

ОГЛАВЛЕНИЕ

КАК ПОЯВИЛАСЬ АСТРОНОМИЯ

Плоская или круглая?	4
Как вращаются планеты?	6
ХРОНОЛОГИЯ: История астрономии.	8
Движение небесных тел	12
Сила притяжения.	14
Астрономия и астрофизика.	16
Ткань пространства-времени	18

СОЛНЦЕ И ДРУГИЕ ЗВЁЗДЫ

Наша звезда Солнце.	20
МАКЕТ 1: Солнечный ветер	22
Солнечная радиация.	24
Как рождается звезда	26
Всё дело в массе.	28
КАРТА: Звёздная эволюция	30
Почему гаснут звёзды	32
Второе рождение звезды.	34
МАКЕТ 2: Как устроена чёрная дыра	36

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Исследование Солнечной системы	38
МАКЕТ 3: В порядке удалённости	40
Планета Земля	42

Мир из воздуха и воды.	44
Каменные планеты	46
Газовые планеты.	48
Юпитер, беспокойная планета.	50
Луна и другие спутники	52
Система Земля-Луна	54
КАРТА: Движения Луны, фазы и затмения	56
Жизнь в Солнечной системе.	58
Властелины колец.	60
Плутон, карликовая планета	62
Планета, которой нет.	64
Что такое астероид.	66
Как устроена комета	68
МАКЕТ 4: Астероиды, кометы и метеориты.	70
Границы Солнечной системы	72

ЗА ПРЕДЕЛАМИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Наша Галактика.	74
Галактики во Вселенной	76
КАРТА: Галактики.	78
Центр галактики.	80
Жизнь галактик.	82

В поисках экзопланет	84
МАКЕТ 5: Планетные системы.	86
Способы охоты	88
Обитаемые зоны	90
Межзвёздные посетители.	92

НАША ВСЕЛЕННАЯ

От пустоты до Большого взрыва.	94
Как устроена Вселенная.	96
КАРТА: От Большого взрыва до сегодняшнего дня	98
Эволюция Вселенной.	100
Тёмная материя и тёмная энергия	102
Гравитационные волны	104

НЕБО НАД НАМИ

Как ориентироваться на Земле	106
Небесная сфера	108
Созвездия.	110
Созвездия и знаки зодиака	112
Астрономические приборы.	114
Большие телескопы	116

ПЕРВОПРОХОДЦЫ В НЕБЕ

Полёты в космос	118
Переполненная земная орбита.	120
В погоне за Луной	122
Жизнь на Красной планете	124
Служка за гигантами	126
Труднодоступные планеты.	128
Исследование комет и астероидов	130
К самому краю Солнечной системы.	132
Охотники за экзопланетами	134
Большие космические телескопы.	136
МКС: космическая лаборатория	138
МАКЕТ 6: МКС, станция и орбита.	140
Как живётся в космосе	142
Тело человека в космосе	144
Исследователи космоса.	146
Словарь.	148

ПЛОСКАЯ ИЛИ КРУГЛАЯ?

Плоский диск, плавающий на воде. Такой представляли нашу планету древнегреческие философы из милетской школы. Это было в VI веке до н. э. Сегодня мы знаем, что Земля вовсе не плоская. Она имеет сферическую форму, то есть похожа на воздушный шар. Почему же в древности люди считали, что Земля плоская? И как учёные того времени смогли доказать, что она круглая?



РОЖДЕНИЕ АСТРОНОМИИ

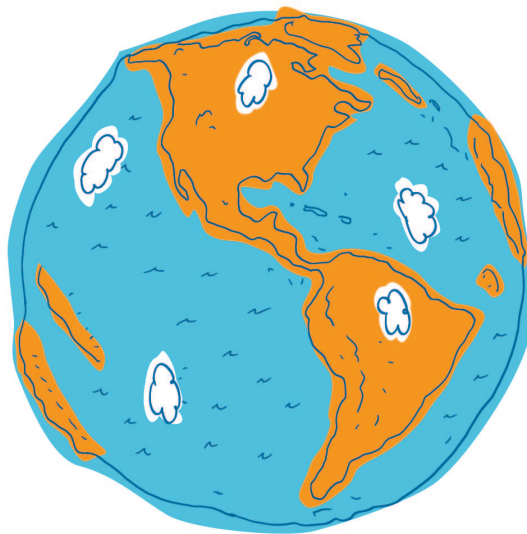
Небо и яркие точки, усеивающие его ночью, всегда вызывали у людей любопытство. История астрономии, науки, которая изучает **небо** и **небесные тела**, началась много веков назад. Уже шумеры отмечали на глиняных табличках движения звёзд, тех самых точек, которые светятся в небе. Первые астрономы наблюдали за ними непрерывно одну ночь за другой. Они учились отличать звёзды, которые остаются в прежнем положении, от тех, что перемещаются по небесному своду, измеряли движение планет и разрабатывали теории о форме Земли.

ТЕОРИЯ ПЛОСКОЙ ЗЕМЛИ

Греческие астрономы из милетской школы тоже пытались ответить на вопрос о форме Земли. И приходили к тому же выводу, к которому до них уже пришли древние египтяне и вавилоняне: Земля плоская. Но на чём стоит или лежит этот плоский мир? По мнению Фалеса, Земля держится на воде, как бревно на поверхности озера. А Анаксимен считал, что Земля опирается на воздух, окружённый стеклянным куполом неба, в который вставлены звёзды. Но на чём тогда держатся воздух и вода? Ответ на этот вопрос дал Анаксимандр, решив, что Земля имеет форму

КАКОЙ ФОРМЫ ЗЕМЛЯ?

Древние греки представляли себе Землю как круглый шар, но они ошибались! Бесчисленные новые данные со спутников позволили учёным чётче очертить форму нашей планеты. Теперь мы знаем, что Земля — это **геоид**, слегка сплюснутый у полюсов шар с краями, изогнутыми, как американские горки, и с неровной поверхностью, на которой высокие горы сменяются глубинами океанов.



цилиндра, или колонны, подвешенной в центре Вселенной, а на вершине этой колонны покоится суша.

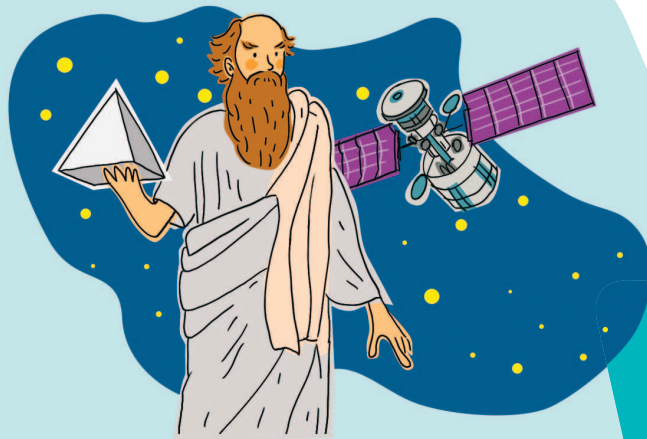
ПИФАГОРЕЙСКАЯ ШКОЛА И ТЕОРИЯ КРУГЛОЙ ЗЕМЛИ

Но не все философы соглашались с тем, что Земля плоская. Например, Пифагор, который жил в V веке до н. э., наблюдая за Луной, вращающейся вокруг Земли, сделал одно смелое предположение. Заметив, что **лунный терминатор** (граница между тёмной и освещённой стороной Луны) изогнут, Пифагор понял, что Луна имеет круглую форму. А если спутник Земли шар, значит, и Земля должна быть шаром. Позже, всё так же глядя

на Луну, к такому же выводу пришёл Анаксагор, живший примерно в 500–430 годах до н. э. Наблюдая лунные затмения, он догадался, что Луну закрывает тень, отбрасываемая Землёй. И его догадка оказалась правильной: когда Земля оказывается между Луной и Солнцем, она проецирует свою круглую тень на свой спутник. Но у греческих астрономов было ещё одно доказательство того, что Земля круглая. Если смотреть, как на горизонте (так называют воображаемую линию между водой и небом) появляется корабль, то сначала бывают видны только мачты и паруса и лишь потом показывается корпус самого судна. А такое бывает только при движении по изогнутой поверхности.

ТЕПЕРЬ ПОНЯТНО!

Подобно всем другим учёным, астрономы после долгих наблюдений и экспериментов нашли правильную теорию, описывающую мир и происходящие в нём явления. После открытия Пифагора стало понятно, что Земля круглая, так же как звёзды, планеты и их спутники. На протяжении веков астрономы собрали множество доказательств круглой формы Земли. Им помогли в том числе полёты в космос и изображения, полученные со спутников.



КАК ВРАЩАЮТСЯ ПЛАНЕТЫ?

Астрономы веками наблюдали за небом, стараясь понять, как движутся небесные тела. И искали ответ на один из самых важных вопросов: что находится в центре. Солнце, другие звёзды и планеты вращаются вокруг Земли? Или Земля вращается вокруг Солнца?

ГЕОЦЕНТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА: ЗЕМЛЯ В ЦЕНТРЕ

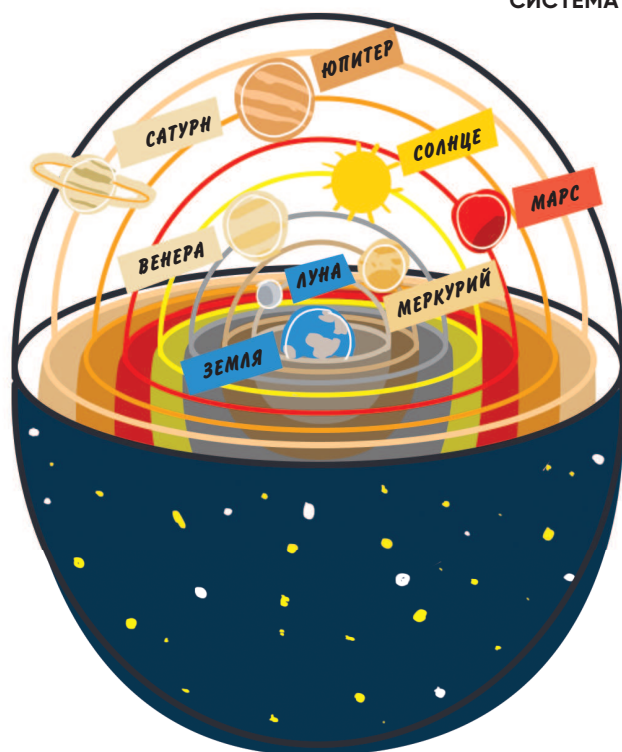
Древние греки внимательно наблюдали за небом и изучали, как по нему движутся светила. В IV веке до н. э. философ Аристотель предложил свою систему, объясняющую движение звёзд и планет. Эту систему назвали **геоцентрической**. Согласно теории Аристотеля, Земля находится в центре Вселенной, а все остальные небесные тела вращаются вокруг неё по **орбите**, траектории, описывающей идеальный круг. Другими словами, для Аристотеля Вселенная представляет собой систему концентрических (то есть упакованных друг в друга) сфер, в которой Солнце и планеты вращаются по правильным окружностям вокруг неподвижной Земли.

МОДЕЛЬ ПТОЛЕМЕЯ: СЛОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ

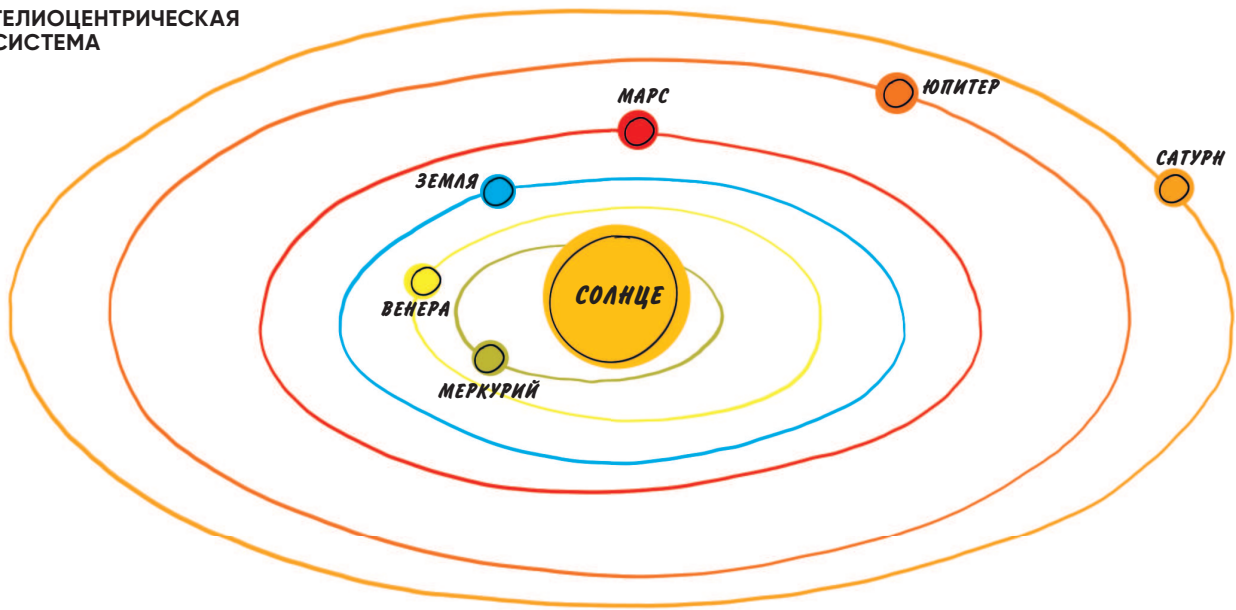
На протяжении многих веков геоцентрическая система Аристотеля считалась правильной, хотя она не всегда могла объяснить причудливые движения небесных тел. Планеты, к примеру, иногда двигались очень необычно. Временами казалось, что они замедляли ход, пока совсем не останавливались, потом поворачивали назад и, наконец, снова начинали двигаться по своей обычной орбите. Объяснение этих странных движений предложил во II веке н. э. Клавдий Птолемей, астроном из Александрии Египетской. Он разработал модель, названную по его имени «моделью Птолемея». Вернее, он уточнил и усложнил

геоцентрическую систему Аристотеля, добавив к ней другие концентрические сферы. В **модели Птолемея** Земля представляет собой неподвижную сферу в центре Вселенной. Вокруг Земли по небольшим круговым орбитам движутся Луна, Солнце и другие планеты, каждая в своей сфере. Самая удалённая от центра сфера – это сфера неподвижных звёзд. Она является границей Вселенной. Модель Птолемея можно представить себе как сложный часовой механизм, состоящий из шестерёнок и колёс, заключённых друг в друга.

ГЕОЦЕНТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА



ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА


**ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ:
ВСЁ ВРАЩАЕТСЯ ВОКРУГ СОЛНЦА**

Не все древние астрономы были согласны с Аристотелем. Например, Аристарх Самосский, живший в III веке до н. э., был убеждён, что Земля и все другие небесные тела вращаются вокруг Солнца. Именно он первым предложил **гелиоцентрическую систему** мира. Но на протяжении многих столетий правильными считались сначала модель Аристотеля, а затем модель Птолемея. Гелиоцентрическая система одержала верх только в XV веке н. э., когда была опубликована работа польского астронома Ни-

колая Коперника, совершившая настоящую революцию в астрономии. Как и в модели Птолемея, Вселенная у Коперника представляет собой систему концентрических сфер, в которых все небесные тела движутся по правильным круговым орбитам. Вот только в отличие от своих предшественников Коперник считал, что в центре Солнечной системы находится Солнце, а Земля вращается вокруг него вместе с Луной и другими планетами. Мало того, в модели Коперника Земля вращается ещё и вокруг самой себя с запада на восток. Это движение называется вращательным. Оно объясняет, почему на Земле день сменяется ночью.

ТЕПЕРЬ ПОНЯТНО!

Теория Коперника, согласно которой все небесные тела вращаются вокруг Солнца, не была совершенной, но Аристарх Самосский и Коперник двигались по правильному пути к пониманию того, как совершается движение во Вселенной. Ведь сегодня мы знаем, что планеты, спутники и другие небесные тела Солнечной системы вращаются по своим орбитам вокруг Солнца.



ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ

14 млрд лет назад

Большой взрыв положил начало Вселенной.

5 млрд лет назад

Начинает формироваться Солнце. Вокруг него постепенно сформируются планеты Солнечной системы, в том числе наша Земля, которой сейчас примерно 4 500 000 000 лет.



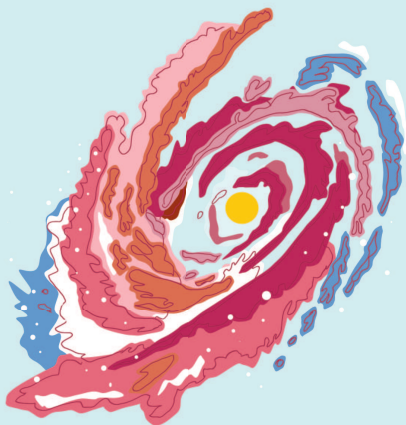
IV–II века до н. э.

Астрономы наблюдают за движением Солнца по небу, и им кажется, что оно вращается вокруг Земли вместе с другими планетами. Позже учёные поймут, что это Земля вращается вокруг Солнца, и гелиоцентрическая модель вытеснит геоцентрическую.



13,5 млрд лет назад

Из пыли Большого взрыва возникает Млечный Путь, галактика, в которой мы живём.



VI–V века до н. э.

Древнегреческие астрономы сначала выдвигают гипотезу о том, что Земля плоская, но со временем понимают, что она круглая. Сегодня мы знаем, что наша планета – это каменная сфера, пересечённая высокими горами и глубокими впадинами.

XVI век

Астрономы Тихо Браге и Иоганн Кеплер описывают маршрут движения планет вокруг Солнца. Они движутся не по кругу, а по эллиптическим орбитам, подчиняясь трём законам Кеплера.

1609 год

Галилео Галилей использует телескоп для наблюдения за небом и навсегда меняет методы изучения астрономии.



XIX век

Открытие радиоактивности и новых физических явлений позволяет по-другому взглянуть на небо: рождаются астрофизика и космология.

1801 год

Учёные наблюдают первый астероид.

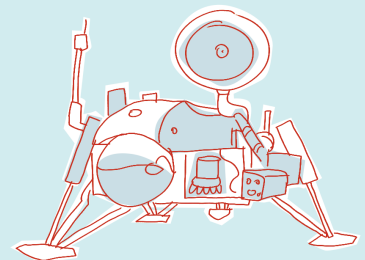


1933 год

Астроном Фриц Цвикки выдвигает гипотезу о существовании тёмной материи.

1975–1976 годы

Космические аппараты «Викинг-1» и «Викинг-2» впервые касаются поверхности Марса.



XVII век

Сэр Исаак Ньютон формулирует закон всемирного тяготения.



1957 год

В Советском Союзе запускают первый искусственный спутник Земли «Спутник-1».

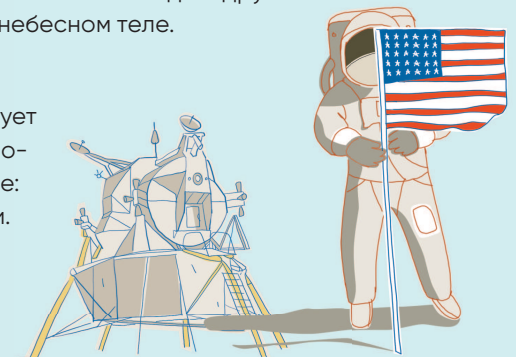
1969 год

Человечество прибывает на Луну. Астронавты миссии «Аполлон-11» первыми из людей оставляют след на другом небесном теле.



XX век

Альберт Эйнштейн формулирует теорию относительности и вводит новое физическое понятие: ткань пространства-времени.



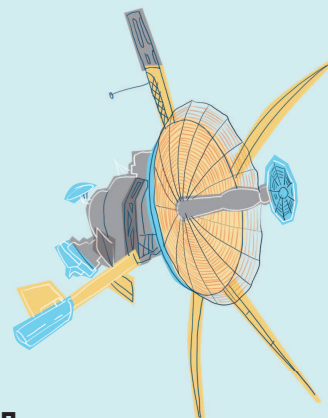
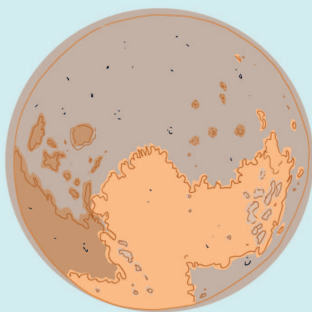
ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ

1995 год

Открыта 51 Пегаса b. Это первая планета, обнаруженная за пределами Солнечной системы. Как следует из её названия, 51 Пегаса b вращается вокруг звезды 51 Пегаса.

2006 год

Международный астрономический союз (МАС) понизил статус Плутона до карликовой планеты.

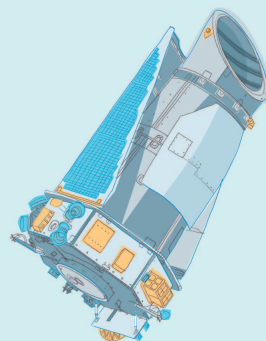
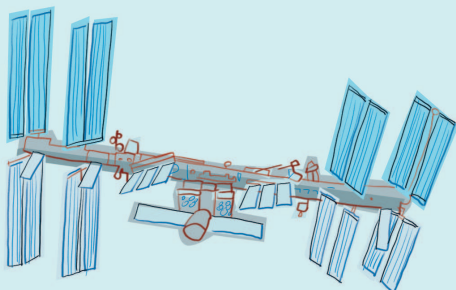


2012 год

«Вояджер-1», запущенный в 1977 году, становится первым зондом, покинувшим Солнечную систему и вошедшим в гелиопаузу; в 2018 году за ним последует «Вояджер-2».

1998–2011 годы

В космосе собирается международная космическая станция. Она становится домом для астронавтов и научной лабораторией, расположенной на высоте 400 км над Землёй и движущейся со скоростью 27 600 км/ч.



2014 год

Зонд «Розетта», разработанный Европейским космическим агентством (ЕКА), совершает посадку на комету 67P/Чурюмова–Герасименко и изучает её поверхность с помощью небольшого робота Фила.

2009 год

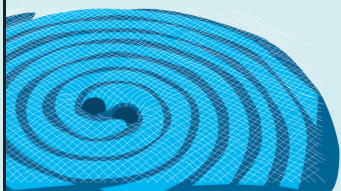
Для охоты за экзопланетами, то есть планетами, находящимися вне Солнечной системы, в космос запускается телескоп «Кеплер». Он проработает до 2018 года и обнаружит более 2600 планет.

2015 год

НАСА публикует результаты обследования братьев-близнецов астронавтов Марка и Скотта Келли. Это позволяет лучше понять, как меняется тело человека за время, проведённое в космосе.

2016 год

Учёные впервые наблюдают гравитационные волны, или «рябь пространства-времени», предсказанные в теории относительности Эйнштейна 100 лет назад.



2015 год

Астрономы обнаруживают, что в поясе Койпера происходит что-то странное. Начинается охота за десятой планетой Солнечной системы, планетой X.

2017 год

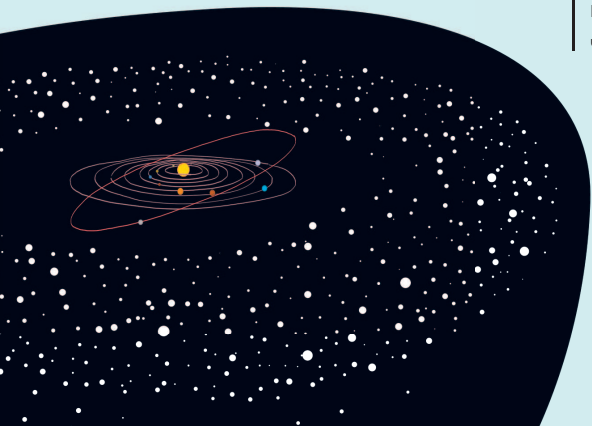
Телескоп Pan-STARRS1 обнаруживает первый межзвёздный астероид.

2019 год

Учёным впервые удаётся сфотографировать горизонт событий чёрной дыры.

СЕГОДНЯШНИЕ ЗАДАЧИ

- **Тёмная материя и тёмная энергия:** мы знаем, что эти загадочные формы энергии и материи составляют 95% Вселенной, но их пока никому не удалось наблюдать напрямую.
- **Многоканальная астрономия:** открытие гравитационных волн позволяет по-новому наблюдать и интерпретировать сигналы, поступающие из космоса, и обещает новые захватывающие открытия.
- **Обитаемые экзопланеты:** изучение планет в других солнечных системах в поисках новых обитаемых миров, а может, и новых форм жизни во Вселенной.
- **С Луны на Марс:** запуск новых космических миссий, которые снова доставят человека на Луну, а потом отправятся колонизировать Красную планету.



ДВИЖЕНИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

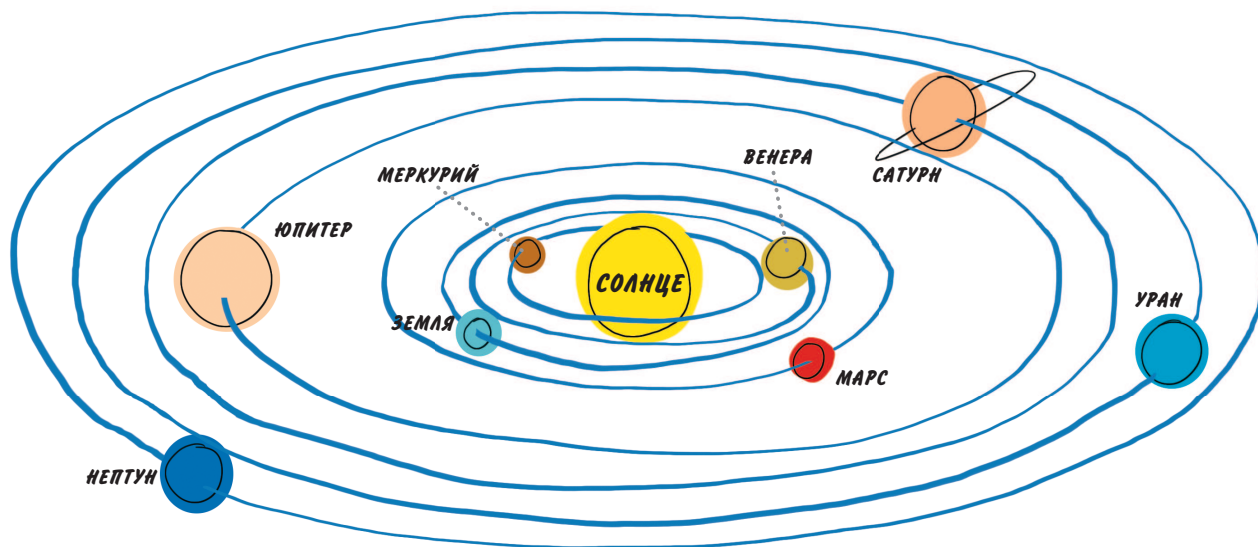
Согласно гелиоцентрической теории, планеты и спутники в Солнечной системе вращаются вокруг Солнца. Но как движутся небесные тела? Какими путями они следуют в танце, который исполняют на небесах? По каким орбитам перемещаются? И что вообще значит «орбита»? Начнём с последнего вопроса. Орбиты – это замкнутые круговые траектории, по которым движутся небесные тела. Так описывает их движение и модель Птолемея, и модель Коперника. Но с помощью доступных в то время инструментов ни одна из этих моделей не могла объяснить все движения, наблюдаемые в небе.

БРАГЕ, КЕПЛЕР И ГАЛИЛЕЙ: ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ГЕЛИОЦЕНТРИЗМА

Датский астроном **Тихо Браге**, живший в XVI веке, посвятил свою жизнь созданию новых инструментов, которые позволили бы точнее измерять движение небесных тел. За время работы он создал огромный архив наблюдений и оставил его своему помощнику, молодому немецкому астроному **Иоганну Кеплеру**.

Анализируя данные, собранные Браге, Кеплер понял, что просто математически не-

возможно, чтобы Солнце находилось точно в центре Солнечной системы. Из наблюдений Кеплера следует, что Земля вращается вокруг Солнца со скоростью, которая со временем меняется. После многочисленных расчётов астроном пришёл к выводу, что планеты движутся по **эллиптическим** (или овальным) орбитам, и сформулировал три закона, известные как «законы Кеплера». В те же годы небо новыми приборами изучал другой крупный учёный – **Галилео Галилей**. Он создал телескоп, позволивший ему наблю-



дать не только Луну, на которой он открыл кратеры и горы, но также фазы Венеры и спутники Юпитера. Данные, собранные в ходе всех этих наблюдений, подтвердили, что Земля вращается вокруг Солнца.

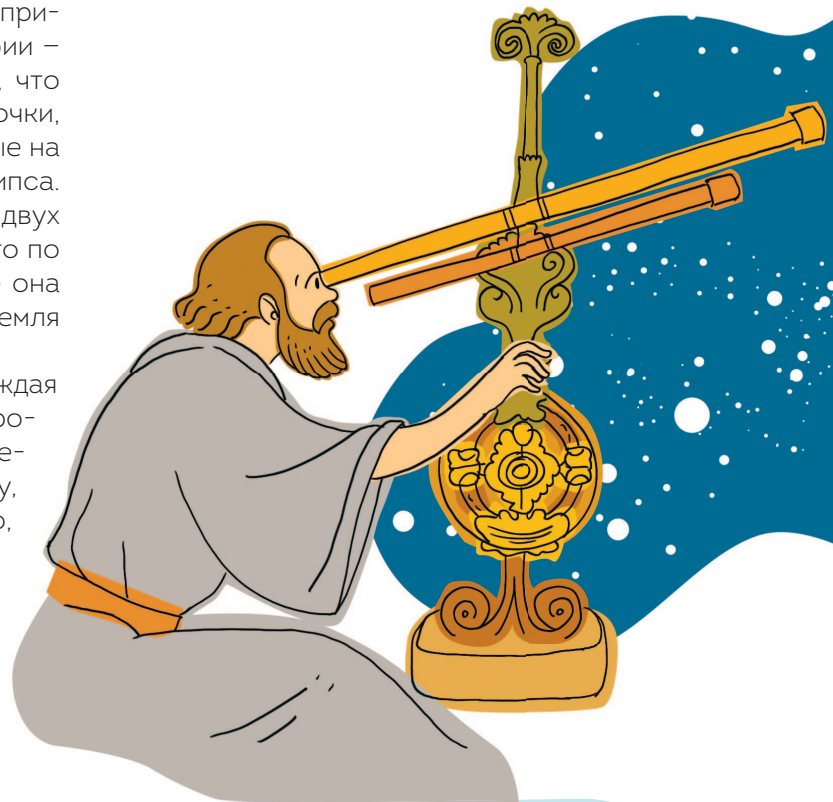
ВСЕ В ПУТЬ ПО ОРБИТАМ: ТРИ ЗАКОНА КЕПЛера

Первый закон Кеплера описывает форму траектории, по которой движутся планеты, и утверждает, что это эллипс. Это такой приплюснутый круг с двумя осями симметрии – большой (та, что длиннее) и малой (та, что короче). На большой оси имеются две точки, так называемые **фокусы**, расположенные на одинаковом расстоянии от центра эллипса. Так вот Солнце находится в одном из двух фокусов, а Земля вращается вокруг него по орбите, проходя путь от перигелия, где она ближе всего к Солнцу, до афелия, где Земля максимально удалена от Солнца.

Второй закон Кеплера гласит, что каждая планета движется по своей орбите, проходя равные площади за равные промежутки времени. Приближаясь к Солнцу, планеты движутся с большей скоростью, а удаляясь от него – с меньшей. Например, Земля, находясь в перигелии, достигает максимальной скорости, а в афелии движется на минимальной.

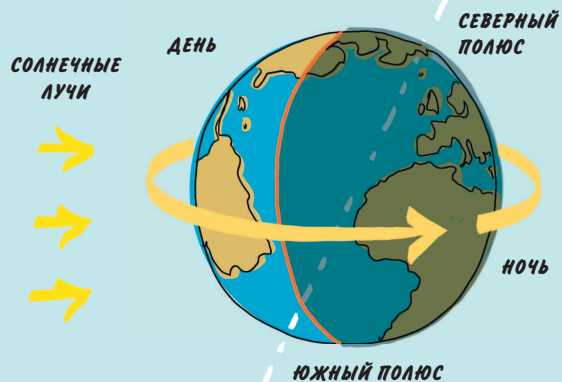
Третий закон Кеплера устанавливает соотношение между временем, которое требуется планете для пере-

мещения по своей орбите (его называют **орбитальным периодом**), и размером самой орбиты. Кеплер утверждает, что каждая планета затрачивает всегда одинаковое время, чтобы обернуться вокруг Солнца. При этом чем меньше орбита, тем быстрее движется планета. Вот почему Меркурий совершает оборот вокруг Солнца быстрее Земли, а Плутон оказывается самым «медленным» небесным телом Солнечной системы.



ТЕПЕРЬ ПОНЯТНО!

Каждый восход и закат Солнца означает, что Земля совершила оборот вокруг самой себя, завершив своё вращательное движение. Одновременно наша планета движется ещё вокруг Солнца. Этот оборот она совершает примерно за 365 дней, перемещаясь по эллиптической орбите. Но не все небесные тела движутся по эллиптическим орбитам, существуют и другие типы орбит другой формы.



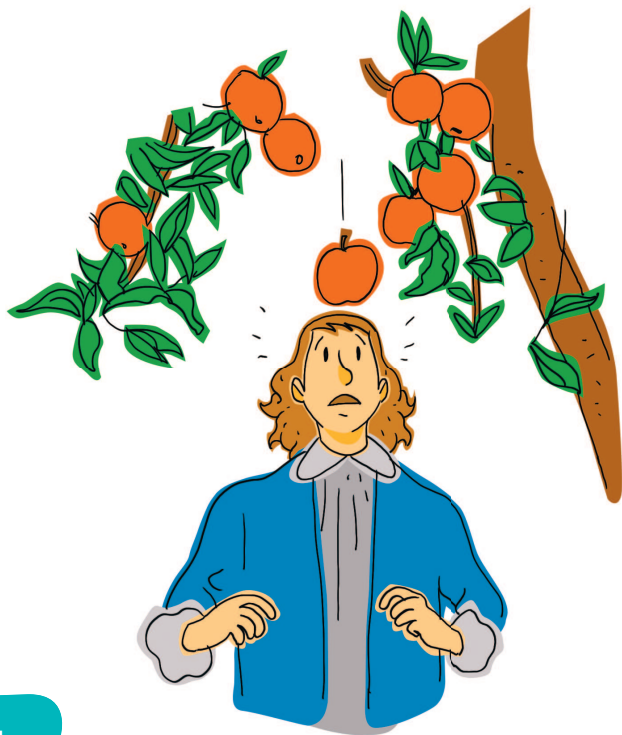
СИЛА ПРИТЯЖЕНИЯ

Астрономы выяснили, что Земля и другие планеты вращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, но не смогли объяснить, что приводит их в движение. Они понимали, что за тремя законами Кеплера должна стоять какая-то фундаментальная и пока неизвестная им сила природы. Что это за «двигатель» такой? Почему планеты движутся по орбитам, а не блуждают в космосе?

НЬЮТОН, ЯБЛОКО И СИЛА ПРИТЯЖЕНИЯ

И Кеплер, и Галилей интуитивно догадывались о существовании **силы, притягивающей тела к земле**. Именно поэтому Галилей начал изучать падение тел. И обнаружил, что, если в вакууме, то есть при отсутствии воздуха, бросить перо и молот с одной и той же высоты, они полетят к земле с одинаковой скоростью. Но чтобы понять, почему так происходит, пришлось ждать следующего столетия.

Все, наверное, слышали историю о том, как английский физик и математик **Исаак**

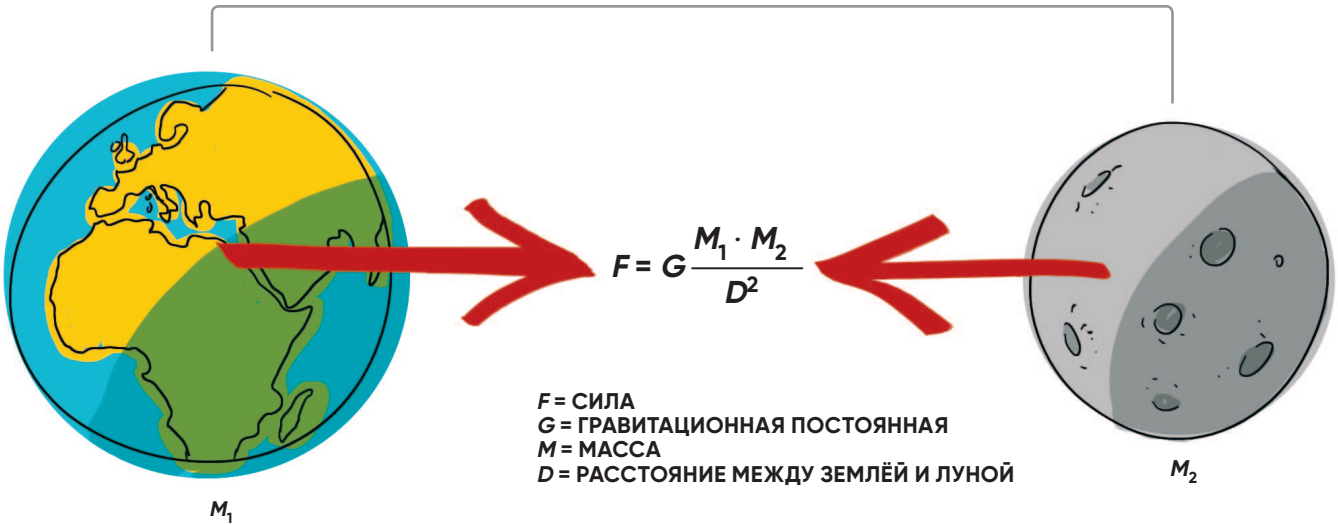


МАССА ИЛИ ВЕС?

Масса и вес – разные вещи! Масса – это постоянное свойство тела, а вес – это действующая на него сила гравитации. На Земле сила гравитации имеет постоянную величину, её называют ускорением свободного падения (g). Это значение уменьшается по мере удаления от Земли. Но на космонавтов земная гравитация действует ещё достаточно сильно. Кажется, что они парят в невесомости, потому что они быстро вращаются вокруг планеты.

Ньютон сидел под деревом, ему на голову упало яблоко, и он задумался, а почему, собственно, яблоко, оторвавшись от ветки, летит вниз, а не вверх. Ньютон понял, что это происходит потому, что Земля действует как огромный магнит, притягивающий яблоко к своей поверхности. Он назвал это явление **силой гравитации**, воспользовавшись словом, которое в латинском языке означает «тяжесть».

Вскоре Ньютон обнаружил, что гравитационное притяжение действует не только на яблоки и другие предметы на Земле, но является той самой силой, которая правит всеми небесными телами во Вселенной. Мало того, он понял, что гравитационное притяже-



ние ответственно за многие другие явления на нашей планете, например за приливы и отливы.

ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

В итоге Ньютон открыл **закон всемирного тяготения**, согласно которому на каждое тело действует гравитационная сила, пропорциональная массе этого тела. Это значит, что чем больше **масса** тела, тем с большей силой оно притягивает к себе более мелкие и близкие тела. Масса нашей планеты во много раз больше массы любого яблока, поэтому Земля его и притягивает. Яблоко «падает в ловушку» огромной массы, кото-

рая находится под ним и тянет его к себе. Гравитация Земли действует не только на яблоки или людей. Она достаточно сильна, чтобы притянуть даже такой большой объект, как Луна. Собственно, поэтому Луна и вращается вокруг нашей планеты.

Важно помнить, что гравитационное притяжение зависит от **расстояния между телами**. Чем ближе два тела находятся друг к другу, тем сильнее будет сила гравитации между ними. Когда тела удаляются друг от друга, сила гравитации постепенно слабеет, пока совсем не исчезнет. Если яблоко окажется очень далеко от Земли, гравитационное притяжение между ними станет равно нулю и яблоко не упадёт на землю, а станет блуждать в космосе.

ТЕПЕРЬ ПОНЯТНО!

Закон всемирного тяготения Ньютона произвёл революцию в физике: своей теорией Ньютон не только объяснил, почему тела падают на Землю, но и доказал все три закона Кеплера. До этого за всю историю физики ещё никому не удавалось одной теорией объяснять то, что происходит и на небе, и на Земле.

