

1. Предмет астрономии, объекты изучения. Основные разделы астрономии.

Астрономия - наука о Вселенной, изучающая движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и их систем.

Объекты изучения: звёзды, планеты, кометы, метеоры, туманности, галактики, материя, находящаяся в межзвёздном пространстве. Изучение происходит в разных диапазонах электромагнитных волн, оптическом, ультрафиолетовом, рентгеновском, и т.д.

По характеру используемой информации выделяются три основных раздела:

- астрометрия,
- небесная механика,
- астрофизика.

АСТРОМЕТРИЯ	<i>положение</i>
НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА	<i>движение</i>
АСТРОФИЗИКА	<i>строение</i>
КОСМОГОНИЯ	<i>происхождение</i>
КОСМОЛОГИЯ	<i>развитие</i>

2. Основные точки и круги на небесной сфере.

Основные точки: Зенит, надир, экватор, эклиптика, север, юг, ось мира, плоскость горизонта

3. Системы координат на небесной сфере. Горизонтальная система координат.

Положение светила на небе однозначно определяется по отношению к основным плоскостям и связанным с ними линиям и точкам небесной сферы и выражается количественно двумя величинами (центральными углами или дугами больших кругов), которые называются *небесными координатами*.

Одной координатой является *зенитное расстояние* z , или *высота* светила над горизонтом h .

Высотой h светила M называется дуга вертикального круга mM от математического горизонта до светила, или центральный угол mOM между плоскостью математического горизонта и направлением на светило M . Высоты отсчитываются в пределах от 0 до 90° к зениту и от 0 до -90° к надиру.

Зенитным расстоянием светила называется дуга вертикального круга ZM от зенита до светила.

$$z + h = 90^\circ$$

Положение самого вертикального круга определяется другой координатой - *азимутом* A . *Азимутом* A светила называется дуга математического горизонта Sm от точки юга S до вертикального круга, проходящего через светило. Азимуты отсчитываются в сторону суточного вращения небесной сферы, т.е. к западу от точки юга, в пределах от 0 до 360° .

4. Первая и вторая экваториальные системы координат.

Первая экваториальная система координат.

Одной координатой является *склонение*. Склонением δ называется дуга mM часового круга $PMmP'$ от небесного экватора до светила. Отсчитываются от 0 до $+90^\circ$ к северному полюсу и от 0 до -90° к южному.

$$p + \delta = 90^\circ.$$

Положение часового круга определяется *часовым углом* t . Часовым углом светила M называется дуга небесного экватора Qm от верхней точки Q небесного экватора до часового круга $PMmP'$, проходящего через светило. Часовые углы отсчитываются в сторону суточного обращения небесной сферы, к западу от Q в пределах от 0 до 360° или от 0 до 24 часов.

Вторая экваториальная система координат. Одной координатой является склонение δ , другой прямое восхождение α . Прямое восхождение α светила M называется дуга небесного экватора Ym от точки весеннего равноденствия Y до часового круга, проходящего через светило. Отсчитываются в сторону противоположную суточному вращению в пределах от 0 до 360° или от 0 до 24 часов.

5. Высота полюса мира над горизонтом, высота светила в меридиане. Условия для восхода и захода светил.

1) Если склонение светила меньше географической широты, то оно кульминирует к югу от зенита на

$$z = \varphi - \delta.$$

или на высоте $h = 90^\circ - \varphi + \delta$.

2) Если склонение светила равно географической широте, то оно кульминирует в зените и $z = 0$, а $h = +90^\circ$.

3) Если склонение светила больше географической широты, то оно кульминирует к северу от зенита на $z = \varphi - \delta$. или на высоте $h = 90^\circ + \varphi - \delta$.

Условия для **восхода** и **заката** светил.

Светило **восходит** и **заходит** на данной широте, если

$$|\delta| < (90^\circ - |\varphi|).$$

Светило будет **незаходящим** или **не восходящим**, если

$$|\delta| > (90^\circ - |\varphi|).$$

Для наблюдателя на земном экваторе все светила **восходящие** и **заходящие**. На полюсах наблюдатели могут созерцать только полусферы.

Явление пересечения светилом небесного меридиана называется кульминацией светила. Если светило пересекает верхнюю часть меридиана - наступает верхняя кульминация, если нижнюю - нижняя кульминация.

6. Зодиак и зодиакальные созвездия. Годовое движение Солнца.

Эклиптика - линия видимого годового движения Солнца. Созвездия, по которым проходит эклиптика, называются зодиакальными.

Зодиакальные созвездия: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы, Змееносец.

Под Зодиаком понимается пояс созвездий, расположенных на пути Солнца, Луны и планет Солнечной системы в их видимом движении по звездному небу. Концепция Зодиака появилась в Месопотамии в результате тысячелетних наблюдений за движением Луны, Венеры среди звезд и за гелиакальным **восходом** (т.е. перед **восходом** Солнца) ярких звезд, стоявших на солнечном пути.

История представлений о Зодиаке в Греции прошла те же три периода, что и в Месопотамии. Первоначально выделялась полоса созвездий, на фоне которых наблюдались Солнце, Луна и планеты. Далее устанавливалась эклиптика, как **большой круг** на небесной сфере и она разделялась на 12 равных частей по 30° каждая (знаки Зодиака). Каждое созвездие, а следовательно, и знак Зодиака, имели символическое изображение, которое могло меняться само с течением времени и менять свое символическое значение.

Самое раннее свидетельство того, что названия всех зодиакальных созвездий уже известны в Греции, связано с именем астронома Евктемона, жившего в Афинах в последней трети V в. до н. э. Описание зодиакальных созвездий содержится в поэме Арата «Явления», написанной на основе трактатов Евдокса Книдского «Зеркало» и «Явления». С этого времени Зодиак как полоса созвездий и эклиптика как 12-ти частный круг на небесной сфере, наделенный соответствующими названиями, широко применяются в античной астрономии.

7. Измерение времени, истинное и среднее солнечное время.

Измерение времени основано на наблюдениях суточного вращения свода и годичного движения Солнца, т.е. на вращении Земли вокруг оси и на обращении Земли вокруг Солнца. Продолжительность основной единицы времени, называемой сутками, зависит от избранной точки на небе. Для измерения длинных промежутков времени служит тропический год, основанный на движении Земли вокруг Солнца.

Тропический год - промежуток времени, между двумя последовательными прохождениями центра истинного Солнца через точку весеннего равноденствия. Содержит 365,2422 средних солнечных суток. Промежуток времени между двумя последовательными кульминациями Солнца (центра солнечного диска) на одном и том же географическом меридиане называется *истинными солнечными сутками*.

Время, протекшее от нижней кульминации Солнца до любого другого его положения, выраженное в долях истинных солнечных суток называется *истинным солнечным временем* T_s .

Истинное солнечное время T_s на данном меридиане в любой момент численно равно часовому углу Солнца $t_s + 12h$.

Истинные солнечные сутки имеют различную продолжительность, так как: 1. Солнце движется не по небесному экватору, а по эклиптике, наклонённой на угол $23^\circ 26'$. 2. Движение Солнца по эклиптике неравномерно.

Среднее эклиптическое Солнце равномерно движется по эклиптике со средней скоростью Солнца.

Среднее экваториальное Солнце равномерно движется по экватору с постоянной скоростью среднего эклиптического Солнца и одновременно с ним проходит точку весеннего равноденствия.

Промежуток времени между двумя последовательными кульминациями среднего экваториального Солнца на одном и том же географическом меридиане называется *средними солнечными сутками*.

Время, протекшее от нижней кульминации среднего экваториального Солнца до любого другого его положения, выраженное в долях средних солнечных суток называется *средним солнечным временем* T_m .

8. Измерение времени, звездное время.

Измерение времени основано на наблюдениях суточного вращения свода и годичного движения Солнца, т.е. на вращении Земли вокруг оси и на обращении Земли вокруг Солнца. Продолжительность основной единицы времени, называемой сутками, зависит от избранной точки на небе. Для измерения длинных промежутков времени служит тропический год, основанный на движении Земли вокруг Солнца.

Из-за медленного движения точки весеннего равноденствия навстречу Солнцу, вызванного прецессией, относительно звёзд Солнце оказывается в той же точке неба через промежуток времени на 20 мин. 24 с. больший, чем тропический год. Он называется *звёздным годом* и содержит 365,2564 средних солнечных суток.

Звёздное время. Промежуток времени между двумя последовательными кульминациями точки весеннего равноденствия на одном и том же географическом меридиане называется *звёздными сутками*.

За начало звёздных суток на данном меридиане принимают момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия.

Время, протекшее от верхней кульминации точки Υ до любого другого её положения, выраженное в долях звёздных суток называется *звёздным временем* s . Угол, на который Земля повернётся от момента верхней кульминации точки весеннего равноденствия до какого-нибудь другого момента, равен часовому углу точки Υ в этот момент.

$$s = t_{\gamma}.$$

Практически для установления начала звёздных суток или зв. времени в какой-то момент надо измерить часовой угол t какого-то светила M , прямое восхождение которого известно. Тогда

$$t = Q_m, \alpha = \Upsilon_m, \text{ а } t_{\gamma} = Q_{\Upsilon} = s = \alpha + t.$$

9. Поясное, всемирное и сезонное время.

Всемирное время. Местное среднее солнечное время гринвичского меридиана называется всемирным или мировым временем T_0 .

Местное среднее солнечное время любого пункта на Земле определяется:

$$m = T_0 + \lambda^h.$$

Поясное время. Местных систем счёта времени бесчисленное множество, как и меридианов. В 1884 году была предложена поясная система счёта среднего времени. Счёт времени ведётся только на 24 основных географических меридианах, расположенных друг от друга по долготе точно через 15 гр., приблизительно посередине каждого часового пояса. За основной меридиан нулевого пояса принят Гринвичский.

Местное среднее солнечное время основного меридиана какого-либо часового пояса называется *поясным временем* T_n .

$$T_m - T_n = \lambda - n^h$$

$$T_n = T_0 + n^h$$

Декретное время. В целях более рационального распределения электроэнергии, идущей на освещение предприятий и жилых домов, в летнее время вводят летнее время. В СССР 16.07.1930г. декретом правительства стрелки часов перевели на 1 час вперёд против поясного времени.

10. Календарь. Принципы его строения и различные виды.

11. Юлианский и Григорианский календари.

12. Определение формы и размеров Земли.

Вследствие возмущающего действия, оказываемого на вращение Земли телами Солнечной системы, ось вращения Земли совершает в пространстве очень сложное движение. Земля имеет форму сфероида, и поэтому различные части сфероида притягиваются Солнцем и Луной неравномерно.

13. Видимое движение планет и его объяснение. Планетные конфигурации. Уравнение синодического движения.

Мы наблюдаем движение планет Солнечной системы с движущейся вокруг Солнца Земли и это приводит к ряду особенностей в их видимых перемещениях на небе. Траектории движения планет проектируются на неподвижные звёзды. Планеты, как и Солнце, движутся только по зодиакальным созвездиям, постоянно пересекая эклиптику, но никогда сильно не удаляются от неё. Планеты движутся прямо, в направлении движения Солнца по эклиптике, потом замедляют свой ход, останавливаются и движутся в противоположном направлении. Через какое-то время направление движения снова меняется. Эти движения называются прямыми и попятными. Древние астрономы называли планеты из-за их сложного движения "блуждающими светилами".

При своём движении по орбитам планеты могут занимать различные положения относительно Солнца и Земли. Эти положения называются конфигурации. Конфигурации различаются для нижних и для верхних планет. Нижними являются планеты, находящиеся ближе к Солнцу, чем Земля, верхними - те, которые дальше.

Для нижних планет выделяют конфигурации: нижнее и верхнее соединение с Солнцем, наибольшая западная и восточная элонгации. Конфигурации для верхних планет несколько иные. Верхние планеты имеют соединение, противостояние (оппозицию), западную и восточную квадратуру.

Получаем для нижних планет
$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_3}$$

Для верхних планет:
$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T}$$

Это уравнения синодического движения.

14. Фазы Луны. Синодический и сидерический месяцы.

Видимое движение Луны сопровождается непрерывным изменением её внешнего вида, характеризуемого фазой Луны. Фаза Луны измеряется отношением площади освещённой части видимого диска ко всей его площади. Угол между направлением с Луны на Солнце и Землю называется *фазовым углом*.

Различают четыре основные фазы Луны, которые постепенно переходят одна в другую: *новолуние*, *первая четверть*, *полнолуние*, *последняя четверть*.

Линия, отделяющая тёмную часть диска Луны от светлой, называется *терминатором*.

Соединение Луны с Солнцем во время новолуния и противостояние во время полнолуния называются *сизигиями*.

Луна обращена к Земле всегда одной и той же стороной, одним и тем же полушарием, так как она вращается вокруг своей оси с тем же периодом (и в том же направлении), с каким она обращается вокруг Земли.

Звёздные сутки на Луне составляют 27,32 земных средних суток.

Ось вращения Луны наклонена к плоскости лунной орбиты на угол $83^{\circ}20'$.

Луна немного поворачивается к земле то одной скрытой стороной, то другой, так что на Земле можно наблюдать 60% её поверхности. Это явление называется *либрации* (качания) Луны.

15. Определение расстояния в пределах Солнечной системы.
Суточный и горизонтальный параллаксы,
астрономическая единица.

16. Методы определения расстояния в астрономии.

Единицы расстояния - парсек и световой год, соотношение между ними.

Самым распространённым методом определения расстояний до звёзд является метод годового параллакса. Он опирается на знание расстояния от Земли до Солнца. Современные радиолокационные данные дают значение а.е. = $149\,597\,870,5 \pm 1,6$ км. Удвоенная астрономическая единица является базисом, находясь на краю которого можно измерить параллактические углы ближайших звёзд, и определить расстояния до них. Расстояния находятся из треугольника, у которого известны одна сторона и два прилежащих угла.

$$D = 1 \text{ а.е.} / \sin p'' = 206\,265 \text{ а.е.} / p''.$$

Расстояние, соответствующее годовому параллаксу в $1''$ называется *парсеком* (пс). $1 \text{ пс} = 206\,265 \text{ а.е.} = 3,086 \cdot 10^{13} \text{ км}$. Если D выражается в парсеках, то $D = 1/p''$.

Расстояние, которое свет проходит за один год, распространяясь со скоростью около $300\,000 \text{ км/с}$, называется световым годом.

$1 \text{ световой год} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ км} = 63198 \text{ а.е.} = 0,3064 \text{ пс}$. $1 \text{ пс} = 3,26 \text{ светового года}$.

Ближайшая к нам [звезда](#) имеет параллакс, равный $0,75''$, т.е. находится на расстоянии $4,3$ светового года, или $1,3 \text{ пс}$.

Расстояния между звёздами очень велики. Межпланетная станция “Пионер-10”, покинувшая пределы Солнечной системы, окажется у одной из самых близких звёзд - звезды Барнарда, находящейся на расстоянии $1,8 \text{ пс}$ в 12490 году.

17. Солнечные и лунные затмения, условия их наступления и видимости.

18. Законы Кеплера.

Законы Кеплера формулируются следующим образом:

1. Все планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце.
2. Радиус - вектор планеты в равные промежутки времени описывает равновеликие площади.
3. Квадраты сидерических периодов обращений планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их эллиптических орбит.

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

где T_1, T_2 - сидерические периоды обращений планет, a_1, a_2 - большие полуоси их орбит. Если большие полуоси орбит выразить в единицах среднего расстояния от Земли до Солнца (в а.е.), а периоды обращений в годах, то для Земли $a = 1$, $T = 1$, и период обращения любой планеты вокруг Солнца равен:

$$T = \sqrt{a^3}$$

Если обобщить законы Кеплера на различные случаи движения небесных тел, получим следующие формулировки:

1. Под действием силы притяжения одно небесное тело движется в поле тяготения другого небесного тела по одному из конических сечений - кругу, эллипсу, параболе или гиперболе.
2. Площадь, описанная радиусом вектором за единицу времени есть величина постоянная.

$$r^2 \frac{\partial \theta}{\partial t} = \text{const.}$$

где r – радиус-вектор, q - полярный угол (истинная аномалия).

$$\frac{T_1^2 (M_1 + m_1)}{T_2^2 (M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

3.

где M_1 и M_2 – массы главных тел, а m_1 и m_2 – массы спутников, a_1 и a_2 – большие полуоси орбит спутников.

19. Задача двух тел.

Задача определения четырёх и более тел (задача n тел), притягивающих друг друга по закону Ньютона, ещё более сложна, чем задача трёх тел и в общем виде до сих пор не решена.

Задача N тел в общем виде формулируется следующим образом: *“В пустом пространстве помещено N свободных материальных точек, которые притягиваются друг к другу по закону Ньютона. Заданы их начальные координаты и начальные скорости. Определить последующее движение этих точек”*.

Решение задачи одного тела даёт 1-й закон Ньютона: “Всякое тело удерживается в своём состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не побуждается приложенными силами изменить это своё состояние”.

Задача двух тел тоже была решена И. Ньютоном и рассмотрена нами выше.

Для исследования движений n тел применяется метод вычисления возмущений, позволяющий найти приближённое решение задачи. Сейчас существует целый ряд методов для приближённого решения задачи, позволяющих для каждой конкретной системы тел с заданными конкретными начальными условиями построить траектории движения с любой нужной для практики точностью для любого ограниченного отрезка времени.

20. Космические скорости. Зависимость формы орбиты спутника от начальной скорости.

21.Открытие новых планет. Понятие о задаче N-тел.

Задача определения четырёх и более тел (задача n тел), притягивающих друг друга по закону Ньютона, ещё более сложна, чем задача трёх тел и в общем виде до сих пор не решена.

Задача N тел в общем виде формулируется следующим образом: *“В пустом пространстве помещено N свободных материальных точек, которые притягиваются друг к другу по закону Ньютона. Заданы их начальные координаты и начальные скорости. Определить последующее движение этих точек”*.

Решение задачи одного тела даёт 1-й закон Ньютона: “Всякое тело удерживается в своём состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не побуждается приложенными силами изменить это своё состояние”.

Задача двух тел тоже была решена И. Ньютоном и рассмотрена нами выше.

Для исследования движений n тел применяется метод вычисления возмущений, позволяющий найти приближённое решение задачи. Сейчас существует целый ряд методов для приближённого решения задачи, позволяющих для каждой конкретной системы тел с заданными конкретными начальными условиями построить траектории движения с любой нужной для практики точностью для любого ограниченного отрезка времени.

22. Методы определения масс небесных тел.

Закон всемирного тяготения Ньютона позволяет измерить одну из важнейших физических характеристик небесного тела - его массу.

Массу можно определить:

а) из измерений силы тяжести на поверхности данного тела (гравиметрический способ), б) по третьему уточнённому закону Кеплера, в) из анализа наблюдаемых возмущений, производимых небесным телом в движениях других небесных тел.

1. Первый способ применяется на Земле.

На основании закона тяготения ускорение g на поверхности Земли: $g = Gm/R^2$, где m - масса Земли, а R - её радиус.

$m = (gR^2)/G$. - g и R измеряются на поверхности Земли. $G = \text{const.}$

С принятыми сейчас значениями g , R , G получается масса Земли:

$$m = 5,976 \cdot 10^{27} \text{ г} = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг.}$$

Зная массу и объём, можно найти среднюю плотность. Она равна $5,5 \text{ г/см}^3$.

2. По третьему закону Кеплера можно определить соотношение между массой планеты и массой Солнца, если у планеты есть хотя бы один спутник и известны его расстояние от планеты и период обращения вокруг неё.

3. По точным определениям видимых положений Солнца в его долготе были обнаружены изменения с месячным периодом, называемые "лунным неравенством". Наличие этого факта в видимом движении Солнца указывает на то, что центр Земли описывает небольшой эллипс в течение месяца вокруг общего центра масс "Земля - Луна", расположенного внутри Земли, на расстоянии 4650 км. от центра Земли.

Положение центра масс Земля-Луна было найдено также из наблюдений малой планеты Эрос в 1930 - 1931 гг.

По возмущениям в движениях искусственных спутников Земли отношение масс Луны и Земли получилось $1/81,30$.

23. Приливы и отливы.

Прилив — это любая из циклических деформаций одного астрономического тела, вызванная гравитационными силами другого.

Стевин объяснял прилив притяжением Луны, но горб на обратной стороне Земли объяснял существующей там ещё одной притягивающей точкой. Галилей объяснял приливы центробежной силой, отвергая тяготение. *Наиболее верное объяснение явлению приливов и отливов дал Исаак Ньютон, с помощью теории гравитации. Он писал, что Луна оттягивает воду от Земли на одной стороне и оттягивает Землю от воды на другой.*

За промежуток времени между двумя последовательными кульминациями Луны, равный $24^{\text{ч}}52^{\text{м}}$, приливные выступы обойдут вокруг Земли, и в каждом месте будет по два прилива и два отлива. Под действием солнечного притяжения водная оболочка Земли испытывает приливные силы меньше лунных в 2.2 раза. Солнечные приливы отдельно не наблюдаются, они только изменяют величину лунных приливов.

Во время новолуний и полнолуний силы складываются и приливы больше обычных, в квадратуры на лунный прилив приходится солнечный отлив, силы вычитаются и приливы меньше.

В реальности Земля не везде покрыта водой, дно морей и океанов обладает сложным рельефом, приливная волна испытывает большое трение. Момент прилива поэтому не совпадает с моментом кульминации Луны и запаздывает до шести часов. Этот промежуток времени называется *прикладным часом*.

Высота прилива в Чёрном море равна нескольким сантиметрам, в заливе Фанди на Атлантическом побережье Канады - 18 метрам.

Трение приливной волны о твёрдые части Земли вызывает систематическое замедление её вращения.

Приливы и отливы сказываются на изменениях атмосферного давления.

24. Прецессия и нутация земной оси.

1. Ось медленно описывает конус, оставаясь всё время наклонённой к плоскости движения Земли под углом около $66^{\circ},5$. Это движение называется *прецессионным*, период его около 26 000 лет. Оно определяет среднее направление оси в пространстве в различные эпохи.

2. Ось вращения Земли совершает различные мелкие колебания около своего среднего положения, главные из которых имеют период 18.6 года, и называются *нутацией* земной оси. Нутационные колебания возникают, потому что прецессионные силы Солнца и Луны непрерывно меняют свою величину и направление. Они = 0, когда Солнце и Луна находятся в плоскости экватора Земли и достигают максимума при наибольшем удалении от него.

Вследствие прецессии и нутации взаимное расположение полюсов мира и полюсов эклиптики непрерывно изменяется.

3. Притяжение планет мало, чтобы вызывать изменения положений земной оси. Но планеты влияют на положение земной орбиты. Изменения положений плоскости эклиптики под воздействием притяжения планет называется *планетной прецессией*.

Полюс мира, определяемый средним направлением оси вращения Земли, т.е. обладающий только прецессионным движением, называется *средним полюсом мира*.

Истинный полюс мира учитывает и нутационные движения оси.

Средний полюс мира вследствие прецессии за 26 000 лет описывает около полюса эклиптики окружность радиусом $23^{\circ},5$. За один год перемещение среднего полюса мира на небесной сфере составляет около $50'',3$. На такую же величину перемещаются на запад и равноденственные точки, двигаясь навстречу видимому годовому движению Солнца. Это явление

называется *прецессией* или *предварением равноденствий*.

Истинный полюс мира описывает вокруг среднего полюса сложную кривую. Его движение на небесной сфере совершается приблизительно по эллипсу, большая полуось которого равна $18'',4$, а малая $13'',7$. Он совершает один оборот за 18,6 года. Это движение истинного полюса мира вокруг среднего называется *нутацией*.

Прецессия была открыта Гиппархом и объяснена И. Ньютоном.

25. Рельеф, физические характеристики Меркурия.

Меркурий - самая близкая к Солнцу планета. поэтому его очень трудно наблюдать с Земли, он всегда теряется в ярких лучах Солнца. Более всего Меркурий удаляется от Солнца на 280. Период вращения равен 59 земных суток, а период обращения - 88. Вследствие резонанса солнечные сутки на Меркурии равны 176 земных суток.

Поверхность Меркурия похожа на лунную, но почти не имеет морей. Есть участки поверхности, где **кратеры** не наблюдаются. Существуют свойственные только для Меркурия образования - эскарпы или обрывы, разделяющие два ничем не отличающиеся друг от друга участка поверхности. Самый большой **кратер** на Меркурии Бетховен равен 625 км. На Меркурии менее выраженные рельефные формы, чем на Луне, горы меньше. Это вызвано, очевидно, большей силой тяжести (в 2,3 раза).

За долгие ночи температура на Меркурии падает до - 1730С, за солнечные дни поднимается до +4300С. При такой температуре плавятся олово, свинец и цинк.

Диаметр Меркурия измерен радиолокационным методом и равен 4878 км., что в 1,4 раза превышает диаметр Луны. Но масса Меркурия больше лунной в 4,5 раза.

Атмосфера: Обнаружена водородно-гелиевая очень разреженная атмосфера. Атмосфера разреженная из-за низкой силы тяжести на поверхности и невысокой скорости убегания (4,2 км/с).

Давление атмосферы на поверхности на солнечной стороне меньше триллионной доли земного давления. На ночной стороне давление на порядок выше.

Магнитное поле: Сильного магнитного поля на Меркурии не может быть из-за медленного вращения планеты, даже если она и обладает большим жидким ядром.

26. Рельеф, атмосфера и физические условия на Венере.

Венерианский день равен 243 земным и длиннее года, который равен 224,7 дней. Сидерический период обращения Венеры равен 224,7 дня, а синодический - 440 суток.

Венера подходит к Земле на самое близкое расстояние - 42 млн. км., но в это время её наблюдения затруднены из-за того, что она видна в виде узкого серпа и расположена очень близко к Солнцу. По массе и размерам Венера очень близка к Земле.

Планета обладает такой плотной атмосферой, что сквозь неё никогда нельзя увидеть элементы поверхности. Поэтому с давних пор выдвигались разные гипотезы о том, какой должна быть поверхность Венеры. Венерианская поверхность состоит из обширных плоскостей, покрытых потоками лавы и областями нагорий и гор.

85 % поверхности покрыто вулканическими породами. Потоки лавы простираются на сотни километров. Потоки из вулканов создали длинные извилистые каналы, простирающиеся на сотни километров. На поверхности найдены гигантские кальдеры, более 100 км в диаметре. Венерианские вулканы поднимаются на высоту
Температура поверхности Венеры равна $+467^{\circ}\text{C}$.

Давление атмосферы у поверхности равно 90 атм. Оно соответствует давлению на дне земного океана на глубине 90 м.

Спектральные наблюдения с Земли и космических аппаратов позволили определить состав атмосферы Венеры.

Магнитное поле Венеры очень мало. Его напряжённость в 105 раз меньше земного. Поэтому головная ударная волна солнечного ветра находится на расстоянии 1,5 радиуса планеты, в 10 раз ближе, чем от Земли. **Магнитосфера** почти полностью отсутствует.

То, что Венера не имеет большого магнитного поля согласуется с её медленным вращением.

27. Рельеф, атмосфера и физические условия на Марсе.

Спутники Марса.

Марс светит красным светом и поэтому всеми народами, наблюдавшими его, отождествлялся с богом войны. Красный цвет поверхности Марса вызывают красные окислы железа. В условиях низкого атмосферного давления вода закипает при температуре $+2^{\circ}\text{C}$ и в жидком виде существовать не может.

На Марсе существует самый большой перепад высот в Солнечной системе и достигает 27 км. (на Земле - 19 км.). Самый большой марсианский вулкан - гора Олимп возвышается на 21 (24) км. над равнинами. Основание горы имеет диаметр около 500 км. и возвышается на 6 км. Долина (Vallis Marineris) тянется на 4000 км и имеет глубину от 2 до 7 км. Самая низкая температура наблюдается вблизи южного полюса, где может конденсироваться углекислый газ = -139°C .

Атмосфера: Среднее давление атмосферы Марса составляет 6 мбар - 0,6% земного.

Сила тяжести равна 0,38 земной. Масса атмосферного столба над единичной площадкой равна 0,2%.

Синодический период относительно Земли равен 780 суток. Марсианский год равен 687 суткам. Экватор Марса наклонён к плоскости орбиты на угол около 24° . Период обращения Марса вокруг своей оси - 24ч. 37мин. Расстояние до Марса меняется от 55,7 млн. до 101,2 млн. км. из-за большого эксцентриситета орбиты.

Марс имеет два спутника - Фобос и Деймос, которые были открыты в 1877 году Асафом Холлом во время великого противостояния планеты. Спутники имеют сероватый цвет и отражают свет подобно углистым хондритам. Большие оси спутников всегда направлены на Марс.

28. Атмосфера и физические условия на Юпитере. Кольца и спутники Юпитера.

Самое близкое расстояние от Юпитера до Земли - 630 млн. км. Масса Юпитера в 318 раз больше массы Земли. Полный оборот Юпитера вокруг оси - 9^h55^m . На поверхности видны разноцветные полосы, структура которых постоянно трансформируется, но общий характер сохраняется.

Юпитер имеет протяжённую атмосферу. Интересным её объектом является **Большое Красное пятно**. Протяжённость пятна от 15 000 до 50 000 км. Временами оно становится ярче, временами почти пропадает. Пятно постоянно дрейфует в атмосфере планеты. В первые годы после открытия оно было очень ярким, с тех пор яркость постепенно падает.

Температура в атмосфере с высотой быстро падает. От -113°C при давлении 1 атм. до -160°C при давлении 0,03 атм.

На Юпитере отсутствует твёрдая поверхность и какой-то рельеф. Тепло из недр выносится путём вертикальной конвекции, порождающей турбулентные вихри.

Помимо Красного пятна наблюдаются белые овалы, которые представляют собой такие-же возмущения, но появились позже.

Спутники и кольцо Юпитера. “Вояджер-1” в 1979 году открыл у Юпитера кольцо. Внешний край кольца находится у орбиты самого малого 14 спутника, а внутренний - на расстоянии 5500 км от видимой границы облаков. Ширина наиболее яркой части кольца достигает 800 км. Толщина до 1 км. Кольцо Юпитера сильно отличается от кольца Сатурна. Оно состоит из очень маленьких частиц.

Три внутренних спутника Ио, Европа, Ганимед движутся почти в полном резонансе с периодами обращения 1.77, 3.55, 7.16 земных суток, находящимися в соотношении 1:2:4.

Ио. Радиус 1815 км. Европа. Радиус 1569 км. Ганимед. Самый крупный и массивный из всех спутников. Радиус 2631 км.

Каллисто. По размерам это третий спутник в солнечной системе. Радиус 2410 км.

29. Атмосфера и физические условия на Сатурне. Кольца и спутники Сатурна.

Он вращается очень быстро, с периодом чуть больше 10 часов и поэтому заметно сплюснут. Облака на Сатурне заметны менее, чем на Юпитере. Иногда заметны крупномасштабные возмущения.

Температура в верхней части облаков от -178°C до -173°C . Атмосфера состоит в основном из водорода и гелия.

Наибольшую скорость струйные течения воздушных масс имеют на экваторе - 500 м/с.

Сатурн имеет внутренние источники энергии и излучает в 2,5 раза больше энергии, чем получает от Солнца. Внутреннее строение Сатурна такое же как и у Юпитера.

Кольца Сатурна увидел ещё Галилей, но из-за плохого качества своих инструментов, не смог разглядеть их детально и решил, что это какие-то образования, наподобие шаров. Фотографии космического аппарата “Вояджер-1” показали, что кольца состоят из множества концентрических узких колец, общая картина которых напоминает звуковые дорожки на грампластинке. Самые крупные частицы колец имеют размеры от 1 до 15 метров.

Спутники Сатурна. На 2019 г. известно 62. Самыми большими являются Титан, Рея, Япет, Диона, Тефия, Энцелад, Мимас, Гиперон, Феба, Янус. Их диаметры соответственно от 2575 до 110 километров. Остальные по размерам незначительны (от 70 до 12 км).

Мимас (диаметр 197 км) имеет поверхность, сплошь усыпанную **кратерами**. Энцелад (диаметр - 251 км) покрыт льдом. Диона (диаметр 559 км) четвёртый по размеру спутник.

Титан - единственный спутник, обладающий протяжённой атмосферой.

30. Атмосфера и физические условия на Уране и Нептуне.

Кольца и спутники Урана и Нептуна.

Уран имеет экваториальный диаметр 51,800 км и год, равный 84.01 земных года. Масса Урана = 14,5 массы Земли. Среднее расстояние от Солнца 2.87 млрд. Км. Длина дня на Уране - 17 часов 14 мин.

Температура облаков равна -193°C.

Впервые кольца Урана были открыты в 1977 году с борта Койперовской самолётной обсерватории на высоте 12,5 км.

Учёные обнаружили 4 круговых кольца и одно слегка вытянутое. Позже было обнаружено ещё четыре кольца. Сейчас всего известно 10 колец. Они расположены на расстояниях от 41 000 до 52 000 км. от центра Урана.

Кольца имеют разный цвет: белые, зелёно-голубые, светло-коричневые. Скорее всего они состоят из частиц различного химического состава. Семь колец очень узкие (0,5 - 3 км. шириной) и непрозрачные. Одно кольцо имеет ширину 12 км.

Спутники. Две самых больших луны, Титания и Оберон. Сегодня известно всего 27 спутников Урана. Они малы и трудны для наблюдений. Более менее точно известны массы и радиусы лишь пяти самых больших спутников - Миранды, Ариэля, Умбриэля, Титании, Оберона

Миранда - (диаметр - 480 км.) имеет наиболее сложную поверхность из всех известных тел Солнечной системы. Поверхность покрыта **кратерами**, волнистыми холмами, долинами, бороздами, впадинами, хребтами и утёсами.

Планету открыл 23 сентября 1846 Иоганн Галле, на Берлинской Обсерватории. Имеет экваториальный диаметр 49,500 км. Нептун обращается вокруг Солнца с периодом 165 лет. День на Нептуне - 16 часов и 6.7 минут.

Предполагается, что это мощный антициклон в атмосфере планеты. На границе антициклона видны белые облака, высота которых от 50 до 100 км. над основным облачным слоем.

Температура облаков равна -193°C.

В настоящее время известно 14 спутников Нептуна, 6 из них обнаружены Вояджером.

Спутник Нептуна Тритон - один из самых крупных спутников в Солнечной системе. Он значительно больше Луны (радиус 2700 км.).

Спутник Нереида имеет диаметр 340 км. Орбиты этих спутников сильно различаются. Тритон обращается по орбите, наклонённой к экваториальной плоскости Нептуна на 28°. Расстояние до планеты 356 000 км. Нереида движется в прямом направлении, на расстоянии 5 570 000 км.

31. Карликовые планеты Солнечной системы. Плутон и его спутник Харон. Основные характеристики.

Карликовыми планетами считаются объекты, вращающиеся вокруг звезды, имеющие гидростатически равновесную форму (шарообразную), но не расчистившие близлежащее пространство и не являющиеся спутниками больших планет.

До августа 2006 г. Плутон, открытый Клайдом Томбо в 1930 г., считался девятой планетой Солнечной системы. Однако по динамическим и физическим характеристикам он существенно отличался от других планет. В 1978 г. у Плутона был открыт спутник — Харон. Его диаметр составляет 1205 км, чуть больше половины диаметра Плутона.

Стало очевидным, что Плутон — лишь один из наиболее крупных известных до настоящего времени объектов пояса Койпера, причем, по крайней мере, один из объектов пояса (Эрида) является более крупным телом, чем Плутон.

Планеты и карликовые планеты — это два разных класса объектов Солнечной системы.

К карликовым планетам относятся транснептуновые Плутон, Эрида, Макемаке, Хаумеа и Церера, находящаяся между орбитами Марса и Юпитера.

Возможно, за орбитой Нептуна находятся десятки или сотни подобных объектов.

Это указывает на то, что обе планеты состоят в основном из льда. Спектральные наблюдения показали, что на планете есть замёрзший метан.

Харон имеет более голубой цвет, чем Плутон. Значит они имеют различный состав. Температура Плутона около -228°C .

32. Малые тела Солнечной системы. Астероиды.

1 января 1801 года Джузеппе Пиацци из Сицилии увидел слабую “звезду” в созвездии Тельца, которая не была нанесена на звёздных картах. Астроном заметил, что это небесное тело постоянно меняет своё положение. К концу 1801 года было установлено, что объект делает оборот вокруг Солнца за 4,6 года на расстоянии 2,77 а.е. Так был открыт первый астероид. Так как открытые астероиды имели малую яркость, астрономы решили, что они невелики по размерам. Два крупнейших астероида Паллада и Веста имеют диаметр ~500 км. Все крупные астероиды открыты давно. У 230 из них диаметр более 100 км.

Почти все астероиды обращаются между орбит Марса и Юпитера, на расстояниях от 2,2 до 3,6 а.е. от Солнца, поэтому эта область называется поясом астероидов.

Хоть астероидов и много, их общая масса очень мала. Она составляет всего лишь обычный спутник, не дотягивая до малой планеты. Кольцо астероидов испытывает большую возмущающую силу со стороны Юпитера. .

Астероиды состоят из твёрдых каменных пород, в которых иногда содержится значительное количество железа.

Астероиды имеют различную форму. Самым вытянутым является Географос. Он меняет свой блеск в шесть раз. Продольный размер астероида больше поперечного почти в 3 раза. Длина составляет 5 км. и поперечник 2 км. Период вращения равен 5ч13м. Хирон - уникальный объект Солнечной системы. Его орбита лежит между орбитами Сатурна и Урана. Диаметр около 200 км. Возможно, это комета или астероид. Орбита Хирона на протяжении десятков тысяч лет неустойчива, поэтому неизвестно, как он двигался ранее и что с ним будет в будущем.

Веста. Космический телескоп им. Хаббла в 1994 году наблюдал астероид Веста. Получены хорошие снимки с разрешением деталей около 86 км. Диаметр астероида - 525 км.

Ида. Изображение астероида было получено космическим аппаратом “Галилео” на пути к Юпитеру. Размеры около 60x30 км. У астероида есть небольшой спутник Дактил. Его размеры 1,6 на 1.2 км а поверхность полностью испещрена **кратерами**.

33. Малые тела Солнечной системы. Кометы, метеориты и метеоры.

Кометы обладают различными формами и размерами, но их строение в основном схоже. Твёрдая часть кометы, называемая ядром, очень мала - менее 15 км в диаметре. Ядро состоит из частиц пыли и льда, напоминая грязный айсберг. Когда комета приближается к Солнцу, частицы льда испаряются и начинают светиться под действием солнечного света. Вскоре вокруг ядра образуется светящийся газовый шар, называемый комой. Когда комета стремительно приближается к Солнцу, газы “сметаются” в длинный струящийся хвост. В результате действия солнечного ветра и давления излучения, хвост кометы почти всегда направлен от Солнца.

Ежегодно наблюдается около 10 комет. Комету почти невозможно обнаружить, если она находится дальше орбиты Юпитера. Большое количество слабых комет проходит совсем незамеченными из-за их малых размеров.

Метеориты - небольшие твёрдые тела, которые пройдя через земную атмосферу, упали на поверхность Земли. Большинство метеорных тел, которые сталкиваются с Землёй, сгорают в атмосфере, но некоторые из них долетают до поверхности Земли.

Большинство **метеоритов** связаны с астероидами. Они появляются при столкновениях и дроблении более крупных небесных тел.

Время от времени на Землю падают крупные **метеориты**. Это происходит примерно один раз в 100 000 лет.

Метеор – падающая светящаяся «**звезда**». Светящаяся чётточка, возникающая в небе при движении с высокой скоростью метеорной частицы, сгорающей в атмосфере Земли. Метеоры, в отличие от **метеоритов**, возникают из рыхлых тел с малой плотностью, образующихся из комет.

Каждые сутки на Землю падает около 3000 т межпланетного вещества. Большая часть этого вещества находится в виде пылевых частиц, которые слишком малы и легки, чтобы произвести свечение в атмосфере. Эти частицы просто медленно проходят через атмосферу и оседают на Земле.

34. Основные параметры Солнца. Размеры, масса, светимость, средняя плотность, температура.

Солнце - обычная **звезда**, наблюдающаяся с Земли в виде круга, размеры которого немного меняются с течением года из-за изменения расстояния от Земли до Солнца.

На среднем расстоянии от Земли видимый диаметр Солнца составляет 960'', что соответствует линейному радиусу = 696 000 км.

Объём Солнца: $V_{\text{sol}} = 4/3 \pi R_{\text{sol}}^3 = 1,41 \cdot 10^{18} \text{ км}^3 = 1,41 \cdot 10^{27} \text{ м}^3$.

Масса Солнца: $m_{\text{sol}} = 1,99 \cdot 10^{33} \text{ г} = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$.

Средняя плотность вещества: $\rho_{\text{sol}} = m_{\text{sol}} / (4/3 \pi R_{\text{sol}}^3) = 1,41 \text{ г/см}^3$

Ускорение силы тяжести на поверхности Солнца:

$g_{\text{sol}} = f m_{\text{sol}} / R_{\text{sol}}^2 = 2,74 \cdot 10^4 \text{ см/с}^2 = 274 \text{ м/с}^2$.

Температура Солнца: Эффективная температура, определяемая полным потоком излучения = 5770 К. По положению максимума излучения в спектре 6750 К. В радиодиапазоне метровых волн достигает миллиона К.

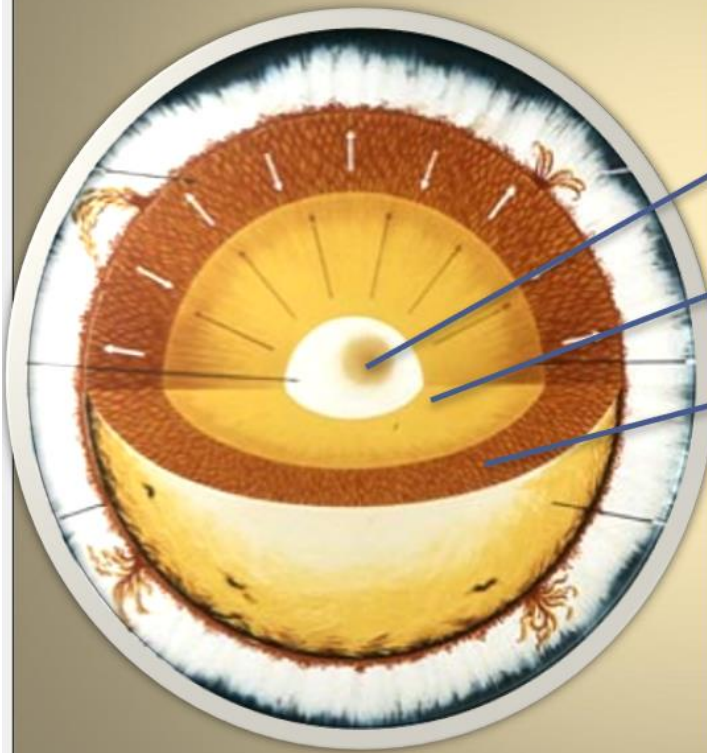
Наблюдения отдельных деталей на солнечном диске, а также измерения смещений спектральных линий в различных его точках говорят о движении солнечного вещества вокруг одного из солнечных диаметров, называемого *осью вращения* Солнца.

Плоскость, проходящая через центр Солнца и перпендикулярная к оси вращения, называется плоскостью солнечного экватора. Она образует с плоскостью эклиптики угол в 7°15' и пересекает поверхность Солнца по экватору. Угол между плоскостью экватора и радиусом, проведённым из центра Солнца в данную точку на его поверхности называется *гелиографической широтой*.

Сидерический период экваториальной области равен 25 суток, вблизи полюсов он достигает 30 суток. Вследствие вращения Земли вокруг Солнца его вращение кажется более замедленным и равно 27 и 32 суток соответственно (синодический период).

35. Модель внутреннего строения Солнца.

Внутреннее строение Солнца



- Зона термоядерных реакций (ядро): $0-0,3 R$
- Зона переноса лучистой энергии: $0,3 - 0,7 R$
- Конвективная зона: $0,7-1 R$

Каждая из этих зон занимает примерно $1/3$ солнечного радиуса

36. Внешние слои солнечной атмосферы: хромосфера и корона. Причины и механизм нагрева хромосферы и короны.

Плотность вещества в фотосфере быстро уменьшается с высотой и внешние слои оказываются сильно разреженными. В наружных слоях фотосферы температура достигает 4500 К, а потом снова начинает расти.

Происходит медленный рост температуры до нескольких десятков тысяч градусов, сопровождающийся ионизацией водорода и гелия. Эта часть атмосферы называется *хромосферой*.

В 1 см³ этих слоёв хромосферы содержится около 10^9 атомов, но температура возрастает до миллиона градусов. Здесь начинается самая внешняя часть атмосферы Солнца, которая называется *солнечной короной*.

Причиной разогрева самых внешних слоёв солнечной атмосферы является энергия акустических волн, возникающих в фотосфере.

Интегральная яркость хромосферы в сотни раз меньше чем яркость фотосферы. Поэтому для наблюдения хромосферы необходимо применение специальных методов, позволяющих выделить слабое её излучение из мощного потока фотосферной радиации.

При изучении фотографий хромосферы видны неоднородности, наиболее мелкие называются *спикулами*. Спикулы имеют продолговатую форму, вытянуты в радиальном направлении. Через спикулы происходит обмен вещества хромосферы с вышележащей короной.

Корона имеет очень малую яркость, поэтому может наблюдаться лишь во время полной фазы солнечных затмений.

Наиболее яркую часть короны, удалённую от лимба не более, чем на 0,2 - 0,3 радиуса Солнца принято называть внутренней короной, а остальную, весьма протяжённую часть - внешней короной.

Излучение короны является рассеянным светом фотосферы. Этот свет сильно поляризован. Такую поляризацию могут вызвать только свободные электроны.

37. Активные образования в атмосфере Солнца: пятна, флоккулы, протуберанцы, вспышки.

В солнечной атмосфере возникают и исчезают меняющиеся образования, резко отличающиеся от окружающих невозмущённых областей.

В фотосфере, хромосфере и короне проявления солнечной активности различны. Однако все они связаны общей причиной. Их вызывает магнитное поле, всегда присутствующее в активных областях.

Факелы. В невозмущённых областях фотосферы имеется лишь общее магнитное поле Солнца, напряжённость которого составляет 1 эрстед. В активных областях напряжённость магнитного поля увеличивается в сотни и даже тысячи раз.

Небольшое увеличение магнитного поля до десятков и сотен эрстед сопровождается появлением в фотосфере более яркой области, называемой факелом. В общей сложности факелы могут занимать значительную долю всей видимой поверхности Солнца.

Пятна. В областях факелов с наибольшим усилением магнитного поля могут возникать солнечные пятна. Пятно появляется в виде маленькой поры. Через день пора развивается в круглое тёмное пятно с резкой границей, диаметр которого увеличивается до размеров в несколько десятков тысяч километров. В центре пятна яркость меньше всего в 10 раз прилегающей областей фотосферы.

Флоккулы. Хромосфера над пятнами и факелами увеличивает свою яркость. Контраст растёт с высотой. Эти яркие пятна называются флоккулами. Повышенная яркость флоккула можно объяснить увеличением плотности вещества в хромосфере в 3-5 раз при неизменном значении температуры.

Хромосферные вспышки. В хромосфере в области между развивающимися пятнами вблизи границы раздела полярности сильных магнитных полей, наблюдаются хромосферные вспышки. В начале вспышки яркость одного из светлых узелков флоккула внезапно возрастает. Вспышка бывает заметна в белом видимом свете на фоне фотосферы. Одновременно с видимым излучением растёт интенсивность ультрафиолетовых и рентгеновских лучей, мощность радиоизлучения.

Протуберанцы. Активные образования, наблюдающиеся в короне. Это более плотные и холодные облака, светящиеся примерно в тех же спектральных линиях, что и хромосфера. Чаще всего это длинные, очень плоские образования, расположенные почти перпендикулярно к поверхности Солнца. В проекции на солнечный диск протуберанцы видны в виде изогнутых волокон. Это наиболее грандиозные образования в солнечной атмосфере. Их длина достигает сотен тысяч километров, а ширина не выше 6000-10000 км.

Активные области в короне. Внешний вид солнечной короны тесно связан с проявлением активности в более низких слоях атмосферы. Над пятнами наблюдаются характерные образования в виде изогнутых лучей, напоминающие кусты, а также уплотнения коронального вещества в виде округлых облаков - корональные конденсации. Над факелами видны целые системы прямолинейных, слегка волнистых лучей. Протуберанцы обычно бывают окружены дугами и шлемами из уплотнённого вещества короны. все эти образования часто переходят в длинные лучи, простирающиеся на много радиусов Солнца.

38. Магнитное поле Солнца. Солнечные ветер и магнитосфера Земли. Цикличность солнечной активности и ее связь с явлениями на Земле.

Магнитное поле переменное - приблизительно каждые 11 лет оно “переворачивается”, т.е. меняет полярность. Силовые линии общего магнитного поля должны быть расположены в меридиальных плоскостях.

Появлению факельных гранул предшествует увеличение напряжённости магнитного поля до 500-700 Гс, появлению поры - до 1000-2000 Гс, пятна - до 5000 Гс.

В солнечной короне наблюдаются полярные лучи, дуговые системы, петлеобразные протуберанцы, корональные выбросы плазмы и т.п. Все эти корональные элементы отличаются не только внешним видом, но температурой и плотностью образующего их вещества. Уплотнения вещества и разнотемпературные области могут долго существовать только благодаря наличию магнитных барьеров.

Корональная плазма сосредоточена внутри магнитных трубок, которые формируются выходящими из фотосферы и хромосферы магнитными полями. Там, где магнитные силовые линии замыкаются, на разных полюсах магнитного поля фотосферных и хромосферных активных образований наблюдаются системы *корональных арок*.

Солнечный ветер, набегающий на атмосферу, образует ударную волну. За фронтом ударной волны расположена переходная область, в которой направленная скорость существенно меньше, но концентрация частиц, температура и напряжённость магнитного поля больше, чем в невозмущённом солнечном ветре.

Вся область околоземного пространства, заполненная заряженными частицами, движущимися в магнитном поле Земли, называется *магнитосферой*.

Сильные магнитные бури происходят при наличии вблизи центра солнечного диска больших групп пятен. Но связаны они с солнечными вспышками, которые появляются во время развития группы пятен. Жёсткое излучение вспышки вызывает в ионосфере резкое увеличение ионизации.

Цикличность солнечной активности и её связь с явлениями на Земле.

Главным возбудителем жизнедеятельности Земли является Солнце. Весь его спектр, начиная от коротких - невидимых, ультрафиолетовых волн и кончая длинными красными, а также все его электронные и ионные потоки.

В зависимость от степени напряжённости солнечной активности поставлены следующие физические явления на Земле:

- напряжённость земного магнетизма, магнитные бури, их частота,
- частота полярных сияний,
- частота появления пёристых облаков,
- частота появления галосов и венцов вокруг Солнца и Луны,
- количество ультрафиолетовой радиации,
- степень ионизации верхних слоёв атмосферы, изменение радиоприёма,
- частота и интенсивность грозовой деятельности,
- количество озона в воздухе,
- температура воздуха у поверхности Земли и воды морей,
- давление воздуха, частота бурь, ураганов, смерчей,
- количество осадков, частота градобитий, число полярных айсбергов,
- колебания климата, возмущения климата,
- землетрясения.

Явления в органическом мире Земли, поставленные в связи с периодической деятельностью Солнца:

- величина урожая кормовых злаков,
- рост древесины,
- время зацветания растений, пышность цветения растений,
- размножаемость и миграция насекомых,
- эпидемии и пандемии.

39. Оптические телескопы и их характеристики.

Изучать далекие небесные объекты можно одним способом — собрав и проанализировав их излучение. Для этой цели и служат телескопы. Телескопы решают две основные задачи:

- собрать от исследуемого объекта как можно больше энергии излучения определенного диапазона электромагнитных волн;
- создать по возможности наиболее резкое изображение объекта, чтобы можно было выделить излучение от отдельных его точек, а также измерять угловые расстояния между ними.

Характеристики:

- Увеличение

$$M = F/f$$

- Проницающая сила

$$m = 5 \lg D(\text{мм}) + 2,1$$

- Поле зрения телескопа

$$W = w/M$$

- Разрешающая способность

$$= 1.22 \lambda / D$$

40. Радиотелескопы. Радиоинтерферометры.

Изучением космических радиоисточников занимается радиоастрономия.

- *Радиотелескопы* состоят из антенного устройства и чувствительной приемной системы. Приемная система или радиометр усиливает принятое антенной радиоизлучение и преобразует его в форму, удобную для дальнейшей обработки.
- Основное назначение *антенного устройства* — собрать максимальное количество энергии, приносимое радиоволнами от объекта.
- Радиотелескопы очень большого размера могут быть построены из отдельных зеркал, фокусирующих принимаемое излучение на один облучатель. Антенна этого телескопа представляет собой замкнутое кольцо диаметром около 600 м, состоящее из 895 плоских зеркал размером $2,1 \times 7,4$ м, образующих сегмент параболоида.

Если радиоизлучение источника будет одновременно восприниматься двумя и более антеннами, расположенными на некотором расстоянии друг от друга и затем эти сигналы будут суммированы, то вследствие интерференции радиосигналов разрешающая возможность телескопов значительно возрастет. Такой инструмент называется *радиоинтерферометр*.

41. Наблюдения в ультрафиолетовом, рентгеновском и гамма-диапазонах.

Ультрафиолетовое излучение регистрируется с помощью фотопластинок со специальной эмульсией, чувствительной к ультрафиолетовым лучам.

- Международный телескоп для наблюдений в ультрафиолетовых лучах работал на орбите с 1978 по 1996 гг. Передал более ста тысяч наблюдений комет, планет, обычных, новых и сверхновых звезд, галактик и квазаров.
- В центре этой планетарной туманности NGC 6302 находится очень горячая звезда (T - ок. 250 тыс. К). Звезда – источник ультрафиолетового излучения, скрыта от прямых наблюдений плотным пылевым тором.

Рентгеновское, гамма- излучение регистрируют с помощью счётчиков, применяемых при изучении космических лучей. Недостатком рентгеновского телескопа является охват большого участка неба, в несколько градусов, и невозможность выделить точечный конкретный источник излучения.

Гамма вспышки остаются неразгаданными современной наукой. Их связывают с коллапсом массивных звезд с последующим образованием черных дыр и с процессами слияния нейтронных звезд.

Преимуществом гамма астрономии по сравнению с астрономией на других спектральных диапазонах является большая проникающая способность гамма квантов.

Локализовать гамма-источник излучения очень трудно. Это удаётся при наблюдении со спутника, если одновременно наблюдают два или три инструмента. В первом случае выделяется полоса, в которой находится источник, во втором — ромб. Чем дальше друг от друга находятся спутники, тем точнее локализация.

42. Формула Погсона (с выводом). Шкалы звездных величин.

Видимая звёздная величина m или блеск является мерой освещённости E , создаваемой источником на перпендикулярной к его лучам поверхности в месте наблюдения.

Сложившееся ещё в древности деление видимых невооружённым глазом звёзд на «звёздные величины» есть отражение общего психофизиологического закона Вебера - Фехнера (чувствительность меняется как логарифм интенсивности раздражителя), определяющего изменение «ощущения» с изменением «раздражения». Связь m и E выражается формулой: $m = a + b \lg E$,

Тогда отношение $E_m/E_{m+1} = 2,512$.

Величина a представляет нуль-пункт шкалы звёздных величин и устанавливается международным соглашением, связанным с выбором фотометрического стандарта. Сначала этим стандартом была звёздная величина Полярной звезды, потом - звёздные величины около 100 звёзд Северного Полярного Ряда.

По отношению к звезде стандарта по формуле $m_2 - m_1 = -2,5 (\lg E_2 - \lg E_1)$ можно определить блеск любого источника.

Блеск звезды связан с её видимой звёздной величиной формулой Погсона. Можем получить эту формулу таким способом. Обозначим через I_n блеск звезды n -й величины.

Было введено ещё Гиппархом, что $I_1/I_2 = I_2/I_3 = I_3/I_4 = \dots = I_{n-1}/I_n = 2,512$.

Перемножая соотношения, находим, что $I_1/I_4 = I_1/I_2 * I_2/I_3 * I_3/I_4 = 2,512^3$.

Эти соотношения могут быть обобщены в следующем виде:

$I_m/I_n = 2,512^{n-m}$. или, так как $\lg 2,512 = 0,4$, то $n-m = 2,5 \lg(I_m/I_n)$

Числа m и n могут быть и дробными, так как звёздные величины не обязательно целые числа.

43. Основные характеристики звезд. Температура, радиусы, светимости.

Звёзды - сферически симметричные газовые (плазменные), раскалённые тела, находящиеся в состоянии теплового и гидростатического равновесия.

Это наиболее распространённые объекты во Вселенной. В них расположено более 98% массы светящегося космического вещества. Остальная часть рассеяна в межзвёздном пространстве.

Невооружённому глазу небо представляется в виде множества светящихся точек. Видимую яркость звезды, а точнее ту освещённость, которую создаёт *звезда* на единице поверхности приёмника, оценивают видимой звёздной величиной.

Видимая звёздная величина не отражает абсолютную характеристику звезды. Она зависит от расстояния, на котором находится *звезда* от наблюдателя. Поэтому вводят такое понятие, как *абсолютная звёздная величина*, под которой понимают ту звёздную величину, которую бы имела *звезда*, будучи удаленной, на расстояние, равное 10 парсекам.

Абсолютная и видимая зв. величины связаны формулой:

$$M = m + 5 - 5 \lg r.$$

Физические характеристики звезды и её жизненный путь определяются массой, которую *звезда* имела в момент рождения, и начальным химическим составом. На величину массы накладываются ограничения физическими процессами, происходящими при сжатии фрагмента молекулярного облака, из которого родилась *звезда*.

Огромное яркое пятно больше чем десять диаметров Земли и имеет температуру на 2 000 К большую чем окружающая поверхность звезды.

Угловые диаметры ближайших звёзд определены с помощью звёздных интерферометров. Принцип работы интерферометра основан на интерференции света звезды, отражённого парой широко расставленных зеркал.

Если для звезды с расстоянием r найден угловой диаметр d'' , то её линейный поперечник может быть легко вычислен по формуле $D = d''r / 206\,265''$.

Радиусы звёзд варьируются в широком диапазоне. Самые большие звёзды - **красные сверхгиганты** с радиусами в 100 - 1000 раз превышающими солнечный. Самые малые звёзды - белые карлики и нейтронные звёзды, радиусы которых в 100 - 10000 раз меньше солнечного.

Поток энергии, излучаемый звездой по всем направлениям, называется *светимостью*.

$$\lg(L_z/L_c) = 0,4 (M_c - M_z),$$

Обычно светимость Солнца принимается равной 1, и светимости звёзд выражаются в единицах светимости Солнца. Тогда:

$$\lg L_z = 0,4 (M_c - M_z),$$

Отношение светимостей самых ярких и самых слабых звёзд достигает около 100 млрд.

Голубые гиганты и **красные сверхгиганты** имеют светимость равную 800 000 солнечной. Красные карлики спектрального класса М имеют светимость 0,0001 солнечной.

44. Спектры и спектральная классификация. Диаграмма Герципрунга-Рэссела. Основные группы звезд на диаграмме «спектр-светимость».

Звёзды имеют непрерывные спектры, на которые накладываются тёмные и яркие спектральные линии. Различия спектров звёзд заключается в количестве и интенсивности наблюдаемых спектральных линий, а также в распределении энергии в непрерывном спектре.

Спектры большинства звёзд удалось расположить в виде последовательности, вдоль которой линии одних химических элементов постепенно ослабевают, а других - усиливаются.

Звёзды, принадлежащие различным спектральным классам, отличаются своими температурами.

В Гарвардской классификации спектральные типы обозначены буквами латинского алфавита

Класс О. большая интенсивность ультрафиолетовой области свидетельствует о высокой температуре. Свет этих звёзд кажется голубоватым. Класс В. Наибольшую интенсивность имеют линии нейтрального гелия. Цвет голубовато - белый. Класс А. Линии водорода достигают наибольшей интенсивности. Цвет белый. Класс F. Линии водорода ослабевают. Цвет желтоватый. типичная **звезда** - Процион. Класс G. Очень интенсивны линии ионизованного кальция. Цвет жёлтый. Класс K. Фиолетовый конец ослаблен, что свидетельствует о сильном уменьшении температуры. Цвет красноватый. Класс M. Линии металлов ослабевают. Цвет красный. Класс L. Цвет темно-красный. Класс T. Интенсивные линии поглощения воды, метана, молекулярного водорода. Цвет коричневый.

В спектрах звёзд WC видны спектральные линии углерода. Температуры фотосфер этих звёзд очень высоки: от 60 000 до 100 000 К.

Помимо Гарвардской классификации была разработана ещё спектральная классификация звёзд по светимостям. Она называется Йеркская классификация или “классификация МКК” по имени разработчиков - Моргана, Кинана и Колльмана.

В этой классификации оставлены спектральные классы Гарвардской классификации, но введено понятие о классе светимости, который определяется по виду и относительной интенсивности некоторых избранных для этой цели спектральных линий. Класс светимости - это характеристика абсолютной звёздной величины.

Ia - яркие сверхгиганты (светимость около 10 000)

Iab - промежуточные сверхгиганты.

Ib - слабые сверхгиганты (светимость 5 000)

II - яркие гиганты.

III - слабые (нормальные) гиганты.

IV - субгиганты.

V - карлики (большинство звёзд главной последовательности).

VI- субкарлики.

VIIa и VIIb - белые карлики.

Вместо абсолютной звёздной величины можно откладывать светимость, а вместо спектральных классов - показатели цвета или эффективную температуру.

Положение каждой звезды на диаграмме определяется её физической природой и стадией эволюции. Поэтому на диаграмме запечатлена вся история рассматриваемой системы звёзд.

Диаграмма позволяет выделить различные группы звёзд, объединённые общими физическими свойствами, и установить зависимость между некоторыми их физическими характеристиками. С помощью диаграммы можно исследовать химический состав и эволюцию звёзд.

Верхняя часть диаграммы соответствует звёздам большой светимости, которые при данном значении температуры отличаются большими размерами. Здесь располагаются гиганты и сверхгиганты. Нижняя часть диаграммы занята звёздами малой светимости. Здесь находятся карлики.

В левой части располагаются горячие звёзды более ранних спектральных классов, а в правой - более холодные звёзды, соответствующие более поздним спектральным классам.

45.Йеркская классификация звезд. Классы светимости. Метод звездных параллаксов.

В Гарвардской классификации спектральные типы обозначены буквами латинского алфавита

Класс О. большая интенсивность ультрафиолетовой области свидетельствует о высокой температуре. Свет этих звёзд кажется голубоватым. Класс В. Наибольшую интенсивность имеют линии нейтрального гелия. Цвет голубовато - белый. Класс А. Линии водорода достигают наибольшей интенсивности. Цвет белый. Класс F. Линии водорода ослабевают. Цвет желтоватый. типичная **звезда** - Процион. Класс G. Очень интенсивны линии ионизованного кальция. Цвет жёлтый. Класс К. Фиолетовый конец ослаблен, что свидетельствует о сильном уменьшении температуры. Цвет красноватый. Класс М. Линии металлов ослабевают. Цвет красный. Класс L. Цвет темно-красный. Класс Т. Интенсивные линии поглощения воды, метана, молекулярного водорода. Цвет коричневый.

В спектрах звёзд WC видны спектральные линии углерода. Температуры фотосфер этих звёзд очень высоки: от 60 000 до 100 000 К.

Помимо Гарвардской классификации была разработана ещё спектральная классификация звёзд по светимостям. Она называется Йеркская классификация или “классификация МКК” по имени разработчиков - Моргана, Кинана и Колльмана.

В этой классификации оставлены спектральные классы Гарвардской классификации, но введено понятие о классе светимости, который определяется по виду и относительной интенсивности некоторых избранных для этой цели спектральных линий. Класс светимости - это характеристика абсолютной звёздной величины.

Ia - яркие сверхгиганты (светимость около 10 000)

Iab - промежуточные сверхгиганты.

Ib - слабые сверхгиганты (светимость 5 000)

II - яркие гиганты.

III - слабые (нормальные) гиганты.

IV - субгиганты.

V - карлики (большинство звёзд главной последовательности).

VI- субкарлики.

VIIa и VIIb - белые карлики.

Принадлежность звезды к данному классу светимости устанавливается на основании специальных дополнительных признаков спектральной классификации. Сверхгиганты обладают узкими и глубокими линиями, а белые карлики - очень широкими линиями.

Определение класса светимости может служить основой для спектроскопического определения абсолютных звёздных величин и расстояний.

Метод определения расстояний, основанный на эмпирической зависимости светимости звёзд от отношения интенсивностей определённых линий в спектре, называется методом спектральных параллаксов.

Спектральные параллаксы могут быть определены для очень удалённых объектов, если изучены их спектры.

Определив таким образом абсолютную звёздную величину и измерив визуальную, можем найти расстояние до звезды по формуле:

$$\lg r = (m - M + 5)/5.$$

46. Двойные и кратные звезды. Общая классификация.

47. Двойные и кратные звезды. Спектрально-двойные и астрометрически-двойные.

В спектрах некоторых звёзд наблюдаются периодическое раздвоение или колебание положения спектральных линий. Если эти звёзды являются затменными переменными, то колебания линий происходят с тем же периодом, что и изменение блеска. При этом в моменты соединений, когда обе звезды движутся перпендикулярно лучу зрения, отклонение спектральных линий от среднего положения равно 0. Зависимость от времени лучевой скорости, определённой по смещениям линий, называется *кривой лучевых скоростей*.

Орбиты двойных звёзд и метод определения их массы.

Движения компонентов двойных звёзд происходит в соответствии с законами Кеплера, оба компонента описывают в пространстве подобные эллиптические орбиты вокруг общего центра масс. Если одна из звёзд значительно меньше другой, то она движется по эллипсу вокруг массивной звезды. Таким образом, если из наблюдений известна орбита относительного движения, то можно вычислить сумму масс компонентов двойной звезды по формуле:

$$r^3/T^2(M+m) = G/4\pi^2$$

Диаграмма "радиус - масса" и "масса - светимость".

Для каждой последовательности звёзд на диаграмме спектр - светимость можно установить определённое соотношение между спектральным классом и радиусом. Отложим по одной оси абс. болометрическую зв. величину и логарифм зв. температуры по другой. На такой диаграмме положение всех звёзд, имеющих одинаковые радиусы, изобразится прямыми линиями, т.к. зависимость между $\lg L$ и $\lg T$ линейная. Радиусы различных звёзд меняются в больших пределах: от сотен и тысяч радиусов Солнца до тысячной доли радиуса Солнца.

Масса не может быть определена для одиночных звёзд. Поэтому известны лишь немногие массы звёзд, находящихся в двойных системах. Для немногих звёзд обнаружена эмпирическая зависимость между массой и болометрической светимостью.

$$L_{\text{bol}} = M^{3,9}$$

48. Затменно-двойные звезды. Кривые блеска, определение орбит физических характеристик компонентов.

Затменными переменными называются такие неразрешимые в телескопы тесные пары звёзд, видимая зв. величина которых меняется вследствие периодически наступающих для земного наблюдателя затмений одного компонента системы другим. В этом случае звезда с большей светимостью называется главной, а с меньшей - спутником. Вследствие регулярно происходящих затмений главной звезды спутником, а также спутника главной звездой суммарная видимая зв. величина меняется периодически.

По характеру кривой блеска затменной переменной звезды можно найти элементы орбиты одной звезды относительно другой, относительные размеры компонентов, представление об их форме.

На кривой блеска видны два минимума - глубокий, соответствующий затмению главной звезды и слабый, возникающий, когда главная звезда затмевает спутник.

На основании детального изучения кривых блеска можно получить следующие данные о компонентах затменных переменных звёзд:

1. Характер затмений определяется наклоном и размерами звёзд. Когда диск одной звезды полностью перекрывается диском другой, соответствующие области кривой блеска имеют плоские участки, что говорит о постоянстве излучения системы в течение некоторого времени. Если затмения частные - минимумы острые.
2. На основании продолжительности минимумов находят радиусы компонентов выраженные в долях большой полуоси орбиты, так как продолжительность затмения пропорциональна диаметрам звёзд.
3. Если затмение полное, то по отношению глубин минимумов можно найти отношение светимостей, а при известных радиусах - отношение эффективных температур звёзд.
4. Отношение промежутков времени от середины главного минимума до середины вторичного минимума и от вторичного минимума до следующего главного зависят от эксцентриситета орбиты и долготы периастра.
5. Плавное изменение кривой блеска говорит об эллипсоидальности, вызванной приливным воздействием очень близких компонентов двойных звёзд.

49. Переменные звезды. Классификация переменных звезд по характеру изменчивости.

Физические переменные звёзды - это звёзды, которые меняют свою светимость за короткие промежутки времени в результате физических процессов, происходящих в самой звезде.

Все переменные звёзды имеют специальные обозначения, если они не были обозначены раньше буквой греческого алфавита.

Эволюционное превращение звезды в гиганта сопровождается увеличением её объёма и уменьшением средней плотности вещества. В это время происходят коренные изменения внутреннего строения звезды, а оно может сопровождаться нарушением равновесия между силами гравитационного притяжения и лучевого давления. Это приводит к изменчивости звезды.

При увеличении радиуса звезды увеличивается и площадь фотосферы, а также температура, светимость и блеск. Радиальные пульсации фотосферы и атмосферы приводят к изменениям радиуса. В 1784 году Гудрайк открыл изменчивость δ Цефея.

Цефеиды - это пульсирующие гиганты, класса F и G, поэтому могут быть наблюдаемы с больших расстояний. Их периоды заключены от 1,5 до 50 суток. Амплитуды блеска цефеид достигают $1^m,5$.

Видимая звёздная величина плавно и периодически меняется со временем и соответствует изменению светимости звезды в несколько раз. Синхронно с блеском меняются температура фотосферы, показатели цвета и лучевые скорости, а следовательно радиусы фотосферы и атмосферы. Происходит изменение спектра в пределах 1 спектрального класса.

Цефеиды находятся в стадии неустойчивости не вечно. Выведена формула, позволяющая вычислить возраст T цефеиды в зависимости от продолжительности периода:

$$\lg T = - 0,714 \lg P + 2,57.$$

50. Новые и сверхновые звезды.

Это эруптивные старые звёзды особого типа. У *новых* звёзд наблюдается внезапное и резкое увеличение светимости не менее чем на 7-8 звёздных величин.

При вспышке начальный подъём блеска происходит очень быстро, за 2-3 суток. Незадолго до максимума рост светимости несколько замедляется (окончательный подъём). После максимума происходит уменьшение светимости, длящееся годы. Падение блеска на первые три зв. величины плавное. Затем следует переходная стадия, отличающаяся либо плавным уменьшением светимости ещё на три величины, либо колебаниями её. Окончательное падение блеска происходит плавно, и *звезда* приобретает ту светимость, что имела ранее.

Во время вспышки происходит внезапный взрыв, вызванный неустойчивостью, возникающей в звезде. Эта неустойчивость может возникать у некоторых горячих звёзд в результате внутренних процессов, определяющих выделение энергии в звезде, либо вследствие воздействия каких-либо внешних факторов.

Причиной взрыва новой может являться обмен вещества между компонентами тесных двойных систем.

Сверхновые - это звёзды, вспыхивающие подобно новым и достигающие в максимуме абс. зв. величины от -18^m до -21^m . Возрастание светимости происходит в десятки миллионов раз, более чем на 19^m . Общая энергия, излучаемая сверхновой за время вспышки превышает в тысячи раз энергию новых звёзд. Название “сверхновая” было дано в 1934 году американцами Цвикки и Бааде. Фотографически зарегистрировано много вспышек сверхновых в других галактиках. Нередко светимость сверхновых была сравнима с интегральной светимостью всей галактики, в которой произошла вспышка.

51. Пульсары и нейтронные звезды.

Нейтронные звёзды были ещё в 30-х годах нашего столетия предсказаны теоретически. Согласно теории, если первоначальная масса ядра звезды находится в пределах от 1,2 до 2,4 массы Солнца, после исчерпания ядерного горючего. В такой звезде сила гравитационного сжатия противостоит сила взаимодействия нейтронов и протонов. Поэтому она названа нейтронной звездой.

Практически нейтронную звезду обнаружить очень трудно из-за её малого размера. При температуре около 6000K на расстоянии около 10 св. лет звёздная величина будет всего около 30^m.

На радиотелескопе наблюдались очень короткие, длительностью около 50 миллисекунд, импульсы радиоизлучения, повторяющиеся через строго постоянный период времени порядка 1-й секунды. Первоначально предполагали, что это источники искусственного происхождения. Однако, целенаправленные поиски подобных объектов позволили открыть их большое количество. Периоды пульсаров заключены в пределах от 0,002 до 4 с. Изменение периодов пульсаров составляет очень малую величину, меньшую чем 10^{-14} за период.

Малые периоды пульсации связаны с тем, что вращение нейтронной звезды очень быстрое, доходит до нескольких десятков оборотов в секунду. Промежуток времени между последовательными импульсами равен периоду вращения нейтронной звезды. Пульсация объясняется наличием неоднородностей, горячих пятен на поверхности нейтронных звёзд.

52. Возникновение и эволюция звезд большой и малой массы. Конечные стадии эволюции звезд. Черные дыры.

53. Звездные скопления: шаровые и рассеянные. Оценка их возраста.

Звёздными скоплениями называются группы динамически связанных между собой звёзд, содержащие большое количество объектов и отличающиеся своим видом и звёздным составом.

По внешнему виду скопления делятся на рассеянные и шаровые. Рассеянные скопления содержат от 20 до 2000 звёзд и легко распадаются на звёзды даже в слабый телескоп, а шаровые могут включать от 10 000 до 1 000 000 звёзд и требуют для своего изучения мощного инструмента.

Рассеянные скопления находятся вблизи полосы Млечного Пути, а шаровые на удалении от 5 до 20 градусов. Рассеянных скоплений всего известно около 800, но вероятное их число несколько десятков тысяч.

Чтобы отделить звёзды, принадлежащие скоплению от звёзд поля, случайно проектирующихся на эту же область неба, можно построить диаграмму спектр - светимость для звёзд скопления. Для рассеянных скоплений на диаграмме хорошо выделяется главная последовательность. Ветвь гигантов почти полностью отсутствует.

Шаровые скопления сильно выделяются благодаря большому количеству компактно расположенных звёзд, образующих сферическую или эллиптическую систему, с сильной концентрацией звёзд к центру.

Диаметры шаровых скоплений составляют около 40 пс. Из-за большой яркости шаровые скопления наблюдаются почти все и их число в Галактике около 100. Шаровые скопления образуют сферическую подсистему и концентрируются к центру Галактики.

54. Диффузная материя в Галактике. Поглощение света. Тёмные и светлые туманности.

На фотографиях звёздного неба, особенно в области Млечного Пути можно заметить сильную неоднородность распределения звёзд, вызванную наличием тёмной непрозрачной материи. Объектами такого типа являются тёмные туманности под названием “Конской Головы” и “Угольного Мешка”. “Угольный Мешок” находится на расстоянии 150 пс и его размеры - 8 пс. На небе занимает область больше 3° . Туманность выглядит чёрным пятном по сравнению с окружающими яркими областями и уменьшая свет примерно в 3 раза. Ослабление света соответствует $1^m, 2$.

Наличие в межзвёздном пространстве вещества, поглощающего свет, подтверждается явлением межзвёздного покраснения света. Оно состоит в том, что спектральный состав излучения многих звёзд, особенно далёких, оказывается не таким, как у звёзд того же спектрального класса. Разница заключается в недостатке излучения в синей части спектра, который приводит к кажущемуся покраснению.

Наиболее сильное поглощение вблизи плоскости Галактики. Особенно велико оно в направлении на центр Галактики и меняется в больших пределах. По мере удаления от плоскости Млечного Пути общая величина межзвёздного поглощения быстро падает за счёт уменьшения толщины поглощающего слоя, расположенного на луче зрения.

В некоторых случаях удаётся увидеть часть пылевой туманности, освещённую какой-либо яркой звездой, находящейся недалеко. Поперечник освещённой области обычно не более 1 пс. Часто в таких туманностях наблюдаются изогнутые волокна, т.е. вещество распределено неравномерно. Спектры туманности и освещающей звезды очень похожи. Свечение вызывается пылинками, отражающими излучение звезды. Эти туманности называются отражающими. Множество таких облаков (по 8-10 на 1000 пс) часто встречается в спиральных рукавах Галактики вместе с газовыми туманностями, образуя газово-пылевые комплексы размерами в десятки и сотни пс.

55. Собственное движение и лучевые скорости звезд. Пекулярные скорости звезд и Солнца в Галактике. Вращение Галактики.

Собственные движения различны у разных звёзд по величине и направлению. Только несколько десятков звёзд имеют собственные движения больше $1''$ в год. За большие промежутки времени, равные десяткам тысяч лет, рисунки созвездий сильно меняются.

Собственное движение звезды происходит по дуге большого круга с постоянной скоростью. Прямое восхождение изменяется на величину m_a , называемую собственным движением по прямому восхождению, а склонение - на величину m_d , называемую собственным движением по склонению.

Если известно собственное движение звезды за год и расстояние до неё r в парсеках, то нетрудно вычислить проекцию пространственной скорости звезды на картинную плоскость.

Самыми быстрыми звёздами являются переменные типа RR Лиры. Их средняя скорость относительно Солнца равна 130 км/с. Однако, эти звёзды движутся против вращения Галактики, поэтому их скорость оказывается малой ($250 - 130 = 120$ км/с). Очень быстрые звёзды, со скоростями около 350 км/с относительно центра

Знание собственных движений и лучевых скоростей звёзд позволяет судить о движениях звёзд относительно Солнца, которое тоже движется в пространстве. Поэтому наблюдаемые движения звёзд складываются из двух частей, из которых одна является следствием движения Солнца, а другая - индивидуальным движением звезды.

Если какая-то группа звёзд движется с одинаковой скоростью, то находясь на одной из этих звёзд, нельзя обнаружить общее движение. Иначе обстоит дело, если скорость меняется так, как будто группа звёзд движется вокруг общего центра. Тогда скорость более близких к центру звёзд будет меньшей, чем удалённых от центра. Наблюдаемые лучевые скорости далёких звёзд демонстрируют такое движение. Все звёзды вместе с Солнцем движутся перпендикулярно к направлению на центр Галактики. Это

движение является следствием общего вращения Галактики, скорость которого меняется с расстоянием от её центра (дифференциальное вращение).

Вращение Галактики имеет следующие особенности:

1. Оно происходит по часовой стрелке, если смотреть на Галактику со стороны северного её полюса, находящегося в созвездии Волос Вероники.
2. Угловая скорость вращения убывает по мере удаления от центра.
3. Линейная скорость вращения сначала возрастает по мере удаления от центра. Затем примерно на расстоянии Солнца достигает наибольшего значения около 250 км/с, после чего медленно убывает.
4. Солнце и звёзды в его окрестности совершают полный оборот вокруг центра Галактики примерно за 230 млн. лет. Этот промежуток времени называется галактическим годом.

56. Классификация галактик.

Сегодня известно очень много галактик, находящихся от нас на расстоянии от сотен тысяч до миллиардов св. лет. Наблюдение галактик показало, что они очень разнообразны по форме и структуре. По внешнему виду разделяют галактики эллиптические, спиральные, линзовидные и неправильные.

Эллиптические галактики (E) имеют на фотографиях форму эллипсов без резких границ. Яркость плавно увеличивается от периферии к центру. Внутренняя структура обычно отсутствует. Эти галактики построены из красных, жёлтых гигантов, красных и жёлтых карликов, некоторого количества белых звёзд невысокой светимости, т.е. в основном из звёзд II типа населения.

Очевидно, что эллиптические галактики имеют геометрическую форму эллипсоида вращения. Э.Хаббл поставил задачу, не является ли разнообразие наблюдаемых форм следствием различной ориентации одинаково сплюснутых галактик в пространстве. Эта задача была решена математически и получен ответ, что в составе скоплений галактик наиболее часто встречаются галактики с показателем сжатия 4, 5, 6, 7 и почти нет сферических галактик. А вне скоплений встречаются почти только галактики с показателями 1 и 0.

Спиральные галактики (S). В них наблюдается структура в виде спиральных ветвей, которые выходят из центрального ядра. Ветви выделяются на менее ярком фоне из-за того, что содержат наиболее горячие звёзды, молодые скопления, светящиеся газовые туманности.

В галактиках Sa ветви туго закрученные и сравнительно гладкие, слабо развитые. Ядра всегда большие, обычно составляют около половины наблюдаемого размера всей галактики. Галактики этого подкласса наиболее похожи на эллиптические. Обычно наблюдаются две ветви, выходящие из противоположных частей ядра, но редко бывает и больше.

У галактик Sb спиральные ветви заметно развиты, но не имеют разветвлений. Ядра меньше чем у предыдущего класса. У галактик такого типа часто наблюдается много спиральных ветвей.

57. Взаимодействующие галактики. Ядра галактик. Квазары.

В большинстве случаев особенности форм взаимодействующих галактик объясняются возмущающими **приливными** силами, действующими на звёзды галактики со стороны другой. Взаимодействующие галактики сближаются и, часто, сливаются.

У большинства галактик можно выделить яркую центральную часть, называемую ядром.

Ядра большинства галактик содержат эмиссионные линии в спектрах. Особенно распространена длина волны, принадлежащая дважды ионизованному кислороду. Для того, чтобы дважды ионизовать кислород должно быть мощное ультрафиолетовое излучение.

Галактики с активными ядрами составляют несколько % от количества нормальных галактик. Особенно часто встречаются сейфертовские галактики, в центре которых наблюдается яркий источник малого углового размера. Непрерывный спектр его имеет нетепловой характер, т.е. не объясняется излучением горячих тел.

Галактики часто бывают источниками радиоизлучения. Радиогалактики являются одной из разновидностей галактик с активными ядрами. Они обычно относятся к числу массивных эллиптических галактик.

Особый класс объектов представляют собой *квазары*, открытые голландским астрономом М.Шмидтом в 1963 году. Было установлено, что наподобие точечных источников света - звёзд - во вселенной существуют точечные источники радиоизлучения. Эти объекты называли первоначально радиозвёздами, а потом *квазизвёздными объектами*, сокращённо *квазарами*. С развитием радиоастрономии и повышением углового разрешения радиотелескопов, точечные источники радиоизлучения были отождествлены с некоторыми оптическими.

58. Скопления галактик. Метагалактика. Проблема темной материи и оценка ее вклада в общую массу Вселенной.

Большая часть галактик входит в состав скоплений. Сегодня известны тысячи скоплений галактик. Скопления делятся на правильные и неправильные.

Правильные скопления состоят из большого количества галактик (часто более 10^4 членов), обладая сферической симметрией, большой концентрацией к центру. В центре скопления обычно находится одна или две ярчайшие эллиптические галактики, окружённые гало.

Неправильные скопления имеют неправильную форму, в них часто встречаются отдельные сгущения. Состоят эти скопления из галактик всех типов. Они могут иметь много и мало галактик.

Сверхскопления галактик объединяют многочисленные группы и скопления галактик (от двух до двадцати). Размеры сверхскоплений достигают сотен миллионов световых лет. В пределах 1 млрд св. лет находится около 100 сверхскоплений.

В стенках ячеек много галактик, их скоплений, а внутри – пустота (войд). Размеры ячеек около 100 Мпс, толщина стенок 3-4 Мпс. Большие скопления галактик находятся в узлах этой ячеистой структуры. Отдельные фрагменты ячеистой структуры иногда называют сверхскоплениями.

От средней плотности вещества во Вселенной зависит её будущее. Если плотность больше некоторого критического значения, то расширение Вселенной сменится сжатием. Если меньше, то расширение будет происходить бесконечно.

Значение критической плотности легко вычислить. Известно, что вторая космическая скорость для шара массы M записывается следующим образом:

$$v = \sqrt{(2GM/R)}.$$

Находим плотность:

$$\rho = 3H^2/8\pi G.$$

Критическое значение средней плотности во Вселенной зависит от постоянной Хаббла. При значении $H = 75 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$ получаем $\rho = 10^{-29} \text{ г/см}^3$.

Если во Вселенной нет заметных количеств другой материи, усреднённая плотность которой много больше средней галактической плотности, то вселенная будет расширяться.

Однако, есть основания подозревать, что в пространстве между галактиками может быть много трудно наблюдаемых форм материи, получивших название “скрытой массы”.

Одним из поводов для такого подозрения являются результаты измерений масс скоплений галактик. Измерения проводились следующим образом.

59. Красное смещение в спектрах галактик. Закон Хаббла.

В 1929 году Эдвин Хаббл сообщил об открытии фундаментальной закономерности. Он обнаружил, что все линии в спектрах далёких галактик заметно смещены в сторону красного конца спектра. Так как наша Галактика не может иметь никакого преимущественного положения во Вселенной, наблюдаемое разбегание галактик есть выражение взаимного удаления всех галактик друг от друга.

Это явление связано с происходящим увеличением средних расстояний между галактиками, которое называется расширением Вселенной.

Из наблюдений было установлено, что скорость удаления V_r , соответствующая красному смещению

$z = \Delta\lambda/\lambda$, увеличивается в среднем линейно с расстоянием r от галактики:

$$V_r = c \cdot \Delta\lambda/\lambda = H \cdot r.$$

Эта зависимость носит название *закона Хаббла*, а коэффициент пропорциональности H - *постоянной Хаббла*.

Современное значение составляет $67,80 \pm 0,77$ (км/с)/Мпк.

Нужно понимать, что закон $c \cdot \Delta\lambda/\lambda = Hr$ абсолютно верен, так как был многократно проверен наблюдениями. Соотношение же $V_r = Hr$ верно только при допущении, что смещение спектральных линий вызывается эффектом Доплера, чего наблюдениями доказать нельзя. Можно лишь судить о большей или меньшей степени достоверности этого утверждения.

Если бы наблюдаемый мир образовался в результате грандиозного взрыва и галактики формировались из материи, разбросанной взрывом, то те из них, которые зародились в частях материи, получивших в момент взрыва большую скорость, должны были бы к настоящему моменту улететь дальше, в полном согласии с законом Хаббла.

Принятие закона Хаббла должно привести к выводу, что все галактики вылетели одновременно, но с разными скоростями из некоторого сравнительно малого объёма.

- 60. Большой взрыв. Современные представления об эволюции Вселенной.**
- 61. Основные методические особенности проведения занятий по астрономии в школе.**
- 62. Организация астрономических наблюдений в школе. Оборудование астрономической площадки.**