

# АСТРОНОМИЯ в стандарте физического образования

Использованы материалы презентации д.п.н., проф. РГПУ им. А.И. Герцена СОКОЛОВОЙ И.И.

# ФИЗИКА

Требования к уровню подготовки выпускников. Основная школа (до 9 кл.)

Элементы астрономии

Солнечная система. Вращение

Земли вокруг своей оси и движение

Земли вокруг Солнца. Смена

времен года; Луна; фазы Луны.

Затмения. *Энергия Солнца и звезд.*

# ФИЗИКА

Требования к уровню подготовки выпускников. Полная средняя школа.

*Строение и эволюция Вселенной. Эффект Доплера и красное смещение. Большой взрыв и расширение Вселенной. Возникновение химических элементов.*

# Состав Солнечной системы

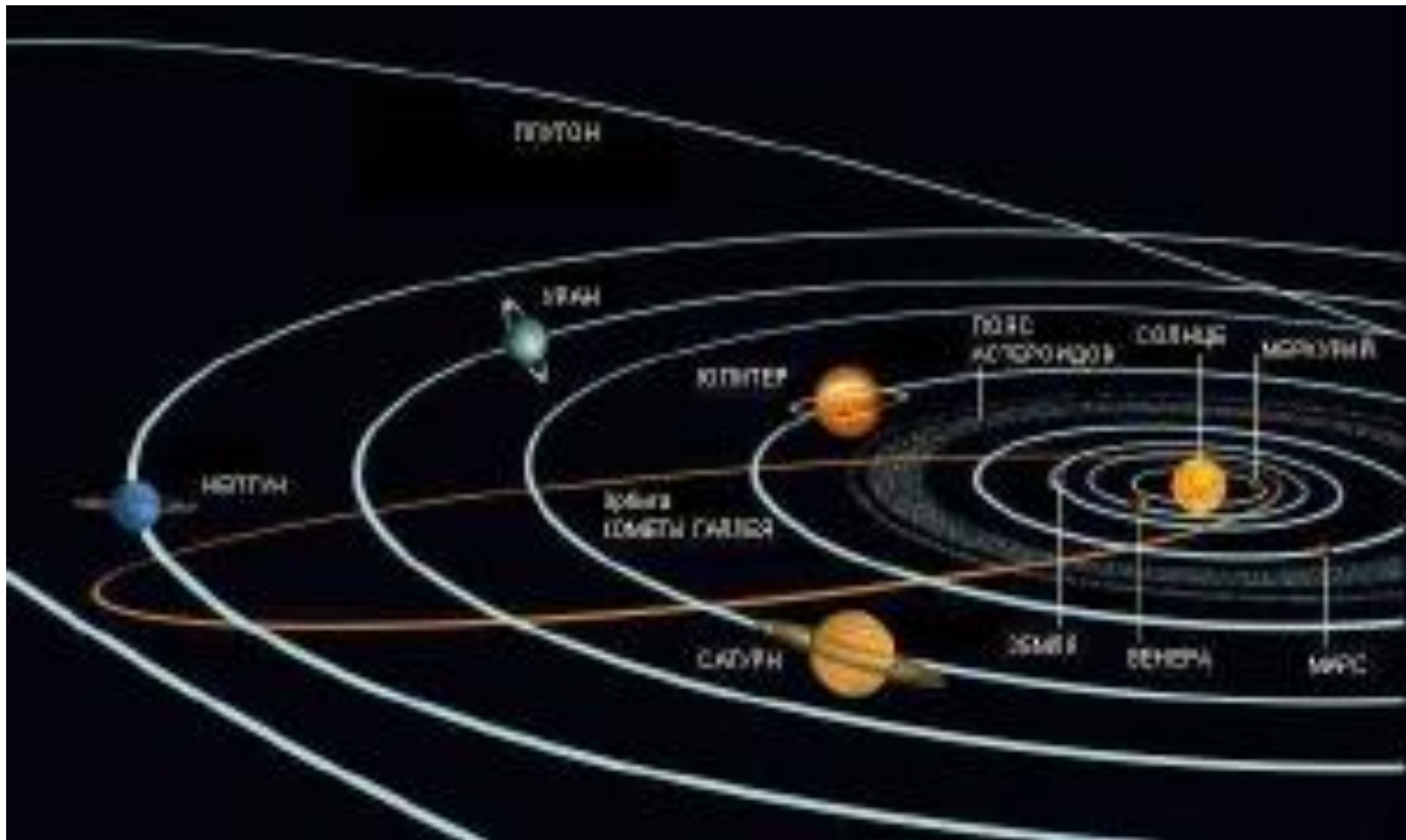
**Солнце, девять больших планет:**

Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон; **их спутники**, а также **малые тела Солнечной системы:**

астероиды, кометы, метеороиды (небольшие космические тела размерами несколько метров и меньше); **солнечный ветер:**

потоки элементарных частиц (это в основном электроны, протоны и ядра атомов гелия ( $\alpha$ -частицы)); а также **поля** – гравитационное, электромагнитное.

# Солнечная система.

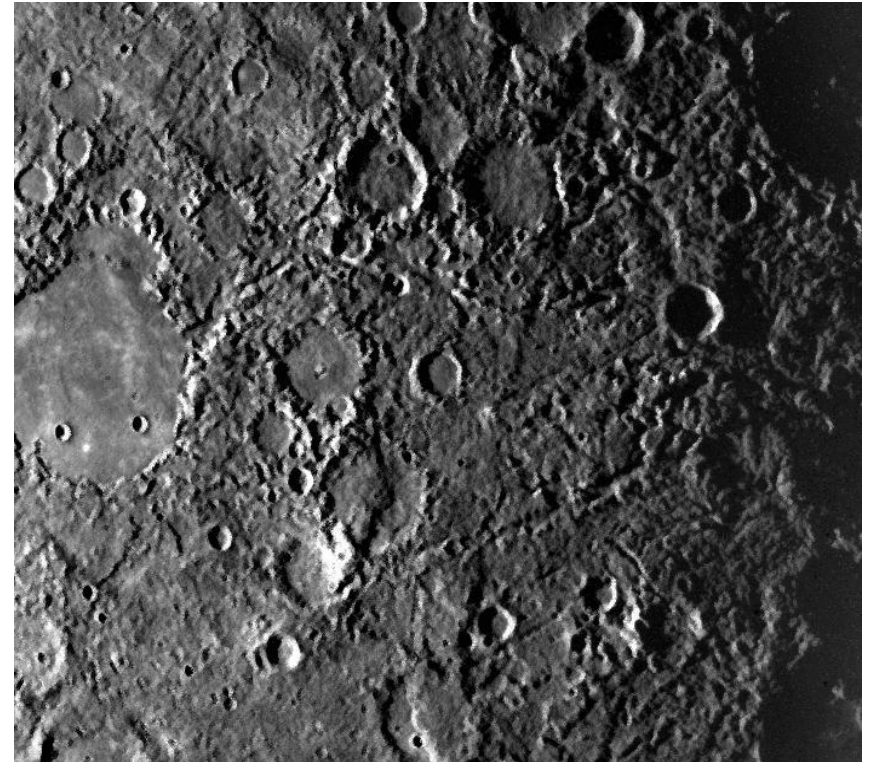
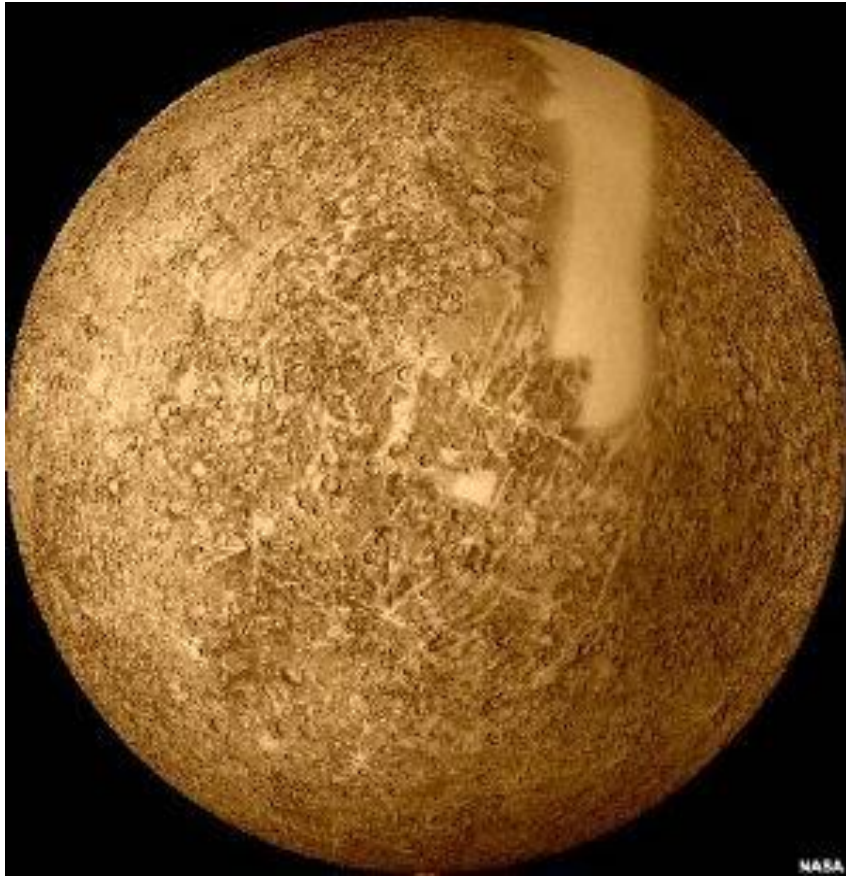


# Строение Солнечной системы

- Солнечная система - это система небесных тел, объединенных силами тяготения, центральной звездой которой является наше Солнце. Масса Солнца в 750 раз больше массы всех остальных тел Солнечной системы и составляет  $2 \cdot 10^{30}$  кг.
- Границы Солнечной системы – гравитационные и по гелиопаузе  $10^4 - 10^5$  - а. е.
- (кометное облако Оорта)  
1 астрономическая единица (а.е.)  
= 149,6 млн.км (среднее расстояние от Земли до Солнца)

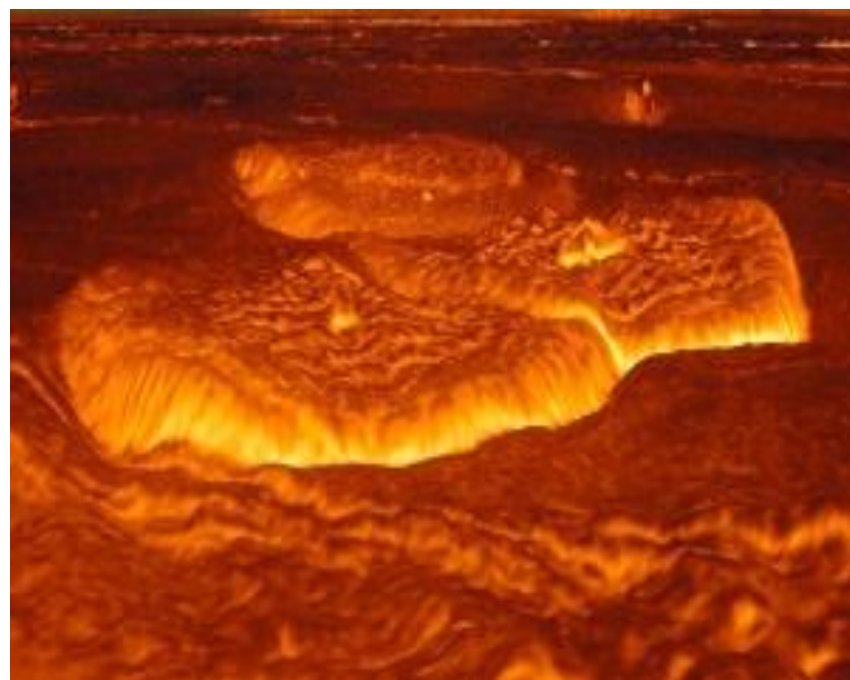
<b>Планета</b>	<b>Расстояние от Солнца а.е.</b>	<b>Период обращения вокруг Солнца относительно звезд (лет)</b>	<b>Масса ( в массах Земли)</b>	<b>Средний экваториальный радиус ( в радиусах Земли)</b>	<b>Средняя плотность (г/см<sup>3</sup> )</b>	<b>Период вращения вокруг оси (земн. сут.)</b>	<b>Температура поверхности (К)</b>	<b>Атмосфера</b>
<b>Меркурий</b>	<b>0,387</b>	<b>0,241</b>	<b>0,055</b>	<b>0,383</b>	<b>5,43</b>	<b>58,65</b>	<b>90 - 690</b>	<b>Практич. отсутствует</b>
<b>Венера</b>	<b>0,723</b>	<b>0,615</b>	<b>0,815</b>	<b>0,949</b>	<b>5,24</b>	<b>-243,02</b>	<b>735</b>	<b>CO<sub>2</sub> , N<sub>2</sub></b>
<b>Земля</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>5,52</b>	<b>1,00</b>	<b>190 – 325</b>	<b>N<sub>2</sub> , O<sub>2</sub></b>
<b>Марс</b>	<b>1,524</b>	<b>1,881</b>	<b>0,107</b>	<b>0,533</b>	<b>3,94</b>	<b>1,03</b>	<b>150 - 260</b>	<b>CO<sub>2</sub> , N<sub>2</sub></b>
<b>Юпитер</b>	<b>5,204</b>	<b>11,868</b>	<b>317,830</b>	<b>11,209</b>	<b>1,33</b>	<b>0,41</b>		<b>H<sub>2</sub> , He</b>
<b>Сатурн</b>	<b>9,583</b>	<b>29,666</b>	<b>95,159</b>	<b>9,449</b>	<b>0,70</b>	<b>0,44</b>		<b>H<sub>2</sub> , He</b>
<b>Уран</b>	<b>19,187</b>	<b>84,048</b>	<b>14,500</b>	<b>4,007</b>	<b>1,30</b>	<b>- 0,72</b>		<b>H<sub>2</sub> , He</b>
<b>Нептун</b>	<b>30,021</b>	<b>164,491</b>	<b>17,204</b>	<b>3,883</b>	<b>1,76</b>	<b>0,67</b>		<b>H<sub>2</sub> , He</b>
<b>Плутон</b>	<b>39,231</b>	<b>245,73</b>	<b>0,0025</b>	<b>0,187</b>	<b>1,1</b>	<b>- 6,39</b>	<b>30 - 60</b>	<b>Ar, Ne, CH<sub>4</sub></b>

# МЕРКУРИЙ





# Венера



# Земля



# Луна



# Луна

Масса в 81 раз меньше массы Земли, радиус—1738 км, немногим более 1/4 земного. Ускорение свободного падения на поверхности Луны примерно в 6 раз меньше, чем на Земле. Расстояние от Земли до Луны составляет 384 410 км (примерно 60 радиусов Земли). Полный оборот вокруг Земли относительно звезд Луна совершает за 27,32 суток (звездный или сидерический месяц). Столько же делятся и звездные сутки на Луне, она повернута к Земле одной стороной.

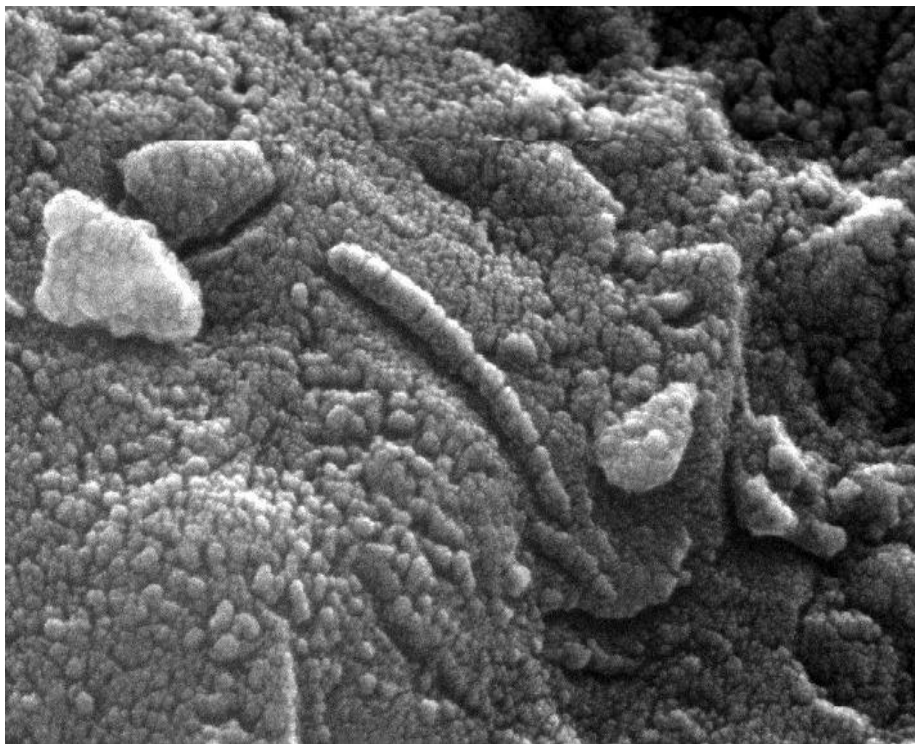
# Луна

Луна практически лишена атмосферы. Основные формы рельефа – моря (широкие равнины, углубления), горные хребты высотой до 5,5 км, кратеры диаметром до 300 км. Поверхность Луны покрыта мелкообломочным материалом – реголитом. Перепад температур на поверхности Луны в зависимости от освещения Солнцем-от  $+130^{\circ}\text{C}$  до  $-70^{\circ}\text{C}$ .

# Марс



# Метеорит с Марса



Найден в Антарктиде. Выбит в космос около 3 млрд. лет назад метеоритным ударом с поверхности Марса. Позже он упал на поверхность Земли. В полностью загерметизированных внутренних слоях метеорита обнаружены следы жизнедеятельности марсианских бактерий (нанобактерий) и их останки.

# Юпитер



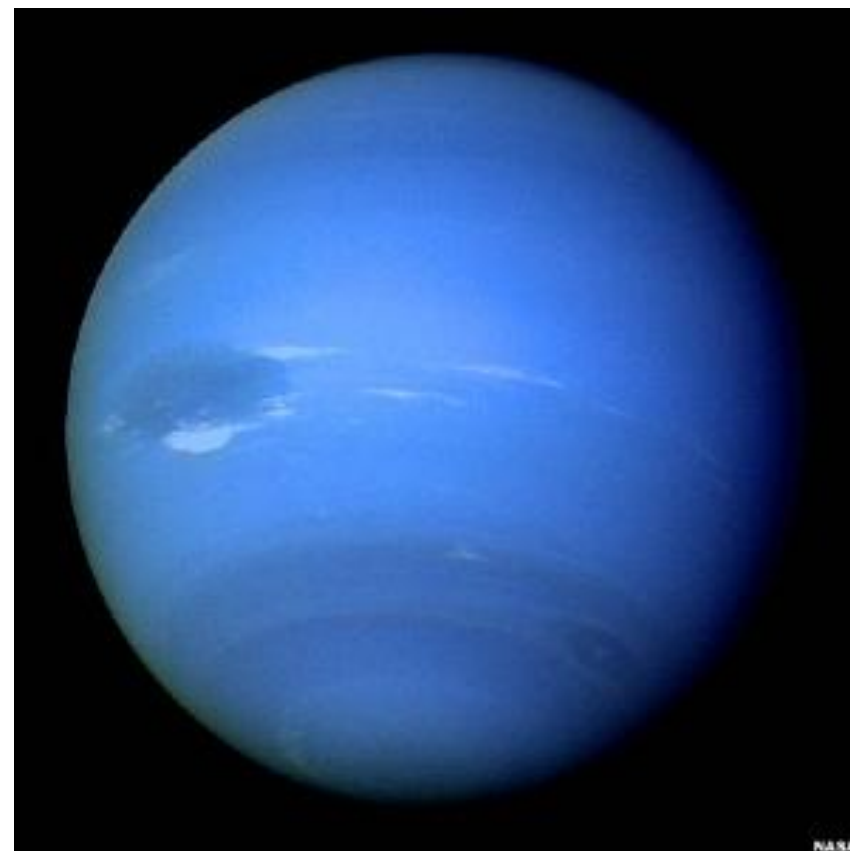
# Сатурн



# Уран

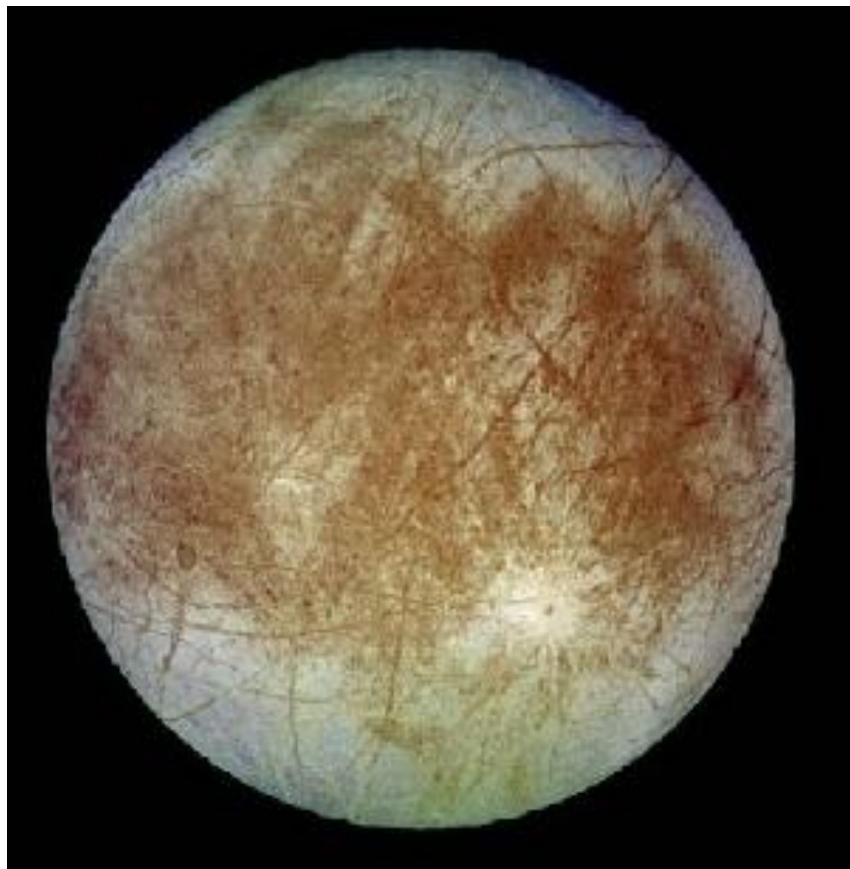


# Нептун





# Европа



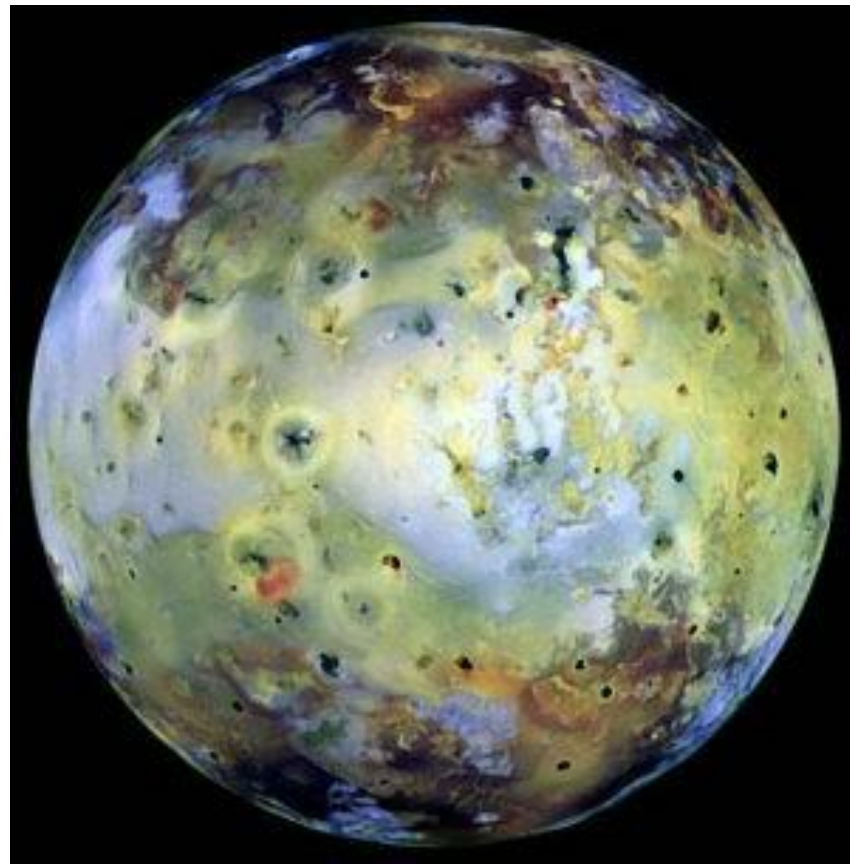
# Каллисто



Ганимед

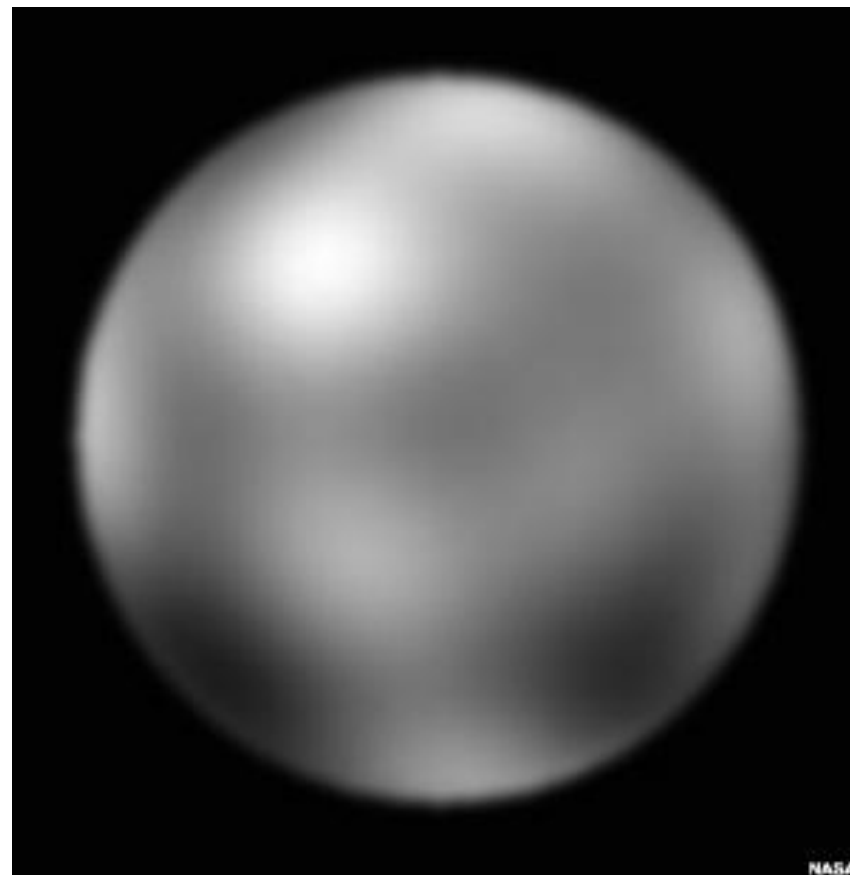
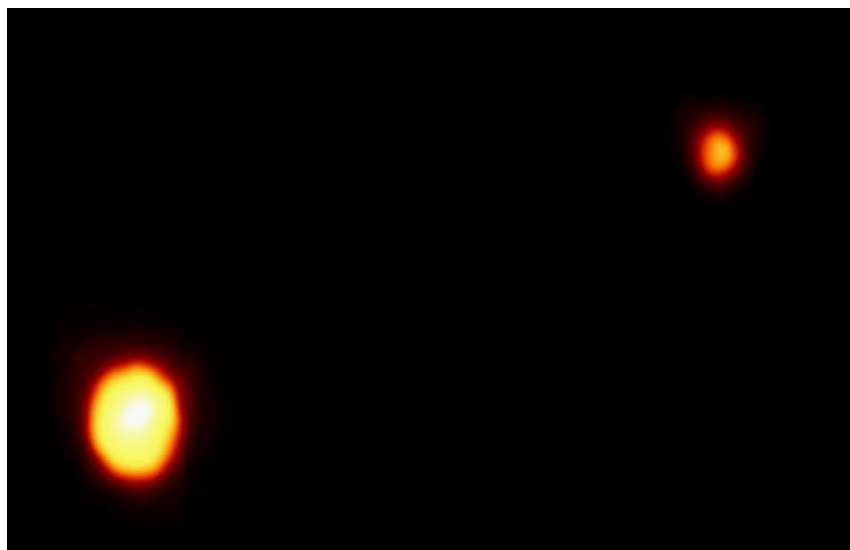


Ио



# Плутон-Харон

# Плутон



# Спутники Планет

- У Меркурия и Венеры спутников нет
- Земля – 1 спутник – Луна
- Марс – 2 спутника – Фобос и Деймос (27 и 15км)
- Юпитер – 39 спутников
- Сатурн – 30 спутников
- Уран - 21 спутник
- Нептун – 8 спутников
- Плутон -1 спутник - Харон (откр. 1978 г.)

# СПУТНИКИ ПЛАНЕТ.

<http://Infm1.sai.msu.ru/neb/rk/natsat/plasat.htm>

- В настоящее время открыт 91 спутник планет. Из них 66 спутников имеют собственные названия, а остальные - временные обозначения.  
Марс имеет два спутника - Фобос и Деймос, размером 27 и 15 км.

# Система спутников Юпитера в настоящее время содержит 39 спутников

- 16 спутников, имеющих собственные имена, 12 спутников с временными обозначениями, открытых в 1999-2000 годах и 11 малых спутников, открытых в 2001 г.)  
До 1999 года были известны 16 спутников Юпитера, которые подразделяются на 4 группы. Это галилеевы спутники: Ио и Европа имеют размер Луны, Каллисто по размеру равна Меркурию, а Ганимед - крупнейший спутник солнечной системы, его диаметр равен 5262 км.

- Кроме четырех галилеевых спутников существуют 3 группы малых спутников - 4 малых внутренних спутника находятся ближе к планете, чем Ио, 4 внешних спутника - на похожих орбитах с прямым движением на расстоянии около 11 млн км, и 4 обратных спутника - на расстояниях около 22 млн км.

# Система спутников Сатурна-30

- Первый спутник Титан был открыт Гюйгенсом в 1655 году. Два спутника Мимас и Энцелад были открыты Гершелем, четыре спутника - Тефию, Диону, Рею и Япет открыл Кассини. В XIX веке были открыты наземными наблюдениями Гиперион и Феба. В течение 1979 -1981 г.г. открыто восемь новых спутников Сатурна - это Атлас, Прометей, Пандора, Елена и коорбитальные спутники Янус и Эпиметей. На орбите Тефии найдены еще два малых спутника - Калипсо и Телесто. Еще один спутник Пан был открыт в 1990 году. В 2000 году были найдены 12 спутников, получивших временные обозначения S/2000 S1 - S12. Точные орбиты для них еще определяются.



# Система спутников Урана -21

- 15 регулярных спутников, движущихся в плоскости экватора Урана на почти круговых орбитах, 5 далеких нерегулярных спутников, открытых в 1997 и 1999 годах, движущихся на орбитах с большими наклонами и эксцентриситетами. Пять больших спутников Ариэль, Умбриэль, Титания, Оберон и Миранда были открыты при наземных наблюдениях Ласселом, Гершелем и Койпером. Девять спутников открыты при пролете Вояджера в 1986 году. Они и другие открытые до 1999 г спутники были названы именами действующих лиц пьес Шекспира - Корделия, Афелия, Бианка, Крессида, Дездемона, Джульетта, Порция, Розалинда и Белинда, Пак, Калибан, Сикоракса, Просперо, Сетебос, Стефано. 1 спутник пока без названия.

# Спутники Нептуна (8 спутников)

- Два из которых были открыты наземными наблюдениями - Тритон и Нереида, а шесть спутников открыты при пролете Вояджера - Наяда, Таласса, Деспина, Галатея, Ларисса и Протей.

# Астероид Гаспра



# Астероид Ида



# Метеор из потока Персеид

## Болид

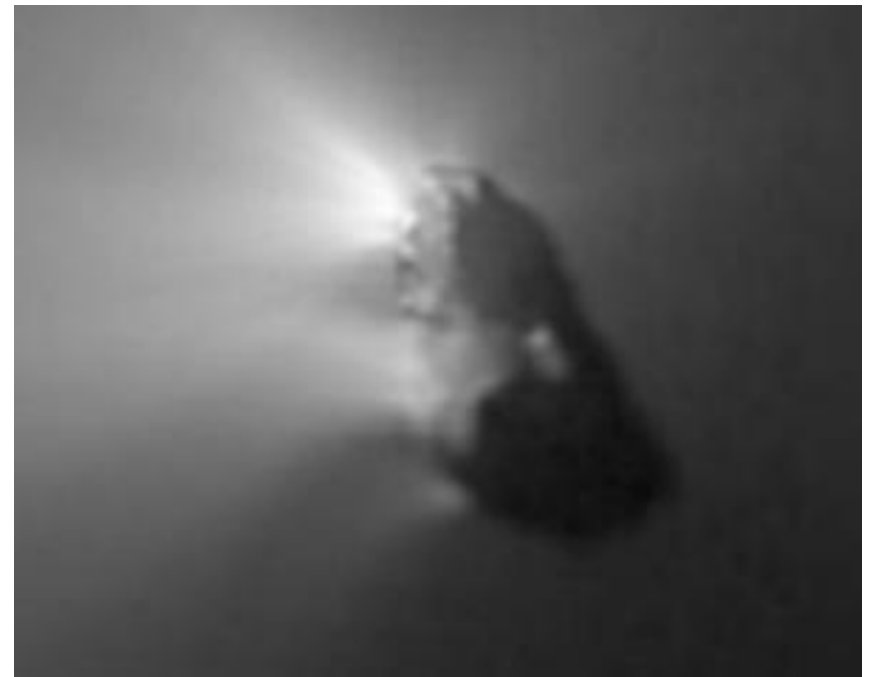


# Метеорит Комета Хейла-Боппа



# Комета Галлея

# Ядро



# Методические приемы

- Анализ таблицы с данными о больших планетах (выводы – деление планет на две группы по признакам: расстояние до Солнца, размеры, ср. плотность, хим. состав, число спутников)
- В конце изучения темы – деловая игра «Институт космических исследований»



# Суточное вращение Земли

Вращение земного шара вокруг своей оси объясняет смену дня и ночи, восход и заход светил. Явления, связанные с вращением Земли:

размыв правых берегов рек в северном полушарии и левых в южном (закон Бэра),

пассаты,

круговые движения в циклонах и антициклонах,

поворот с течением времени плоскости качаний

маятника Фуко (за исключением его расположения на экваторе),

сплюснутость Земли у полюсов

# Суточное вращение Земли

Период вращения Земли вокруг оси относительно Солнца (синодический период) называется солнечными сутками.

Он примерно на 3 минуты 56 секунд больше, чем период вращения Земли относительно звезд (сидерический период вращения).

Северный конец оси вращения Земли направлен в нашу эпоху примерно на Полярную звезду ( $\alpha$  Малой Медведицы).

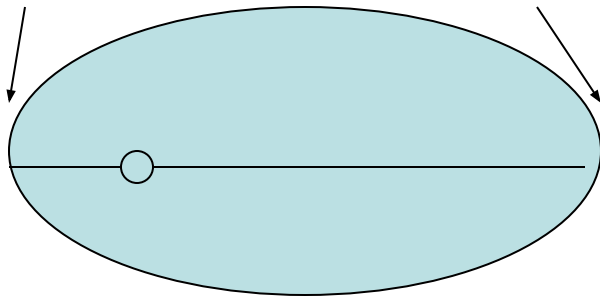
# Движение Земли вокруг Солнца

- Земля движется вокруг Солнца по слабо вытянутому эллипсу, почти окружности, совершая полный оборот за 365, 256 суток относительно звезд.
- Наиболее употребимой мерой времени является **тропический год** – промежуток времени от одного весеннего равноденствия (оно наступает примерно 21 марта) до следующего, равный 365, 2422 средних суток.
- Вследствие возмущающего влияния других планет величина тропического года подвержена колебаниям в несколько минут.

# Движение Земли вокруг Солнца

- Ближайшая к Солнцу точка земной орбиты называется **перигелий** (Земля бывает здесь в начале июля), самая далекая – **афелий** (Земля проходит эту точку в начале января).

Перигелий      Афелий



# Движение Земли вокруг Солнца

Разница в расстояниях до Солнца между положением Земли в перигелии и афелии составляет примерно 5 млн. км, однако, это обстоятельство объясняет отнюдь не смену сезонов, а лишь разную длительность сезонов в северном и южном полушарии Земли из-за разной скорости ее движения по орбите согласно законам Кеплера. В перигелии Земля получает тепла всего на 7 % больше, чем в афелии.

# Смена сезонов на Земле

Смена времен года на планете объясняется разным углом падения солнечных лучей на ее поверхность в течение года, что в свою очередь связано с наклоном оси вращения планеты к плоскости ее орбиты. Ось Земли в течение года остается параллельной самой себе. Ее наклон к плоскости орбиты составляет  $66^{\circ} 34'$ .

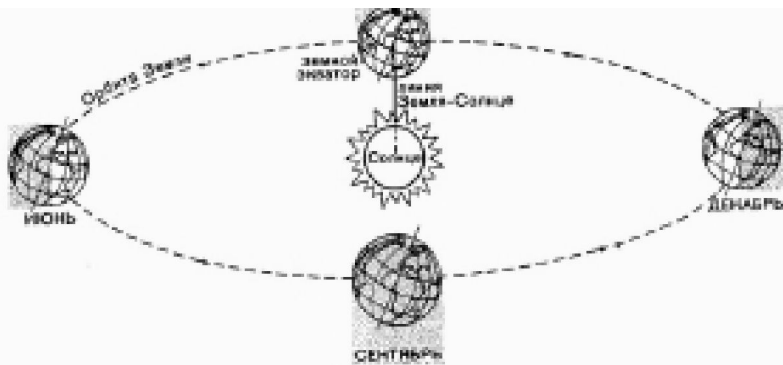
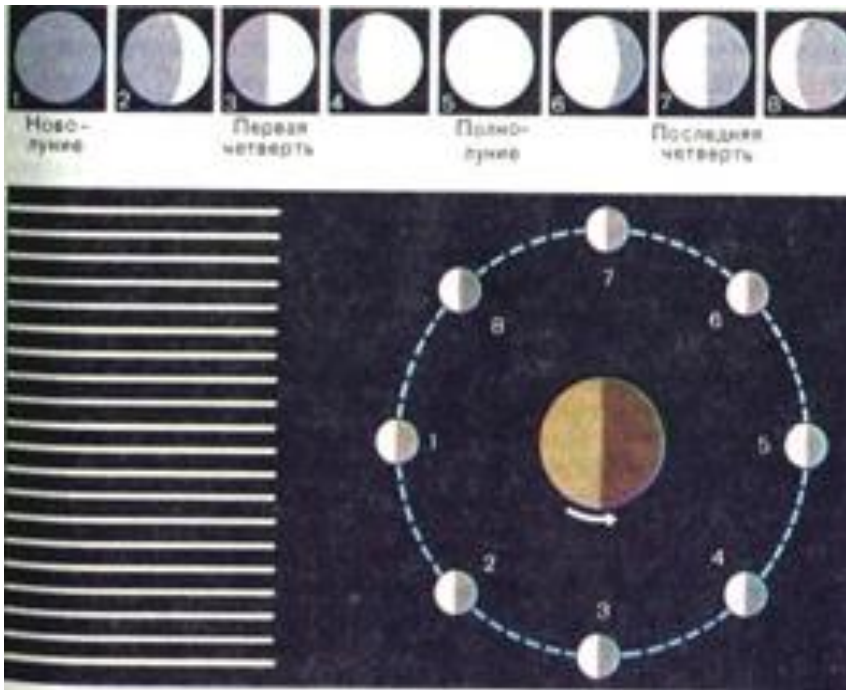


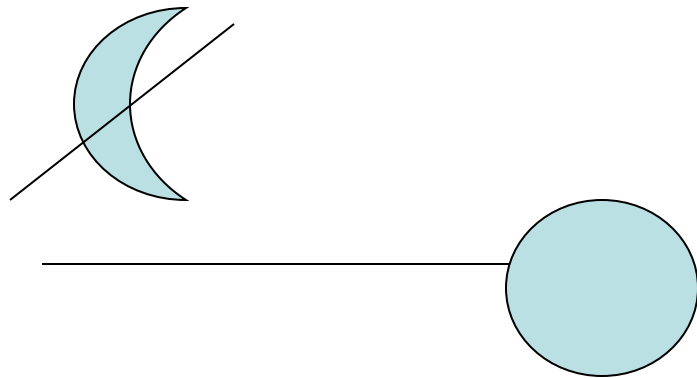
Рис. 1.9. Наклон оси вращения Земли и времена года.

# Фазы Луны



- $\Phi = d_{\text{осв}} / d_{\text{общ}}$
- Новолуние (возможны солнечные затмения)
- Первая четверть
- Полнолуние (возможны лунные затмения)
- Последняя четверть

# Луна на небе Земли



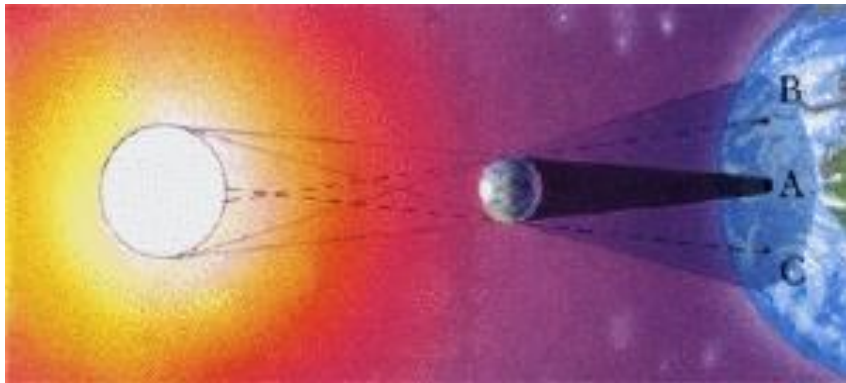
Относительное расположение Луны и Солнца – не случайно. Угол между Луной и Солнцем определяет фазу Луны.

Освещенной стороной Луна обращена к Солнцу.

Растущая Луна – на вечернем небе, стареющая – на утреннем.



# Солнечные затмения



# Солнечные затмения

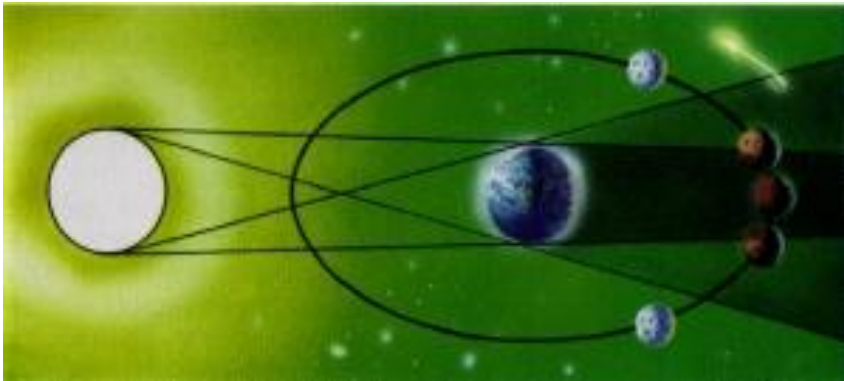
Максимальный диаметр конуса лунной тени на поверхности Земли не превышает 270 км, из-за чего затмение может наблюдаться в течение не более, чем семи минут, при этом тень от Луны перемещается вдоль поверхности Земли приблизительно с запада на восток и образует полосу длиной в несколько тысяч километров.

# Солнечное затмение

Полное солнечное затмение наблюдается редко в одной и той же точке Земли, раз в 200-300 лет. Так например, следующее полное солнечное затмение в Москве произойдет только в 2126 году. Однако, затмения Солнца можно наблюдать каждый год—от двух до пяти затмений в разных районах Земного шара.

Солнечное затмение наступает всегда в новолуние, когда оно совпадает с прохождением Луны вблизи плоскости Земной орбиты (вблизи узла лунной орбиты).

# Лунное затмение



# Лунное затмение

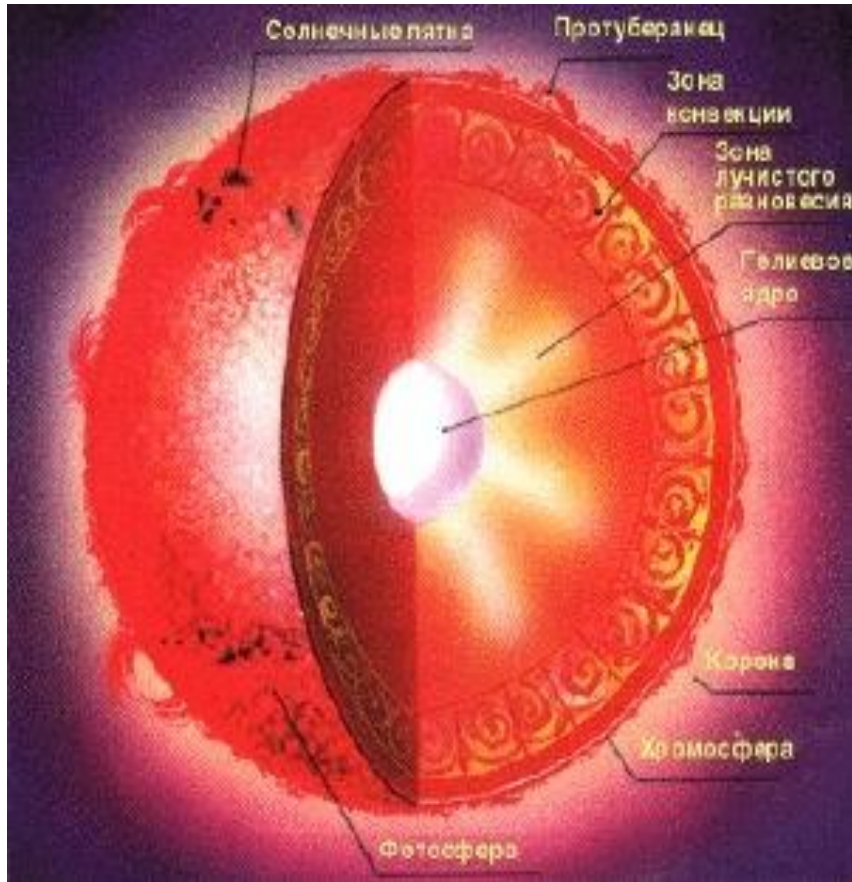
Наступает, когда Луна в своем движении по орбите попадает в конус земной тени, диаметр которого превышает диаметр Луны более, чем в 2,5 раза. Лунное затмение наблюдается одновременно со всего ночного полушария Земли и происходит в полнолуние, если оно совпадает с прохождением Луны вблизи плоскости земной орбиты. Полное лунное затмение, когда Луна полностью погружена в земную тень, может длиться до двух часов.

# Лунное затмение

- Если в тени окажется только часть Луны, затмение называется частным. Даже во время полного затмения Луна полностью не исчезает, а становится буро-красной из-за преломленного и рассеянного земной атмосферой света, попавшего в область тени (сильнее преломляются красные лучи). Бывают годы, когда лунных затмений не случается вообще. Максимальное число лунных затмений в году—3.

# Энергия Солнца и звезд

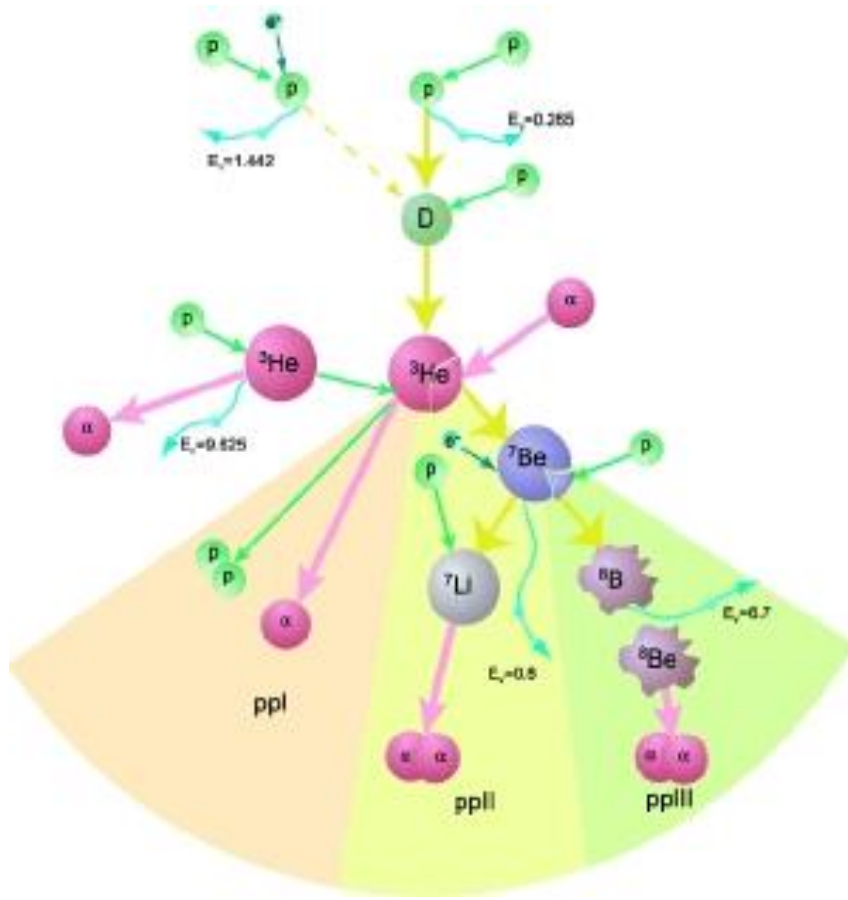
# Строение Солнца



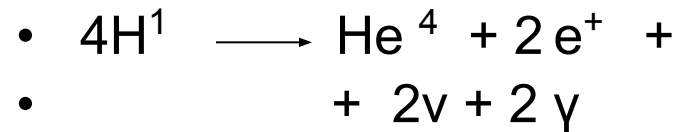
- Корона (транзиенты)
- Хромосфера (протуберанцы, вспышки)
- Фотосфера (пятна)
- Конвективная зона
- Зона лучистого переноса
- Ядро (Т-10 млн.К, Р-15 млрд.атм.)



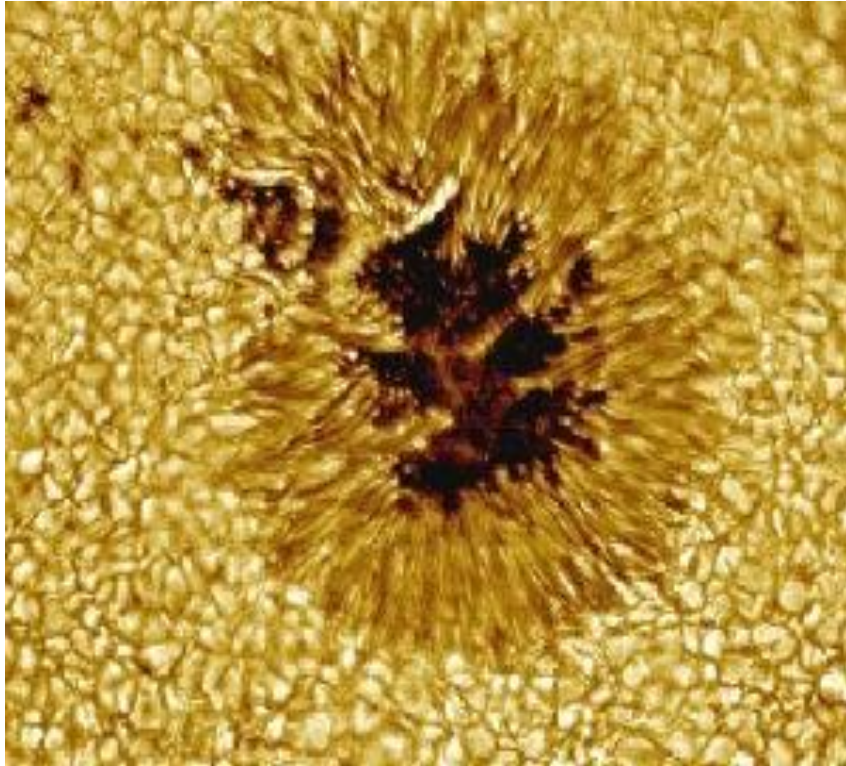
# Ядерные реакции



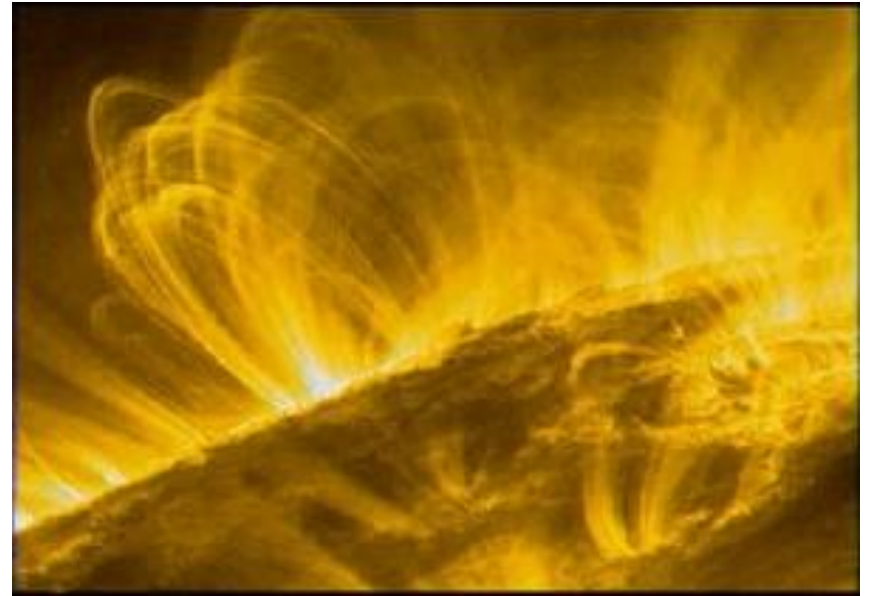
- Энергия Солнца вырабатывается в его центральной зоне—**ядре**—за счет ядерной реакции, при которой четыре ядра атома водорода превращаются в ядро атома гелия. В ходе реакции выделяются также позитроны ( $e^+$ ), нейтрино ( $\nu$ ) и гамма - излучение ( $\gamma$ ).



# Пятна



# Протуберанцы



# Первый закон Кеплера.

- Все планеты обращаются вокруг Солнца по эллипсам, в общем фокусе которых находится Солнце.
- Эксцентриситетом эллипса  $e$  называется отношение  $OF/OA$ . Позднее Ньютон уточнил первый закон Кеплера, показав, что орбитой небесного тела в центральном поле тяготения может быть также окружность, парабола, гипербола.

# Второй закон Кеплера

Радиус–вектор планеты (FK) за равные промежутки времени описывает равные площади (так,  $S_1 = S_2$ ). Из этого следует неравномерность движения планеты по орбите. Чем ближе она к Солнцу, тем больше линейная скорость ее движения (так,  $V_1 > V_2$ ). Скорость планеты максимальна в перигелии орбиты.

# Третий закон Кеплера

- Отношение квадратов сидерических периодов обращения планет (относительно звезд) равно отношению кубов больших полуосей их орбит.

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

- 
-

# Уточненный третий закон движения планет

- Ньютон вывел аналогичное соотношение, исходя из теоретических соображений, из закона всемирного тяготения. Здесь  $M_1$  и  $m_1$  – массы небесных тел одной системы,  $M_2$  и  $m_2$  – массы небесных тел другой системы, что позволяет вычислять массы небесных тел по параметрам их движения.

- 

- $T_1^2 (M_1 + m_1) = a_1^3$

- ----- = -----

- $T_2^2 (M_2 + m_2) = a_2^3$

Строение Вселенной

Галактики

# ГАЛАКТИКИ

- Спиральные
- 50%
- Эллиптические
- 25%
- Линзовидные
- 20%
- Неправильные
- 5%



# Наша Галактика в и/к лучах



# Туманность Андромеды



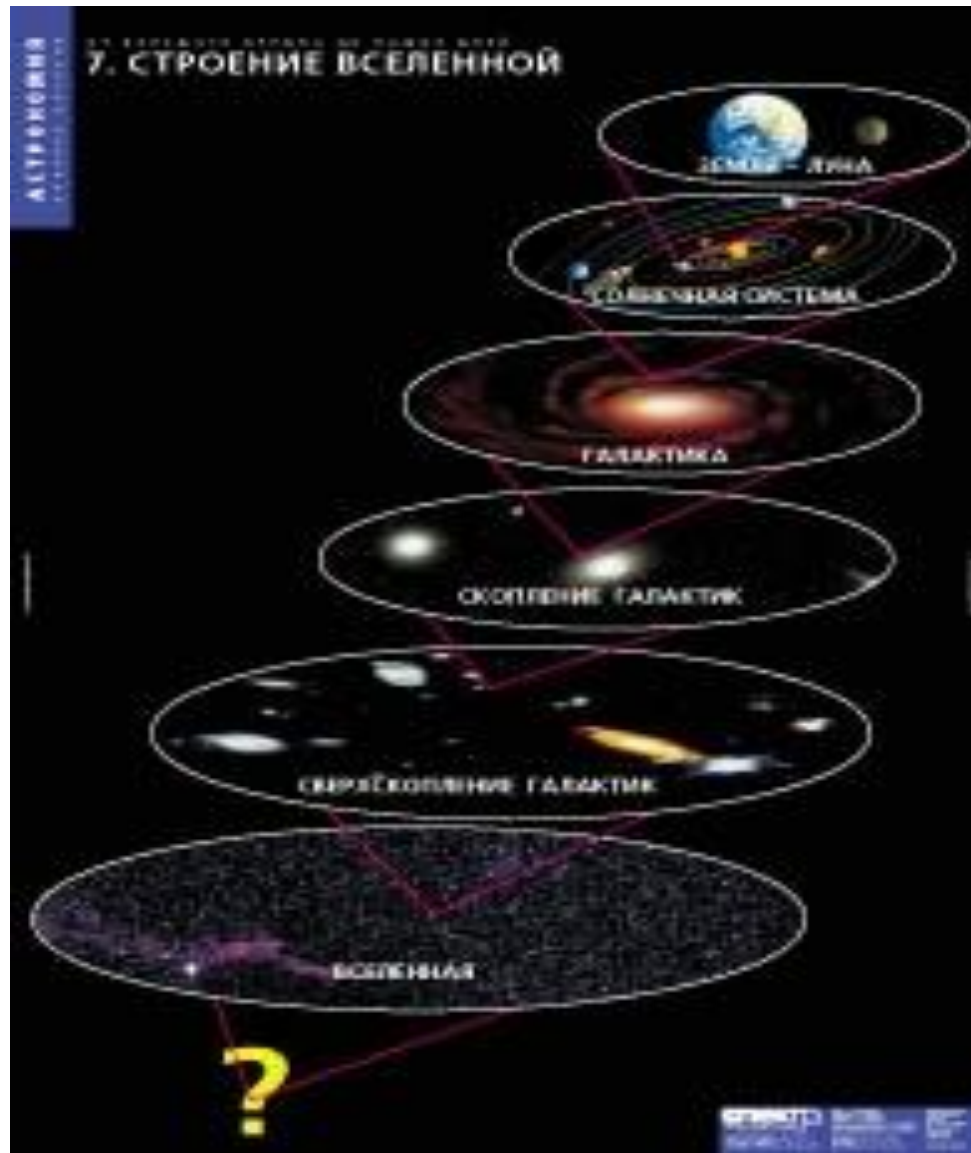
# Сомbrero



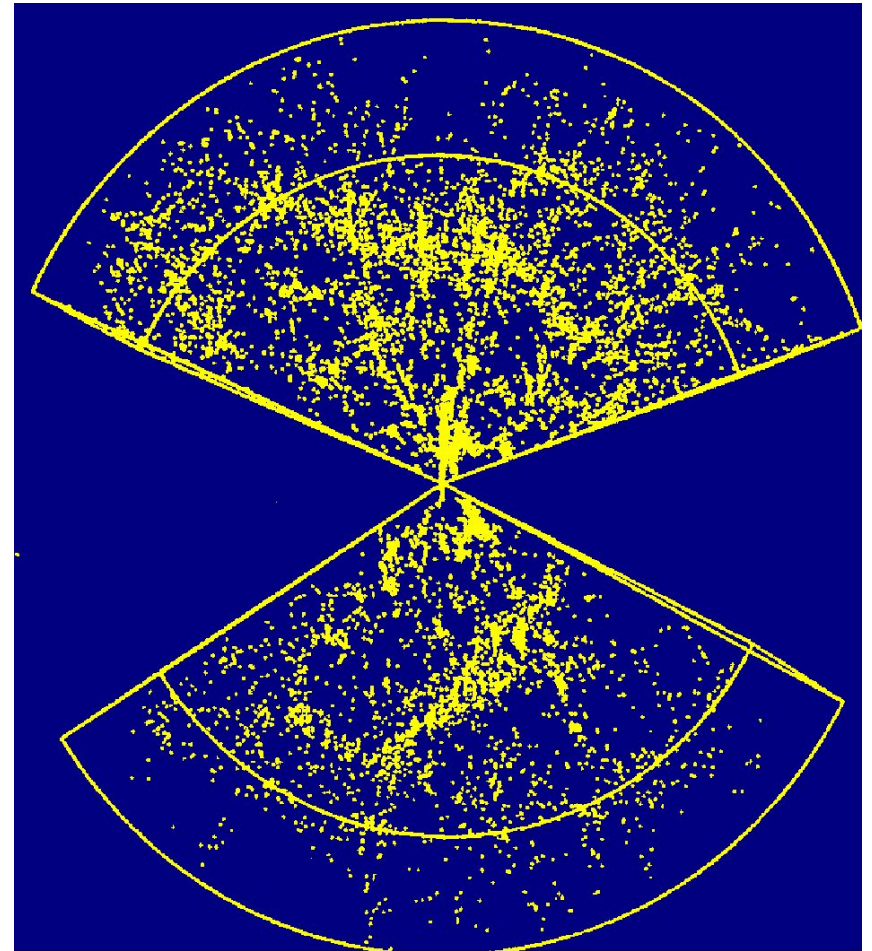
# Магелланово облако    Эллиптическая галактика



# Строение Вселенной



# Скопления галактик



# Эффект Доплера и красное смещение

В 1929 г. американский астроном Эдвин Хаббл, изучая спектры галактик, установил, что линии поглощения существенно смещены по длине волны в красную сторону (в направлении более длинных волн). Этот эффект, названный **красным смещением** в спектрах далеких галактик, объясняется на основании **эффекта Доплера** как следствие удаления галактик друг от друга за счет расширения самой Вселенной.

# Эффект Доплера

- можно описать следующим образом:
- $\lambda_1 - \lambda_0 / \lambda_0 = v/c$ , где  $\lambda_1 - \lambda_0$  – наблюдаемый сдвиг спектральных линий от их стандартного положения  $\lambda_0$ ,  $v$  – лучевая (вдоль луча зрения) скорость движения объекта,  $c$  – скорость света.



# Закон Хаббла:

- $v = H \cdot r$

- Хаббл установил, что скорости удаления далеких галактик ( $v$ ) пропорциональны расстояниям до них ( $r$ ). Коэффициент пропорциональности был назван постоянной Хаббла ( $H$ ). Обычно расстояние измеряют в парсеках (1 пк = 3,26 св.г.), мегапарсеках (Мпк), скорость удаления галактики в км/с, тогда  $H$  составляет примерно 65 км/с · Мпк. Таким образом, Вселенная расширяется.

# Гипотеза большого взрыва -1

- Наблюдаемое расширение Вселенной можно трактовать как следствие первоначального Большого взрыва, произошедшего в начале времени существования нашей Вселенной. Согласно современным данным, произошло это примерно 15 миллиардов лет тому назад.

# Гипотеза большого взрыва -2

- В первые секунды Вселенная была очень горячей ( $10^{12}$  К и выше), наполненной излучением и рождающимися и аннигилирующими элементарными частицами и их античастицами—сначала адронами (протоны, нейтроны, их античастицы и др.) затем лептонами (электроны, позитроны и др.).

# Гипотеза большого взрыва -3

- Через несколько минут в результате остывания и расширения нашей Вселенной в ней остались электроны, ядра атомов водорода, примерно в четыре раза меньше ядер атомов гелия, а также дейтерия и лития в незначительных количествах. Затем Вселенная расширялась и остывала, в ней за счет захвата электронов появились атомы этих легких элементов (эпоха рекомбинации и отделения излучения от вещества при температуре около 4000 К

# Гипотеза большого взрыва -4

- Через миллион лет начинается формирование из-за гравитационной неустойчивости систем галактик, в них родились звезды первого поколения, в состав которых входили в основном водород и гелий. Процессы расширения Вселенной на ранней стадии описываются гипотезой Большого взрыва, более современной инфляционной моделью, теорией струн и др.

# Модели Фрийдмана -1

- Сценарии дальнейшего развития Вселенной как целого изучает космология. Впервые эти сценарии были рассчитаны нашим соотечественником А.А. Фрийдманом в 1922 г. По Фрийдману в случае, если средняя плотность Вселенной больше критического значения  $10^{-29}$  г/см<sup>3</sup>, примерно через 20 миллиардов лет начнется обратный процесс - сближения галактик и схлопывания Вселенной, в этом случае кривизна Вселенной положительна, она замкнута.

# Модели Фрийдмана -2

- Если средняя плотность Вселенной больше критической, то Вселенная имеет отрицательную кривизну, она открыта и ее ожидает бесконечное расширение. И только в случае равенства средней плотности вещества Вселенной критической плотности кривизна ее нулевая, расширение Вселенной через какое-то время замедлится и остановится.

# Реликтовое излучение

- В 1965 году американские радиоастрономы Пензиас и Вильсон обнаружили достаточно равномерно идущее по всем направлениям, не имеющее источника радиоизлучение Вселенной с температурой около 3 К. Это излучение, названное реликтовым, интерпретируется как остывшее в соответствии с закономерностями расширения Вселенной, наполнявшее горячую Вселенную и впоследствии отделившееся от вещества (прекратившее с ним взаимодействовать) излучение ранней Вселенной.



Формирование более тяжелых, чем водород и гелий, химических элементов (вплоть до железа) происходит лишь в недрах звезд.

- Элементы тяжелее железа синтезируются по современным представлениям только при вспышках сверхновых звезд, которые происходят в результате эволюции сверхмассивных звезд. Планетные системы, по-видимому, рождаются вместе с одиночными звездами второго поколения. Возраст нашего Солнца оценивается в 7-10 миллиардов лет, возраст тел Солнечной системы в 5,5 млрд. лет. Солнце—звезда второго поколения.

# Астрономические сайты

- [www.astronet.ru](http://www.astronet.ru)
- [antwrrp.gsfc.nasa.gov/apodd/calendar/allyears.html](http://antwrrp.gsfc.nasa.gov/apodd/calendar/allyears.html) - астро-картинка дня
- [www.starlab.ru](http://www.starlab.ru) - ажнев
- [www.gomulina.org.ru](http://www.gomulina.org.ru) - методический сайт
- [www.college.ru/astronomy](http://www.college.ru/astronomy)