



Главные выводы

1. В отличие от планет земной группы планеты-гиганты представляют собой крупные массивные газообразные тела с малой плотностью, удаленные от Солнца на значительное расстояние (от 5 до 30 а. е.).
2. Планеты-гиганты очень быстро вращаются вокруг своих осей.
3. Все планеты-гиганты имеют кольца.
4. Основными компонентами атмосфер этих планет являются водород и гелий.



Контрольные вопросы и задания

1. Укажите на отличие основных физических характеристик планет-гигантов от планет земной группы.
2. Какова особенность вращения планет-гигантов вокруг оси?
3. Расскажите об особенностях строения планет-гигантов.
4. Что представляют собой кольца планет?
5. Почему иногда даже в крупные телескопы не видны кольца Сатурна?

§ 15. Луна. Спутники планет

1. Физические условия на Луне. Луна — единственный естественный спутник Земли. Это тело шарообразной формы диаметром 3476 км. Масса Луны в 81 раз меньше массы Земли. Средняя плотность Луны равна 0,6 плотности Земли, а ускорение свободного падения в 6 раз меньше земного, т. е. на лунной поверхности предметы весят в 6 раз меньше, чем на Земле. Солнечные сутки на Луне продолжаются синодический месяц (29,5 земных суток). На Луне нет воды в жидком виде и практически нет атмосферы. За лунный день, который длится около 15 земных суток, поверхность успевает нагреться до +127 °С, а ночью охладиться до -173 °С. При высоких температурах скорость газовых молекул превышает вторую космическую скорость для поверхности Луны, равную 2,38 км/с, поэтому газы, выделяющиеся из недр спутника Земли или образующиеся при падении метеорных тел, быстро покидают Луну. Без газовой атмосферы Луна подвержена воздействию всех видов электромагнитного излучения Солнца, а также ударам метеорных тел разного размера.

Невооруженным глазом на лунной поверхности различимы светлые и темные участки. На темные, относительно ровные области поверхности, названные



Рис. 71. Вид Луны в телескоп

«морями», приходится 16,9 % всей поверхности Луны. Более светлые гористые участки, так называемые «материки», занимают оставшуюся поверхность и характеризуются наличием горных хребтов, кольцевых гор, кратеров (рис. 71). Первую подробную лунную карту составил в 1647 г. польский астроном Ян Гевелий. С того времени до наших дней сохранились названия морей — Море Спокойствия, Море Кризисов и др. Названия горных хребтов, тянущихся обычно вдоль окраин морей, созвучны земным — Апеннины, Кавказ, Карпаты и др. Апеннины имеют максимальную высоту около 6 км, а Карпаты — лишь 2 км (рис. 72).



Рис. 72. Карта-схема крупнейших деталей видимого в телескоп с Земли полушария Луны



Рис. 73. Часть поверхности Луны. Фотография получена станцией «Зонд»



Рис. 74. Земля, видимая с поверхности Луны



Самыми многочисленными образованиями на лунной поверхности являются кратеры (рис. 73). Их размеры колеблются от микроскопических до более 100 км в диаметре. Кратер состоит из кольцевого вала и внутренней равнины. У большинства «молодых» кратеров на дне возвышаются центральные горки.

В полнолуние у «молодых» кратеров, имеющих метеоритное происхождение, можно видеть лучевые системы — светлые полосы, радиально отходящие от кратера и тянущиеся на сотни километров.

Удар крупного метеорита или небольшого астероида о поверхность Луны сопровождается взрывом. При этом происходит выброс лунного вещества под разными углами. Значительная его часть попадает в космос, однако некоторая доля падает обратно на поверхность Луны. Из струй измельченного вещества формируются лучевые системы. Для наблюдателя лучи кажутся более светлыми потому, что они отражают свет лучше, чем плотное вещество того же состава.

Крупные и средние кратеры названы в честь выдающихся ученых: Птолемей, Архимед, Платон, Коперник, Тихов, Шмидт и др.

Космические исследования существенно углубили наши знания о Луне. В 1959 г. советским аппаратом «Луна-3» была впервые сфотографирована обратная, невидимая сторона Луны. В 1965 г. появилась первая полная карта Луны, составленная под научным руководством Ю. Н. Липского.

Американские астронавты Нил Армстронг и Эдвин Олдрин стали первыми людьми, ступившими на поверхность Луны 20 июля 1969 г. Астронавты, находясь на Луне, могли видеть на небе Землю (рис. 74). Американские космические корабли серии «Аполлон» в течение последующих трех лет шесть раз доставляли в разные места Луны экспедиции (12 астронавтов занимались исследованиями



Рис. 75. Основные типы частичек лунного реголита

в местах посадок, им удалось собрать более 360 кг лунных образцов; лунные породы доставляли и советские автоматические станции «Луна»).

Поверхностный слой естественного спутника Земли состоит из мелкообломочного материала — **реголита** (рис. 75) и имеет толщину около 10 м. В состав лунного реголита входят также стеклянные сферические микрочастицы. Дробление лунных пород происходит в основном из-за микрометеоритной

бомбардировки и резких перепадов температуры. Реголит обладает малой плотностью (верхний слой 1200 кг/м^3) и очень низкой теплопроводностью (в 20 раз меньше воздуха), поэтому уже на глубине около 1 м колебания температуры практически не ощутимы.

По химическому составу лунные породы очень близки к базальтовым породам Земли. Породы лунных морей отличаются высоким содержанием оксидов железа и титана, материковые — высоким содержанием оксидов алюминия.

В последнее время космические станции обнаружили запасы водяного льда в полярных областях Луны. Поскольку угол наклона лунного экватора к эклиптике всего $1,5^\circ$, то дно даже неглубоких кратеров в полярных областях никогда не освещается солнечными лучами. При постоянной температуре -173°C дно полярных кратеров покрывает смесь реголита со льдом. Источником возникновения и накопления лунных полярных льдов могут быть упавшие в эти области кометы, которые представляют собой ледяные тела.

Внутреннее строение Луны изучено по записям сотрясений от ударов метеоритов, которые фиксировались доставленными на Луну сейсмографами. Под слоем реголита располагается кора, толщина которой на видимой (обращенной к Земле) стороне составляет 60 км, а на обратной — 100 км. Под корой находится мантия, толщина которой около 1000 км. Зона глубже 1600 км напоминает земную мантию, имеет толщину 430 км и температуру около 1800 К. Последние исследования подтвердили, что в центре Луны находится металлическое ядро радиусом около 300 км, масса которого составляет около 3 % от общей массы Луны.

Существует несколько гипотез образования Луны. По одной из самых популярных Луна образовалась вместе с Землей из одной планетезимали. Было предположение, что Земля могла разделиться на две части и что впадина

Тихого океана — это «яма», оставшаяся после того, как Луна «вырвалась» из Земли.

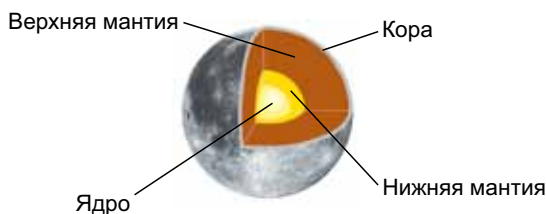
Некоторые ученые полагают, что Луна образовалась путем объединения крошечных камешков, обращавшихся вокруг Земли 4,5 млрд лет назад. Накопление частиц под действием сил гравитации, действующих вблизи Земли, стало «уменьшенным» вариантом процесса, который происходил в первичной солнечной туманности и привел к рождению планет.

Рассматривается и такой механизм образования Луны. Земля, прошедшая основные стадии дифференциации вещества, столкнулась с крупным небесным телом (размером с Марс). Косой удар разрушил только верхние слои земных недр. На околоземную орбиту было выброшено вещество земной коры и мантии, из которого путем слияния сформировался спутник Земли.

Параметры Луны смотрите в таблице 10.

Таблица 10. Параметры Луны

Звездная величина (максимальная)	-12,7	Диаметр по экватору	3476 км
Среднее расстояние до Земли	384,4 тыс. км	Масса (Земля = 1)	0,0123
	60,3 радиуса Земли	Средняя плотность	$3,346 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
Период обращения вокруг Земли	27,32 земных суток	Сила притяжения на экваторе (Земля = 1)	0,17
Период вращения вокруг оси	27,32 земных суток	Температура поверхности	От $-173 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+127 \text{ }^\circ\text{C}$



2. Спутники планет. В Солнечной системе на начало 2021 г. было известно 205 естественных спутников планет. Семь спутников, включая Луну, имеют диаметр больше 2500 км, а Ганимед и Титан (см. табл. 11 на с. 94) даже превосходят по размеру Меркурий.

Таблица 11. Крупные спутники планет

Характеристики	Спутники						
	Ганимед	Титан	Каллисто	Ио	Луна	Европа	Тритон
Планета	Юпитер	Сатурн	Юпитер	Юпитер	Земля	Юпитер	Нептун
Диаметр, км	5268	5152	4820	3642	3476	3130	2700
Масса, $\times 10^{23}$ кг	1,48	1,35	1,08	0,893	0,735	0,485	0,215
Плотность, $\times 10^3$ кг/м ³	1,9	1,9	1,8	3,5	3,3	3,0	2,1
Температура поверхности, °С	-163	-179	-140	-163	От -173 до +127	-140	-235

Небольшие спутники размером в десятки километров представляют собой каменные или ледяные тела неправильной формы. Их поверхности усеяны кратерами и покрыты мелкой пылью. Средние спутники (в несколько сотен километров) в основном шарообразные и имеют малую плотность. По внешнему виду их поверхность напоминает лунную.

Отличаются разнообразием 7 крупнейших спутников. По своему строению они больше похожи на планеты земной группы. Крупнейшие спутники Юпитера были открыты еще в 1610 г. Галилеем. Однако основные сведения о природе крупных спутников планет-гигантов получены в результате исследований с помощью космических аппаратов.

Модель внутреннего строения крупных спутников предусматривает наличие у них трех оболочек: коры, мантии и ядра. Ядром, содержащим соединения железа и занимающим от 0,3 до 0,6 радиуса спутника, обладают Ио (рис. 76), Европа (рис. 77) и Ганимед. У Тритона и Каллисто (рис. 78) каменные ядра такого же или даже большего размеров.



Рис. 76. Ио — спутник Юпитера. Извержение вулкана. Фотография сделана межпланетным аппаратом «Галилео»

Силикатная (каменистая) кора Ио имеет толщину 30 км. Под ней на глубине 100 км находится жидкая магма, температура которой достигает 1600 К. Магма питает многочисленные вулканы Ио. Остальные спутники покрыты ледяной оболочкой разной толщины, под которой расположена каменная мантия.



Рис. 77. Европа — спутник Юпитера



Рис. 78. Каллисто — спутник Юпитера

На поверхности Тритона и Ганимеда видны следы тектонической деятельности: разломы, сжатия, трещины, мелкие хребты. Каллисто отличается от них наличием многочисленных кратеров ударного происхождения.

Ледяную оболочку Европы пересекает сеть светлых и темных узких полос. Это трещины в толстой ледяной коре, вызываемые приливными воздействиями Юпитера. Многолетние наблюдения за рисунком, который образуют трещины, показали, что ледяные массы немного смещаются относительно друг друга. Это значит, что подо льдом находится вода. В некоторых местах ледяного панциря Европы космический аппарат «Галилео» сфотографировал странные хаотические нагромождения старых льдин, вмороженных в свежий лед. Эти структуры называются «хаосами» (рис. 79). Они свидетельствуют о том, что время от времени лед подтаивает, но потом снова застывает. Не успевшие растаять льдины оказываются вмороженными в новый лед. О том, что ледяная поверхность Европы молода, свидетельствует и почти полное отсутствие на ней ударных кратеров.

На Ио нет признаков существования значительного количества воды ни внутри спутника, ни тем более на его поверхности. Зато там открыты многочисленные вулканы. Выброшенные вулканами и оседающие на поверхности соединения серы придают спутнику окраску от белой до ярко-красной и черной (см. рис. 76). При этом цвет зависит от температуры вещества. Из жерла вулканов газы выбрасываются на высоту около 500 км со скоростью примерно 1 км/с. Газовые гейзеры замечены над полярной



Рис. 79. Хаосы на спутнике Юпитера Европа





Рис. 80. Титан — спутник Сатурна — имеет очень плотную атмосферу



Рис. 81. Фобос — спутник Марса. Справа внизу кратер Стикни



шапкой Тритона. Струи темного вещества вырываются вверх с его поверхности и достигают высоты 8 км.

Наиболее мощную атмосферу имеет Титан (рис. 80). Она на 60 % более плотная, чем земная, и примерно на 95 % состоит из азота. Давление у поверхности в 1,5 раза превышает земное. Космический аппарат «Гюйгенс» в 2005 г. обнаружил на Титане горные хребты, русла рек, озера жидкого метана и этана.

Разреженную атмосферу из азота и метана имеет Тритон (10^{-5} земной). Слабая атмосфера из молекулярного кислорода окутывает Ганимед и Европу (10^{-9} и 10^{-11} земной). Образуется она так: солнечный свет, космические лучи и микрометеориты выбивают с ледяной поверхности молекулы воды, которые под действием ультрафиолетового излучения распадаются на атомы водорода и кислорода. Атомы водорода сразу же покидают атмосферу, а атомы кислорода объединяются в молекулы. Разреженная атмосфера из углекислого газа есть у Каллисто, такой же разреженной атмосферой из оксидов серы и вулканических газов обладает Ио (10^{-9} земной).



Рис. 82. Миранда — спутник Урана

У нескольких крупных спутников обнаружены собственные магнитные поля.

Из планет земной группы, кроме Земли, только Марс имеет два спутника, открытых в 1877 г. американским астрономом Асафом Холлом. Это небольшие каменные тела неправильной формы размером $27 \times 22 \times 19$ км — Фобос (рис. 81) и $16 \times 12 \times 10$ км — Деймос.

Изображения некоторых других спутников планет Солнечной системы представлены на рисунках 82—84.



Рис. 83. Мимас — спутник Сатурна. Большой кратер имеет диаметр свыше 100 км



Рис. 84. Энцелад — спутник Сатурна



! Главные выводы

1. Луна — спутник Земли и ближайшее к Земле небесное тело.
2. По своей природе Луна, как и другие крупные спутники планет, близка к планетам земной группы.
3. Небольшие спутники планет (размером в десятки километров) представляют собой каменные или ледяные тела неправильной формы.

? Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте физические условия на Луне. Чем они отличаются от условий на Земле?
2. Какие детали на Луне видны невооруженным глазом, а какие — в телескоп?
3. Приведите примеры названий некоторых лунных кратеров, морей и горных хребтов.
4. Почему обратную сторону Луны удалось сфотографировать только при ее облете на космическом аппарате?
5. Что представляет собой лунный грунт? Отличается ли он от земного?
6. Опишите внутреннее строение Луны. Каким образом оно было изучено?
7. Какие гипотезы образования Луны вы знаете и можете предложить?
8. Назовите крупнейшие спутники планет Солнечной системы. Расскажите о некоторых характерных особенностях каждого из них.