

Содержание

Солнечная система

| | |
|---|----|
| Тяготение и движение небесных тел | 10 |
| Меркурий | 16 |
| Венера | 20 |
| Земля | 24 |
| Кометы | 28 |
| Метеорные тела, метеоры и метеориты | 32 |
| Луна | 36 |
| Марс | 44 |
| Пояс астероидов | 48 |
| Юпитер | 52 |
| Сатурн | 56 |
| Уран | 60 |
| Нептун | 64 |
| Пояс Койпера и облако Оорта | 68 |
| Солнце | 82 |

Звезды

| | |
|---|-----|
| Изучая свет | 98 |
| Туманности | 106 |
| Протозвезды | 110 |
| Коричневые карлики | 111 |
| Диаграмма Герцшпрунга — Рассела | 112 |
| Звезды главной последовательности | 114 |
| Термоядерный синтез в недрах звезд | 116 |
| Маломассивные звезды | 118 |
| Проксима Центавра | 120 |
| Красные карлики | 121 |
| Звезды средней массы | 122 |
| Мира | 124 |
| Звезда ван Маанена | 126 |
| Жизнь нашего Солнца | 128 |
| Массивные звезды | 130 |
| Бетельгейзе | 132 |
| Сверхновые | 134 |
| Нейтронные звезды | 138 |
| Черные дыры | 142 |
| Жизненный цикл звезд | 146 |
| Самые массивные звезды | 148 |
| Звезды вне главной последовательности | 150 |
| Кратные звездные системы | 152 |
| Сириус А и В | 154 |

Внесолнечные планеты

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Как образуются планеты | 164 |
| Типы планет | 166 |
| Расположение планет | 168 |
| Обнаружение внесолнечных планет | 170 |
| Методы обнаружения | 172 |
| Жизнь на других планетах | 174 |

Галактики

| | |
|----------------------------------|-----|
| Рождение галактик | 184 |
| Типы галактик | 186 |
| Млечный Путь | 188 |
| Темная материя | 194 |
| Сверхмассивные черные дыры | 196 |
| Квazarы | 200 |
| Галактика М87 | 202 |
| Расширение Вселенной | 204 |
| Темная энергия | 206 |

Большой взрыв

| | |
|------------------------------|-----|
| Начало начал | 212 |
| Первая секунда | 214 |
| Возникновение материи | 216 |
| Распределение вещества | 218 |
| Первые звезды | 220 |

Гибель Вселенной

| | |
|---------------------------------|-----|
| Варианты развития событий | 230 |
| Звезды гаснут | 232 |
| Хронология Вселенной | 234 |



Введение

Ночное небо с давних пор манило нас чудесами. некогда считалось, что оно имеет божественную природу и отгорожено от мира нас, смертных, однако теперь известно, что это не так: и небеса, и мы сами — части грандиозного целого, которое зовется Вселенной.

С древних времен пытливые умы преодолевали множество трудностей на пути познания, чтобы сегодня мы смогли понять космос и наше место в нем. Первые астрономы могли лишь смотреть на небо невооруженным глазом, пытаясь постичь загадки ночного неба, но теперь существуют мощные телескопы, некоторые из них расположены высоко на орбите над Землей, чтобы иметь возможность заглянуть еще дальше. За те тысячи лет, что потрачены на изучение тайн Вселенной, наши методы, безусловно, значительно усовершенствовались. Однако и древние звездочеты, и современные ученые, запускающие телескопы в космос, сыграли в постижении секретов небес равно важную роль.

Книга эта начинается с рассмотрения самых близких к людям объектов — тел Солнечной системы. Неудивительно, что именно с ними мы знакомы лучше всего и, следовательно, больше всего о них знаем. Названия планет действительно были даны им представителями древних

цивилизаций, и даже в период, предшествующий именованию планет, наши предки уже поклонялись живительному Солнцу, поэтому можно с уверенностью сказать, что у нас, людей, давние отношения с этими небесными телами. Знакомство с нашей планетарной системой мы закончим на самом уникальном ее представителе — Солнце, непрестанно дарующем свет и тепло. Затем мы покинем уютный дом и приступим к изучению расположенных за его пределами звезд, планет и галактик. Попутно разберемся, как образуются звезды и что происходит, когда они умирают, а также узнаем о жизненном цикле Вселенной в целом — что именно произошло после Большого взрыва и как все живое, вероятно, прекратит свое существование.

В пути нам будут попадаться примеры, как астрономам удавалось раскрывать бесчисленные чудеса космоса. Поначалу может показаться нелепым, даже невероятным, что можно так много рассказать о звездах, столь далеких, что свет от них добирается до нас за тысячи, а то и миллионы лет. Надемся, что благодаря подробному описанию наблюдений и последующих выводов необычайные факты и цифры, фигурирующие в космологии, смогут показаться немного более правдоподобными.



“

*Природа
довольна
простотой**

”

Исаак Ньютон (1643–1727)

* В переводе с латинского А. Н. Крылова «Природа проста» — *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии = *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*: [пер. с лат.] / Исаак Ньютон; ред. и предисл. Л. С. Полака; пер. и комм. А. Н. Крылова. — М.: Наука, 1989. — 688 с. — (Классики науки).

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА



8


В РОДНЫХ КРАЯХ

Путешествие по Вселенной начнем с прогулки по ближайшим небесным окрестностям — Солнечной системе. Солнце возникло из газопылевого облака и засияло около 4,6 миллиарда лет назад, а из окружающих его остатков материи образовались планеты.

На протяжении большей части существования человечества мы не осознавали своего места в Солнечной системе или во Вселенной в целом. Мы считали себя неподвижными, находящимися в центре всего сущего и обособленными от небесных тел, несущихся по небу. Только после революционных научных открытий XVI века было признано, что Солнце находится в центре

орбит планет и что Вселенная не вращается вокруг нас. С тех пор наше понимание космоса развивается в геометрической прогрессии. Телескоп, усовершенствованный и модернизированный после его изобретения, а с недавних пор и отправляемые к другим планетам космические аппараты сделали источники огромного объема данных, безгранично расширив горизонты познания. Без этих технологий мы знали бы лишь малую часть того, что доступно сегодня.

Стартуем с ближайшей к Солнцу планеты — Меркурия. Затем отправимся далее, останавливаясь на каменных внутренних планетах, поясе астероидов, потом перейдем к газовым планетам-



гигантам, обитающим во внешней части Солнечной системы. По дороге нам встретятся спутники, кометы и карликовые планеты, пока не доберемся до таинственного облака Оорта, что расположено на самом дальнем рубеже Солнечной системы. Последнее тело, на которое оглянемся, покидая Солнечную систему, это само Солнце, щедрый даритель света и тепла. Но почему планеты крутятся вокруг Солнца? Почему не разлетаются в пустоту космоса? Для понимания данных процессов прежде всего необходимо изучить тяготение — явление, определяющее движение планет и звезд и в значительной степени строение Вселенной на больших масштабах.

Тяготение и движение небесных тел

Тяготение — это сила притяжения, действующая между всеми объектами во Вселенной. Именно она приковывает нас к земле, удерживает Луну на орбите, а галактики — от распада. Тяготение — важнейшая сила, которая, по сути, сформировала Вселенную, без нее не смогли бы образоваться планеты и не светили бы звезды.

Впервые научное исследование тяготения предпринял итальянский астроном Галилео Галилей в конце XVI века. В своих знаменитых опытах он измерял скорость падения шаров разной массы, бросая их с вершины Пизанской башни. Как он и предсказывал, шары разных масс падали на землю за одинаковое время, что доказывает, что масса объекта не влияет на скорость его падения. Исаак Ньютон распространил идеи Галилея о падении тел на движение планет. Ньютон пришел к выводу, что та же сила, которая заставляет предметы падать на землю, отвечает и за удержание планет и их спутников на орбитах. В 1687 году он опубликовал посвященный изучению тяготения и законов движения трактат «Математические начала натуральной философии» (Principia) — один из важнейших трудов в истории науки.

10

ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ НЬЮТОНА

Закон всемирного тяготения Ньютона гласит, что каждое тело во Вселенной притягивает всякое другое тело и сила притяжения зависит от массы объектов и расстояния между ними. Сила тяготения уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния между объектами, и поэтому соответствующее соотношение также называют законом обратных квадратов, он сводится к простому уравнению:

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

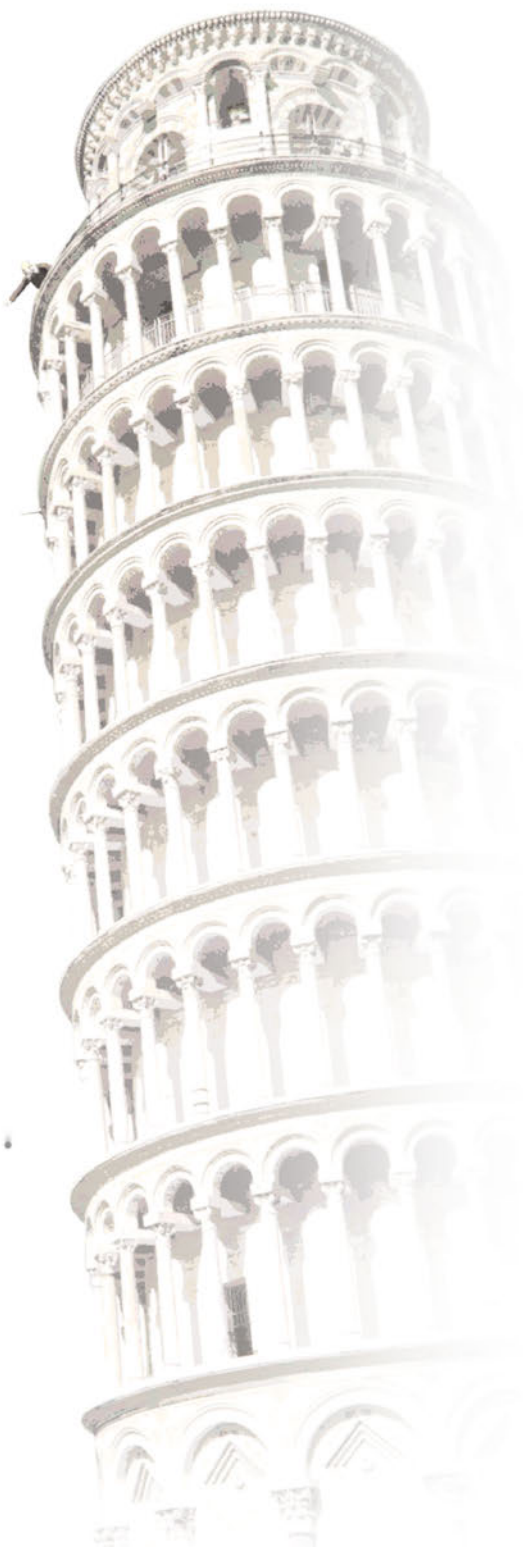
Сила

Гравитационная постоянная

Масса объекта 1

Масса объекта 2

Расстояние между центрами масс двух объектов

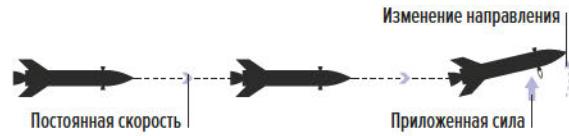


ТРИ ЗАКОНА ДВИЖЕНИЯ

Изложенные в «Началах» три закона описывают связь между движением тел и действующими на них силами. Эти законы справедливы для всех объектов, от бильярдных шаров до планет, хотя в экстремальных обстоятельствах они не работают. Объекты, движущиеся со скоростью, близкой к скорости света, испытывающие действие очень сильного тяготения или имеющие размеры меньше атома, приходится описывать в рамках других теорий и расчетов.

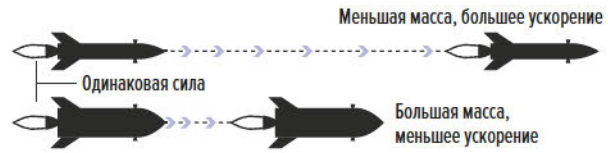
1-Й ЗАКОН

В отсутствие внешних сил тело остается неподвижным или движется с постоянной скоростью и в одном направлении



2-Й ЗАКОН

Сила, действующая на тело, равна его массе, умноженной на его ускорение. Таким образом, если к двум разным телам, масса одного из которых в два раза больше массы другого, приложить равную силу, то более массивное будет двигаться с в два раза большим ускорением



3-Й ЗАКОН

Всякому действию сопоставлено равное по силе и обратное по направлению противодействие



ПУШЕЧНЫЕ ЯДРА НЬЮТОНА

Для объяснения траектории движения небесных тел Ньютон предложил мысленный эксперимент, демонстрирующий действие силы тяготения на масштабах больших, чем высота Пизанской башни. Он предложил вообразить высокую гору, на вершине которой стоит пушка, стреляющая ядрами с разной скоростью вылета.



МАЛАЯ СКОРОСТЬ

Ядро, вылетающее с малой скоростью, просто упадет на землю



ОРБИТАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ

При определенной для заданной высоты скорости вылетевшее из пушки ядро будет постоянно падать, обращаясь вокруг Земли, но не сталкиваясь с ней



ВЫСОКАЯ СКОРОСТЬ

Ядро, выстреленное со скоростью больше орбитальной (но меньше скорости освобождения), будет двигаться по эллиптической орбите



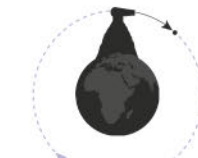
СКОРОСТЬ ОСВОБОЖДЕНИЯ

При некотором значении скорости вылета ядро оно покинет околоземное пространство, двигаясь по параболе; такую скорость называют скоростью освобождения



МАЛАЯ ВЫСОТА

Чем ближе пушечное ядро к Земле, тем быстрее оно должно двигаться, чтобы оставаться на орбите



БОЛЬШАЯ ВЫСОТА

Чем больше расстояние от Земли, тем медленнее должно двигаться пушечное ядро, чтобы остаться на орбите

ВИДЫ ОРБИТ

Три тела движутся под действием расположенной в центре планеты, имеющей гораздо большую массу. Два тела удерживаются на околопланетных орбитах, тогда как третье, не будучи захвачено планетой, всего лишь меняет направление движения.

КРУГОВАЯ ОРБИТА

Орбиты многих тел в Солнечной системе — например, орбита Луны вокруг Земли — являются круговыми

ЭЛЛИПТИЧЕСКАЯ ОРБИТА

Орбиты объектов, движущихся по вытянутым (или эксцентрическим) траекториям, называются эллиптическими

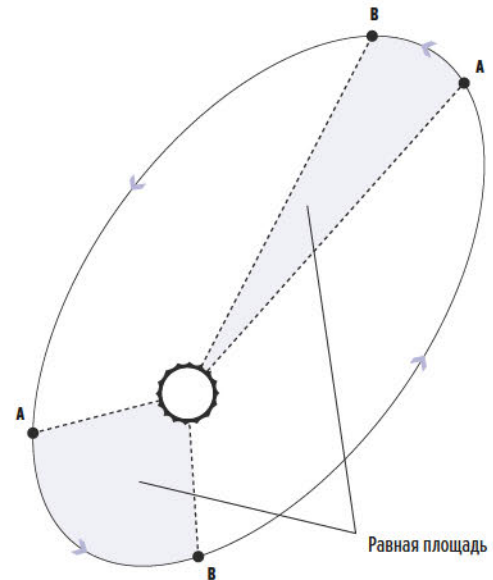
ПАРАБОЛИЧЕСКАЯ/ГИПЕРБОЛИЧЕСКАЯ ТРАЕКТОРИЯ

Пролетающие мимо звезды тела, не связанные с ней силами тяготения, движутся по невозвратным (параболическим или гиперболическим) орбитам

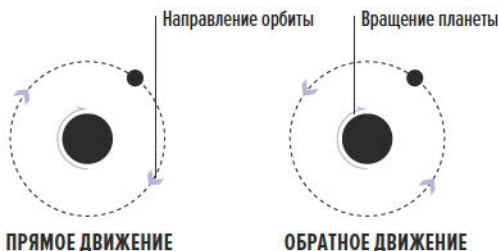
ВТОРОЙ ЗАКОН КЕПЛЕРА

Еще до появления работ Ньютона немецкий астроном Иоганн Кеплер установил три закона, описывающие движение планет вокруг Солнца. Второй из них гласит, что, когда планета при перемещении по орбите приближается к Солнцу, ее скорость увеличивается. Также закон определяет, как именно меняется скорость вдоль орбиты.

На данном рисунке изображена планета, обращающаяся по эллиптической орбите вокруг Солнца и проиллюстрирован второй закон Кеплера, определяющий, на какое расстояние планета перемещается за определенный период времени в разных точках орбиты. В обоих случаях планета *A* перемещается в точку *B* за одно и то же время, но, как видно из рисунка, в случае, когда планета находится дальше от Солнца, она проходит меньшее расстояние и, значит, движется медленнее. Кеплер установил, что за равные промежутки времени соединяющий планету с Солнцем радиус описывает равные площади.



12



НАПРАВЛЕНИЕ ОРБИТЫ

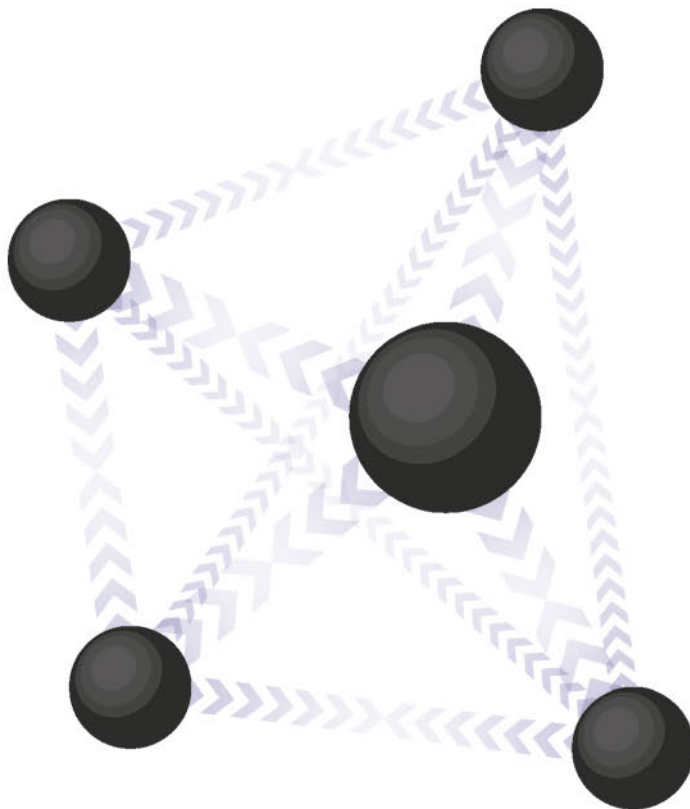
Термины «прямая» и «обратная» орбита означают, что планета или спутник обращается в том же направлении, что и вращается центральное тело (соответственно звезда или планета), или противоположном ему.

СЛУЧАЙ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ

Благодаря пониманию того, как действует сила тяготения, можно предсказывать траектории движения небесных тел и их положение в будущем, но точность подобного предсказания ухудшается на больших интервалах времени.

Изучая проявления взаимного тяготения двух тел, нетрудно оценить действующие на них силы. В реальности все сложнее. Возьмем, к примеру, Луну: хотя она и обращается вокруг Земли, на нее также сильно влияет сила притяжения Солнца. Поэтому траектория ее движения не является идеальным эллипсом с Землей в фокусе. В реальности на Луну влияют не только Земля и Солнце, но также и все прочие тела Солнечной системы и даже притяжение Млечного Пути.

Из-за огромного количества переменных вычисление положений спутников, планет и звезд подобно прогнозу погоды — нетрудно выполнить на ближайшее время, но получить долгосрочный прогноз гораздо труднее.



13

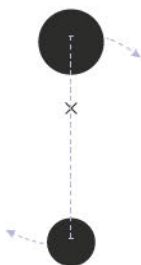
ЦЕНТР МАСС

Два взаимно притягивающихся тела обращаются вокруг точки, называемой их общим центром масс.



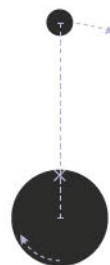
СЛУЧАЙ РАВНЫХ МАСС

Если два тела имеют одинаковую массу, то центр масс расположен на одинаковом расстоянии от обеих планет



СЛУЧАЙ ЕДИНИЧНОЙ И ДВОЙНОЙ МАССЫ

Если масса одного тела в два раза больше массы другого, то центр масс будет в два раза ближе к центру первой планеты



СИСТЕМА ЗЕМЛЯ — ЛУНА

Центр масс системы Земля — Луна расположен в среднем на глубине около 1700 км под поверхностью Земли

АККРЕЦИЯ

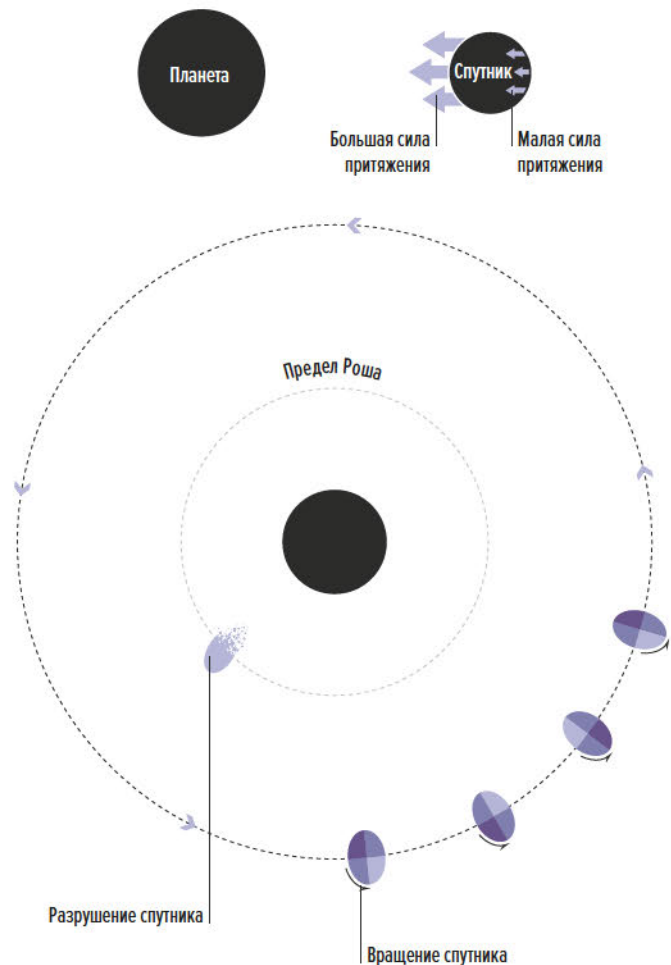
Сила тяготения (гравитация) не только удерживает планеты на их орбитах вокруг Солнца, но также обеспечивает саму возможность их образования. До своего рождения планеты являлись лишь космической пылью и молекулами, но сила тяготения постепенно собрала все эти микроскопические частицы вместе, образовав астероиды и планеты, а также Солнце и звезды.

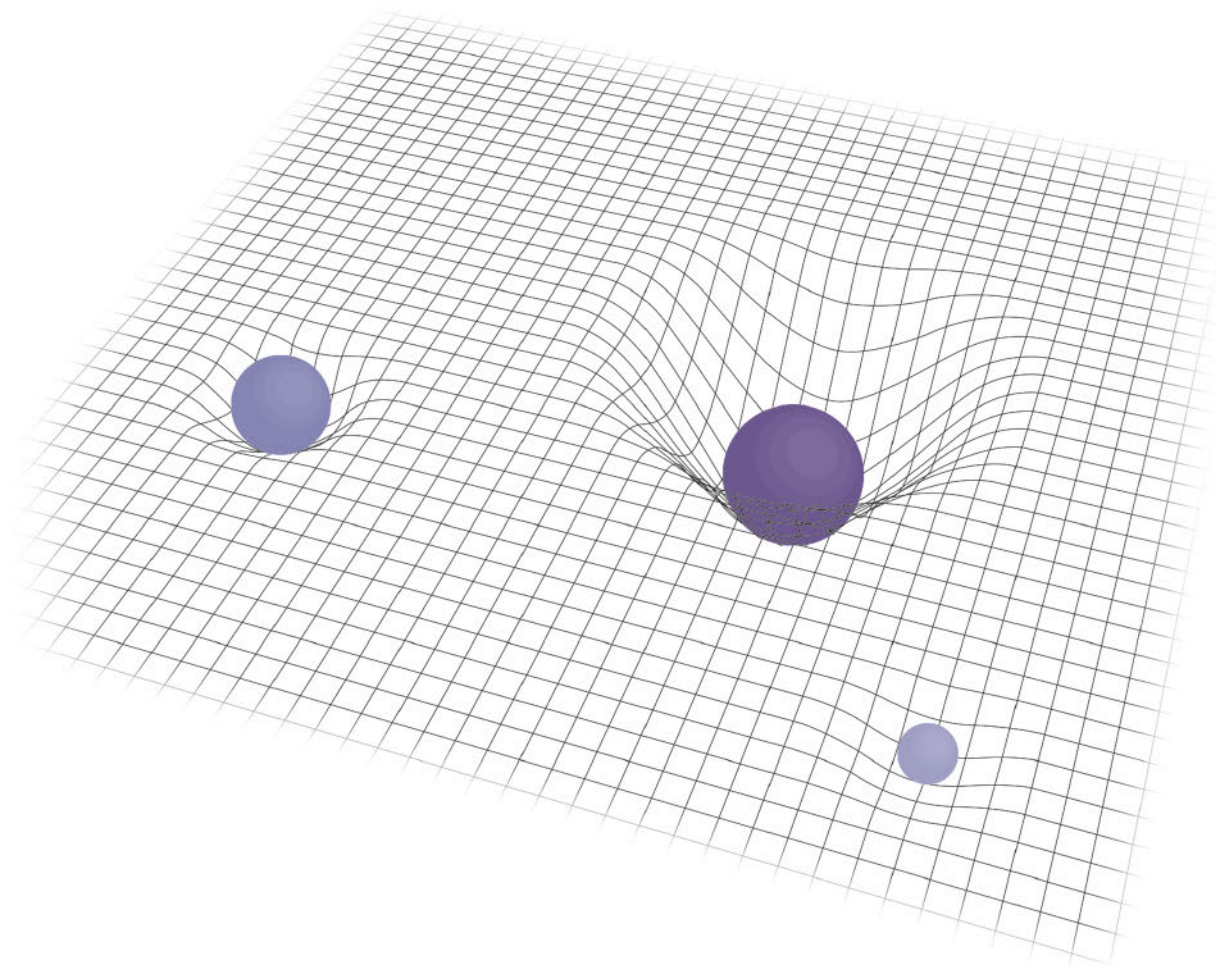


ПРИЛИВНЫЕ СИЛЫ

Как известно, сила притяжения уменьшается с расстоянием, поэтому, когда два тела обращаются друг вокруг друга, ближайšie стороны притягиваются друг к другу сильнее, чем удаленные. Как следствие, сила тяготения «растягивает» обращающийся вокруг более массивной планеты спутник. Если спутник при этом вращается, поворачиваясь к планете то одной, то другой своей стороной, то он будет постоянно деформироваться, что приводит к «лунотрясениям» и разогреву недр спутника. Процесс этот называется приливным разогревом и может приводить к вулканической активности. Приливные силы также замедляют вращение обращающихся вокруг центральных тел спутников — именно это произошло с Луной, период вращения которой стал равным ее орбитальному периоду.

Влияние приливных сил тем сильнее, чем ближе спутник к планете. При приближении спутника на определенное расстояние к планете, известное как предел Роша, из-за различия величины сил тяготения, действующих на разные его части, спутник разрывается на несколько фрагментов. Соответствующее пределу Роша расстояние зависит от множества факторов, включая массы притягивающихся тел и физический состав спутника.





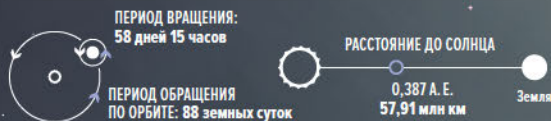
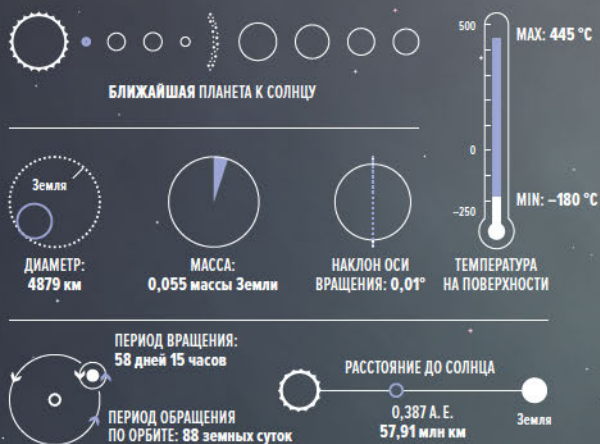
ЧТО ТАКОЕ ГРАВИТАЦИЯ?

До сих пор мы рассматривали действие тяготения и его влияние на небесные тела, но что именно вызывает эту силу? Ответ на данный вопрос был получен только в 1915 году, когда Альберт Эйнштейн предложил общую теорию относительности, согласно которой масса на самом деле деформирует «ткань» пространства.

В своей работе Эйнштейн объяснил, что три видимых нами измерения (высота, ширина и глубина) и четвертое (время) являются частью единого целого, известного как пространство-время. Он также предположил, что пространство-время не является плоским или постоянным, а искажается под воздействием материи. В изображенной выше модели пространство-время представлено плоскостью с сеткой пересекающихся линий. Теперь представьте, что эта поверхность ведет себя как ткань на батуте и на нее кладут шар для боулинга: материал растягивается, и ткань вблизи шара деформируется. Если рядом с шаром для боулинга прокатить тело гораздо меньшей массы, например маленький стеклянный шарик, то его траектория изменится и шарик повернет в сторону большей массы. По этой аналогии мы можем представить, как большие тела, например планеты, захватывают пролетающие мимо объекты, становящиеся их спутниками. Американский физик-теоретик Джон Арчибальд Уилер сформулировал эту теорию наиболее лаконично: «Пространство-время диктует материи, как двигаться; материя диктует пространству-времени, как изгибаться».

Меркурий

16



Первая планета, попадающаяся нам навстречу во время путешествия по Солнечной системе, — Меркурий. Маленький и плотный, он находится так близко к Солнцу, что зачастую его бывает не разглядеть на фоне яркого светила. Из-за размеров и расположения Меркурий трудно наблюдать даже с помощью современных технологий.

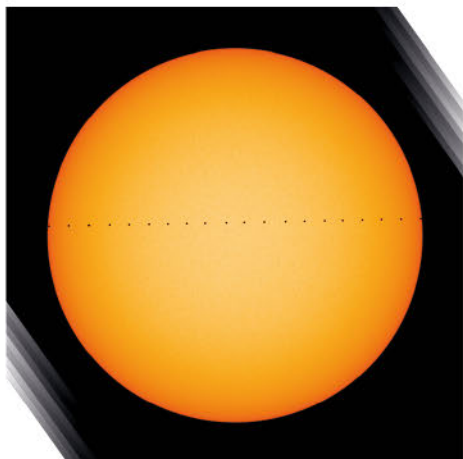
Для земного наблюдателя Меркурий носится туда-сюда, выскакивая то с одной, то с другой стороны ослепительного Солнца. Происходит это довольно быстро, так как из-за близости планеты к Солнцу она испытывает сильное воздействие солнечного притяжения. Ввиду этих особенностей планета получила название в честь древнеримского бога Меркурия, который, помимо всего прочего, служил посланником другим богам.

Можно предположить, что из-за близости к Солнцу планета раскалена добела, но это не так. Несмотря на быстрое движение по орбите — планета совершает один оборот вокруг Солнца всего за 88 земных суток, — вокруг своей оси планета вращается невероятно медленно, а значит, сутки на Меркурии эквивалентны 176 земным суткам (за это время планета дважды облетит вокруг Солнца!). Во время долгого дня на стороне, обращенной к Солнцу, температура может достигать 430 °С (этого достаточно, чтобы расплавился свинец). Однако на противоположной стороне планеты ночью температура опускается до -200 °С, ведь тепло слабо удерживается

разреженной атмосферой планеты. Из-за малой массы Меркурия и слабого тяготения на его поверхности планета не в состоянии сформировать сколь-нибудь значительную по содержанию газов атмосферу. Чрезвычайно разреженная атмосфера состоит в основном из водорода и гелия и менее распространенных элементов, выделившихся из коры под действием солнечного ветра и ударов метеоритов.

Многочисленные участки Меркурия покрыты глубокими кратерами, многие из которых предположительно возникли в результате катаклизма, известного как «поздняя тяжелая бомбардировка». Считается, что в тот период (около 3,9 миллиарда лет назад) многочисленные астероиды сталкивались с планетами земной группы во внутренней части Солнечной системы. Меркурий тогда был геологически активен: на нем находились вулканы и бассейны, заполненные магмой, которая со временем остыла, образовав гладкие равнины. Наличие крупных кратеров на поверхности говорит о том, что геологическая активность на Меркурии прекратилась примерно миллиард лет назад — ведь если бы поверхность планеты продолжала обновляться, то за прошедшее время эти образования должны были основательно разрушиться.

Вопреки всему на Меркурии, самой близкой к Солнцу планете, сохранились залежи воды в виде льда. Они были обнаружены зондом Messenger в 2008 году благодаря особенностям отражения льдом радиолокационных импульсов. Лед нашли в некоторых из самых глубоких кратеров, расположенных вблизи полюсов планеты. Дно кратеров настолько глубокое, что туда не попадает солнечный свет, и в результате температура никогда не превышает -160 °С. Считается, что образующиеся здесь скопления льда были принесены на планету кометами. При столкновении с планетой большое количество воды, содержащейся в кометах, испаряется, и на короткое время после такого столкновения Меркурий окружен атмосферой из водяного пара. Часть пара, выпадающего на поверхность в виде осадков, оказывается на дне вечно темных и холодных кратеров и конденсируется, образуя очередной слой льда, где и сохраняется надолго.



На этом составном изображении, созданном на основе данных наблюдений, выполненных космическим аппаратом NASA Solar Dynamics Observatory 11 ноября 2019 года, показан ряд положений Меркурия в течение пятчасового прохождения по диску Солнца с интервалом 21 минута

ПРОХОЖДЕНИЕ МЕРКУРИЯ ПО ДИСКУ СОЛНЦА

Здесь изображен силуэт Меркурия, проходящего между Землей и Солнцем. В среднем Меркурий проходит по диску Солнца каждые семь лет. Впервые в телескоп это явление наблюдал французский астроном Пьер Гассенди в 1631 году. Проведя наблюдения и осуществив расчеты, он стал первым, кто смог точно определить диаметр другой планеты.

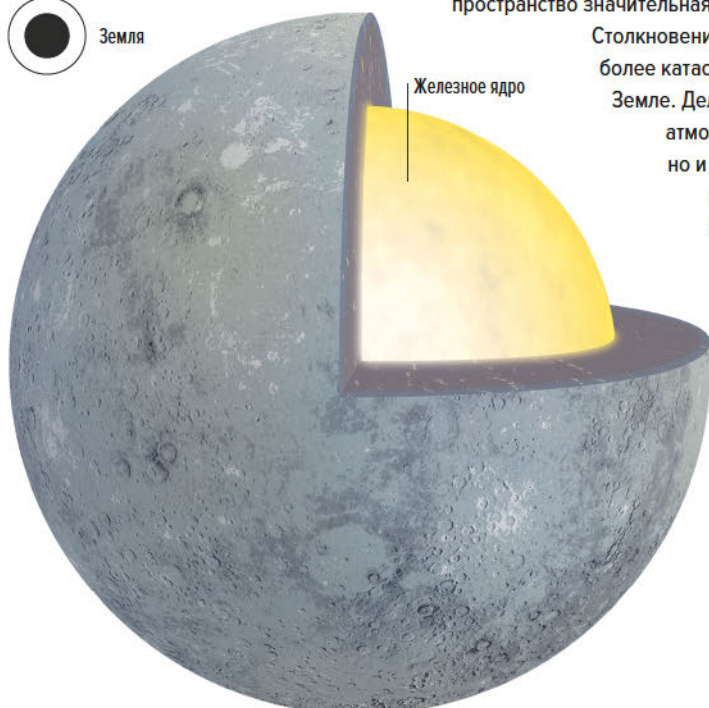
КРУПНОЕ ЖЕЛЕЗНОЕ ЯДРО

Подобно Земле, Меркурий имеет железное ядро. Но если земное ядро занимает 17% объема нашей планеты, то ядро Меркурия — около 57%. Согласно общепринятой теории, все дело в том, что однажды с Меркурием столкнулась планетезималь (небольшое тело диаметром менее 100 км, состоящее из камня или льда), в результате чего с планеты была сорвана и выброшена в космическое пространство значительная часть внешних каменных слоев (коры и мантии).

Столкновения небесных тел с Меркурием, как правило, несут более катастрофические последствия, чем те же явления на Земле. Дело не только в отсутствии сколь-нибудь заметной атмосферы, могущей защитить поверхность планеты, но и в близости Меркурия к Солнцу и вытекающей из этого большей скорости орбитального движения и, следовательно, большей скорости соударения планеты с падающими на нее астероидами.

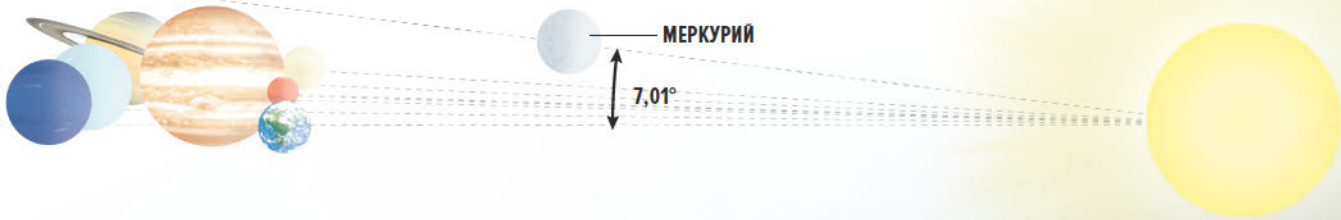
СРАВНЕНИЕ ЯДЕР

18



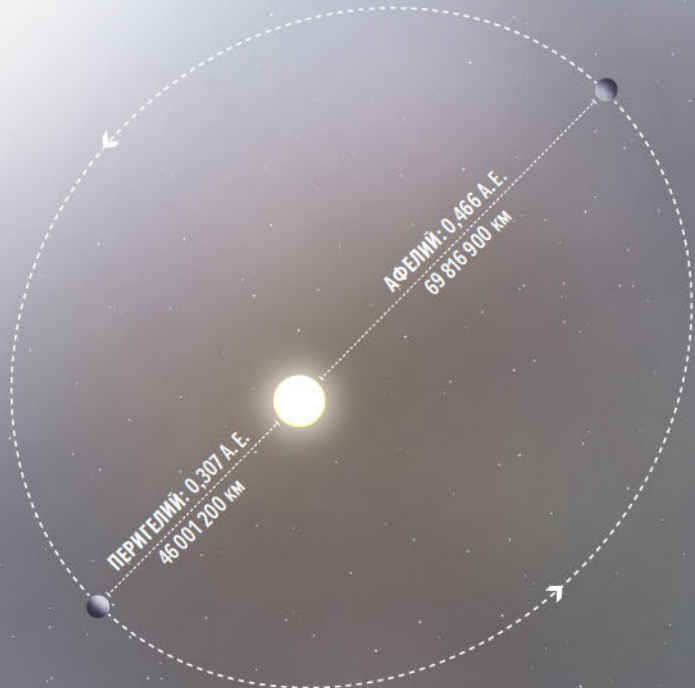
НАКЛОНЕННАЯ ОРБИТА

Орбита Меркурия — самая наклоненная среди всех планетных орбит, хотя орбиты некоторых тел — например, карликовой планеты Плутон и других объектов в поясе Койпера и поясе астероидов — наклонены еще сильнее.



ВЫТЯНУТАЯ ОРБИТА

Орбита Меркурия выделяется среди прочих планет не только из-за малой продолжительности года и исключительно долгих суток. У Меркурия самая эксцентричная (наименее круглая) орбита из всех планет. У идеально круглой орбиты эксцентриситет равен нулю, а эксцентриситет очень вытянутой орбиты близок к единице. Эксцентриситет орбиты Меркурия равен 0,21, поэтому разница между расстоянием планеты от Солнца в перигелии (ближайшей к Солнцу точке орбиты) и афелии (самая удаленная от Солнца точка орбиты) значительна.



Венера

Венера — вторая планета от Солнца, ближайшая к Земле. Она — третий по яркости объект на нашем небе (после Солнца и Луны), и обычно ее можно увидеть перед рассветом или после заката. На фоне красноватого неба яркое сияние кремово-белой планеты издавна ассоциируется с красотой: по имени древнеримской богини любви и красоты Венера и получила свое название. Однако внешность бывает обманчивой.

Красота Венеры — маска, созданная толстым слоем облаков, отражающих большую часть солнечного света. Привлекательным тут является только внешний вид планеты, поскольку без маски Венера — адское местечко.

Сами облака состоят не из паров воды, а из серной кислоты, которая окрашивает тускло освещенную поверхность планеты в желтый цвет. Любой свет, пробивающийся сквозь облака, задерживается плотной атмосферой. Высокое содержание углекислого газа в атмосфере Венеры дает самый сильный парниковый эффект в Солнечной системе. Несмотря на то что планета почти в два раза дальше от Солнца, чем Меркурий, и освещенность солнечным светом там в четыре раза слабее, температура поверхности на Венере выше. Из-за невероятного жара в нижних слоях атмосферы любой проливающийся из облаков кислотный дождь испаряется задолго до того, как попадет на поверхность.

Наиболее подробная информация о поверхности планеты была получена благодаря советской космической программе «Венера», в рамках которой в 1970 году совершена была первая в мире посадка космического аппарата на поверхность другой планеты. В общей сложности десять зондов «Венера» совершили успешные посадки, и каждый из них был потрепан ветрами со скоростью 300 км/ч, когда они спускались на парашютах в верхних слоях атмосферы. Приземлившись на растрескавшиеся плиты черной вулканической породы, зонды могли продержаться в этой враждебной среде не более двух часов, в течение которых передавали данные на Землю. Воздух у поверхности Венеры очень плотный из-за высокого давления; почти текучий, как жидкость, он увлекает за собой камни и пыль. Из-за плотной атмосферы посадочные аппараты могли видеть только на несколько километров в окружающем свете, но радарная съемка позволила получить гораздо больше информации о ландшафте.

Около трех четвертей планеты покрыто образованиями, состоящими из гладких вулканических равнин и многих тысяч вулканов, более сотни которых имеют диаметр свыше 100 км. Скорее всего, Венера все еще вулканически активна, о чем свидетельствует наличие серы в атмосфере и наблюдаемые на поверхности характерные кратеры. Большинство ударных кратеров на Венере находятся в хорошо сохранившемся состоянии, что свидетельствует о том, что, скорее всего, современная поверхность планеты сформировалась недавно, а старые выветрившиеся кратеры оказались погребены под вулканическим пеплом и лавой. Помимо вулканов, жары, высокого давления и ветров, ядовитой атмосферы и облаков кислоты, есть также свидетельства, что на планете бывают грозы и молнии — если всего перечисленного мало.

Считается, что атмосфера Венеры когда-то была такой же, как сейчас на Земле, и что на поверхности было много жидкой воды. Когда вода испарилась, дополнительный пар в воздухе усилил порожденный другими газами парниковый эффект, и в какой-то момент был достигнут критический уровень, после которого повышение температуры ускорило, что привело к еще более интенсивному выкипанию воды. Глобальное потепление вышло из-под контроля.