера.



## Затмения спутников Юпитера

Между теоретически вычисленными моментами начала и окончания затмения спутника Юпитера и моментами, наблюдаемыми с Земли, всегда существует небольшая разница. Это различие, равное времени, необходимому для того, чтобы свет от спутника Юпитера достиг нашей планеты, показывает, что скорость света конечна и может быть определена. Если мы сравним два наблюдения одно с Юпитером в противостоянии (то есть на минимальном расстоянии от нашей планеты) и другое с Юпитером на максимальном расстоянии от Земли, — то, зная диаметр земной орбиты, можно установить значение скорости света. Результат, полученный Кассини и Рёмером, незначительно отличается от принятого в настоящее время значения.



# Лунные фазы

Изменения внешнего вида Луны при ее движении вокруг Земли, наблюдаемые с поверхности планеты и вызванные различным направлением освещения Луны Солнцем, называются лунными фазами. Люди всегда полагались на это циклическое природное явление для расчета времени и получения информации о наиболее благоприятных моментах для сельскохозяйственных работ.

Фазы Луны повторяются каждые 29,53 дня; за время полного оборота Земли вокруг Солнца насчитывается 12 полных лунных периодов, которые составляют лунно-солнечный год из 354 дней. Многие древние цивилизации использовали это обстоятельство в своих календарях. Чтобы устранить накопленную ошибку, примерно раз в три года добавлялся лишний месяц (такой год назывался «эмболическим»). Наследием этих древних календарей являются месяцы, разделяющие год на 12 частей, и недели, разделяющие месяц на четыре части, в соответствии с четырьмя основными фазами Луны: новолунием, первой четвертью, полнолунием и последней четвертью.

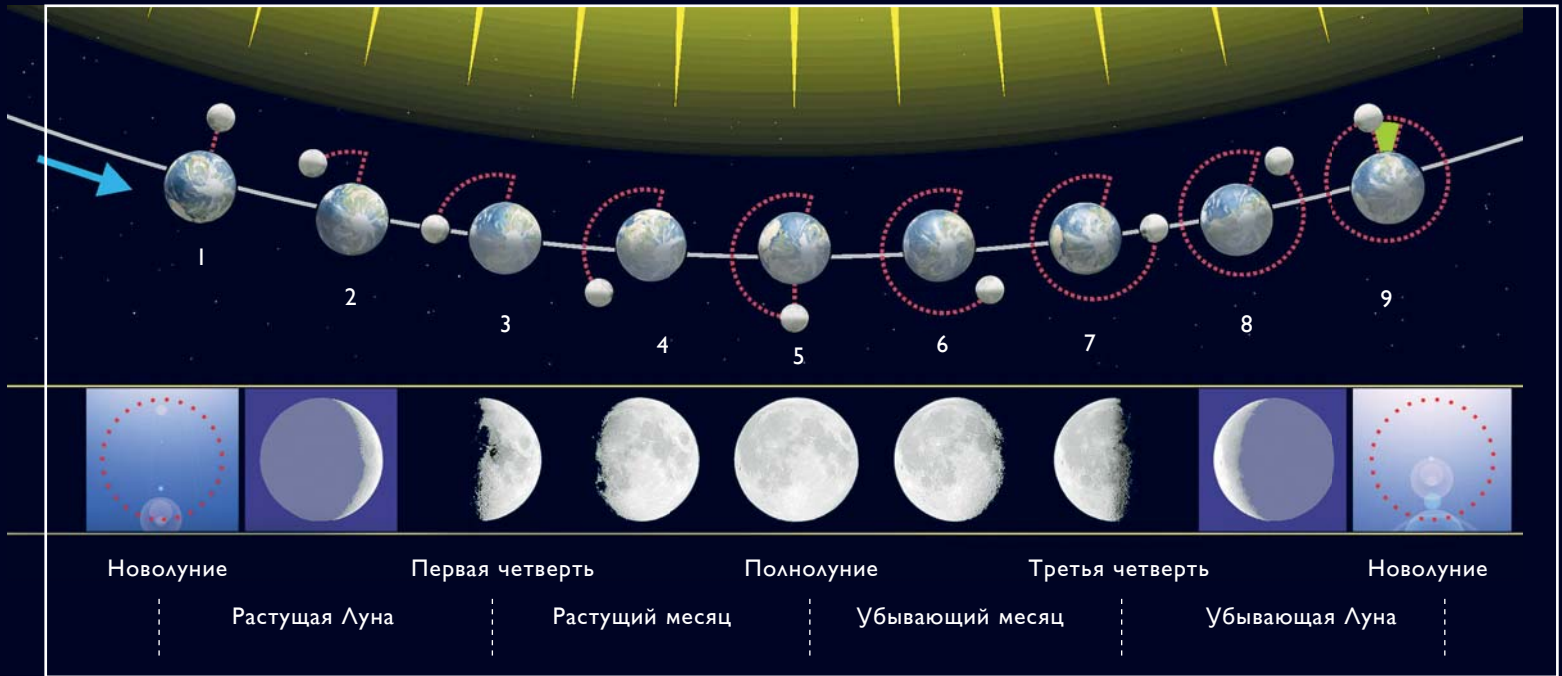


▲ Фазы Луны: от узкого серпа, наблюдаемого в сумерках на западе, когда спутник Земли находится низко над горизонтом, до полной Луны, которая, находясь в оппозиции к Солнцу, видна всю ночь.

## Лунные фазы: Луна с Земли

Чередование лунных фаз связано с разными положениями, которые принимает наш спутник при своем вращении вокруг Земли. Во время новолуния, когда диск полностью закрыт, Луна находится примерно на одной прямой между Землей и Солнцем и достигает кульминации в полдень (даже если мы ее не видим). Два днями позже ее можно наблюдать во второй половине дня, незадолго до заката. В первой четверти она образует с Солнцем угол  $90^\circ$  и освещается наполовину. Мы видим ее высоко в небе уже в ранние вечерние часы. Во время полнолуния ее положение противоположно положению Солнца: оно достигает кульминации в полночь и восходит ровно на закате. Затем происходит обратный процесс, до новолуния.



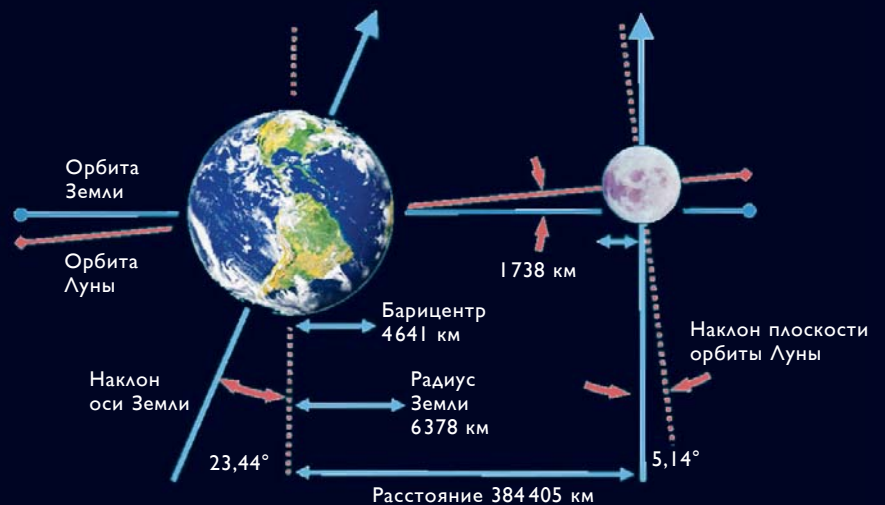


▲ Сравнивая орбитальное вращение Луны и Земли, можно убедиться, что если Луна совершает полный оборот за 27,32 дня (сидерический месяц), то Земля за это время совершает около 1/12 своего оборота по орбите вокруг Солнца. Время, необходимое Луне, чтобы совершить один оборот и вернуться в ту же точку на небе Земли, отличается от полного цикла смены фаз — лунации на 1,2 дня (маленькая дуга желтого цвета).

▼ 27 конфигураций видимых фаз Луны за 29,53 дня синодического месяца. Освещенная часть всегда повернута к той области неба, где находится Солнце. Так, у растущей Луны рога месяца направлены на запад, а когда Луна находится в убывающей фазе, месяц похож на букву С.



► Наклон земной оси к лунной орбите вызывает колебания эклиптики примерно на  $5^\circ$  северной широты и  $5^\circ$  южной в пределах зодиакального пояса. Этот наклон объясняет, почему затмения происходят относительно редко: они возможны только тогда, когда фаза полной Луны или новолуние совпадают с положением нашего спутника в точке пересечения его орбиты с эклиптикой. На этом изображении можно увидеть, как далеко от центра Земли находится барицентр системы «Земля — Луна» по отношению к другим указанным расстояниям.

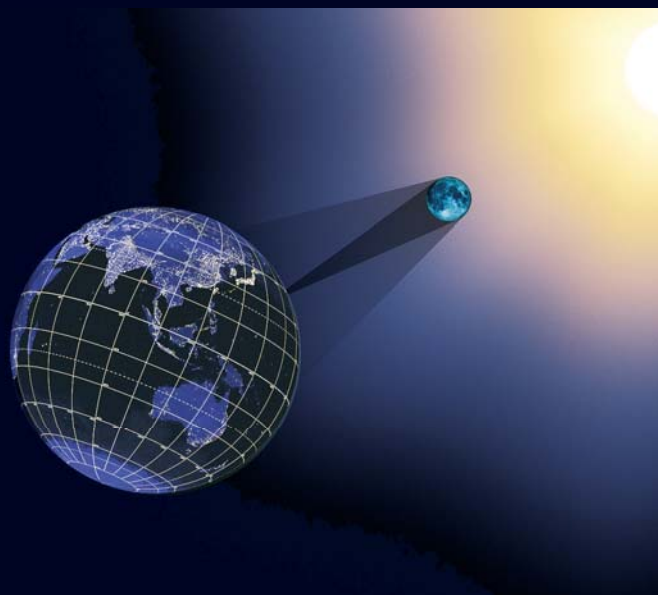


# Покрытия и затмения

Когда небесное тело загораживает от нас другое тело похожего размера, происходит затмение. И наоборот, если тело, загораживающее другое тело, намного больше него, мы говорим о покрытии одним телом другого. Если же тело, которое проходит перед нами на фоне другого, меньше него по видимому размеру, то это транзит.

С Земли можно наблюдать два вида затмений: солнечные и лунные. Оба явления наводили страх на людей прошлого, но на деле ни одно из них не оказывает какого-либо отрицательного воздействия на жизнь на Земле. Согласно легенде, первым астрономом, предсказавшим затмение, был Фалес Милетский в 585 году до н.э., но и в Средневековье на Западе продолжали удивляться этим событиям, считавшимся предвестниками несчастий. Сверхъестественное затмение, которое омрачило небо над Голгофой во время Страстей Христовых (Луна на Пасху видна в виде месяца, и солнечное затмение не могло произойти), всегда считалось признаком божественного гнева, не подчиняющегося законам природы. Недаром, когда ровно через тысячу лет после того затмения, в 1033 году н.э., средневековые монахи стали свидетелями кольцеобразного солнечного затмения, решили, что оно предвещает конец света. А еще почти 900 лет спустя, в совершенно другом культурном контексте, наблюдения солнечного затмения 29 мая 1919 года дали первое подтверждение явления отклонения лучей света вблизи массивных тел, как и предсказывал Эйнштейн.

► **Покрытие планет**  
Солнечной системы Луной — нередкое явление: оно происходит примерно раз в год. Оно не только эффектно, но и многое позволяет узнать об орбите и атмосфере наблюдаемой планеты.

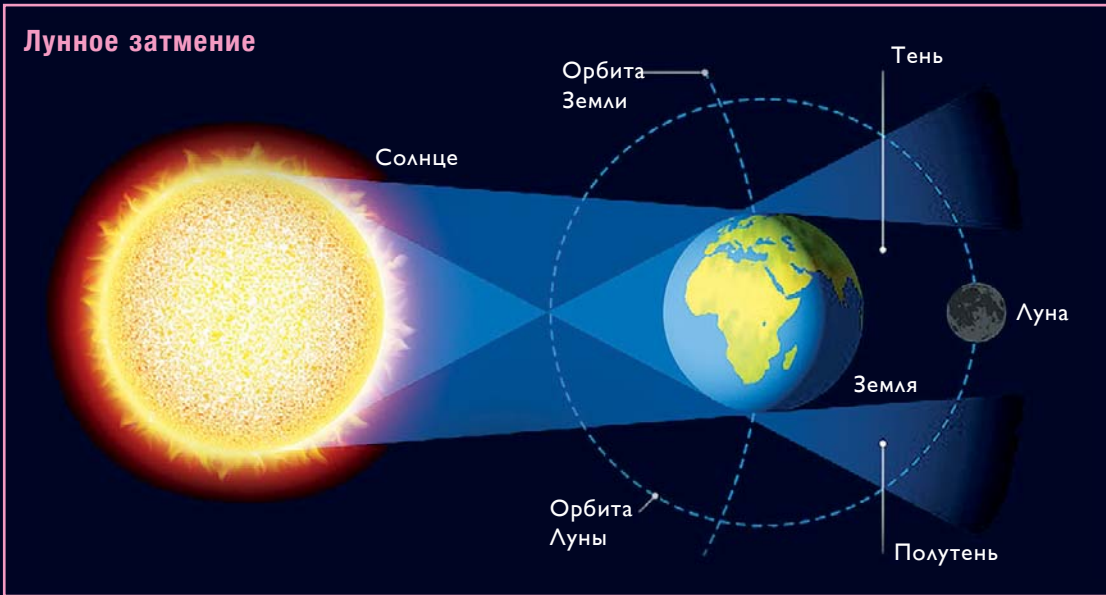


▲ Когда Луна оказывается между Землей и Солнцем, происходит солнечное затмение. По законам перспективы, размер тени, отбрасываемой Луной, ограничен лишь частью поверхности Земли: вот почему солнечные затмения видны только в определенных географических регионах.



▲ Во время солнечного затмения темный диск молодой Луны проходит перед диском Солнца. На этом участке земной поверхности наступает темнота — день внезапно сменяется ночью.

## Лунное затмение



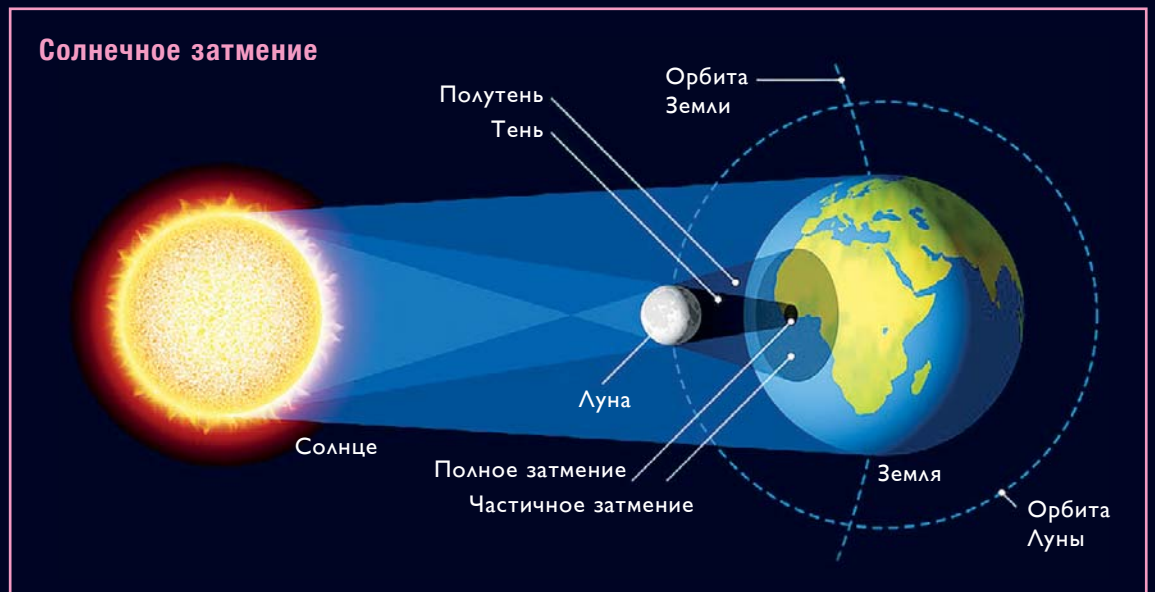
◀ Лунное затмение происходит, когда Земля отбрасывает тень на полную Луну. В этом случае явление можно наблюдать во всем ночном полушарии планеты. Нередко случается и другое интересное явление: из-за рассеяния света Солнца в земной атмосфере Луна в начале и в конце затмения кажется красной.



▲ Максимальная продолжительность полной фазы солнечного затмения — 7,5 минуты, но все затмение от начала до конца длится несколько часов. В полной фазе на Солнце можно смотреть невооруженным глазом, но все остальные моменты затмения можно наблюдать только с помощью защитных устройств, чтобы избежать необратимого повреждения глаз.

► Когда перед Солнцем проходит только часть лунного диска, происходит частное затмение. Это событие наблюдается и в областях, граничащих с полосой, в которой наблюдается полное затмение. Есть и другой особый случай: когда Луна находится на максимальном расстоянии от Земли, ее уменьшенный диск не полностью закрывает Солнце. В этом случае затмение будет кольцеобразным: Луну окружит сверкающий солнечный ободок.

## Солнечное затмение





# Астрономические инструменты

---

---

Одного лишь созерцания неба, наблюдения его невооруженным глазом с привязкой к естественной линии горизонта и немногочисленным существующим на Земле ориентирам вроде гор или крупных скал всегда было недостаточно для объяснения причин небесных явлений. Древние ученые понимали, что специальные инструменты для астрономических наблюдений значительно облегчат глубокое проникновение в тайны Вселенной. Еще халдеи и египтяне изготавливали механизмы, позволяющие измерять высоту звезд над горизонтом и угловые расстояния между ними. Без данных, полученных с помощью простых, но достаточно точных приборов, ни Гиппарх, ни Архимед не смогли бы обогатить и укрепить астрономическую науку своими математическими гипотезами и теориями. Техническое развитие астрономической аппаратуры идет вперед вместе с теоретическим развитием астрономии: обе дисциплины неразрывно связаны. Точно так же, как гипотезы Птолемея или теории Эйнштейна, для познания Вселенной важны филигранно выполненные астролэбии и мощные космические телескопы.

# Гномоны и солнечные часы

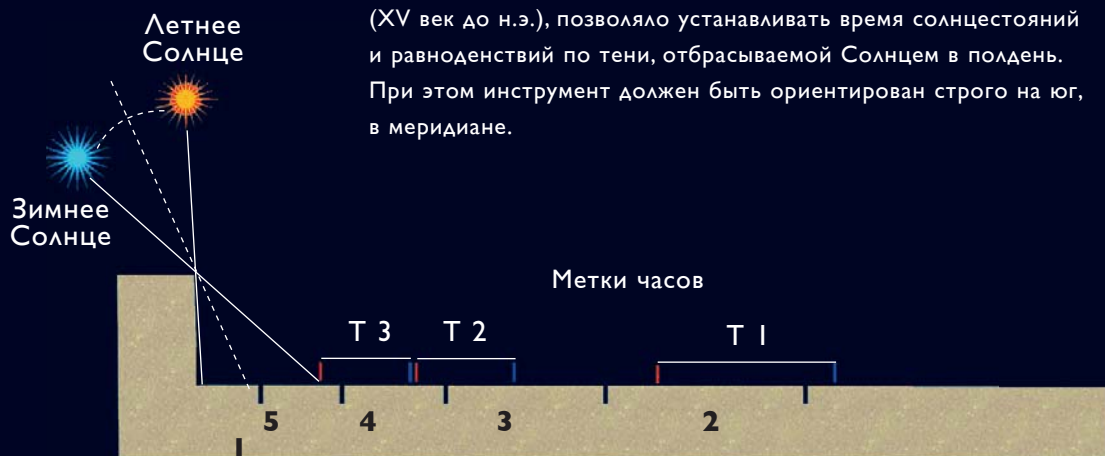
Древние инструменты для астрономических наблюдений и измерений не только помогали астрономам изучать небо и формулировать гипотезы о его механизмах и строении — они помогали ориентироваться в пространстве и отсчитывать время.

Греки измеряли время суток солнечными часами, которые стали неотъемлемой частью повседневной жизни. Хотя были и такие философы, как Платон, которые осуждали подобный инструмент, считая его помехой для спонтанного и естественного существования и видя в объективном исчислении времени причину отчуждения и социального принуждения. До нас дошли удивительные образцы часов: эти причудливые механизмы, как правило, состояли из циферблата с прямыми и кривыми линиями и освещаемого солнцем гномона, или стержня, отбрасывающего тень. На гномоне отмечалась точка, называемая нодусом, или узлом, положение которой позволяло определять склонение Солнца. Наблюдая за положением тени, люди могли узнать и время суток, и время года: прямые, на которые проецировалась тень гномона, обозначали часы, а кривые, на которые опиралась тень узла, — время года. Час составлял двенадцатую часть дневной дуги, и продолжительность его была разной: зимние часы, само собой, были короче летних.

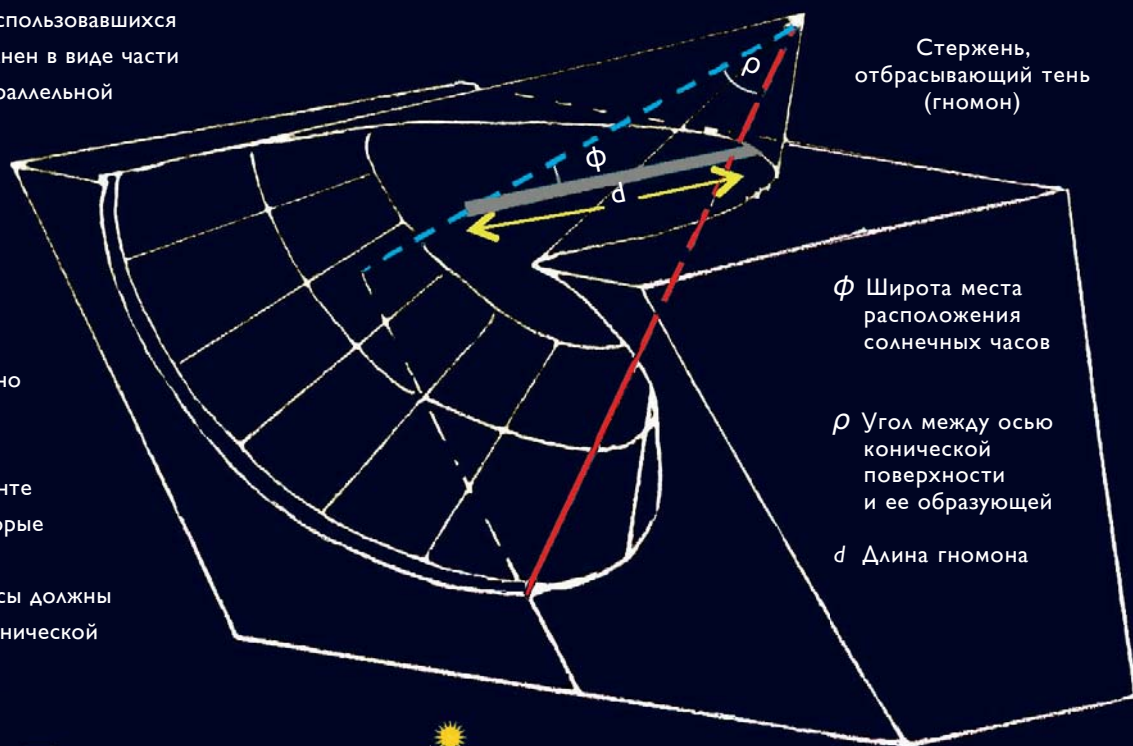
▼ Считается, что впервые поставил гномон на землю, заставив его отбрасывать тень на квадрант, Анаксимандр Милетский во время посещения Спартанской агоры.



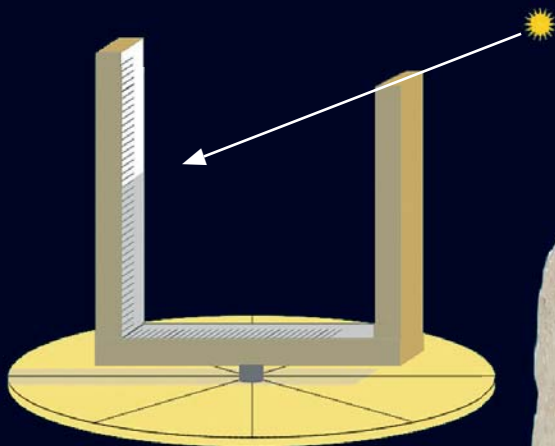
▼ Это правило, восходящее к царствованию Аменхотепа III (XV век до н.э.), позволяло устанавливать время солнцестояний и равноденствий по тени, отбрасываемой Солнцем в полдень. При этом инструмент должен быть ориентирован строго на юг, в меридиане.



► В конических солнечных часах, использовавшихся в Древней Греции, циферблат выполнен в виде части конической поверхности с осью, параллельной земле (выделено красным цветом). Коническая поверхность наклонена к горизонтальной поверхности под углом, образованным небесным экватором и местной линией горизонта ( $\phi$ ). Зная три параметра, указанные на графике ( $\phi$ ,  $\rho$ ,  $d$ ), можно построить конические солнечные часы, способные указывать время в любом выбранном месте. В квадранте отмечены II временных линий, которые пересекаются с суточными линиями солнцестояний и равноденствий. Часы должны быть ориентированы на юг, а ось конической поверхности — указывать на полюс.

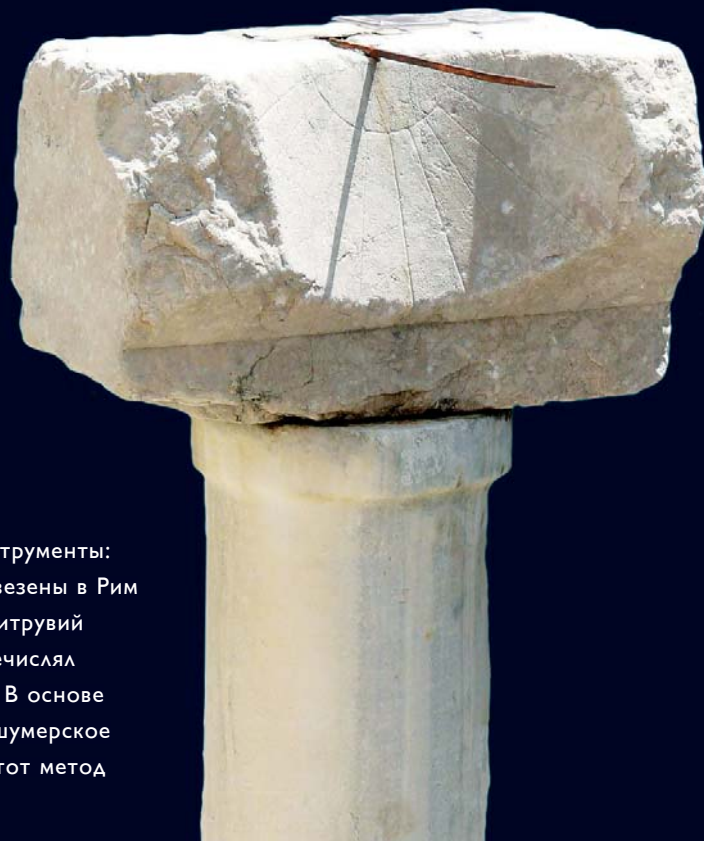


► Эратосфен для определения положения Александрии и Родоса использовал скафис — вариант солнечных часов, способный показывать достаточно точное время.



◀ Египетские обелиски, расположенные перед храмами, высоко ценились римлянами. Они даже перевезли огромное количество этих монументальных сооружений в свою столицу. Некоторые из обелисков имели гномоны — например, обелиск, установленный на меридиане Августа в Кампо Марцио.

► Древние римляне использовали для измерения времени различные инструменты: клепсидры, водяные часы и солнечные часы греков. Последние были привезены в Рим Марком Валерием Мессалой после завоевания Сицилии (III век до н.э.). Витрувий в книге IX своего знаменитого текста об архитектуре (I век до н.э.) перечислял разные типы этого инструмента, указывая изобретателей каждого из них. В основе часов, на которые делился римский день (так же, как и греческий), было шумерское деление — только день начинался в полночь, а не с восходом Солнца. Этот метод определения времени использовался до окончания Средневековья.



# Антикитерский механизм

В первые годы XX века на морском дне у берегов греческого острова Антикитера среди обломков кораблекрушения был найден металлический предмет, похожий на коробку и содержащий большое количество зубчатых колес. С металлами нельзя использовать радиоуглеродный метод датировки (по углероду-14), но стиль символов, вырезанных на извлеченных фрагментах, и датировка других предметов, найденных на корабле, позволяют предположить, что так называемый Антикитерский механизм мог относиться к I веку до н.э.

Его конструкция неординарна и совершенна: колеса имеют минимально возможный размер для машины такой сложности. Это открытие ставит под сомнение современные представления об уровне древнегреческих технологий, который многие, опираясь только на таких авторов, как Витрувий и Герон Александрийский, считают низким.



▲ Фрагмент А (самый большой) Антикитерского механизма сильно поврежден коррозией после почти двухтысячелетнего пребывания в морской воде. Рентгеновский снимок показал внутри фрагмента еще несколько зубчатых колес.

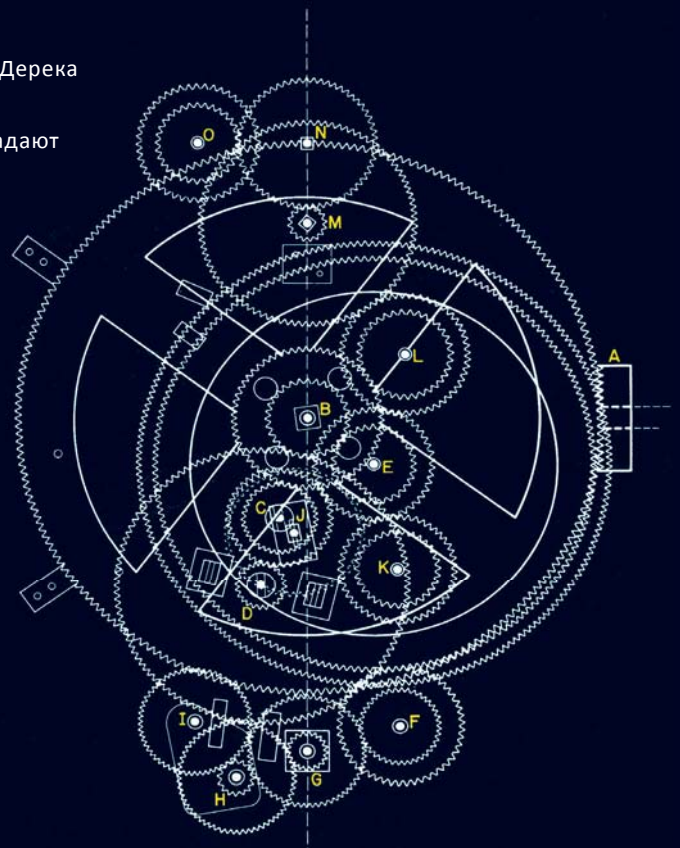


◀ Реконструкция изначального вида Антикитерского механизма таким, каким его, должно быть, видели греки более двух тысяч лет назад. Коробка изготовлена из дерева, а остальная часть состоит из шестеренок и двух гравированных бронзовых пластин. Эта реконструкция основана на надписях, присутствующих на частях механизма (одна из надписей дает название зодиакального созвездия, другие относятся к Солнцу и Луне), на изучении возможного назначения зубчатых колес и на представлениях об астрономических и математических знаниях того времени. Считается, что механизм был вечным календарем, предназначенным для вычисления фаз Луны на любую дату. Кроме того, предполагается, что его сложная система шестерен воспроизводит конструктивную схему Архимеда планетария.

## Открытие механизма

Загадка Антикитерского механизма была раскрыта благодаря работе Дерек Джона де Солла Прайса. В 1974 году он опубликовал реконструкцию, созданную им на основе гипотез и догадок, которые во многом совпадают с более поздней находкой — выгравированными внутри футляра «инструкциями», подтверждающими, что прибор был лунно-солнечным вечным календарем, а также устройством для предсказания затмений и олимпийских лет.

Дерек Джон де Солла Прайс (1922–1983), основатель наукометрии, был физиком и историком науки. Помимо описания Антикитерского механизма, которое и принесло ему мировое признание, Прайс занимался созданием математических моделей, применяемых при оценке эффективности научной работы, в частности публикаций и их востребованности на основе частоты цитирования и ссылок.



► Во внутренней части Антикитерского механизма было около 13 зубчатых колес, два из которых соединялись шестеренками в отношении 254:19. Данное отношение очень хорошо характеризует метонов лунно-солнечный цикл, имеющий продолжительность в 19 лет, или 254 лунных сидерических оборота. Встроенный дифференциал (механизм, вращающийся со скоростью, равной разности скоростей вращения двух других колес) позволял рассчитать лунные фазы — результат вычитания из солнечного движения сидерического лунного движения. Этот удивительно сложный механизм мог, помимо всего прочего, указывать положение некоторых небесных объектов на эклиптике. В июне 2016 года благодаря рентгеновскому сканированию высокого разрешения удалось прочесть выгравированную внутри него надпись: «Наблюдать за астрономическими событиями, затмениями и датами Олимпийских игр».



# Армиллярные сферы

Армиллярная сфера по сути является обучающим и демонстрационным инструментом — трехмерной осязаемой моделью мира в представлении Птолемея. Этот сложный и точный инструмент является усовершенствованием примитивной каменной небесной сферы древних греков («небесного шара», описанного Птолемеем в «Альмагесте»). Армиллярная сфера представляет собой сферу, окруженную несколькими металлическими кольцами (армиллами), которые представляют собой экватор, эклиптику, полярные круги и небесные меридианы. Армиллы могут вращаться, чтобы наглядно продемонстрировать движение небесной сферы и взаимные отношения ее частей. В самых поздних версиях сфера подвешивалась на постаменте с горизонтальным диском, положение которого регулировалось меридиональным кольцом. На многочисленных средневековых миниатюрах она изображена рядом с авторитетными астрономами, такими как Иоанн Сакробоско, что свидетельствует о ее дидактической роли.



▲ Изобретение армиллярной сферы приписывают Эратосфену; позже ее широко использовал Птолемей. О том, как популярен был этот инструмент на протяжении веков, свидетельствует тот факт, что в Ураниборге — обсерватории, которой руководил Тихо Браге, — хранилось и использовалось сразу несколько этих инструментов.

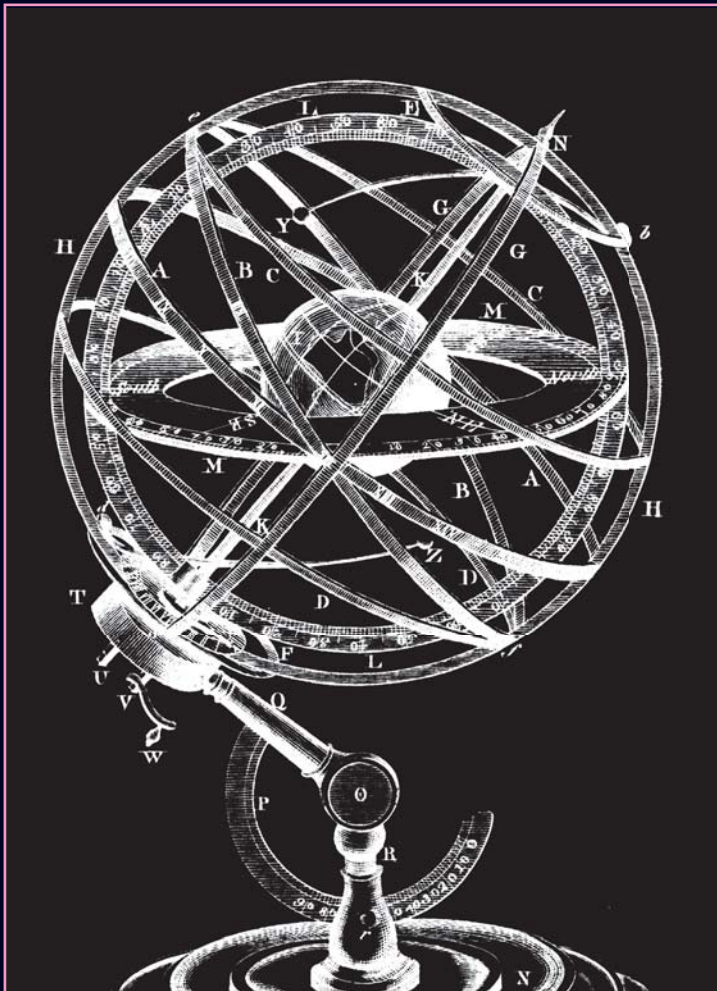
◀ В церкви Всех святых во Флоренции можно полюбоваться фреской Боттичелли «Святой Августин в своем кабинете» (1480), на которой изображена упрощенная модель армиллярной сферы. Возможно, впрочем, что в этом присутствует и некоторая доля сарказма — к примеру, христианский философ Гиппон, хоть и признавал шарообразность Земли, всегда отмечал непоследовательность и бесполезность рассуждений о форме Земли и неба.



◀ Несмотря на то что в Новое время истинность системы Коперника была доказана, армиллярные сферы с Землей в центре продолжали изготавливать для демонстрационных целей и удобства представления координат. Например, и сейчас в позиционной астрономии движение звезд вычисляется по отношению к видимой небесной сфере. Однако гелиоцентрические армиллярные сферы, подобные современным планетариям, также изготавливались.



▲ Пример древней армиллярной сферы, изображенной на фреске с виллы Сан-Марко в Стабии (I век н.э.). Две женские фигуры, представляющие весну и осень, то есть сезоны равноденствия, двигают армиллы меридиана и экватора.



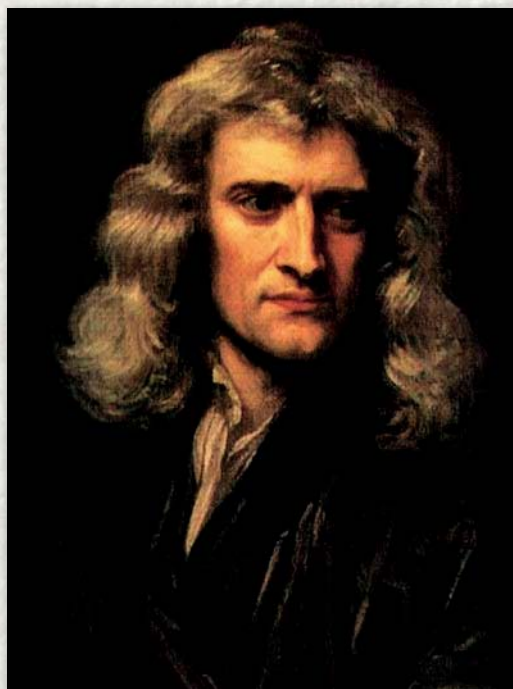
◀ Иллюстрация, показывающая различные компоненты армиллярной сферы, их движения и функции. Например, дуга меридиана в основании модели позволяет при помощи штифта ориентировать земной шар по нужной широте. К наиболее важным армиллам относятся диск горизонта со сторонами света (M), кольцо эклиптики (B), небесный экватор (A), Северный полярный круг (E) и небесные меридианы (C и D).

# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XVI

## Исаак Ньютон

Немногие математики и естествоиспытатели знали имя этого «мрачного профессора из Кембриджа», опубликовавшего в 1687 году текст, которому суждено было навсегда изменить современную науку и метод научного исследования: *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Хотя Исаак Ньютон (1642–1727) уже успел поразить некоторых своих коллег блестящими решениями и идеями в области физики и чистой математики (многие из них были разработаны им в 1666 году, когда он уехал в свое имение, спасаясь от эпидемии чумы), ученый продолжал жить уединенно, вдали от мира, в маленькой комнате в Тринити-колледже, где, помимо всего прочего, тайно занимался алхимией и священной историей. Эдмунд Галлей убедил этого затворника и ипохондрика опубликовать труды по теории всемирного тяготения и законам движения.

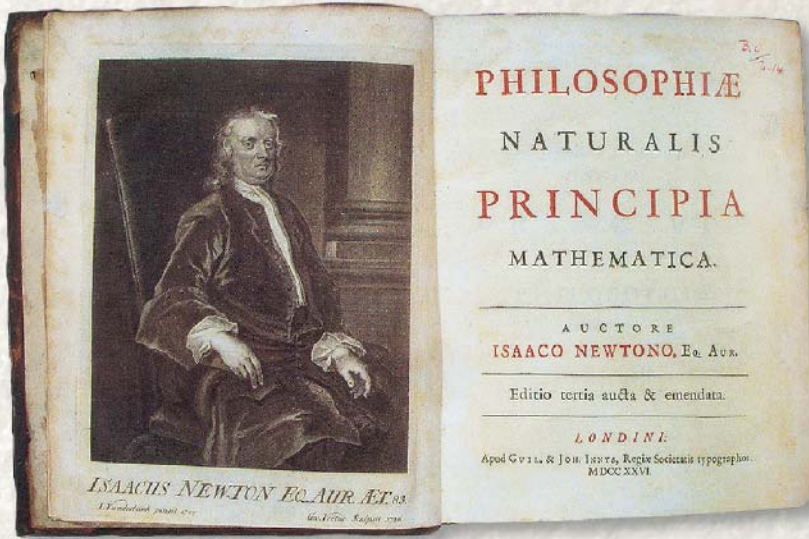
После изменения политической ситуации в стране, приобретя известность в научном мире, Ньютон в конце XVII века переехал в Лондон, став общественным деятелем и официальным лицом — президентом Монетного двора Королевского общества, самой престижной научной ассоциации в Англии того времени. Следующие десятилетия стали самыми продуктивными в его научной карьере: Ньютон опубликовал «Оптику», в которой изложил теорию света и спектральных цветов, основанную на экспериментах с призмой.



▲ Известно, что Ньютон вел с некоторыми из своих коллег тяжбы, связанные с авторством определенных открытий. Особенно шумевшими стали его споры с Гуком о приоритете в вопросах гравитации и с Лейбницем — об исчислении бесконечно малых величин.



◀ Исаака Ньютона приняли в Королевское общество после того, как он изобрел телескоп нового типа — рефлектор. Это был не первый зеркальный телескоп, но система Ньютона, включавшая увеличительный окуляр, расположенный снаружи трубы, оказалась гораздо более удобной. Несмотря на то, что инструмент был, несомненно новаторским и лучше управляемым из-за своего небольшого размера, с точки зрения качества изображения он оставлял желать лучшего. Впоследствии, в 1722 году, Джон Хэдли построит первый телескоп-рефлектор, способный конкурировать по качеству изображения с рефракторами того времени, имевшими досадный дефект хроматической аберрации: цветные ореолы вокруг изображений звезд, которые Ньютону удалось устранить, были вызваны различиями в преломлении лучей разных цветов.

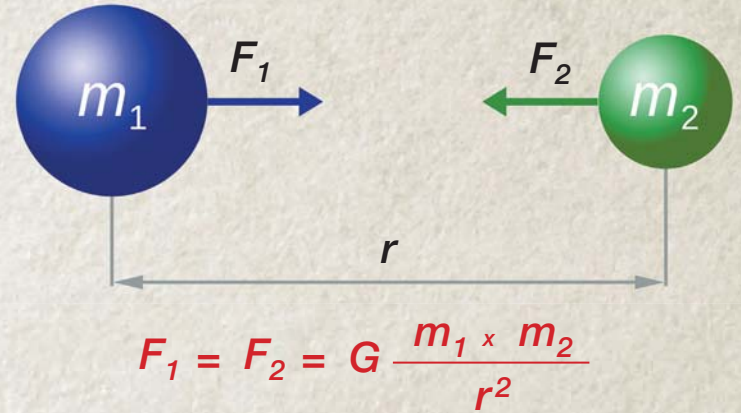


«Начала» Ньютона, три издания которых были выпущены еще при жизни автора, содержат четыре знаменитых правила философского рассуждения:

- 1) не следует допускать причин видимых природных явлений больше, чем достаточно для их объяснения;
- 2) равным явлениям соответствуют равные причины;
- 3) качества, общие для разных тел, следует считать универсальными;
- 4) суждения, выведенные из экспериментов путем общей индукции, должны считаться истинными, пока не доказано обратное.

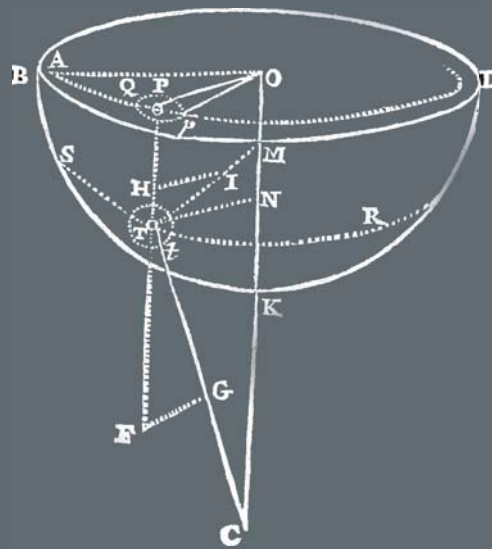
Следя примеру Галилея, Ньютон в своих трудах сочетает дедукцию и индукцию, математику и эксперимент, анализ и синтез. Его трактат содержит как наследие евклидова подхода, так и бэконовскую философию.

По Ньютону, закон всемирного тяготения, согласно которому сила притяжения между двумя телами убывает обратно пропорционально квадрату расстояния, действует во всей Вселенной, как на Земле, так и в космосе. Это окончательно разведало типичную для аристотелевской мысли идею разделения космоса на подлунный мир и эфирное небо. Сила тяготения может быть представлена в строго математических терминах, а не просто как умозрительная гипотеза. А вот решения вопроса о том, почему его закон действует на расстоянии, Ньютон предпочел не искать: гораздо позже это сделал Альберт Эйнштейн.



## Математические начала натуральной философии

После введения некоторых определений и доказательства законов движения первая книга «Начал» переходит к математическому и геометрическому описанию движений тел, в частности изучению динамики свободных тел в вакууме (приведены некоторые примеры). Второй том посвящен движению тела в сопротивляющейся жидкости. Третий раскрывает закон всемирного тяготения, справедливый везде и для любого тела. Книги подразделяются на статьи, предложения, теоремы, пояснения и задачи. В конце автор добавил общий комментарий — своего рода философско-богословский вывод.



PHILOSOPHIÆ NATURALIS

48 De Motu Corporum

Corol. 4. Hæc sunt politis, est vis centripeta ut velocitas sit directæ, & chorda illa inversæ. Nam velocitas est reciproce ut perpendicularium  $ST$  per corol. 1. prop. 1.

Corol. 5. Hinc si datur figura quævis curvilinea  $APQ$ , & in ea datur etiam punctum  $S$ , ad quod vis centripeta perpetuo dirigatur, inveniri poterit lex vis centripetæ, quæ corpus quodvis  $P$  a cursu rectilineo perpetuo retractum in figura illius perimetro describitur, eamque revolendo describet. Nimirum computandum est vel solidum  $\frac{ST^2 \times QT^2}{QR}$  vel solidum  $ST^2 \times PY$  huic vi reciproce proportionale. Ejus rei dabimus exempla in problematis sequentibus.

PROPOSITIO VII. PROBLEMA II.

Quæritur corpus in circumferentia circuli, requiritur lex vis centripetæ tendentis ad punctum quodcumque datum.

Esto circuli circumferentia  $PQPA$ ; punctum datum, ad quod vis cen ad centrum suum tendit,  $S$ ; corpus in circumferentia latum  $P$ ; locus proximus, in quem movebitur  $Q$ ; & circuli tangens ad locum priorem  $PRZ$ . Per punctum  $S$  ducatur chorda  $PS$ ; & acta circuli diametro  $VA$ , jungatur  $AP$ ; & ad  $SP$  demittatur perpendicularium  $QT$ , quod productum occurrat tangenti  $PR$  in  $Z$ ; ac denique per punctum  $Q$  agatur  $LR$ , quæ ipsi  $SP$  parallela sit, & occurrat tum circulo in  $L$ , tum tangenti  $PR$  in  $R$ . Et ob similitudinem triangulæ  $ZQR$ ,  $ZTP$ ,  $VP A$ , erit  $RP$  quad. hoc est  $QL$  ad  $QT$  quad.

# Астролябия

В истории античной и средневековой астрономии (до конца XVI века) астролябия играла такую же фундаментальную роль, какую в Новое время сыграет телескоп. С ее помощью можно узнать время дня и ночи, высоту Солнца, Луны и звезд над горизонтом, решать различные астрономические задачи, не прибегая к математическим расчетам. Астролябию, благодаря ее универсальности, начали использовать и для измерения угловых расстояний на Земле, для определения высоты зданий с помощью алидады и градуированных арок задней части (используемой вертикально). По сути, она была предшественницей теодолита. Тем не менее астролябия не была инструментом, предназначенным только для наблюдений и измерений, — в основном она использовалась для моделирования движений небесных тел без применения сложных тригонометрических вычислений благодаря тимпану в ее верхней стороне. Считается, что инструмент был изобретен греками, но самая старая из сохранившихся астролябий — арабского происхождения (она датируется примерно IX веком н.э.). Астролябия снова появилась на Западе в X веке, когда папа Сильвестр II привез ее вместе со счетами из исламских стран.



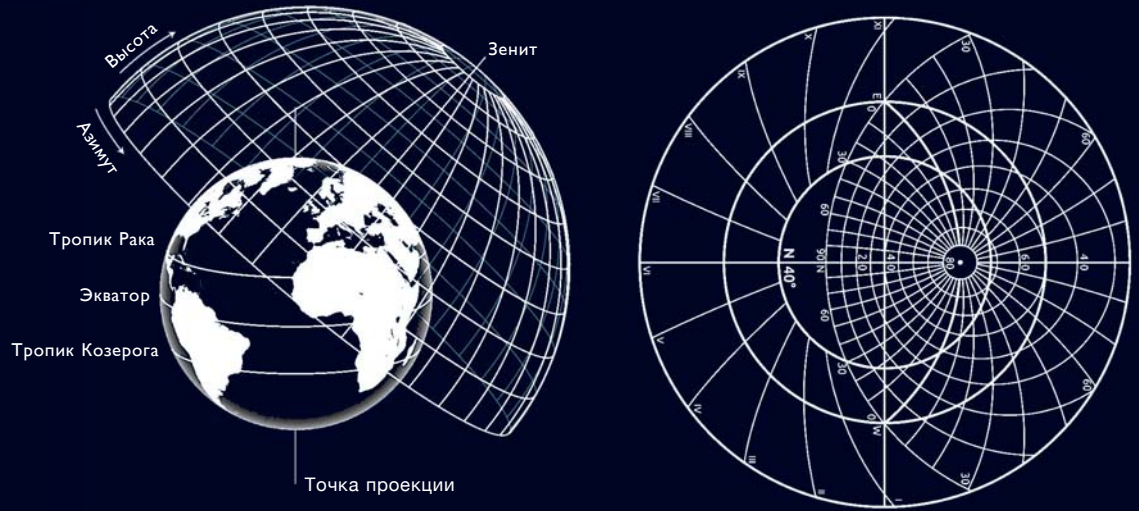
▲ Тимпан астролябии, видимый на передней части инструмента, включает картографическую проекцию небесной системы координат с осью, представляющей Северный полюс. Эта часть применима только на определенной широте: если положение наблюдателя серьезно изменится, необходимо будет использовать другой тимпан.



▲ Астролябия с линейкой  
наверху.



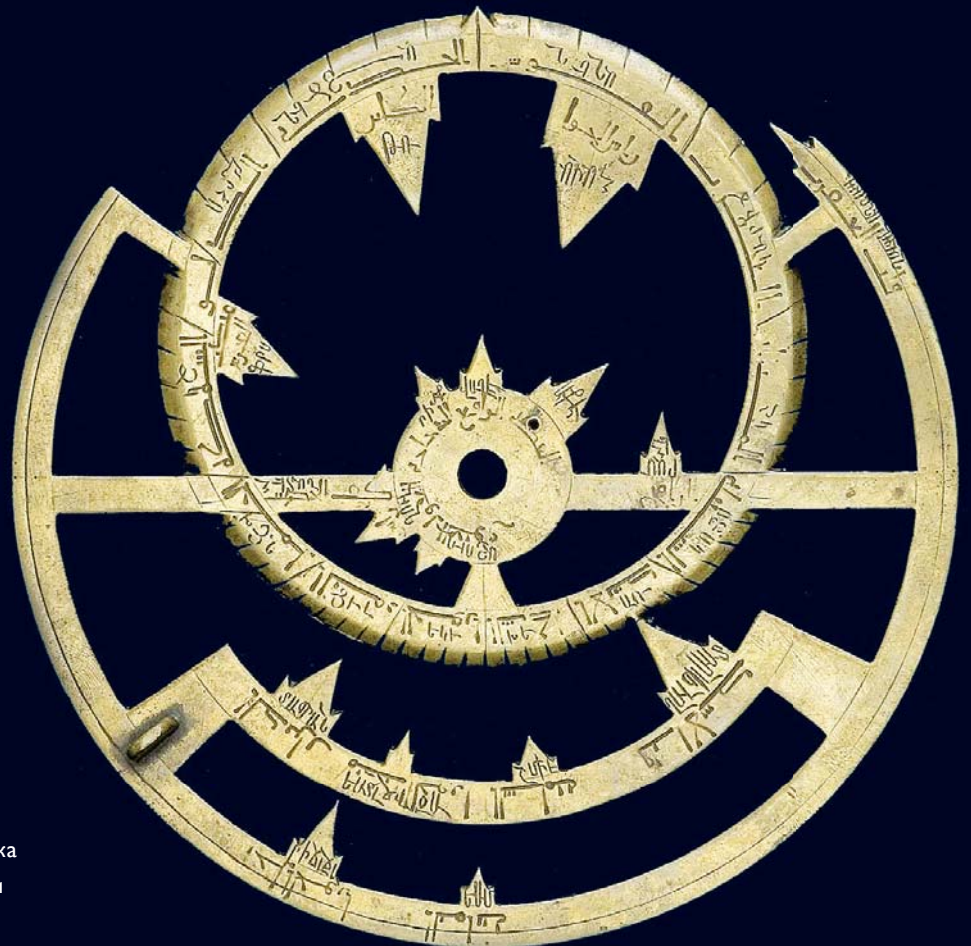
▲ Части астролябии: к основному корпусу (основе) добавляются два тимпана; они содержат диск, на котором размещен паук, действующий как звездная карта с отмеченной на ней эклипстикой. На обратной стороне — линейка или игла с визирным устройством на конце (алидадой) для измерения высоты.



▲ Выгравированная на тимпане проекция, соответствующая определенной широте, воспроизводила линии экватора, эклиптики, параллели равной высоты (альмукантарат) и вертикальные своды. Астролябии новейшей версии (XVI век) имели в среднем по десять различных тимпанов, чтобы, не теряя точности, охватить большую часть точек наблюдения в Северном полушарии. Однако еще в XIV веке арабский астроном Ибн ас-Саррадж пользовался универсальной астролябией с тимпаном, применимым для всех широт.

▲ Знаменитый автор «Кентерберийских рассказов» Джефри Чосер (1343–1400) написал первое на английском языке вводное руководство по использованию астролябии: «Трактат об астролябии». Во времена Чосера Англия находилась в авангарде создания этих инструментов.

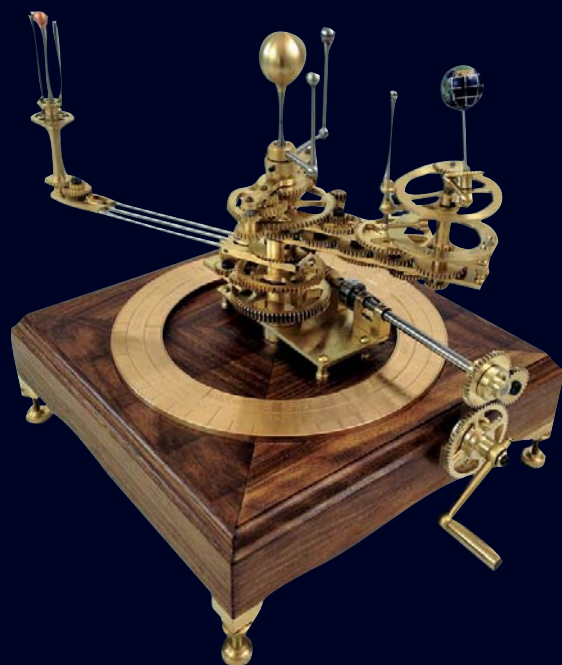
► Паук представляет собой звездную карту со своеобразной перфорированной формой (разной в зависимости от модели астролябии), которая позволяла увидеть лежащий под ней тимпан (в то время не было подходящих прозрачных материалов). Обычно в центре паука располагалась Полярная звезда, окруженная эклиптикой с созвездиями, и самый дальний круг тропика. Остальные точки или кривые указывают положение некоторых ярких звезд с соответствующими названиями. Совмещая паука с отметками времени на ребре (лимбе), получали положение звезд на небесном своде.



# Планетарии

Механический планетарий — это аппарат, моделирующий перемещение планет по своим орбитам относительно плоскости. Он отличается от армиллярной сферы тем, что не основан на использовании сферических координат позиционной астрономии и имеет автоматический механизм движения. Это миниатюрная копия физической структуры Солнечной системы, особенно если говорить о современной версии планетария. Есть даже свидетельства существования планетариев в Древней Греции, один из них изобрел Архимед в III веке до н.э. Начиная с XVIII века механический планетарий распространился как дидактический инструмент, особенно в Англии (с популяризацией так называемых оррериев), конечно, в гелиоцентрическом варианте, часто дополненном спутниками Юпитера и Сатурна. Некоторые модели планетариев воспроизводили движения планет в реальном времени. Сегодня планетарий — это инструмент, который проецирует изображение звездного неба с движениями небесных тел на имитирующий небосвод полусферический экран. В этом смысле планетарий больше похож на армиллярную сферу или большой небесный глобус с нарисованными на его внутренней поверхности звездами и планетами.

▼ На рисунке справа: механический планетарий XIX века; рядом с ним — теллурий, маленькая рычажная модель, воспроизводящая движение Земли, Луны и Солнца. Свет звезды часто имитировался пламенем свечи.

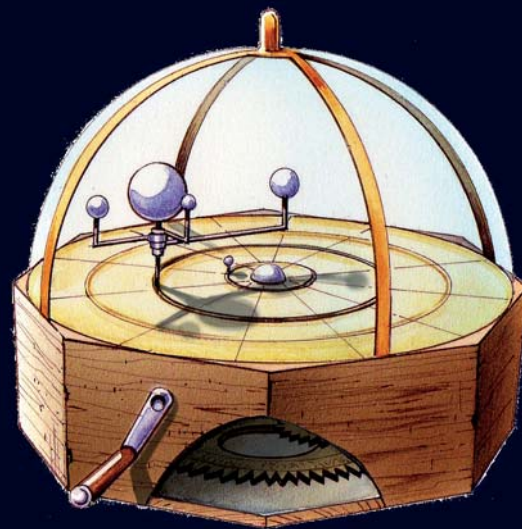


▲ На фото: рукоятка, приводящая в движение механизм, который заставляет планеты и их спутники, выполненные в виде маленьких металлических сфер, вращаться в соответствии с их скоростями и орбитами.

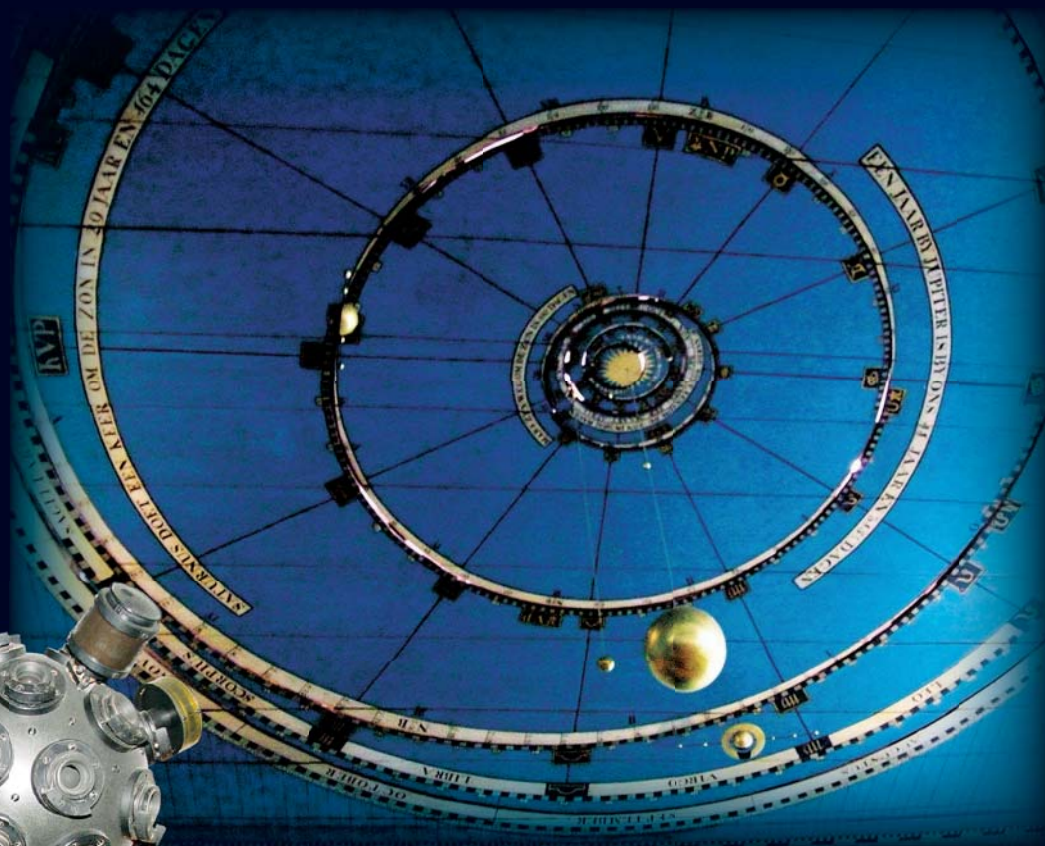


## Механический планетарий Архимеда

Среди прочей добычи, доставшейся Марку Клавдию Марцеллу при разграблении Сиракуз (212 год до н.э.), был механический планетарий, спроектированный и созданный Архимедом. Эта модель, реконструированная историками по доступным источникам, в частности «Республике» Цицерона, служила скорее для объяснения и описания наблюдаемых небесных явлений (включая попятное движение планет), чем для представления физической реальности. Земля помещалась в центре и была неподвижна. Механизм создавал одно вращательное движение, вероятно, посредством «колеса», расположенного под Солнцем. Поэтому, хотя многие утверждают, что орбитальный механизм планетария был геоцентрического типа, некоторые предполагают, что он мог быть моделью гелиоцентрической системы Аристарха, хорошо известной Архимеду. Как видно на рисунке, механизм напоминает модель мира, предложенную астрономом Тихо Браге в XVI веке.



▼ Современный планетарий имеет оптическую проекционную систему, имитирующую внешний вид небосвода. Первая модель такого устройства была изготовлена компанией Zeiss в сотрудничестве с астрономом Максом Вольфом (1863–1932). Установленный в центре зала проектор отображал движения звезд и планет на полусферическом экране-потолке, под которым сидели зрители. Планетарий был открыт 21 октября 1923 года в мюнхенском Музее науки, где сегодня установлена самая передовая и совершенная модель из всех существующих.



▲ Механический планетарий голландского астронома-самоучки Эйзе Эйзинга, построенный в 1781 году, — старейший из действующих. Планеты подвешены к потолку и с помощью часового механизма вращаются со скоростью, идентичной скорости реальных космических тел. Модель воспроизводит точное положение планет на небе.

# Туркетум, квадрант и другие инструменты

И до, и после изобретения телескопа в наблюдении за небом астрономам помогали и другие инструменты. Одни упрощали точные тригонометрические вычисления, необходимые для определения положений звезд, другие позволяли совершать высокоточные угловые измерения. Часто подобные инструменты использовались и вне области астрономических исследований, например в навигации. С появлением компьютеров и спутников многие из инструментов устарели, но все еще остаются незаменимыми для тех, кто хочет разобраться в сферической астрономии и небесной механике.

► Как известно, есть три основные системы координат для определения положения звезды на небе: альт-азимутальная, эклиптическая и экваториальная. Туркетум (или торкветум) — вычислительный инструмент, изобретенный Птолемеем и очень популярный в Средние века, позволял переходить от одной астрономической системы координат к двум другим без выполнения сложных преобразований.



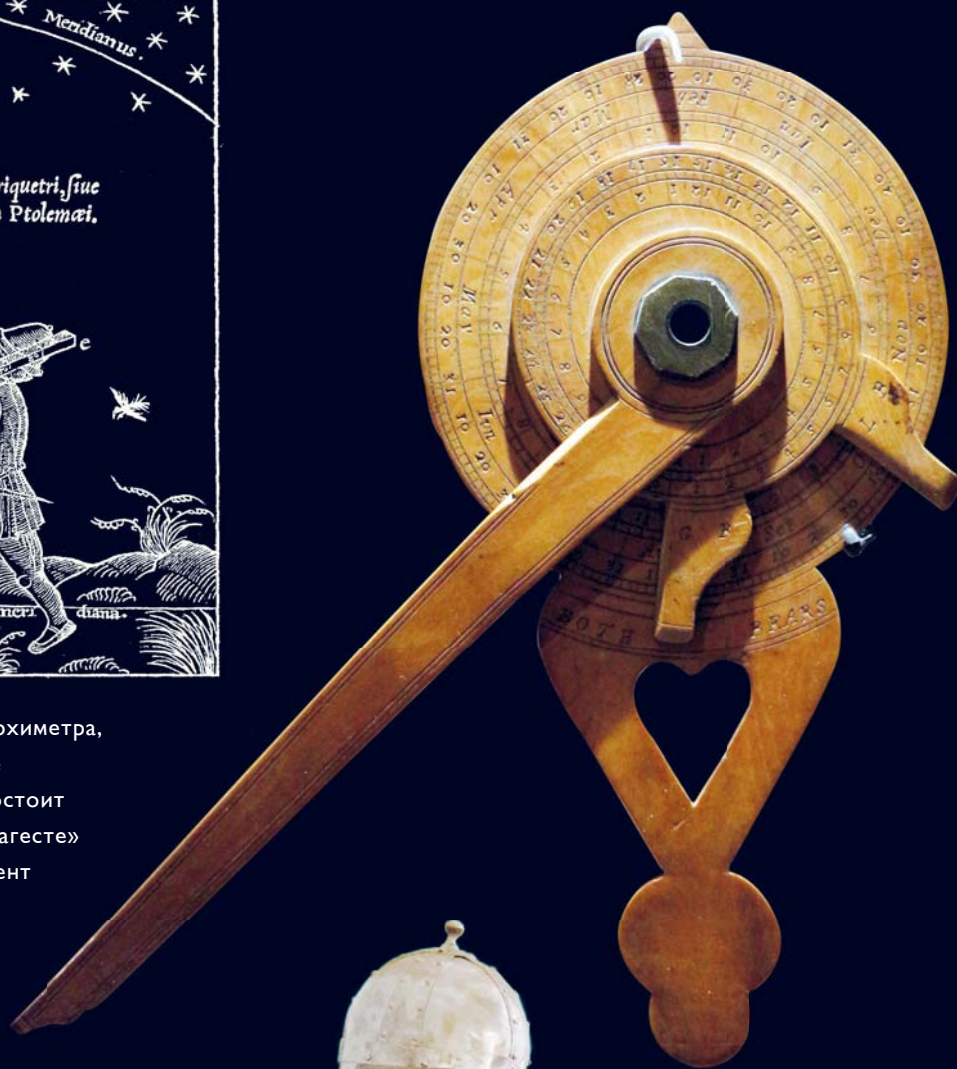
▲ Посох Иакова, или геометрический крест, — средневековое изобретение, которое имеет тригонометрическую градуировку для измерения угловых расстояний. Его располагали на уровне глаз, а горизонтальную часть смещали так, чтобы она совпадала с двумя точками, расстояние между которыми нужно было определить.

◀ Квадрант — старинный инструмент, который позволяет измерять высоту звезды над горизонтом и из нее выводиться широту места по Солнцу или Полярной звезде. Этот прибор, незаменимый и для навигации, называется так потому, что состоит из четверти круга. На рисунке — квадрант Дэвиса, который при помощи маленького зеркала можно было наводить на Солнце, повернувшись к нему спиной, чтобы не ослепнуть. Этот квадрант, разработанный капитаном Джоном Дэвисом в 1594 году, состоит из двух компланарных противоположных друг другу октантов (восьмых частей круга).



▲ С помощью трикетрума, прототипа архиметра, можно измерять высоту Солнца и угловые расстояния на небе и на земле. Прибор состоит из нескольких линеек и угломера. В «Альмагесте» Птолемей описывает, как данный инструмент позволял определить параллакс Луны за счет измерений ее высоты и зенитного расстояния, сделанных при прохождении спутника через меридиан и в точках эклиптического солнцестояния. Трикетрум широко использовали астрономы раннего Нового времени, такие как Коперник и Тихо Браге.

► Целатон был изобретен Галилеем для определения географической долготы из наблюдений положений спутников Юпитера. Любопытная форма инструмента связана с необходимостью держать оптическое устройство направленным на планету: при сильном волнении на мостике корабля эта задача может оказаться очень сложной, и простого штатива для ее решения будет недостаточно.



▲ Ноктурлабиум позволяет приблизительно определять ночное время: он направляется в сторону Полярной звезды, а его указатель, имеющий вид длинной стрелки, совмещается с направлением на одну из ярких незаходящих звезд Большой Медведицы — Дубхе или Мерак. Этот простой механизм использует видимое обращение звезд относительно северного полюса неба (и Полярной звезды). Перед измерением необходимо выставить на шкале название текущего месяца.

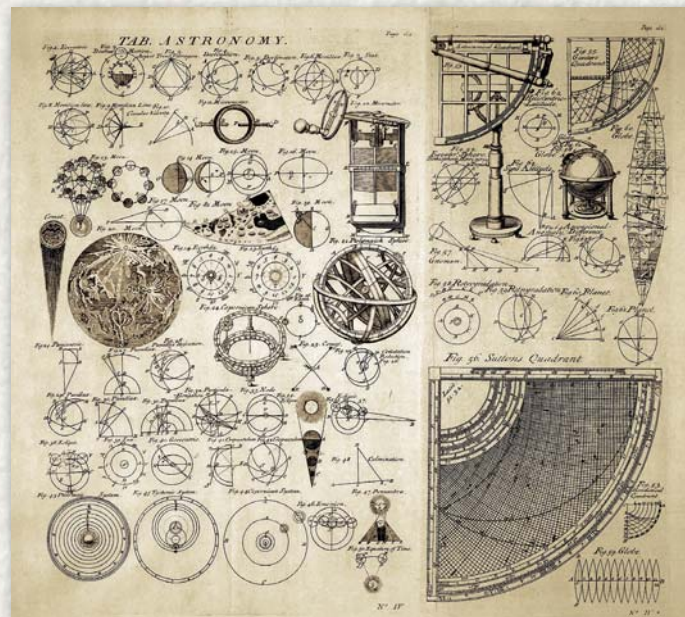


# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XVII

## века XVIII и XIX

Астрономия XVIII и XIX веков двигалась по пути ньютоновской физики, время от времени совершенствуя ее, а стремительный прогресс в приборостроении позволял создавать все более мощные телескопы.

В XVIII веке расширились границы Вселенной, появилось понимание истинных расстояний между небесными телами. Брэдли открыл звездную абберацию и нутацию; Галлей и Гершель определили собственные движения некоторых звезд. Началось исследование внешних частей Солнечной системы: были открыты две новые планеты — Уран и Нептун, каталогизированы туманности (Мессье, Гершель), установлена истинная форма Млечного Пути (Гершель), наблюдались и изучались двойные звезды (Мишель), вычислялись их значения параллакса (Бессель). В течение XIX века границы астрономической науки расширились еще сильнее.



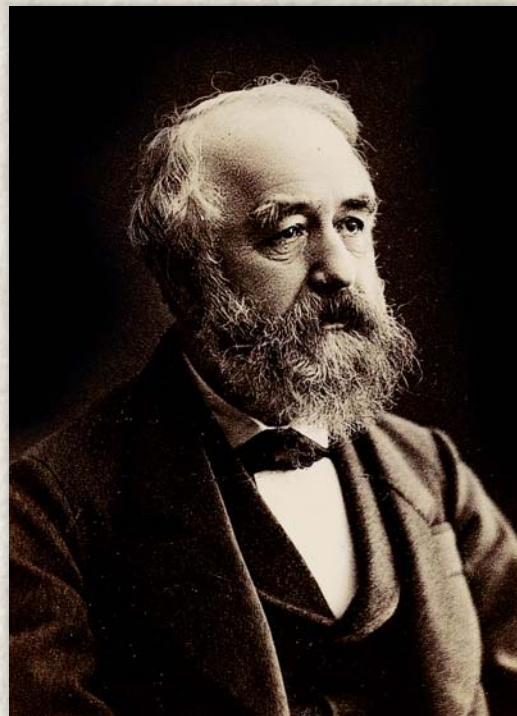
▲ *Cyclopaedia* Эфраима Чемберса (1728 г.) — прототип энциклопедических текстов, таких как «Энциклопедия» Дидро и Даламбера (1751–1780). Ученые пытались построить единый свод универсальных знаний, одновременно классифицируя и разделяя их, с особым интересом говоря о технике и инструментах.



◀ Для объяснения множества несоответствий, наблюдаемых в орбитальном движении тел Солнечной системы и происходящих из-за огромной сложности учета всех действующих сил притяжения, одного только фундаментального закона всемирного тяготения было недостаточно. Большинство расчетов скоростей, эксцентриситетов и наклонов планетных орбит произвел французский астроном Пьер-Симон Лаплас (1749–1827). Он был убежден, что возмущения орбит небесных тел и взаимодействия сил приводят в результате к некоторой общей устойчивости и равновесию, в соответствии с чем, например, при увеличении эксцентриситета орбиты одного тела системы уменьшится эксцентриситет орбиты другого. В своем труде *Traité de mécanique céleste* (1823 г.) Лаплас рассматривает движение тел, их форму, деформации, массу, прецессию, лунную либрацию и возмущение орбит. Благодаря этому трактату небесная механика оформилась в самостоятельную дисциплину.



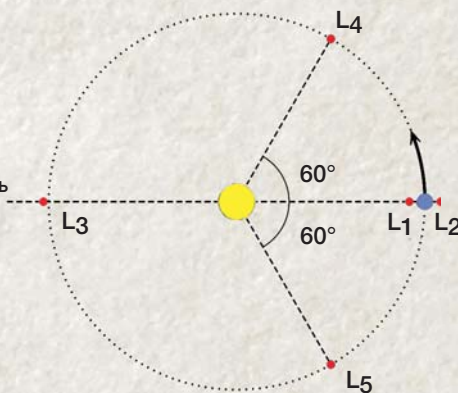
◀ Астроном-любитель Ричард Кэррингтон, помимо закона дифференциального вращения Солнца, первым открыл явление солнечных вспышек. Одну из них он наблюдал 1 сентября 1859 года (см. сделанный им рисунок).



◀ Карликовая планета Церера, орбита которой располагалась между Марсом и Юпитером, была открыта астрономом Джузеппе Пиацци (1746–1826) в 1801 году и занесена в каталог как восьмая планета Солнечной системы. По классификации, принятой Международным астрономическим союзом, в дальнейшем она стала считаться астероидом, прежде чем получила свой нынешний окончательный статус карликовой планеты.



▶ Жозеф-Луи Лагранж (1736–1813), сформулировавший математические основы небесной механики Лапласа, обнаружил шесть «точек Лагранжа» (от L1 до L6), в которых в системе двух массивных тел третье тело малой массы остается неподвижным по отношению к двум другим: действующие на него силы притяжения массивных тел уравновешиваются центробежной силой.



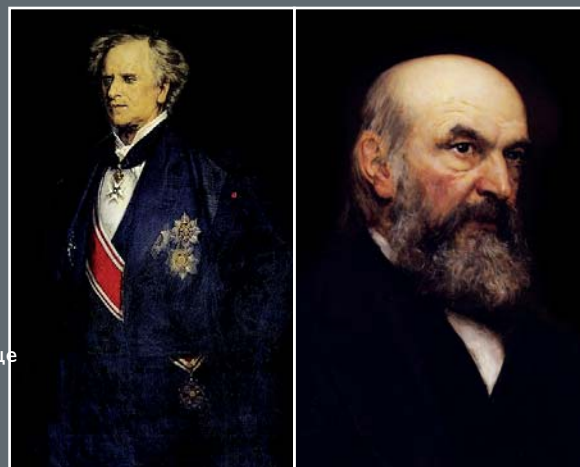
▲ Иоганн Рудольф Вольф (1816–1893) ввел числовое значение для измерения интенсивности солнечных пятен. «Число Вольфа» получается путем прибавления общего количества пятен к умноженному на десять числу групп пятен на солнечном диске. Затем результат соотносится с фактором, который зависит от места наблюдения и инструмента. Эта простая формула позволила выявить важную закономерность в числе пятен, которая помогла определить цикличность солнечной активности.

## Открытие Нептуна

В 1821 году Алексис Бувар доказал, что наблюдаемая орбита Урана отличается от теоретически вычисленной, что навело ученого на мысль о наличии относительно близкого к Урану массивного тела. В 40-х годах XIX века Адамс и Лаверье теоретически вычислили местонахождение новой планеты, а Галле и д'Аррест ее визуально обнаружили: это был Нептун.

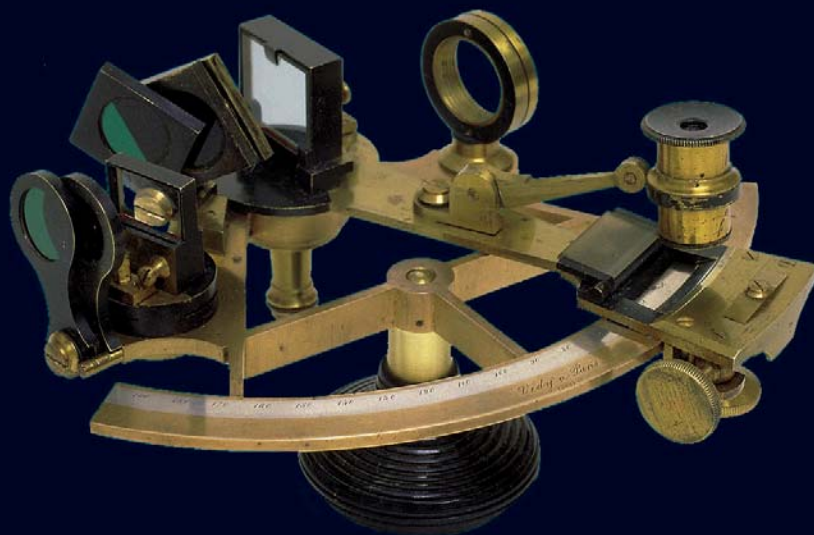


Урбан Лаверье (слева) и Джон Коуч Адамс (справа)

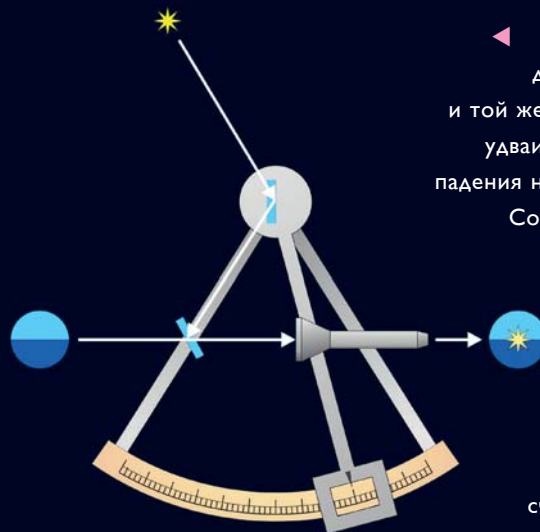
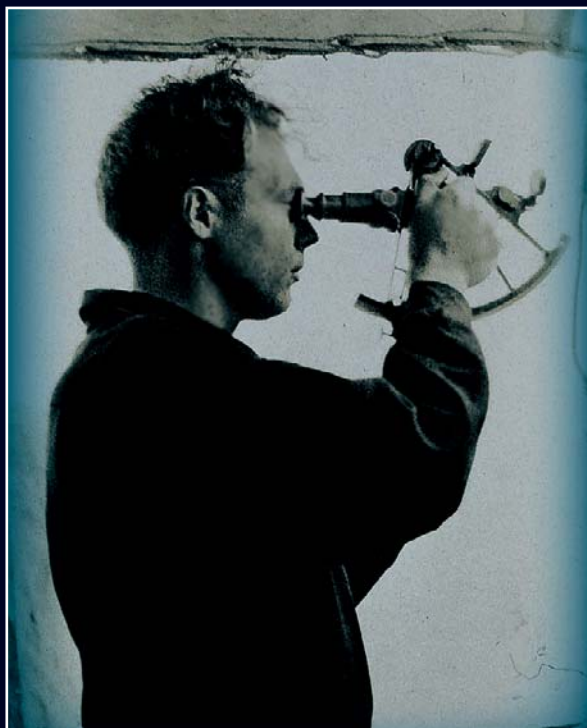


# Навигационный секстант

Секстант называется так потому, что его шкала охватывает  $60^\circ$  — шестую часть окружности (градуированный рычаг имеет угловой диапазон перемещения  $60^\circ$ ). В морской версии используется принцип двойного отражения. Одноименный астрономический инструмент служит для определения высоты звезды (а также Солнца и Луны) над горизонтом. Эту высоту необходимо знать для определения положения судна в открытом море. Техническое описание работы секстанта было составлено примерно в 1730 году английским математиком Джоном Хэдли (1682–1744) и американским изобретателем Томасом Годфри (1704–1749) на основе идеи Исаака Ньютона. Секстант заменил астрлябию и квадрант, которые так же измеряли высоту над горизонтом и ранее служили основными навигационными приборами.

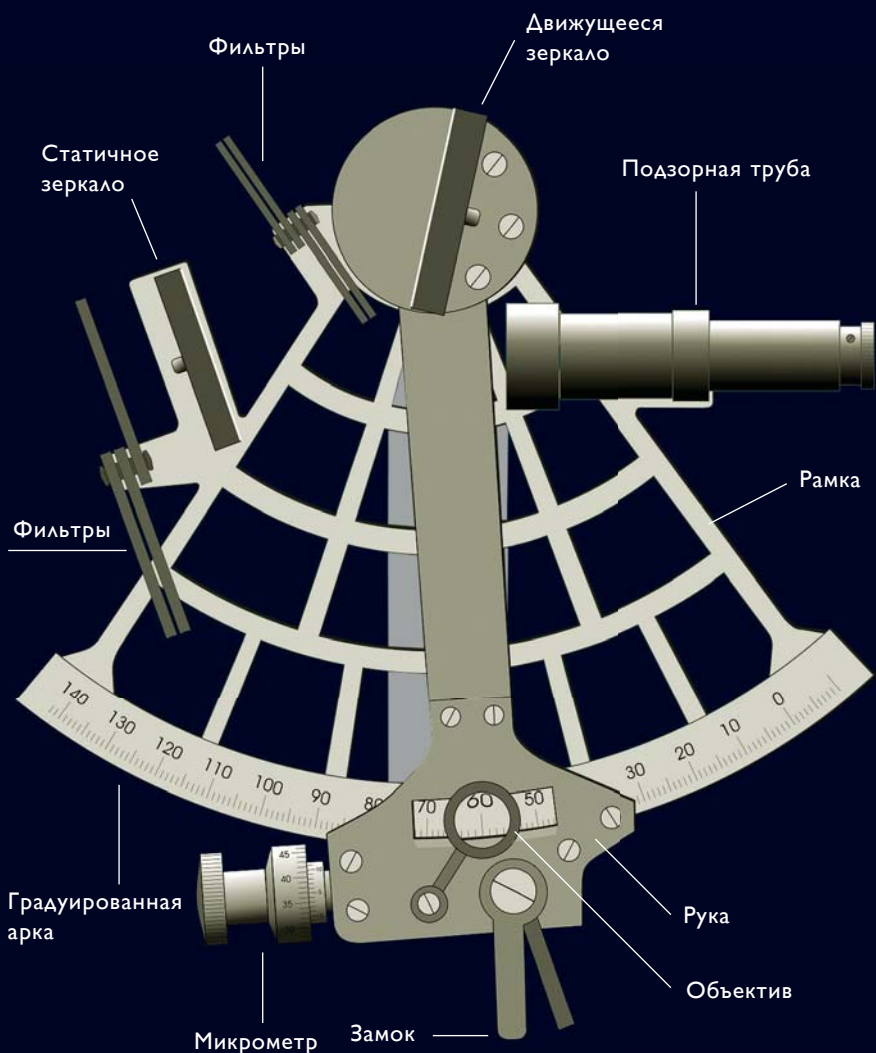


▲ В этом великолепном образце XIX века можно видеть основные компоненты секстанта: алидада перемещает подвижное зеркало, а подзорная труба, закрепленная зажимом, обращена к неподвижному. На оптику накладывается поглощающий фильтр, чтобы снизить интенсивность солнечных лучей.



◀ Если луч света претерпевает двойное отражение на одной и той же плоскости, угол отклонения удваивается по отношению к углу падения на отражающую поверхность. Солнце необходимо наблюдать в телескоп, расположенный горизонтально; его высота отражается на шкале с диапазоном в  $60^\circ$ , градуированной в двойном масштабе, чтобы непосредственно считывать угол, образованный обоими зеркалами.

◀ По сравнению с астрлябией секстант имеет преимущество благодаря простому движению алидады: он может фиксировать объект, что повышает точность измерений. Если положение объекта выровнено относительно горизонта, эта ориентация сохраняет устойчивость даже на мостике корабля во время сильной качки, так как изображения двух точек коллимированы за счет отражения от двух зеркал.

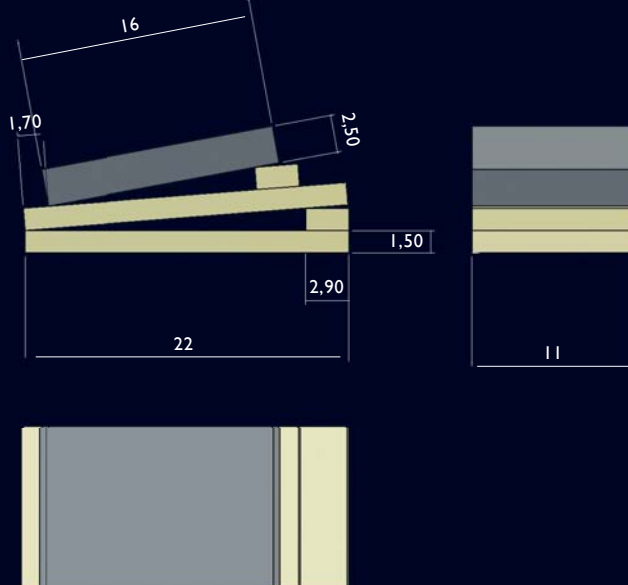
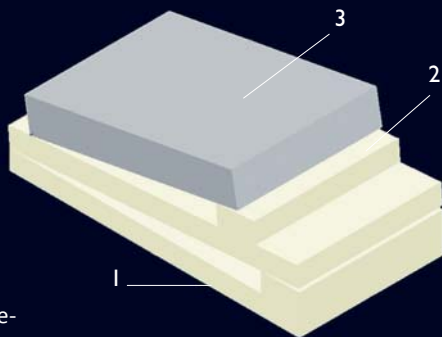


◀ Основные части секстанта — подзорная труба и градуированная рамка со шкалой в 60°, оснащенная поворотным рычагом. Инструмент следует держать вертикально, как астрономический секстант и астролябию, а видоискатель должен быть направлен к горизонту. Затем рычаг с зеркалом поворачивается до тех пор, пока изображение Солнца не появится на горизонте. Измеренную высоту можно прочесть на градуированной шкале.

▼ Брис-секстант был разработан штурманом Свенном Ирвиндом. Несмотря на техническую простоту, это надежный и точный инструмент. Он меньше, чем традиционные секстанты, и очень прочный, что облегчает транспортировку — например, его можно носить на шее в экстренных случаях, таких, как кораблекрушение.

### Брис-секстант

Брис-секстант — недорогой инструмент для навигации в открытом море. Он состоит из трех плоских зеркал, расположенных очень близко друг к другу и скрепленных жестким веерным соединением. Зеркала образуют V-образное соединение, которое следует навести на Солнце или Луну, получая при этом восемь отдельных изображений. Необходимо убедиться, что край одного из изображений коснулся горизонта, а затем записать время и уменьшить обзор. Для калибровки прибора важно знать точное время наблюдения или иметь при себе морской астрономический альманах.



# Изобретение телескопа

Когда Галилей направил на небо подзорную трубу, изобретенную в Голландии, ему открылся неизведанный доселе мир. Кеплер впоследствии догадался использовать другой тип окуляра, который применяется и в телескопе XXI века.

Новый инструмент положил начало современной наблюдательной астрономии и начал совершенствоваться сразу по двум направлениям: Джеймс Грегори и Исаак Ньютон обнаружили, что инструмент со сферическим зеркалом (отражающий телескоп, или рефлектор) может выполнять те же функции, что и классическая система линз (телескоп-рефрактор). У обоих вариантов были недостатки, связанные как с трудностями изготовления оптики, так и с физическими ограничениями качества оптического изображения и величины углового разрешения. Начальный этап развития двух видов телескопов завершился, когда были окончательно решены две проблемы, влиявшие на их работу: изобретенный в 1758 году ахроматический объектив значительно облегчил работу рефракторов, а Хэдли и Гершель в период с 1722 по 1781 год научились изготавливать значительно более высококачественные параболические зеркала для рефлекторов.

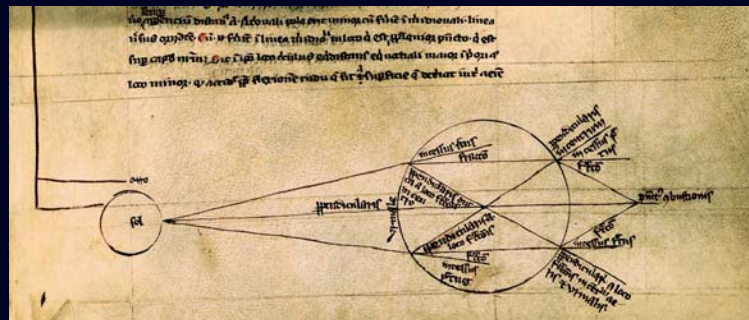


▲ Ньютоновский телескоп-рефлектор был представлен Королевскому обществу в Лондоне в 1672 году. В первоначальной модели сферическое зеркало имело диаметр всего 37 мм.

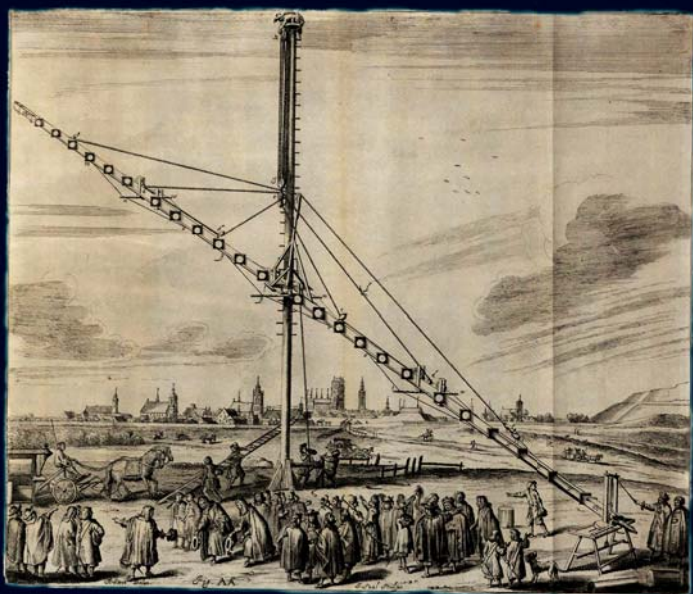


◀ Галилей подарил свою подзорную трубу (изобретенную за несколько лет до этого в Голландии) дожу Венеции Леонардо Дону в 1609 году. Демонстрация была высоко оценена и позволила астроному занять кафедру математики в Падуанском университете. Однако Галилея не везде принимали положительно: многие критиковали его за недостоверность исследований и отсутствие доказательств того, что наблюдавшиеся им в подзорную трубу небесные тела не были простой оптической иллюзией.

▼ Уильям Гершель открыл планету Уран в 1781 году при помощи построенного им ньютоновского рефлектора. Помимо того что он был выдающимся астрономом-наблюдателем, Гершель отличался большим мастерством в изготовлении телескопов, особенно в полировке астрономических зеркал. Его первый телескоп имел диаметр зеркала 16 см и фокусное расстояние 2 м — не самый крупный из созданных в то время рефлекторов, но его качество превосходило качество инструментов большего диаметра. Через год Гершель построил еще один телескоп, с диаметром 30 см и фокусным расстоянием 6,1 м, без потери оптического качества. В 1788 году он отполировал зеркало диаметром 46 см. Его телескопы представляли собой модифицированную версию классической модели Ньютона, они обходились без второго зеркала и вошли в историю как «решение Гершеля». Летом 1789 года был представлен на тот момент самый большой в мире телескоп-рефлектор, однако при диаметре в 122 см по качеству изображения он уступал более ранним телескопам меньшего размера.



▲ Одним из важнейших средневековых технических устройств были очки. Их изобретение стало возможным, прежде всего благодаря экспериментам и выводам Роджера Бэкона (XIII век). Вверху представлена созданная им графическая схема преломления света в наполненном водой сферическом стеклянном стакане с последующим увеличением изображения.



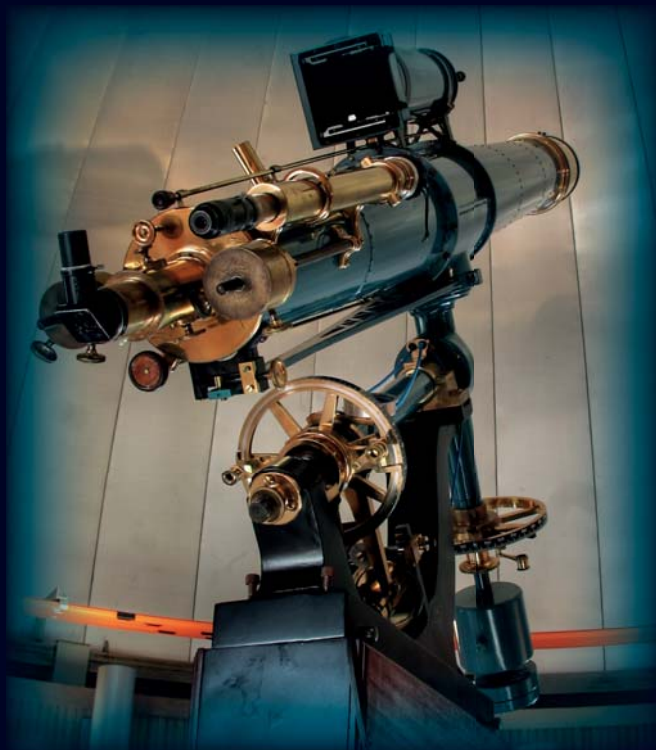
▲ В XVII веке и в первой половине XVIII века единственным доступным для астрономов способом уменьшить сферическую и хроматическую абберации при наблюдениях соответственно в рефлекторы и рефракторы было максимальное удлинение фокусного расстояния сферических линз и зеркал. На этой гравюре изображен телескоп Иоганна Гевелия (1611–1687), имевший длину 50 м.



# Линзовые телескопы (рефракторы)

Телескопы делятся на три основные категории: рефракторы с состоящими из одной или двух линз объективами, в которых используется принцип преломления света; рефлекторы с вогнутыми зеркалами, в которых используется принцип отражения света; и катадиоптрические телескопы — синтез двух предыдущих. В рефракторе линза объектива формирует действительное уменьшенное и перевернутое изображение, которое затем рассматривается через увеличительный окуляр. Наличие не менее трех диафрагм внутри оптической трубы гарантирует эффективную защиту от рассеянного света. Оптическая схема основана на идее Кеплера, который, заменив рассеивающий окуляр галилеевской подзорной трубы собирающим, значительно расширил поле зрения. Так как рефракторы обычно имеют большие фокусные расстояния, у них очень длинные и относительно узкие трубы, что делает эти телескопы неустойчивыми и неудобными в эксплуатации. Поэтому рефракторы, особенно большие, обычно имеют немецкую экваториальную монтировку с противовесом. В наше время рефракторы с хорошим качеством оптики (особенно апохроматические) используются в основном любителями, а не профессиональными учеными. Самые большие профессиональные телескопы такого типа строились в начале XX века, затем им на смену пришли рефлекторы.

▶ Рефракторы первого поколения (следующие за моделью, созданной английским астрономом Абрахамом Шарпом в конце XVII века) были усовершенствованы астрономами и оптиками Иоганном Гевелием и Антониусом Мария Ширлеус де Рейтом (1597–1660). Они заменили однолинзовый объектив парой плосковыпуклых линз, что уменьшило эффект сферической aberrации на три четверти. Высококачественные телескопы создавал Христиан Гюйгенс (1629–1695), который достиг большого мастерства в полировке линз.

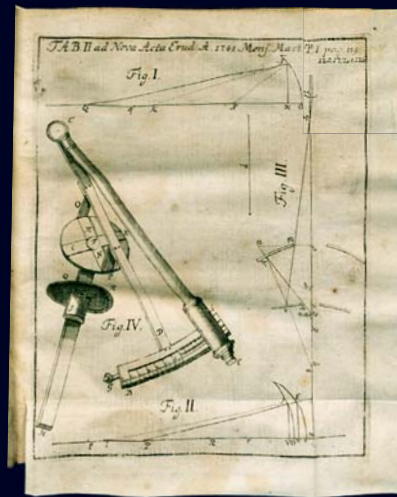


▲ Классический образец рефрактора XIX века с немецкой экваториальной монтировкой. Многочисленные технические усовершенствования предыдущего века сделали его довольно компактным. Поскольку к тому времени проблемы устранения сферической и хроматической aberrаций были во многом решены, рефракторы больше не нуждались в чрезмерном удлинении фокусных расстояний. В 1758 году Джон Доллонд первым запатентовал ахроматический объектив. Но решающие шаги, которые вывели рефракторы на их современный уровень, были сделаны Пьером Луи Гинаном (1748–1824) и Йозефом фон Фраунгофером (1787–1826), создателем апланатических объективов.



▲ Двойной рефрактор французского производства в обсерватории Фабра в Барселоне датируется началом XX столетия, золотым веком телескопов этого типа. Рефрактор с большим фокусным расстоянием предназначен для визуальных наблюдений, а более компактный рефрактор с меньшим фокусным расстоянием — для фотографии.

► Классическая немецкая монтировка (названная по национальности ее создателя Йозефа фон Фраунгофера) имеет противовес, удерживающий оптическую трубу. Как и у всех экваториальных монтировок, одна из несущих шестерен расположена в плоскости небесного экватора, что позволяет отслеживать звезды в их суточном перемещении по небу: труба перемещается в том же направлении и с той же скоростью, с которой вращается небесная сфера, поэтому объект остается в центре поля.



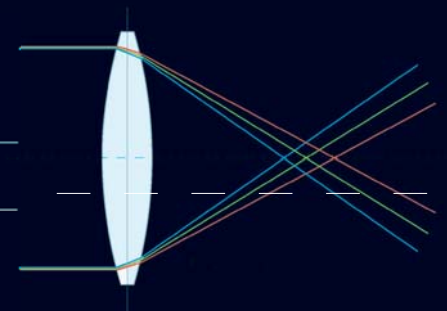
◀ Весь XVIII век публикации по астрономической оптике следовали одна за другой. На рисунке: оптические схемы рефракторов работы английского астронома и математика Роберта Смита (1689–1768).

## Ход лучей и хроматическая абберация

Хроматическая абберация — следствие зависимости коэффициента преломления от длины волны — присуща только линзовой оптике. Из-за нее в фокусе телескопа вместо изображения точки наблюдается окрашенное в разные цвета спектра размытое пятно. Этим оптическим дефектом можно пренебречь, если фокусное расстояние объектива равно примерно 20-кратному квадрату его диаметра.



Две линзы, составляющие оптическую схему подзорной трубы Галилея. Эта система была очень уязвима для хроматической абберации, влияние которой позднее удалось частично уменьшить Кеплеру.



Лучи разных цветов собираются в фокус в различных точках оптической оси. Положение наилучшей фокусировки для глаза соответствует фокусу желтых лучей.

# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XVIII

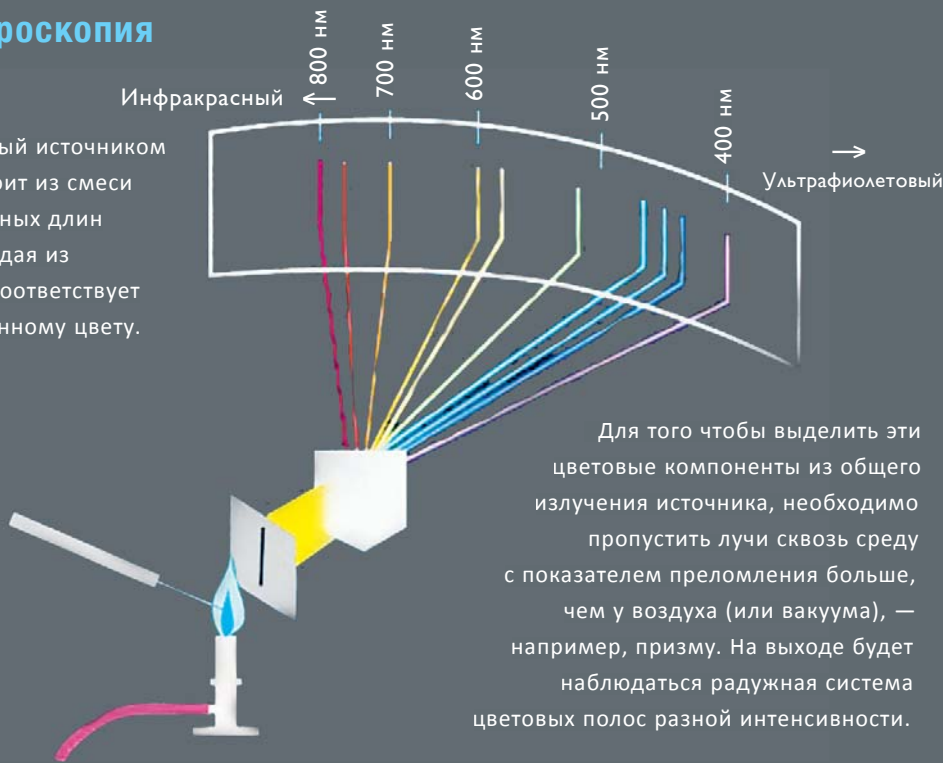
## Спектрография

Когда астрономам удалось использовать теорию разложения света в спектр для наблюдения за небесными телами (удалось применить ньютоновскую физику на практике), случился настоящий научный прорыв. Спектрография стала одной из самых значимых инноваций в астрономии XIX века. Помещая призму между оптическим прибором и источником света, ученые могли наблюдать и изучать видимые спектры звезд. Их удалось каталогизировать и классифицировать по физическим характеристикам, установленным с помощью все той же новой техники. Вскоре стало ясно, что за счет спектрографии можно получать информацию и о химическом составе наблюдаемых объектов. Двумя великими первопроходцами данной области науки, после ее основателей Уильяма и Джона Гершелей, были Анджело Секки и Йозеф фон Фраунгофер.



### Спектроскопия

Излучаемый источником свет состоит из смеси лучей разных длин волн, каждая из которых соответствует определенному цвету.



▲ Немецкий оптик и физик Йозеф фон Фраунгофер (1787–1826) изобрел спектроскоп — прибор, способный разлагать на составляющие цвета электромагнитное излучение от источника света. С помощью этого прибора в 1814 году Фраунгофер выделил темные линии солнечного спектра, образованные вследствие поглощения определенных длин волн в солнечной и земной атмосферах. Благодаря изобретенной им дифракционной решетке, ученому также удалось обнаружить, что спектры звезд различаются по интенсивности линий поглощения видимого спектра. Сейчас эти линии называются фраунгоферовыми.

▶ Первым, кто классифицировал звезды по их спектру, был итальянский астроном Анджело Секки (1818–1878). Установив на небольшой телескоп усовершенствованный спектроскоп, он провел перепись спектров большего количества известных звезд. Секки определил типы характерных конфигураций спектральных линий, повторяющиеся в разных группах звезд, и выделил четыре основных спектральных класса. Из этой примитивной классификации родилась нынешняя, включающая шесть основных классов, обозначенных буквами.

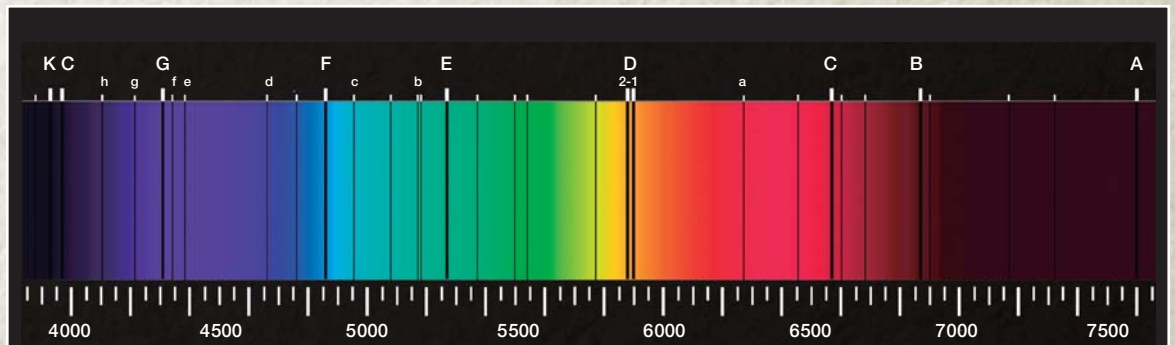
## Спектральная классификация звезд

						
Спектральный класс	O–B	A	F	G	K	M
Цвет	Бело-голубой	Белый	Белый	Желтый	Оранжевый	Красный
Примерная температура в К (кельвинах)	10 000	7 500	6 000	5 000	3 000	меньше 3 000
	60 000	10 000	7 500	6 000	5 000	

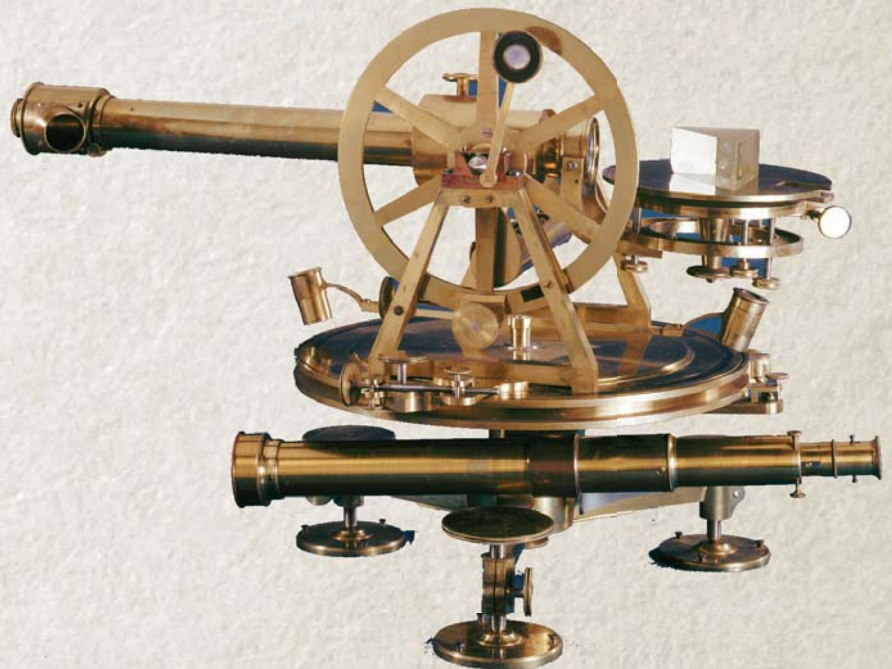


▲ Объективная призма Георга Мерца, усовершенствованная Анджело Секки, — стеклянная призма, помещенная перед линзовым объективом или зеркалом телескопа. Такая оптическая система применяется в астрономии и собирает достаточно света, чтобы получить спектры слабых точечных источников.

▶ Анализ солнечного спектра позволил точно измерить длины волн темных линий звезды, присвоив главным из них буквенные обозначения от А до К. Как позже выяснилось, эти линии возникают вследствие поглощения света атомами элементов, присутствующих в солнечной атмосфере.

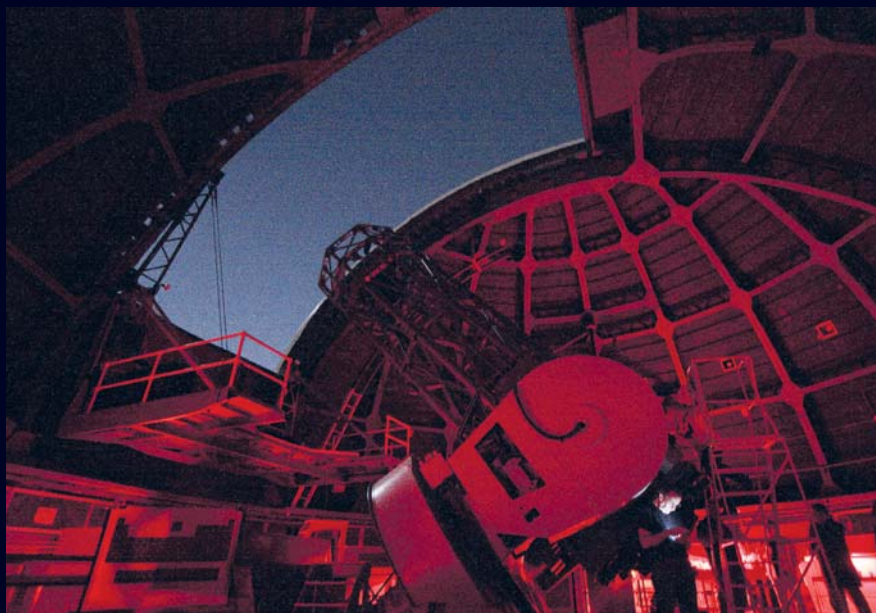


▼ Спектроскоп, которым пользовался Йозеф фон Фраунгофер: с его помощью немецкий астроном получил первые астрохимические результаты.



# Зеркальные телескопы (рефлекторы)

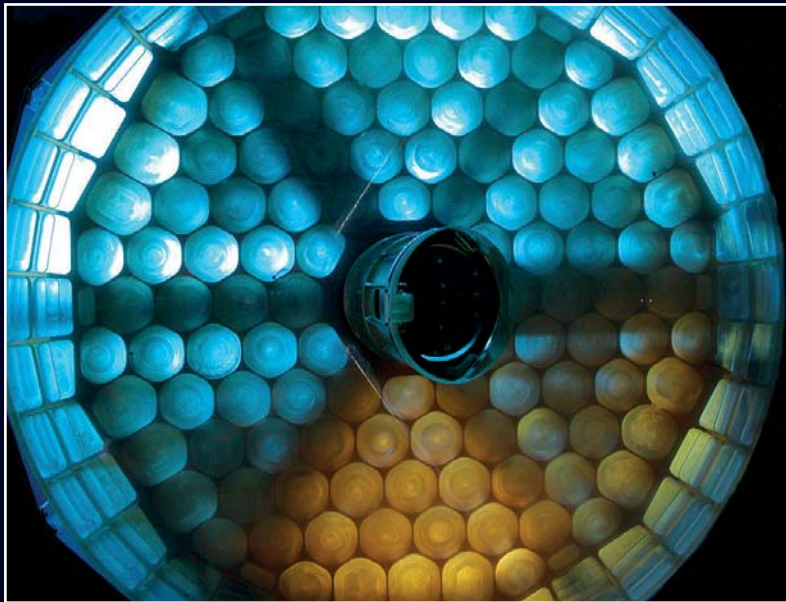
Отражательные телескопы — во всяком случае, с 70-х годов прошлого века — пользуются наибольшим спросом у любителей астрономии (наряду с катадиоптрическими телескопами). Самыми распространенными считаются оптические системы Исаака Ньютона и Лорана Кассегрена (1629–1693). Последняя система используется шире благодаря отсутствию aberrаций и хорошему соотношению цены и качества. Все современные профессиональные телескопы также относятся к этому типу. Уже после того, как изобретатели первых отражательных телескопов (Грегори, Ньютон, Хэдли и Гершель) опробовали новый инструмент в деле, в строительстве рефлекторов произошел качественный скачок — когда Леон Фуко (1819–1868) внедрил процесс химического серебрения зеркал.



▲ В 1908 году в обсерватории Маунт Вилсон в Калифорнии был установлен рефлектор Кассегрена с диаметром главного зеркала 1,5 м — в то время самый большой в мире. В 1917 году там же был установлен еще один рефлектор, на этот раз 2,5-метровый — с помощью него Эдвин Хаббл и установил, что Вселенная расширяется.

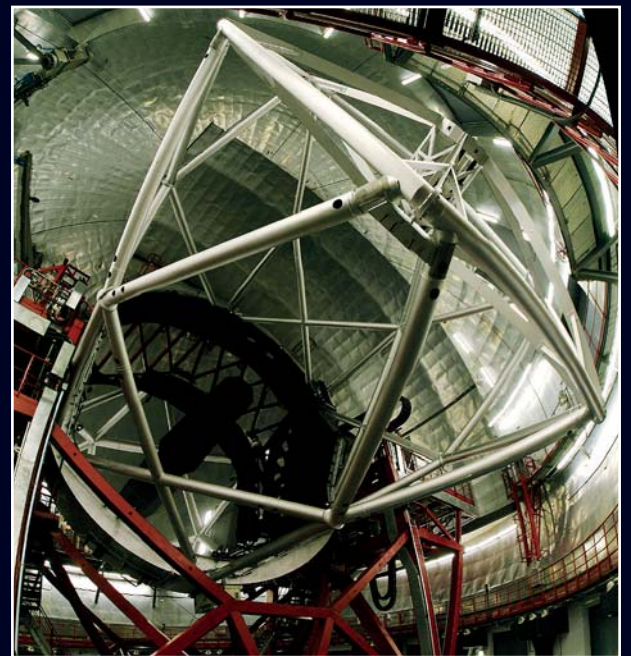


◀ От строителя телескопов Марка Секретана Леон Фуко получил рефлектор с зеркалом, покрытым тонким слоем серебра. Процесс серебрения был изобретен немецким химиком Юстусом фон Либихом (1803—1873). Данное нововведение улучшило отражающую способность зеркал на 50% и более, что положило начало золотому веку современных больших телескопов. Тот факт, что Фуко открыто и подробно описал все этапы процедуры, значительно ускорил распространение обновленной модели телескопа. Слева: рефлектор 1858 года, изготовленный по системе Ньютона для Фуко с помощью новой технологии.



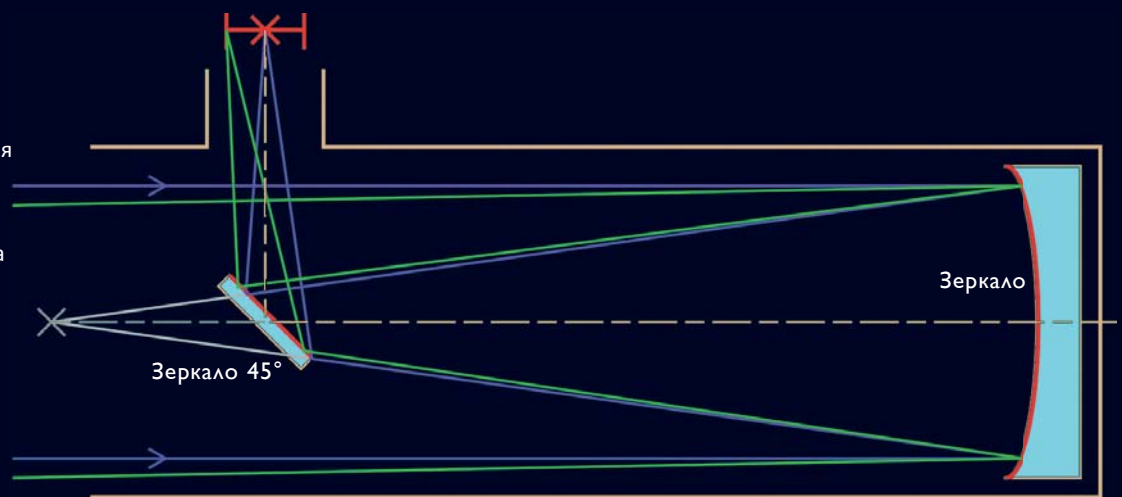
▼ Уникальное главное зеркало Большого телескопа на острове Ла-Пальма, входящем в Канарский архипелаг, — самое большое в мире: оно имеет диаметр 10,4 м. У таких огромных телескопов вместо обычной трубы, как у рефрактора (ее было бы невозможно применить при таких размерах зеркала), используется легкая ажурная трубчатая металлическая конструкция.

▲ Отражательные оптические системы доминируют в мире профессиональных высокотехнологичных телескопов. Космические телескопы последнего поколения, которые обращаются вокруг Земли, не подвержены влиянию земной атмосферы, задерживающей значительную часть излучения. Диаметр главного зеркала стратосферного инфракрасного телескопа-рефлектора SOFIA (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy), установленного на борту самолета Boeing 747SP, — 2,5 м. Телескоп также имеет специально рассчитанную компактную оптическую систему, без которой он не смог бы работать на больших высотах.



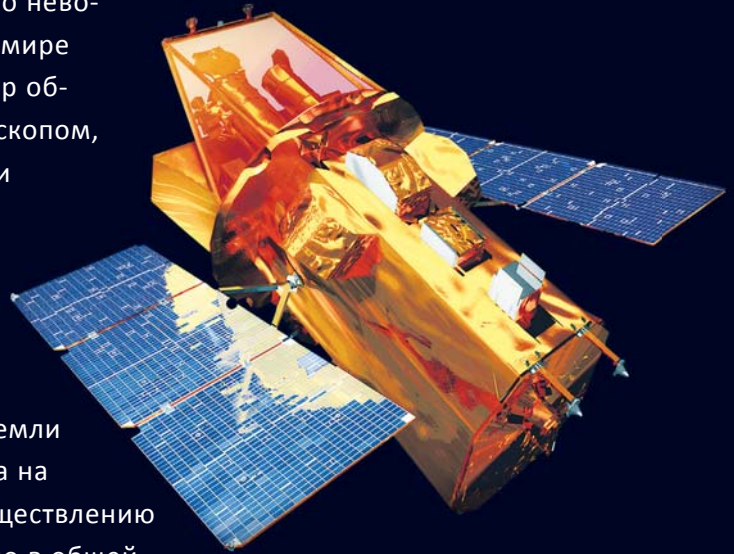
## Ход лучей

В рефлекторах свет сначала отражается главным параболическим зеркалом (справа), а затем сходящимся пучком направляется на вторичное зеркало. В оптической схеме Ньютона используется маленькое плоское вторичное зеркало, наклоненное под углом  $45^\circ$ , что позволяет встроить окуляр в переднюю часть трубы.



# Телескопы на орбите

Хотя большие наземные рефлекторы достигли еще недавно невообразимых размеров (достаточно сравнить крупнейший в мире телескоп послевоенного времени — 5-метровый рефлектор обсерватории Маунт-Паломар — с Большим Канарским телескопом, диаметр главного зеркала которого составляет 10,4 м), они не могут, несмотря на многочисленные попытки физиков, внедрить системы так называемой адаптивной оптики, преодолеть влияние земной атмосферы, которая размывает свет, идущий из космоса. Единственный эффективный способ избавиться от этого влияния — использовать космические телескопы на орбитах вокруг Земли или Солнца. Высокая стоимость конструирования и вывода на орбиту этих чудес современной техники не помешала осуществлению подобных проектов. За пределы атмосферы было запущено в общей сложности около сотни телескопов и приемников, каждый из которых внес огромный вклад в накопление астрономических знаний. Настоящей вехой на этом пути станет запуск в ноябре 2020 года гигантского космического телескопа Джеймса Уэбба<sup>2</sup>.

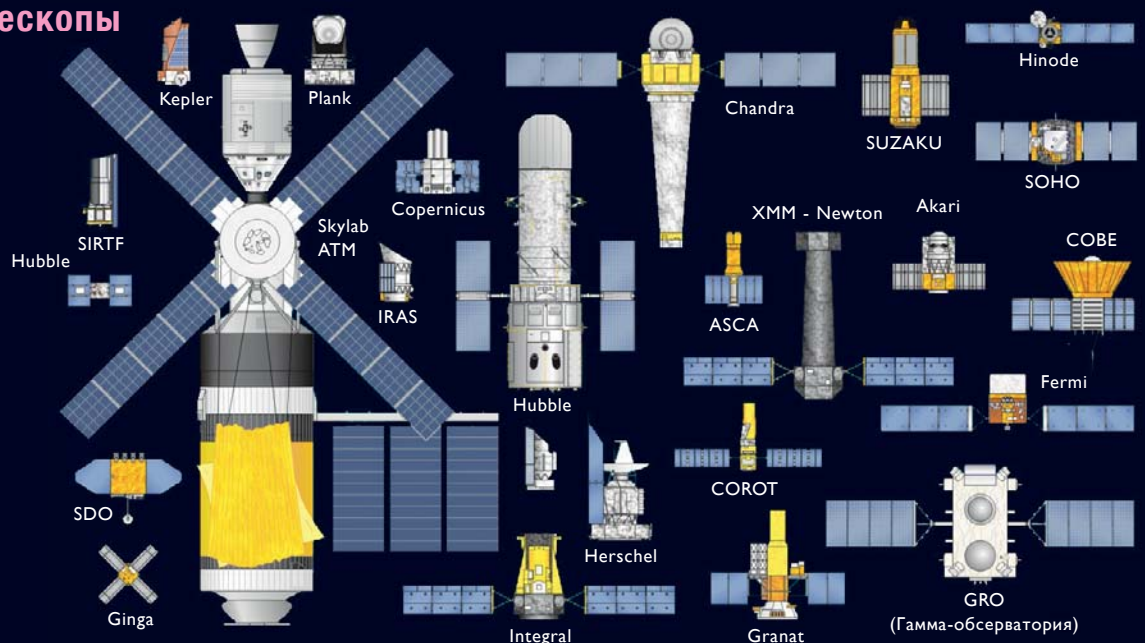


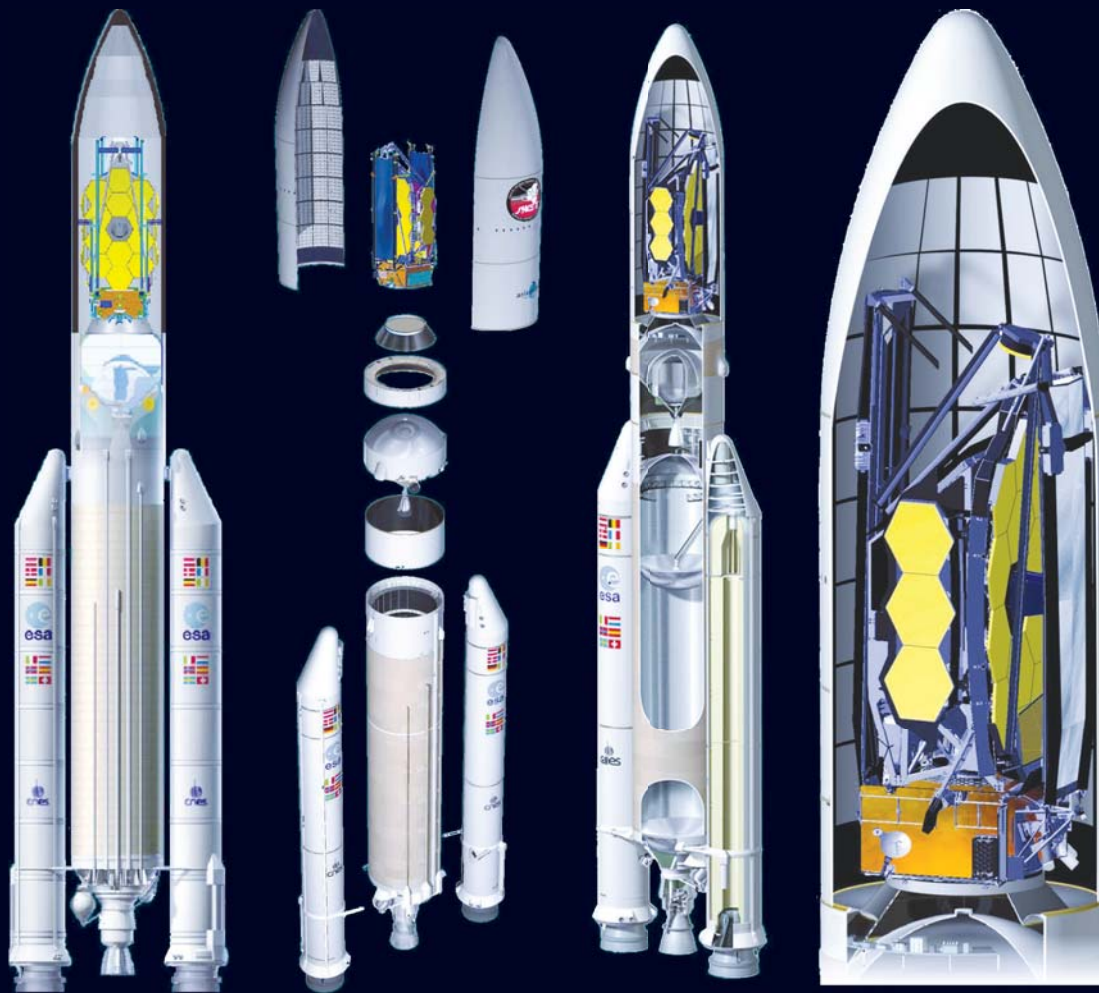
▲ На спутнике NASA Swift установлены два рентгеновских и один ультрафиолетовый телескопы, которые работают совместно. Последний инструмент с диаметром главного зеркала 30 см имеет оптическую схему Ричи — Кретьена. Космическая обсерватория специализируется на обнаружении и наблюдении гамма-всплесков.

<sup>2</sup> Космический телескоп Джеймса – Уэбба был успешно запущен в декабре 2021 года (прим. науч. ред.).

## Космические телескопы

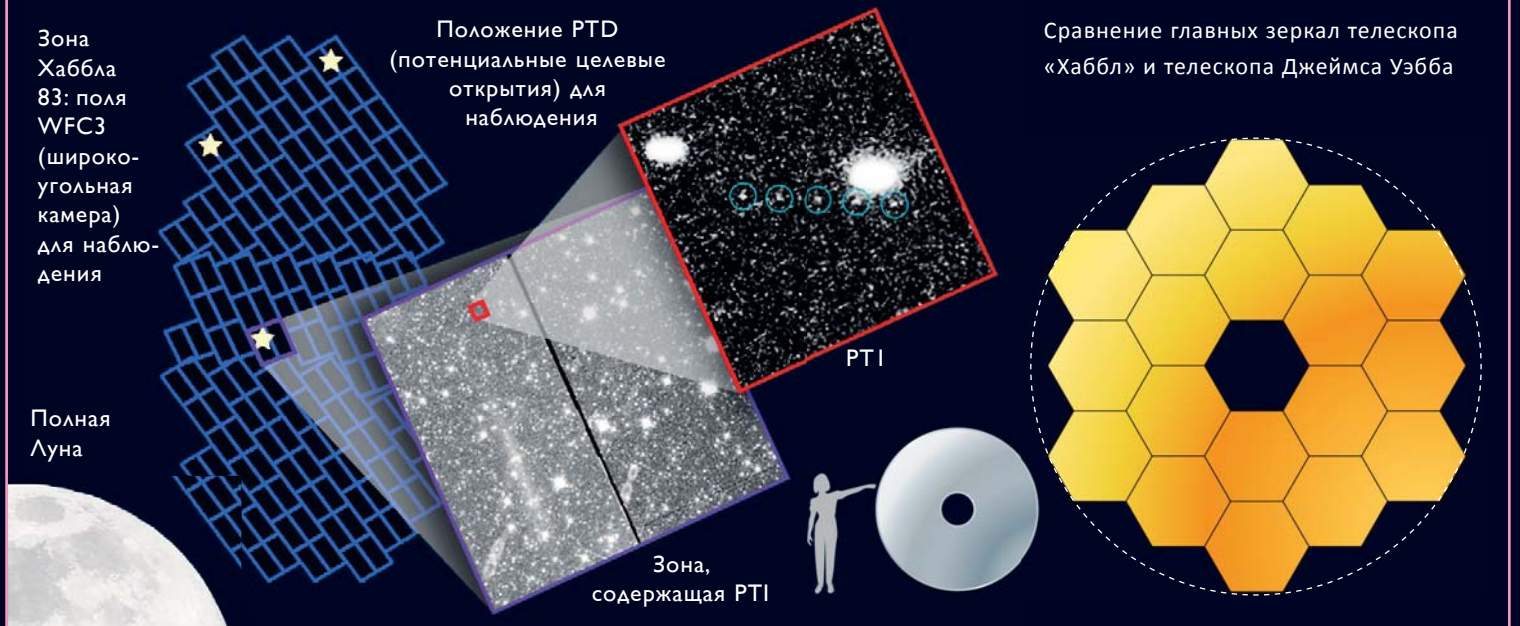
Сейчас флот космических телескопов состоит примерно из сотни инструментов, охватывающих весь электромагнитный спектр: от гамма-лучей до радиоволн. Около десятка телескопов работают в видимом спектре, включая космический телескоп «Хаббл».





◀ В 2020 году ракета Ariane 5 выведет на орбиту телескоп Джеймса Уэбба, который будет вести наблюдения преимущественно в инфракрасных лучах. С главным зеркалом диаметром 6,5 м он станет крупнейшим в истории космическим телескопом. Инструмент планируется разместить на околосолнечной орбите: в точке Лагранжа  $L_2$  вблизи орбиты Земли. Положение телескопа выбрано не случайно: ему необходимо быть направленным от Солнца и Луны, а связь с Землей не должна прерываться. Телескоп будет изолирован от солнечного света и тепла защитным экраном.

## Телескоп «Хаббл» и JWST (космический телескоп Джеймса Уэбба)



# Астрономические обсерватории

От первых мегалитических памятников, древнеегипетских или греческих наблюдательных башен до знаменитой обсерватории на острове Хвен — все эти места были выбраны астрономами для наблюдений и измерений с помощью земных ориентиров или специальных инструментов в дотелескопическую эру. Они были удобны для использования и хранения инструментов: астролябий, секстантов, квадрантов, армиллярных сфер... Позже, с появлением телескопов, эти похожие на замки или башни сооружения, строящиеся на возвышении, были заменены куполами, в которых устанавливались хрупкие оптические приборы. Купола, расположенные обычно вдали от источников искусственного освещения, на горных вершинах, имеют проем — щель, через которую и смотрит на звезды телескоп. Купол вместе со щелью можно поворачивать, направляя телескоп в любую точку неба. Таким образом, сами телескопы, часто большие и тяжелые, не нужно перемещать с места на место.

▼ Очень большой телескоп-интерферометр (VLTI) состоит из четырех индивидуальных телескопов (каждый с главным зеркалом диаметром 8,2 м), способных работать как сообщца, аналогично радиоинтерферометрам, так и независимо друг от друга. Вместе они могут достичь углового разрешения примерно в 16 раз выше, чем при использовании по отдельности.



▲ Ясное небо над одним из четырех восьмиметровых телескопов, входящих в состав Очень большого телескопа-интерферометра (VLTI) на вершине Серро-Параналь в пустыне Атакама в Чили. Высота более 2500 м над уровнем моря и очень низкая влажность (одна из самых низких на планете) обеспечивают уникальное качество изображения. Обсерватория управляется международной астрономической организацией «Европейская южная обсерватория» (ESO), основанной в 1962 году и объединяющей 16 стран Европы.



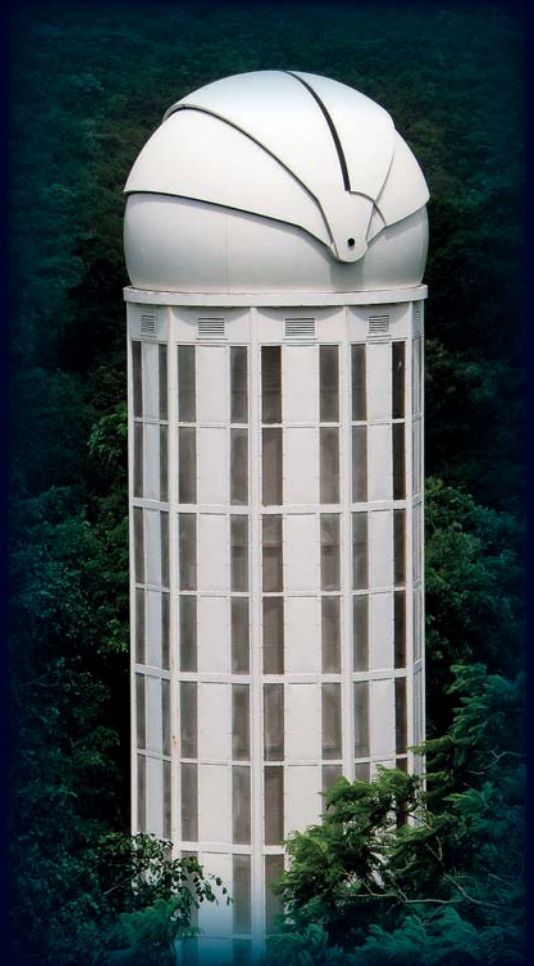


◀ Мегалит Стоунхендж в Англии представляет собой серию трилитонов (три камня, два из которых вертикальны и поддерживают третий, который находится наверху и имеет горизонтальное положение), ориентированных в соответствии с небесными координатами и положениями светил. Первым это заметил Уильям Стюкли (1687–1765), ученик Исаака Ньютона. Позже другие археоастрономы продемонстрировали соответствие положений трилитонов фазам движения Солнца и Луны. Считается, что это неолитическое святилище было своего рода обсерваторией и одновременно имело сакральное значение. Другие доисторические каменные круги (Брогар, Оркни и Калланиш на острове Льюис) также ориентированы по точкам на небе, связанным с определенными астрономическими явлениями — затмениями, закатами и восходами звезд.



◀ Луч адаптивно-оптической системы телескопа Джемини (построено два таких идентичных друг другу телескопа: один в Северном, другой в Южном полушарии). Адаптивная оптика способна нивелировать большую часть искажений, вносимых земной атмосферой, и получить изображения очень высокого разрешения, сравнимые с теми, что дают космические телескопы.

▶ Один из куполов обсерватории Вайну Баппу, на юге Индии, возвышающийся среди густой растительности. Место, которое астрономы использовали еще в конце XVIII века, было выбрано из-за очень темного неба, лишённого искусственной засветки, и из-за близости к экватору, что позволяет наблюдать звезды в обоих полушариях.



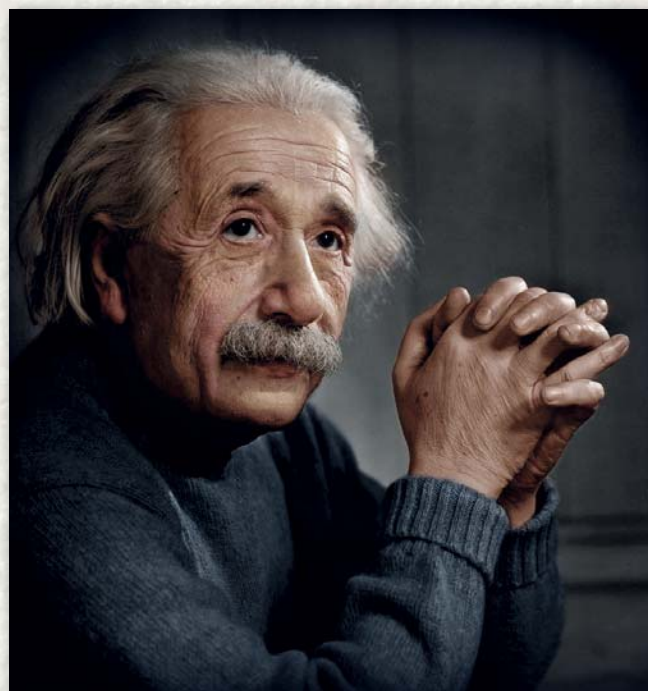
# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XIX

## Астрономия XX века

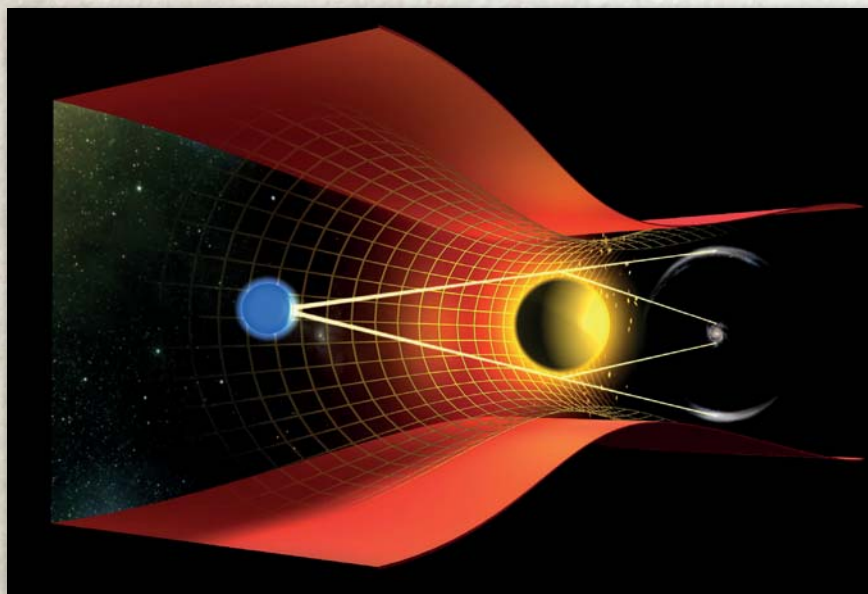
Начало XX века ознаменовано окончательным расставанием с ньютоновской концепцией Вселенной и появлением теории относительности Альберта Эйнштейна (1879–1955). Гравитация теперь представляется как искривление пространства-времени. Работы Эйнштейна, опубликованные с 1902 по 1916 год, навсегда изменили классическую физику. Он посвятил себя изучению строения материи, теории квантов и приложений исчисления вероятностей к законам физики.

Фундаментальный принцип специальной теории относительности Эйнштейна гласит, что физические законы должны быть одинаковыми в любой инерциальной системе отсчета и что скорость света в вакууме является постоянной величиной, не зависящей от скорости источника света. Затем возникла его новая теория электромагнитного излучения, как выяснилось, состоящего из квантов энергии — фотонов.

В 1916 году Эйнштейн разработал свою общую теорию относительности, в которую ньютоновская физика вошла как приближение, действительное лишь в условиях небольших масс и скоростей.

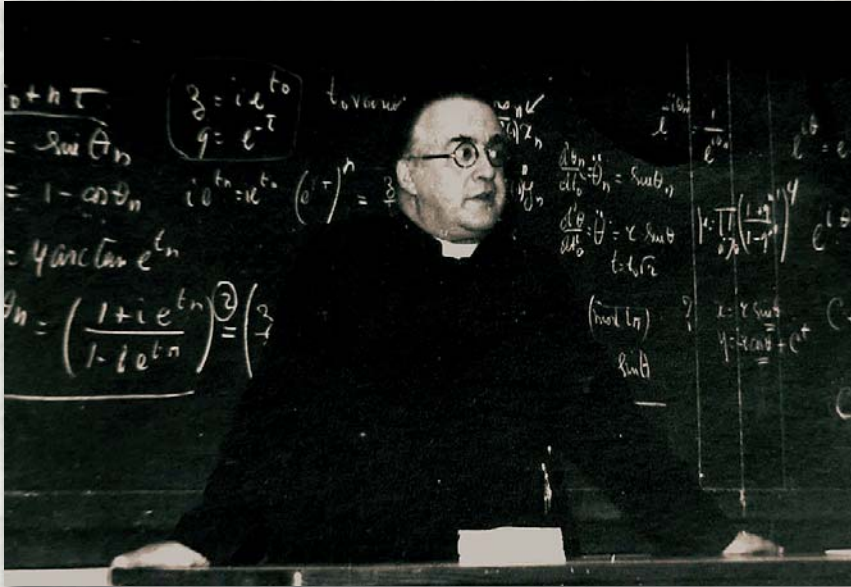


▲ Благодаря сотрудничеству с математиком Марселем Гроссманом, другом Эйнштейна еще со школы, ученому удалось придать общей теории относительности универсальную форму (принцип ковариантности). В 1950-х годах он попытался обобщить свою теорию, объединив описание гравитации и электромагнетизма в рамках единой теории поля.



◀ Гравитационное линзирование происходит, когда между наблюдателем и источником света оказывается объект большой массы. Он искривляет пространство, вследствие чего ход лучей от источника искривляется. Частный случай гравитационного линзирования — так называемое кольцо Эйнштейна, образующееся, когда объект очень большой массы оказывается точно на луче зрения между наблюдателем и источником.

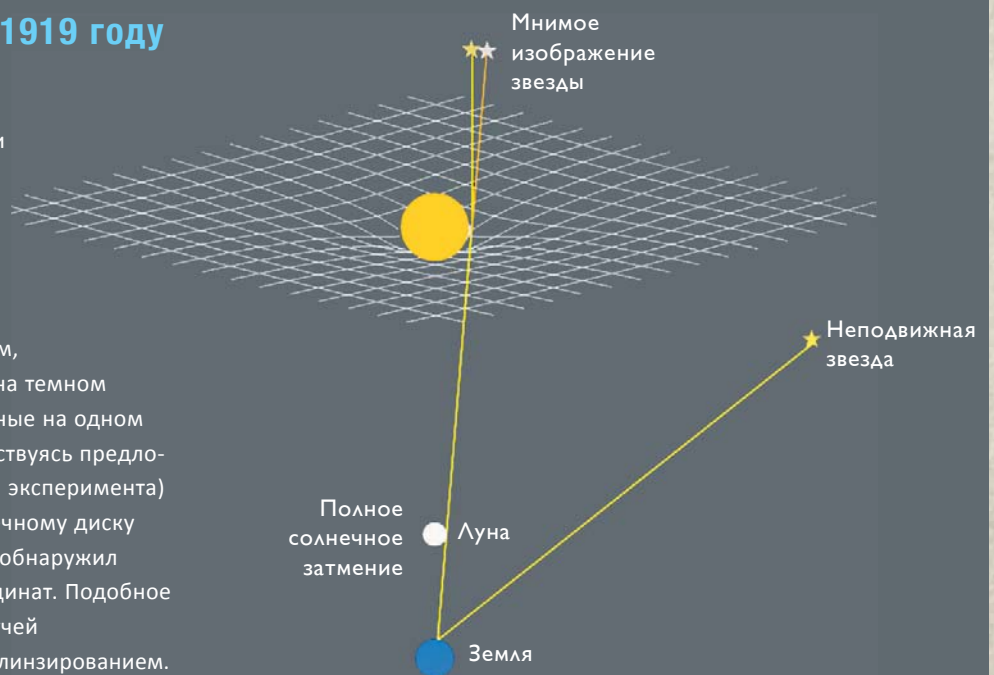
▶ Артур Стэнли Эддингтон (1882–1944) изучал возможность приложения теории относительности к астрофизике и провел фундаментальные исследования в области физики и эволюции звезд. В 1920 году он выдвинул гипотезу о том, что источником энергии Солнца и других звезд служат ядерные реакции, протекающие в недрах светил, где материя плотнее и горячее. Вместе с Эйнштейном он пытался построить «теорию всего», которая бы объединила описание электричества, магнетизма и гравитации. Предсказывал «тепловую смерть» Вселенной в результате неумолимого роста энтропии и достижения равновесного состояния.



◀ Жорж Эдуард Леметр (1894–1966) первым понял, что явление красного смещения в спектрах галактик — свидетельство расширения Вселенной. В 1927 году его гипотеза о «первичном атоме» проложила путь теории Большого взрыва.

## Эксперимент Эддингтона в 1919 году

Наблюдая в Гвинейском заливе полное солнечное затмение 1919 года, Артур Стэнли Эддингтон экспериментально подтвердил теоретическое предсказание Эйнштейна: свет подвержен гравитации так же, как вещество, но сама гравитация при этом действует не так, как предсказывает ньютоновская физика. Воспользовавшись тем, что во время полного солнечного затмения на темном небе становятся видны звезды, расположенные на одном луче зрения с Солнцем, Эддингтон (руководствуясь предложениями Фрэнка Уотсона Дайсона, идеолога эксперимента) вычислил положения звезд, близких к солнечному диску (ими оказались звезды скопления Гиады), и обнаружил небольшие отклонения от их обычных координат. Подобное явление было вызвано отклонением хода лучей в поле тяготения Солнца — гравитационным линзированием.



# Наблюдения в различных диапазонах электромагнитного спектра

(рентгеновские лучи, гамма-излучение и др.)

Хотя зрение позволяет нам воспринимать только излучение с длиной волны между 380 и 760 нанометрами, так называемое оптическое, суммарное излучение различных небесных тел полностью покрывает весь электромагнитный спектр, как со стороны более длинных, так и со стороны более коротких волн. Самое длинноволновое излучение — радиоволны. Они проникают сквозь атмосферу Земли и принимаются радиотелескопами и радиоинтерферометрами. Затем идут микроволны, которые достигают поверхности Земли серьезно ослабленными и могут наблюдаться с помощью особой разновидности радиоантенн. Очень близко по длине волн к видимому свету инфракрасное излучение. Для его обнаружения необходимы телескопы, оснащенные теплозащитными устройствами и системами охлаждения приемников (подобные инструменты достигают наилучших результатов, если работают в космосе). Излучение с самыми короткими длинами волн (ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-лучи) можно наблюдать только за пределами атмосферы — для этого также нужны космические телескопы.



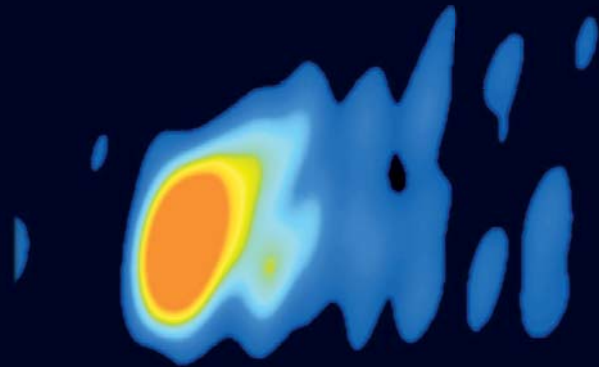
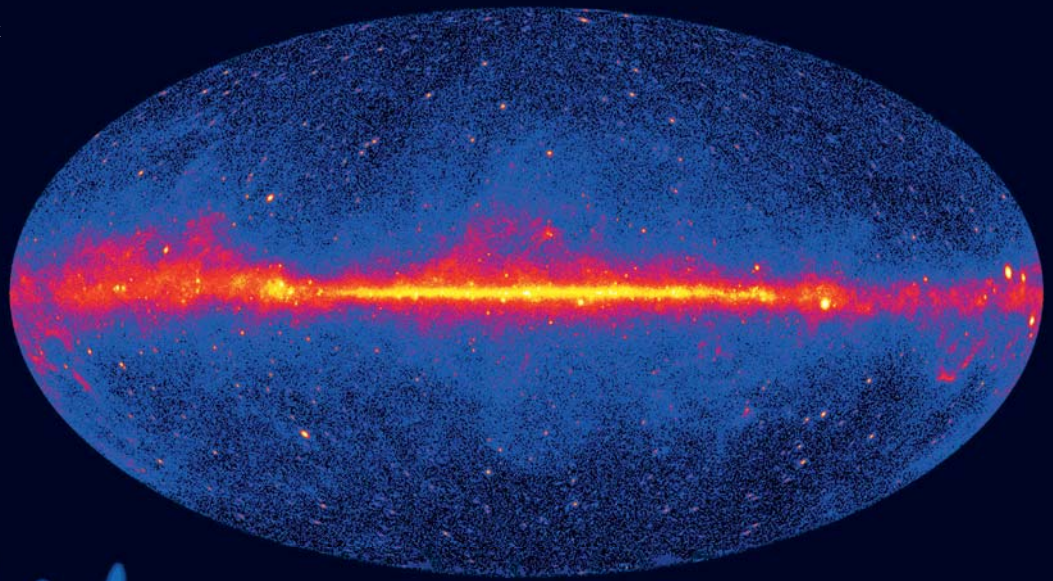
▲ WISE (Wide-Field Infrared Survey Explorer) — космический телескоп с зеркалом диаметром 40 см, работающий в инфракрасном диапазоне. Основные объекты его исследований — малые тела Солнечной системы, коричневые карлики и галактики.

◀ Космический телескоп NuSTAR (Nuclear Spectroscopic Telescope Array) получил прекрасное рентгеновское изображение высокоэнергетических объектов в галактике Андромеды. С борта космического аппарата наблюдалось около 40 рентгеновских двойных систем — интенсивно излучающих источников, состоящих из черной дыры (или нейтронной звезды) и звезды-компаньона. Анализ излучения данного типа объектов поможет лучше понять эволюцию галактик.

М31, галактика Андромеды, наблюдаемая в рентгеновских лучах



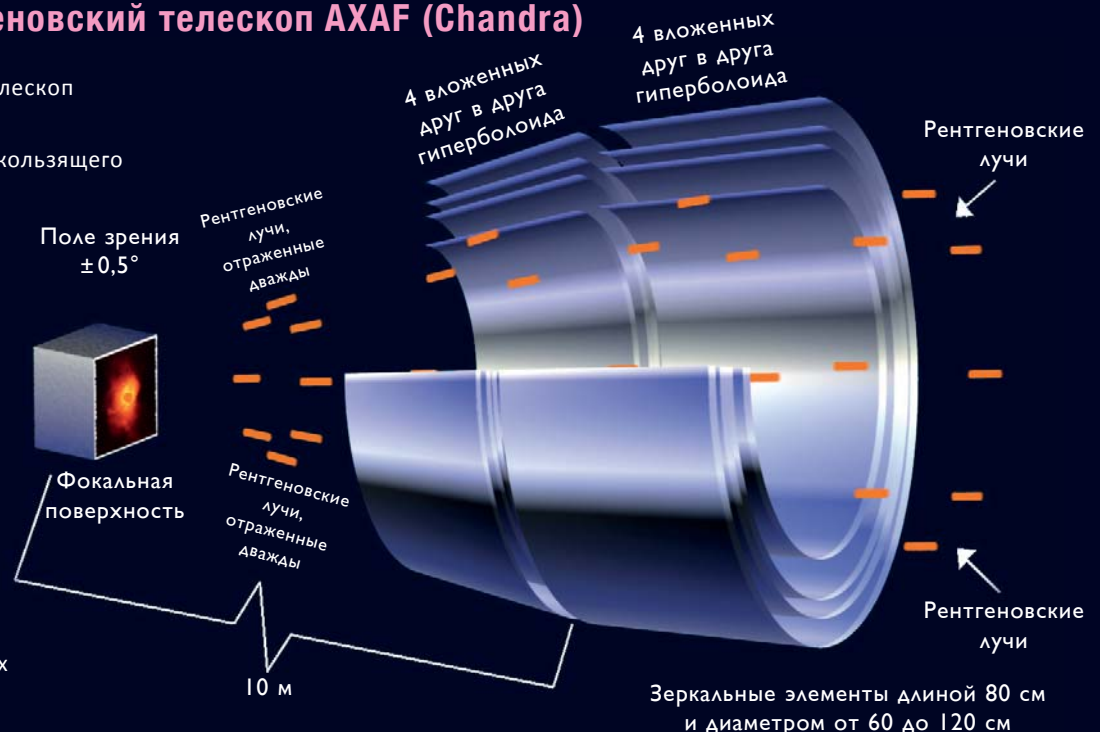
► Первый обзор высокоэнергетических явлений на небе за три года наблюдений (2009–2011) космическим гамма-телескопом «Ферми» (GLAST). Начиная с 2008 года «Ферми» наблюдает гамма-излучение активных ядер галактик, пульсаров, остатков сверхновых, диффузное гамма-излучение и гамма-вспышки. Кроме того, с помощью «Ферми» ученые ищут косвенные доказательства существования темной материи.



◀ Крупнейший в мире телескоп-радиоинтерферометр со сверхдлинной базой VLBA (Very Long Baseline Array) получил изображение джета (релятивистской струи), испускаемого черной дырой в центре галактики M87. Джеты представляют собой очень мощные выбросы плазмы из центров некоторых активных галактик, особенно радиогалактик и квазаров; вероятно, они возникают в присутствии очень сильных магнитных полей. Их изучение поможет понять динамику черных дыр и аккреционных дисков вокруг них.

## Космический рентгеновский телескоп AXAF (Chandra)

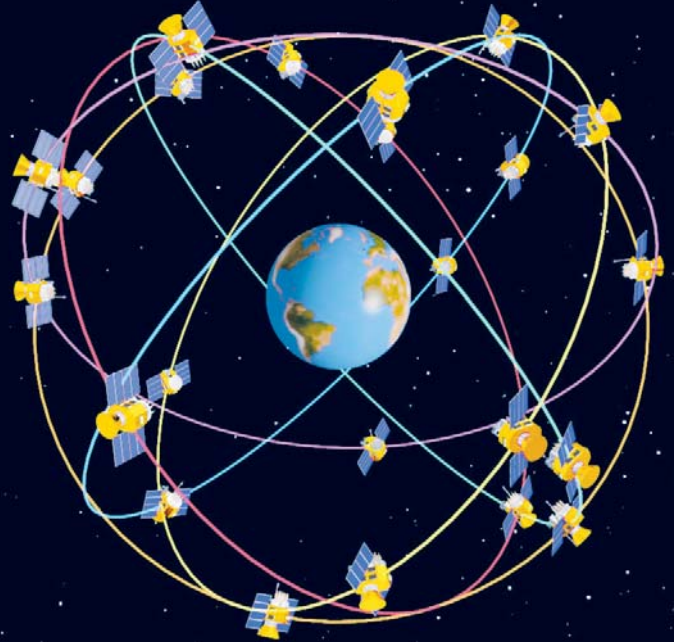
Космический рентгеновский телескоп с четырьмя concentрическими параболическими зеркалами скользящего падения диаметром 1,2 м зафиксировал рентгеновское излучение из окрестности черной дыры в центре нашей Галактики, вызванное разрушением газового облака в поле тяготения черной дыры. Кроме того, этим телескопом обнаружена самая молодая из известных черных дыр: ей всего около 30 лет. Рентгеновская астрономия очень важна для изучения сверхновых, звездных скоплений и галактик.



# Система глобального позиционирования (GPS)

С помощью глобальной системы позиционирования GPS можно определять точные географические координаты пунктов на земной поверхности. Основа системы — группа спутников Земли, которые обнаруживают местоположение точки на поверхности планеты методом триангуляции. Затем с помощью точных атомных часов вычисляется время, которое проходит между сделанным запросом и полученным на него ответом.

Существует несколько систем глобального позиционирования. Самой популярной системой является NAVSTAR, более известная по аббревиатуре GPS. Созданная для военных целей по инициативе правительства США, она, разумеется, до сих пор используется для решения оборонных задач, но при этом довольно часто применяется и в различных гражданских технологических аспектах. В системе NAVSTAR 31 спутник. В Европе с 2016 года действует своя система позиционирования — GNSS Galileo.



▲ Сеть искусственных спутников GPS на почти круговых околоземных орбитах передает на приемники или мобильные терминалы координаты и время. Для работы системы нужны как минимум 24 постоянно действующих спутника.

◀ Последние из пяти поколений спутников GPS, выведенных на орбиту, — спутники Block IIF. Двенадцать идентичных спутников Земли были запущены с 2010 по 2016 год. Расчетная продолжительность их существования составляет 12 лет, а точность определения координат у новых спутников вдвое выше, чем у предыдущих, использовавшихся с 1990 по 1997 год. В настоящее время действует три серии спутников GPS: IIF, IIR и IIRM.

► В системе позиционирования GPS взаимодействуют три компонента. Первый, называемый космическим сегментом, состоит из сети искусственных спутников на стационарных околоземных орбитах, наклоненных под углом  $55^\circ$  к экватору. Каждый спутник проходит над одной и той же точкой земной поверхности раз в сутки. Второй компонент системы, «управляющий сегмент», состоит из пяти командных центров вблизи экватора (Колорадо-Спрингс, Гавайи, острова Вознесения, Диего-Гарсия и Кваджалейн), которые управляют информацией, отправляемой спутниками. Центр в Колорадо-Спрингс, например, исправляет ошибки в присланных данных. Третий компонент, пользовательский сегмент, представляет собой набор наземных приемников, то есть, всех конечных пользователей, таких, как спутниковые навигаторы или смартфоны.



◀ В основе системы GPS — сеть из 31 спутника трех разных моделей. Спутники расположены в шести орбитальных плоскостях, наклоненных под углом  $55^\circ$  к экваториальной плоскости.

## GPS-сигналы

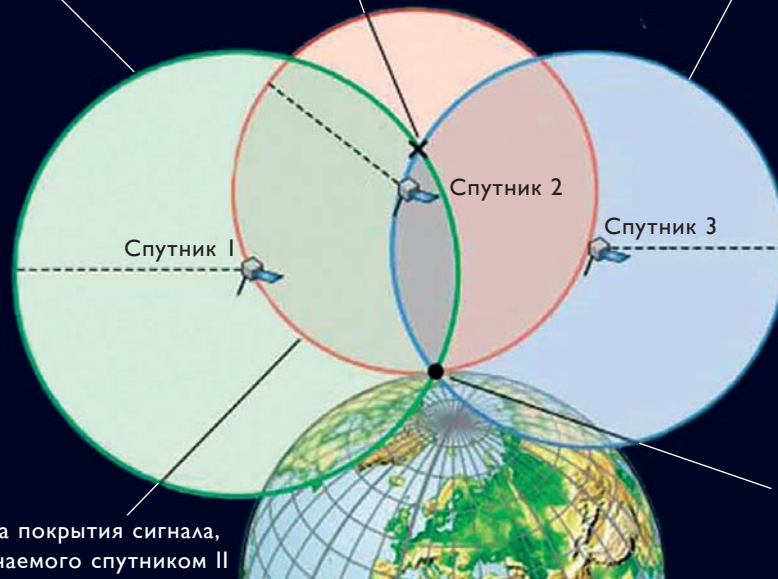
Принцип работы GPS основан на трилатерации — методе сферического позиционирования, основанном на свойствах сферических треугольников. С помощью атомных часов спутника учитывается временной интервал, необходимый для того, чтобы радиосигнал преодолел расстояние между спутником и приемником. Если мы проследим три сферы с центрами в трех спутниках GPS, они пересекутся в двух точках. Если исключить самую высокую точку относительно земной поверхности, другая точка будет указывать точное местоположение приемника.

Зона покрытия сигнала, излучаемого спутником I

Вычеркнутая точка

Зона покрытия сигнала, излучаемого спутником III

Зона покрытия сигнала, излучаемого спутником II

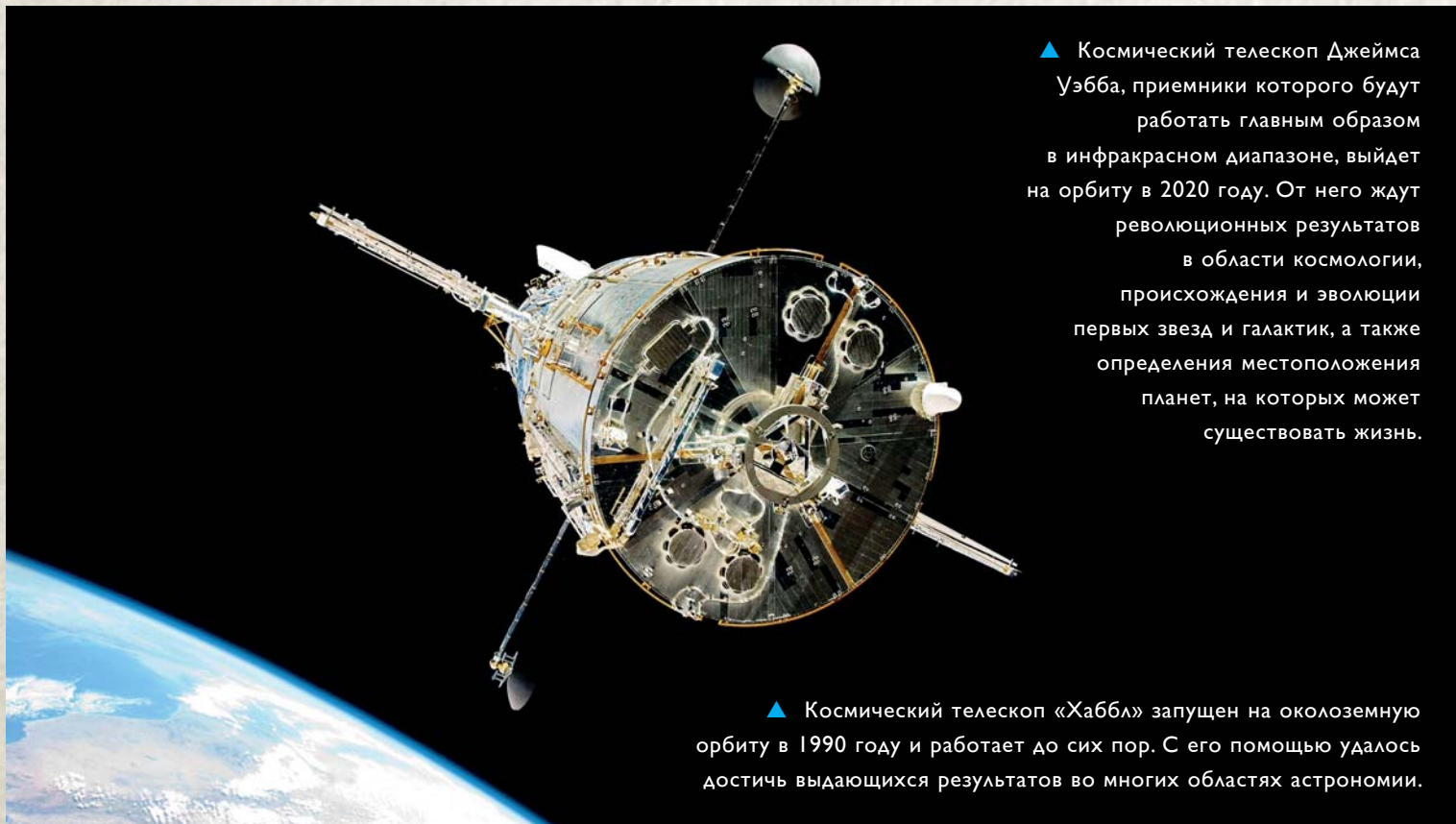
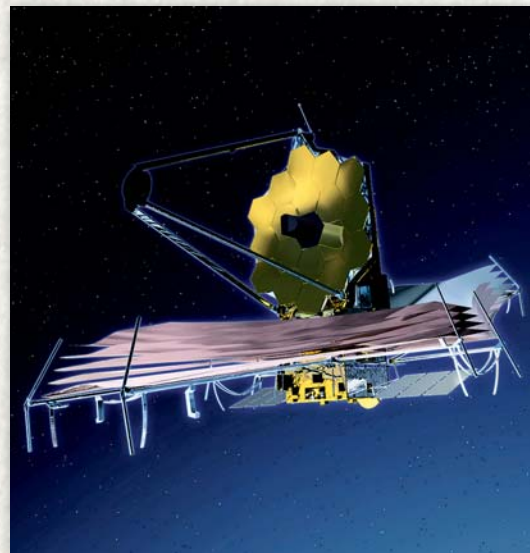


Место приема сигнала GPS

# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XX

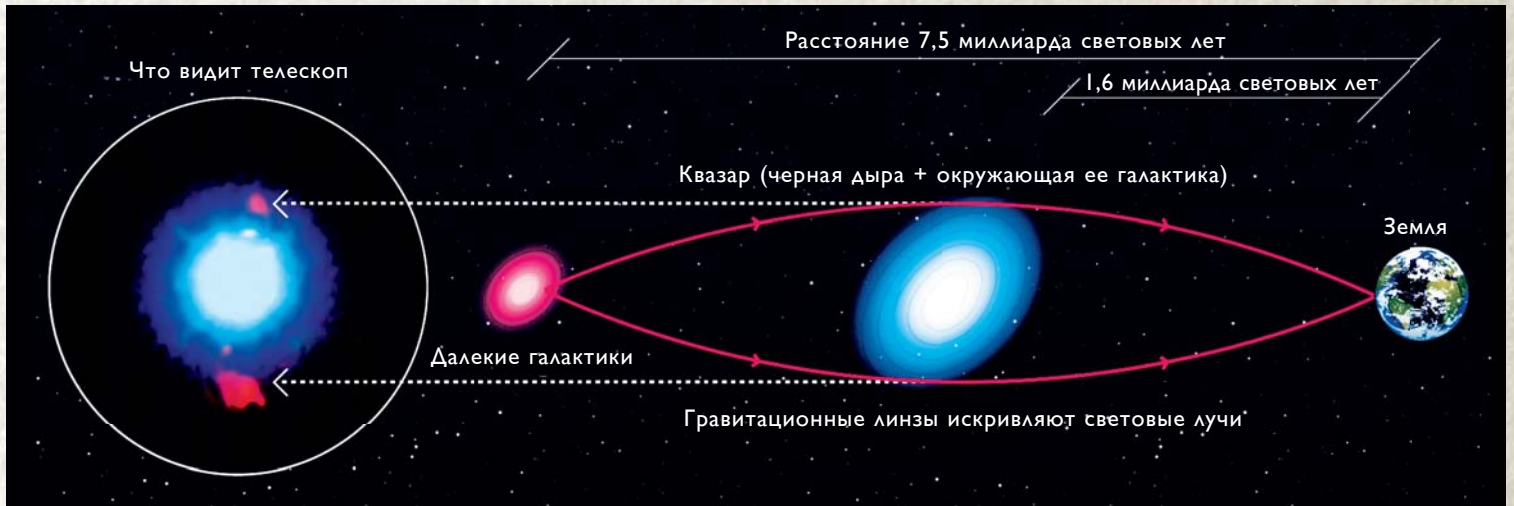
## Пределы Вселенной

Новое поколение астрономов имеет в своем распоряжении мощное научное оружие: телескопы, вынесенные за пределы земной атмосферы. Сейчас становится ясно, что по Солнечной системе люди начнут путешествовать еще не скоро — зато внимание ученых все больше привлекают объекты далекого космоса. Наблюдая очень далекие небесные тела, мы как бы перемещаемся не только в пространстве, но и во времени — чем дальше от нас расположен источник излучения, тем дольше оно доходит до Земли, так что удаленные галактики мы видим такими, какими они были миллиарды лет назад. Опираясь на теорию относительности Эйнштейна и используя новейшие технические достижения, такие, как космический телескоп «Хаббл», современная астрономия изучает объекты, находящиеся на границах видимой Вселенной.



▲ Космический телескоп Джеймса Уэбба, приемники которого будут работать главным образом в инфракрасном диапазоне, выйдет на орбиту в 2020 году. От него ждут революционных результатов в области космологии, происхождения и эволюции первых звезд и галактик, а также определения местоположения планет, на которых может существовать жизнь.

▲ Космический телескоп «Хаббл» запущен на околоземную орбиту в 1990 году и работает до сих пор. С его помощью удалось достичь выдающихся результатов во многих областях астрономии.



▲ Значение космических телескопов для современной астрономии огромно. Но фундаментальные открытия можно совершать и с большими наземными телескопами. Например, при измерениях спектров внегалактических объектов с большим красным смещением на гигантском рефлекторе Кека, установленном на вершине Мауна-Ки (Гавайские острова), были обнаружены квазары (такие, как SDSS J0013+1523), создающие гравитационные линзы. В результате удалось наблюдать галактики, находящиеся на невероятно большом расстоянии — около 7,5 миллиарда световых лет.

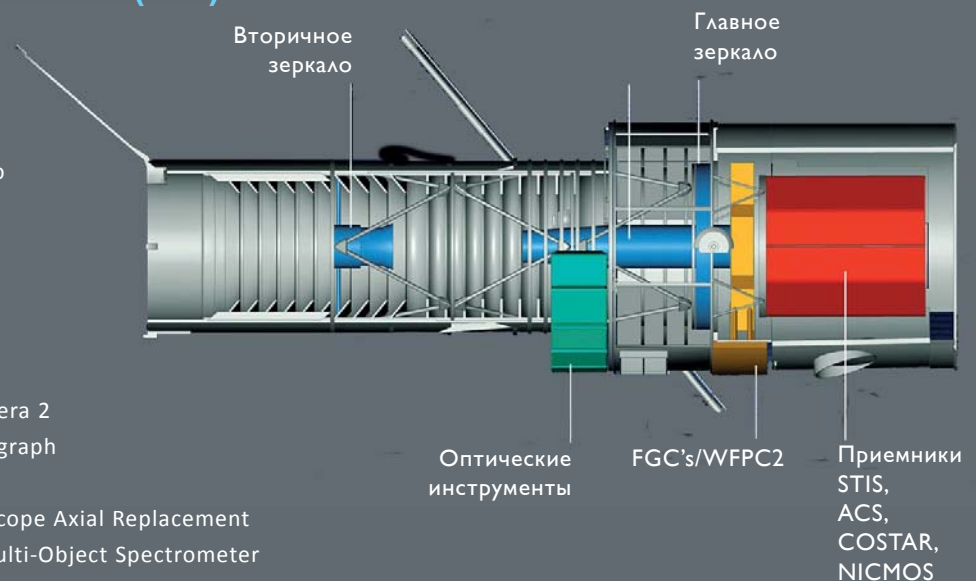
$$E = mc^2$$

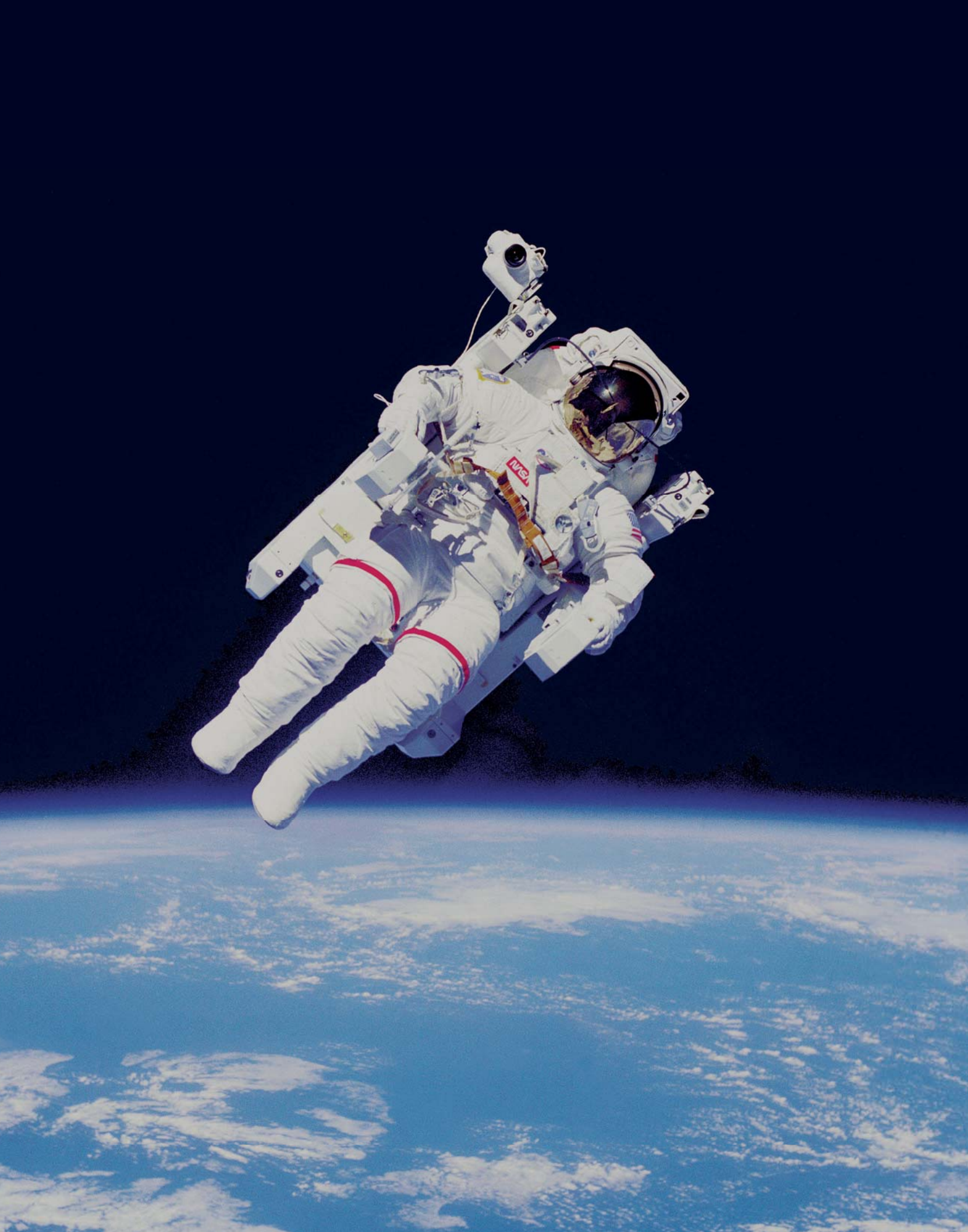
▲ Знаменитая формула Эйнштейна, выражающая эквивалентность между материей и энергией:  $E$  — энергия,  $m$  — масса,  $c$  — скорость света в вакууме. На этой закономерности основано, в частности, использование ядерной энергии, а кроме того, и наше понимание многих космических явлений. До сих пор теории Эйнштейна неизменно подтверждались астрономическими наблюдениями. Однако история науки учит, что рано или поздно любая теория оказывается частным случаем другой, более общей. Это когда-нибудь должно произойти и с теориями Эйнштейна.

## Космический телескоп «Хаббл» (HST)

HST — это не просто орбитальный телескоп-рефлектор, а настоящая спектроскопическая лаборатория ближнего инфракрасного диапазона. Время для наблюдений на нем предоставлялось даже непрофессиональным наблюдателям, победившим в отборочном конкурсе.

WFPC2 = Wide Field and Planetary Camera 2  
 STIS = Space Telescope Imaging Spectrograph  
 ACS = Advanced Camera for Surveys  
 COSTAR = Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement  
 NICMOS = Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer





# Исследования ближнего космического пространства

---

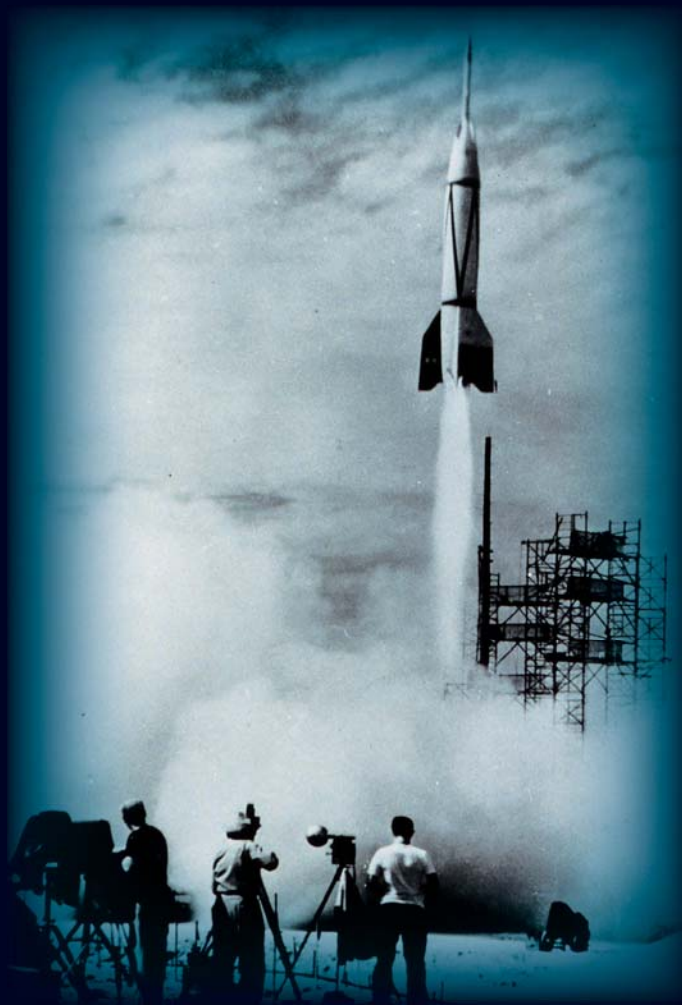
Полеты в космос — мечта многих поколений философов, ученых, писателей и художников — стали реальностью вскоре после окончания Второй мировой войны. Астрономия, которая тысячелетиями оставалась умозрительной и описательной наукой, стала практической дисциплиной. Астронавтика позволила человеку выйти за пределы планеты, где он вынужден был оставаться в силу физических законов и своей природы. С помощью ума и мастерства человек освободился от оков не земного притяжения, и сегодня, почти через 80 лет после первых не всегда удачных пусков баллистических ракет, мы можем с гордостью оглянуться на пройденный путь. Шесть высадок человека на Луну, тысячи орбитальных полетов, флотилия зондов, отправленных во все концы Солнечной системы, причем четыре покинули ее пределы. В будущем нас может ждать амбициозная программа исследования Марса — в планах отправить туда первых астронавтов до 2030 года.

# Суборбитальный КОСМИЧЕСКИЙ ПОЛЕТ

Великая история покорения космоса человечеством связана, как это часто бывает, с другими областями человеческой деятельности — в частности, с развитием военной техники.

Первыми попытками достичь космического пространства стали запуски суборбитальных ракет. Созданное человеком устройство поднималось не менее чем на 100 км от поверхности Земли, но не выходило на околоземную орбиту.

Огромную роль в освоении космоса сыграли баллистические ракеты, от немецких «Фау-2», впервые запущенных еще во время войны, в 1944 году, до более совершенных американских и советских межконтинентальных ракет 1950-х годов. Они, хоть и частично, преодолели гравитационное притяжение планеты и вышли в верхние слои земной атмосферы. Это было время великих мечтаний о покорении Вселенной, сопровождавшееся всплеском интереса к научно-фантастической литературе, а с другой стороны — напряженное время холодной войны, время, когда на Земле появились первые космодромы на Байконуре и мысе Канаверал, а путешествие человека на Луну вот-вот должно было стать реальностью.



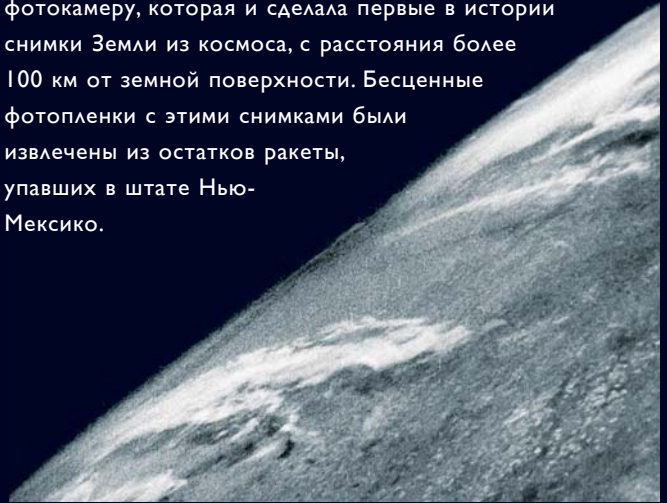
▲ Американские двухступенчатые ракеты V-2 представляли собой комбинацию немецкой ракеты «Фау-2» и американской WAC Corporal. На фото: запуск ракеты V-2 24 июля 1950 года, первый пуск с военной базы на мысе Канаверал.

◀ В преддверии войны в нацистской Германии был разработан проект воздушных налетов на восточное побережье США Amerika Bomber, в рамках которого в 1930-х годах Эйген Зенгер и Ирен Бредт создали суборбитальный бомбардировщик Silbervogel с реактивным двигателем. Идея не была реализована, но некоторые технические решения, найденные при ее разработке, были реанимированы в эпоху холодной войны.

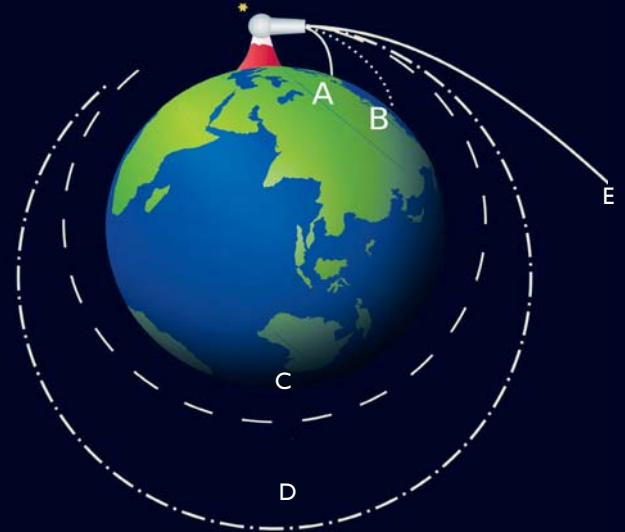
▼ Ракета «Фау-2», еще одно нацистское секретное оружие, имела двигательную установку, работающую на смеси жидких соединений: этилового спирта и перекиси водорода. «Фау-2», использовавшиеся на последних этапах Второй мировой войны для обстрелов британских и бельгийских городов, были первыми искусственными объектами, достигшими космоса, и первыми в истории управляемыми баллистическими ракетами большой дальности.



► Немецкая «Фау-2», запущенная в США 24 октября 1946 года, имела на борту фотокамеру, которая и сделала первые в истории снимки Земли из космоса, с расстояния более 100 км от земной поверхности. Бесценные фотопленки с этими снимками были извлечены из остатков ракеты, упавших в штате Нью-Мексико.



### Орбитальная пушка Ньютона



В посмертно опубликованном труде «Трактат о системе мира» Исаак Ньютон демонстрирует универсальность закона гравитации знаменитым примером выстрела пушечным ядром с поверхности Земли. Если скорость снаряда достаточно высока (7300 м/с), он не упадет на Землю (как в примерах А и В), а начнет вращаться вокруг нашей планеты, как Луна. При еще большей скорости его орбита будет превращаться во все сильнее вытянутый эллипс, а при скорости выше 10 000 м/с станет гиперболической и снаряд уйдет от планеты в бесконечное космическое путешествие.

# Искусственные спутники Земли и космические корабли

Освоение космоса стало главным стратегическим миром после Второй мировой войны.

Это был не просто вопрос принципа, не просто соревнование за первенство в достижении все новых космических объектов и областей. Прежде всего — это была гонка за захват жизненно важных позиций, которые позволят контролировать всю планету, а также за обладание все более инновационным и совершенным оружием.

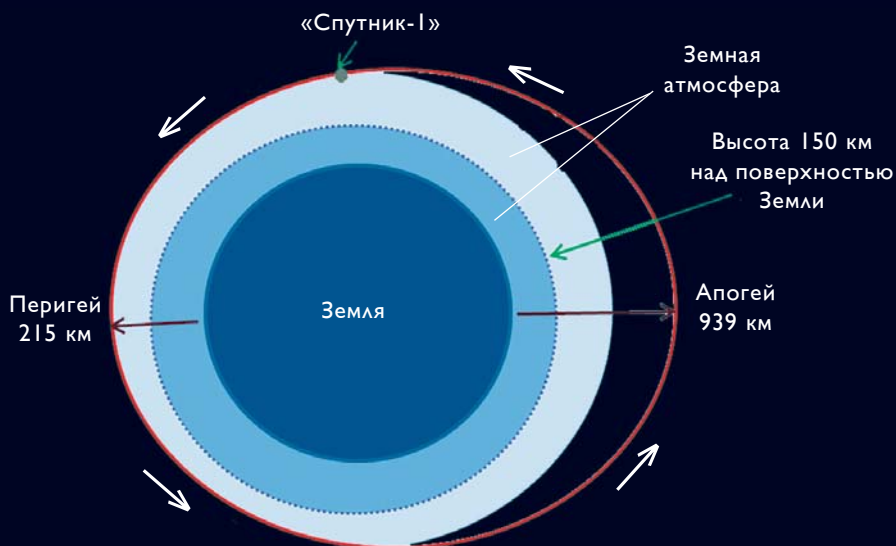
С конца 1950-х годов на орбитах вокруг нашей планеты стали появляться искусственные спутники. Они использовались как в военных, так и в гражданских целях, были необходимы для телекоммуникаций и научных исследований. Спустя десятилетия среди них появились даже постоянные орбитальные космические станции с международными экипажами.

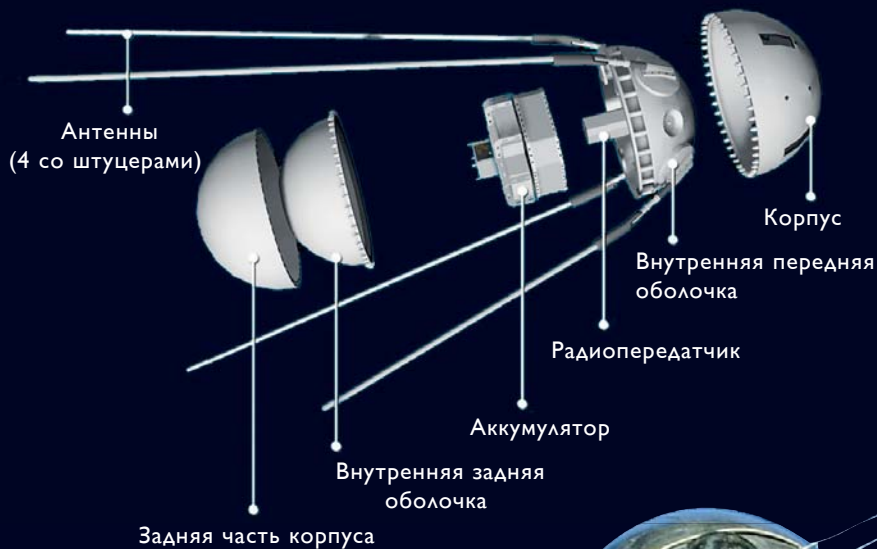


▲ 4 октября 1957 года с космодрома Байконур в Казахстане был запущен первый в истории искусственный спутник Земли. Русское слово «спутник» стало международным. Небольшая — диаметром менее 60 см — металлическая сфера оставалась на орбите около трех месяцев. Всего первый спутник совершил 1400 полных оборотов вокруг Земли, пролетев при этом расстояние в 70 миллионов километров.

## Орбита «Спутника-1»

Как видно на схеме, «Спутник-1» двигался по довольно низкой эллиптической орбите, в перигее даже вступая в контакт с внешней атмосферой Земли. Возникавшее при этом трение заставляло спутник, который первоначально двигался со скоростью 28 000 км/ч, терять энергию. Он постепенно снижался, и в конце концов сгорел в атмосфере. Высота 900 км, достигнутая «Спутником-1» в апогее, полностью оправдывает его название «космический аппарат».



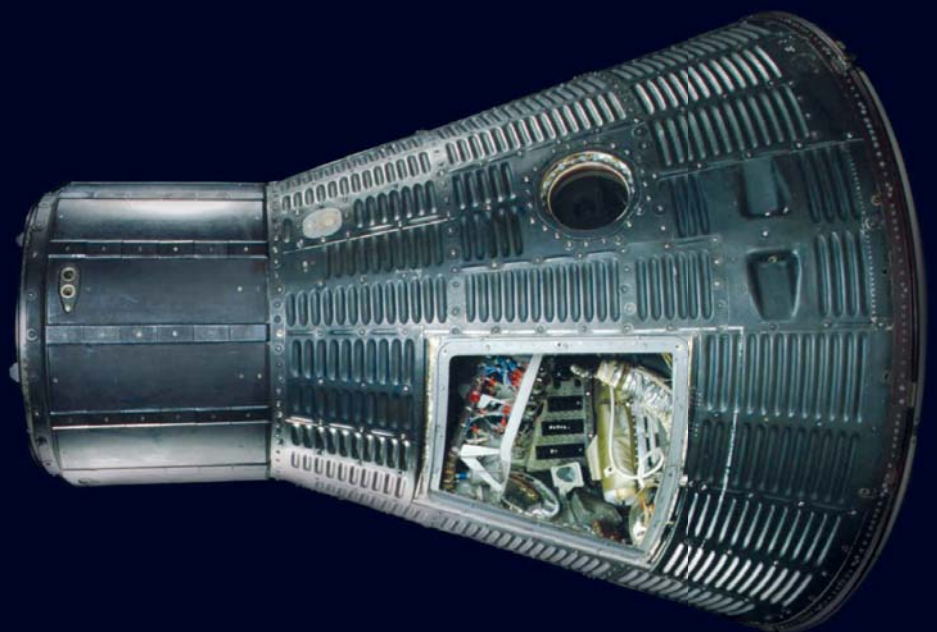


◀ Устройство первого спутника было намного проще, чем у его современных аналогов. Сферический корпус диаметром 58 см вмещал два радиопередатчика, батареи серебряно-цинкового типа и термометр. Металлическая сфера, почти полностью изготовленная из алюминия, имела четыре подпружиненные антенны длиной около 2,5 м, что придавало спутнику хорошие аэродинамические качества.



◀ 12 апреля 1961 года на космическом корабле «Восток-1» состоялся первый полет человека в космос. Советский корабль с космонавтом Юрием Гагариным на борту вышел за пределы земной атмосферы. Полет длился около двух часов. Корабли серии «Восток» (во второй половине 1970-х годов им на смену пришла серия «Союз»), выполнили шесть пилотируемых космических полетов, по окончании каждого из которых кабина с космонавтом катапультировалась и спускалась на парашюте.

▶ Американский эквивалент программы «Восток», первый проект только что созданного агентства НАСА «Меркурий», действовал с 1958 по 1963 год. На снимке: капсула Mercury Redstone 3 (переименованная в Freedom 7), в которой, хоть она изначально и не предназначалась для этой цели, менее чем через месяц после «Востока-1» в космос отправился первый американец. Им был астронавт Алан Б. Шепард, один из будущих членов экипажа «Аполлона-14», высадившегося на Луну 5 февраля 1971 года. Капсула, смонтированная на ракете-носителе Redstone, оставалась в космосе около 15 минут, прежде чем упасть в воды Атлантического океана.



# Ракеты-носители

Ракета-носитель позволяет вывести груз (кабину с экипажем, спутник или зонд) на околоземную орбиту или за пределы области земного притяжения. В большинстве случаев она состоит из нескольких ступеней (от двух до четырех): каждая ступень обеспечивает подъемную силу на одном из участков. Ступени могут работать параллельно или последовательно. Головная часть ракеты составляет лишь небольшую долю всей конструкции, предназначенную для обеспечения запуска и вмещающую большое количество топлива.

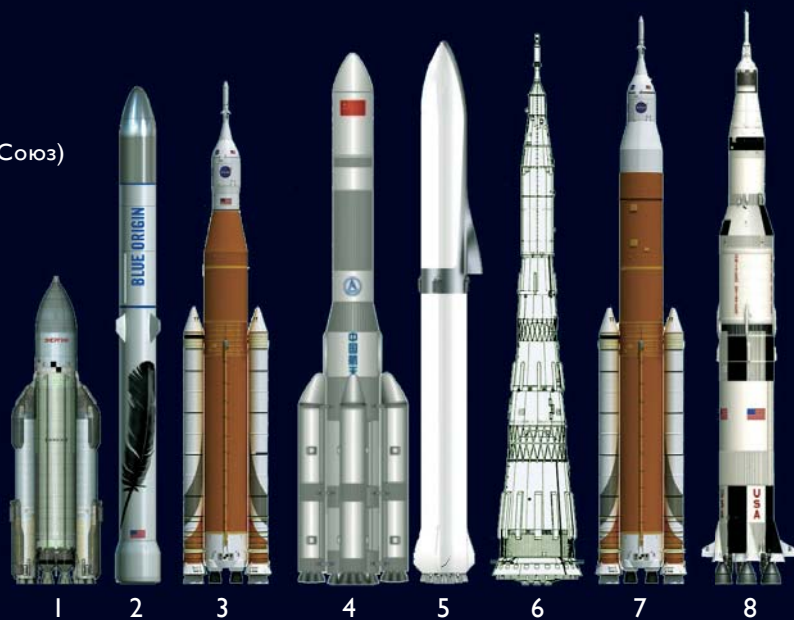
Для увеличения стартовой мощности к корпусу основной ракеты-носителя часто крепятся вспомогательные ракеты (ускорители, или бустеры), которые помогают основным двигателям выдерживать огромную стартовую нагрузку. Бустеры отделяются от основной ракеты на самых ранних этапах взлета.

Ракеты обычно классифицируются по их способности запускаться повторно и в зависимости от массы груза, который они могут нести.

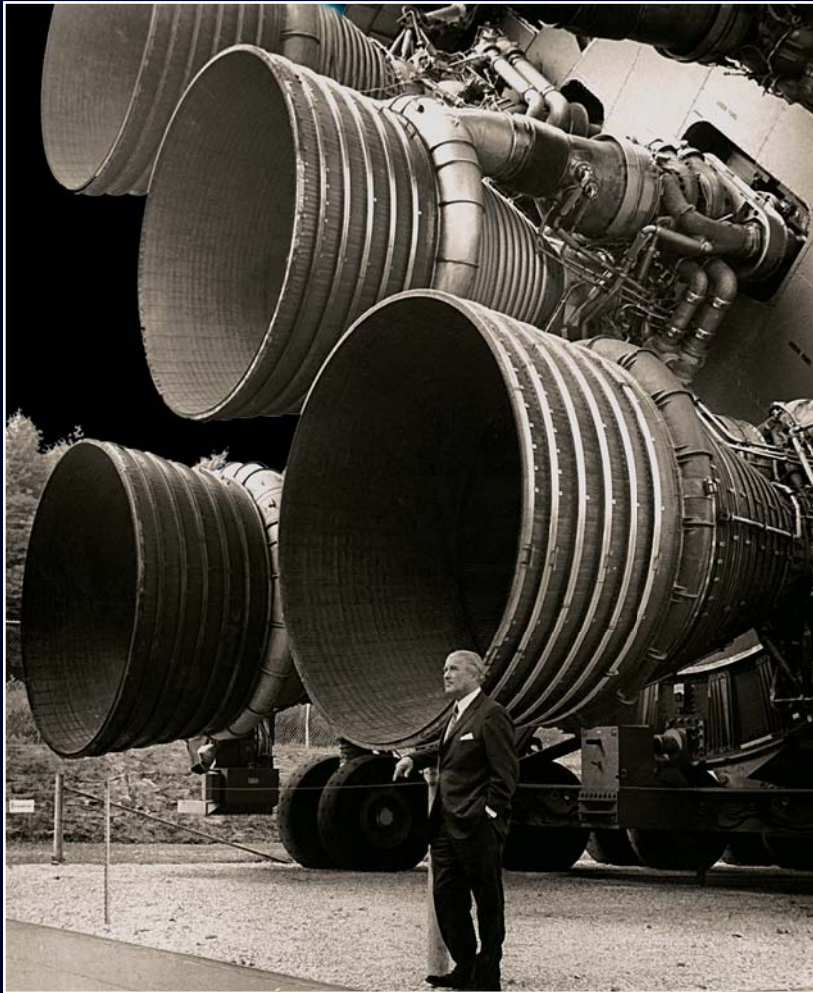


## ► Ракеты-носители:

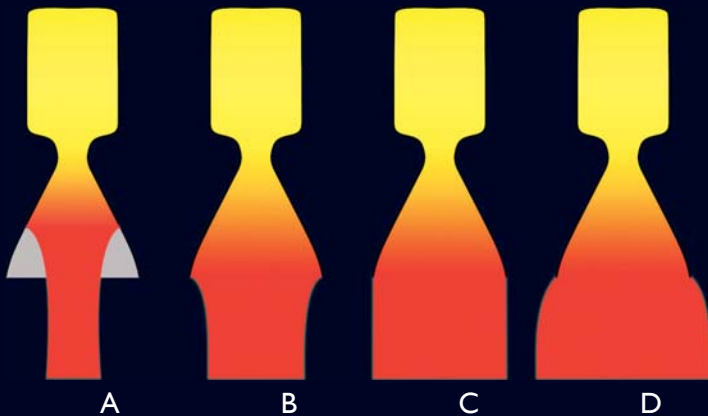
- 1 — «Энергия» (Советский Союз)
- 2 — New Glenn (США)
- 3 — SLS Block I (США)
- 4 — CZ-9 (Китай)
- 5 — BFR (США)
- 6 — Н-1 (СССР)
- 7 — SLS Block I-B (США)
- 8 — Saturn 5 (США)



▲ Советская трехступенчатая ракета-носитель «Союз» изначально использовалась для вывода на орбиту одноименных кораблей. Благодаря своей универсальности она использовалась и в других проектах (например, «Прогресс»), а также в многочисленных коммерческих пусках. Эти ракеты, эксплуатируемые с 1966 года, на протяжении десятилетий были одними из самых распространенных, особенно в 1980-х годах. После нескольких неудач в 2000-х годах от них временно отказались, но затем возобновили эксплуатацию, поскольку «космические челноки» Space Shuttle перестали использоваться.



▲ Главной фигурой американской космической программы был ранее работавший в нацистской Германии немецкий инженер Вернер фон Браун (1912–1977). После падения гитлеровского режима он переехал в Соединенные Штаты и передал американской армии подробные сведения о разработанной им ракете «Фау-2». Браун стал работать в НАСА, где спроектировал ракету «Сатурн-5», которая впоследствии сделала возможной первую в истории посадку на Луну.



▼ Программы НАСА «Аполлон» и Skylab использовали многоступенчатую ракету «Сатурн-5» для выхода в открытый космос. С 1967 по 1973 год произошло 13 успешных запусков этой ракеты.



◀ Аэродинамические характеристики ракеты очень важны на первом этапе взлета. На рисунке: четыре различных формы сопла реактивного двигателя, в котором происходит преобразование тепловой энергии в кинетическую энергию вертикального взлета ракеты.

# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XXI

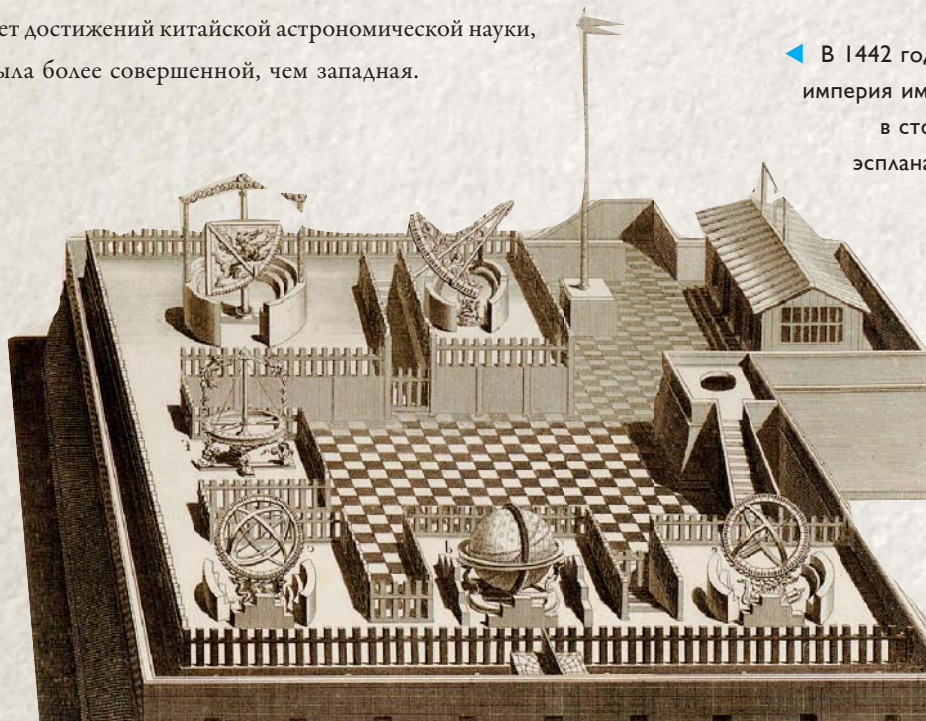
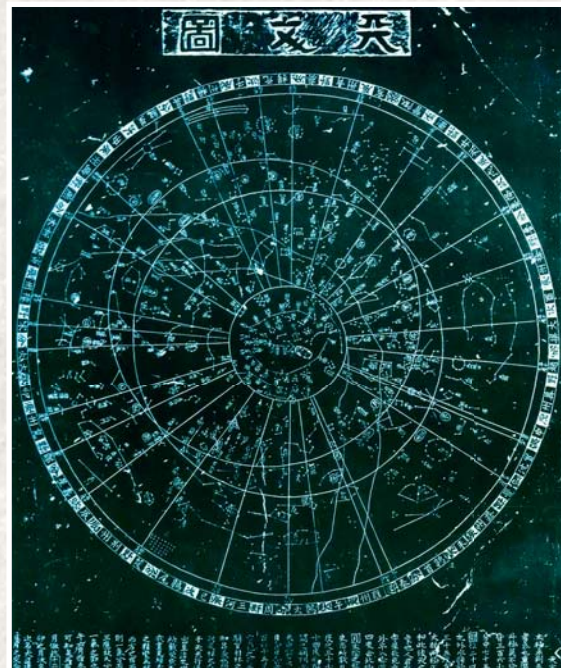
## Астрономические познания Китая и Индии

В древневосточных цивилизациях астрономические науки достигли высокого уровня развития. На западные исследования особенно повлияли обширные и строгие записи китайских наблюдений и индийская система счисления, пришедшая на Запад через арабов в XIII веке.

Китайские императоры уделяли большое внимание астрономии — науке, которая помогала их подданным приспособляться к ритмам совместного существования, регламентированного строгими правилами поведения. Первым великим астрономом Китая был Чэнь Чжо, живший в XI веке до н.э. Он построил большую обсерваторию в Хонан-фу и установил высоту полюса, а также наклон эклиптики.

В VIII веке до н.э., за три века до создания греческого календаря Метона, император Хуан-ди ввел девятнадцатилетний лунно-солнечный календарь. Помимо определения солнцестояний и равноденствий, в то время китайские астрономы уже умели создавать звездные каталоги и записывали такие явления, как прилет кометы или рождение и падение звезд. Сам Конфуций (VI век до н.э.) заинтересовался астрономией и составил каталог 37 солнечных затмений за эпоху с 720 года до н.э. до 481 года до н.э. Однако китайские астрономы не могли обнаружить прецессию равноденствий до тех пор, пока спустя столетия, ее не открыл Гиппарх.

Конечно, это не умаляет достижений китайской астрономической науки, которая во многом была более совершенной, чем западная.



◀ В 1442 году, при династии Мин, Китайская империя имела современную обсерваторию в столице Пекине, установленную на эспланаде в оборонительном бастионе.

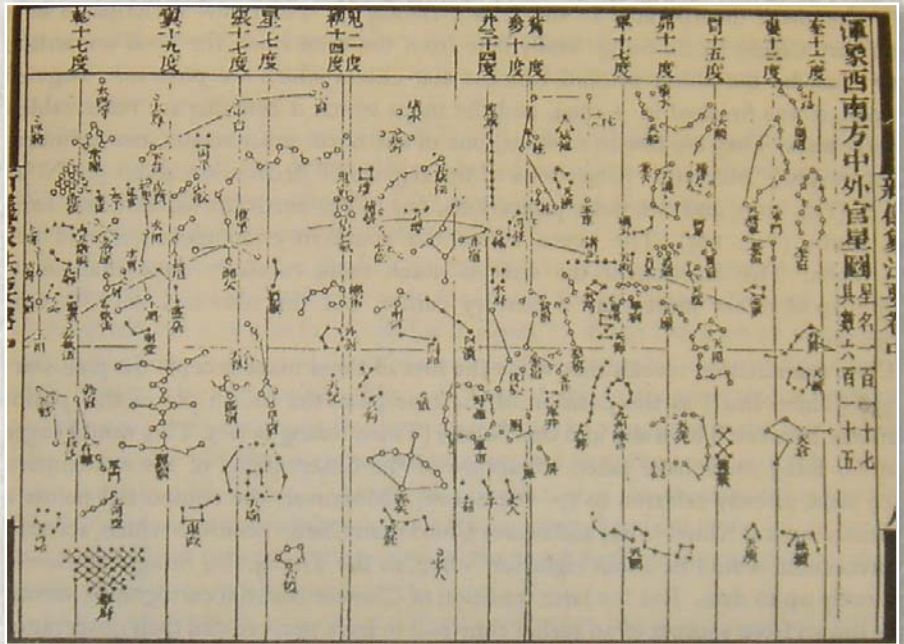
Ее инструментарий был модернизирован в XVII веке под руководством иезуитов, пришедших с Запада.

Особого внимания заслуживает вращающийся квадрант, изготовленный в 1673 году фламандским иезуитом Фердинандом Вербистом (1623—1688), позволяющий точно измерять высоту небесных объектов. На снимке: китайская обсерватория на европейской гравюре 1737 года.

▶ Китайские созвездия отличаются по названиям и конфигурации от тех, что известны на Западе. Зодиакальных созвездий тоже было 12, но располагались они по-другому, со средним интервалом в  $15^\circ$ . Планеты, которые пересекали их, имели «административные» названия и функции. Горожане поклонялись планетам, зажигая votивные светильники. Например, то, что на Западе называли Юпитером, для китайцев было Правителем, управляющим Весной.

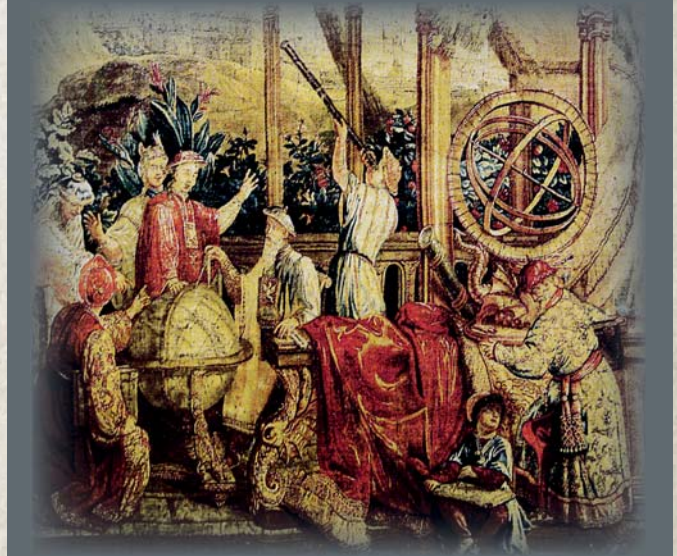
◀ Согласно китайской мифологии, небесный мир населен существами, чей император проживает в Верхнем дворце, Полярной звезде, и правит королевством с колесницы, Большой Медведицы, — своего рода сидерический Запретный город, ограниченный небесным полярным кругом.

▼ Джантар Мантар — обсерватория, построенная Махараджей Джаем Сингхом II в 1830-х годах в Джайпуре, в Индии. На огромной территории империи, или конфедерации, маратхов всего было пять подобных сооружений. На фото: грандиозный меридианный инструмент Лагху Самрат Янтра, который определяет время с погрешностью не более 12 секунд.



## Иезуиты и китайская астрономия

Начиная с 1582 года, большая группа иезуитов осуществляла проповедническую миссию в Китае, где их приняли с осторожным радушием. Многие из монахов были людьми науки — в этой далекой восточной стране иезуиты нашли организованную и мудрую цивилизацию. В свою очередь, китайцы получили доступ к фундаментальным текстам греческой и западной науки, в том числе математики.



# Космические путешественники

«Маленький шаг для одного человека и великий шаг для всего человечества», который сделал американский астронавт Нил Армстронг, ступив на лунную поверхность 20 июля 1969 года, стал результатом огромных усилий и конкуренции между двумя сверхдержавами, США и СССР, соревновавшимися за первенство в освоении космоса. В начале «космической гонки» вперед вырвался Советский Союз, первым запустивший в космос животных, а потом и человека. Но американцы взяли реванш, еще до конца 1960-х отправив первых людей на Луну.

После того, как они повторили этот результат еще пять раз в течение следующих трех лет, космическая гонка внезапно прекратилась. Из-за баснословной стоимости космических проектов и снижения общественного внимания к ним ни один астронавт больше не ступал на поверхность ни нашего спутника, ни любого другого объекта Солнечной системы.

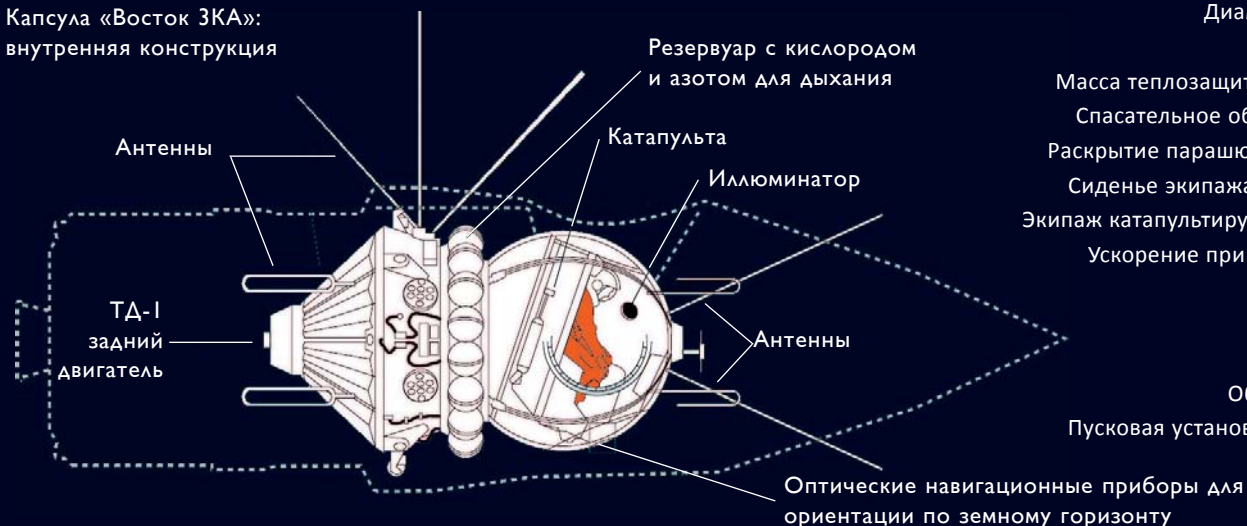
Последующие космические экспедиции выполнялись беспилотными зондами, которые смогли преодолеть огромные расстояния и проложить путь к таким ранее непредставимым целям, как планеты, астероиды и кометы.



▲ «Небо очень черное. Земля голубая. Все видно очень ясно». Это восторженное голосовое сообщение было принято на космодроме Байконур вскоре после старта ракеты, на борту которой находился первый в мире космонавт, двадцатитрехлетний Юрий Гагарин (193–1968). Он был скорее пассажиром, чем пилотом, — его космический корабль «Восток-1» полностью управлялся с Земли. Молодой и опытный русский летчик стал первым человеком, который смог насладиться видом нашей планеты из космоса. Сделав один оборот при максимальной высоте орбиты 302 км, «Восток-1» вернулся на Землю.

## Первая космическая капсула с космонавтом

Капсула «Восток ЗКА»: внутренняя конструкция



Экипаж: 1 человек  
Диаметр капсулы: 2,3 м  
Масса: 2460 кг  
Масса теплозащитного экрана: 837 кг  
Спасательное оборудование: 151 кг  
Раскрытие парашюта на высоте 2,5 км  
Сиденье экипажа и провиант: 336 кг  
Экипаж катапультируется на высоте 7 км  
Ускорение при входе в атмосферу:  
8 г (78 м/с<sup>2</sup>)  
Длина: 2,25 м  
Диаметр: 2,43 м  
Общая масса: 4730 кг  
Пусковая установка: «Восток 8К72К»



◀ Кроме собаки Лайки, запущенной в космос внутри «Спутника-2» 3 ноября 1957 года, в советском космическом проекте использовались еще 60 собак. Смерть некоторых из них (гибель Лайки планировалась изначально) вызвала протесты. Ветерок и Уголек, изображенные на марке, в 1966 году провели на орбите 22 дня. Пятью годами ранее с мыса Канаверал был запущен в космос дрессированный шимпанзе Хэм: он активировал некоторые элементы управления капсулой. При посадке зверь пострадал, но остался в живых и после этого прожил еще 20 лет.

▶ Первой женщиной-космонавтом стала советская летчица Валентина Терешкова. Она отправилась в космос на корабле «Восток-6» 16 июня 1963 года и провела в полете почти трое суток. В ходе полета планировалось сближение «Востока-6» со стартовавшим двумя днями ранее кораблем «Восток-5» на минимальное расстояние 5 км. Как обычно, полет закончился выбросом космонавта из кабины с помощью катапульты. Начиная с 1966 года, Терешкова полностью посвятила себя политической карьере, позже став членом ЦК КПСС.



▲ Алан Б. Шепард (1923–1998) был главным героем двух исторических миссий: Mercury Redstone 3, которая доставила в космос первого американца, и «Аполлон-14», одной из шести пилотируемых посадок на Луну. Его игра в гольф на лунной поверхности стала наглядной демонстрацией силы гравитации нашего спутника.

# Космонавты и астронавты

Осуществить мечту о полете в космос было тяжело: к космонавтам (так называли членов космических экипажей в Советском Союзе) и к астронавтам (так они назывались в США) предъявляли серьезные требования. Они должны были обладать большой физической выносливостью, разнообразными теоретическими знаниями и практическими навыками, придерживаться строго регламентированного образа жизни, быть по-военному дисциплинированными и готовыми к самопожертвованию. Этими характеристиками должен было обладать каждый, чью кандидатуру отбирали для совершения космического полета. Ими в полной мере обладали Юрий Гагарин, Алан Б. Шепард и многие другие.

Сегодня, когда физические трудности космического полета настолько незначительны, что позволяют человеку проводить на орбите многие месяцы (поэтому все чаще слышны разговоры о космическом туризме), для профессиональных участников космических полетов в этом отношении мало что изменилось: лучших пилотов, инженеров и исследователей по-прежнему тщательно отбирают по показателям интеллектуальной и физической подготовки из многочисленных кандидатур.

После освоения лунной поверхности и околоземного пространства человечество вот-вот попытается достичь новой амбициозной цели — например, высадиться на поверхности Марса.



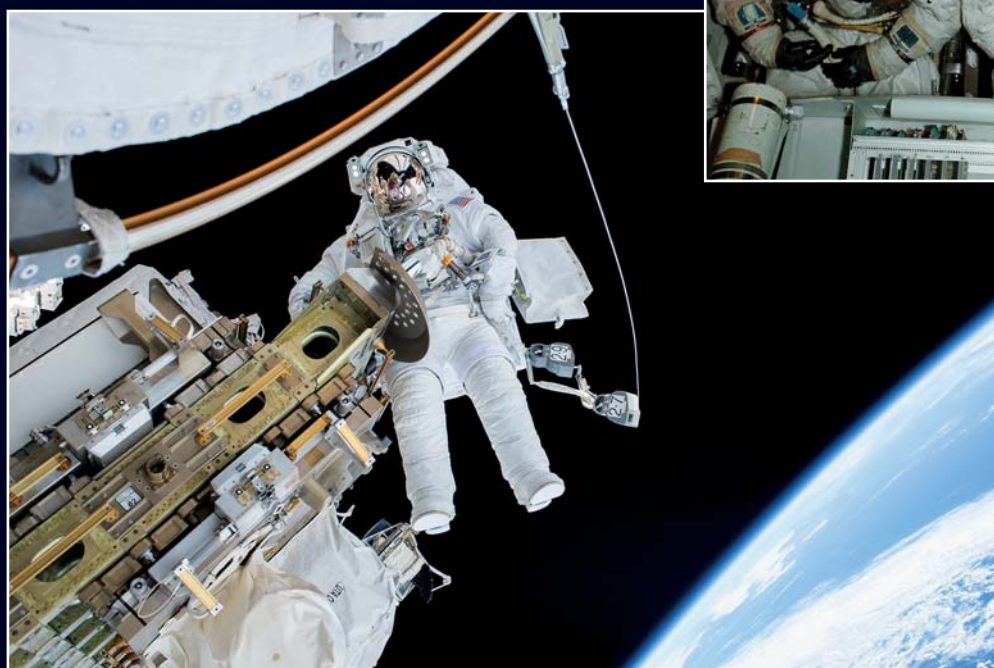
▲ Во время работ вне корабля космонавты всегда надевают скафандры, защищающие их от вредных инфракрасных и ультрафиолетовых излучений, от больших перепадов температур, обычных для открытого космического пространства, и от отсутствия внешнего давления.

◀ Невесомость — обычное явление на орбите. Вопреки точке зрения, установившейся до космической эры, в подобных условиях за короткий промежуток времени физиологические функции серьезно не нарушаются. Однако те, кто провел на орбитальных станциях много времени, сообщали о серьезных проблемах с функциями организма, а также о трудностях с восстановлением нормальной подвижности по возвращении на Землю.

► Выходя в открытый космос для технического обслуживания корабля или для исследований, космонавты обычно остаются всего в нескольких метрах от кабины. На Международной космической станции (МКС) для таких работ есть роботы-манипуляторы: канадский Canadarm (на фото), японский JEMRMS и европейский ERA (European Robotic Arm). Мобильные манипуляторы позволяют перемещать оборудование или целые конструкции на небольшом расстоянии от станции. Для использования роботов космонавты должны пройти специальную подготовку.



▼ Техасский астронавт Тимоти Копра во время прогулки за пределами МКС. Ветеран орбитальных миссий, этот инженер НАСА выполнил несколько установок модулей на космической станции. В ходе своей командировки на МКС в первой половине 2016 года он оставался на орбите 186 дней подряд.



▲ Наземная подготовка космонавтов перед полетом очень важна. На фото: трое членов экипажа «Аполлона-8» (впервые в истории пролетевшего над повернутой от Земли невидимой стороной Луны, но неприлунившегося) проходят испытание перегрузками на центрифуге, чтобы привыкнуть к большим ускорениям при взлете космической ракеты.

# Человек на Луне

Лукиан Самосатский, героический Орландо, юный Дуракот, Сирано де Бержерак, барон Мюнхгаузен, Ганс Пфааль... Все они были путешественниками, которые в фантастических рассказах прошлых веков разными путями добрались до нашего серебристого спутника.

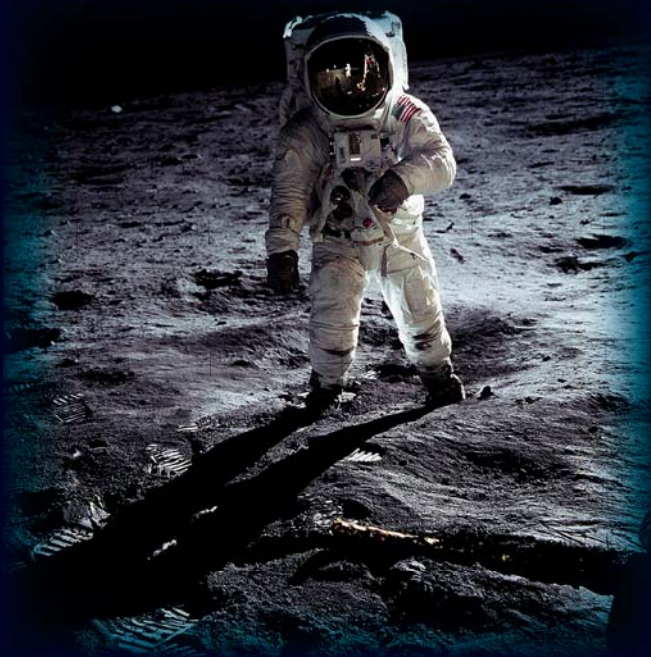
Тысячелетняя мечта побывать на Луне сбылась в летний день 1969 года, когда сотни миллионов зрителей по всему миру в прямом эфире наблюдали, как спускается на поверхность Луны по трапу лунного модуля Нил Армстронг, первый в истории астронавт, ступивший на внеземное небесное тело.

Этот подвиг был скорее демонстрацией силы государства, чем самоотверженным проявлением человеческой воли и интеллекта, — последняя глава в космической гонке между двумя соперниками, сражающимися за мировое господство. Однако это был также один из величайших подвигов, совершенных человечеством с момента своего существования, приключение, которое закончилось, возможно, слишком рано, но не навсегда: без сомнения, новые астронавты однажды снова посетят моря и кратеры нашего спутника, а может быть, и поселятся на нем.



▲ 16 июля 1969 года трое астронавтов — Нил Армстронг, Базз Олдрин и Майкл Коллинз — отправились в путь с космодрома на мысе Канаверал на борту корабля «Аполлон-11», который вывела в космос ракета-носитель «Сатурн-5». Через четыре дня двое из них ступили на лунную почву близ Моря Спокойствия.

◀ На фото, сделанном Олдрином, Армстронг в ходе двухчасовой прогулки по лунной поверхности. За это короткое время астронавты собрали образцы лунного грунта, сделали несколько фотографий и для безопасности будущих лунных миссий провели опыты, связанные с лунной гравитацией.

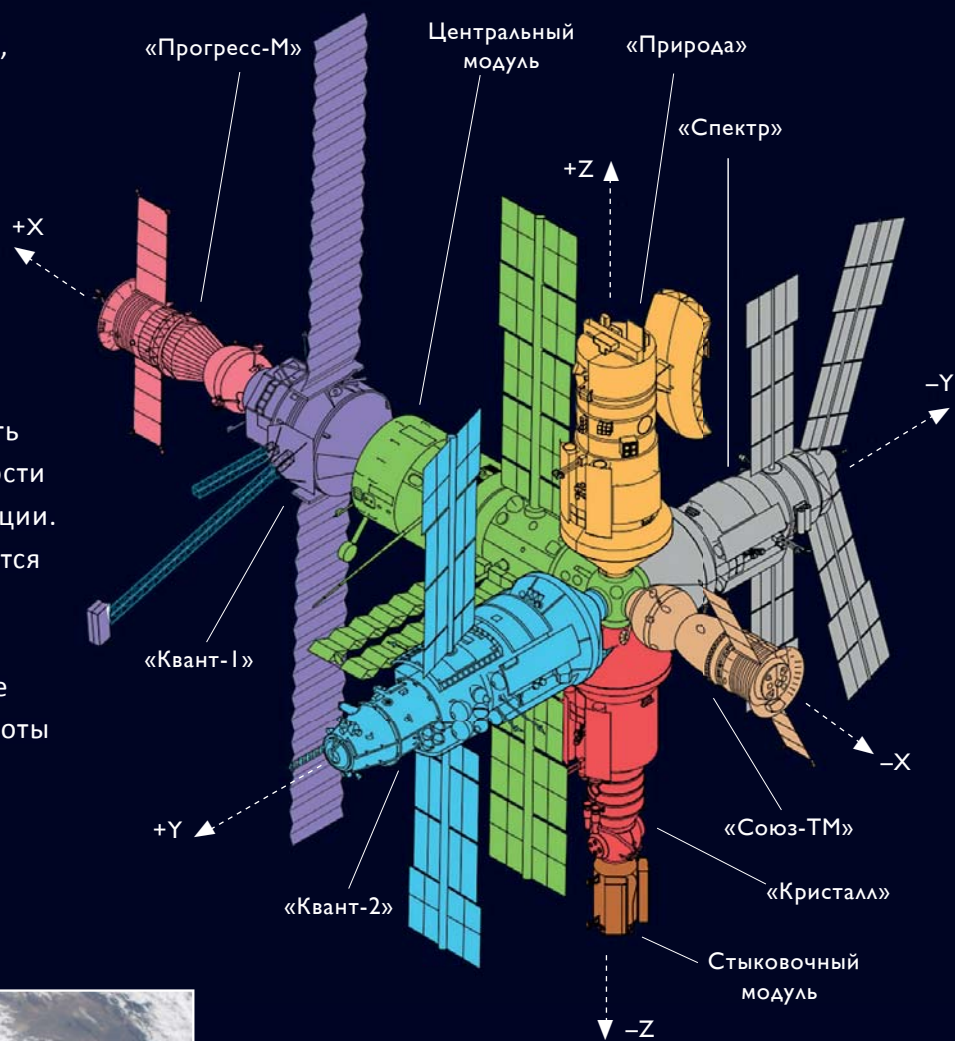




# Международная космическая станция (МКС)

Международная космическая станция (МКС или ISS) — платформа, расположенная в космическом пространстве и предназначенная в основном для научных исследований. Управляемая несколькими государствами в рамках программы сотрудничества, она позволяет постоянно находящемуся на ней международному экипажу проводить длительные эксперименты, в частности сопряженные с отсутствием гравитации.

Так как на МКС постоянно находятся работающие специалисты, станция поддерживается в идеальном рабочем состоянии и с Земли на нее доставляются необходимые для работы и исследований инструменты.

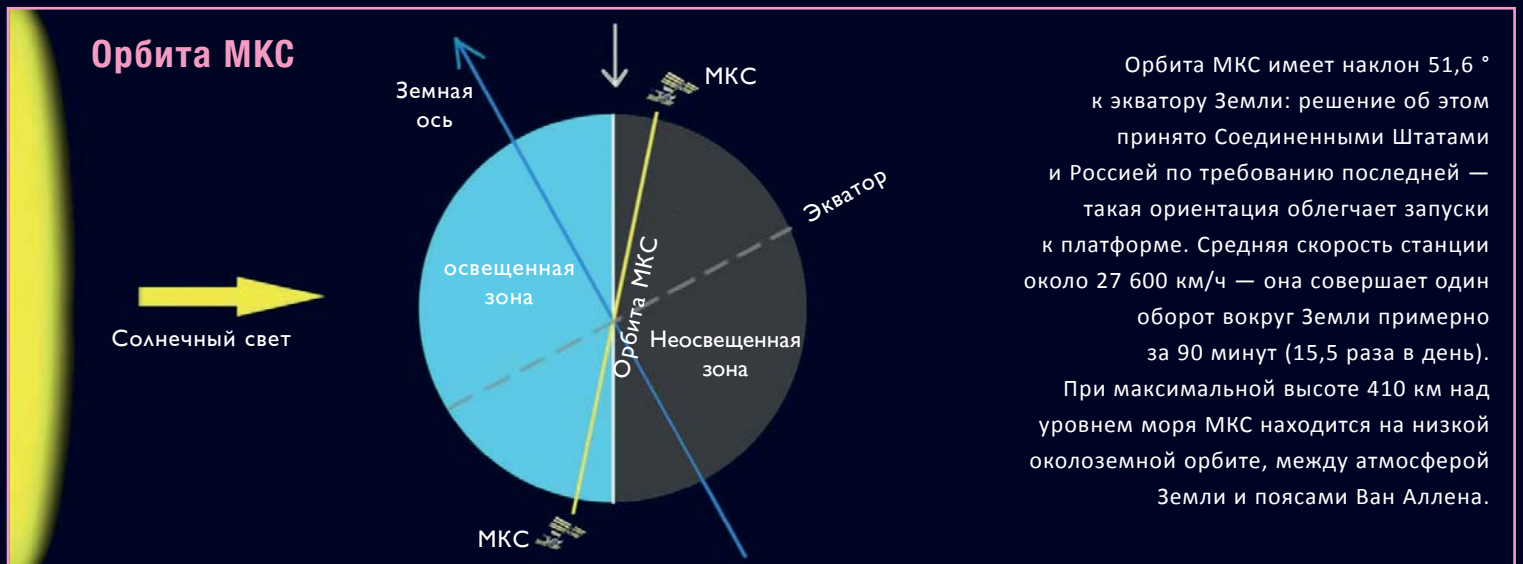


▲ Структура МКС постоянно меняется. Некоторые новые элементы в ближайшее время будут выведены на орбиту станции американскими и российскими средствами доставки.

◀ Основная цель экспериментов, проводимых на МКС, — изучение возможности длительных космических путешествий, а также колонизации других небесных объектов. Эксперименты касаются в основном здоровья и выносливости космонавтов, биологических функций в суровых условиях космической среды, космической биотехнологии, гидромеханики, квантовой механики, химии материалов, астрономических и метеорологических исследований.



◀ МКС с ее площадью более 100 м — крупнейшая структура такого типа в истории. Благодаря внушительному размеру и малой высоте, станцию можно увидеть с Земли даже невооруженным глазом. В специализированных изданиях и в интернете можно найти даты ее возможных наблюдений в зависимости от координат наблюдателя на земной поверхности. Структура модуля позволяет добавлять новые блоки и инструменты или удалять те, которые больше не нужны. Благодаря многочасовой работе, которую космонавты проводили в открытом космосе, существует возможность встроить в основную архитектуру МКС новые модули, прибывающие с Земли на транспортном корабле «Союз».



# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XXII

## Астрономия Мезоамерики

Мезоамериканская астрономия была основана на наблюдениях за небесными явлениями, позволяющих установить наиболее важные моменты религиозной и общественной жизни, контролировать достоверность календарей и предвидеть возможные несчастья, которые могли повлиять на город или правящий дом. Это была даже не астрономия, а, скорее, своего рода астрология.

В космологии майя плоская Земля удерживалась четырьмя гигантами, находящимися в четырех сторонах света. Майя классического периода представляли себе небо с 13 слоями, каждый из которых был связан с божеством и поддерживался пятью священными деревьями (центральное дерево имело гигантские размеры).



▲ Камень Солнца как будто вобрал в себя всю космологию ацтеков. В центре изображен Тонатиу, бог Солнца, а четыре свитка — это четыре людские эпохи прошлого. На большом резном круге месяц ацтеков разделен на 20 дней, а две обращенные друг к другу змеи символизируют небесный свод.



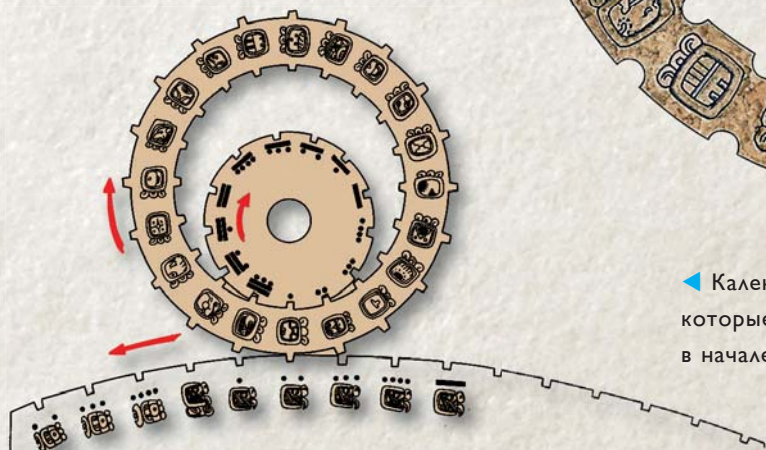
▲ Обсерватория Эль-Караколь в Чичен-Ице представляет собой три наложенные друг на друга четырехугольные платформы с цилиндрической башней и тремя окнами наверху. Из этих окон майя наблюдали за восходом и заходом Солнца, Венеры и некоторых самых ярких звезд, чтобы точно установить синодические периоды небесных тел. Астрономия майя, как и других древних цивилизаций, — это астрономия горизонта, основанная на наблюдениях за звездами в момент их появления или исчезновения на видимом небесном своде.



◀ Дрезденский кодекс майя получил свое название по имени города, в котором хранится.

Он относится к пост-классическому периоду майя (аналог нашего Средневековья), хотя восходит к более древнему оригиналу. Помимо различных религиозных и ритуальных текстов, его страницы содержат и астрономические записи, такие, как описание движения Венеры и прогнозы затмений Солнца и Луны.

▶ У майя было два календаря: религиозный «цолькин» и гражданский хааб, которые использовались параллельно — каждый день соответствовал определенной дате и в первом, и во втором. Четыре элемента обозначали каждый день попарно: для первой пары — число от 1 до 13 (на рисунке — самое маленькое колесо) и имя божества (колесо из 20 секций, окружающее первое); для второй пары — число от 0 до 19 обозначало день, а имя (одно из 18) — месяц (представлено на самом большом колесе). Сумма возможных комбинаций этих четырех элементов составляет 18 980 дней, или 52 года, которые у мезоамериканских народов составляли период, подобный нашему столетию.



◀ Календари майя состояли из зубчатых колес, которые вращались, как механические шестерни, в начале каждого дня.

# КОСМИЧЕСКИЕ ЗОНДЫ

В истории освоения космоса неоднократно важнейшие цели достигались при помощи беспилотных автоматических зондов (иногда с животными на борту). Беспилотными были первые запуски ракет за пределы атмосферы и все лунные программы после «Аполлонов».

При современном уровне знаний и технологий дальние путешествия по Солнечной системе для человека все еще остаются невозможными. Именно космические зонды используются для исследования и фотографирования с близкого расстояния планет, астероидов и комет или даже для посадки на них с последующей отправкой собранных данных на Землю.

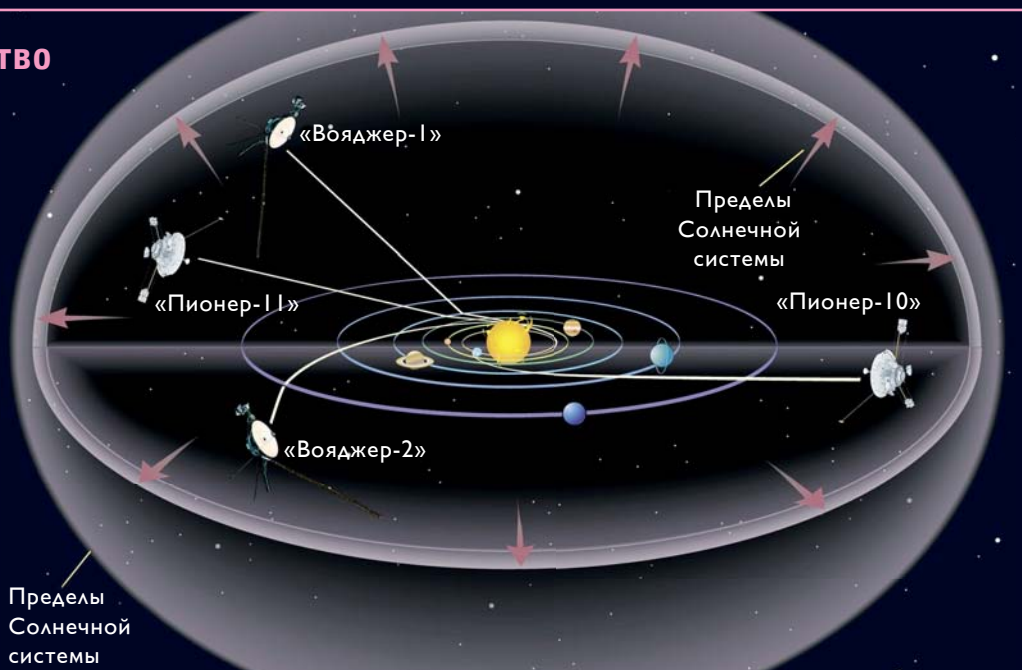
Среди наиболее известных автоматических космических миссий стоит выделить зонды «Вояджер-1» и «Вояджер-2», которые в 1970-х и 1980-х пролетели вблизи всех гигантских планет Солнечной системы. Они получили совершенно невероятные данные и сделали множество фотографий, которые до сих пор продолжают изучаться. Столь же важными межпланетными зондами прошлого века были «Пионер», «Маринер», «Викинг», «Джотто» (который в 1986 году приблизился к комете Галлея) и многие другие. Запуски новых автоматических миссий продолжаются и в XXI столетии.



▲ Два зонда «Вояджер» первыми достигли внешних областей Солнечной системы. «Вояджер-1» (на фото) был запущен в 1977 году и работает до сих пор. После сближения с Юпитером и Сатурном между 1979 и 1980 годами он продолжил свое путешествие вглубь космоса, за пределы Солнечной системы.

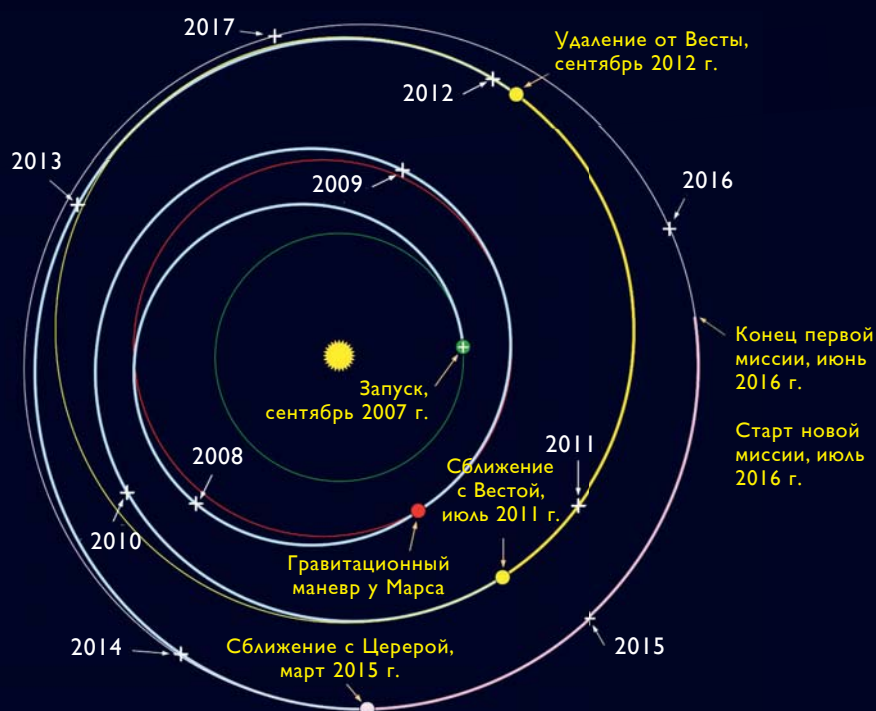
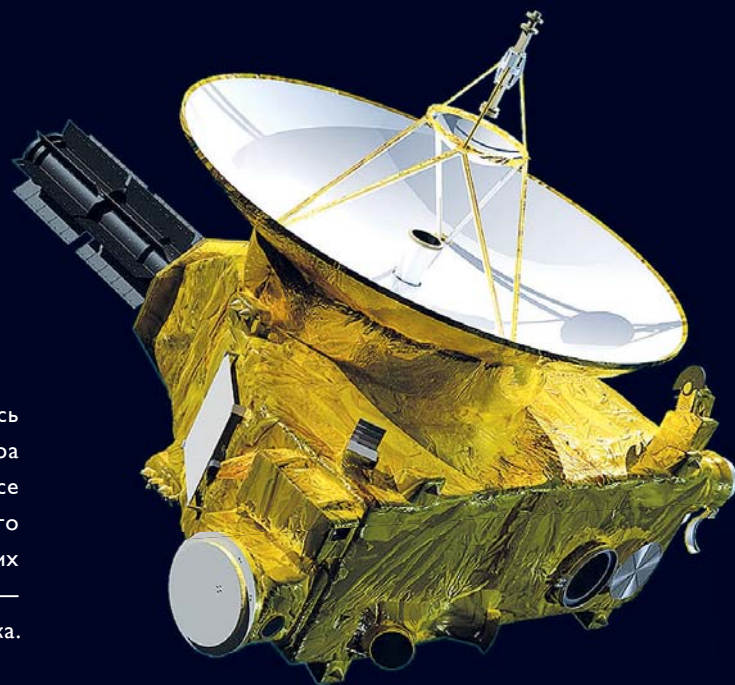
## В межзвездное пространство

После «Вояджера-1» дальше всех от Земли находится зонд «Пионер-10». Пролетев мимо Юпитера, он вышел во внешние области Солнечной системы и в 2003 году его след был потерян. «Вояджер-2» тоже движется в межзвездное космическое пространство и в 2023 году превзойдет рекорд удаления от Солнца, установленный «Пионером-10». Зонд «Пионер-11» двигался в направлении созвездия Орла, но связь с ним тоже потеряна.



► Космическая станция «Новые горизонты», стартовавшая в 2006 году, в 2015-м достигла карликовой планеты Плутон и его спутника Харона, получив изображения и данные об их поверхности и атмосфере. На борту зонда семь научных приборов: цифровая камера, телескоп видимого, инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов спектра, анализатор высокоэнергетических частиц, генератор радиоволн, измеритель пыли и электронный датчик. Миссия продолжает путь в открытом космосе, в 2020 году планируется ее сближение с объектом пояса Койпера 2014 MU<sub>69</sub> (Аррокот).

▼ Миссия НАСА Dawn («Рассвет») заключалась в отправке зонда к карликовой планете Церера и астероиду Веста, которые находятся в Главном поясе астероидов между орбитами Марса и Юпитера. Цель этого исследования — изучение процессов, происходивших при рождении Солнечной системы. Церера и Веста — крупнейшие остатки протопланетного диска.



◀ Хотя уже бывало, что другие зонды сближались за один полет более, чем с одной планетой, «Рассвет» впервые выходил на орбиту вокруг двух разных небесных объектов. Запущенный в сентябре 2007 года, зонд достиг орбиты Весты 16 июля 2011 года и около шести дней обращался вокруг малой планеты по спиральной траектории, приблизившись на минимальное расстояние 5200 км. Выполнив фотометрические и спектроскопические измерения поверхности Весты, космический аппарат направился к Церере, 6 марта 2015 года вышел на орбиту вокруг нее и оставался искусственным спутником Цереры почти 10 месяцев. Во время наблюдений с близкого расстояния он обнаружил на ней большое количество водяного льда. В июле 2018 года зонд находился всего в 35 км от поверхности карликовой планеты.

# Космический челнок (шаттл)

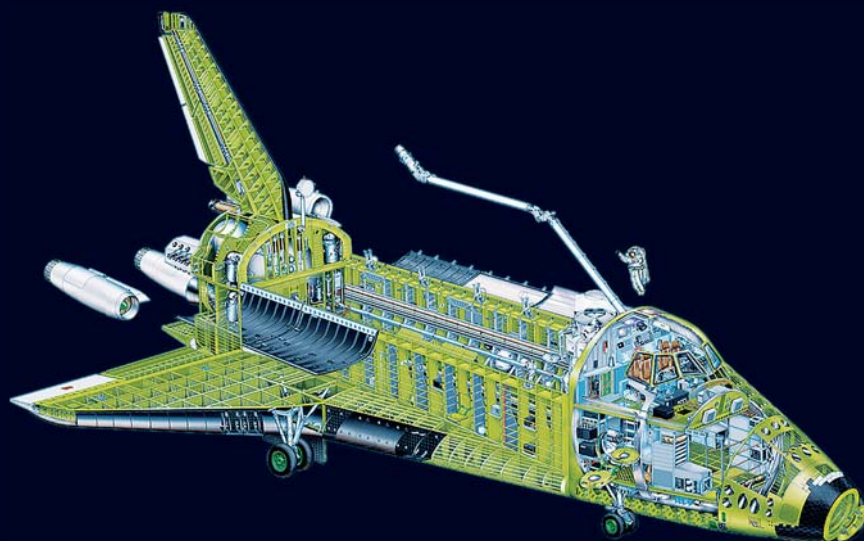
Программа запусков космических челноков (Space Shuttle) внесла огромный вклад в развитие космонавтики и научных исследований в целом. За 30 лет, с 1981 по 2011 год, челноки выводили на орбиту спутники, зонды, модули Международной космической станции, выполняли миссии по техническому обслуживанию и ремонту таких устройств, как космический телескоп «Хаббл» (пять раз).

Несмотря на два перерыва в программе после страшных аварий, стоивших жизни экипажам «Челленджера» (1986) и «Колумбии» (2003), использование шаттлов продолжалось, хотя и не так интенсивно, как раньше. Быстрое устаревание техники, огромные расходы на ее обслуживание, резко отрицательная реакция общества, потрясенного случившимися катастрофами, — все это привело к тому, что в 2011 году президент Соединенных Штатов навсегда прекратил программу космических челноков.

Теперь для транспортировки грузов и людей на МКС как американские астронавты, так и астронавты других стран используют только российские ракеты-носители «Союз», но НАСА уже работает над разрушением российской монополии. Частная компания SpaceX дорабатывает проект капсулы «Dragon 2», способной доставить на МКС экипаж из четырех астронавтов. Европейское космическое агентство разрабатывает проект «Crew Space Transport System».

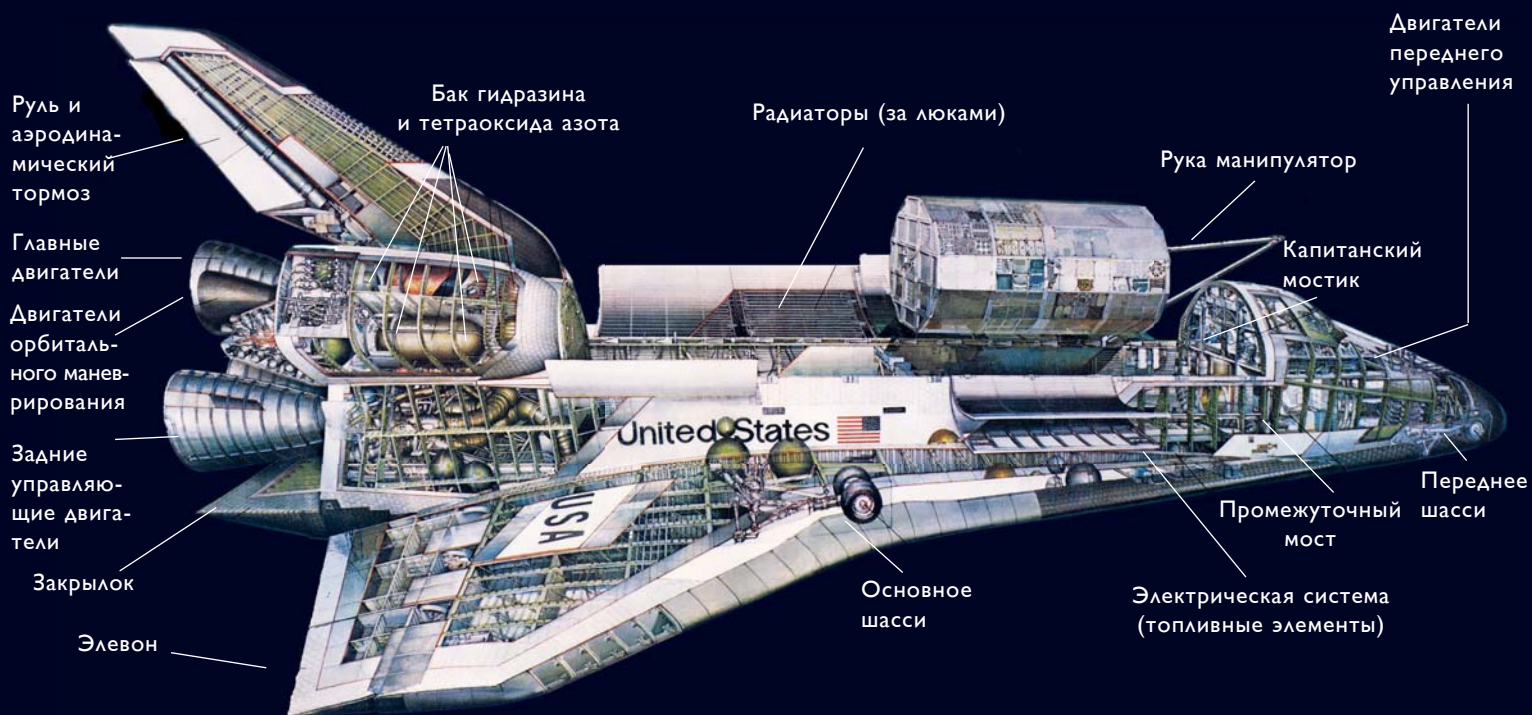


▲ Для запуска шаттла на орбиту требуется три криогенных ракетных двигателя, работающих на топливе из внешнего резервуара.



◀ Космический самолет «Буран», разработанный в Советском Союзе, совершил единственный полет. Его стоимость так ударила по казне государства, что отчасти способствовала экономическому кризису в СССР в конце 1980-х годов. Явное сходство между этим кораблем и американским космическим челноком не ограничивается внешним видом: у них оказалось множество общих технических аспектов, что спровоцировало подозрения в шпионаже.

# КОСМИЧЕСКИЙ ЧЕЛНОК НАСА



▼ Сравнение трех типов средств доставки, используемых в орбитальных миссиях: ракета-носитель «Союз» (последняя модель была выпущена в 2011 году и является единственной ныне эксплуатируемой; самолет размещен в верхней части); космический челнок (программа прекращена в 2011 году) с орбитальным блоком и ускорителями; советский космический самолет «Буран», совершивший единственный полет в 1988 году.



## От запуска до возвращения на Землю

Три маршевых двигателя шаттла отсоединяются, лишь только он преодолевает высоту стартового комплекса. Начинается маневр вращения для достижения правильного орбитального наклона: челнок поднимается, описывая дугу с постепенным ускорением, благодаря сбросу трех ускорителей и бака (после их отделения от корабля с помощью взрывных зарядов и ракет, они падают в Индийский океан). Затем траектория становится настильной, почти горизонтальной. Оказавшись на орбите, шаттл может начать миссию, которая обычно выполняется совместно с космическими станциями и спутниками (включая HST).

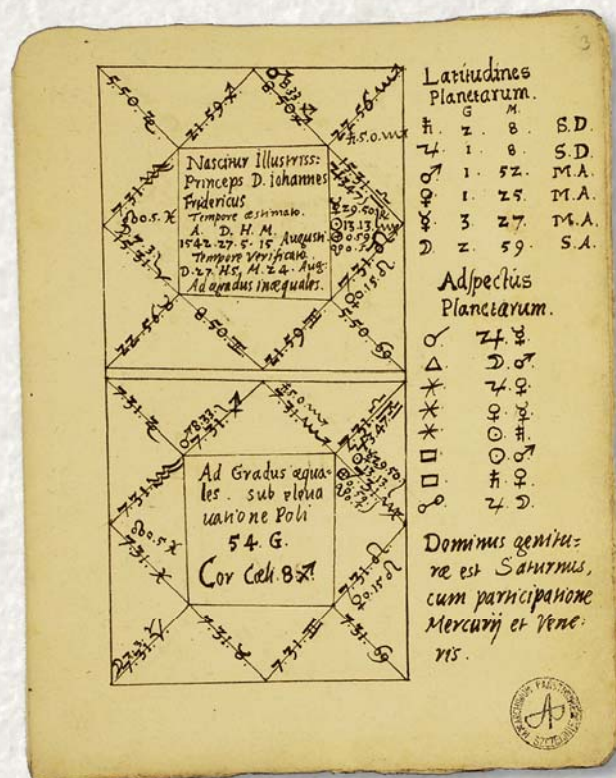


# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XXIII

## Астрономия и астрология

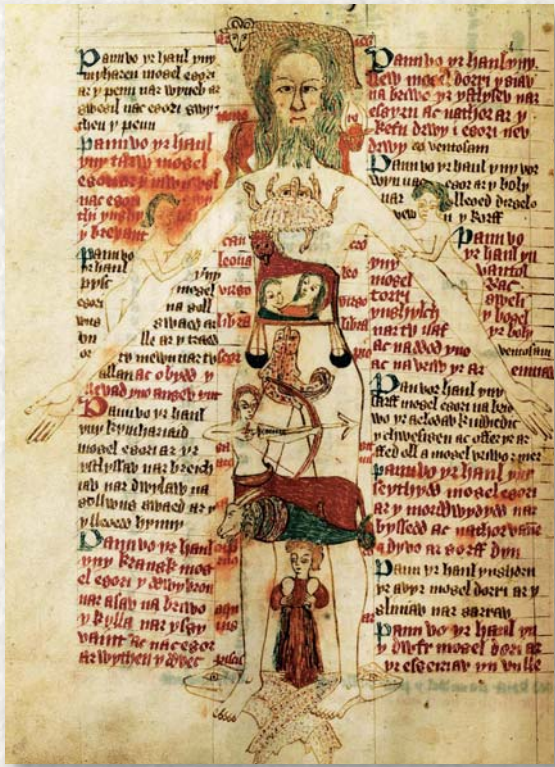
Астрология, изучающая предполагаемое влияние звезд и их движения на судьбу людей, имеет древние корни в традиционных знаниях таких народов, как халдеи и египтяне.

Греки собрали это наследие и передали его латинскому, затем средневековому миру. Но если римлянам была в целом близка идея о строгой предопределенности человеческой судьбы, то христиане Средневековья не допускали отказа от свободы воли и не принимали концепцию предопределения, продиктованного звездами. По этой причине такие авторы, как Исидор Севильский (VII век), считали астрологию суеверием. В 1327 году астролог Чекко д'Асколи был приговорен инквизицией к сожжению на костре. Меньшинство просвещенных христиан, вдохновленных *Speculum astronomiae* Альберта Великого, пытались проповедовать объединение астрологических и астрономических знаний, но в целом в Средние века произошло то глубокое расхождение астрономии и астрологии, которое продолжается и сегодня. В эпоху Возрождения астрология была частично реабилитирована, и многие астрономы Нового времени не гнушались составлением гороскопов и астрологических карт. Кеплер, к примеру, был убежден, что углубленное изучение астрологии поможет выделить «золотое зерно правды». Уделяли внимание ее изучению и великие астрономы древности: Птолемей написал «*Tetrabiblos*», который лег в основе всей западной астрологической традиции.



▲ Астральная, или натальная, карта, представленная в виде классической астрологической космограммы, демонстрирует расположение планет и звезд по отношению к зодиаку и 12 «домов» в момент рождения заказчика. Считалось, что различные конфигурации светил воздействуют на характер, судьбу и здоровье человека.

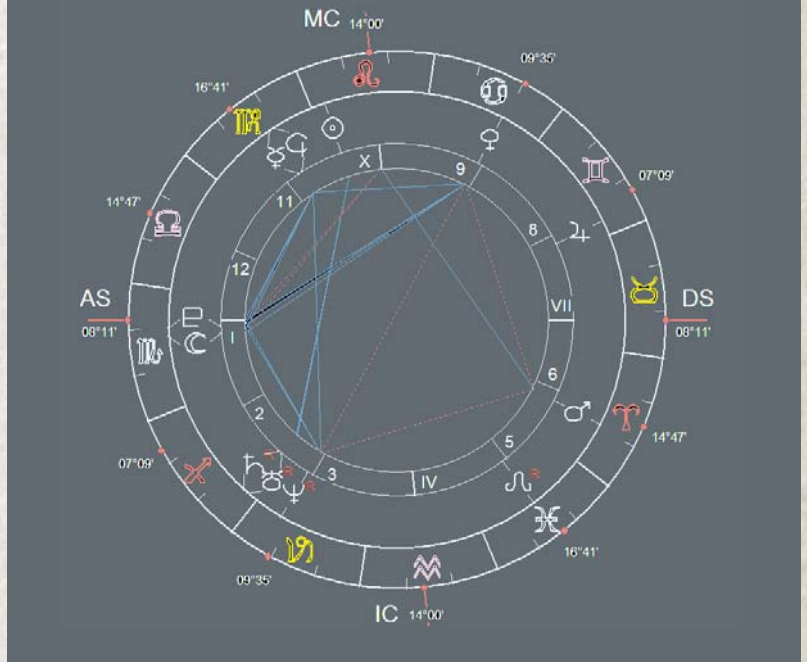
◀ Сложная дисциплина, уходящая корнями в многовековую традицию, астрология основывается на геоцентрической модели мира, как в чисто техническом, так и в философском смысле. Астрологи утверждали, что человеческий микрокосм, являясь привилегированным получателем астрального влияния и участником движения макрокосма, обязательно должен быть центром и в то же время копией Всего.



◀ Этот иллюстрированный кодекс XV века воспроизводит астрологическую модель человека — схему человеческого тела с соответствующими астрологическими знаками, связанными со здоровьем и физиологическими функциями его различных частей. На протяжении многих веков, по крайней мере, до начала современной эпохи, врачи использовали астрологию и гороскопы в своих рецептах и методах лечения. Но медицина была не единственной областью применения астрологических знаний: политики, например, часто использовали гороскопы, чтобы узнать будущее и посмотреть ему в лицо. У многих государей был официальный астролог, с которым они советовались перед принятием важных решений.

## Созвездия и дата рождения

Современная версия космограммы (см. рисунок на предыдущей странице) получена с помощью простой компьютерной программы. В отличие от астрологов прошлого, современным астрологам больше не нужно выполнять сложные расчеты методами позиционной астрономии, поэтому они могут сконцентрироваться исключительно на астрологических аспектах предсказаний.



◀ Астрология не принимает во внимание прецессию равноденствий и остается привязанной к небесным условиям времен первых греческих астрономов (когда точка весны находилась в Овне), поэтому 12 зодиакальных знаков оказываются абстрактными областями небосвода, не соответствующими астрономическим созвездиям. Согласно древней традиции, позже кодифицированной Птолемеем, каждый из знаков обладает характеристиками, которые в сочетании с характеристиками планет и звезд, проходящих через них, влияют на судьбу людей (а иногда решающим образом ее определяют) на индивидуальном и коллективном уровне.



# Марс — следующая цель?

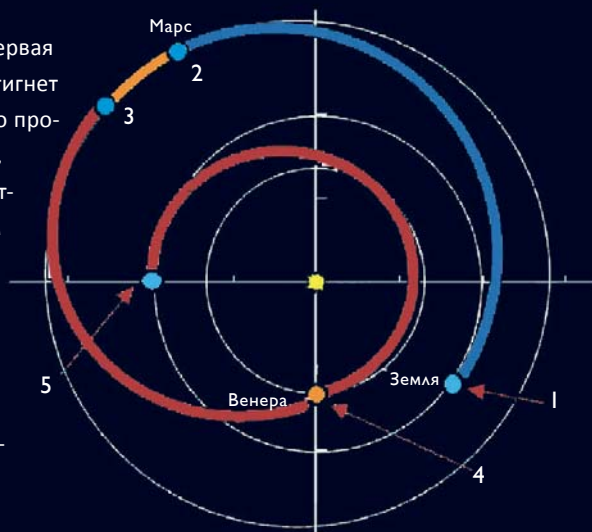
Задолго до того, как астронавты высадились на Луну, многие ученые и писатели мечтали о полете на Марс — планету с неблагоприятными условиями для жизни, но все же допускающими ее существование. На Марсе, планете меньшего размера и массы, чем наша, есть сезонные изменения, подобные земным; рельеф Марса наводил на мысль о том, что на поверхности планеты когда-то присутствовала вода. Все это рождало множество предположений и фантазий — от искусственных каналов, которые якобы наблюдались на Марсе Джованни Вирджини Скиапарелли в конце XIX века, существование которых позже было опровергнуто, до возникших в 1950-х годах гипотез писателей Артура Кларка и Рэя Брэдбери о будущих постоянных марсианских колониях. Мечта о покорении Марса стала казаться более реальной после посадки на Луне «Аполлона-11». Теперь мы знаем, однако, что на Марсе, скорее всего, нет никаких проявлений жизни и что проекты освоения этой планеты, хотя уже и не считаются полностью фантастическими, еще очень далеки от осуществления.



▲ Зонд «Феникс» приземлился недалеко от Северного полюса Марса 25 мая 2008 года. Он был отправлен НАСА для обнаружения следов воды и исследования способности планеты поддерживать жизнь. Были собраны образцы почвы и обнаружены признаки присутствия водяного льда.

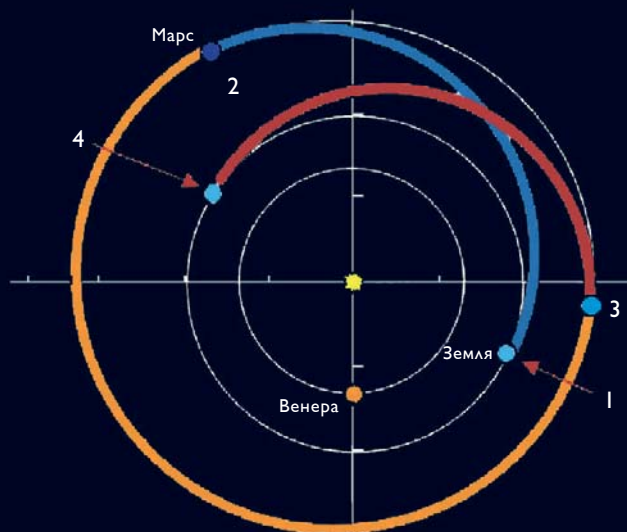
## Возможные сценарии путешествия на Марс

Планируется, что первая из экспедиций достигнет Марса в момент его противостояния Земле, а затем воспользуется гравитационным маневром вокруг Венеры для возвращения обратно. Второй вариант, требующий больше времени, предполагает прямой полет к планете в момент ее соединения с Солнцем и возвращение во время следующего соединения.



Оценки двух возможных траекторий полета на Марс

Марс в противостоянии. Продолжительность путешествия: 640 дней, из них 30 на Марсе.



Марс в соединении. Продолжительность путешествия: 910 дней, из них 550 на Марсе.

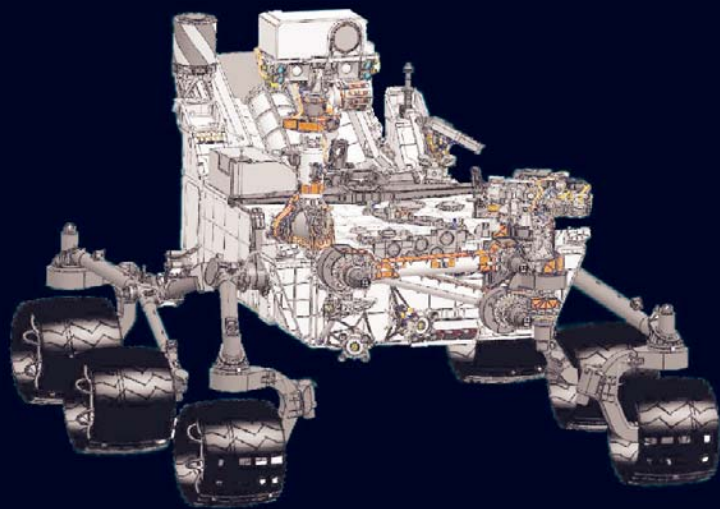


◀ С прибытием человека на Марс, планету, наиболее похожую на Землю с точки зрения физических условий и возможности существования жизни, будет завершён первый этап амбициозного проекта его колонизации.

Схема полета с Земли на Марс предполагает, что на Красной планете придется провести несколько месяцев прежде, чем можно будет отправиться в обратный путь (см. рисунок на предыдущей странице). В течение такого срока человек не сможет выжить на Марсе без соответствующей защиты.

На рисунке мы видим рядом с космическим кораблем транспортное средство для передвижения по поверхности планеты и помещение для защиты экипажа от радиации, холода и других экстремальных условий, характерных для Марса.

▶ В рамках исследовательской миссии «Mars Science Laboratory» марсоход «Curiosity», работающий с августа 2012 года, изучает возможность существования на поверхности планеты условий, необходимых для существования жизни. В июне 2018 года, проанализировав образцы грунта, взятые из отложений, возраст которых составляет несколько миллиардов лет, НАСА объявило о присутствии глубоко под марсианской поверхностью соединений углерода. Годом ранее Curiosity сфотографировал интересный рельеф скалистого плато с многочисленными трещинами, предполагающими наличие древнего грязевого слоя.



◀ Проект миссии «Орион». Космический аппарат, первый экспериментальный запуск которого планировался не позднее 2021 года, должен был сначала доставить экипаж из шести астронавтов на лунную орбиту и на поверхность нескольких астероидов. Потребовалось бы еще десятилетие, чтобы выполнить следующий шаг: высадиться на пустынную песчано-каменистую поверхность Марса.

# Иные миры: контакты с инопланетными существами

Одни ли мы во Вселенной? Сейчас ответить на этот вопрос можно только на основе общих гипотез экзобиологии — науки, находящейся в процессе становления, — да еще исходя из статистики и теории вероятностей. У нас нет никаких доказательств существования жизни за пределами Земли (и тем более существования разумных существ). На сегодняшний день прямыми наблюдениями за пределами Земли не было однозначно обнаружено никаких биологических структур.

Исходя из того, что мы знаем об условиях (климатических, атмосферных, геоморфологических и гравитационных), необходимых для развития жизни в известной нам форме, и применяя их к различным небесным объектам, особенно к экзопланетам, открытым в нашей Галактике, мы можем попытаться экстраполировать на них эти условия — разумеется, все это будут только предположения. Трудно, если вообще возможно, поверить, что мы являемся единственным исключением в огромной безжизненной Вселенной.

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

▲ В 1961 году астроном Фрэнк Дрейк вывел вероятностное уравнение для приблизительной оценки числа внеземных цивилизаций в пределах Млечного Пути. Однако неопределенность отдельных множителей в этом выражении остается высокой — особенно это касается фактора  $f_l$ . И в конечном счете нельзя исключить, что число  $N$  в уравнении Дрейка близко к нулю и что жизнь — неповторимое и уникальное явление.

**$N$ :** количество внеземных цивилизаций в Млечном Пути, с которыми принципиально возможно установление связи;

**$R^*$ :** среднегодовая скорость образования звезд в Млечном Пути;

**$f_p$ :** доля звезд, у которых есть планеты;

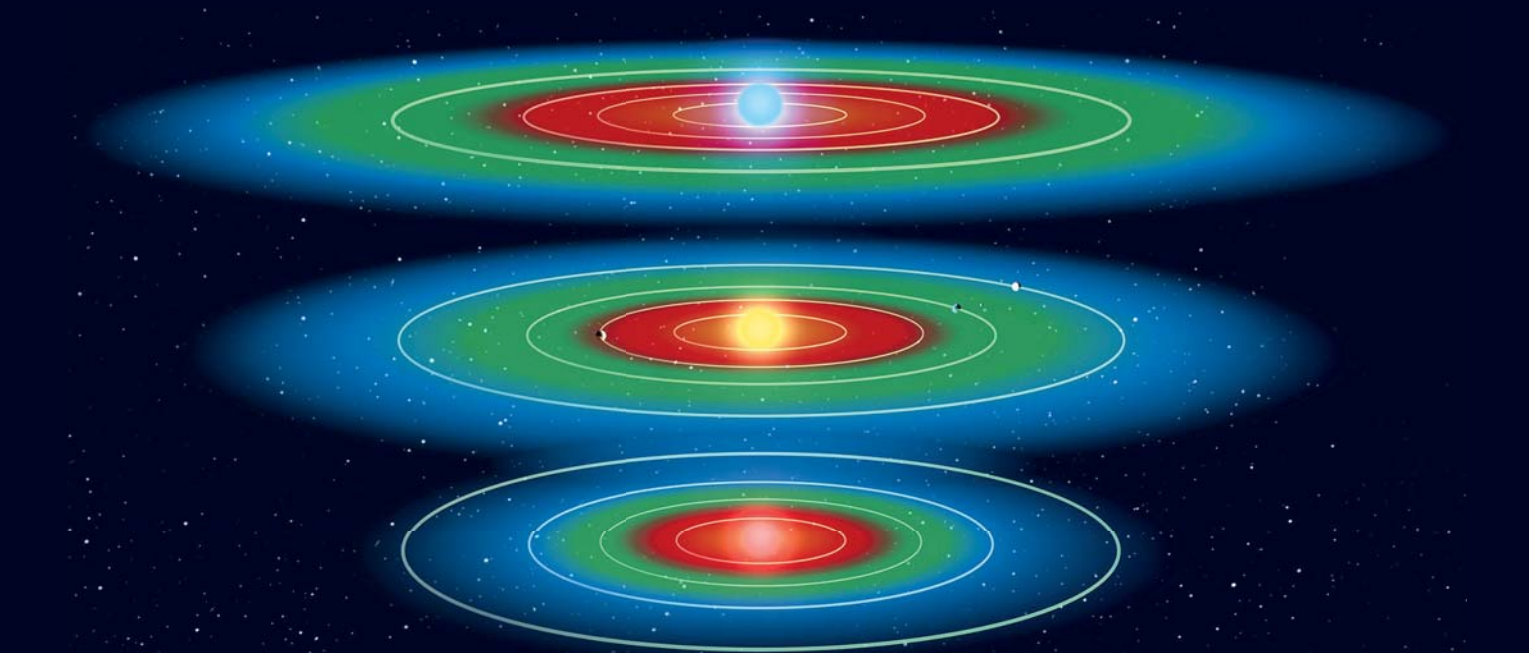
**$n_e$ :** среднее количество планет в одной планетной системе с условиями, пригодными для развития жизни;

**$f_l$ :** доля планет, на которых развилась жизнь;

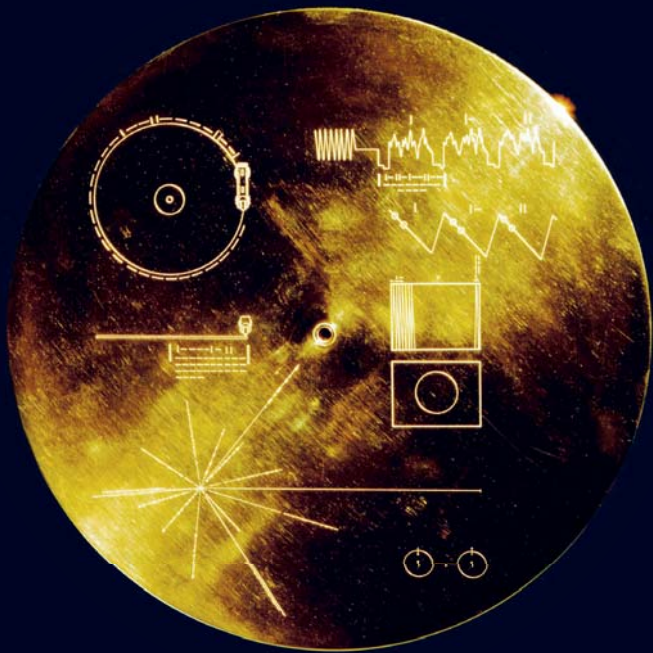
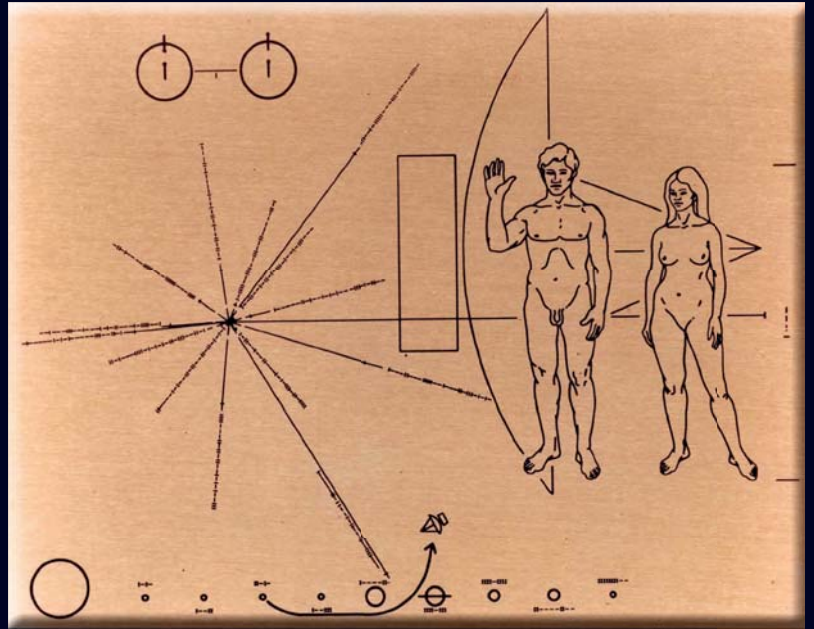
**$f_i$ :** доля планет, на которых эволюция привела к появлению разумных существ;

**$f_c$ :** доля внеземных цивилизаций, способных к контакту;

**$L$ :** оценка продолжительности существования развитых цивилизаций.



► На борту космических зондов «Пионер-10» и «Пионер-11», которые находятся сейчас у границ Солнечной системы и когда-нибудь, спустя тысячелетия, могут достичь ближайших к Солнцу звезд, находятся послания инопланетным цивилизациям: алюминиевые пластины с выгравированными на них символическими фигурами мужчины и женщины, картой для определения местоположения Солнца в Млечном Пути и Земли в Солнечной системе, схемой атома водорода как графической единицы измерения.

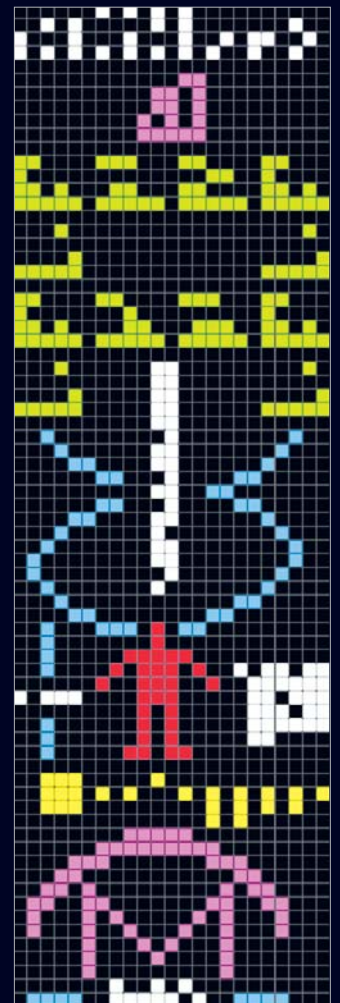


▲ Два других зонда, которые сейчас покидают нашу Солнечную систему, «Вояджер-1» и «Вояджер-2», тоже несут на борту сообщения на случай контакта с инопланетянами. Это аудиозаписи звуков, видеообразы жизни на Земле, графические символы, пытающиеся передать разнообразие и богатство человеческой культуры. Первая встреча «Вояджера» с какой-нибудь звездой может произойти не ранее чем через 40 000 лет.

◀ Положение пригодной для жизни зоны планетной системы (на рисунке показана зеленым цветом) зависит не только от расстояния от материнской звезды, но и от типа этой звезды: ее размера, температуры и массы. В зоне обитания (как ее называют) температура достаточно умеренная, чтобы на планетах могла существовать жидкая вода. Области, которые находятся слишком близко к звезде (показаны красным) или слишком далеко от нее (показаны синим) непригодны для жизни.

## Послание «Аресибо»

16 ноября 1974 года радиотелескоп Аресибо в Пуэрто-Рико отправил в сторону шарового скопления M13 в созвездии Геркулеса закодированное в двоичной системе радиопослание, составленное Фрэнком Дрейком, автором знаменитого уравнения. Пройдет 25 000 лет с момента отправки, прежде чем послание достигнет звезд скопления. Среди прочего, оно включает в себя числа от 1 до 10, информацию об атомных ядрах распространенных на нашей планете элементов (водорода, кислорода, азота, углерода и фосфора), сведения о ДНК и представление о ее спиральной структуре, физическое описание человека, карту Солнечной системы и стилизованный профиль радиотелескопа «Аресибо».



# Приложение 1

## Как пользоваться телескопом

### 1. Идентификация объекта наблюдения

Начать наблюдения надо с выбора небесного тела или группы тел, которые вы собираетесь наблюдать. Есть две большие категории объектов: те, что находятся на небосводе на одних и тех же местах (звезды, галактики, туманности, звездные скопления), и те, которые движутся по нему (обычно это объекты, принадлежащие Солнечной системе). После выбора объектов надо убедиться, что они видны на небе в то время и на той широте, на где и когда вы собираетесь приступить к наблюдению. Для объектов Солнечной системы существуют эфемериды — таблицы предвычисленных положений. Чтобы упростить для любителя все эти операции, создано огромное количество программ, способных предоставить наблюдателю нужные данные на любую дату в режиме реального времени.

### 2. Условия наблюдений

Чтобы наблюдения могли дать результат, надо позаботиться о хороших атмосферных условиях. Лучше отправиться в горы, где воздух чище, или хотя бы за город. Важно помнить о фазах спутника нашей планеты: яркий свет полной Луны может помешать увидеть слабые объекты. Наблюдать надо как можно дальше от источников искусственного освещения и мест с загрязненной атмосферой.

### 3. Выбор оборудования

Выбор оптического оборудования имеет принципиальное значение. Малое фокусное расстояние рекомендуется для рассеянных объектов, таких как галактики или кометы, а большое — для наблюдения двойных звезд и планет. Похожие рекомендации действуют и при выборе окуляра: малое увеличение в первом случае и большое во втором. Надо иметь в виду, что в условиях плохой видимости возникает множество трудностей, особенно при больших увеличениях. Если вы хотите зафиксировать изображение объекта для последующего сравнения или исследования, необходима цифровая камера. Важно теоретически рассчитать, а затем проверить наблюдением предельную звездную величину, доступную вашему инструменту. Это можно сделать по формуле  $m_l = m_v + 2,5 \lg(D/p)$  (где  $m_l$  — предельная величина;  $m_v$  — предельная визуальная величина, доступная вашему зрению;  $\lg$  — десятичный логарифм;  $D$  — диаметр объектива;  $p$  — диаметр выходного зрачка или окуляра).

## 4. Размещение инструментов

Как ни странно, совсем не просто расположить телескоп так, чтобы полярная ось его монтировки была направлена точно на север и чтобы мотор часового ведения обеспечивал правильное «отслеживание» телескопом видимого движения небесной сферы. Несмотря на то, что сегодня для этого разработаны автоматические цифровые системы, многие телескопы все еще требуют настройки через наведение на Полярную звезду.

## 5. Наведение на объект

В компьютеризированный телескоп достаточно ввести название объекта наблюдений, и инструмент автоматически на него наведется. В обычном телескопе для наведения придется использовать карты звездного неба. Довольно часто астрономам-любителям в наведении помогает так называемый искатель — присоединенная к главной трубе телескопа трубка с большим полем и малым увеличением, которая обеспечивает грубое наведение на окрестности объекта.

## 6. Запись и обработка данных наблюдений

Если еще 30 лет назад некоторые любители астрономии зарисовывали наблюдаемую в телескоп картину от руки, теперь цифровые камеры создают высококачественные изображения, пригодные для анализа формы объекта, регистрации его структуры и для количественных оценок звездной величины, угловых расстояний и координат.

## 7. Результаты наблюдений

Если после проверки подтверждается, что собранные данные или изображения содержат что-то новое и представляют научный интерес, вы можете поделиться ими с научным сообществом, послав сообщение в Центральное бюро астрономических телеграмм (CBAT).

# Приложение 2

## Хронология астрономических исследований

### 750 г. до н.э.

Вавилонские астрономы определяют лунно-солнечный цикл в 18,6 года — эту величину позже уточняет греческий астроном Метон.

### 585 г. до н.э.

Фалес Милетский предсказывает солнечное затмение.

### Около 575 г. до н.э.

Анаксимандр Милетский предлагает первую рациональную космологическую модель.

### 500 г. до н.э.

На Вавилонских табличках мир представлен в виде диска, на котором выгравирован ряд созвездий.

### 467 г. до н.э.

Анаксагор предлагает гипотезу для объяснения затмений, которая впоследствии подтвердилась.

### Около 435 г. до н.э.

Филолай отстаивает космологическую модель «центрального огня».

### 432 г. до н.э.

Метон вводит в Афинах календарь, основанный на лунно-солнечном цикле.

### Около 400 г. до н.э.

Вавилоняне используют Зодиак, чтобы разделить небо на 12 равных секторов по 30° каждый.

### 360 г. до н.э.

Платон пишет диалог «Тимей», затрагивающий вопросы космологии и космогонии.

### Около 355 г. до н.э.

Евдокс Книдский решает задачу Платона о представлении движений светил гомоцентрическими сферами.

### Около 350 г. до н.э.

Гераклид Понтийский утверждает, что Земля вращается вокруг своей оси.

### Около 300 г. до н.э.

Аристотель представляет физическую модель Вселенной с Землей в центре.

### Около 280 г. до н.э.

Арат из Сол сочиняет астрономическую поэму «Явления».

### 270 г. до н.э.

Аристарх Самосский выдвигает гелиоцентрическую модель Вселенной.

### Около 250 г. до н.э.

Эратосфен вычисляет размеры Земли и получает результаты, очень близкие к реальности.

### 240 г. до н.э.

Китайские астрономы впервые фиксируют комету Галлея.

### 212 г. до н.э.

Римский консул Марк Клавдий Марцелл после взятия и разграбления Сиракуз завладевает планетарием Архимеда и увозит его в Рим.

### Около 200 г. до н.э.

Аполлоний Пергский вводит эпициклы и деференты.

### Около 150 до н.э.

Создание глобуса Кратеса — предположительно первого земного глобуса.

### Около 135 до н.э.

Гиппарх Никейский обнаруживает прецессию равноденствий и вычисляет расстояние до Луны.

### Около 100 г. до н.э.

Изготовлен Антикитерский механизм.

### 50 г. до н.э.

Создан Дендерский зодиак, старейшая из сохранившихся небесных карт.

### 46 г. до н.э.

Юлий Цезарь проводит реформу римского календаря.

### 4 г. до н.э.

Ши Шэнь каталогизирует 809 звезд в 122 созвездиях и впервые наблюдает солнечные пятна.

### Около 140 г.

Птолемей издает «Альмагест» со звездным каталогом, разделенным на 48 созвездий, в дополнение к геометрическим и математическим основам его геоцентрической модели.

Аль-Бируни предлагает гелиоцентрическую модель.

### **185 г.**

В китайских и римских анналах фиксируют появление очень яркой новой звезды (сверхновой) в созвездии Центавра.

### **400 г.**

Космологические временные циклы инду-сов, объясняемые в «Сурья-сиддханте», основаны на средней продолжительности звездного года в 365,2563627 дня, что всего на 1,4 секунды больше принятого сегодня значения.

### **499 г.**

Индийский математик и астроном Ариабхата в своей «Ариабхатии» называет гравитацию причиной того, что предметы не срываются с поверхности Земли при ее вращении. Он предлагает геоцентрическую систему, в которой планеты вращаются вокруг своей оси и обращаются по эллиптическим орбитам, а Солнце и Луна вращаются вокруг Земли.

### **628 г.**

Индийский астроном Брахмагупта в своей «Брахма-спхута-сиддханте» впервые постулирует существование силы тяготения и предвосхищает второй закон Ньютона.

### **750 г.**

Аль-Фазари переводит на арабский основные санскритские тексты по астрономии и создает первые арабские астролыбии.

### **830 г.**

Первая великая астрономическая работа оригинального характера в исламском мире — «Зидж ас-Синд» аль-Хорезми. Содержит таблицы движений Солнца, Луны и пяти планет, пересказывает птолемеевскую систему мира.

### **850 г.**

Аль-Фаргани пишет «Компендиум науки о звездах», основанный на «Альмагесте», но с поправками на наклон эклиптики, прецессионное движение апогеев Солнца и Луны и окружность Земли.

### **1000 г.**

После контакта с передовой исламской культурой Гербер д'Орийак знакомит Запад с такими инструментами, как часы и счеты, а также составляет описание астролыбии.

### **1000 г.**

Наблюдая за горизонтом с вершины горы, аль-Бируни вырабатывает новый тригонометрический метод вычисления радиуса и окружности Земли.

### **1006 г.**

Взрыв сверхновой звезды в созвездии Волка, достигшей величины  $-7,5$  и видимой в Европе очень низко над южным горизонтом. Зафиксирован в хронологических отчетах западных монастырей.

### **1028 г.**

Ибн аль-Хайсам обнаруживает ряд противоречий в космологической модели Птолемея.

### **1031 г.**

Ас-Синджари, современник аль-Бируни, предполагает возможность гелиоцентрической модели как альтернативы птолемеевскому и аристотелевскому геоцентризму.

### **1033 г.**

Кольцеобразное затмение Солнца, видимое в Европе, аналогичное тому, которое

должно было за тысячу лет до этого наблюдаться во время распятия Иисуса Христа.

### **1054 г. н.э.**

Китайские астрономы зафиксировали еще одну сверхновую в созвездии Тельца. На наскальных рисунках коренных жителей Северной Америки изображена яркая звезда рядом с Луной.

### **1066 г. н.э.**

Впечатляющий проход кометы Галлея изображен на гобелене из Байё, созданном в честь битвы при Гастингсе.

### **1106 г. н.э.**

Западные и китайские летописи регистрируют появление чрезвычайно яркой и протяженной кометы, вошедшей в историю как X/1106 C1, или Великая комета 1106 года.

### **1126 г.**

Важные индийские и арабские астрономические труды (в том числе «Ариабхатия» и «Брахма-спхута-сиддханта») переведены на латынь в Кордове, что способствует распространению арабской и индийской астрономии среди европейских ученых.

### **1134 г.**

Герард Кремонский переводит многочисленные научные тексты на латынь: среди них первые три книги «Метеорологики» Аристотеля и «Альмагест» Птолемея.

### **Около 1200 г.**

Аль-Битруджи пишет «Книгу теоретической космологии» — текст, вдохновленный аристотелевской физикой и критикующий Птолемея.

### 1230 г.

Английский математик и астроном Иоанн Сакробоско пишет «Трактат о сфере», работу для студентов Quadrivio.

### 1272 г.

Насир ад-Дин Туси, директор обсерватории в Мараге, создает высокоточные «Ильханские таблицы».

### 1280 г.

Кампанус из Новары пишет *Theorica Planetarum* («Теорию планет»), в которой среди прочего можно найти инструкции по построению моделей для расчета положений планет.

### Около 1350 г.

Ибн аш-Шатир пишет «Предел желания в исправлении элементов» — работу, которая в дальнейшем повлияет на Коперника.

### 1496 г.

В «Эпитоме» Иоганн Мюллер Региомонтан критикует перевод Альмагеста, указывая на неточности в нем. Эта книга, по словам Коперника, оказала на него большое влияние.

### 1543 г.

Коперник публикует свою гелиоцентрическую теорию в книге *De Revolutionibus orbium coelestium* («Об обращениях небесных сфер»).

### 1572 г.

Тихо Браге наблюдает «новую звезду».

### 1582 г.

Григорий XIII реформирует календарь.

### 1604 г.

В созвездии Змеи вспыхнула сверхновая. Взрыв наблюдает и изучает Иоганн Кеплер, который позже опубликует результаты в труде *De stella nova in pede Serpentarii* («О новой звезде в Змее»).

### 1609 г.

Галилео Галилей впервые наблюдает в телескоп кратеры Луны, спутники Юпитера и явление фаз Венеры. Первый и второй законы Кеплера.

### 1610 г.

Галилео Галилей, Иоганн Фабрициус и Кристоф Шайнер одновременно открывают солнечные пятна и устанавливают, что они вращаются вместе с Солнцем.

### 1619 г.

Третий закон Кеплера.

### 1632 г.

В свет выходит работа Галилео Галилея «Диалоги» (*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*), написанная в поддержку системы Коперника.

### 1638 г.

Йоханнес Холварда открывает первую переменную звезду (Омикрон Кита, или Мира).

### 1659 г.

Христиан Гюйгенс упоминает об открытии спутника Сатурна и плотного кольца, окружающего планету.

### 1663 г.

Жан-Доминик Кассини оценивает период вращения Юпитера в 9 часов и 56 минут.

### 1666 г.

Ньютоновский «Год чудес».

### 1668 г.

Исаак Ньютон создает первый рефлектор.

### 1676 г.

Олаф Кристенсен Ремер определяет скорость света по наблюдениям спутников Юпитера.

### 1680 г.

Появление большой кометы, наблюдаемое Ньютоном и другими философами и астрономами, представляющими «новую науку».

### 1682 г.

Эдмонд Галлей наблюдает за кометой, которая носит его имя, и математически связывает ее появление с тремя предыдущими.

### 1687 г.

Исаак Ньютон публикует книгу *Philosophie Naturalis Principia Mathematica* («Математические начала натуральной философии»), в которой излагает законы механики и теорию всемирного тяготения.

### 1704 г.

Исаак Ньютон издает книгу «Оптика», в которой описывает свои эксперименты с призмами, а также объясняет природу света.

### 1729 г.

Джеймс Брэдли обнаруживает абберацию света, хотя и ждет до 1748 года, чтобы объявить об открытии нутации.

### 1758 г.

Прохождение кометы Галлея подтверждает выводы Галлея, умершего 16 годами ранее, о ее периодичности.

### 1767 г.

Джон Мичелл первым предполагает, что компоненты двойной звезды могут быть физически связаны.

### 1781 г.

Уильям Гершель открывает планету Уран с помощью созданного им зеркального телескопа.

### 1784 г.

Шарль Мессье публикует каталог звездных скоплений и туманностей.

### 1788 г.

Жозеф Луи Лагранж издает в Париже «Аналитическую механику».

### 1798 г.

Генри Кавендиш в своей лаборатории впервые измеряет силу притяжения между двумя объектами.

### 1800 г.

Уильям Гершель пропускает солнечный свет через призму и с помощью термометра измеряет энергию в разных цветовых полосах спектра. Наблюдая неожиданное увеличение энергии за пределами красной части спектра, он открывает невидимое инфракрасное излучение и закладывает основы спектроскопии.

### 1801 г.

Джузеппе Пьяцци открывает Цереру, первый астероид.

### 1814 г.

Йозеф фон Фраунгофер изобретает спектроскоп и анализирует линии поглощения в солнечном спектре.

### 1825 г.

Пьер-Симон Лаплас завершает пять томов своей «Небесной механики».

### 1838 г.

Фридрих В. Бессель впервые вычисляет расстояние до звезды 61 Лебеда, измерив ее параллакс.

### 1846 г.

Используя расчеты Урбена Леверье, Иоганн Готтфрид Галле открывает Нептун.

### 1851 г.

Признано существование одиннадцатилетнего цикла солнечных пятен, вывод о котором сделал в 1843 году Генрих Швабе.

### 1854 г.

Герман фон Гельмгольц предполагает, что Солнце черпает энергию из гравитационного сжатия.

### 1864 г.

Джеймс Клерк Максвелл формулирует уравнения электромагнетизма и указывает, что свет представляет собой электромагнитную волну.

### 1866 г.

Джованни Вирджинио Скиапарелли доказывает, что метеоритные дожди — это остатки комет.

### 1900 г.

Макс Планк объясняет, как горячие объекты излучают свет, и выдвигает гипотезу о том, что световая энергия состоит из фотонов.

### 1905 г.

Эйнштейновский «год чудес». Эйнштейн публикует специальную теорию относительности.

### 1906 г.

Эйнар Герцшпрунг устанавливает стандарт измерения истинной яркости звезд и показывает, что у 90% из них существует связь между цветом и абсолютной величиной. В 1913 году Генри Норрис Расселл опубликует диаграмму, доказывающую эту взаимосвязь.

### 1908 г.

Джордж Эллери Хейл обнаруживает, что солнечные пятна содержат сильные магнитные поля. В Тунгуске, в Сибири, падает астероид или комета, взорвавшись в 5 км от поверхности Земли. Это самый сильный естественный взрыв, зарегистрированный в Новое время.

### 1910 г.

Хотя в этот год на небе появляется комета Галлея, протагонистом становится другая комета — «Дневной свет», или Великая январская комета, одна из самых ярких из всех когда-либо наблюдавшихся. Ее было видно даже днем.

### 1915 г.

Эйнштейн предлагает теорию гравитации — общую теорию относительности.

### 1916 г.

Опираясь на теорию Эйнштейна, немецкий физик Карл Шварцшильд закладывает основы теории черных дыр.

### 1917 г.

Гебер Кертис наблюдает новую звезду в спиральных ветвях туманности Андромеды, вычисляет расстояние до нее и формулирует теорию островных вселенных, согласно которой спиральные туманности есть независимые друг от друга скопления газовых облаков и звезд, подобные Млечному Пути.

### 1919 г.

Наблюдая солнечное затмение, Артур Стэнли Эддингтон экспериментально подтверждает гравитационное отклонение света, предсказанное теорией относительности.

### 1920 г.

Изучив шаровые скопления, сосредоточенные в направлении созвездия Стрельца, Харлоу Шепли выдвинул гипотезу о том, что ядро Млечного Пути должно находиться в этом направлении.

### 1921 г.

Между 1921 и 1927 годами с помощью созданной ими термопары Сет Барнз Николсон и Эдисон Петтит проводят систематические наблюдения инфракрасного излучения Луны, планет и 134 звезд.

### 1926 г.

Эдвин Хаббл предлагает первую морфологическую классификацию галактик.

### 1927 г.

Жорж Эдуард Леметр развивает уравнения Большого взрыва и предполагает, что разбегание галактик является следствием расширения Вселенной: это гипотеза первичного атома, причины Большого взрыва.

### 1929 г.

Эдвин Хаббл отмечает, что другие галактики удаляются от нас во всех направлениях, доказывая, что Вселенная расширяется.

### 1930 г.

Клайд Томбо фотографически регистрирует Плутон.

### 1932 г.

Карл Янский случайно обнаруживает радиоисточник в созвездии Стрельца, в направлении центра Галактики.

### 1934 г.

Вальтер Бааде и Фриц Цвикки предполагают возможность существования звезд, полностью состоящих из нейтронов.

### 1935 г.

Индийский астрофизик Субраманьян Чандрасекар вычисляет верхний предел массы белого карлика (предел Чандрасекара), за которым формируется нейтронная звезда или черная дыра.

### 1938 г.

Ханс А. Бете предполагает, что источник энергии звезд — термоядерный синтез.

### 1949 г.

Фред Хойл во время передачи на радио BBC употребляет выражение «Большой взрыв».

### 1958 г.

Джеймс Альфред Ван Аллен докладывает в Академии наук США об открытии радиационных поясов. Юджин Паркер предполагает существование солнечного ветра.

### 1960 г.

Аллан Сэндидж открывает первый квазар.

### 1964 г.

Астрономы Арно Пензиас и Роберт Вудро Вильсон открывают космическое микроволновое фоновое излучение.

### 1965 г.

Комета Икэя — Секи, вероятно, часть Великой кометы 1106 года, достигает видимой величины −10.

### 1968 г.

Джоселин Белл и Энтони Хьюиш открывают источники крайне короткопериодического радиоизлучения — пульсары.

### 1974 г.

Стивен Хокинг демонстрирует, что черные дыры — это тела, описываемые законами термодинамики, а также обладающие энтропией и температурой, определяемыми их гравитационным полем и поверхностью.

### 1987 г.

В Большом Магеллановом Облаке наблюдается сверхновая звезда, самая яркая после обнаруженной в начале XVII века. Обнаружение образовавшихся при взрыве нейтрино подтверждает теорию взрывов сверхновых.

### 1990 г.

Космический телескоп «Хаббл» выведен на орбиту.

### 1994 г.

Фрагменты кометы Шумейкеров — Леви бомбардируют атмосферу Юпитера.

### 1995 г.

Подтверждается существование внесолнечных планет.

### 2002 г.

Подтверждается широко распространенная гипотеза о наличии черной дыры в центре нашей Галактики. Благодаря изучению орбиты звезды, которая вращается вокруг нее, удалось вычислить массу объекта: в 3,7 миллиона раз больше, чем у Солнца.

### 2003 г.

Седна, транснептуновый планетоид с сильно вытянутой эллиптической орбитой, находящийся намного дальше Плутона, обнаружен в его перигее.

### 2006 г.

Международный астрономический союз (МАС) принимает другое, более конкретное, определение планеты и классифицирует Плутон, Цереру и Эриду как карликовые планеты.

### 2008 г.

Впервые метеороид, движущийся по курсу столкновения с Землей, обнаружен и отслежен до удара.

### 2012 г.

Команда под руководством Суви Гезари из Университета Джона Хопкинса впервые фиксирует изображение сверхмассивной черной дыры.

### 2013 г.

Первый внесолнечный астероид обнаружен вокруг белого карлика GD 61. Это также первое локализованное внесолнечное тело, содержащее воду в жидкой или твердой форме.

### 2016 г.

Впервые наблюдаются гравитационные волны, возникающие в результате столкновения двух черных дыр. Обнаружена экзопланета Проксима Центавра b, обращающаяся вокруг Проксимы Центавра, ближайшей к Солнцу звезды.

### 2017 г.

На орбите ультрахолодного красного карлика TRAPPIST-1 обнаружена планетная система с семью каменистыми экзопланетами, похожими на Землю.



# Приложение 3

## Хронология космических исследований

### 4 октября 1957 г.

Первый искусственный спутник (советский «Спутник-1») и первые радиосигналы из космоса.

### 3 ноября 1957 г.

Первый запуск корабля с живым существом на борту («Спутник-2» с собакой Лайкой).

### 31 января 1958 г.

Первый американский спутник (Explorer 1) подтверждает существование поясов Ван Аллена.

### 18 декабря 1958 г.

Первый экспериментальный спутник связи (SCORE).

### 2 января 1959 г.

Первый выход из сферы земного притяжения (советская станция «Мечта» или «Луна-1»).

### 4 января 1959 г.

Выход зонда на околосолнечную орбиту (советский зонд «Луна-1»).

### 13 сентября 1959 г.

Первое столкновение с другим небесным телом (советский зонд «Луна-2» падает на Луну).

### 4 октября 1959 г.

Первые изображения обратной стороны Луны (зонд «Луна-3»).

### 11 марта 1960 г.

Первый космический зонд, запущенный к Солнцу (американский зонд «Пионер-5»).

### 11 августа 1960 г.

Первый спутник, вернувшийся с орбиты целым и невредимым (Discoverer 13).

### 19 августа 1960 г.

Первые животные и растения, вернувшиеся живыми из орбитального полета (на советском спутнике «Восток-1К» №2, известном как «Спутник-5»).

### 12 апреля 1961 г.

Советский космонавт Юрий Гагарин — первый человек в космосе (на корабле «Восток-1»).

### 5 мая 1961 г.

Первый американский пилотируемый космический полет (за штурвалом Алан Шепард).

### 20 февраля 1962 г.

Первые три оборота вокруг Земли (астронавт Джон Гленн).

### 10 июля 1962 г.

Первый запуск телекоммуникационного спутника (Telstar 1).

### 14 декабря 1962 г.

Первый близкий облет другой планеты (зонд Mariner 2 вокруг Венеры).

### 16 июня 1963 г.

Валентина Терешкова — первая женщина в космосе.

### 26 июля 1963 г.

Первый телекоммуникационный спутник на геосинхронной орбите (Syncom 2).

### 19 августа 1964 г.

Первый геостационарный телекоммуникационный спутник (Syncom 3).

### 12 октября 1964 г.

Первый полет с тремя членами экипажа (на советском корабле «Восход-1»).

### 18 марта 1965 г.

Первый выход в открытый космос (советский космонавт Алексей Леонов).

### 6 апреля 1965 г.

Первый коммерческий спутник связи, выведенный на геостационарную околоземную орбиту (Intelsat 1).

### 14 июля 1965 г.

Первый облет Марса (зонд «Mariner 4»).

### 15 декабря 1965 г.

Первая встреча на орбите двух пилотируемых космических кораблей «Gemini 6 и Gemini 7».

### **3 февраля 1966 г.**

Первая мягкая посадка на Луну и первые фотографии, отправленные на Землю с поверхности другого небесного тела (советский зонд «Луна-9»).

### **1 марта 1966 г.**

Первый контакт с другой планетой (советский зонд «Венера-3» на Венере).

### **3 апреля 1966 г.**

Первый искусственный спутник на окололунной орбите (советская станция «Луна-10»).

### **23 августа 1966 г.**

Первая фотография Земли с лунного орбитального зонда («Орбита-1»).

### **21 декабря 1968 г.**

Первые люди на окололунной орбите (космический корабль «Аполлон-8»).

### **16 января 1969 г.**

Первая стыковка двух космических кораблей («Союз-4» и «Союз-5») и обмен экипажами.

### **21 июля 1969 г.**

Нил Армстронг — первый человек, ступивший на Луну. Первый космический запуск с другого небесного тела (миссия «Аполлон-11»).

### **24 сентября 1970 г.**

Первое возвращение роботизированного зонда с Луны (зонд «Луна-16»).

### **23 ноября 1970 г.**

Первый самодвижущийся лунный аппарат («Луноход-1»).

### **12 декабря 1970 г.**

Первый рентгеновский спутник «Ухуру» (с телескопом, наблюдающим небо в рентгеновских лучах).

### **15 декабря 1970 г.**

Первая мягкая посадка на другую планету (зонд «Венера-7» на Венере).

### **19 апреля 1971 г.**

Первая космическая станция («Салют-1»).

### **7 августа 1971 г.**

Первый луноход, управляемый астронавтами (миссия «Аполлон-15»).

### **14 ноября 1971 г.**

Первый космический зонд на околомарсовой орбите (Mariner 9).

### **27 ноября 1971 г.**

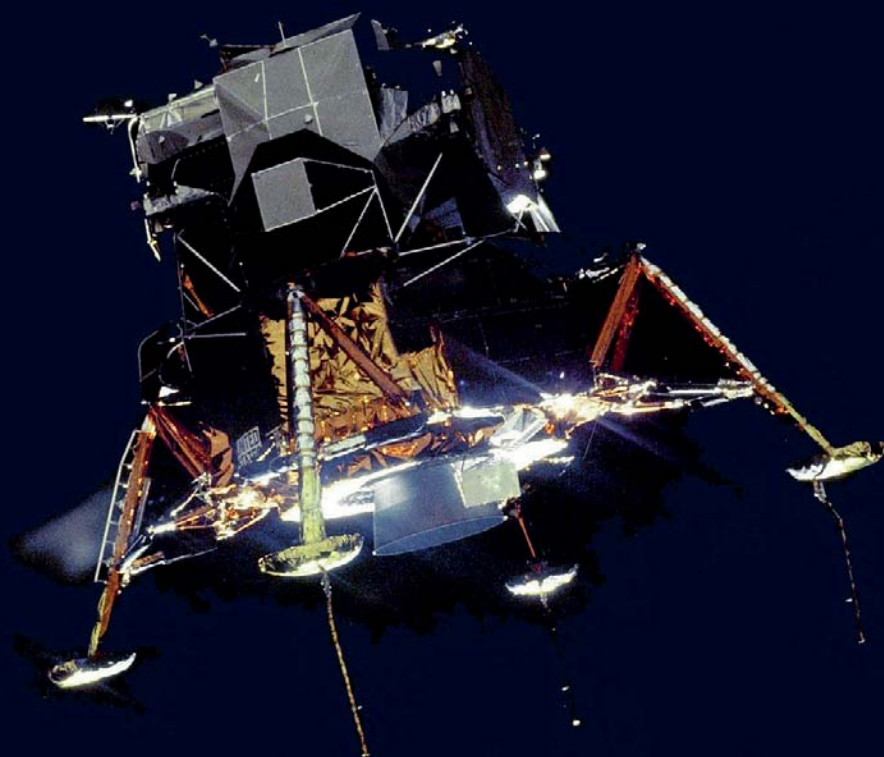
Первый контакт с Марсом (зонд «Марс-2»).

### **2 декабря 1971 г.**

Первая мягкая посадка на Марс (зонд «Марс-3»).

### **15 июля 1972 г.**

Первая миссия по пересечению пояса астероидов и выходу за пределы Солнечной системы (зонд «Пионер-10»).



**14 мая 1973 г.**

США запускают свою первую космическую станцию («Skylab»).

**3 декабря 1973 г.**

Первое пересечение пояса астероидов и пролет в непосредственной близости от Юпитера (зонд «Пионер-10»).

**5 февраля 1974 г.**

Пролет вблизи Венеры (зонд Mariner 10).

**29 марта 1974 г.**

Первый пролет рядом с Меркурием (зонд Mariner 10).

**15 июля 1975 г.**

Первая международная космическая миссия («Аполлон — Союз»).

**20 октября 1975 г.**

Первый зонд на орбите Венеры (зонд «Венера-9»).

**22 октября 1975 г.**

Первая фотография поверхности другой планеты (снимок Венеры с борта «Венера-9»).

**20 июля 1976 г.**

Первое фото и сбор образцов грунта с поверхности Марса (зонд Viking Lander 1).

**5 марта 1979 г.**

Пролет рядом с Юпитером (зонд «Вояджер-1»).

**1 сентября 1979 г.**

Первый пролет над Сатурном (зонд «Пионер-11»).

**12 ноября 1980 г.**

Первые изображения колец Сатурна (зонд «Вояджер-1»).

**12 апреля 1981 г.**

Первый космический челнок (орбитальный аппарат «Колумбия»).

**1 марта 1982 г.**

Первый сбор образцов грунта с Венеры (зонды «Венера-13» и «Венера-14»).

**25 января 1983 г.**

Первый спутник с космическим телескопом для инфракрасной астрономии (телескоп IRAS).

**23 марта 1983 г.**

Астрономическая обсерватория ультрафиолетового и рентгеновского диапазона («Астрон»).

**13 июня 1983 г.**

Первый космический зонд за орбитой Нептуна («Пионер-10»).

**24 января 1986 г.**

Первый близкий пролет над Ураном (зонд «Вояджер-2»).

**19 февраля 1986 г.**

Первая космическая станция с постоянным экипажем, работающим длительное время (станция «Мир»).

**6 марта 1986 г.**

Первый пролет над кометой (Галлея) и фотографии ее ядра (зонд «Вега-1»).

**18 августа 1989 г.**

Первый астрономический спутник, предназначенный для астрометрии («Hipparcos»).

**25 августа 1989 г.**

Первый пролет мимо Нептуна (зонд «Вояджер-2»).

**1 декабря 1989 г.**

Запуск космической обсерватории для наблюдений в гамма-лучах и рентгеновских лучах («Гранат»).

**14 февраля 1990 г.**

Первая фотография всей Солнечной системы (зонд «Вояджер-1»).

**24 апреля 1990 г.**

Запуск первого космического телескопа (космический телескоп «Хаббл», космический корабль «Дискавери»).

**29 октября 1991 г.**

Первый близкий пролет мимо астероида (зонд «Галилео», астероид 951 Гаспра).

**2 декабря 1995 г.**

Первая солнечная обсерватория в точке Лагранжа («SOHO»).

**7 декабря 1995 г.**

Первый орбитальный полет вокруг Юпитера (зонд «Галилео»). Первый вход в атмосферу газового гиганта.

**20 ноября 1998 г.**

Запуск первого модуля Международной космической станции (МКС).

**14 февраля 2000 г.**

Первый космический зонд на орбите вокруг астероида (зонд NEAR Shoemaker на орбите астероида 433 Эрос).

**2 ноября 2000 г.**

Первый постоянный экипаж на МКС.

**12 февраля 2001 г.**

Первая посадка на астероид (зонд NEAR Shoemaker на 433 Эрос).

**15 октября 2003 г.**

Первая космическая миссия Китая (космический корабль «Шэньчжоу-5», пилотируемый тайконавтом Ян Ливэем).

**4 января 2004 г.**

Первое исследование поверхности Марса (марсоход Spirit). 25 января на Марс прибывает второй робот-марсоход (Opportunity).

**1 июля 2004 г.**

Первый орбитальный полет вокруг Сатурна (зонд «Кассини», проект «Кассини — Гюйгенс»).

**14 января 2005 г.**

Первая мягкая посадка на спутник Сатурна (зонд «Гюйгенс» на Титане).

**15 января 2006 г.**

Первое возвращение на Землю образцов, собранных на комете (зонд Stardust на 81P/Wild).

**24 сентября 2009 г.**

Открытие воды на Луне (зонд Chandrayaan 1).

**13 июня 2010 г.**

Первая доставка на Землю образцов почвы астероида (зонд «Хаябуса», астероид 25143 Итокава).

**18 марта 2011 г.**

Первый орбитальный полет вокруг Меркурия (зонд Messenger).

**25 августа 2012 г.**

Первый космический зонд, вышедший в межзвездное пространство («Вояджер-1»).

**12 ноября 2014 г.**

Первая мягкая посадка на комету (модуль Philae зонда Rosetta, комета 67P/Чурюмова — Герасименко).

**6 марта 2015 г.**

Первый космический зонд на орбите двух разных небесных тел (зонд «Dawn» на орбитах вокруг астероидов Веста и Церера).

**14 июля 2015 г.**

Первый пролет мимо Плутона (зонд New Horizons).

**10 августа 2015 г.**

Астронавты впервые едят выращенную в космосе пищу (салат).



# Указатель имен

---

## А

Аделард Батский 88  
Адамс, Джон Коуч 124, 179  
аль-Бируни 79, 234, 235  
аль-Битруджи 79, 236  
аль-Фаргани 78, 79, 89, 235  
аль-Фазари 78, 235  
аль-Хайтам, ибн  
    (Альхасен) 78, 79, 235  
аль-Хуарисми 78, 235  
аль-Мансур 78  
ар-Рахман ас-Суфи (Азофи) 70  
ас-Саррадж, ибн 173  
ас-Синджари 235  
аль-Шатир, ибн 78, 236  
ад-Туси, Насир ад-Дин 78, 236  
аль-Заркали 78  
Аламбер, Жан Батист де 178  
Альберт Великий 226  
Альфонсо X Мудрый 89  
Аменофис III 164  
Анаксагор 234  
Анаксимандр Милетский  
    25, 164, 234  
Аполлоний Пергский 32, 33, 68, 234  
Арат из Сол 57, 234  
Архимед 32, 33, 56, 163, 166, 174,  
    175, 234  
Аристарх Самосский 32, 33, 78,  
    100, 175, 234  
Аристотель 23, 25, 32, 33, 68, 84,  
    119, 234, 236  
Армстронг, Нил 155, 212, 216  
Арп, Хэлтон 49  
Аррест, Генрих Луи де 179  
Арий 126  
Ариабхата 235  
Атеней из Навкратиса 89

## Б

Бааде, Вальтер 238  
Бэкон, Роджер 88, 108, 183  
Белл, Джоселин 239  
Бессель, Фридрих Вильгельм 27,  
    178, 241  
Бете, Ганс Альбрехт 103, 238  
Боде, Иоганн Элерт 95  
Бонатти, Гвидо 227  
Бонкомпаньи, Уго 108  
Боттичелли, Сандро 168  
Бувар, Алексис 179  
Брэдли, Рэй 228  
Брэдли, Джеймс 178, 239  
Браге, Тихо 66, 83, 118, 119, 140,  
    141, 168, 175, 177, 236  
Брахмагупта 235  
Браун, Вернер фон 209  
Бредт, Ирен 204  
Бруно, Джордано 126, 127

## В

Ван Аллен, Джеймс Альфред 138,  
    139, 238  
Вербиест, Фердинанд 210  
Витрувий 165, 166  
Вивiani, Винченцо 148  
Вильсон, Роберт Вудро 238  
Волков, Джордж Майкл 62  
Вольф, Иоганн Рудольф 179  
Вольф, Макс 175

## Г

Гагарин Юрий 207, 212, 214  
Галилей, Галилео 16, 17, 30, 83, 90,  
    99, 101, 117, 120, 148, 149, 177,  
    182, 185, 236

Галле, Иоганн Готфрид 124, 179, 237  
Галлей, Эдмонд 76, 178, 170, 178, 237  
Гевелий, Иоганн 183, 184  
Гезари, Суви 239  
Гельмгольц, Герман фон 237  
Гераклид Понтийский 32, 33, 100,  
    234  
Герон Александрийский 166  
Герцшпрунг, Эйнар 55, 237  
Гершель, Уильям 45, 53, 122, 178,  
    182, 183, 188, 237  
Гершель, Джон 186  
Гинан, Пьер Луи 184  
Гипатия Александрийская 33, 235  
Гиппарх Никейский 32, 56, 57, 68,  
    69, 163, 210, 234  
Годфри, Томас 180  
Грегори, Джеймс 182, 188  
Григорий XIII папа 108, 109, 236  
Гроссетест, Роберт 88  
Гроссман, Марсель 194  
Гук, Роберт 170  
Гюйгенс, Христиан 120, 184, 236

## Д

д'Орийак, Гербер 172, 235  
Дайсон, Фрэнк Уотсон 195  
Данте Алигьери 89, 236  
Дэвис, Джон 176  
Декарт, Рене 156  
Джай Сингх II 211  
Джотто 77  
Дидро, Дени 178  
Диггес, Томас 127  
Доллонд, Джон 184  
Дона, Леонардо 182  
Дрейк, Фрэнк 230, 231

**Е**

Евдокс Книдский 25, 32, 57, 234

**З**

Зенгер, Эйген 204

**И**

Иисус Христос 77, 151, 160, 235

Иоанн Севильский 88

Ирвинд, Свен 181

Исидор Севильский 226

**К**

Кавендиш, Генри 85, 237

Каллипп из Кизикский 32

Кампанус из Новары 236

Кант, Иммануил 82

Капелла, Марчиано 100

Кассегрен, Лоран 31, 188

Кассини, Цезарь-Франсуа 157

Кассини, Жан-Доминик 117, 120,  
121, 156, 157, 236

Кельвин, Уильям Томпсон 98

Кеплер, Иоганн 16, 27, 66, 74, 101,  
118, 127, 140, 141, 148,  
182, 184, 185, 226, 236

Кертис, Гебер 238

Кирилл 33

Клавиус, Христофор 108, 109

Кларк, Артур 228

Клеомед 47

Козимо II Медичи 117

Койпер, Джерард Питер 130, 131,  
223

Коллинз, Майкл 216

Колумб, Христофор 69

Конфуций 210

Коперник, Николай 16, 17, 78, 100,  
101, 109, 118, 127, 177, 236

Копра, Тимоти 215

Кремона, Жерардо де 88, 236

Кретъен, Генрих 190

Кэррингтон, Ричард 179

**Л**

Лагранж, Жозеф Луи 115, 179, 191,  
237

Лаплас, Пьер-Симон 94, 178, 179,  
237

Лейбниц, Готфрид Вильгельм фон  
170

Леметр, Жорж Эдуард 195, 238

Либих, Юстус фон 188

Леверье, Урбен 121, 146, 237

Лилий, Алоизий 108

Лукиан Самосатский 216

Лулий, Раймунд 126

Людовик XIV Король Франции 157

**М**

Максвелл, Джеймс Клерк 237

Малле, Ален Манессон 26

Манилий, Марк 57

Марцелл, Марк Клавдий 175, 234

Мерц, Георг 187

Мессала, Марк Валерий 165

Мессье, Шарль 45, 51, 178, 237

Метон Афинский 210, 234

Мичелл, Джон 178, 237

Монтефельтро, Федерико да 68

Мочениго, Джованни Франческо  
126

**Н**

Николсон, Сет Барнс 238

Ньютон, Исаак 16, 17, 55, 76, 84, 85,  
144, 156, 170, 171, 180, 182,  
188, 193, 2059, 235, 236, 237

**О**

Озиандер, Андреас 101, 127

Олдрин, Базз 155, 216

Оорт, Ян Хендрик 130

Оппенгеймер, Роберт 62

**П**

Паркер, Юджин 239

Парменид 25

Пенроуз, Роджер 91

Пензиас, Арно 39, 239

Петтит, Эдисон 238

Пиацици, Джузеппе 179, 237

Пикар, Жан 157

Пипс, Сэмюэль 123

Пифагор 25

Планк, Макс 237

Платон 25, 57, 89, 234

Платон из Тиволи 18

Плавт 164

Посидоний Апамейский 46

Прайс, Дерек Джон де Солла 167

Птолемей 25, 34, 68, 69, 78, 79, 163,  
168, 176, 177, 226, 227, 234,  
235, 236

Пьюри-Каст, Герберт Эдвард 29

**Р**

Равена, Педро де 126

Расселл, Генри Норрис 55, 238

Региомонтан, Иоганн Мюллер 236

Репсольд, Иоганн Георг 77

Рейта, Антон Мария Ширлеус де  
184

Ретик, Георг Иоахим 101

Рёмер Олаф Кристенсен 156, 157,  
236

Ричи, Уиллис 190

Рош, Эдвард 59, 125

Руссо, Лучио 69

**С**

Сакробоско, Иоанн 88, 89, 108, 168, 236  
 Сэндидж, Аллан 239  
 Скиапарелли, Джованни  
 Вирджинио 228, 237  
 Секки, Анджело 186, 187  
 Секретан, Марк 188  
 Селевк Селевкийский 32, 33  
 Сильвестр II папа 172  
 Смит, Роберт 185  
 Строщи, Бернардо 46  
 Стьюкли, Уильям 193  
 Сведенборг, Эммануил 82

**Т**

Терешкова, Валентина 213  
 Тимокарис Александрийский 57  
 Тинторетто 52  
 Тициус, Иоганн Даниэль 95  
 Толанд, Джон 33  
 Толмен, Ричард Чейс 62  
 Томбо, Клайд 238  
 Тонатиу 220  
 Торричелли, Эванджелиста 148

**Ф**

Фабрициус, Иоганн 236  
 Фалес Милетский 25, 160, 234  
 Фетти, Доменико 56  
 Филолай 32, 234  
 Флемстид, Джон 76, 122, 156  
 Фома Аквинский 89  
 Фраунгофер, Йозеф фон 184, 185, 186, 187, 237  
 Фуко, Леон 188

**Х**

Хаббл, Эдвин 40, 49, 52, 188, 238  
 Харриот, Томас 83  
 Хейл, Джордж Эллери 238  
 Хиггс, Питер 91  
 Хойл, Фред 238  
 Хокинг, Стивен 43, 91, 239  
 Холварда, Йоханнес 236  
 Хуан-ди 210  
 Хьюиш, Энтони 239  
 Хэдли, Джон 170, 180, 182, 188

**Ц**

Цвикки, Фриц 238  
 Целлариус, Андреас 19  
 Цицерон, Марк Туллий 175

**Ч**

Чекко д'Асколи 226  
 Чедвик, Джеймс 63  
 Чемберс, Эфраим 178  
 Чандрасекар, Субраманьян 60, 238  
 Чосер, Джефри 173  
 Чэнь Чжо 210

**Ш**

Шайнер, Кристоф 99, 236  
 Шарп, Абрахам 184  
 Швабе, Генрих 237  
 Шварцшильд, Карл 238  
 Шекспир, Уильям 123  
 Шепард, Алан Б. 207, 213, 214  
 Шепли, Харлоу 238  
 Ши Шэнь 234

**Э**

Эддингтон, Артур Стэнли 195, 238  
 Эйзинга, Эйз 175  
 Эйнштейн, Альберт 17, 105, 160, 163, 171, 194, 195, 200, 201, 237, 238  
 Экфант Сиракузский 100  
 Эразм Роттердамский 126  
 Эратосфен 46, 47, 69, 79, 165, 168, 234

**Ю**

Юлий Цезарь 71, 108, 234

**Я**

Янссен, Жюль 83  
 Янский, Карл 238



## Библиография и веб-графия

- AA VV  
*Anuario del Real Observatorio Astronómico*, IGNC-NIG, Madrid, 2017.
- AA VV  
*Astronomy Before the Telescope*, (ed. C. Walker), British Museum Press, Londres, 1996.
- AUPÍ, Vicente  
*Los enigmas del cosmos*, Ariel, Barcelona, 2018.
- BOURGE, Pierre; LACROUX, Jean; DUPONT-BLOCH, Nicolas  
*A l'affût des étoiles, Guide pratique de l'astronome amateur*, Dunod, París, 2015.
- COMELLAS, José Luis  
*Guía del firmamento*, 9.ª ed., Rialp, Madrid, 2013.
- COVINGTON, Michael  
*Telescopios modernos para aficionados*, Akal, Madrid, 2005.
- DREYER, John L.E.  
*A History of Astronomy from Thales to Kepler*, Dover, Nueva York, 2003.
- HAWKING, Stephen W.  
*Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros*, Crítica, Barcelona, 1988.
- HOSKIN, Michael  
*Breve historia de la astronomía*, Alianza Editorial (Bolsillo Ciencias), Madrid, 2016.
- LEGAULT, Thierry  
*Astrofotografía*, Akal, Madrid, 2008.
- MCCLUSKEY, Stephen C.  
*Astronomies and Cultures in Early Medieval Europe*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- PASACHOFF, Jay M.  
*Guía de campo de estrellas y planetas*, 4.ª ed., Omega, Barcelona, 2016.
- STOTT, Carole  
*Astronomía: Manual completo. Métodos e instrumentos básicos para la observación*, Raíces, Madrid, 2013.
- STOYAN, Ronald y SCHURIG, Stephan  
*interstellarum — Deep Sky Atlas: Field Edition*, Cambridge, 2014.
- WATSON, Fred  
*Astronómica*, H. F. Ullman, Madrid, 2012.
- WEINBERG, Steven  
*Los tres primeros minutos del Universo*, Alianza Editorial, Madrid, 2016.
- [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/main/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html)
- <http://www.enterat.com/actualidad/estacion-espacial-directo.php>
- <https://spacetelescopelive.org/>
- <https://voyager.jpl.nasa.gov/>

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Издание для досуга

ПОДАРОЧНЫЕ ИЗДАНИЯ. МИССИЯ «КОСМОС»

Мильетта Алессио

**АСТРОНОМИЯ  
ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ АТЛАС**

Главный редактор *Р. Фасхутдинов*  
Начальник отдела *В. Обручев*  
Ответственный редактор *Ю. Лаврова*  
Научный редактор *К. Масленников*  
Литературный редактор *Д. Тестов*  
Художественный редактор *А. Гусев*  
Младший редактор *А. Клементьева*

Страна происхождения: Российская Федерация  
Шығарылған елі: Ресей Федерациясы

**ООО «Издательство «Эксмо»**

123308, Россия, город Москва, улица Зорге, дом 1, строение 1, этаж 20, каб. 2013.  
Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru)

Өндіруші: «ЭКСМО» АҚБ Баспасы,

123308, Ресей, қала Мәскеу, Зорге көшесі, 1 үй, 1 ғимарат, 20 қабат, офис 2013 ж.

Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru).

Тауар белгісі: «Эксмо»

**Интернет-магазин** : [www.book24.ru](http://www.book24.ru)

**Интернет-магазин** : [www.book24.kz](http://www.book24.kz)

**Интернет-дүкен** : [www.book24.kz](http://www.book24.kz)

Импортер в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».

Қазақстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Дистрибьютор и представитель по приему претензий на продукцию,

в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды

қабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС,

Алматы қ., Домбровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.

Тел.: 8 (727) 251-59-90/91/92; E-mail: [RDC-Almaty@eksmo.kz](mailto:RDC-Almaty@eksmo.kz)

Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Сертификация туралы ақпарат сайтта: [www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ

о техническом регулировании можно получить на сайте Издательства «Эксмо»

[www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)

Өндірген мемлекет: Ресей. Сертификация қарастырылмаған

Дата изготовления / Подписано в печать 27.12.2022.

Формат 60x90<sup>1/8</sup>; Печать офсетная. Усл. печ. л. 31,0.

Тираж 2000 экз. Заказ

12+

■ ■ ■ ЧИТАЙ · ГОРОД

В электронном виде книги издательства вы можете  
купить на [www.litres.ru](http://www.litres.ru)

ЛитРес:  
один клик до книг



**БОМБОРА**  
ИЗДАТЕЛЬСТВО

БОМБОРА – лидер на рынке полезных и вдохновляющих книг.  
Мы любим книги и создаем их, чтобы вы могли творить, открывать  
мир, пробовать новое, расти. Быть счастливыми. Быть на волне.

[bombora.ru](https://www.bombora.ru) [bomborabooks](https://www.bomborabooks.com) [bombora](https://www.facebook.com/bombora)

ISBN 978-5-04-165887-3



9 785041 658878 >

**book 24.ru**

Официальный  
интернет-магазин  
издательской группы  
«ЭКСМО-АСТ»

# ЛУЧШИЕ КНИГИ О БИЗНЕСЕ С ЛОГОТИПОМ ВАШЕЙ КОМПАНИИ? ЛЕГКО!

Удивить своих клиентов, бизнес-партнеров, сделать памятный подарок сотрудникам и рассказать о своей компании читателям бизнес-литературы? Приглашаем стать партнерами выпуска актуальных и популярных книг. О вашей компании узнает наиболее активная аудитория.

## ПАРТНЕРСКИЕ ОПЦИИ:

- Специальный тираж уже существующих книг с логотипом вашей компании.
- Размещение логотипа на супер-обложке для малых тиражей (от 30 штук).
- Поддержка выхода новинки, которая ранее не была доступна читателям (50 книг в подарок).

## ПАРТНЕРСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ:

- Рекламная полоса о вашей компании внутри книги.
- Вступительное слово в книге от первых лиц компании-партнера.
- Обращение первых лиц на суперобложке.
- Отзыв на обороте обложки вложение информационных материалов о вашей компании (закладки, листовки, мини-буклеты).



У вас есть возможность обсудить свои пожелания с менеджерами корпоративных продаж. Как?

**Звоните:**

+7 495 411 68 59, доб. 2261

**Заходите на сайт:**

[eksmo.ru/b2b](http://eksmo.ru/b2b)





# АСТРОНОМИЯ

## ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ АТЛАС



**А**строномия — одна из самых древних и увлекательных наук. В нашем атласе при помощи уникальных изображений, интересной графики и занимательных историй представлена тысячелетняя история астрономии, науки, которая постоянно ставит перед собой новые современные задачи. А благодаря современным телескопам, высокоточным изображениям и прекрасно оборудованным обсерваториям, практически каждый может почувствовать себя исследователем и открывателем новых небесных объектов, таких, как кометы, астероиды или даже сверхновые звезды.



ISBN 978-5-04-165887-8



9 785041 658878 >