**24.03.20г.**

**Тема: Общие сведения о** [**Солнце**](http://astro.websib.ru/System/Sol_Sistema1/Soln.htm)**.  
  
Ход урока:  
  
I Повторение материала**[**Тест №3**](http://astro.websib.ru/Met/Me/test.htm) **II Новый материал  
1. Введение**   а) Солнце - колоссальный источник энергии. Играет исключительную роль в жизни Земли.   
   б) Солнце - издавна объект поклонения, ему приносили жертвы.  
   в) Солнце - рядовая звезда -желтый карлик.  
  
**2. Наблюдение за Солнцем – нельзя смотреть без защиты глаз темным светофильтром** (закопченное стекло, засвеченная пленка, а лучше затмение наблюдать через стекло масти электросварки).  
    Нельзя наблюдать через телескоп даже со светофильтром, только проецировать изображение на экран.   
    Что можно увидеть: пятна, факелы возле пятен на краю диска, протуберанцы, вспышки и так далее. **3. Вращение.** Если сравнивать несколько последовательных фотографий Солнца (или наблюдений) то по пятнам можно определить что Солнце вращается. Период вращения установил Кэррингтон (1863г) →экватор 24,96 сут, на широте 35о - 26,83 сут, вблизи полюсов ≈30 сут,  т.е. Солнце не твердое тело. Линейная скорость на экваторе ≈2 км /с.Направление вращения - вокруг своей оси в направлении движения планет. =Открыл вращение в декабре 1610г Г.Галилей. А где еще встречается такое вращение, как у Солнца? **4. Размер** (Пример N7, стр51).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ρʘ**=16' | **Rʘ**= **ρʘ**/**pʘ**. **R⊕** =(16.60"/8,8").**R⊕**≈109 **R⊕** | Звезды бывают от **0,1Rʘ< Rʘ<1000 Rʘ** Солнце относится к маленьким звездам - **Карликам.** |
| **pʘ**=8,8" | **Rʘ**≈**695000км=109 R⊕** |
| R**ʘ**=? |  |

**5. Масса -** находим по третьему уточненному закону Кеплера (Солнце-Земля, Земля-Луна).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Т**⊕2 .(**M**ʘ+ **m**⊕) | = | **а**⊕3 | отсюда | **Т⊕2. Mʘ** | **=** | **а⊕3** | **Т.к** | **{** | **M⊕<< Mʘ**  **m◖<< M ⊕** | | **Т**◖2**.** (**M**⊕+**m**◖) | **а◖3** | **Т◖2. M⊕** | **а◖3** | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Отсюда | **M**ʘ | = | **а**⊕3**.Т**◖2 | = | 149,63**.** 27,322 | ≈ 2**.**1030 кг **≈**333000 M⊕ | У других звезд обычно     0,06**M**ʘ<**M**ʘ<100**M**ʘ |
| **M**⊕ | **а**◖3**.** **Т**⊕2 | 0,38443**.** 365,252 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Найдем плотность | ρ cрʘ= | **M**ʘ | = | **m**ʘ | ≈1400 кг/м3, т.е. чуть больше плотности Н2О. Сравните с плотностью Земли, Юпитера. |
| **V**ʘ | 4/3**π** **R**ʘ3 |

**6. Светимость (L)**    В ходе измерений на Земле и с КА в течении нескольких лет установлено количество получаемого Землей тепла от Солнца и получено значение солнечной постоянной.  
**q=1367 Вт/м2=1367 Дж/м2.с≈1400 Вт/м2** Тогда на радиусе орбиты Земли можно установить количество энергии,  излучаемой Солнцем (т.е. **светимость**).  
**Lʘ=qʘ. S**сферы шара = **qʘ. 4 π** **R**орб⊕2 **=1367.4.3,1415.(149,6.109)2=3,876.1026 Вт/c.** По сравнению с другими звездами **1,3.10-5Lʘ<Lʘ<5.105 Lʘ  
  
7. Температура (T)** -определяют разными способами, основанными на открытых на Земле физических законах. **1. Способ:** Из светимости Солнца выясним энергию, излучаемую единицей поверхности Солнца в единицу времени.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ε= | Lʘ | = | Lʘ | с другой стороны ε=δТ4 Закон Степана-Больцмана | | | | δ=5,67\*10-8Вт/(м2**.**К4)  -коэффициент пропорциональности |
| Sʘ | 4 π Rʘ2 |
| тогда | | δТ4= | | Lʘ | отсюда | Т=4√ | Lʘ | ≈6000 К - эффективная температура Солнца  [вообще-то ≈ 5800 К] |
| 4 π Rʘ2 | 4 π Rʘ2δ |

Закон установлен экспериментально **Йозев Стефан** ( 1879г, Австрия) и доказал теоретически **Людвиг Больцман** ( 1884г, Австрия). В данном случае Солнце считается абсолютно черным телом , т.е. идеальный накопитель излучения и излучатель (реально только≈). **2. Способ:** Экспериментально определяют **λ**max соответствующую максиму излучаемой энергии.  
   Закон излучения открыл в 1896г **Вильгельм Вин** (1864-1928, Германия).

|  |  |
| --- | --- |
| **λ** max**.Т**=**b**, где **b**=0,2897\*107Å**.**К - постоянная Вина | Чем выше **Т** тем меньше λ max (рис 71) |
| Для Солнца λ max =4800Å   1Å=10-10 М |

это желтая линия , поэтому и Солнце желтое (т.к max излучения приходится на желтые лучи)  
Если брать λ в см, то получим формулу

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| λ max= | 0,29 | отсюда **Т**ʘ= | 0,29 | ≈6000К | Температуры звезд обычно 2800К<Тʘ<40000К |
| **Т** | 4,8**.**10-5см |

Это на поверхности , а глубже температура больше. В таком состоянии вещество находится в газообразном состоянии, причем многие атомы ионизированы, т. е Солнце- раскаленный газовый (плазменный) шар. **8. Химический состав** Когда-то считали что никогда не узнают из чего состоят звезды.  
       Еще **И.Ньютон** (Англия) в 1665г открыл дисперсию (разложил свет в спектр).  
= В 1814г **Йозеф Фраунгофер** (Германия)- один из основателей спектроскопии открыл в спектре Солнца и зарисовал 580 темных линий, определил и описал длины волн 754 линий поглощения к 1817г (т.е спектр Солнца- непрерывный спектр пересечений темными линиями- фраунгоферовыми. В настоящее время в спектре зарегистрировано более 30000 линий, принадлежащих 72 химическим элементам).  
= В 1859г **Густав Кирхгоф** (Германия) и **Роберт Бунзен** (1899, Германия) открыли спектральный анализ (Кирхгоф создал модель абсолютно черного тела) «***Газы поглощают те длины волн, которые излучают в нагретом состоянии***»   
      По спектру на Солнце никаких неземных химических элементов нет . Самые распространенные на Солнце элементы – 70% водорода, и 28% - гелия.  
      Все звезды в основном состоят из Н и Не (это основные химические элементы Вселенной). **II. Закрепление материала (*самостоятельное решение, при необходимости совместный разбор)*.  
Задача 1.** №5\*, стр. 109. За 27 суток, против 25 сут. (т.е на 2 больше). Это потому, что за данное время и Земля сместится в направлении вращения Солнца , а смещение если рассчитать в градусах (оборота).

**Задача 2.** Под каким углом на Солнце с Земли можно видеть пятно размером с Землю. Будет ли пятно видно невооруженным глазом.  
(Большие пятна можно наблюдать невооруженным глазом когда Солнце близко к горизонту и находится в дымке. Так в марте 1989г наблюдалось пятно невооруженным глазом. В летописях китайских есть записи о пятнах за 800 лет до н.э). Невооруженным глазом пятно не увидите, так как разрешаемость глаза не менее 1′ =60″. **Задача 3.** Как изменится светимость Солнца, если при той же температуре размер Солнца увеличится в 2 раза?

**Задача 4.** Какую температуру имеет раскаленная вольфрамовая нить электролампочки, если максимум энергии приходится на λ=1,1**.**10-5см.

**Задача 5.** Вычислите температуру, которое имело бы Солнце, если бы его светимость была в 16 раз меньше при тех же размерах.  
 **Итог:**

Какопределить вращается ли Солнце?  
    Каков размер, масса, температура Солнца?  
    Закон Вина, Стефана-Больцмана?  
    Из чего состоят звезды?

**Оценки.**

**Домашнее задание:** вопросы и задания

**31.03.20г.**

**Тема: Строение атмосферы** [**Солнца**](http://astro.websib.ru/System/Sol_Sistema1/Soln.htm)**.**

**Ход урока:** **I Опрос учащихся.**

|  |  |
| --- | --- |
| **1. У доски** | 1.Светимость Солнца. Способы определения (закон Стефана-Больцмана).  2. Температура (закон Вина). Химический состав.  3. Вращение. Размер и масса (способы определения). |
| **2. На компьютере** | Положение Солнца, его координаты. Фотографии из архива, из Интернета (текущее время). |
| **3. Остальные** | 1. **Задача:** Как изменилась бы светимость Солнца, если бы его температура увеличилась в 2 раза при том же размере?  2. **Задача:** Какую температуру имеет нагретое тело, если максимум излучаемой энергии приходится на волну 1250Å (1Å=10-10м) ?  3. **Задача:** Какова вторая космическая скорость на уровне фотосферы Солнца? |

**II Новый материал.**

**Солнечная атмосфера состоит из 3х слоев:** ***фотосфера, хромосфера, солнечная корона.***  
**1.Фотосфера** -светящаяся “поверхность” Солнца, =нижний слой атмосферы 300-400км., Т≈5800К, ρср. ≈10-4кг/м3≈1017атом/см3. **Н**-водород. Излучает прочти всю энергию.

**а).** **гранулы**  размером до 1000км., время существования до 8мин. Непрерывно появляются и исчезают причина - движение вещества в фотосфере (подъем и опускание в под фотосферной области за счет конвекции, начиная с глубины 0,3R, т.е подобие кипящей рисовой каши).

**б).** **Пятна**- диаметром от нескольких до 100 тыс. км. (крупные существуют до нескольких месяцев). Имеют ядро, волокнистую структуру полутени.  Пятна появляются на широте∓400(редко 500) группами (редко одно), но обязательно есть и на противоположной стороне Солнца и опускаются до широты ∓50 где исчезают (существуя от нескольких дней до нескольких месяцев). Пятно видно так как более холодное по сравнению с остальной частью фотосферы (≈4500К). Причина - торможение магнитным полем конвекции, (на поверхность поступает <энергии), глубина воронки 300-400км. Расщепление линий в спектре указывает на существование магнитного поля. В пятнах напряженность  магнитного поля 1500-4500 Эрстед, в то время как в спокойных областях Солнца напряженность- 5 Эрстед.  Что пятно холодное и в них существует магнитное поле, установлено в 1908г **Дж. Э. Хейл** (1868-1938, США).

**Рудольф Вольф** (1816-1893, Швейцария) в 1852г установил зависимость 11-летний цикл появления пятен), что 4 года происходит подъем, а 7 лет затухание - цикл 111/9 лет, и ввел число Вольфа **W=(10g+f).k** характеризирующую активность пятно образований, где **g** - число групп, а **f** - число пятен. Самая большая из когда-либо зарегистрированных групп солнечных пятен достигла своего максимума 8 апреля 1947г. Она захватила область площадью в 18130 миллионов квадратных километров.

    Главное пятно имеет одну полярность, а хвостовое - противоположную. Если в данном цикле главное имело северный магнитный полюс, то в следующем цикле главное будет иметь южный полюс. Последний 23-й наблюдаемый цикл имел растянутый **МАХ**  1999-2001гг, а минимум был в 2006 году. Вообще то цикл ≈11,1 лет, но предсказать невозможно.

**в)** Вокруг солнечных пятен наблюдались светлые ***ореолы***, температура которых на 10К> чем у окружающего газа и радиус в 2 раза> радиуса пятна,  открыты в 1999 году.

**г)** Фотосферные **факелы** - более светлые образования (примерно на 300 К горячее), связанные с выносом более горячего вещества за счет усиления конвекции в подфотосферных слоях.  Факел - долгоживущее образование, он часто не исчезает в течение целого года, а группа пятен на его фоне "живёт" около месяца. Волокна факелов отчётливо видны лишь около края диска Солнца (но не на самом краю), где превышение их яркости над фоном достигает 10-20%.

**2. Хромосфера** (греч. "сфера цвета") названа так за свою красновато-фиолетовую окраску (видна только при полных затмениях, или при помощи специальных приборов). Состоит из трех слоев: нижний - до 1500 км, Т≈5000К; средний 1500-4000 км , Т  ≈ 6000-15000 К; верхний 4000-10000км Т=20000-50000К. Яркость хромосферы не одинакова. Между хромосферой и короной лежит узкий переходный слой, в котором температура быстро растёт от ~ 104 до ~ 106 К.

а) **Факелы** (хромосферные)-наиболее яркие участки расположены над фотосферными нитями и факелами.

б) **Вспышки** самые мощные и быстроразвивающиеся (слабые вспышки исчезают через 5-10 мин, а самые мощные до нескольких часов) происходят в результате быстрой перестройка ("перезамыкание") магнитных полей. Небольшие вспышки происходят по несколько раз в сутки, мощные (охватывают десятки млрд. км2) значительно реже. Как правило они наблюдаются вблизи пятен.  Вспышка - взрывной процесс сопровождающийся выбросами электрически заряженных частиц - потока протонов и электронов.

в) **Спикулы** - на краю хромосферы наблюдаются выступающие язычки пламени, представляющие вытянутые столбики из уплотненного газа, температура которых выше чем в фотосфере. Диаметры спикул ~ 1000 км, скорости подъёма или опускания  ≈ 20 км/с, время жизни - минуты. На высоте h  ≈ 3000 км они занимают ок. 2% площади солнечной поверхности. Механизм образования спикул связан со сложной структурой магнитных полей фотосферы.

г) **Протуберанцы** - гигантские яркие вспышки и арки, опирающиеся на хромосферу и врывающиеся в солнечную корону - это выброс вещества (плазмы). Наиболее распространены "спокойные" протуберанцы, появление которых обычно связано с развитием группы пятен, но существуют они значительно дольше пятен (до 1 года). Другой вид протуберанцев связан с выбросами вещества вверх (обычно после вспышек) со скоростями ~ 100-1000 км/с (т. н. быстрые - эруптивные протуберанцы).

**3. Солнечная корона** =протяженность от 1R - 8-10 R Солнца. Наблюдается во время затмений (или с помощью коронографа) серебристо-жемчужного цвета с Т≥1млн.К. Почти круглая в период МАX, сильно вытянута в плоскости экватора в MIN.  Солнечную корону образует чрезвычайно разреженный газ, и даже слабые магнитные поля, проникающие в корону, оказывают существенное влияние на её характеристики и строение. В короне выделяются корональные щёточки близ полюсов, дуги и корональные лучи на более низких широтах. Структура короны довольно устойчива, существенные изменения происходят за годы.

***Сверхкорона*** - отдельные выбросы плазмы доходит до земли. Температура до 1 млн. К - нагревается за счет волнового движения возникающего при конвекционном движении газа внутри Солнца.  Разгон частиц осуществляется магнитным полем; частицы движутся по спирали.

**4. Солнечная активность** – ***периодический комплекс нестационарных образований в атмосфере Солнца*** (петли, факелы, протуберанцы и т.д.). Связующее звено между различными ярусами центров активности – магнитное поле. Период – 11 лет (4 подъема – 7 затухание).

    К 1997г установлено, что на Солнце одновременно происходит до 30 тысяч различных взрывных событий. Они подробно исследованы с помощью космического УФ спектрометра SOHO (Солнечная геосферная обсерватория). Их средняя продолжительность  ≈1 мин, протяженность 1500 км, скорость выброса вещества до 1500 км/с. Так 6 января 1997г зафиксирован “протуберанец” диаметром >40 млн.км, что привело к увеличению солнечного ветра с 350 до 430 км/с у Земли.

    К 2007 году прошло наблюдаемых 23 цикла солнечной активности. Анализ в 20-22 циклах  показал, что экватор вращался с почти постоянным синодическим периодом 26.92 ± 0.02 сут. Но после 1996г вращение значительно ускорилось, и в 23-ем цикле доминирует период 26.57 ± 0.07 сут (рост скорости на 1.3 %). Почему? - неизвестно.

**III. Закрепление материала.**

**Итог**

1. Из каких слоев состоит солнечная атмосфера?
2. Наблюдаемые явления в солнечной атмосфере?
3. Что такое солнечная активность?
4. **Оценки.**

**Домашнее задание:** Вопросы и задания.

**07.04.20г.**

**Тема: Физическая природа звезд.**

**Ход урока:**

**I. Новый материал**

|  |  |
| --- | --- |
| ***1. Спектры звезд*** | |
| spektr     Распределение цветов в спектре =**К О Ж З Г С Ф =** запомнить можно например по тексту: *Как однажды Жак Звонарь городской сломал фонарь.*  **Исаак Ньютон** (1643-1727) в 1665г разложил свет в спектр  и объяснил его природу.     **Уильям Волластон** в 1802г наблюдал темные линии в солнечном спектре, а в 1814г их независимо обнаружил и подробно описал **Йозеф фон ФРАУНГОФЕР** (1787-1826, Германия) (они называются линиями Фраунгофера)  754 линии в солнечном спектре. В 1814г он создал прибор для наблюдения спектров - спектроскоп. | |
| В 1959г **Г. КИРХГОФ**, работая вместе с **Р. БУНЗЕН** с 1854г, ***открыли спектральный анализ***, назвав спектр непрерывным и сформулировали законы спектрального анализа, что послужило основой возникновения астрофизики:      1. Нагретое твердое тело дает непрерывный спектр.     2. Раскаленный газ дает эмиссионный спектр.     3. Газ, помещенный перед более горячим источником, дает темные линии поглощения. **У. ХЕГГИНС**  ***первым применив спектрограф начал спектроскопию звезд***. В 1863г показал, что спектры Солнца и звезд имеют много общего и что их наблюдаемое излучение испускается горячим веществом и проходит через вышележащие слои более холодных поглощающих газов. | |
| ***Спектры звезд – это их паспорт с описанием всех звездных закономерностей. По спектру звезды можно узнать ее светимость, расстояние до звезды, температуру, размер, химический состав ее атмосферы, скорость вращения вокруг оси, особенности движения вокруг общего центра тяжести.*** | |
|  | |
| ***2. Цвет звезд*** | |
| ЦВЕТ - свойство света вызывать определенное зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом отражаемого или испускаемого излучения. Свет разных длин волн  возбуждает разные цветовые ощущения: | |
| от 380 до 470 нм имеют фиолетовый и синий цвет, от 470 до 500 нм — сине-зеленый, от 500 до 560 нм — зеленый, | от 560 до 590 нм — желто-оранжевый, от 590 до 760 нм — красный. |
| Однако цвет сложного излучения не определяется однозначно его спектральным составом. Глаз чувствителен к длине волны, несущей максимальную энергию  **λмах=b/T** (закон Вина, 1896г). | |
| В начале 20-го столетия (1903—1907гг) **Эйнар Герцшпрунг** (1873-1967, Дания) первым определяет цвета сотен ярких звезд. | |
|  | |
| ***3. Температура звезд*** | |
| Непосредственно связана с цветом и спектральной классификацией. Первое измерение температуры звезд произведено в 1909г германским астрономом **Ю. Шейнер**. Температура определяется по спектрам с помощью закона Вина [**λ max.Т=b, где b=0,2897\*107Å.К** - постоянная Вина]. Температура видимой поверхности большинства звезд составляет **от 2500 К до 50000 К**. Хотя например недавно открытая звезда **HD 93129A** в созвездии Кормы имеет температуру поверхности 220000 К! Самые холодные - **Гранатовая звезда** (m Цефея) и **Мира** (o Кита) имеют температуру 2300К, а **e Возничего А** - 1600 К. | |
|  | |
| ***4.*** [***Спектральная классификация***](http://astro.websib.ru/../../РђСЃС‚СЂРѕРЅРѕРјРёСЏ/astronom/Met/tem-4/Urok24/klas-spektr.htm) | |
| В 1862г **Анжело Секки** (1818-1878, Италия) дает первую спектральную классическую звезд по цвету, указав 4 типа:  **Белые,  Желтоватые,  Красные, Очень красные** | |
| Гарвардская спектральная классификация впервые была представлена в *Каталоге звездных спектров Генри Дрэпера* (1884г), подготовленного под руководством **Э. Пикеринга**. Буквенное обозначение спектров от горячих к холодным звездам выглядит так: O B A F G K M. Между каждыми двумя классами введены подклассы, обозначенные цифрами от 0 до 9. К 1924г классификация окончательно была установлена **Энной Кэннон**. | |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | O5=40000K |  | В0=25000К |  | А0=11000К |  | F0=7600K |  | G0=6000 |  | K0=5120K |  | M0=3600K | | голубой |  | белый | | |  | желтый | | |  | оранжевый |  | красный | | **О** | **---** | **В** | **---** | **А** | **---** | **F** | **---** | **G** | **---** | **K** | **---** | **M** | | cр.30000K |  | ср.15000K |  | ср.8500K |  | ср.6600К |  | ср.5500К |  | ср.4100К |  | ср.2800К | | Порядок спектров можно запомнить по терминологии: = *Один бритый англичанин финики жевал как морковь*= | | | | | | | | | | | | | | Солнце – G2V (V – это классификация по светимости - т.е. последовательности). Эта цифра добавлена с 1953 года. | Таблица 13 – там указаны спектры звезд |. | | | | | | | | | | | | | | |
|  | |
| ***5. Химический состав звезд*** | |
| Определяется по спектру (интенсивности фраунгоферовых линий в спектре).Разнообразие спектров звезд объясняется прежде всего их разной температурой, кроме того вид спектра зависит от давления и плотности фотосферы, наличием магнитного поля, особенностями химического состава. Звезды состоят в основном из водорода и гелия (95-98% массы) и других ионизированных атомов, а у холодных в атмосфере присутствуют нейтральные атомы и даже молекулы. | |
|  | |
| ***6. Светимость звезд*** | |
| Звезды излучают энергию во всем диапазоне длин волн, а светимость **L=σ T44πR2**- общая мощность излучения звезды. L = 3,876\*1026Вт/с. В 1857г **Норман Погсон** в Оксфорде устанавливает  формулу  **L1/L2=2,512М2-М1**. Сравнивая звезду с Солнцем, получим формулу **L/L****=2,512 М****-М** , откуда логарифмируя получим **lgL=0,4 (M** **-M)**  Светимость звезд в большинстве 1,3.10-5L<L<5.105L .  Большую светимость имеют звезды-гиганты, звезды малой светимости - звезды-карлики. Наибольшей светимостью обладает голубой сверхгигант - звезда Пистолет в созвездии Стрельца - 10000000 L! Светимость красного карлика Проксимы Центавра около 0,000055 L. | |
|  | |
| ***7. Размеры звезд***  ***-*** существует несколько способов их определения: | |
| **1)** Непосредственное измерение углового диаметра звезды (для ярких ≥2,5m, близких звезд, >50 измерено) с помощью интерферометра Майкельсона. Впервые измерен угловой диаметр α Ориона- Бетельгейзе 3декабря 1920г =  **Альберт Майкельсон**  и **Франсис Пиз**. **2)** Через светимость звезды **L=4πR2σT4**в сравнении с Солнцем. **3)** По наблюдениям затмения звезды Луной определяют угловой размер, зная расстояние до звезды. | |
| *По своим размерам, звезды делятся (*название: карлики, гиганты и сверхгиганты ввел **Генри Рессел** в 1913г, а открыл их в 1905г **Эйнар Герцшпрунг**, введя название "белый карлик"), введены с 1953 годана:   * + - * + Сверхгиганты  (I)         + Яркие гиганты  (II)         + Гиганты    (III)         + Субгиганты   (IV)         + Карлики главной последовательности  (V)         + Субкарлики   (VI)         + Белые карлики   (VII)        Размеры звезд колеблются в очень широких пределах от 104 м до 1012 м. Гранатовая звезда m Цефея имеет диаметр 1,6 млрд. км; красный сверхгигант e Возничего А имеет размеры в 2700R - 5,7 млрд. км! Звезды Лейтена и Вольф-475 меньше Земли, а нейтронные звезды имеют размеры 10 - 15 км. | |
| ***8. Масса звезд*** - одна из важнейших характеристик звезд, указывающая на ее эволюцию, т.е. определяет жизненный путь звезды. | |
| *Способы определения:*  1. Зависимость масса-светимость, установленная астрофизиком **А.С. Эддингтон** (1882-1942, Англия). **L≈m3,9** for  2. Использование 3 уточненного закона Кеплера, если звезды физически двойные (§26)  Теоретически масса звезд 0,005M (предел Кумара 0,08M)<M<150M, причем маломассивных звезд существенно больше, чем тяжеловесных, как по количеству, так и по общей доле заключенного в них вещества (M=1,9891×1030кг (333434 масс Земли)≈2.1030кг). | |
| Самые легкие звезды с точно измеренной массой находятся в двойных системах. В системе Ross 614 компоненты имеют массы 0,11 и 0,07 M. В системе Wolf 424 массы компонентов составляют 0,059 и 0,051 M. А у звезды LHS 1047 менее массивный компаньон весит всего 0,055 M.       Обнаружены "коричневые карлики" с массами 0,04 - 0,02 M. | |
| ***9. Плотность звезд*** - находится **ρ=М/V=M/(4/3πR3)** | |
| Хотя массы звезд имеют меньший разброс, чем размеры, но плотности их сильно различаются. Чем больше размер звезды, тем меньше плотность. Самая маленькая плотность у сверхгигантов: Антарес (α Скорпиона) ρ=6,4\*10-5кг/м3,  Бетельгейзе (α Ориона) ρ=3,9\*10-5кг/м3.Очень большие плотности имеют белые карлики: Сириус В  ρ=1,78\*108кг/м3.  Но еще больше средняя плотность нейтронных звезд. Средние плотности звезд изменяются в интервале от 10-6 г/см3 до 1014 г/см3 - в 1020 раз! | |
|  | |
| [***Самые-самые звезды***](http://astro.websib.ru/Met/tem-4/Urok24/rekord.html)***.*** | |
|  | |
| **II. Закрепление материала:** | |
| 1. **Задача 1**: Светимость Кастора (*а* Близнецы) в 25 раз превосходит светимость Солнца, а его температура 10400К. Во сколько раз Кастор больше Солнца? 2. **Задача 2**: Красный гигант в 300 раз превосходит Солнце по размеру и в 30 раз по массе. Какова его средняя плотность? 3. Используя таблицу классификации звезд (ниже) отметить, как изменяются с увеличением размера звезды ее параметры: масса, плотность, светимость, время жизни, число звезд в Галактике | |
| |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Классы звезд | Массы М | Размеры R | Плотность г/см3 | Светимость L | Время жизни, лет | % общего числа звезд | | Ярчайшие сверхгиганты | до100 | 103–104 | <0,000001 | >105 | 105 | <0,000001 | | Сверхгиганты | 50–100 | 102–103 | 0,000001 | 104–105 | 106 | 0,001 | | Яркие гиганты | 10–100 | > 100 | 0,00001 | > 1000 | 107 | 0,01 | | Нормальные гиганты | до 50 | > 10 | 0,0001 | > 100 | 107–108 | 0,1 - 1 | | Субгиганты | до 10 | до 10 | 0,001 | до 100 | 108–109 |  | | Нормальные звезды | 0,005-5 | 0,1-5 | 0,1-10 | 0,0001-10 | 109–1011 | до 90 | | - белые | до 5 | 3–5 | 0,1 | 10 | 109 | | - желтые | 1 | 1 | 1,5 | 1 | 1010 | | - красные | 0,005 | 0,1 | 10 | 0,0001 | 1011–1013 | | Белые карлики | 0,01–1,5 | до 0,007 | 103 | 0,0001 | до 1017 | до 10 | | |

**Домашнее задание:** составление презентации по одной из характеристик звезд.