

СЕВЕРНОЕ ОКРУЖНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
ДЕПАРТАМЕНТА ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА №167
ИМЕНИ МАРШАЛА Л.А. ГОВОРОВА

Проектная работа по физике

Определение плотности планет земной группы

Выполнил: ученик 7 «Б» класса

Тепикин Виктор

Руководитель:

Учитель математики

Трушина Т.А.

Москва 2014-2015

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 3 |
| 1. Планеты земной группы | 4 |
| 1.1. Что значит «планеты земной группы» | 4 |
| 1.2. Чем планеты земной группы отличаются от планет-гигантов | 4 |
| 1.3. Краткие характеристики планет земной группы | 5 |
| 2. Как ученые определяют плотность планеты | 7 |
| 2.1. Определение линейного диаметра планеты | 7 |
| 2.1.1. Приборы для измерения линейного диаметра планеты | 7 |
| 2.1.2. Как рассчитали радиус Земли | 9 |
| 2.2. Определение массы планеты | 10 |
| 2.3. Определение плотности планеты | 11 |
| 3. Расчеты плотности планет Земной группы | 13 |
| Заключение | 15 |
| Список литературы | 16 |
| Справочник | 17 |

ВВЕДЕНИЕ.

Небо всегда притягивало внимание человека: кто-то искал смысл жизни в небесной бездне, кто-то просто любовался красотой этого чуда, а кто-то пытался познать его и использовать свои знания в повседневной жизни.

Солнечная система является единственной детально исследованной планетной системой. Хотя планетными системами обладают многие звёзды, остаётся неизвестным, насколько часто среди них встречаются системы, в общих чертах похожие на нашу.

Основная цель работы: исследование основных характеристик планет земной группы и определение их плотности.

Цели:

образовательные: сформировать у учащихся основные ИКТ-компетентности: умения и навыки исследовательской, проектной деятельности; работать над повышением мотивации школьников к изучению физики и проектной деятельности; развитие навыков самостоятельного получения информации, формирование умения отбирать и структурировать материал.

воспитательные: формирование таких качеств личности, как познавательная активность, самостоятельность, упорство в достижении поставленной цели.

развивающие: развитие творческих способностей учащихся (памяти, воображения, наблюдательности), монологической речи, самоанализа и рефлексии; способности выявлять причинно – следственные связи, развитие логического мышления.

Задачи:

- 1) Изучить литературу по теме исследования.
- 2) Определить основные характеристики планет земной группы.
- 3) Сопоставить исторические факты о вычислении масс и линейных диаметров планет земной группы.
- 4) Рассчитать плотность планет земной группы, сравнить результаты.

1. Планеты Земной группы.

1.1. Что значит «планеты Земной группы».

Международный Астрономический Союз (МАС) в 2006 году сформулировал 3 главных условия для объекта, претендующего на статус планеты Солнечной системы:

1. Объект должен обращаться вокруг Солнца (звезды).
2. Объект должен быть достаточно массивным, чтобы принять сферическую форму под действием своих гравитационных сил, однако масса не должна быть настолько велика, чтобы в недрах могли идти даже самые низкотемпературные термоядерные реакции (около 4000 масс Земли или 13 масс Юпитера).
3. Объект должен расчистить окрестности своей орбиты, иными словами, не должно существовать других тел сопоставимой массы на орбитах с близкими значениями большой полуоси, кроме его спутников и тел, находящихся под его гравитационным воздействием.

Перечисленным требованиям удовлетворяют восемь планет. Это (в порядке возрастания расстояния до Солнца): Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.

На долю восьми планет и остальных тел, кроме Солнца, приходится чуть более 0,1% массы солнечной системы. Все планеты обращаются вокруг Солнца в одну сторону. По размерам, массе и общему строению большие планеты делятся на две группы:

- 1) планеты земной группы (похожие на Землю) – Меркурий, Венера, Земля, Марс - расположены внутри главного пояса астероидов,
- 2) внешние планеты, или планеты-гиганты, - это газовые гиганты Юпитер и Сатурн, и ледяные гиганты Уран и Нептун.

1.2. Чем планеты земной группы отличаются от планет-гигантов.

Различия между этими двумя группами планет значительны. Планеты земной группы значительно меньше гигантов по массе и размерам. Они

обладают большей средней плотностью вещества, поскольку состоят преимущественно из тяжелых элементов, характеризуются сравнительно медленным осевым вращением и малым числом спутников.

Характеристики любой планеты прежде всего зависят от трех параметров: современного расстояния от Солнца, массы и химического состава. Масса вместе с радиусом планеты определяют силу тяжести на поверхности, а от нее зависит плотность атмосферы и скорость ее испарения в окружающее пространство. Но и масса, и состав планеты зависят от того, на каком расстоянии от Солнца она сформировалась. Различия между планетами земной группы и внешними гигантами начали возникать в процессе формирования планет из протопланетного диска. Из-за того, что молодое Солнце сильнее нагревало внутреннюю область диска, там стали преобладать более тяжелые газы и пылинки, более легкие соединения выбрасывались из внутренней области диска солнечным ветром. Во внешних областях долгое время удерживались водород и гелий, а также большое количество ледяных частиц. Поэтому и возникли различия в плотности, температуре и химическом составе между внутренними и внешними планетами солнечной системы.

1.3. Краткие характеристики планет земной группы.

Планеты земной группы содержат горячие железные или железно-никелевые ядра, окруженные мантией. Кроме поглощаемого солнечного излучения у планет есть и свои внутренние источники тепла, которые поднимают температуру планеты. Для внутренних планет – это радиоактивный распад элементов с большим временем полураспада ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K .

Все внутренние планеты обладают атмосферой, разной по плотности и составу. Важной характеристикой планет является и глобальное магнитное поле. Оно обнаружено у всех восьми планет, кроме Венеры и Марса. На Марсе правда есть локальные магнитные поля, возникающие из-за небольшой

намагниченности пород на отдельных участках. У Меркурия магнитное поле в 100 раз слабее земного.

Орбиты Земли и Венеры почти точные окружности, у Меркурия и Марса орбиты довольно сильно вытянуты в эллипсы.

На заключительных этапах образования внутренних планет более мелкие тела часто сталкивались с планетами, о чем свидетельствуют многочисленные кратеры на поверхности, за исключением Венеры, т. к. метеориты сгорали в ее плотной атмосфере.

Сравнительная таблица характеристик внутренних планет.

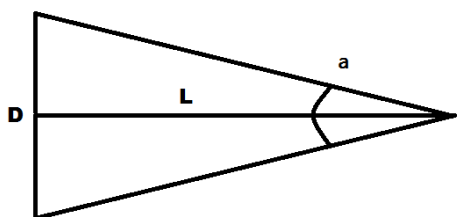
| Планета | Большая полуось орбиты, млн км | Расстояние планеты от Земли, млн км | Масса, $\times 10^{23}$ кг | Диаметр, км | Сидерический период обращения, суток | Температура у поверхности, °С | Магнитное поле на экваторе, Гаусс | Ускорение свободного падения, m/s^2 | Давление у поверхности, бар | Основной состав атмосферы | Спутники |
|----------|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---|------------------|
| Меркурий | 58 | 82-217 | 3,303 | 4879,4 | 87,968 | От -173 до +452 | $3 \cdot 10^{-3}$ | 3,70 | $5 \cdot 10^{-15}$ | Na (41%), He (39%), H ₂ (15%) | нет |
| Венера | 108,2 | 40-260 | 48,71 | 12104 | 224,7 | +462 | нет | 8,87 | 90 | CO ₂ (96,5%), N ₂ (3,5%), | нет |
| Земля | 149,6 | - | 59,74 | 12742 | 365,25 | От -91 до +56 | 0,31 | 9,81 | 1,0 | N ₂ (78,1%), O ₂ (21%) | Луна |
| Марс | 228 | 55-401 | 6,42 | 6779 | 687,0 | От -123 до -13 | нет | 3,71 | $6,1 \cdot 10^{-3}$ | CO ₂ (95,3%), N ₂ (2,7%), Ar (1,6%) | Фобос, Деймос |

2. Как ученые определяют плотность планеты.

При изучении планет с физической точки зрения прежде всего необходимо знать их размеры и массу. Зная то и другое, можно легко вычислить и среднюю плотность планеты.

2.1. Определение линейного диаметра планеты.

Линейный диаметр планеты легко определить, зная расстояние и измерив ее угловой диаметр.



$$L = \frac{D}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

$$D = 2L \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

где L — расстояние планеты от Земли в км, α — ее угловой диаметр, выраженный в секундах дуги, D — линейный диаметр.

Вследствие удаленности всех объектов, угловые диаметры планет и звезд очень малы и измеряются в угловых минутах (') и секундах (").

2.1.1. Приборы для измерения линейного диаметра планеты.

Измерение угловых диаметров планет производится с помощью специального измерительного прибора — *нитяного микрометра*, помещаемого в фокусе телескопа.

Устройство его таково. На неподвижной рамке укреплены перпендикулярно друг к другу две тонкие нити. Вдоль рамки, в направлении горизонтальной нити, может перемещаться другая рамка с вертикальной нитью, параллельной вертикальной неподвижной нити. Движение этой нити осуществляется с помощью микрометрического винта, один оборот которого передвигает рамку на строго определенную величину (на так называемый шаг винта).

Для измерения углового диаметра планет микрометр поворачивается так, чтобы направление горизонтальной нити соответствовало измеряемому

диаметру, поскольку у планет, имеющих значительное сжатие, видимые диаметры, полярный и экваториальный, заметно отличаются друг от друга.

Точность измерения у длиннофокусных телескопов доходит до сотых долей секунды дуги.

С помощью нитяного микрометра измеряются не только угловые диаметры всех планет, имеющих видимые диски, но и их полярное сжатие, величина фазы, а также положение темных полос на Юпитере, протяженность полярных шапок Марса и т. д. Изобрел нитяной микрометр Джон Пикер, в 1669-1670 годах он измерил не только угловые диаметры планет, но и длину Земного меридиана. Длина 1° меридиана у Пикера всего на 30 м больше современного значения.

Другим прибором, применяемым для измерений угловых диаметров и фаз планет, является *гелиометр*. Он представляет собой телескоп-рефрактор, объектив которого разрезан по диаметру. Половинки объектива могут смещаться вдоль разреза с помощью микрометрического винта. Кроме того, вся система может поворачиваться вокруг оптической оси телескопа. При этом изображение планеты в фокальной плоскости объектива раздваивается, и оба изображения смещаются одно относительно другого. Вращая микрометрический винт, надо совместить противоположные точки диаметра планеты, измерить взаимное смещение половинок объектива, и таким образом вычислить величину углового диаметра планеты. Точность измерения — несколько десятых долей секунды дуги.

Измерения угловых диаметров планет можно производить и по *фотографиям* с ПЗС-матрицы телескопа. Для этого надо измерить размер объекта в фокальной плоскости телескопа (размер объекта в пикселях со снимка надо умножить на размер пикселя ПЗС-матрицы).

Чтобы перевести измеренные величины в угловые секунды, зная фокусное расстояние телескопа, можно воспользоваться формулой.

$$L = \frac{F \cdot \alpha''}{206265} \qquad \alpha'' = \frac{L \cdot 206265}{F}$$

F - фокусное расстояние телескопа,

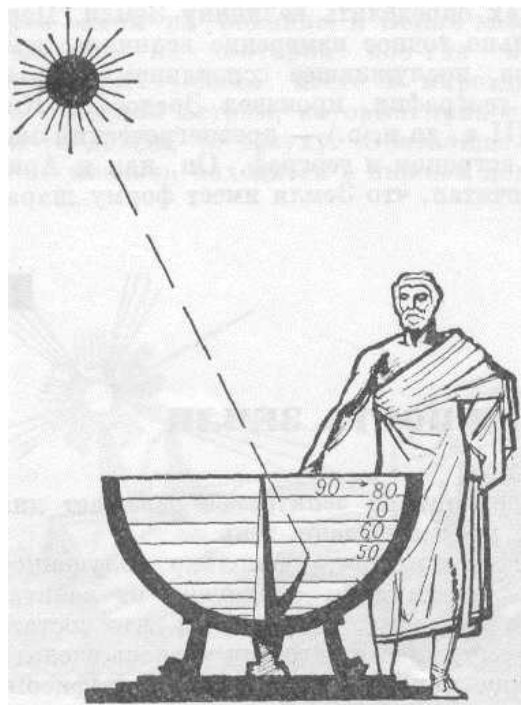
L - размер объекта в фокальной плоскости телескопа,

α'' - угловой диаметр объекта.

По этой формуле можно вычислить угловой диаметр любого объекта.

2.1.2. Как рассчитали радиус Земли.

Радиус Земли впервые высчитал александрийский ученый Эратосфен Киренский в III веке до н.э. Он точно знал, что в день летнего солнцестояния в Сиене (сейчас Асуан) Солнце находится точно в зените. Действительно этот город расположен на линии северного тропика. Для измерения зенитного расстояния Солнца Эратосфен изобрел специальный прибор – скафис. Он представляет собой чашу в виде полусферы, на дне которой закреплен металлический стержень,



который при установке скафиса должен быть направлен в зенит. На внутренней поверхности наносятся деления в градусах. Солнце освещает внутреннюю поверхность скафиса и стержень отбрасывает тень. Дуга, измеряемая в градусах от основания стержня до конца тени, равна зенитному расстоянию Солнца.

22 июня Эратосфен установил скафис в Александрии (Сиена и Александрия находятся на одном меридиане) и нашел зенитное расстояние Солнца $7,12^\circ$. Это около $1/50$ окружности Земли, вся окружность Земного шара получилась 250000 стадий (или 252000 стадий). Расстояние между Сиеной и Александрией 5 000 стадий.

$$\frac{\Delta\varphi}{360} = \frac{L}{2\pi R_0}$$

$$R_o = \frac{L \cdot 360}{2\pi\Delta\varphi}$$

$$R_o = \frac{5000 \cdot 360}{2 \cdot 3,14 \cdot 7,12} \approx 40256 \text{ стадий}$$

R_o - радиус Земли,

$\Delta\varphi = z_1 - z_2$ - разница географических широт пунктов наблюдения или разность высот Солнца,

L - расстояние между пунктами наблюдения.

Если стадия приблизительно равна 158 м, то радиус Земли у него получился 6 360 км. Сейчас средний радиус по уточненным данным 6 371 км.

И, наконец, на помощь пришло простейшее изобретение - параллакс. Тогда повторно определили расстояние до Луны, а затем до планет и Солнца.

2.2. Определение массы планеты.

Определение масс планет, имеющих спутники, производится на основании III закона Кеплера в его точной форме. «Отношение куба среднего удаления планеты от Солнца к квадрату периода ее обращения вокруг Солнца есть величина постоянная для всех планет»:

$$\frac{a_1^3}{T_1^2} = const \quad \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$$F = mg = G \frac{Mm}{R^2}, \quad \text{где } g = \frac{4\pi^2 R}{T_1^2} \quad \text{и } R = a_1$$

$$m \frac{4\pi^2 a_1}{T_1^2} = \frac{GMm}{a_1^2} \quad M = \frac{4\pi^2 a_1^3}{GT_1^2}$$

Из формулы можно определить массу Солнца, аналогично можно вычислить массу любой планеты, имеющей спутника. M — масса Солнца (масса планеты), T_1 — период обращения планеты вокруг Солнца (спутника вокруг планеты), a_1 — большая полуось орбиты планеты (спутника).

Для выяснения законов движения планет и формы их орбит Кеплером был выбран именно Марс. Элементы орбиты Марса, найденные Кеплером, мало отличались от современных. В 1877 году Асаф Холл из Вашингтонской

обсерватории открыл два маленьких спутника Марса – *Фобос* и *Деймос*. Необычайно важное значение этого открытия состояло в том, что оно позволило точно определить массу Марса.

У Меркурия и Венеры нет спутников, поэтому их массы первоначально определялись по тем возмущениям, которые они вызывают в движении других планет, в основном малых. В 1841 году Иоганн Энке первым вычислил массу Меркурия по возмущениям движения кометы, которая сейчас носит его имя.

Полеты к этим планетам космических аппаратов позволили существенно уточнить значения их масс по их воздействию на траекторию аппарата. В 1974-1975 годах космический аппарат для изучения Меркурия "Маринер-10" сфотографировал примерно 45% поверхности планеты, измерил ее температуру, просканировал меркурианское магнитное поле и собрал сведения о газовом окружении планеты. По возмущениям траектории зонда в поле тяготения планеты впервые точно удалось вычислить ее массу и радиус.

Масса Венеры была уточнена по пролётам мимо планеты американских космических аппаратов "Маринер-2", "Маринер-5" и "Маринер-10". Радиус Венеры был измерен в шестидесятых годах методами радиолокации: поверхность планеты постоянно закрыта плотными облаками.

2.3. Определение плотности планеты.

Плотность – физическая величина, характеризующая состояние веществ и количественно равная отношению массы однородного тела к его объему.

Поскольку любая планета на является однородным телом по строению, можно говорить лишь о средней плотности.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{кг/м}^3)$$

Объем планеты можно вычислить приняв планету за шар.

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{1}{6}\pi d^3 \quad (\text{м}^3)$$

Выразим для удобства вычисления среднюю плотность планеты через отношение массы к диаметру планеты:

$$\rho = \frac{6m}{\pi d^3} \quad (\text{кг/м}^3)$$

Сейчас плотность и массу Земли можно рассчитать, зная радиус Земли, ускорение свободного падения и гравитационную постоянную.

$$g = \frac{GM}{R^2} \quad M = \frac{gR^2}{G}$$

Первым ученым с удовлетворительной точностью определившим гравитационную постоянную и соответственно среднюю плотность Земли был Генри Кавендиш. Для этого он использовал экспериментальную установку (крутильные весы) геолога Джона Митчела, который умер до начала эксперимента. Оборудование было направлено к Кавендишу, который завершил эксперимент в 1797 году и опубликовал результаты в 1798.

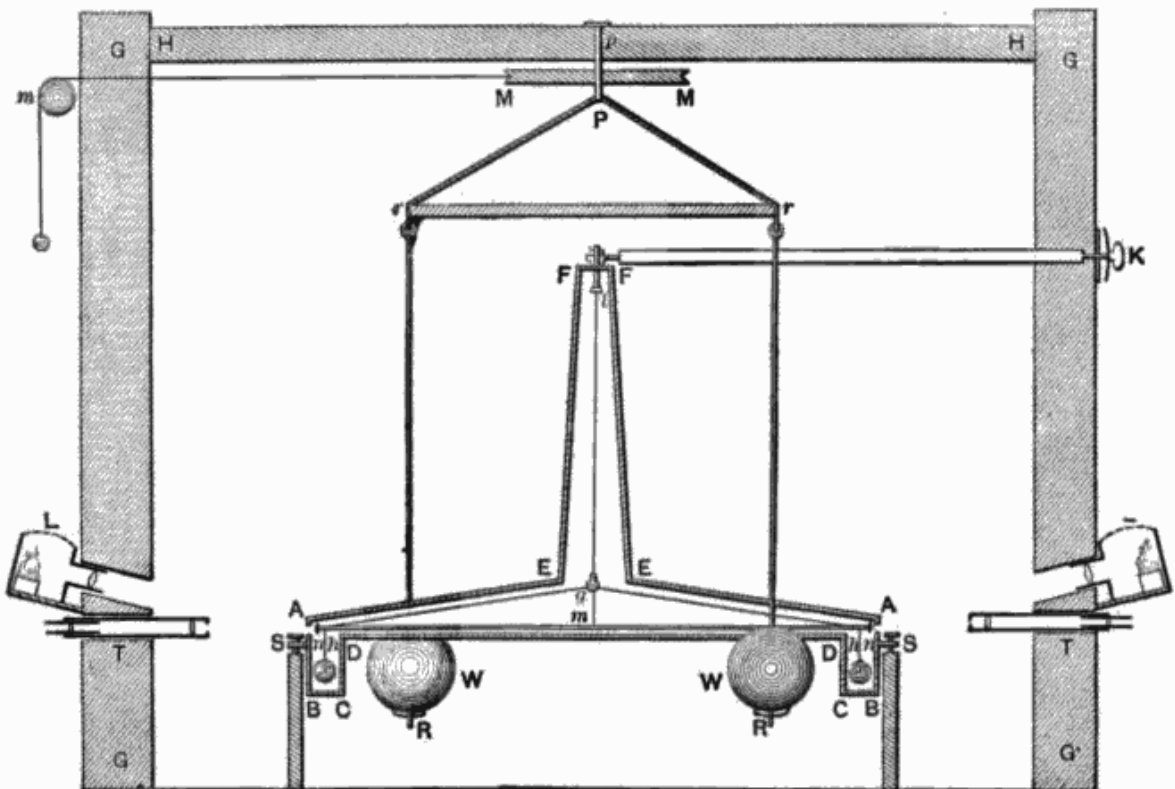


Fig. 1

Установка представляла собой деревянное коромысло длиной около 2 м (6 футов). Оно подвешено в горизонтальном положении на тонкой проволоке из посеребренной меди длиной 1 м (40 дюймов) и на каждом его конце висит по свинцовому шару диаметром около 5 см (2 дюйма) каждый. Все это

помещается в узкий деревянный кожух для защиты от ветра. К шарам подносят свинцовые шары диаметром 20 см (8 дюймов) и массой по 159 кг. Под действием сил гравитации коромысло закручивается на некоторый угол. Угол поворота коромысла определялся с помощью луча света, падающего на пластинки из слоновой кости с делениями 1/20 дюйма, такие же пластинки помещены на каждом конце коромысла и являются верньером, давая точность измерений до 1/100 дюйма. Эти деления рассматриваются в короткий телескоп.

Зная упругие свойства нити, а также угол поворота коромысла, можно вычислить силу притяжения малого шара к большому. Жесткость нити была такой, что коромысло делало одно колебание примерно за 15 мин. По времени одного колебания была рассчитана сила, которая требуется для отклонения коромысла на одно деление. Далее Генри Кавендиш определил, что притяжение шарика к грузу так относится к его притяжению к Земле, как отношение плотности Земли к плотности воды. Средняя плотность Земли у Кавендиша получилась $\rho \approx 5,45 \text{ г/см}^3$, современное значение $\rho \approx 5,15 \text{ г/см}^3$.

Значение гравитационной постоянной, полученное из данных этого опыта (вычислено позже другими учеными) составляет: $G \approx 6,754 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$. Современное значение гравитационной постоянной: $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$.

3. Расчеты плотности планет Земной группы.

$$\text{Формула } \rho = \frac{6m}{\pi d^3} \quad \frac{1 \text{ кг}}{\text{км}^3} = \frac{10^3 \text{ г}}{10^{15} \text{ см}^3} = \frac{1 \text{ г}}{10^{12} \text{ см}^3}$$

1) Меркурий

$$\rho = \frac{6 \times 3,303 \times 10^{23}}{3,14 \times 4879,4^3} \approx \frac{19,818 \times 10^{23}}{3,65 \times 10^{11}} \approx 5,44 \times 10^{12} (\text{кг/км}^3) = 5,44 (\text{г/см}^3)$$

2) Венера

$$\rho = \frac{6 \times 4,871 \times 10^{24}}{3,14 \times 12104^3} \approx \frac{29,226 \times 10^{24}}{5,57 \times 10^{12}} \approx 5,24 \times 10^{12} (\text{кг/км}^3) = 5,24 (\text{г/см}^3)$$

3) Земля

$$\rho = \frac{6 \times 5,974 \times 10^{24}}{3,14 \times 12742^3} \approx \frac{35,844 \times 10^{24}}{6,50 \times 10^{12}} \approx 5,515 \times 10^{12} (\text{кг/км}^3) = 5,515 (\text{г/см}^3)$$

4) Марс

$$\rho = \frac{6 \times 6,42 \times 10^{23}}{3,14 \times 6779^3} \approx \frac{38,52 \times 10^{23}}{9,78 \times 10^{11}} \approx 3,94 \times 10^{12} (\text{кг/км}^3) = 3,94 (\text{г/см}^3)$$

Солнечная система обладает рядом важных закономерностей, что наглядно видно при сравнении плотности планет земной группы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В наше время основные данные о планетах земной группы можно найти в любом справочнике или популярном издании по астрономии. Данные периодически обновляются и дополняются.

В данной работе был сделан анализ литературы и статей о планетах земной группы. В ходе работы использовались описательный и сопоставительный методы. Исследовались основные способы определения линейного диаметра планет, масс и плотностей планет.

Во время работы над проектом я расширил свой кругозор, узнал для себя много интересного и познавательного о приборах для определения линейного диаметра планет, об исторических фактах по определению размеров, массы и плотности Земли.

Это помогло мне понять и ощутить, какое место занимает наша родная планета Земля в известной нам части космоса: «Мы живем, точно в сне неразгаданном, на одной из удобных планет» (Игорь Северянин).

Список литературы.

1. Открытая астрономия 2.6/ автор курса Н. Гомулина; под ред. В. Сурдина.- Интерактивный компьютерный курс: ООО «Физикон».
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2-е изд. испр. и дополн.- Фрязино: Век 2. 2011.-576 с. ISBN 978-5-85099-188-3
3. Солнечная система/ Ред.-сост. В.Г. Сурдин.-М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.- 400с.-(Астрономия и астрофизика). ISBN 978-5-9221-0989-5
4. Фейгин О.О. Поразительная вселенная.-М.: Эксмо, 2011.-288 с. ISBN 978-5-699-47035-8
5. Кессельман В.С. Удивительная история физики.- М.:ЭНАС-КНИГА, 2013.-376с.:ил.-(О чем умолчали учебники). ISBN 978-5-91921-163-1
6. Бронштэн В. А. Планеты и их наблюдение.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979.- 240 с.
7. Голин Г.М., Филонович С.Р. Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в): Справ. пособие.-М.: Высш. шк., 1989.-576 с.: ил.
8. <http://galspace.spb.ru/>

СПРАВОЧНИК

«Определение плотности
планет земной группы»

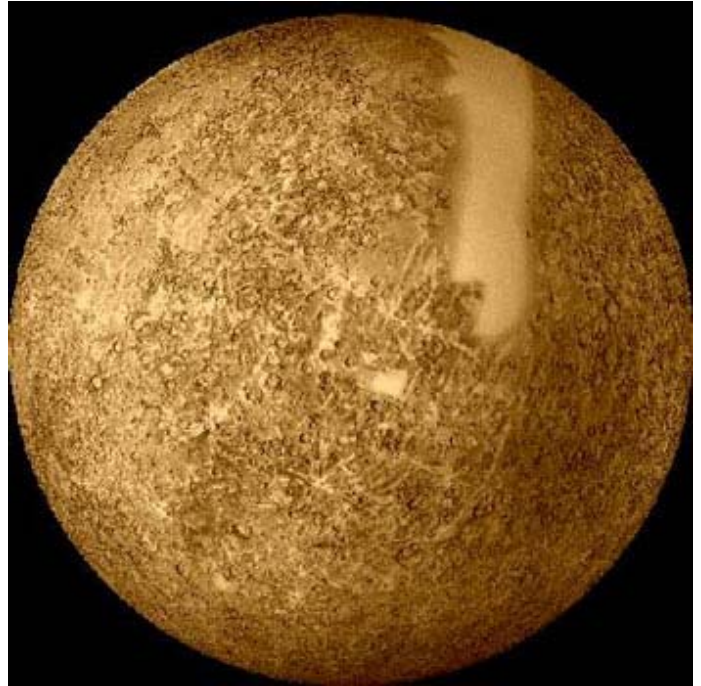
ученика 7 «Б» класса

средней школы № 167

Тепикина Виктора

Меркурий.

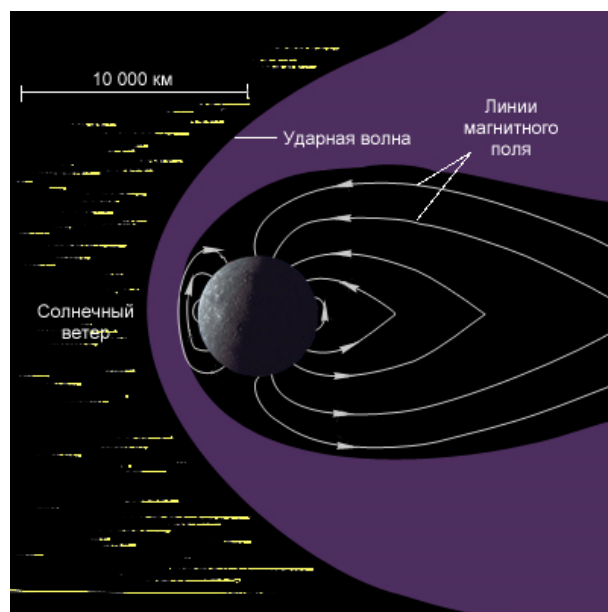
Меркурий – первая планета от Солнца и самая маленькая из земной группы. Ее диаметр составляет всего 4879,4 км, но зато она быстрее всех летит по своей орбите 47,87 км/с на расстоянии 57,9 млн км от Солнца, расстояние до Земли колеблется от 82 до 217 млн. км. Масса Меркурия $3,303 \cdot 10^{23}$ кг - это в 20 раз меньше, чем у Земли, а плотность почти такая же $5,43 \text{ г/см}^3$.



Из-за приливного воздействия Солнца Меркурий попал в резонансную ловушку. Измеренный в 1965 году период его обращения вокруг Солнца (88 земных суток) относится к периоду вращения вокруг оси (58,65 земных суток) как $3/2$. Три полных оборота вокруг оси Меркурий завершает за 176 суток. За тот же срок планета совершает два оборота вокруг Солнца. Таким образом, Меркурий занимает относительно Солнца то же самое положение на орбите, и ориентировка планеты остаётся прежней. Его орбита сильно вытянута по сравнению с орбитами других внутренних планет (эксцентриситет $e = 0,206$). Наклонение орбиты к эклиптике $i = 7^\circ$ – одно из самых больших в Солнечной системе. Ось Меркурия почти перпендикулярна к плоскости его орбиты, Кроме того, орбита вся целиком медленно вращается (прецессирует) - за столетие меркурианский перигелий смещается всего на 5600 угловых секунд, но значения афелия и перигелия не изменяются.

Поверхность Меркурия покрыта кратерами ударного происхождения, самый большой из них – Равнина Жары. На Меркурии гигантские суточные

перепады температур: от -170°C ночью до $+400^{\circ}\text{C}$ днем. Сильно разреженная атмосфера и наличие магнитного поля, которое в 100 раз слабее земного, позволяют исследовать явления обтекания магнитосферы солнечным ветром. Атмосфера Меркурия непрерывно утекает в межпланетное пространство. В то же время вместе с плазмой



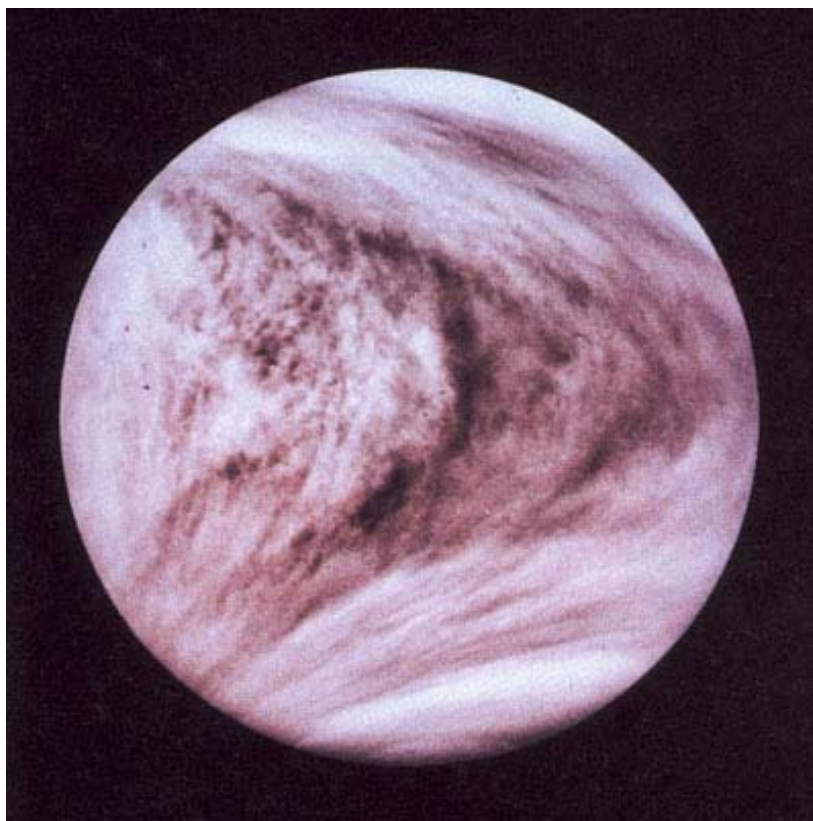
солнечного ветра в атмосферу Меркурия попадает гелий, который находится в атмосфере около 200 дней, главным образом на ночной стороне планеты, затем покидает ее.

Есть гипотеза, что Меркурий – потерянный спутник Венеры. Это объяснило бы причину медленного вращения Венеры, и к тому же по часовой стрелке, в отличие от других планет, а также большой эксцентриситет орбиты Меркурия и резонансный характер движения Меркурия вокруг Солнца. Убегание Меркурия могло произойти за 500 миллионов лет и сопровождалось огромным выделением энергии, которое разогревало и Венеру, и ее спутник. Эта гипотеза помогает объяснить и наличие магнитного поля у Меркурия, и химический состав его ядра, масса которого составляет 80% от массы всей планеты.

Близость к Солнцу мешает производить наблюдения Меркурия. На небосклоне он не отходит далеко от Солнца – максимум на 29° . Виден он либо перед восходом Солнца (утренняя видимость), либо после захода (вечерняя видимость) и только вблизи элонгаций (максимальных угловых удалений от Солнца). Но даже в эти периоды увидеть его можно не всегда из-за значительного наклона его орбиты к эклиптике.

Венера.

Венера – вторая планета от Солнца и самая горячая планета Солнечной системы. Ее орбита практически круговая, эксцентриситет орбиты равен 0,0068 – самый маленький в Солнечной системе. Венера самая близкая к Земле планета – расстояние до нее меняется от 40 до 259 миллионов километров.



Расстояние от Венеры до Солнца 108 млн км. Средняя скорость движения по орбите – 35 км/с. Сутки на Венере из-за медленного вращения вокруг оси делятся дольше венерианского года. Период обращения по орбите – 224,7 земных суток, а период вращения вокруг оси – 243,02 земных суток. При этом Венера вращается в сторону, противоположную своему движению по орбите (если смотреть с северного полюса Венеры, планета вращается по часовой стрелке, а не против неё, как Земля и остальные планеты, исключая Уран; наклон экватора к орбите: $177^{\circ}18'$). Это приводит к тому, что сутки на Венере продолжаются 116,8 земных суток (половину венерианского года). Таким образом, день и ночь на Венере делятся по 58,4 земных суток. Магнитное поле отсутствует.

Венера близка по размерам к Земле, ее масса - 82% земной ($4,87 \cdot 10^{24}$ кг). У планеты нет спутников, поэтому масса Венеры была уточнена по пролётам мимо планеты американских космических аппаратов «Маринер-2», «Маринер-5» и «Маринер-10». Плотность Венеры равна 5,24 г/см³. Радиус Венеры – 95% радиуса Земли (6052 км) – был измерен в 1960-х годах методами радиолокации: поверхность планеты постоянно закрыта плотными облаками. Венера имеет практически сферическую форму.

На Венере воды крайне мало – легкий водород был быстро потерян этой планетой, хотя условия формирования Венеры и Земли были достаточно сходными. Венерианская атмосфера была открыта Михаилом Ломоносовым в 1761 г во время наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца. Предполагалось, что из-за плотных облаков на поверхности Венеры всегда темно. Однако «Венера-8» показала, что освещенность дневной стороны Венеры примерно такая же, как на Земле в пасмурный день. Небо на Венере имеет яркий желто-зеленый оттенок. Температура атмосферы Венеры около 480°С. Высокая температура Венеры, вызвавшая интенсивное испарение и потерю воды из атмосферы, поддерживается благодаря толстой газовой оболочке с давлением около 90 земных атмосфер у поверхности, состоящей в основном из углекислого газа. Есть теория, что высокое содержание CO₂, является продуктом бурной вулканической деятельности. «Венера-15» и «Венера-16» с помощью радаров нашли на Венере горные вершины, имеющих явные следы потоков лавы. В настоящее время зарегистрированы около 150 вулканических объектов, размеры которых превышают 100 км; общее число вулканов на планете оценивают в 1600.



Венеру легко распознать, так как по блеску она намного превосходят самые яркие из звезд. Отличительным признаком планеты является её ровный белый цвет. Венера так же, как и Меркурий, не отходит на небе на большое расстояние от Солнца. В моменты элонгаций Венера может удалиться от нашей звезды максимум на 48° . Как и у Меркурия, у Венеры есть периоды утренней и вечерней видимости

Земля.

Земля – третья планета от Солнца. Двигается вокруг Солнца по близкой к круговой орбите (эксцентриситет 0,017), радиус которой – 149,6 млн. км – принят за 1 астрономическую единицу. Период обращения по орбите составляет 365,256 земных суток или 1 год. Средняя скорость движения по орбите – 29,8 км/с.

Период вращения вокруг оси – звездные сутки – 23h 56m 4,099s. Наклон земного экватора к орбите составляет $23^{\circ}27'$ и обеспечивает смену времен года.



Масса Земли равна $5,974 \cdot 10^{24}$ кг, средняя плотность $5,515 \text{ г/см}^3$. Экваториальный радиус планеты составляет 6 378 км. Земля имеет грушевидную форму, называемую геоидом. Сжатие составляет 0,0034 (полярный радиус равен $R_{\oplus} = 6\,356$ км). Сплюснутость Земли с полюсов объясняется вращением.

На Земле атмосфера содержит около 0,1% углекислого газа, поэтому парниковый эффект гораздо слабее, чем на Венере, и повысил температуру на

поверхности Земли в среднем на 30°C , что сделало возможным существование водной оболочки. Земля оказалась единственной планетой, где имеется достаточно большое количество жидкой воды на поверхности (2/3

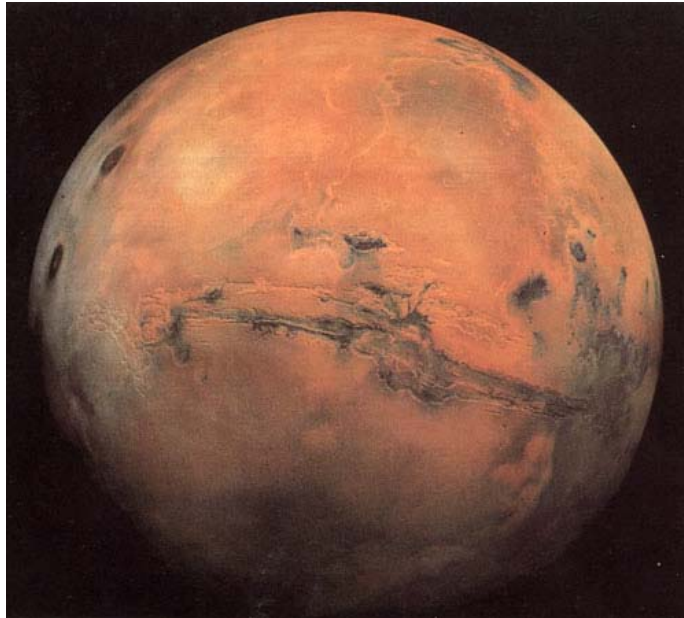


поверхности занимает Мировой океан) и высокое содержание кислорода в атмосфере, а также сильное магнитное поле (на полюсах $0,63 \text{ Э}$, на экваторе – $0,31 \text{ Э}$). Именно эти условия сделали возможным развитие и поддержание высокоорганизованной жизни. В значительной степени вода на Земле имеет космическое происхождение, попав на нее при падении многочисленных ледяных тел из внешних областей солнечной системы при формировании планеты. При этом температура на Земле не настолько велика, чтобы вода испарилась и улетучилась в космическое пространство, и не настолько низка, чтобы существовать только в виде льдов. Температура на поверхности находится в пределах от -85°C (внутренние районы Антарктиды) до $+70^{\circ}\text{C}$ (Западная Сахара). Средняя температура поверхности Земли – $+12^{\circ}\text{C}$. На Земле горы, действующие вулканы (около 800), равнины, пустыни, полярные льды.

У Земли есть один спутник – Луна. Есть версия, что 4,5 млрд лет назад в результате столкновения с прото-Землей другой протопланеты размером с Марс часть веществ обеих планет выбросилась на орбиту Земли. Позднее из этих обломков сформировалась Луна. Под влиянием земных приливов Луна постепенно удаляется от Земли, в тоже время Земля постепенно замедляет свое вращение, и сутки становятся длиннее.

Марс.

Марс – четвертая планета от Солнца. Марс обращается вокруг Солнца по орбите радиусом 1,524 а. е. ($\approx 227,9$ млн км) за 687 земных суток. Эксцентриситет 0,093 сравнительно высок, поэтому орбита Марса вытянута. Расстояние до Солнца меняется в течение года на 21 миллион километров, а



энергия, которую получает Марс, изменяется в 1,45 раза. Наклонение орбиты к эклиптике – $1^{\circ}51'$, а средняя скорость движения составляет 24,1 км/с. Расстояния от Земли меняются от 56 до 400 миллионов км. Расстояния между Землей и Марсом в моменты противостояний изменяются от 55 до 102 миллионов км, при этом все противостояния, когда расстояние между двумя планетами меньше 60 млн. км, называются великими противостояниями, они повторяются каждые 15–17 лет. Марс на небе виден лучше всего в периоды противостояний.

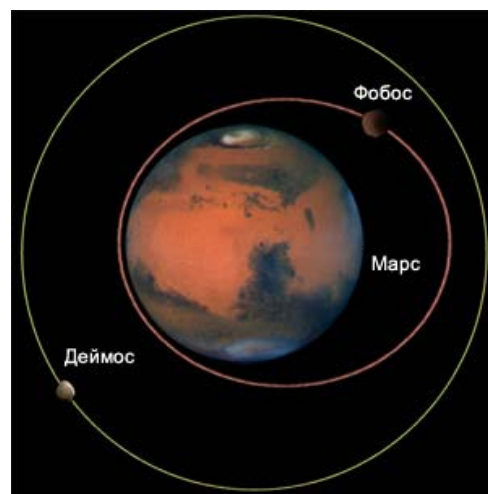
Период вращения вокруг оси – звездные сутки – равен 24,62 часа – всего на 41 минуту больше периода вращения Земли, а год длится почти вдвое дольше – 687 суток. Наклон экватора к орбите: $25^{\circ}12'$ (у Земли – около 23°). Это значит, что смена дня и ночи и смена времён года на Марсе протекает почти так же, как на Земле. Есть там и климатические пояса, подобные земным. Но есть и отличия. Прежде всего, из-за удалённости от Солнца климат, вообще, суровее земного. Далее, год Марса почти вдвое длиннее земного, а значит, дольше длятся и сезоны. Наконец, из-за эксцентриситета

орбиты длительность и характер сезонов заметно отличаются в северном и южном полушариях планеты. Таким образом, в северном полушарии лето долгое, но прохладное, а зима короткая и мягкая, тогда как в южном полушарии лето короткое, но тёплое, а зима долгая и суровая.

Масса планеты составляет 10% массы Земли ($6,4 \cdot 10^{23}$ кг), плотность равна $3,94 \text{ г/см}^3$, а радиус в два раза меньше, чем у Земли, – 3 397 км.

На Марсе атмосфера сильно разрежена, и давление и температура на поверхности близки к тройной точке, где исчезает различие между жидкостью, льдом и паром. На дне некоторых глубоких кратеров лёд виден непосредственно, действующих вулканов сейчас на Марсе нет. Большие запасы воды сохраняются в северной полярной шапке и в марсианском грунте, в форме вечной мерзлоты. Южная полярная шапка состоит в основном из замерзшего углекислого газа. В летние периоды лёд шапок частично испаряется в атмосферу, чтобы зимой обратно сконденсироваться у полюсов. Поэтому изменение давления атмосферы Марса на высоких широтах имеет сезонный характер. Средняя температура у поверхности -58°C . На поверхности постоянно бушуют колоссальные песчаные бури, поднимающие гигантские тучи в атмосферу.

Спутники Марса Фобос и Деймос намного меньше Луны. Есть две теории возникновения этих спутников. Фобос и Деймос – бывшие астероиды, чьи орбиты были так искажены гравитационным полем Юпитера, что стали проходить вблизи Марса и были им захвачены. По второй теории, из-за правильности орбит спутников, считается, что



это распавшийся на две части первоначальный спутник Марса. Приливное воздействие Марса постепенно замедляет движение Фобоса, снижая его орбиту, что приведет к его падению на Марс или его разорвет приливными силами Марса. Деймос наоборот удаляется от Марса.