



Малые планеты солнечной системы

Меркурий, Венера, Земля, Марс.

Меркурий

Меркурий, ближайшая к Солнцу
большая планета Солнечной системы.

Параметры движения планеты:

среднее расстояние от Солнца **0,387** астрономических
единиц (58 млн. км),

период обращения 88 суток,

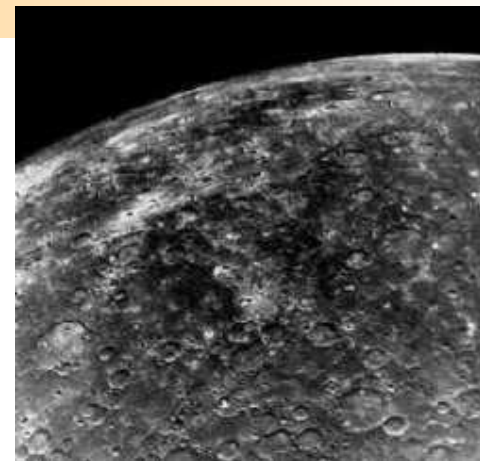
период вращения 58,6 суток,

средний диаметр 4878 км,

масса $3,3 \cdot 10^{23}$ кг,

атмосфера крайне разрежена и состоит из : **Ar, Ne, He.**

Поверхность Меркурия по внешнему виду подобна лунной.



Особенности движения

Меркурий движется вокруг Солнца по сильно вытянутой эллиптической орбите.

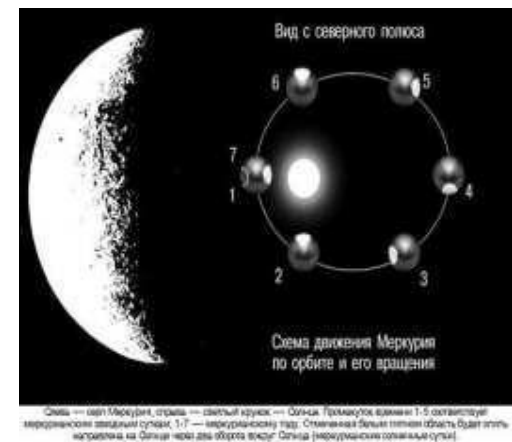
Продолжительность солнечных суток равна 176.

Расстояние Меркурия от Земли 82 до 217 млн.км.

Средняя скорость движения вокруг Солнца — 47,89 км/с.

На Меркурии распределение масс не является строго концентрическим.

Обращение вокруг Солнца и его собственное вращение приводят к тому, что длительность солнечных суток на планете равна трем звездным меркурианским суткам или двум меркурианским годам и составляет 175,92 суток.



Размеры, форма и масса Меркурия



По форме планета близка к шару с экваториальным радиусом (2440 ± 2) км.

Площадь поверхности — в 6,8 раз, чем у Земли.

Объем — в 17,8 раз меньше, чем у Земли.

Средняя плотность составляет $5,44 \text{ г/см}^3$.

Ускорение свободного падения вблизи поверхности $3,7 \text{ м/с}^2$.

Разность полуосей экваториального эллипса составляет 1 км.

Отклонения геометрического центра планеты от центра

масс — порядка полутора километров.

Температура и рельеф поверхности Меркурия



Меркурий получает от центрального светила значительно большее количество энергии.

Из-за вытянутости орбиты поток энергии от Солнца варьируется примерно в два раза.

Большая продолжительность дня и ночи приводит к тому, что проявляются яркостные температуры на «дневной» и на «ночной» сторонах поверхности Меркурия (температура может изменяться примерно от 600 K до 100 K).

Поверхность Меркурия, покрытая раздробленным веществом базальтового типа, довольно темная.

*По наблюдениям с Земли, поверхность **Меркурия** в целом похожа на поверхность Луны, хотя контраст между темными и светлыми участками выражен слабее. Наряду с кратерами есть холмы и долины.*

Атмосфера и физические



Над поверхностью Меркурия имеются следы весьма разреженной атмосферы, содержащей гелий, водород, углекислый газ, углерод, кислород и благородные газы.

Близость Солнца обуславливает ощутимое влияние на Меркурий солнечного ветра. Благодаря этой близости воздействие Солнца на Меркурий, должно приводить к возникновению над поверхностью планеты электрического поля, напряженность которого может быть примерно вдвое больше, чем у «поля ясной погоды» над поверхностью Земли, и отличается от последнего сравнительной стабильностью.

На Меркурии имеется магнитное поле.

Венера

Венера, вторая от Солнца и ближайшая к Земле большая планета Солнечной системы

Параметры движения планеты:

среднее расстояние от Солнца 0,72 а. е.

период обращения 224,7 суток,

вращения 243 суток,

средний радиус 6050 км,

масса $4,9 \cdot 10^{24}$ кг.

**Атмосфера: CO₂ (97%), N₂ (ок. 3%), H₂O (0,05%),
примеси CO, SO₂, HCl, HF.**

температура у поверхности 750 К,

давление 107 Па,



На поверхности Венеры обнаружены горы, кратеры, камни.

Поверхностные породы Венеры близки по составу к земным осадочным породам.

Атмосфера почти целиком состоит из углекислого газа (около 96%), а азота 3,2% .

Движение планеты



Венера движется вокруг Солнца по орбите, располагающейся между орбитами Меркурия и Земли.

Венера — единственная планета Солнечной системы, собственное вращение которой противоположно направлению ее обращения вокруг Солнца.

Период собственного вращения близок к 243 земным суткам.

Из-за «обратного» направления вращения Венеры длительность солнечных суток на ней в 116,8 раз больше, чем на Земле, так что за один венерианский год восход и заход Солнца на Венере происходит всего дважды.

Расстояние от Венеры до Земли изменяется от 38 млн. км до 258 млн. км.

Средняя скорость движения по орбите 34,99 км/с

Венера — наиболее яркое светило земного неба.

В максимуме блеска она достигает -4,4 звездной величины.

Самая «таинственная» планета

Венеру иногда называют *одной из самых таинственных планет Солнечной системы*:

плотный облачный покров окутывает ее поверхность.
Атмосфера на Венере была открыта М. В. Ломоносовым.
Наблюдая 6 июня 1761 прохождение Венеры по диску Солнца, он заметил, что в начале прохождения, когда Венера только небольшой частью нашла на солнечный диск, возникло *«тонкое как волос сияние»*, окружившее часть диска планеты, еще не вступившей на солнечный диск. При схождении Венеры с диска, *«появился на краю Солнца пупырь, который тем явственнее учинялся, чем ближе Венера к выходу приходила»*. Эти наблюдения послужили доказательством наличия атмосферы у Венеры.



Форма и размеры Венеры.



*До тех пор пока для исследований Венеры использовались только **оптические телескопы**, удавалось измерить лишь верхнюю границу радиуса плотного облачного покрова, закрывающего поверхность Венеры. Появление **радиоинтерференционных методов** позволило перейти к исследованию ее твердой поверхности:*

траекторных измерений составляет $6051,5 \pm 0,1$ км.
радиус верхней границы облаков — 6120 км.

Фигура Венеры

Фигура планеты близка к сферической



В экваториальной плоскости полуоси эллипсоида равны $6052,02 \pm 0,1$ км и $6050,99 \pm 0,14$ км
полярная полуось равна $6051,54 \pm 0,1$ км.

Центр масс планеты смещен на 430 ± 120 м.

Объем твердой части Венеры составляет **0,859** объема Земли.

Ускорение свободного падения вблизи твердой поверхности на экваторе Венеры достигает **$8,6 \text{ м/с}^2$.**

Поверхность Венеры

Поверхность Венеры преимущественно равнинная, обнаружены и возвышенных области.

Одна из них представляет собой огромное **вулканическое плато**.

Высочайшая вершина — **гора Максвелл** — высота 12 км.

Перепад высот вдоль экватора примерно 5 км.

Низшая точка на поверхности -на глубине 2,5 км от среднего уровня.

На поверхности обнаружены кратеры, разломы и другие признаки протекавших на ней интенсивных тектонических процессов. Отчетливо просматриваются и следы ударной бомбардировки.

Поверхность покрыта камнями и плитами различных размеров; поверхностные породы близки по составу к земным осадочным породам.



Некоторые физические и химические параметры Венеры



Средняя плотность составляет $0,951 \text{ г/см}^3$

Масса атмосферы Венеры примерно в 100 раз превышает массу атмосферы Земли.

Преобладающую долю атмосферы составляет: углекислый газ ; азота водяного пара, кислорода .

В очень малых количествах имеются также примеси SO_2 , H_2S , CO , HCl , HF .

Облака Венеры состоят в основном из 75-80-процентной серной кислоты.

Концентрация водяного пара увеличивается с высотой, достигая максимума на высоте около 50 км, где она в сто раз выше, чем у твердой поверхности, то есть доля пара на этой высоте приближается к одному проценту.

Давление — около 100 ат, плотность газа почти на два порядка выше, чем в атмосфере Земли.

Марс и его спутники

Марс, четвертая от Солнца, планета Солнечной системы.



Вокруг Марса обращаются два спутника: **Фобос** (Страх) и **Деймос** (Ужас).

Фобос облетает Марс по орбите с радиусом **9350 км** за **7 ч 39 мин**.

Деймос облетает Марс по орбите с радиусом **23500 км** за **30 ч 17 мин**.

Оба спутника имеют неправильную форму и всегда обращены к Марсу одной и той же стороной.

Их максимальные размеры:

26 км в длину и **21 км** в ширину у Фобоса,

13 и 12 км — у Деймоса.

Гравитационные поля спутников настолько слабые, что атмосферы они не имеют.

На поверхности обнаружены метеоритные кратеры.

На Фобосе крупнейший кратер **Стики** имеет диаметр **10 км**.

Состав и внутреннее строение Марса



Химический состав Марса типичен для планет Земной групп, конечно, существуют и специфические отличия. Здесь также происходило раннее перераспределение вещества под воздействием гравитации, на что указывают сохранившиеся следы первичной магматической деятельности. Несмотря, на относительно низкую температуру и низкую плотность, ядро Марса богато железом и серой невелико по размерам (его радиус порядка 800-1000 км), а масса — около одной десятой всей массы планеты.

Формирование ядра, продолжалось **около миллиарда лет** и совпало с периодом раннего вулканизма. Еще такой же по длительности период заняло частичное плавление мантийных силикатов, сопровождавшееся интенсивными вулканическими и тектоническими явлениями.

Состав и внутреннее строение Марса



Около 3 млрд. лет назад завершился и этот период, и еще по крайней мере в течение миллиарда лет продолжались глобальные **тектонические процессы**, уже началось постепенное охлаждение планеты, продолжающееся и поныне.

Мантия Марса обогащена **сернистым железом**, заметные количества которого обнаружены и в исследованных поверхностных породах, тогда как содержание **металлического железа** заметно меньше, чем на других планетах Земной группы.

Толщина литосферы Марса — несколько сотен км, включая примерно 100 км ее коры.

Атмосфера и вода на Марсе

Атмосфера на Марсе разрежена и состоит из углекислого газа и малых добавок азота, аргона и кислорода.

Концентрация водяного пара невелика, и она меняется в зависимости от сезона.

Существование воды на Марсе — один из главных вопросов в изучении этой планеты.

В **2004 г** марсоходы «Спирит» и «Оппортьюнити» показали наличие воды в пробах марсианского грунта. ***Есть все основания полагать, что воды на Марсе немало.***

Особенности рельефа напоминают выглаженные ледниками участки.

Судя по хорошей сохранности этих форм, не успевших ни разрушиться, ни покрыться последующими наслоениями, они имеют относительно недавнее происхождение.

Где же теперь марсианская вода? Вода существует и сейчас в виде мерзлоты.

При весьма низких температурах на поверхности Марса на любой открытой поверхности воды быстро образуется толстая корка льда, которая, через короткое время заносится пылью и песком.

Благодаря низкой теплопроводимости льда под его толщей местами может оставаться и жидкая вода и подледные потоки воды продолжают и теперь углублять русла некоторых рек, мости льда под его толщей местами может оставаться и жидкая вода и, подледные потоки воды продолжают и теперь углублять русла некоторых рек.

Движение, размеры и масса Марса



**Среднее расстояние от Солнца
равно 227,99 млн. км.**

Минимальное расстояние от Солнца 207млн. км;

**Период обращения Марса вокруг Солнца 686,98 земных
суток;**

**Средняя скорость орбитального движения составляет
24,13 км/с;**

Экваториальный радиус планеты равен 3394 км;

Полярный — 3376,4 км;

Масса Марса составляет 6,44 10²³ кг;

Средняя плотность - 3,95 г/см³.

Движение, размеры и масса Марса

Ускорение свободного падения на экваторе $3,76 \text{ м/с}^2$.

Однако раз в 15-17 лет происходит так называемое великое противостояние, когда эти две планеты сближаются примерно на 56 млн. км; последнее такое сближение имело место в 1988.

Во время великих противостояний Марс выглядит самой яркой звездой на полуночном небе, оранжево-красного цвета, вследствие чего его стали считать атрибутом бога войны.

Качественно новый уровень исследований Марса начался в 1965, когда для этих целей стали использоваться космические аппараты, которые вначале облетали планету, а затем и опускались на ее поверхность.

МАРС имеет два естественных спутника — Фобос и Деймос.

Состав атмосферы: CO_2 , N_2 , Ar , CO , H_2O

Участки поверхности Марса, покрытые кратерами, похожи на лунный материк.

Земля

Земля, третья от Солнца большая планета Солнечной системы.

Благодаря своим уникальным, **единственным во Вселенной природным условиям, Земля стала местом, где возникла и получила развитие органическая жизнь.**

Земля движется вокруг Солнца по эллиптической орбите, мало отличающей от окружности.



Форма, размеры и движение Земли



По форме Земля близка к эллипсоиду, сплюснутому у полюсов и растянутому в экваториальной зоне.

радиус Земли 6371,032 км,
полярный — 6356,777 км,
экваториальный — 6378,160 км.
масса Земли $5,976 \cdot 10^{24}$ кг
плотность 5518 кг/м³

Земля движется вокруг Солнца со средней скоростью 29,765 км/с по эллиптической

расстояние от Солнца 149,6 млн. км,
период одного обращения по орбите 365,24 солнечных суток.
Вращение Земли вокруг собственной оси $7,292115 \cdot 10^{-5}$ рад/с,
Площадь поверхности Земли 510,2 млн. км²,

Форма, размеры и движение Земли



Суша составляет соответственно **29,2%** и образует **шесть** материков и острова.

Она поднимается над уровнем моря в среднем на **875 м**; наибольшая высота **8848 м**. Горы занимают свыше **1/3** поверхности суши. Пустыни покрывают около **20%** поверхности

суши, саванны и редколесья - **20%**, леса - **30%**, ледники - **10%**.

Свыше **10%** суши занято под сельскохозяйственными угодьями.

У Земли имеется единственный спутник — Луна.

Ее орбита близка к окружности с радиусом около 384400 км.

Происхождение Земли



По современным космогоническим представлениям Земля образовалась **4,6-4,7 млрд. лет назад** из захваченного притяжением Солнца протопланетного облака.

Примерно **3,5 млрд. лет назад** возникли условия, благоприятные для **возникновения жизни**.

Внутреннее строение

Основную роль в исследовании внутреннего строения Земли играют сейсмические методы, основанные на исследовании распространения в ее толще упругих волн, возникающих при сейсмических событиях — при естественных землетрясениях и в результате взрывов.

Земля условно разделяют на три области: **кора, мантия и ядро**.

Внешний слой — **кора** — имеет среднюю толщину порядка **35 км**.

Основные типы **земной коры** — континентальный и океанический; в переходной зоне от материка к океану развита кора промежуточного типа.

Толщина коры меняется в довольно широких пределах: океаническая кора имеет толщину порядка **10 км**

Средние плотности составляют: **2,6 г/см³** — у поверхности Земли, **2,67 г/см³** — у гранита,

2,85 г/см³ — у базальта. На глубину примерно от 35 до 2885 км простирается **мантия** Земли.

Она отделяется от коры резкой границей глубже, которой скорости как продольных, так и поперечных упругих сейсмических волн, а также механическая плотность скачкообразно возрастают.

Плотности в мантии увеличиваются по мере возрастания глубины примерно от **3,3 до 9,7 г/см³**.

В коре и в мантии располагаются обширные литосферные плиты влияющий на облик Земли.

Внешнее **ядро** является жидким. По современным представлениям внешнее **ядро состоит** из серы и железа.

На глубинах свыше **5120 км** сейсмические методы обнаруживают наличие твердого внутреннего ядра, на долю которого приходится **1,7% массы Земли**.

Температура в центральной части Земли порядка **5000 °C**.

Максимальная температура на поверхности приближается к **60 °C**

Минимальная составляет около **-90 °C**.

Плотность в центре Земли около 12,5 г/см³.

Над поверхностью Земли

Земля окружена атмосферой.

Нижний ее слой простирается в среднем до высоты в **14 км**;

Температура в тропосфере падает с увеличением высоты.

Слой от **14** до **50-55 км** называют **стратосферой**; здесь температура возрастает с увеличением высоты. Выше находится **мезосфера**, над которой наблюдаются серебристые облака.

Огромное значение имеет **озоносфера** — слой озона, находящийся на высоте от **12** до **50 км**.

Область выше **50-80 км** называют **ионосферой**.

Атомы и молекулы в этом слое интенсивно ионизируются под действием солнечной радиации, ультрафиолетового излучения. Если бы не озоновый слой, потоки излучения доходили бы до поверхности Земли, производя разрушения в имеющихся там живых организмах.

На расстояниях более **1000 км** газ настолько разрежен, что столкновения между молекулами перестают играть существенную роль, а атомы ионизированы более чем наполовину.

На высоте порядка **1,6** и **3,7** радиусов Земли находятся радиационные пояса.

Гравитационное поле Земли с высокой точностью описывается законом всемирного тяготения Ньютона. Земля обладает также магнитным и электрическим полями.

Магнитное поле над поверхностью Земли складывается из постоянной «главной» и переменной частей; последнюю обычно относят к вариациям магнитного поля. Главное магнитное поле имеет структуру, близкую к дипольной. **Магнитный дипольный момент** Земли, равный **7,98·10²⁵ единиц СГСМ**, **Напряженности магнитного поля** на северном и южном магнитных полюсах равны соответственно **0,58** и **0,68 Э**, а на геомагнитном экваторе — около **0,4 Э**.

Электрическое поле над поверхностью Земли в среднем имеет напряженность около **100 В/м** и направлено вертикально вниз — это так называемое **«поле ясной погоды»**, но это поле испытывает значительные вариации.

Луна

Естественный спутник Земли

среднем **расстоянии 384 400 км.**

Наклон орбиты к плоскости эклиптики **$5^{\circ} 8' 43''$,**

масса **$7,35 \cdot 10^{22}$ кг,**

средний радиус Луны **1738 км,**

ускорение силы тяжести на поверхности 1,62 м/с².

Средняя плотность 3343 кг/м³,

сидерический **период обращения 27,3 суток,**

синодический **период обращения 29,5 суток.**

Светит отраженным солнечным светом, визуальное сферическое альbedo **0,75.**

Поверхность Луны в основном гориста, покрыта многочисленными кратерами ударного происхождения.

Лунный грунт — реголит.

Температура на поверхности Луны 100-400 К, магнитное поле ≤ 4 гамм.

Первый человек ступил на поверхность Луны 21 июля 1969.



Поверхность Луны

На Луне даже невооруженным глазом различимы темные, относительно ровные участки, называемые «морями», и разделяющие их более светлые — «материки», или «континенты». На долю последних приходится немногим более **83%** площади поверхности Луны.

Поверхность «материков» гориста, ее уровень выше, чем у «морей», и разность средних высот достигает **2,3 км**. Уровень в круговых «морях» в районах несколько повышенной плотности лунной породы обычно более чем на километр ниже, чем у «морей» неправильной формы и уступает 4 км максимальной высоте «материков».

Поверхность Луны покрыта большим числом кольцевых структур — кольцевыми горами и кратерами ударного происхождения.

Видимые на поверхности линейные структуры — борозды, разломы и складки — являются свидетельствами тектонических процессов.



Движение Луны

Луна движется вокруг Земли по почти эллиптической орбите со средней линейной скоростью **3683 км/ч**.

Минимальное расстояние от Земли **63300 км**,
максимальное — **405500 км**.

Плоскость орбиты Луны наклонена к плоскости эклиптики на угол **5°08'43"**.

Период орбитального движения **27,32166 земных суток**, что совпадает с периодом осевого обращения Луны, благодаря этому Луна всегда обращена к Земле одним и тем же полушарием.

Из-за того что движение Луны по орбите не является равномерным, а также из-за наклона плоскости экватора к плоскости ее орбиты, с Земли можно наблюдать несколько более чем половину поверхности Луны.

Период обращения Луны относительно Солнца составляет **29,53 суток**,
лунный день и **лунная ночь** делятся почти по **15 суток**.

В течение лунного дня поверхность Луны нагревается, а ночью охлаждается; при этом температура на поверхности Луны меняется от 400 до 100 К.

Строение и состав Луны

Плотность лунных пород составляет в среднем $3,343 \text{ г/см}^3$, что заметно уступает средней плотности для Земли.

*Имеются и различия в минералогическом составе лунных и земных пород: содержание оксидов уплотнение вещества с глубиной проявляется на Земле значительно заметнее, чем на железа в лунных базальтах на **25%**, а титана — на **13%** выше, чем в земных.*

«Морские» базальты на Луне отличаются повышенным содержанием оксидов алюминия и кальция и относительно более высокой плотностью, что связывают с их глубинным происхождением. Для исследования строения Луны использовались сейсмические методы.

Поверхностный слой — лунная кора имеет состав, близкий к составу «материков».

*Под корой располагается верхняя мантия — слой толщиной около **250 км**.*

*Еще глубже — средняя мантия толщиной порядка **500 км**.*

Именно в этом слое в результате частичного расплавления формировались «морские» базальты.

*На глубинах порядка **600-800 км** располагаются глубокофокусные лунные сейсмические очаги.*

*На глубине около **800 км** кончается литосфера и начинается лунная астеносфера — расплавленный слой, в котором, могут распространяться только продольные сейсмические волны. Температура верхней части астеносферы порядка **1200 К**.*

*На глубине **1380-1570 км** происходит резкое изменение скорости продольных волн — здесь проходит граница пятой зоны — ядра Луны. Поверхностный довольно рыхлый слой Луны состоит из пород, раздробленных постоянным потоком падающих на нее твердых тел — от микрометеоритов и пыли до крупных частиц — многотонных метеоритов и астероидов*

Над поверхностью Луны газовая атмосфера как таковая отсутствует, так как не может удерживаться Луной вследствие ее малой массы. В результате даже легчайшие атомы при средних тепловых скоростях способны преодолевать притяжение Луны.

Физические поля Луны

Наиболее тщательно исследовалось гравитационное поле Луны, что объясняется не только потребностями космонавтики, но и дает важную информацию об особенностях строения Луны. Эти исследования выявили нецентральность гравитационного поля, обусловленную неоднородностью плотности недр.

Ускорение силы тяжести на поверхности Луны составило **1,623 м/с²**.

Магнитное поле Луны является весьма **слабым** и составляет **0,1%** магнитного поля Земли, Электрическое поле у поверхности Луны не измерялось, но существуют теоретические указания на то, что из-за значительного приливного воздействия со стороны Земли внутри Луны должно произойти перераспределение электрических зарядов, приводящее к образованию над ее поверхностью электрического поля с напряженностью в некоторых точках порядка киловольт на метр.

*Луна светит отраженным солнечным светом; визуальное сферическое альbedo равно **0,075**, то есть Луна отражает всего **7,5%** падающих на нее солнечных световых лучей.*

Отражение падающего от внешнего источника света довольно заметно преобладает в направлении к этому источнику; по этой причине Луна ярче всего в полнолуние.

Собственное тепловое излучение Луны незначительно.

Запуски ракет на Луну

2 января 1959 г. в СССР было осуществлен запуск первой в мире автоматической межпланетной станции «**Луна– 1**» массой **1472 кг** пролетела вблизи Луны на расстоянии меньше 6000 км от её поверхности и, выйдя на гелиоцентрическую орбиту, стала первой в мире искусственной планетой Солнечной системы.

Сентябрь 1959 г. состоялся новый старт – «**Луна –2**». Мечта фантастов сбылась: созданный человеком аппарат впервые достиг другого небесного тела.

В октябре 1959 г. в космическое путешествие отправился следующий лунник – «**Луна - 3**». появились первые фотографии обратной стороны Луны.

В сентябре 1970 г. станция «**Луна -16**» совершила мягкую посадку в районе Моря Изобилия, произвела и взятие образцов грунта.

В ноябре 1970 г. станция «**Луна – 17**» доставила на её поверхность передвижной аппарат «**Луноход – 1**».

В феврале 1972 г. в экспедицию на Луну отправился следующий космический аппарат - «**Луна – 20**». Эта станция доставила на Землю образец лунного грунта из труднодоступного горного района.

В 1973 г. станция «**Луна – 21**» доставила внутрь кратера Лемонье у восточной границы Моря Ясности «**Луноход – 2**». Возникли панорамы нашей Луны.

Полёты по программе « Аполлон »

Первым летательным аппаратом, доставившим человека на поверхность Луны, был американский космический корабль **« Аполлон – 11 »**. Полёт состоялся **16 июля 1969г.** В кабине корабля находились 3 астронавта – *Н. Армстронг*, *М. Коллинз* и *Э. Олдрин*.

21 июля в 5ч 56мин на поверхность Луны вступил первый человек –
Н. Армстронг,

затем к нему присоединился *Э. Олдрин.*

Они оставили на Луне телевизионные и фотокамеры, инструменты для сбора лунных камней, ранцевые системы жизнеобеспечения и другое снаряжение.

Н. Армстронг: « Из лунной кабины небо казалось черным, но на Луне было светло, как днём, и поверхность её была рыжеватокоричневой » .



Это интересно !

- Человек, весивший на Земле 800Н , будет весить на Луне около 130Н . Попад на Луну и сохранив свою мускульную силу, он сможет прыгать в 6 раз выше или дальше, чем на Земле, поднимать тяжести, в 6 раз большие, и, прыгая с высоты 15м , не причинять себе вреда.