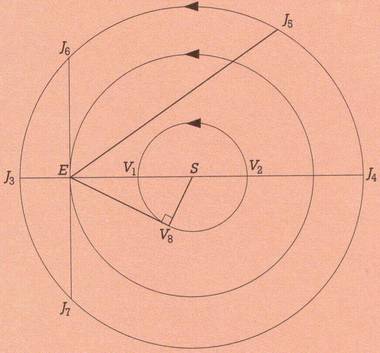
БИЛЕТЫ ПО АСТРОНОМИИ 11 КЛАСС

БИЛЕТ № 1

1. Видимые движения светил, как следствие их собственного движения в пространстве, вращения Земли и ее обращения вокруг Солнца.

Земля совершает сложные движения: вращается вокруг своей оси (Т=24 ч.), движется вокруг Солнца (Т=1 год), вращается вместе с Галактикой (Т= 200 тыс. лет). Отсюда видно, что все наблюдения, совершаемые с Земли, отличаются кажущимися траекториями. Планеты перемещаются по небосводу то с востока на запад (прямое движение), то с запада на восток (попятное движение). Моменты смены направления называются стояниями. Если нанести этот путь на карту, получится петля. Размеры петли тем меньше, чем больше расстояние между планетой и Землей. Планеты делятся на нижние и верхние (нижние – внутри земной орбиты: Меркурий, Венера; верхние: Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон). Все эти планеты обращаются так же, как и Земля вокруг Солнца, но, благодаря движению Земли, можно наблюдать петлеобразное движение планет. Взаимные расположения планет относительно Солнца и Земли называются конфигурациями планет.

**Конфигурации планет**, разл. геометрич. расположения планет по отношению к Солнцу и Земле. Нек-рые положения планет, видимые с Земли и измеряемые относительно Солнца, носят спец. названия. На илл. *V—* внутренняя планета, I— внеш-няя планета, *Е —* Земля, *S —* Солнце. Когда внутр. пла­нета лежит на одной прямой с Солнцем, она находится в **соединении.** К.п. EV1S и *ESV2* называются **нижним и верхним соединением** соответственно. Внеш. плане­та I находится в верхнем соединении, когда она лежит на одной прямой с Солнцем *(*ESI4)и в **противостоя­нии,** когда она лежит в направлении, противоположном Солнцу (I3ES).Угол между направлениями на планету и на Солнце с вершиной на Земле, напр. I5ES, называется элонгацией. Для внутр. планеты макс, элонгация имеет место, когда угол EV8Sравен 90°; для внеш. планеты воз­можна элонгация в пределах от 0° ESI4) до 180° (I3ES).Когда элонгация равна 90°, говорят, что планета нахо­дится в **квадратуре** (I6ES, I7ES).



Период, в течение которого планета совершает оборот вокруг Солнца по орбите, называется сидерическим (звездным) периодом обращения – T, период времени между двумя одинаковыми конфигурациями - синодическим периодом - S.

Планеты движутся вокруг Солнца в одном направлении и совершают полный оборот вокруг Солнца за промежуток времени=сидерическому периоду

для внутренних планет



для внешних планет



S – сидерический период (относительно звёзд), Т – синодический период (между фазами), Т⊕ = 1 год.

Кометы и метеоритные тела движутся по эллиптическим, параболическим и гиперболическим траекториям.

1. Вычисление расстояния до галактики на основе закона Хаббла.

V = H \* R

H = 50 км\сек\*Мпк – Постоянная Хаббла

1 парсек = 3,26 светового года = 206265 а. е. = 3 \* 1011 км.

# БИЛЕТ № 2

1. Принципы определения географических координат по астрономическим наблюдениям.

Существует 2 географические координаты: географическая широта и географическая долгота. Астрономия как практическая наука позволяет находить эти координаты. Высота полюса мира над горизонтом равна географической широте места наблюдения. Приближенно географическую широту можно определить, измерив высоту Полярной звезды, т.к. она отстоит от северного полюса мира примерно на 10. Можно определить широту места наблюдения по высоте светила в верхней кульминации (*Кульминация* – момент прохождения светила через меридиан) по формуле:

ϕ = δ ± (90 – h), в зависимости от того, к югу или к северу она кульминирует от зенита. h – высота светила, δ – склонение, ϕ – широта.

Географическая долгота – это вторая координата, отсчитывается от нулевого Гринвичского меридиана к востоку. Земля разделена на 24 часовых пояса, разница во времени – 1 час. Разница местных времён равна разнице долгот:

Tλ1 – Tλ2 = λ1 – λ2 Т.о., узнав разность времен в двух пунктах, долгота одного из которых известна, можно определить долготу другого пункта.

*Местное время* – это солнечное время в данном месте Земли. В каждой точке местное время различно, поэтому люди живут по поясному времени, т. е. по времени среднего меридиана данного пояса. Линия изменения даты проходит на востоке (Берингов пролив).

1. Вычисление температуры звезды на основе данных о ее светимости и размерах.



L – светимость (Lc = 1)

R – радиус (Rc = 1)

T – Температура (Tc = 6000)

# БИЛЕТ № 3

1. Причины смены фаз Луны. Условия наступления и периодичность солнечных и лунных затмений.

**Фаза**, в астрономии смена фаз происходит из-за периодич. изменения условий освещенности небесных тел по отношению к наблюдателю. Cмена Ф. Лу­ны обусловлена изменением взаимного положения Зем­ли, Луны и Солнца, а также тем, что Луна светит отра­женным от него светом. Когда Луна находится между Солнцем и Землей на прямой, соединяющей их, к Земле обращена неосвещенная часть лунной поверхности, по­этому мы ее не видим. Эта Ф. — **новолуние.** Через 1— 2 суток Луна отходит от этой прямой, и с Земли виден узкий лунный серп. Во время новолуния та часть Луны, к-рая не освещена прямыми солнечными лучами, все же видна на темном небе. Это явление назвали **пепель­ным светом.** Через неделю наступает Ф. — **первая четверть:** освещенная часть Луны составляет полови­ну диска. Затем наступает **полнолуние** — Луна нахо­дится опять на линии, соединяющей Солнце и Землю, но по др. сторону Земли. Виден освещенный полный диск Луны. Затем начинается убывание видимой части и наступает **последняя четверть,** т.е. опять можно наблюдать освещенным половину диска. Полный пери­од смены Ф. Луны называется синодическим месяцем.

**Затмение**, астрономическое явление, при к-ром одно небесное тело полностью или частично закрывает др. или тень одного тела падает на др. Солнечные 3. проис­ходят, когда Земля попадает в тень, отбрасываемую Луной, а лунные — когда Луна попадает в тень Земли. Тень Луны во время солнечного 3. состоит из центральной тени и окружающей ее полутени. При благоприятных ус­ловиях полное лунное 3. может длиться 1 час. 45 мин. Если Луна не полностью входит в тень, то наблюдатель на ночной стороне Земли увидит частное лунное 3. Угловые диаметры Солнца и Луны почти одинаковы, поэтому полное солнечное 3. продолжается всего неск. минут. Когда Луна находится в апогее, ее угловые раз­меры немного меньше, чем Солнца. Солнечное 3. мо­жет произойти, если линия, соединяющая центры Солнца и Луны, пересекает земную поверхность. Диа­метры лунной тени при падении на Землю могут дости­гать неск. сотен километров. Наблюдатель видит, что темный лунный диск не полностью закрыл Солнце, ос­тавив открытым его край в виде яркого кольца. Это т.н. кольцевое солнечное 3. Если же угловые размеры Луны больше, чем Солнца, то наблюдатель в окрестности точки пересечения линии, соединяющей их центры с земной поверхностью, увидит полное солнечное 3. Т.к. Земля вращается вокруг своей оси, Луна — вокруг Зем­ли, а Земля — вокруг Солнца, лунная тень быстро скользит по земной поверхности от точки, где она на нее упала, до др., где ее покинет, и прочерчивает на Земле \*полосу полного или кольцевого 3. Частное 3. можно наблюдать, когда Луна загораживает лишь часть Солнца. Время, длительность и картина солнеч­ного или лунного 3. зависят от геометрии системы Зем­ля—Луна—Солнце. Из-за наклона лунной орбиты от­носительно \*эклиптики солнечные и лунные 3. проис­ходят не в каждое новолуние или полнолуние. Сравне­ние предсказания 3. с наблюдениями позволяет уточ­нить теорию движения Луны. Поскольку геометрия си­стемы почти точно повторяется каждые 18 лет 10 суток, 3. происходят с этим периодом, называемым саросом. Регистрации 3. с древних времен позволяют проверить воздействие приливов на лунную орбиту.

1. Определение координат звезд по звездной карте.

## БИЛЕТ № 4

1. Особенности суточного движения Солнца на различных географических широтах в различное время года.

Рассмотрим годичное перемещение Солнца по небесной сфере. Полный оборот вокруг Солнца Земля совершает за год, за одни сутки Солнце смещается по эклиптике с запада на восток примерно на 1°, а за 3 месяца - на 90°. Однако на данном этапе важно, что с перемещение Солнца по эклиптике сопровождается изменением его склонения в пределах от δ = -e (зимнее солнцестояние) до δ = +e (летнее солнцестояние), где e – угол наклона земной оси. Поэтому в течении года меняется и расположение суточной параллели Солнца. Рассмотрим средние широты северного полушария.

Во время прохождения Солнцем точки весеннего равноденствия (α = 0ч), в конце марта склонение Солнца равно 0°, поэтому в этот день Солнце находится практически на небесном экваторе, восходит на востоке, поднимается в верхней кульминации на высоту h = 90° - φ и заходит на западе. Поскольку небесный экватор делит небесную сферу пополам, то Солнце половину суток находится над горизонтом, половину - под ним, т.е. день равен ночи, что и отражено в названии "равноденствие". В момент равноденствия касательная к эклиптике в месте нахождения Солнца наклонена к экватору на максимальный угол, равный e, поэтому и скорость увеличения склонения Солнца в это время также максимальна.

После весеннего равноденствия склонение Солнца быстро увеличивается, поэтому с каждым днем все большая часть суточной параллели Солнца оказывается над горизонтом. Солнце восходит все раньше, поднимается в верхней кульминации все выше и заходит все позже. Точки восхода и захода каждый день смещаются к северу, а день удлиняется.

Однако угол наклона касательной к эклиптике в месте нахождения Солнца с каждым днем уменьшается, а вместе с ним уменьшается и скорость увеличения склонения. Наконец, в конце июня Солнце достигает самой северной точки эклиптики (α = 6ч, δ = +e ). К этому моменту оно поднимается в верхней кульминации на высоту h = 90° - φ + e, восходит примерно на северо-востоке, заходит на северо-западе, и продолжительность дня достигает максимального значения. Вместе с тем ежедневное увеличение высоты Солнца в верхней кульминации прекращается, и полуденное Солнце как бы "останавливается" в своем движении на север. Отсюда и название "летнее солнцестояние".

После этого склонение Солнца начинает уменьшаться - сначала очень медленно, а затем все быстрее. Восходит оно с каждым дне позже, заходит раньше, точки восхода и захода перемещаются обратно, к югу.

К концу сентября Солнце достигает второй точки пересечения эклиптики с экватором (α = 12ч), и снова наступает равноденствие, теперь уже осеннее. Снова скорость изменения склонения Солнца достигает максимума, и оно быстро смещается к югу. Ночь становится длиннее дня, и с каждым днем высота Солнце в верхней кульминации уменьшается.

К концу декабря Солнце достигает самой южной точки эклиптики (α = 18ч) и его движение на юг прекращается, оно снова "останавливается". Это зимнее солнцестояние. Солнце восходит почти на юго-востоке, заходит на юго-западе, а в полдень поднимается на юге на высоту h = 90° - φ - e.

А после все начинается сначала - склонение Солнца увеличивается, высота в верхней кульминации растет, день удлиняется, точки восхода и захода смещаются к северу.

Из-за рассеивания света земной атмосферой небо продолжает оставаться светлым и некоторое время после захода Солнца. Этот период называется сумерками. По глубине погружения Солнца под горизонт различаются сумерки гражданские (-8°<h<0°), когда еще совсем светло, навигационные (h>-12°) и астрономические (h>-18°), по окончании которых яркость ночного неба остается примерно постоянной.

Летом, при d = +e, высота Солнца в нижней кульминации равна h = φ + e - 90°. Поэтому севернее широты ~ 48°.5 в летнее солнцестояние Солнце в нижней кульминации погружается под горизонт меньше, чем на 18°, и летние ночи становятся светлыми из-за астрономических сумерек. Аналогично при φ > 54°.5 в летнее солнцестояние высота Солнца h > -12° - всю ночь длятся навигационные сумерки (в эту зону попадает Москва, где не темнеет по три месяца в году - с начала мая до начала августа). Еще севернее, при φ > 58°.5, летом уже не прекращаются гражданские сумерки (здесь расположен Петербург с его знаменитыми "белыми ночами").

Наконец, на широте φ = 90° - e суточная параллель Солнца во время солнцестояний коснется горизонта. Эта широта - северный полярный круг. Еще севернее Солнце на некоторое время летом не заходит за горизонт - наступает полярный день, а зимой - не восходит - полярная ночь.

А теперь рассмотрим более южные широты. Как уже говорилось, южнее широты φ = 90° - e - 18° ночи всегда темные. При дальнейшем движении на юг Солнце в любое время года поднимается все выше и выше, а различие между частями его суточной параллели, находящимися над и под горизонтом, уменьшается. Соответственно, и продолжительность дня и ночи даже во время солнцестояний различаются все меньше и меньше. Наконец, на широте j = e суточная параллель Солнца для летнего солнцестояния пройдет через зенит. Эта широта называется северным тропиком, в момент летнего солнцестояния в одной из точек на этой широте Солнце бывает точно в зените. Наконец, на экваторе суточные параллели Солнца всегда делятся горизонтом на две равные части, то есть день там всегда равен ночи, а Солнце бывает в зените во время равноденствий.

К югу от экватора все будет аналогично вышеописанному, только большую часть года (а южнее южного тропика - всегда) верхняя кульминация Солнца будет происходить к северу от зенита.

1. Наведение на заданный объект и фокусирование телескопа*.*

## БИЛЕТ № 5

1. Принцип работы и назначение телескопа.

**Телескоп**, астрономический прибор для наблюде­ния небесных светил. Хорошо сконструированный телескоп способен собирать электромагнитное излучение в различных диапазо­нах спектра. В астрономии оптический телескоп предназначен для увеличения изображения и сбора света от слабых ис­точников, особенно невидимых невооруженным глазом, т.к. по сравнению с ним способен собирать больше света и обеспечивать высокое угловое разрешение, поэтому в увеличенном изображении можно видеть больше дета­лей. В телескопе-рефракторе в качестве объектива ис­пользуется большая линза, собирающая и фокусирую­щая свет, а изображение рассматривается с помощью окуляра, состоящего из одной или нескольких линз. Основной проблемой при конструировании телескопов-рефракторов является хроматическая аберрация (цветная кайма вокруг изображения, создаваемого про­стой линзой вследствие того, что свет различных длин волн фокусируется на разных расстояниях.). Её можно устранить, используя комбинацию выпуклой и вогну­той линз, однако линзы больше некоторого предельного размера (около 1 метра в диаметре) изготовить невозможно. Поэтому в настоящее время предпочтение отдаются телескопам-рефлекторам, в которых в качестве объектива используется зеркало. Первый телескоп-рефлектор изобрел Ньютон по своей схеме, называемой **сис­темой Ньютона.** Сейчас существует несколько методов наблюдения изображения: системы Ньютона, Кассегрена (положение фокуса удобно для регистрации и анализа света с помощью других приборов, таких, как фотометр или спектрометр), куде (схема очень удобна, когда для анализа света требуется громоздкое оборудование), Максутова (т.н. менисковая), Шмидта (приме­няется, когда необходимо сделать масштабные обзоры неба).

Наряду с оптическими телескопами имеются телескопы, собирающие электромагнитное излучение в других диапазонах. Например, широко распространены различные типы радиотелескопов (с параболическим зеркалом: неподвижные и полноповоротные; типа РАТАН-600; синфазные; радиоинтерферометры). Имеются также телескопы для регистрации рентгеновского и гамма-излучения. Поскольку последнее поглоща­ется земной атмосферой, рентгеновские телескопы обычно уста­навливаются на спутниках или воздушных зондах. Гамма-ас­трономия использует телескопы, располагаемые на спутниках.

1. Вычисление периода обращения планеты на основе третьего закона Кеплера.



Тз = 1год

аз = 1 астрономическая единица

1 парсек = 3,26 светового года = 206265 а. е. = 3 \* 1011 км.

## БИЛЕТ № 6

1. Способы определения расстояний до тел Солнечной системы и их размеров.

Сперва определяется расстояние до какой-нибудь доступной точки. Это расстояние называется базисом. Угол, под которым из недоступного места виден базис, называют **параллаксом**. Горизонтальным параллаксом называют угол, под которым с планеты виден радиус Земли, перпендикулярный лучу зрения.

p″ – параллакс, ρ″ – угловой радиус, R – радиус Земли, r – радиус светила.



**Радиолокационный метод.** Он заключается в том, что на небесное тело посылают мощный кратковременный им­пульс, а затем принимают отраженный сигнал. Скорость распространения радиоволн равна скорости света в вакууме: известна. Поэтому если точно измерить время, которое потребовалось сигналу, чтобы дойти до небесного тела и возвратиться обратно, то легко вычислить искомое расстояние.

Радиолокационные наблюдения позволяют с большой точностью определять расстояния до небесных тел Солнечной системы. Этим методом уточнены расстояния до Луны, Венеры, Меркурия, Марса, Юпитера.

**Лазерная локация Луны.** Вскоре после изобретения мощных источников светового излучения — оптических квантовых генераторов (лазеров) — стали проводиться опыты по лазерной локации Луны. Метод лазерной локации анало­гичен радиолокации, однако точность измерения значи­тельно выше. Оптическая локация дает возможность опреде­лить расстояние между выбранными точками лунной и зем­ной поверхности с точностью до сантиметров.

Для определения размеров Земли определяют расстояние между двумя пунктами, расположенными на одном меридиане, затем длину дуги *l,* соответствующей 1° -*n.*



Для определения размеров тел Солнечной системы можно измерить угол, под которым они видны земному наблюдателю – угловой радиус светила ρ и расстояние до светила D.

R=D sin ρ.

Учитывая p0 – горизонтальный параллакс светила и, что углы p0 и ρ малы,



1. Определение светимости звезды на основе данных о ее размерах и температуре.



L – светимость (Lc = 1)

R – радиус (Rc = 1)

T – Температура (Tc = 6000)

## БИЛЕТ № 7

1. Возможности спектрального анализа и внеатмосферных наблюдений для изучения природы небесных тел.

Разложение электромагнитного излучения по длинам волн с целью их изучения называется спектроскопией. Анализ спектров – основной метод изучения астрономических объектов, применяемый в астрофизике. Изучение спектров дает информацию о температуре, скорости, давлении, химическом составе и о других важнейших свойствах астрономических объектов. По спектру поглощения (точнее, по наличию определенных линий в спектре) можно судить о химическом составе атмосферы звезды. По интенсивности спектра можно определить температуру звёзд и других тел:

λmaxT = b, b – постоянная Вина. Многое о звезде можно узнать при помощи эффекта Допплера. В 1842 году он установил, что длина волны λ, принятая наблюдателем, связана с длиной волны источника излучения соотношением: ,где V– проекция скорости источника на луч зрения. Открытый им закон получил название закона Доплера: . Смещение линий в спектре звезды относительно спектра сравнения в красную сторону говорит о том, что звезда удаляется от нас, смещение в фиолетовую сторону спектра – что звезда приближается к нам. Если линии в спектре периодически изменяются, то звезда имеет спутник и они обращаются вокруг общего центра масс. Эффект Доплера также дает возможность оценить скорость вращения звезд. Даже когда излучающий газ не имеет относительного движения, спектральные линии, излучаемые отдельными атомами, будут смещаться относительно лабораторного значения из-за беспорядочного теплового движения. Для общей массы газа это будет выражаться в уширении спектральных линий. При этом квадрат доплеровской ширины спектральной линии пропорционален температуре. Таким образом, по ширине спектральной линии можно судить о температуре излучающего газа. В 1896 году нидерландским физиком Зееманом был открыт эффект расщепления линий спектра в сильном магнитном поле. С помощью этого эффекта теперь стало возможно «измерять» космические магнитные поля. Похожий эффект (он называется эффектом Штарка) наблюдается в электрическом поле. Он проявляется, когда в звезде кратковременно возникает сильное электрическое поле.



Земная атмосфера задерживает часть идущего из космоса излучения. Видимый свет, проходя через нее, тоже искажается: движение воздуха размывает изображение небесных тел, и звезды мерцают, хотя на самом деле их яркость неизменна. Поэтому с середины XX века астрономы начали вести наблюдения из космоса. Вне атмосферные телескопы собирают и анализируют рентгеновское, ультрафиолетовое, инфракрасное и гамма излучения. Первые три можно изучать лишь вне атмосферы, последнее же частично достигает поверхности Земли, но смешивается с ИК самой планеты. Поэтому предпочтительней выносить инфракрасные телескопы в космос. Рентгеновское излучение выявляет во Вселенной области, где особенно бурно выделяется энергия (например черные дыры), а также невидимые в других лучах объекты, например пульсары. Инфракрасные телескопы позволяют исследовать тепловые источники, скрытые для оптики, в большом диапазоне температур. Гамма-астрономия позволяет обнаружить источники электрон-позитронной аннигиляции, т.е. источники больших энергий.

1. Определение по звездной карте склонение Солнца на данный день и вычисление его высоты в полдень.

H = 900 - +



= 560



h – высота светила

## БИЛЕТ № 8

1. Важнейшие направления и задачи исследования и освоения космического пространства.

Основные проблемы современной астрономии:

Нет решения многих частных проблем космогонии:

* + Как сформировалась Луна, как образовались кольца вокруг планет-гигантов, почему Венера вращается очень медленно и в обратном направлении;

В звездной астрономии:

* + Нет детальной модели Солнца, способной точно объяснить все его наблюдаемые свойства (в частности, поток нейтрино из ядра).
  + Нет детальной физической тео­рии некоторых проявлений звёздной активности. Например, не до конца ясны причины взрыва сверхновых звёзд; не совсем понятно, почему из окрестностей некоторых звёзд вы­брасываются узкие струи газа. Однако особенно загадочны короткие вспыш­ки гамма-излучения, регулярно проис­ходящие в различных направлениях на небе. Не ясно даже, связаны ли они со звёздами или с иными объектами, и на каком расстоянии от нас нахо­дятся эти объекты.

В галактической и внегалактической астрономии:

* Не решена проблема скрытой массы, состоящая в том, что гравита­ционное поле галактик и скоплений галактик в несколько раз сильнее, чем это может обеспечить наблюда­емое вещество. Вероятно, большая часть вещества Вселенной до сих пор скрыта от астрономов;
* Нет единой теории формирова­ния галактик;
* Не решены основные проблемы космологии: нет законченной физи­ческой теории рождения Вселенной и не ясна её судьба в будущем.

Вот некоторые вопросы, на которые астрономы надеются получить ответы в 21 веке:

* + - * Существуют ли у ближайших звёзд планеты земного типа и есть ли у них биосферы (есть ли на них жизнь)?
      * Какие процессы способствуют началу формирования звёзд?
      * Как образуются и распространя­ются по Галактике биологически важ­ные химические элементы, такие, как углерод, кислород?
      * Являются ли чёрные дыры источником энергии активных га­лактик и квазаров?
      * Где и когда сформировались га­лактики?
      * Будет ли Вселенная расширять­ся вечно, или её расширение сменит­ся коллапсом?

## БИЛЕТ № 9

1. Законы Кеплера, их открытие, значение и границы применимости.

Три закона движения планет относительно Солнца были выведены эмпирически немецким астрономом Иоганном Кеплером в начале XVII века. Это стало возможным благодаря многолетним наблюдениям датского астронома Тихо Браге.

**Первый** закон Кеплера. Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце (*e = c/a*, где *с* – расстояние от центра эллипса до его фокуса, *а*- большая полуось, *е –* **эксцентриситет** эллипса. Чем больше е, тем больше эллипс отличается от окружности. Если *с* = 0 (фокусы совпадают с центром), то е = 0 и эллипс превращается в окружность радиусом *а*).

**Второй** закон Кеплера (закон равных площадей). Радиус- вектор планеты за равные промежутки времени описывает равновеликие площади. Другая формулировка этого закона: секториальная скорость планеты постоянна.

**Третий** закон Кеплера. Квадраты периодов обращений планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их эллиптических орбит.

Современная формулировка первого закона дополнена так: в невозмущенном движении орбита движущегося тела есть кривая второго порядка – эллипс, парабола или гипербола.

В отличие от двух первых, третий закон Кеплера применим только к эллиптическим орбитам.

Скорость движения планеты в перигелии: , где Vc = круговая скорость при R = a.



Скорость в афелии:.



Кеплер открыл свои законы эмпирическим путем. Ньютон вывел законы Кеплера из закона всемирного тяготения. Для определения масс небесных тел важное значение имеет обобщение Ньютоном третьего закона Кеплера на любые системы обращающихся тел. В обобщенном виде этот закон обычно формулируется так: квадраты периодов T1 и T2 обращения двух тел вокруг Солнца, помноженные на сумму масс каждого тела (соответственно M1 и M2) и Солнца (Мс), относятся как кубы больших полуосей a1 и a2 их орбит:. При этом взаимодействие между телами M1 и M2 не учитывается. Если пренебречь массами этих тел в сравнении с массой Солнца, то получится формулировка третьего закона, данная самим Кеплером: .Третий закон Кеплера можно также выразить как зависимость между периодом T обращения по орбите тела с массой M и большой полуосью орбиты a:. Третий закон Кеплера можно использовать, чтобы определить массу двойных звезд.



1. Нанесение на звездную карту объекта (планета, комета и т.п.) по заданным координатам.

## БИЛЕТ № 10

*Планеты земной группы: Меркурий, Марс, Венера, Земля, Плутон.* Имеют небольшие размеры и массы, средняя плотность этих планет в несколько раз больше плотности воды. Они медленно вращаются вокруг своих осей. У них мало спутников. Планеты земной группы имеют твердые поверхности. Сходство планет земной группы не исключает и значительного различия. Например, Венера в отличие от других планет вращается в направлении, обратном её движению вокруг Солнца, причем в 243 раза медленнее Земли. Плутон самая маленькая из планет (диаметр Плутона = 2260 км, спутник - Харон в 2 раза меньше, приблизительно так же как и система Земля - Луна, представляют собой «двойную планету»), но по физическим характеристикам он близок к этой группе.

|  |  |
| --- | --- |
| *Меркурий.*  Масса: 3\*1023 кг(0.055 земной)  R орбиты: 0.387 а.е.  D планеты: 4870 км  Свойства атмосферы: Атмосфера практически отсутствует, гелий и водород Солнца, натрий, выделяемый перегретой поверхностью планеты.  Поверхность: изрыта кратерами, Существует впадина 1300 км в диаметре, именуемая «Бассейн Калорис»  Особенности: Сутки длятся два года. | *Венера.*  Масса: 4.78\*1024кг  R орбиты: 0.723 а.е.  D планеты: 12100 км  Состав атмосферы: В основном углекислый газ с примесями азота и кислорода, облака конденсата серной и плавиковой кислоты.  Поверхность: Каменистая пустыня, относительно гладкая, впрочем есть и кратеры  Особенности: Давление у поверхности в 90 раз > земного, обратное вращение по орбите, сильный парниковый эффект (Т=4750С). |
| *Земля*.  R орбиты: 1 а.е. (150 000000 км)  R планеты: 6400 км  Состав атмосферы: Азот на 78%, кислород на 21% и углекислый газ.  Поверхность: Самая разнообразная.  Особенности: Много воды, условия, необходимые для зарождения и существования жизни. Есть 1 спутник – Луна. | *Марс.*  Масса: 6.4\*1023 кг  R орбиты: 1,52 а.е. (228 млн км)  D планеты: 6670 км  Состав атмосферы: Углекислый газ с примесями.  Поверхность: Кратеры, долина «Маринера», гора Олимп – самая высокая в системе  Особенности: Много воды в полярных шапках, предположительно раньше климат был пригоден для органической жизни на углеродной основе, причем эволюция климата Марса обратима. Есть 2 спутника – Фобос и Деймос. Фобос медленно падает на Марс. |

*Плутон/Харон.*

Масса: 1.3\*1023 кг/ 1.8\*1011кг

R орбиты: 29.65-49.28 а.е.

D планеты: 2324/1212 км

Состав атмосферы: Тонкий слой метана

Особенности: Двойная планета, возможно планетеземаль, орбита не лежит в плоскости других орбит. Плутон и Харон всегда обращены друг к другу одной стороной

*Планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.*

Они имеют большие размеры и массы (масса Юпитера > массы Земли в 318 раз, по объёму - в 1320 раз). Планеты-гиганты очень быстро вращаются вокруг своих осей. Результат этого - большое сжатие. Планеты расположены далеко от Солнца. Отличаются большим числом спутников (у Юпитера –16, у Сатурна - 17, у Урана - 16, у Нептуна - 8). Особенность планеты-гигантов – кольца, состоящие из частиц и глыб. Эти планеты не имеют твердых поверхностей, плотность у них мала, состоят в основном из водорода и гелия. Газообразный водород атмосферы переходит в жидкую, а затем в твердую фазу. При этом быстрое вращение и то, что водород становится проводником электричества, обуславливает значительные магнитные поля этих планет, которые улавливают летящие от Солнца заряженные частицы и образуют радиационные пояса.

|  |  |
| --- | --- |
| *Юпитер*  Масса: 1.9\*1027кг  R орбиты: 5,2 ае  D планеты: 143 760 км по экватору  Состав: Водород с примесями гелия.  Спутники: На Европе много воды, Ганимед со льдом, Ио с серным вулканом.  Особенности: Большое Красное пятно, почти звезда, 10% излучения – собственное, оттягивает у нас Луну (по 2 метра в год). | *Сатурн.*  Масса: 5,68\* 1026  R орбиты: 9,5 а.е.  D планеты: 120 420 км  Состав: Водород и гелий.  Спутники: Титан больше Меркурия, имеет атмосферу.  Особенности: Красивые кольца, низкая плотность, много спутников, полюса магнитного поля практически совпадают с осью вращения. |
| *Уран*  Масса:8,5\*1025кг  R орбиты:19.2 а.е.  D планеты: 51 300 км  Состав: Метан, аммиак.  Спутники: Миранда имеет очень сложный рельеф.  Особенности: Ось вращения направлена к Солнцу, не излучает собственной энергии, самый большой угол отклонения магнитной оси от оси вращения. | *Нептун.*  Масса: 1\*1026кг  R орбиты:30 а.е.  D планеты: 49500 км  Состав: Метан, аммиак водородная атмосфера..  Спутники: Тритон имеет азотную атмосферу, воду.  Особенности: Излучает в 2.7 раза больше поглощаемой энергии. |

1. Установка модели небесной сферы для данной широты и ее ориентация по сторонам горизонта.

## БИЛЕТ № 11

1. Отличительные особенности Луны и спутников планет.

**Луна** – единственный естественный спутник Земли. Поверхность Луны сильно неоднородна. Основные крупномасштабные образования – моря, горы, кратеры и яркие лучи, возможно, – выбросы вещества. Моря, темные, гладкие равнины, представляют собой депрессии, заполнен­ные застывшей лавой. Диаметры самых больших из них превышают 1000 км. Др. три типа образований с боль­шой вероятностью являются следствием бомбардиров­ки лунной поверхности на ранних стадиях существова­ния Солнечной системы. Бомбардировка длилась неск. сотен миллионов лет, а обломки оседали на поверхнос­ти Луны и планет. Обломки астероидов поперечником от сотен километров до мельчайших пылевых частиц сформировали гл. детали Луны и поверхностный слой скальных пород. За периодом бомбарди­ровки последовало заполнение морей базальтовой ла­вой, порожденной радиоактивным разогревом лунных недр. Приборами космич. аппаратов серии «Апол­лон» была зарегистрирована сейсмическая активность Луны, т. н. л**унотрясение.** Образцы лунного грунта, до­ставленные на Землю астронавтами, показали, что воз­раст Л. 4,3 млрд. лет, вероятно, такой же, как и Земли, состоит из тех же хим. элементов, что и Земля, с таким же примерно соотношением. На Л. нет и, вероятно, ни­когда не было атм-ры, и нет оснований утверждать, что когда-либо там существовала жизнь. Согласно послед­ним теориям, Л. образовалась в рез-те столкновения планетезимали размерами с Марс и молодой Земли. Темп-pa лунной поверхности достигает 100°С лунным днем и падает до -200°С лунной ночью. На Л. не суще­ствует эрозии, за иск. медленного разрушения скал из-за попеременного теплового расширения и сжатия и случайных внезапных локальных катастроф вследствие метеоритных ударов.

Масса Л. точно измерена путем изучения орбит ее ис­кусств, спутников и относится к массе Земли как 1/81,3; ее диаметр 3476 км составляет 1/3,6 диаметра Земли. Л. имеет форму эллипсоида, хотя три взаимно перпенди­кулярных диаметра различаются не больше, чем на ки­лометр. Период вращения Л. равен периоду обращения вокруг Земли, так что, если не считать эффектов либра­ции, она всегда повернута к ней одной стороной. Ср. плотность 3330 кг/м3, значение очень близкое к плотно­сти основных пород, лежащих под земной корой, а сила гра­витации на поверхности Луны составляет 1/6 земной. Луна – ближайшее к Земле небесное тело. Если бы Земля и Луна были точечными массами или жесткими сферами, плотность которых меняется только с расстоянием от цент­ра, и не было бы др. небесных тел, то орбита Луны вокруг Земли была бы неизменяющимся эллипсом. Однако Солнце и в значительно меньшей степени планеты оказывают гравитац. воздействие на Л., вызывая возмущение ее ор­битальных элементов, поэтому большая полуось, эксцентри­ситет и наклонение непрерывно подвергаются цикличес­ким возмущениям, осциллируя относительно средних значе­ний.

**Спутники естественные**, естественное тело, обращающееся вокруг планеты. В Солнеч­ной системе известно более 70 спутников самых разных раз­меров и все время открываются новые. Семь крупнейших спутников – это Луна, четыре галилеевых спутника Юпитера, Титан и Тритон. Все они имеют диаметры, превышающие 2500 км, и явля­ются маленькими «мирами» со сложной геол. историей; у нек-рых есть атмосфера. Все остальные спутники имеют разме­ры, сравнимые с астероидами, т.е. от 10 до 1500 км. Они могут состоять из скальных пород или льда, фор­ма варьируется от почти сферической до неправильной, по­верхность — либо древняя с многочисленными кратерами, либо подвергшаяся изменениям, связанным с активностью в недрах. Размеры орбит лежат в диапазоне от менее двух до нескольких сотен радиусов планеты, период обращения — от нескольких часов до более года. Считают, что некоторые спутники были захвачены гравитационным притяжением пла­неты. Они имеют неправильные орбиты и иногда обра­щаются в направлении, противоположном орбитальному дви­жению планеты вокруг Солнца (т.н. обратное движе­ние). Орбиты С.е. могут быть сильно наклонены к пло­скости орбиты планеты или очень вытянуты. Протя­женные системы С.е. с регулярными орбитами вокруг четырех планет-гигантов, вероятно, возникли из газо­пылевого облака, окружавшего родительскую планету, подобно образованию планет в протосолнечной туман­ности. С.е. размерами меньше неск. сотен километров имеют неправильную форму и, вероятно, образовались при разрушительных столкновениях более крупных тел. Во внеш. областях Солнечной системы они часто обращаются вблизи колец. Элементы орбит внеш. С.е., особен­но эксцентриситеты, подвержены сильным возмущени­ям, вызванных Солнцем. Неск. пар и даже троек С.е. имеют периоды обращения, связанные простым соот­ношением. Напр., спутник Юпитера Европа имеет пе­риод, почти равный половине периода Ганимеда. Та­кое явление называется резонансом.

1. Определение условий видимости планеты Меркурий по данным «Школьного астрономического календаря».

## БИЛЕТ № 12

1. Кометы и астероиды. Основы современных представлений о происхождении Солнечной системы.

**Комета**, небесное тело Солнечной системы, со­стоящее из частиц льда и пыли, движущиеся по сильно вытянутым орбитам, на значит, расстоянии от Солнца выглядят слабо светящимися пятнышками овальной формы. По мере приближения к Солнцу вокруг этого ядра образуются кома (Почти сферическая газопылевая оболоч­ка, окружающая голову кометы при ее приближении к Солнцу. Эта «атмосфера», непрерывно сдуваемая сол­нечным ветром, восполняется газом и пылью, улетучи­вающимися из ядра. Диаметр К. достигает 100 тыс. км. Скорость убегания газа и пыли составляет несколько кило­метров в секунду относительно ядра, и они рассеиваются в межпланетном пространстве частично через хвост ко­меты.) и хвост (Поток газа и пыли, образующийся под действием светового давления и взаимодействия с солчным ветром из рассеивающейся в межпланетном прост­ранстве атмосферы кометы. У большинства комет X. появ­ляется, когда они приближаются к Солнцу на расстоя­ние меньше 2 а.е. X. всегда направлен от Солнца. Газо­вый X. образован ионизованными молекулами, выбро­шенными из ядра, под воздействием солнечного излу­чения имеет голубоватую окраску, отчетливые грани­цы, типичная ширина 1 млн. км, длина — десятки мил­лионов километров. Структура X. может заметно ме­няться в течение неск. часов. Скорость отдельных молекул колеблется от 10 до 100 км/сек. Пылевой X. более расплывчатый и искривленный, причем его кривизна зависит от массы пылевых частиц. Пыль непрерывно выделяется из ядра и увлекается потоком газа.). Центр, часть К. назы­вается ядром и представляет собой ледянистое тело — остатки огромных скоплений ледяных планетезималей, образовавшихся во время формирования Солнеч­ной системы. Теперь они сосредоточены на перифе­рии — в облаке Оорта—Эпика. Средняя масса ядра К. 1—100 млрд. кг, диаметр 200—1200 м, плотность 200 кг/м3 ('/5 плотности воды). В ядрах имеются пусто­ты. Это непрочные образования, состоящие на одну треть из льдов и на две трети из пылевого в-ва. Лед главным образом водяной, но имеются примеси других соединений. При каждом возвращении к Солнцу лед тает, молекулы газа покидают ядро и увлекает за собой частицы пыли и льда, при этом вокруг ядра образуется сферич. обо­лочка — кома, длинный плазменный хвост, направлен­ный от Солнца, и пылевой хвост. Кол-во теряемого в-ва зависит от кол-ва пыли, покрывающей ядро, и расстоя­ния от Солнца в перигелии. Данные, полученные в рез-те наблюдений космического аппарата «Джотто» за ко­метой Галлея с близкого расстояния, подтвердили мн. теории строения К.

К. обычно называют в честь их открывателей с указа­нием года, когда они наблюдались в последний раз. Подразделяются на короткопериодич. и долгоперио-дич. Короткопериодич. К. обращаются вокруг Солнца с периодом в неск. лет, в ср. ок. 8 лет; кратчайший пе­риод — немного более 3 лет — имеет К. Энке. Эти К. были захвачены гравитац. полем Юпитера и стали вра­щаться на относительно малых орбитах. Типичная из них имеет расстояние в перигелии 1,5 а.е. и полностью разрушается после 5 тыс. оборотов, порождая метеор­ный поток. Астрономы наблюдали распад К. Веста в 1976 г. и К. \*Биэла. Напротив, периоды обращения долгопериодич. К. могут достигать 10 тыс., а то и 1 млн. лет, и их афелии могут находиться на '/з рассто­яния до ближайших звезд. В наст, время известно око­ло 140 короткопериодич. и 800 долгопериодич. К., и каждый год открывается около 30 новых К. Наши зна­ния о этих объектах неполны, т.к. их обнаруживают лишь тогда, когда они приближаются к Солнцу на рас­стояние примерно 2,5 а.е. Предполагается, что вокруг Солнца обращается ок. триллиона К.

**Астероид** (asteroid), малая планета, к-рая имеет близ­кую к круговой орбиту, лежащую вблизи плоскости эклиптики между орбитами Марса и Юпитера. Вновь открытым А. присваивается порядковый номер после определения их орбиты, достаточно точной, чтобы А. «не потерялся». В 1796 г. франц. астроном Жозеф Же-ром Лаланд предложил приступить к поискам «отсутствующей» планеты между Марсом и Юпитером, пред­сказываемой правилом Боде. В новогоднюю ночь 1801 г. итал. астроном Джузеппе Пиацци во время на­блюдений для составления звездного каталога открыл Цереру. Нем. ученый Карл Гаусс вычислил ее орбиту. К наст, времени известно около 3500 астероидов. Радиусы Цереры, Паллады и Весты — 512, 304 и 290 км соответственно, ос­тальных — меньше. По оценкам в гл. поясе находится ок. 100 млн. А., их суммарная масса, по-видимому, составляет около 1/2200 массы, первоначально присутствовавшей в этой области. Возникновение совр. А., возможно, связано с разрушением планеты (традиционная называемой Фаэтоном, совр. название — планета Ольберса) в рез-те столкновения с др. телом. Поверхности наблюдаемых А. состоят из металлов и скальных пород. В зависимости от состава астероиды делятся на типы (C, S, M, U). Состав типа U не опознан.

А. группируются также по элементам орбит, образуя т.н. семейства Хираямы. Большинство А. имеет период обращения ок. 8 час. Все А. радиусом меньше 120 км имеют неправильную форму, орбиты подвержены гравитац. воздействию Юпитера. В рез-те в распределении А. по большим полуосям орбит существуют пробелы, называемые люками Кирквуда. А., попавшие в эти люки, имели бы периоды, кратные орбитальному периоду Юпитера. Орбиты астероидов в этих люках крайне неустойчивы. Внутр. и внеш. края пояса А. лежат в областях, где это соотношение равно 1 : 4 и 1 : 2. А.

Когда протозвезда сжимается, она об­разует диск из вещества, окружающий звезду. Часть вещества этого диска па­дает обратно на звезду, повинуясь силе тяготения. Газ и пыль, что остаются в диске, постепенно охлаждаются. Когда температура опускается достаточно ни­зко, вещество диска начинает собирать­ся в небольшие сгустки – очаги конденсации. Так возникают планетезимали. В процессе формирования Солнеч­ной системы часть планетезималей раз­рушилась в результате столкновений, а другие объединились, чтобы образо­вать планеты. В наружной части Со­лнечной системы образовались боль­шие планетные ядра, которые способ­ны были удержать на себе некоторое количество газа в виде первичного об­лака. Более тяжелые частицы удерживались притяжением Солнца и под воздействием приливных сил долго не могли сформироваться в планеты. Так было положено начало обра­зованию «газовых гигантов» — Юпи­тера, Сатурна, Урана и Нептуна. У них, по всей вероятности, возникли со­бственные мини-диски из газа и пыли, из которых в конце концов образова­лись луны и кольца. Наконец, во внутренней Солнечной системе из твердого вещества формируются Меркурий, Венера, Земля и Марс.

1. Определение условий видимости планеты Венера по данным «Школьного астрономического календаря».

## БИЛЕТ № 13

1. Солнце, как типичная звезда. Его основные характеристики.

**Солнце**, центральное тело Солнечной системы, пред­ставляет собой раскаленный плазменный шар. Звезда, вокруг которой обращается Земля. Обычная звезда главной по­следовательности спектрального класса G2, самосве­тящаяся газовая масса, состоящая на 71% из водорода и на 26% из гелия. Абсолютная звездная величина +4,83, эффективная температура поверхности 5770 К. В цен­тре Солнца она 15\*106 К, что обеспечивает давление, спо­собное противостоять силе гравитации, которая на по­верхности Солнца (фотосфере) в 27 раз больше, чем на Земле. Такая высокая температура возникает за счет термо­ядерных реакций превращения водорода в гелий (протон-протонная реакция) (вы­ход энергии с поверхности фотосферы 3,8\*1026 Вт). Солнце — сферически симметричное тело, находящееся в равновесии. В зависимости от изменения физических условий Солнце можно разделить на несколько концентрических слоев, постепенно переходящих друг в друга. Почти вся энергия Солнца генерируется в центральной области — **ядре,** где протекает реакция термоядерного синтеза. Ядро за­нимает менее 1/1000 его объема, плотность — 160 г/см3  (плотность фотосферы в 10 млн. раз меньше плотности воды). Из-за огромной массы Солнца и непрозрачности его вещества излучение идет из ядра к фотосфере очень медлен­но — около 10 млн. лет. За это время уменьшается частота рентгеновского излучения, и оно становится видимым светом. Однако нейтрино, образующиеся в ядерных реакциях, свободно покидают Солнце и в принципе обеспе­чивают непосредственное получение информации о яд­ре. Расхождение между наблюдаемым и предсказанным теорией потоком нейтрино породило серьезные споры о внутреннем строении Солнца. На протяжении последних 15% радиуса находится конвективная зона. Конвективные движения также играют роль в переносе магнитных полей, генерируемых токами в его вра­щающихся внутренних слоях, что проявляется в виде **сол­нечной активности,** причем наиболее сильные поля на­блюдаются в солнечных пятнах. За пределами фото­сферы находится солнечная атмосфера, в которой температура до­стигает минимального значения 4200 К, а затем снова увеличи­вается вследствие диссипации ударных волн, порожда­емых подфотосферной конвекцией, в хромосфере, где резко возрастает до значения 2\*106 К, характерного для короны. Высокая температура последней ведет к непрерывному истечению плазменного вещества в межпланет­ное пространство в виде солнечного ветра. В отдельных об­ластях может быстро и сильно возрастать напряжен­ность магнитного поля. Этот процесс сопровождается целым комплексом явлений солнечной активности. К ним от­носятся солнечные вспышки (в хромосфере), протубе­ранцы (в солнечной короне) и корональные дыры (осо­бые области короны).

Масса Солнца 1,99\*1030 кг, средний радиус, определяемый приблизительно сферической фотосферой, — 700 000 км. Это эквивалентно 330 000 массам и 110 радиусам Земли соответственно; в Солнце может уместиться 1,3 млн. таких тел, как Земля. Вра­щение Солнца вызывает движение его поверхностных обра­зований, таких, как солнечные пятна, в фотосфере и расположенных над ней слоях. Средний период вращения 25,4 дня, причем на экваторе он составляет 25 суток, а на полю­сах — 41 день. Вращением обусловлено сжатие сол­нечного диска, составляющее 0,005%.

1. Определение условий видимости планеты Марс по данным «Школьного астрономического календаря».

## БИЛЕТ № 14

1. Важнейшие проявления солнечной активности, их связь с геофизическими явлениями.

Солнечная активность является следствием конвекции средних слоев звезды. Причина этого явления заключается в том, что кол-во энергии, поступающей от ядра гораздо больше отводимого теплопроводностью. Конвекция вызывает сильные магнитные поля, генерируемые токами в конвектирующих слоях. Основными проявлениями солнечной активности, воздействующими на землю, являются солнечные пятна, солнечный ветер, протуберанцы.

**Солнечные пятна**, образования в фотосфе­ре Солнца, наблюдались с древних времен, и в настоящее, время их считают областями фотосферы с темп-рой на 2000 К ниже, чем в окружающих, из-за наличия сильно­го магнитного поля (ок. 2000 Гс). С.п. состоят из относитель­но темной центр, части (тени) и более светлой волокни­стой полутени. Поток газа из тени в полутень называ­ется эффектом Эвершеда (V=2км/с). Число С.п. и их появление меняются в течение 11-летнего **цикла солнечной ак­тивности, или цикла солнечных пятен,** который описывается законом Шперера и графически иллюст­рируется бабочковидной диаграммой Маундера (перемещение пятен по широте). **Цю­рихское относительное число солнечных пятен** указывает общую площадь поверхности, покрытую С.п. На основной 11-летний цикл накладываются долгопериодичные вариации. Напр., С.п. меняют магн. полярность в течение 22-летнего цик­ла солнечной активности. Но наиб, поразительный пример долгопериодичных вариаций — это минимум. Маундера (1645—1715), когда С.п. отсутствовали. Хо­тя общепризнанно, что вариации числа С.п. определяют­ся диффузией магнитного поля из вращающихся солнечных недр, процесс еще не понят до конца. Сильное магнитное поле солнечных пятен воздействует на поле Земли вызывая помехи радиосвязи и полярное сияние. существует неск. неопровержимых короткопериодичных эффектов, утверждение о существо­вании долгопериодич. связи между климатом и числом С.п., особенно 11-летним циклом, весьма спорно, что обусловлено трудностями соблюдения условий, к-рые необходимы при проведении точного статистического анализа данных.

**Солнечный ветер** Истечение высокотемпературной плазмы (электроны, протоны, нейтроны и адроны) солнечной короны, излучение интенсивных волн радиоспектра, рентгеновских лучей в окружающее пространство. Образует т.н. гелиосферу, простирающуюся на 100 а.е. от Солнца. Солнечный ветер так интенсивен, что способен повреждать внешние слои комет, вызывая появление «хвоста». С.В. ионизирует верхние слои атмосферы, благодаря чему образуется озоновый слой, вызывает полярные сияния и повышение радиоактивного фона и помехи радиосвязи в местах разрушения озонового слоя.

Последний максимум солнечной активности был в 2001 году. Максимум солнечной активности означает наибольшее количество пятен, излучения и протуберанцев. Давно установлено, что изменение солнечной активности Солнце влияет на следующие факторы:

1. эпидемиологическую обстановку на Земле;
2. количество разного рода стихийных бедствий (тайфуны, землетрясения, наводнения и т. д.);
3. на количество автомобильных и железнодорожных аварий.

Максимум всего этого приходится на годы активного Солнца. Как установил учёный Чижевский, активное Солнце влияет на самочувствие человека. С тех пор составляются периодические прогнозы самочувствия человека.

1. Определение условий видимости планеты Юпитер по данным «Школьного астрономического календаря».

## БИЛЕТ № 15

1. Способы определения расстояний до звезд, единицы расстояния и связь между ними.

Для измерения расстояния до тел Солнечной системы применяется метод параллакса. Радиус земли оказывается слишком малым, чтобы служить базисом для измерения параллактического смещения звёзд и расстояния до них. Поэтому пользуются годичным параллаксом вместо горизонтального.

Годичным параллаксом звезды называют угол (p), под которым со звезды можно было бы видеть большую полуось земной орбиты, если она перпендикулярна лучу зрения.

a – большая полуось земной орбиты,



p – годичный параллакс.



Также используется единица расстояния парсек. Парсек – расстояние, с которого большая полуось земной орбиты, перпендикулярная лучу зрения видна под углом 1″.

1 парсек = 3,26 светового года = 206265 а. е. = 3 \* 1011 км.

Измерением годичного параллакса можно надёжно установить расстояние до звёзд, находящихся не далее 100 парсек или 300 св. лет.

Если известны абсолютная и видимая звездные величины, то расстояние до звезды можно определить по формуле lg(r)=0.2\*(m-M)+1

1. Определение условий видимости Луны по данным «Школьного астрономического календаря».

## БИЛЕТ № 16

1. Основные физические характеристики звезд, взаимосвязь этих характеристик. Условия равновесия звезд.

Основные физические характеристики звезд: светимость, абсолютная и видимая звездные величины, масса, температура, размер, спектр.

**Светимость** – энергия, излучаемая звездой или другим небесным телом за единицу времени. Обычно дается в единицах светимости Солнца, выражается формулой lg (L/Lc) = 0,4•(Mc – M), где L и M – светимость и абсолютная звездная величина источника, Lc и Mc – соответствующие величины для Солнца (Mc = +4,83). Также определяется по формуле L=4πR2σT4. Известны звезды, светимость которых во много раз превосходит светимость Солнца. Светимость Альдебарана в 160, а Ригеля в 80 000 раз больше, чем Солнца. Но подавляющее большинство звезд имеют светимости сравнимые с солнечной или меньше ее.

**Звездная величина –** мера яркости звезды. З.в. не дает истинного представления о мощности излу­чения звезды. Близкая к Земле слабая звезда может вы­глядеть ярче, чем далекая яркая звезда, т.к. поток излу­чения, принимаемый от нее, уменьшается обратно про­порционально квадрату расстояния. Видимая З.в. — блеск звезды, к-рый видит наблюдатель, глядя на небо. Абсолютная З.в. — мера истинной яркости, пред­ставляет собой уровень блеска звезды, к-рый она имела бы, находясь на расстоянии 10 пк. Гиппарх изобрел си­стему видимых З.в. во 2 в. до н.э. Звездам были приписа­ны числа в зависимости от их видимой яркости; ярчай­шие звезды были 1-й величины, а самые слабые — 6-й. В сер. 19 в. эта система была модифицирована. Современная шкала З.в. была установлена путем определения З.в. представительной выборки звезд вблизи сев. полюса мира (сев. полярный ряд). По ним определялись З.в. всех др. звезд. Это логарифмическая шкала, на к-рой звезды 1-й величины в 100 раз ярче звезд 6-й величины. По мере роста точности измерений пришлось вводить десятые доли. Самые яркие звезды ярче 1-й величины, а нек-рые даже имеют отрицательные звездные величины.

**Масса звездная –** параметр, непосредст­венно определяемый только для компонентов двойных звезд с известными орбитами и расстояниями (M1 +M2 = R3/T2). Т.о. установлены массы лишь нескольких десятков звезд, но для гораздо больше­го числа массу можно определить из зависимости масса – светимость. Массы больше 40 солнечных и менее 0,1 солнечных очень редки. Массы большинства звезд меньше солнечной. Температура в центре таких звезд не может дости­гать уровня, при котором начинаются реакции ядерного синтеза, и источником их энергии является только сжа­тие Кельвина – Гельмгольца. Такие объекты называют­ся **коричневыми карликами.**

**Масса—светимость соотношение** , найденное в 1924 г. Эддингтоном соотношение между светимостью L и звездной массой М. Соотно­шение имеет вид L/Lс = (М/Мс)а, где Lс и Мс — светимость и масса Солнца соответствен­но, значение *а* обычно лежит в диапазоне 3—5. Соотно­шение следует из того факта, что наблюдаемые св-ва нормальных звезд определяются главным образом их массой. Это соотношение для звезд-карликов хорошо согласуется с наблюдениями. Считается, что она справедлива также для сверхгиган­тов и гигантов, хотя их масса плохо поддается прямым измерениям. Соотношение не применимо к белым карликам, т.к. завышает их светимость.

**Температура звездная** – температура некоторой области звезды. Относится к числу важнейших физических характеристик любого объекта. Однако из-за того, что температура различных областей звезды отличается, а также из-за того, что температура – термодинамическая величина, которая зависит от потока электромагнитного излучения и присутствия различных атомов, ионов и ядер в некоторой области звездной атмосферы, все эти различия объединяют в эффективную температуру, тесно связанную с излучением звезды в фотосфере. **Эффективная температура**, параметр, характеризующий полное кол-во энергии, из­лучаемой звездой с единицы площади ее поверхности. Это однозначный метод описания звездной температуры. Э.т. определяется через температуру абсолютно черного те­ла, которое бы, согласно закону Стефана—Больцмана, излучало такую же мощность на единицу площади по­верхности, как и звезда. Хотя спектр звезды в деталях значительно отличается от спектра абсолютно черного тела, тем не менее эффективная температура характеризует энергию газа во внешних слоях звездной фотосферы и позволяет, используя закон смещения Вина (λmax=0,29/Т), определить, на какую длину волны приходится максимум звездного излучения, а следовательно и цвет звезды.

По **размерам** звезды делятся на карлики, субкарлики, нормальные звезды, гиганты, субгиганты и сверхгиганты.

**Спектр** звезд зависит от ее температуры, давления плотности газа ее фотосферы, силы магнитного поля и хим. состава.

**Спектральные классы**, классифика­ция звезд по их спектрам (в первую очередь по относит, интенсивностям спектральных линий), впервые введен­ная итал. астрономом Секки. Ввел буквенные обозна­чения, к-рые были модифицированы по мере расширения знаний о внутр. строении звезд. Цвет звезды зависит от темп-ры ее поверхности, поэтому в совр. спектральной классификации Дрэпера (гарвардс­кой) С.к. расположены в порядке убывания темп-ры:

Каждый подразделяется на 10 подклассов, например от АО до А9. Самые горячие звезды класса О – голубоватые с темп-рой 100 000 К; звезды класса. В также голубоватые, А – бело-голубые, F – белые, G – бело-желтые (Солн­це принадлежит к этому классу), К – оранжевые, М – красные; звезд, принадлежащих к классам R, N и S, не­много и их темп-pa так низка, что в атмосферах могут нахо­диться молекулы. Два первых из них иногда объединяют в один класс, обозначаемый С.

S

R – N

O – B – A – F – G – K – M

**Герцшпрунга – Ресселла диаграмма**, график, позволяющий определить две основные характеристики звезд, выражает связь между абсолютной звездной величиной и температурой. Названа в честь датского астронома Герцшпрунга и американского астронома Ресселла, опубликовавших первую диаграмму в 1914 г. Самые горячие звезды лежат в левой диаграммы, а звезды самой высокой светимости – вверху. От верхнего левого угла к нижнему правому проходит **главная последовательность,** отражающая эволю­цию звезд, и заканчивающуюся звездами-карликами. Большинство звезд принадлежит этой последователь­ности. Солнце относится также к этой последователь­ности. Выше этой последователь­ности располагаются в указанном порядке субгиганты, сверхгиганты и гиганты, ниже – субкарлики и белые карлики. Эти группы звезд называются **классами светимости.**

Условия равновесия: как известно, звёзды являются единственными объектами природы, внутри которых происходят неуправляемые термоядерные реакции синтеза, которые сопровождаются выделением большого количества энергии и определяют температуру звёзд. Большинство звёзд находятся в стационарном состоянии, т. е. не взрываются. Некоторые звёзды взрываются (так называемые новые и сверхновые звёзды). Почему же в основном звёзды находятся в равновесии? Сила ядерных взрывов у стационарных звёзд уравновешивается силой тяготения, вот почему эти звёзды сохраняют равновесие.

1. Вычисление линейных размеров светила по известным угловым размерам и расстоянию.

## БИЛЕТ № 17

1. Физический смысл закона Стефана-Больцмана и его применение для определения физических характеристик звезд.

**Стефана—Больцмана закон**, соотно­шение между полной мощностью излучения абсолютно черного тела и его темп-рой. Полная мощность еди­ничной площади излучения в Вт на 1 м2 дается форму­лой *Р = σ Т4,* где *σ* = 5,67\*10-8 Вт/м2 К4 — постоянная Стефана—Больцмана, Т — абсолютная температура абсолютного черного тела. Хотя астроном, объекты редко излучают, как абсолютно черное тело, их спектр излучения часто является удач­ной моделью спектра реального объекта. Зависимость от температуры в 4-й степени является очень сильной.

ε – энергия излучения единицы поверхности звезды



L – светимость звезды, R – радиус звезды.



С помощью формулы Стефана-Больцмана и закона Вина определяют длину волны, на которую приходится максимум излучения:

λmaxT = b, b – постоянная Вина

Можно исходить из обратного, т. е. с помощью светимости и температуры определять размеры звёзд

1. Определение географической широты места наблюдения по заданной высоте светила в кульминации и его склонению.

H = 900 - +



h – высота светила

## БИЛЕТ № 18

1. Переменные и нестационарные звезды. Их значение для изучения природы звезд.

Блеск переменных звезд меняется со временем. Сейчас известно ок. 3\*104. П.З. подразделяются на физические, блеск которых меняется вследствие процессов протекающих в них или около них, и оптические П.З., где это изменение обусловлено вращением или орбитальным движением.

Наиболее важные типы физ. П.З.:

**Пульсирующие –** цефеиды, звезды типа Мира Кита, полуправильные и неправильные красные гиганты;

**Эруптивные** (взрывные) – звезды с оболочками, молодые неправильные переменные, в т.ч. звезды типа Т Тельца (очень молодые неправильные звезды, связанные с диффузными туманностями), сверхгиганты типа Хаббла – Сейнеджа (Горячие сверхгиганты высокой светимости, ярчайшие объекты в галактиках. Они неустойчивы и, вероятно, являются источниками излучения вблизи предела светимости Эддингтона, при превышении которого происходит «сдувание» оболочек звезд. Потенциальные сверхновые.), вспыхивающие красные карлики;

**Катаклизмические ­–** новые, сверхновые, симбиотические;

# Рентгеновские двойные звезды

Указанные П.з. включают 98% известных физических п.з. К оптическим относятся затменно-двойные и вращающиеся такие, как пульсары и магнитные переменные. Солнце относится к вращающимся, т.к. его звездная величина слабо меняется, когда солнечные пятна появляются на диске.

Среди пульсирующих звёзд очень интересны цефеиды, названные так по имени одной из первых открытых переменных этого типа - 6 Цефея. Цефеиды - это звёзды высокой светимости и умеренной температуры (жёлтые сверхгиганты). В ходе эволюции они приобрели особую структуру: на определённой глубине возник слой, который аккумулирует энергию, приходящую из недр, а потом вновь отдаёт её. Звезда периодически сжимается, разогреваясь, и расширяется, охлаждаясь. Поэтому и энергия излучения то поглощается звёздным газом, ионизуя его, то опять выделяется, когда при охлаждении газа ионы захватывают электроны, излучая при этом световые кванты. В результате блеск цефеиды меняется, как правило, в несколько раз с периодом в несколько суток. Цефеиды играют особую роль в астрономии. В 1908 г. американский астроном Генриетта Ливитт, исследовавшая цефеиды в одной из ближайших галактик - Малом Магеллановом Облаке, обратила внимание на то, что эти звёзды оказывались тем ярче, чем продолжительнее был период изменения их блеска. Размеры Малого Магелланова Облака небольшие по сравнению с расстоянием до него, а это означает, что разница в видимой яркости отражает отличие в светимости. Благодаря найденной Ливитт зависимости период - светимость легко рассчитать расстояние до каждой цефеиды, измерив её средний блеск и период переменности. А так как сверхгиганты хорошо заметны, цефеиды можно использовать для определения расстояний даже до сравнительно далёких галактик, в которых они наблюдаются.Есть и вторая причина особой роли цефеид. В 60-е гг. советский астроном Юрий Николаевич Ефремов установил, что чем продолжительнее период цефеиды, тем моложе эта звезда. По зависимости период - возраст нетрудно определить возраст каждой цефеиды. Отбирая звёзды с максимальными периодами и изучая звёздные группировки, в которые они входят, астрономы исследуют самые молодые структуры Галактики. Цефеиды больше других пульсирующих звёзд заслуживают названия периодических переменных. Каждый следующий цикл изменений блеска обычно весьма точно повторяет предыдущий. Однако встречаются и исключения, самое известное из них - Полярная звезда. Уже давно обнаружено, что она относится к цефеидам, хотя и меняет блеск в довольно незначительных пределах. Но в последние десятилетия эти колебания стали затухать, а к середине 90-х гг. Полярная звезда практически перестала пульсировать.

**Звезды с оболочками**, звезды, непрерывно или с неправильными интервалами сбрасывающие коль­цо газа с экватора или сферическую оболочку. 3. с о. — гиган­ты или звезды-карлики спектрального класса В, быстровращающиеся и близкие к пределу разрушения. Сброс оболочки обычно сопровождается падением или увеличением блеска.

**Симбиотические звезды**, звезды, спе­ктры которых содержат эмиссионные линии и сочетают ха­рактерные особенности красного гиганта и горячего объекта — белого карлика или аккреционного диска вокруг такой звезды.

Звезды типа RR Лиры представля­ют другую важную группу пульсирую­щих звезд. Это старые звезды пример­но такой же массы, как Солнце. Мно­гие из них находятся в шаровых звезд­ных скоплениях. Как правило, они ме­няют свой блеск на одну звездную ве­личину приблизительно за сутки. Их свойства, как и свойства цефеид, ис­пользуют для вычисления астрономи­ческих расстояний.

**R Северной Короны** и звезды, подобные ей, ведут себя совершенно непредска­зуемым образом. Обычно эту звезду можно разглядеть невооруженным гла­зом. Каждые несколько лет ее блеск падает примерно до восьмой звездной ве­личины, а затем постепенно растет, воз­вращаясь к прежнему уровню. По-ви­димому, причина тут в том, что эта звез­да-сверхгигант сбрасывает с себя об­лака углерода, который конденсирует­ся в крупинки, образуя нечто вроде сажи. Если одно из этих густых чер­ных облаков проходит между нами и звездой, оно заслоняет свет звезды, пока облако не рассеется в пространстве. Звезды этого типа производят густую пыль, что имеет немаловажное значе­ние в областях, где образуются звезды.

**Вспыхивающие звезды**. Магнитные явления на Солнце явля­ются причиной солнечных пятен и со­лнечных вспышек, но они не могут су­щественно повлиять на яркость Солн­ца. Для некоторых звезд – красных кар­ликов – это не так: на них подобные вспышки достигают громадных масшта­бов, и в результате световое излучение может возрастать на целую звездную величину, а то и больше. Ближайшая к Солнцу звезда, Проксима Кентавра, является одной из таких вспыхиваю­щих звезд. Эти световые выбросы не­льзя предсказать заранее, а продолжа­ются они всего несколько минут.

1. Вычисление склонения светила по данным о его высоте в кульминации на определенной географической широте.

H = 900 - +



h – высота светила

## БИЛЕТ № 19

1. Двойные звезды и их роль в определении физических характеристик звезд.

Двойная звезда, пара звезд, связанная в одну систему силами тяготения и обращающаяся во­круг общего центра тяжести. Звезды, составляющие двойную звезду, называются ее компонентами. Двойные звезды весьма распро­странены и подразделяются на несколько типов.

Каждый компонент визуально-двойной звезды отчетливо виден в телескоп. Расстояние между ними и взаимная ориен­тация медленно меняются со временем.

Элементы затменно-двойной попеременно загораживают друг дру­га, поэтому блеск системы временно ослабевает, период между двумя изменениями блеска равен половине орбитального периода. Угло­вое расстояние между компонентами очень мало, и мы не можем наблюдать их по отдельности.

Спектрально-двойные звезды обнаруживают по изменениям их спектров. При взаимном обращении звезды периодически движутся то по на­правлению к Земле, то от Земли. По эффекту Допплера в спектре можно определять изменения движения.

Поляризационные двойные характеризуются периодическими изменениями поляризации света. В таких системах звезды при своем орбитальном движении освещают газ и пыль в пространстве между ними, угол падения света на это вещество периодически меняется, при этом рассеян­ный свет поляризуется. Точные измерения этих эффек­тов позволяют вычислить орбиты, отношения звездных масс, размеры, скорости и расстояние между компонен­тами. Например, если звезда одновременно затменная и спектрально-двойная, то можно определить массу каж­дой звезды и наклон орбиты. По характеру изменения блеска в моменты затмений можно определять относительные размеры звезд и изучать строение их атмосфер. Двойные звезды, служа­щие источником излучения в рентгеновском диапазоне, называются рентгеновскими двойными. В ряде случа­ев наблюдается третий компонент, обращающийся во­круг центра масс двойной системы. Иногда один из компонентов двойной системы (или оба), в свою очередь, может оказаться двойными звездами. Тесные компо­ненты двойной звезды в тройной системе могут иметь период несколько суток, тогда как третий элемент может обращаться во­круг общего центра масс тесной пары с периодом в сот­ни и даже тысячи лет.

Измерение скоростей звезд двойной системы и применение закона всемир­ного тяготения представляют собой важный метод определения масс звезд. Изучение двойных звезд – это един­ственный прямой способ вычисления звездных масс.

В системе близко расположенных двой­ных звезд взаимные силы тяготения стремятся растянуть каждую из них, придать ей форму груши. Если тяготе­ние достаточно сильно, наступает кри­тический момент, когда вещество на­чинает утекать с одной звезды и па­дать на другую. Вокруг этих двух звезд имеется некоторая область в форме трехмерной восьмерки, поверхность ко­торой представляет собой критическую границу. Эти две грушеобразные фи­гуры, каждая вокруг своей звезды, на­зываются полостями Роша. Если одна из звезд вырастает настолько, что за­полняет свою полость Роша, то вещес­тво с нее устремляется на другую звез­ду в той точке, где полости соприкаса­ются. Часто звездный материал не опус­кается прямо на звезду, а сначала за­кручивается, образуя так назы­ваемый аккреционный диск. Если обе звезды настолько расширились, что заполнили свои полости Роша, то воз­никает контактная двойная звезда. Ма­териал обеих звезд перемешивается и сливается в шар вокруг двух звездных ядер. Поскольку в конечном счете все звезды разбухают, превращаясь в ги­ганты, а многие звезды являются двой­ными, то взаимодействующие двойные системы – явление нередкое.

1. Вычисление высоты светила в кульминации по известному склонению для заданной географической широты.

H = 900 - +



h – высота светила

## БИЛЕТ № 20

1. Эволюция звезд, ее этапы и конечные стадии.

Звезды образуются в межзвездных газопылевых облаках и туманностях. Основная сила, «формирующая» звезды – гравитация. При определенных условиях очень разреженная атмосфера (межзвездный газ) начинает сжиматься под действием сил гравитации. Облако газа уплотняется в центре, где удерживается выделяемое при сжатии тепло – возникает протозвезда, излучающая в инфракрасном диапазоне. Протозвезда разогревается под действием падающего на нее вещества, и начинаются реакции ядерного синтеза с выделением энергии. В таком состоянии это уже переменная звезда типа Т Тельца. Остатки облака рассеиваются. Далее гравитационные силы стягивают атомы водорода к центру, где они сливаются, образуя гелий и выделяя энергию. Растущее давление в центре препятствует дальнейшему сжатию. Это – стабильная фаза эволюции. Эта звезда является звездой Главной последовательности. Светимость звезды растет по мере уплотнения и разогрева ее ядра. Время, в течение которого звезда принадлежит Главной последовательности, зависит от ее массы. У Солнца это приблизительно 10 миллиардов лет, однако звезды гораздо более массивные, чем Солнце существуют в стационарном режиме лишь несколько миллионов лет. После того как звезда израсходует водород, содержащийся в центральной ее части, внутри звезды происходят крупные перемены. Водород начинает перегорать не в центре, а в оболочке, которая увеличивается в размере, раз­бухает. В результате размер самой звез­ды резко возрастает, а температура ее поверхности падает. Именно этот про­цесс и порождает красных гигантов и сверхгигантов. Конечные стадии эволюции звезды также определяются массой звезды. Если эта масса не превосходит сол­нечную более чем в 1,4 раза, звезда ста­билизируется, становясь белым карли­ком. Катастрофического сжатия не про­исходит благодаря основному свойст­ву электронов. Существует такая сте­пень сжатия, при которой они начина­ют отталкиваться, хотя никакого источ­ника тепловой энергии уже нет. Это происходит лишь тогда, когда электроны и атомные ядра сжаты не­вероятно сильно, образуя чрезвычайно плотную материю. Белый карлик с массой Солнца по объему приблизительно равен Земле. Белый карлик постепенно остывает, в конечном итоге превращаясь в темный шар радиоактивного пепла. По оценкам астрономов, не менее десятой части всех звезд Галактики – белые карлики.

Если масса сжимающейся звезды пре­восходит массу Солнца более чем в 1,4 раза, то такая звезда, достигнув стадии белого карлика, на этом не остановит­ся. Гравитационные силы в этом слу­чае столь велики, что электроны вдав­ливаются внутрь атомных ядер. В ре­зультате протоны превращаются в ней­троны, способные при­легать друг к другу без всяких проме­жутков. Плотность нейтронных звезд превосходит даже плотность белых кар­ликов; но если масса материала не пре­восходит 3 солнечных масс, нейтроны, как и электроны, способны сами пред­отвратить дальнейшее сжатие. Типич­ная нейтронная звезда имеет в попе­речнике всего лишь от 10 до 15 км, а один кубический сантиметр ее вещест­ва весит около миллиарда тонн. Помимо громадной плотности, нейтронные звезды облада­ют еще двумя особыми свойствами, которые позволяют их обнаружить, невзирая на столь малые размеры: это быстрое вращение и сильное магнит­ное поле.

Если масса звезды превышает 3 массы Солнца, то конечной стадией ее жизненного цикла является, вероятно, черная дыра. Если масса звезды, а, следовательно, и сила тяготе­ния так велики, то звезда подвергается катастрофиче­скому гравитационному сжатию, которому не могут противостоять никакие стабилизирующие си­лы. Плотность вещества в ходе этого процесса стремится к бесконечности, а радиус объек­та — к нулю. Согласно теории относительности Эйн­штейна, в центре черной дыры возникает сингулярность прост­ранства-времени. Гравитационное поле на поверхности сжимающейся звезды растет, поэтому излучению и час­тицам становится все труднее ее покинуть. В конце концов, такая звезда оказывается под горизонтом собы­тий, который можно наглядно представить как односто­роннюю мембрану, пропускающую вещество и излучение только внутрь и не выпускающую ничего наружу. Коллапсирующая звезда превращается в черную дыру, и ее можно обнаружить только по резкому изменению свойств прост­ранства и времени около нее. Радиус горизонта собы­тий называется радиусом Шварцшильда.

Звезды с массой меньше 1,4 солнечной в конце жизненного цикла медленно сбрасывают верхнюю оболочку, которую называют планетарной туманностью. Более массивные звезды, которые превращаются в нейтронную звезду или черную дыру, сначала взрываются как сверхновые, их блеск за короткое время увеличивается на 20 величин и более, высвобождается энергии больше, чем излучает Солнце за 10 миллиардов лет, а остатки взорвавшейся звезды разлетаются со скоростью 20 000 км в секунду.

1. *Наблюдение и зарисовка положений солнечных пятен с помощью телескопа (на экране).*

## БИЛЕТ № 21

1. Состав, структура и размеры нашей Галактики.

**Галактика**, звездная система, к которой принад­лежит Солнце. Галактика содержит по меньшей мере 100 млрд. звезд. Три главные составляющие: центральное утолщение, диск и галактическое гало.

Центральное утолщение состоит из старых звезд населения II типа (красные гиганты), расположенных очень плотно, а в его цен­тре (ядре) находиться мощный источник излучения. Предполагалось что в ядре находится черная дыра, инициирующая наблюдаемые мощные энергети­ческие процессы сопровождаемые излучением в радиоспектре. (Газовое кольцо вращается вокруг черной дыры; горячий газ, срываясь с его внутреннего края, падает на черную дыру, при этом выделяется энергия, которую мы и наблюдаем.) Но недавно в ядре была зарегистрирована вспышка видимого излучения и гипотеза о черной дыре отпала. Параметры центрального утолщения: 20 000 световых лет в поперечнике и 3000 световых лет в толщину.

Диск Галактики, содержащий молодые звезды населения I ти­па (молодые голубые сверхгиганты), межзвездную материю, рассеянные звездные скоп­ления и 4 спиральные рукава, имеет диаметр 100 000 световых лет и толщину всего 3000 световых лет. Галактика вращается, внутренние её части проходят по своим орбитам намного быстрее, чем внешние. Солнце совершает полный оборот вокруг ядра за 200 млн лет. В спиральных рукавах идет непрерывный процесс звездообразования.

Галактическое гало концентрично с диском и центральным утолщением и состоит из звезд, преимущественно являющихся членами шаровых скоплений и принадлежащих к населению II типа. Однако большая часть вещества в гало невидима и не может быть заключена в обычных звездах, это не газ и не пыль. Таким образом в гало содержится **темное невидимое вещество.** Расчеты скорости вращения Большого и Малого Магеллановых Облаков, являющихся спутниками Млечного Пути, показывают, что масса, заключенная в гало, в 10 раз превышает массу, которую мы наблюдаем в диске и утолщении.

Солнце расположено на расстоянии 2/3 от центра дис­ка в Орионовом рукаве. Его локализация в плоскости диска (галактического экватора) позволяет видеть с Земли звезды диска в виде узкой полосы **Млечного Пути,** охватывающей всю не­бесную сферу и наклоненной под углом 63° к небесно­му экватору. Центр Галактики лежит в Стрельце, но он ненаблюдаем в види­мом свете из-за темных туманностей из газа и пыли, поглощающих свет звезд.

1. Вычисление радиуса звезды по данным о ее светимости и температуре.



L – светимость (Lc = 1)

R – радиус (Rc = 1)

T – Температура (Tc = 6000)

## БИЛЕТ № 22

1. Звездные скопления. Физическое состояние межзвездной среды.

Звездные скопления – это группы звёзд, расположенных относительно близко друг к другу и связанных общим движением в пространстве. По-видимому, почти все звезды рожда­ются группами, а не по отдельности. Поэтому звездные скопления — вещь весьма распространенная. Астрономы любят изучать звездные скопления, потому что все звез­ды, входящие в скопление, образова­лись примерно в одно и то же время и приблизительно на одинаковом рассто­янии от нас. Любые заметные разли­чия в блеске между такими звездами являются истинными различиями. Осо­бенно полезно изучение звездных скоп­лений с точки зрения зависимости их свойств от массы — ведь возраст этих звезд и их расстояние от Земли при­мерно одинаковы, так что отличаются они друг от друга только своей массой. Есть два типа звездных скоплений: откры­тые и шаровые. В открытом скоп­лении каждая звезда видна отдельно, они распределены на некотором участ­ке неба более или менее равномерно. А шаровые скопления, наоборот, пред­ставляют собой как бы сферу, столь плотно заполненную звездами, что в ее центре отдельные звезды неразличимы.

Открытые скопления содержат от 10 до 1000 звезд, среди них гораздо больше молодых, чем старых, а самые старые едва ли насчитывают более 100 миллионов лет. Дело в том, что в более старых скопле­ниях звезды постепенно отдаляются друг от друга, пока не смешаются с ос­новным множеством звезд. Хотя тяготение до не­которой степени удерживает открытые скопления вместе, они все же доволь­но непрочны, и тяготение другого объ­екта может их разорвать.

Облака, в которых образуются звез­ды, сконцентрированы в диске нашей Галактики, и именно там обнаружива­ют открытые звездные скопления.

В противоположность открытым, ша­ровые скопления представляют собой сферы, плотно заполненные звездами (от 100 тыс до 1 млн). Размер типичного ша­рового скопления — от 20 до 400 све­товых лет в поперечнике.

В плотно набитых центрах этих скоп­лений звезды находятся в такой бли­зости одна к другой, что взаимное тя­готение связывает их друг с другом, об­разуя компактные двойные звезды. Иногда происходит даже полное слия­ние звезд; при тесном сближении на­ружные слои звезды могут разрушить­ся, выставляя на прямое обозрение цен­тральное ядро. В шаровых скоплениях двойные звезды встречаются в 100 раз чаще, чем где-либо еще.

Вокруг нашей Галактики мы знаем около 200 шаровых звездных скопле­ний, которые распределены по всему гало, заклю­чающему в себе Галактику. Все эти скопления очень стары, и возникли они более или менее в то же время, что и сама Галактика. Похоже на то, что скоп­ления образовались, когда части обла­ка, из которого была создана Галакти­ка, разделились на более мелкие фраг­менты. Шаровые скопления не расхо­дятся, потому что звезды в них сидят очень тесно, и их мощные взаимные силы тяготения связывают скопление в плотное единое целое.

Вещество (газ и пыль), находящееся в пространст­ве между звездами, называется межзвез­дной средой. Большая его часть скон­центрирована в спиральных рукавах Млечного Пути и составляет 10% его массы. В некоторых облас­тях вещество относительно холодное (100 К) и обнаружива­ется по инфракрасному излучению. Такие облака со­держат нейтральный водород, молекуляр­ный водород и другие радикалы, наличие которых можно обнаружить с помощью радиотелескопов. В областях вблизи звезд высокой светимости температура газа может достигать 1000—10000 К, и водород ионизован.

Межзвездная среда очень сильно разрежена (около 1 атома на см3). Однако в плотных облаках концентрация вещества может быть в 1000 раз выше средней. Но и в плотном облаке на кубический санти­метр приходится всего несколько со­тен атомов. Причина, по которой нам все же удается наблюдать межзвездное вещество, состоит в том, что мы ви­дим его в большой толще пространства. Размеры частиц составляют 0,1 мкм, они содержат углерод и кремний, поступают в межзвездную среду из атмосферы холодных звезд в результате взрывов сверхновых. Образующаяся смесь формирует новые звезды. Межзвездная среда имеет слабое магнитное поле и пронизано потоками космических лучей.

Наша Солнечная система находится в той области Галактики, где плотность межзвездного вещества необычайно низ­ка. Эта область называется Местным «пу­зырем»; она простирается во все стороны примерно на 300 световых лет.

1. Вычисление угловых размеров Солнца для наблюдателя, находящегося на другой планете.

## БИЛЕТ № 23

1. Основные типы галактик и их отличительные особенности.

**Галактики**, системы звезд, пыли и газа пол­ной массой от 1 млн. до 10 трлн. масс Солнца. Истинная природа галактик была окончательно объяснена только в 1920-х гг. по­сле острых дискуссий. До этого времени при наблюдениях в телескоп они выглядели как диффузные пятна света, напоминающие туманности, но только с помощью 2,5-метрового телескопа-рефлектора обсерватории Маунт-Вилсон, впервые использованного в 1920-х гг., уда­лось получить изображения отд. звезд в туманности Андромеды и доказать, что это галактика. Этот же телескоп применялся Хабблом для измерения периодов цефеид в туманности Андромеды. Эти переменные звезды изучены достаточно хорошо, чтобы можно было точно определить расстояния до них. Расстояние до туманно­сти Андромеды составляет ок. 700 кпк, т.е. она лежит далеко за пределами нашей Га­лактики.

Имеется несколько типов галактик, основные — спиральные и эллиптичес­кие. Предпринимались попытки классифицировать их с помощью буквенных и цифровых схем, таких, как клас­сификация Хаббла, однако некоторые галактики не укладывают­ся в эти схемы, в этом случае их называют в честь астро­номов, которые впервые выделили их (например галактики Сейферта и Маркаряна), или дают буквенные обозначения клас­сификационных схем (например Галактики N-типа и cD-типа). Галактики, не имеющие отчетливой формы, классифицируются как неправильные. Происхождение и эволюция галактик еще до конца не поняты. Лучше всего изучены спиральные галактики. К ним относятся объекты, имеющие яркое ядро, из которого исходят спиральные рукава из газа, пыли и звезд. Большинство спиральных галактик имеют 2 рукава, исходящих из противоположных сторон ядра. Как правило звезды в них молодые. Это нормальные спирали. Ещё есть пересечённые спирали, у которых есть центральная перемычка из звёзд, соединяющая внутренние концы двух рукавов. Наша Г. так­же относится к спиральным. Массы почти всех спиральных Г. лежат в диапазоне от 1 до 300 млрд. масс Солнца. Около трёх четвертей всех галактик во Вселенной являются **эллиптическими**. Они имеют эллиптическую фор­му, лишенную различимой спиральной структуры. Их форма может изменяться от почти сферической до сигарообразной. По размеру они очень разнообразны – от карликовых массой несколько млн солнечных до гигантских массой 10 трлн солнечных. Самые большие из известных — **Галактики cD-типа**. Они имеют большое ядро или, возможно, несколько ядер, быстро движущихся относи­тельно друг друга. Часто это довольно сильные радиоисточники. Галактики Маркаряна были выделены советским астрономом Вениамином Маркаряном в 1967 г. Они являются сильными источ­никами излучения в ультрафиолетовом диапазоне. **Галактики N-типа** имеют похожее на звезду слабо светящееся ядро. Они также сильные радиоисточники и предположительно, эволюционируют в квазары. На фото сейфертовские галактики выглядят как нормаль­ные спирали, но с очень ярким ядром и спектрами с ши­рокими и яркими эмиссионными линиями, указываю­щими на присутствие в их ядрах большого кол-ва быстровращающегося горячего газа. Этот тип Галактик открыт американским астрономом Карлом Сейфертом в 1943 г. Галактики, наблюдаемые оптически и в то же время являющие­ся сильными радиоисточниками, называются радиогалактиками. К ним относятся сейфертовские Галактики, Г. сD- и N-типа и некоторые квазары. Механизм генерации энергии радиогалактик еще не понят.

1. Определение условий видимости планеты Сатурн по данным «Школьного астрономического календаря».

**БИЛЕТ № 24**

1. Основы современных представлений о строении и эволюции Вселенной.

В 20 в. было до­стигнуто понимание Вселенной как единого целого. Первый важный шаг был сделан в 1920-х гг., когда уче­ные пришли к выводу, что наша Галактика – Млеч­ный Путь – одна из миллионов галактик, а Солнце – одна из миллионов звезд Млечного Пути. Последующее изучение га­лактик показало, что они удаляются от Млечного Пу­ти, причем чем дальше они находятся, тем больше эта скорость (измеренная по красному смещению в ее спек­тре). Т.о., мы живем в **расширяющейся Вселенной.** Разбегание галактик отражено в законе Хаббла, согласно которому красное смещение галактики пропорци­онально расстоянию до нее.Кроме того, в самом крупном масштабе, т.е. на уровне сверхскоплений галактик, Вселенная имеет ячеистую структуру. Современная космология (учение об эволюции Вселенной) базируется на двух постулатах: Вселенная однородна и изотропна.

Существует несколько моделей Вселенной.

В модели Эйнштейна - де Ситтера расширение Вселенной продолжается бесконечно долго, в статической модели Вселенная не расширяется и не эволюционирует, в пульсирующей Вселенной циклы расширения и сжатия повторяются. Однако статическая модель наименее вероятна, не в её пользу говорит не только закон Хаббла, но и обнаруженное в 1965 году фоновое реликтовое излучение (т.е. излучение первичного расширяющегося раскаленной четырехмерной сферы).

В основе некоторых космологических моделей лежит теория «горячей Вселенной», изложенная ниже.

В соответствии с решениями Фридмана уравнений Эйнштейна 10–13 миллиардов лет назад, в начальный момент времени, радиус Вселенной был равен нулю. В нулевом объеме была сосредоточена вся энергия Вселенной, вся ее масса. Плотность энергии бесконечна, бесконечна и плотность вещества. Подобное состояние называется сингулярным.

В 1946 году Георгий Гамов и его коллеги разработали физическую теорию начального этапа расширения Вселенной, объясняющую наличие в ней химических элементов синтезом при очень высоких температуре и давлении. Поэтому начало расширения по теории Гамова назвали «Большым Взрывом». Соавторами Гамова были Р. Альфер и Г. Бете, поэтому иногда эту теорию называют «α, β, γ-теория».

Вселенная расширяется из состояния с бесконечной плотностью. В сингулярном состоянии обычные законы физики неприменимы. По-видимому, все фундаментальные взаимодействия при столь высоких энергиях неотличимы друг от друга. А с какого радиуса Вселенной имеет смысл говорить о применимости законов физики? Ответ – с планковской длины:

, начиная с момента времени tp = Rp/c = 5\*10-44с (c – скорость света, h – постоянная Планка). Скорее всего, именно через tP гравитационное взаимодействие отделилось от остальных. По теоретическим расчетам, в течение первых 10-36 с, когда температура Вселенной была больше 1028 К, энергия в единице объема оставалась постоянной, а Вселенная расширялась со скоростью, значительно превышающей скорость света. Этот факт не противоречит теории относительности, так как с такой скоростью расширялось не вещество, но само пространство. Эта стадия эволюции называется **инфляционной**. Из современных теорий квантовой физики следует, что в это время сильное ядерное взаимодействие отделилось от электромагнитного и слабого. Выделившаяся в результате энергия и явилась причиной катастрофического расширения Вселенной, которая за крошечный промежуток времени в 10– 33 с увеличилась от размеров атома до размеров Солнечной системы. В это же время появились привычные нам элементарные частицы и чуть меньшее количество античастиц. Вещество и излучение все еще находилось в термодинамическом равновесии. Эта эпоха называется **радиационной** стадией эволюции. При температуре 5∙1012 К закончилась стадия **рекомбинации**: почти все протоны и нейтроны аннигилировали, превратившись в фотоны; остались только те, для которых не хватило античастиц. Первоначальный избыток частиц по сравнению с античастицами составляет одну миллиардную от их числа. Именно из этого «избыточного» вещества и состоит в основном вещество наблюдаемой Вселенной. Спустя несколько секунд после Большого Взрыва началась стадия **первичного нуклеосинтеза**, когда образовывались ядра дейтерия и гелия, продолжавшаяся около трех минут; затем началось спокойное расширение и остывание Вселенной.



Примерно через миллион лет после взрыва равновесие между веществом и излучением нарушилось, из свободных протонов и электронов начали образовываться атомы, а излучение стало проходить через вещество, как через прозрачную среду. Именно это излучение назвали реликтовым, его температура была около 3000 К. В настоящее время регистрируется фон с температурой 2,7 К. Реликтовое фоновое излучение открыли в 1965 году. Оно оказалось в высокой степени изотропным и своим существованием подтверждает модель горячей расширяющейся Вселенной. После **первичного нуклеосинтеза** вещество начало эволюционировать самостоятельно, из-за вариаций плотности вещества, образовавшихся в соответствии с принципом неопределенности Гейзенберга во время инфляционной стадии, появились протогалактики. Там, где плотность была чуть больше средней, образовались очаги притяжения, области с пониженной плотностью делались все разреженнее, так как вещество уходило из них в более плотные области. Именно так практически однородная среда разделилась на отдельные протогалактики и их скопления, а спустя сотни миллионов лет появились первые звезды.

Космологические модели приводят к выводу, что судьба Вселенной зависит только от средней плотности заполняющего ее вещества. Если она ниже некоторой критической плотности, расширение Вселенной будет продолжаться вечно. Этот вариант называется «открытая Вселенная». Похожий сценарий развития ждет и плоскую Вселенную, когда плотность равна критической. Через гугол лет прогорит все вещество в звездах, и галактики погрузятся во тьму. Останутся только планеты, белые и коричневые карлики, а столкновения между ними будут крайне редки.

Однако даже в этом случае метагалактика не вечна. Если верна теория великого объединения взаимодействий, через 1040 лет распадутся составляющие бывшие звезды протоны и нейтроны. Спустя приблизительно 10100 лет испарятся гигантские черные дыры. В нашем мире останутся лишь электроны, нейтрино и фотоны, удаленные друг от друга на огромные расстояния. В известном смысле это будет конец времени.

Если же плотность Вселенной окажется слишком велика, то наш мир замкнут, а расширение рано или поздно сменится катастрофическим сжатием. Вселенная закончит свою жизнь в гравитационном коллапсе в известном смысле это еще хуже.

1. Вычисление расстояния до звезды по известному параллаксу.