**Задачи муниципального этапа по астрономии 2022-2023**

**7-8 класс**

**Рекомендуемое в приказе время проведения олимпиады 90 минут.**

**Максимальное количество баллов за олимпиаду в 7-8 классе 32**

**Предлагается 4 задания.**

**1. Условие**. Назови созвездия и звезды, которые узнал на прилагаемой звездной карте - Рис. 1.



*Рис. 1. Звездная карта.*

Придумай сам, какой фигурой объединил бы звезды в свое новое созвездие.

**1. Решение.**

В первую очередь следует назвать созвездия Лебедь, Лира и Орел, и входящие в них звезды Большого летне-осеннего треугольника — Денеб, Вега, Альтаир. Затем могут быть названы созвездия Дельфин, Стрела и Лисичка.



*Рис. 1. Звездная карта с нанесенными на нее контурами созвездий*

**1. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **10**. За каждое названное созвездие (Лебедь, Лира, Орел, Лисичка, Стрела, Дельфин) – 1 балл, всего 6 баллов. За указание того, что Вега, Денеб, Альтаир образуют большой летний треугольник – 1 балл. За рисунок своего созвездия – 3 балла.

2. **Условие.** Помоги марсианам! Составь для них календарь, месяцы которого состоят **только** из 30 и 31 дня и определи необходимую частоту високосных годов. Марсианские сутки длятся 24 часа 39 мин 35.2 сек, марсианский сидерический год - 686.98 земных суток.

**2. Решение.**

Земные сутки содержат 24 часа, что равно  секунд.

Марсианские сутки длятся 24 час 39 мин 35.2 сек, что равно  секунд.

Марсианский сидерический год содержит 686.98 земных суток, что равно  секунды.

Тогда марсианский год содержит  марсианских суток (соло).

Дальше можно рассуждать, например, так. Из целых суток будем формировать месяцы длительностью 30 и 31 день. А из 0.6 суток будут накапливаться дополнительные дни для високосного года: сразу видно, что за 5 лет накопится 3 дня, поэтому каждые пять лет может быть високосный год с тремя дополнительными соло (или применить счет «пятилетками», в которых каждый первый, третий и пятый год считать високосным).

668 суток делится на месяцы так: всего можно применить 22 месяца, 8 из них должны содержать по 31 соло. Последовательность месяцев из 30 и 31 дня может быть произвольной.

**2. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **8**.

Расчет количества марсианских суток (соло) - 3 балла.

расчет частоты високосных годов и дополнительных соло в них- 2 балла,

расчет общего количества месяцев - 1 балл,

расчет количества месяцев, содержащих по 31 соло - 2 балла.

**3. Условие**. Насколько больше проницающая способность телескопа Дж. Уэбба, имеющего 18 зеркал общей площадью  по сравнению с телескопом Хаббла, диаметр зеркала которого .

**3. Решение.**

Площадь зеркала телескопа Хаббла .

Световой поток, собираемый зеркалом, пропорционален его площади **S.**

Применив формулу Погсона, получим



Ответ: проницающая способность телескопа увеличилась на две звездные величины.

**3. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **8**. Оценка площади зеркала телескопа Хаббла - 2 балла. За вывод, что световой поток, собираемый зеркалом, пропорционален его площади S - 2 балла. Применение формулы Погсона - 3 балла, правильно вычисленный ответ - 1 балл.

**4. Условие**. До какой максимальной дальности  человеческий глаз может определять расстояние? Разрешение глаза  угловой минуте, а межзрачковое расстояние .

**4. Решение.**

Применив метод параллактического смещения, определим расстояние

,  должно выражаться в радианах.





Ответ: 200 м.

**4. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **6**. Формула расстояния - 2 балла, правильно выполненные расчеты - 4 балла.

**9 класс**

**Предлагается 6 заданий.**

**Рекомендуемое в приказе время проведения олимпиады 120 минут.**

**Максимальное количество баллов за олимпиаду в 9 классе 45.**

**1. Условие**. Рассчитайте риски космической миссии. Если фрагмент космического мусора повредил бы один из восемнадцати сегментов зеркала составного объектива космического телескопа им. Дж Уэбба, насколько упала бы его проницающая способность в звездных величинах?

**1. Решение.**

Световой поток, собираемый зеркалом, пропорционален его площади **S.** Соответственно, потоки будут пропорциональны: в случае целого зеркала , с поврежденным сегментом .

Воспользуемся формулой Погсона

.

или 

Ответ: возможности телескопа упадут примерно на 0.1 звездной величины.

**1. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **6**. Указание, что световой поток, собираемый зеркалом, пропорционален его площади - 2 балла, правильная запись формулы Погсона - 2 балла, правильные вычисления – 2 балла.

**2.Условие**. Во сколько раз глубже во Вселенную позволит заглянуть телескоп имени Дж Уэбба, имеющий 18 зеркал общей площадью S=25.4м2  по сравнению с телескопом имени Хаббла, диаметр зеркала которого D=2.4м.

**2. Решение.**

Площадь зеркала телескопа Хаббла .

Следовательно, телескоп Уэбба собирает света в  больше.

Но так как поток ослабевает пропорционально квадрату расстояния, то получим увеличение расстояния .

Ответ: Дж. Уэбб может исследовать объекты, находящиеся в 2.4 раза дальше.

**2. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **4**. Оценка площади зеркала Хаббла - 1 балл.

Оценка во сколько раз телескоп Уэбба собирает больше света – 1 балл.

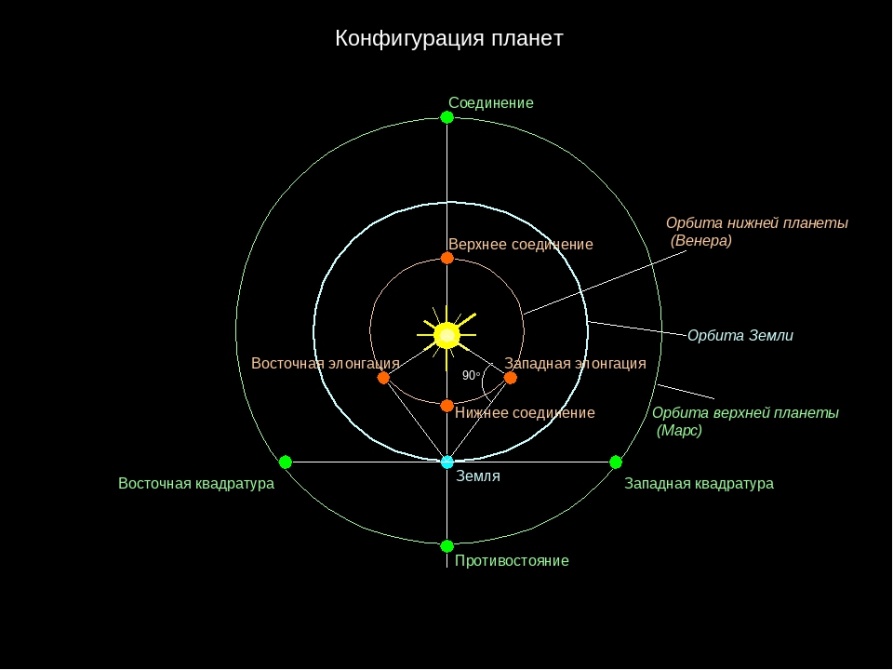
Указание, что поток ослабевает пропорционально квадрату расстояния – 1 балл.

Оценка увеличения расстояния – 1 балл

**3. Условие**.

Управляющий марсоходом оператор посылает аппарату радиосигнал и ждет ответа о принятой и исполненной команде, чтобы послать следующую команду. Каково время ожидания, когда Марс находится в противостоянии и когда в соединении? Из наблюдений установлено, что синодический период обращения Марса равен .

**3. Решение.**



*Рис. Конфигурации планет.*

Определим сидерический период обращения Марса , поскольку именно он используется в законе Кеплера.

Для внешней планеты имеем

, отсюда .

По закону Кеплера вычисляем полуось марсианской орбиты



Отсюда 

Тогда минимальное расстояние, в противостоянии с Землей, будет

,

а максимальное, в соединении, 

Вычислим время двойного прохождения луча:

в первом случае ;

во втором случае .

Следует отметить, что в соединении Марс будет находиться за Солнцем и в это время радиосвязь с ним будет затруднена или даже невозможна.

Ответ: время ожидания в противостоянии – 8.7 мин, в соединении – 42 мин.

**3. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **10**.

Формула сидерического периода обращения Марса – 3 балла.

Числовая оценка сидерического периода обращения Марса – 2 балла.

Правильная запись закона Кеплера – 1 балл.

Вычисление полуоси марсианской орбиты – 1 балл.

Вычисление минимального расстояния, в противостоянии с Землей – 1 балл.

Вычисление максимального расстояния, в соединении с Землей – 1 балл.

Вычисление времени двойного прохождения луча в двух случаях – 1 балл.

**4. Условие**. Звезда Денеб находится на расстоянии 1412 св. лет и имеет видимую звездную величину 1.25. Определить во сколько раз Денеб превосходит по светимости Солнце.

**4. Решение.**

Чтобы определить, во сколько раз Денеб превосходит Солнце по светимости, надо обе звезды расположить на одинаковом расстоянии и сравнить получаемые от них потоки энергии. Вычислим абсолютную звездную величину Денеба.

 (здесь использовалось, что 1св. год =0.3пк)



Сравним получаемые потоки от звезды и от Солнца, используя закон Погсона

 (раз)

Ответ: светимости Денеба и Солнца отличаются почти в **50000** раз.

**4. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи - **6**. Вычисление абсолютной звездной величины Денеба - 3 балла. Сравнение получаемых потоков от звезды и от Солнца, используя закон Погсона - 3 балла.

**5. Условие.** Юпитер вступил в противостояние в день осеннего равноденствия. Нарисовать схему расположения Земли, Юпитера, узлов орбиты. Каковы его экваториальные координаты? Когда наступит следующее противостояние? Как изменятся при этом его экваториальные координаты?

**5. Решение.**



*Рис. Расположение Солнца, Земли и Юпитера в противостоянии*

*в день равноденствий.*

В день осеннего равноденствия Солнце находилось на небесной сфере в нисходящем узле эклиптики с координатами: прямое восхождение 12 часов, склонение 00.

Юпитер в противостоянии находился в противоположной точке - в восходящем узле эклиптики с координатами: прямое восхождение 0 часов, склонение 00.

Юпитер - внешняя планета и его следующее противостояние произойдет через синодический период , определяемый через сидерические периоды Земли  и Юпитера  по формуле





Следующее противостояние произойдет, примерно, на месяц позже дня осеннего равноденствия. За это время Солнце переместится по эклиптике против часовой стрелки в сторону положения дня зимнего солнцестояния, прямое восхождение будет уменьшаться, склонение - увеличивать отрицательное значение.

Юпитер в противоположной точке уйдет из точки весеннего равноденствия, увеличив прямое восхождение, примерно, на 0.1 окружности эклиптики, т. е. на 2.4 часа, а склонение увеличит положительное склонение.

**5. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **12**.

Изображение расположения Солнца, Земли и Юпитера в противостоянии в день равноденствий - 2 балла.

Указание координаты Солнца в день осеннего равноденствия - 2 балла.

Указание координат Юпитера в противостоянии - 2 балла.

Определение времени следующего противостояния Юпитера через нахождение синодического периода - 3 балла.

Определение экваториальных координат Юпитера в момент следующего противостояния – 3 балла.

**6. Условие.** Белый карлик имеет массу  ( - масса Солнца), светимость  (-светимость Солнца) и температуру поверхности . Во сколько раз его средняя плотность выше солнечной?

**6. Решение.**

Светимость звезды по закону Стефана-Больцмана равна , откуда отношение радиусов белого карлика  к радиусу Солнца 



Тогда отношение плотности карлика  к плотности Солнца .



Ответ: Плотность карлика в 1.5 миллиона раз выше плотности Солнца.

**6. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **7**.

Запись закона Стефана-Больцмана – 1 балл.

Выражение для отношения радиусов белого карлика к радиусу Солнца - 2 балла.

Вычисление отношения радиусов белого карлика к радиусу Солнца - 1 балл.

Выражение для отношения плотности карлика к плотности Солнца - 2 балла.

Вычисление отношения плотности карлика к плотности Солнца - 1 балл.

**10 класс**

**Предлагается 6 заданий.**

**Рекомендуемое в приказе время проведения олимпиады 120 минут.**

**Максимальное количество баллов за олимпиаду в 10 классе - 56.**

**1. Условие**. Какой из космических телескопов имеет лучшее угловое разрешение: гигантский телескоп имени Джеймса Вебба или телескоп имени Хаббла? Телескоп Дж Вебба состоит из 18 зеркал общим диаметром 6.5 метров и работает в диапазоне от 0.6 до 28.5 мкм, а зеркало телескопа Хаббла имеет диаметр 2.4 метра и работает в диапазоне 0.11-2.4 мкм.

**1. Решение.**

Разрешающая способность – минимальный угол между двумя звездами, видимыми раздельно. В фокальной плоскости телескопа наблюдается дифракционное изображение звезды, угловой размер которого следует из соотношения

.

В угловых секундах  или .

Тогда для телескопа Д. Вебба

на ближней границе рабочего диапазона ,

на дальней границе рабочего диапазона .

Для телескопа Хаббла

на ближней границе рабочего диапазона ,

на дальней границе рабочего диапазона .

Телескопа Хаббла на ближней границе рабочего диапазона дает в два раза меньший кружок рассеяния, разрешение выше в два раза, а на дальней границе рабочего диапазона разрешение лучше даже в четыре раза.

**1. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **8**.

Определение разрешающей способности - 1 балл.

Формула для углового размера дифракционного изображения – 3 балла.

Угловое разрешение для телескопа Д. Вебба на ближней границе рабочего диапазона - 1 балл.

Угловое разрешение для телескопа Д. Вебба на дальней границе рабочего диапазона - 1 балл.

Угловое разрешение для телескопа Хаббла на ближней границе рабочего диапазона - 1 балл.

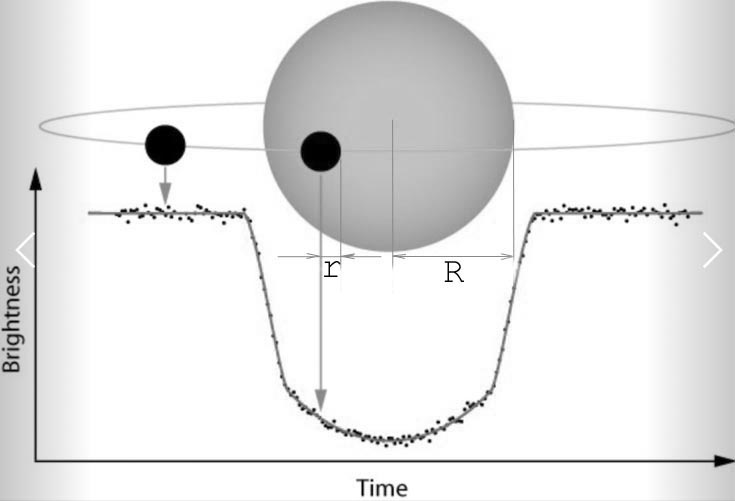
Угловое разрешение для телескопа Хаббла на дальней границе рабочего диапазона - 1 балл.

**2. Условие**. При наблюдении звезды, которая по своим физическим характеристикам похожа на Солнце, обнаружено падение ее светимости на 0.1% в течение 5 часов, вызванное обращением экзопланеты вокруг звезды. Считая, что орбита экзопланеты круговая, и прохождение состоялось через центр диска звезды, найти размер планеты, расстояние между планетой и звездой, продолжительность года на экзопланете. Можно ли предположить существование на ней органической жизни?

**2. Решение.**

Экзопланета проецируется на диск звезды с большого расстояния. Поэтому считаем, что соотношение видимых размеров экзопланеты и звезды одинаково соотношению их истинных размеров. Нарисовать схему прохождения экзопланеты. А площади относятся как квадраты радиусов.

Светимость звезды .

Определим радиус экзопланеты в единицах Солнца (звезда, по условию, солнечного типа).

, отсюда



*(для сравнения, радиус Земли равен 0.01 радиуса Солнца)*

Время прохождения  является временем пересечения диаметра диска звезды  (равного диаметру Солнца), откуда скорость .

Так как орбита экзопланеты круговая, то можем считать ее скорость равной первой космической. Применяя формулу для первой космической скорости, можем найти размер орбиты экзопланеты





-масса звезды, равная солнечной 

- радиус звезды, равный солнечному,  - высота орбиты



*Получаем удаление экзопланеты от поверхности звезды h равным*

**

*Для сравнения, орбита Меркурия равна 0.39 а.е.*

Определить продолжительность года на экзопланете можно двумя способами.

способ 1

Продолжительность года  на экзопланете определится как длина окружности – ее орбиты, деленная на скорость



способ 2

Продолжительность года T на экзопланете возможно определить по третьему закону Кеплера

Поскольку , при этом массы Солнца и рассматриваемой звезды считаем одинаковыми, значит, можно сравнивать системы Земля-Солнце и звезда-экзопланета.

, отсюда



Теперь ответим на вопрос можно ли предположить существование на рассматриваемой экзопланете органической жизни?

Размер планеты подобен размерам планет земной группы (не газовый гигант), можно предположить наличие твердой поверхности. Поток падающей на нее энергии изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния от звезды. Экзопланета находится от звезды почти в 7 раз ближе, чем Земля от Солнца, то есть на нее обрушивается поток энергии приблизительно в 50 раз превосходящий приходящий на Землю. Существование органической жизни при таких температурных условиях невозможно.

**2. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 17.

Схема прохождения планеты по диску звезды - 1 балл.

Вывод, что соотношение видимых размеров экзопланеты и звезды одинаково соотношению их истинных размеров, а площади относятся как квадраты радиусов. - 2 балла.

Формула светимости звезды - 1 балл.

Определение радиуса экзопланеты в единицах Солнца - 2 балла.

Определение скорости экзоплантеты- 2 балла.

Определение размера орбиты экзопланеты - 2 балла.

Определение удаления экзопланеты от поверхности звезды - 2 балла.

Определение продолжительности года на экзопланете - 2 балла.

Определение существования органической жизни на экзопланете - 3 балла.

**3. Условие.**

Звезда Арктур, находясь на расстоянии 36.7 световых лет, занимает второе место по скорости перемещения относительно звезд на небесной сфере, после звезды Летящая Барнарда. Измерения установили смещение Арктура на небесной сфере по прямому восхождению  и по склонению  при радиальной скорости . Найти полную пространственную скорость Арктура в километрах в секунду.

**3. Решение.**



*Рис. Наблюдение звезды с Земли*

В градусной мере в секундах дуги вычисляем полное смещение за год по теореме Пифагора



*1 св. год = 63241 а.е.*

На расстоянии D = 36.7 св. лет, *1 год =31536000 сек,* полная скорость  в км/сек



Вычисляем полную скорость V в км/сек.



Ответ: Полная скорость Арктура 123.3 км/c

**3.** **Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **8**.

Схема наблюдения звезды с Земли – 2 балла.

Определение полного смещения звезды за год – 3 балла.

Определение полной скорости – 3 балла.

**4. Условие.** Вокруг звезды вращается экзопланета с периодом . Но звезда вспыхнула, сбросила оболочку и из красного сверхгиганта превратилась в белого карлика. Наблюдения позволяют предположить, что экзопланета не пострадала, ее орбита не претерпела изменений размеров, но период обращения вокруг звезды увеличился и стал равным .

Определить, какая масса звезды была сброшена оболочкой.

**4. Решение.**

Воспользуемся третьим законом Кеплера.

, так как ,

пренебрегаем массой экзопланеты, имеем

, 

Итак, оболочкой сброшено 0.15 массы первоначальной звезды.

Ответ: оболочкой сброшено 0.15 массы первоначальной звезды.

**4.** **Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **4**.

Формулировка третьего закона Кеплера - 2 балла

Определение массы звезды после сброса оболочки - 2 балла

**5. Условие.**

Новолуние произошло в день осеннего равноденствия.

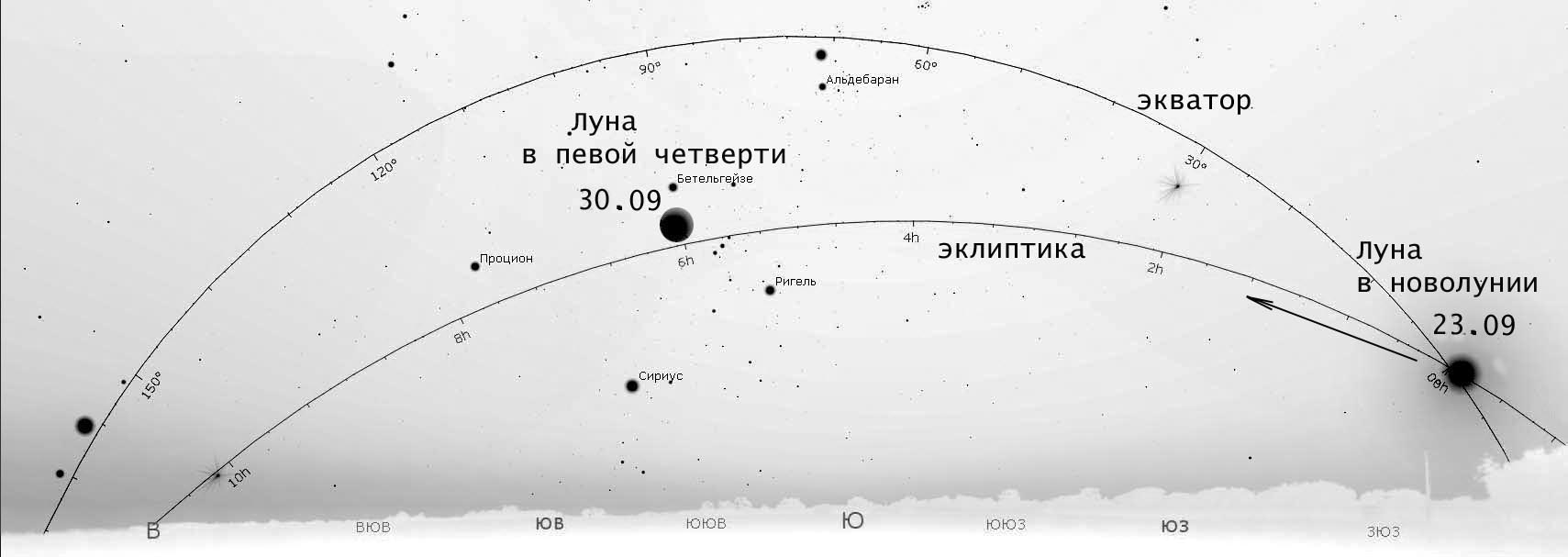
На какой высоте будет кульминировать Луна в день достижения ею первой четверти в пункте с географической широтой φ?

Найдите высоту Луны также для случая, когда новолуние состоялось в день весеннего равноденствия.

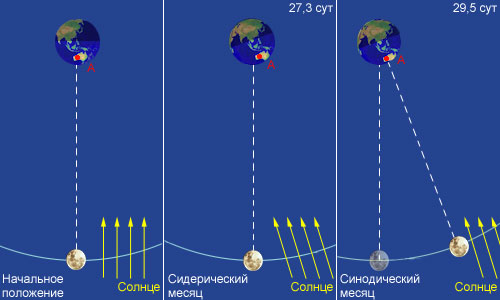
Как будет влиять на высоту Луны наклонение ее орбиты к плоскости эклиптики?

**5. Решение.**

Новолуние произошло в день осеннего равноденствия и примерно через семь дней Луна достигнет фазы первой четверти — Рис. 1.

*Рис. 1. Осеннее равноденствие.*

Так как Луна совершает один оборот вокруг Земли примерно за 27,3 дня – сидерический месяц, то она, аналогично Солнцу, совершает полный круг по эклиптике, двигаясь против часовой стрелки со скоростью ~ 13 градусов в сутки. Но в задаче речь идет о фазах Луны, которые зависят от взаимного положения не только Земли и Луны, но и Солнца. Поэтому в данной задаче надо использовать именно синодический месяц, примерно 29 дней, и считать полные обороты Луны относительно Солнца (Рис.2).



*Рис 2. Продолжительность синодического и сидерического лунного месяца.*

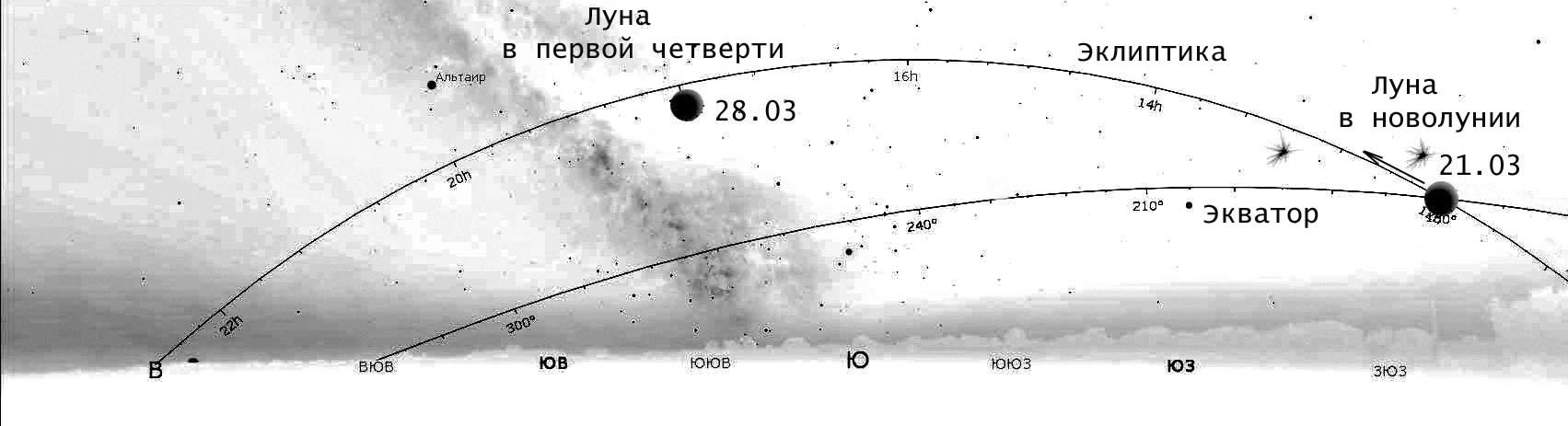
Поскольку после прохождения нисходящего узла линия эклиптики будет отходить от экватора в отрицательную область экваториальной системы координат-Рис. 1, то Луна по мере роста будет увеличивать свое отрицательное склонение. Ее склонение **δ** будет изменяться от 00 в день осеннего равноденствия до -23.5 0 к фазе первой четверти.

Следовательно, высота Луны в верхней кульминации **h** в этом случае определится по формуле:



Для случая новолуния в день весеннего равноденствия Луна, следуя по эклиптике из точки восходящего узла, будет отодвигаться от экватора в положительную область склонений — Рис. 3 и с ростом Луны ее склонение будет увеличиваться от 00 до 23.50 .

h = 90 - φ + δ .

*Рис. 3. Весеннее равноденствие.*

Так как плоскость орбиты Луны не совпадает с плоскостью орбиты Земли, а наклонена к ней примерно под углом 50, то Луна не будет двигаться строго по эклиптике, а будет отклоняться от нее в ту или другую сторону на 50. Это явление оказывает дополнительное влияние на высоту Луны.

**4.** **Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **11**.

Указание, что в данной задаче надо использовать именно синодический месяц – 3 балла.

Расчет высоты кульминации Луны – 2 балла.

Указание, что после прохождения нисходящего узла линия эклиптики будет отходить от экватора в отрицательную область экваториальной системы координат – 2 балла.

Указание, что Луна, следуя по эклиптике из точки восходящего узла, будет отодвигаться от экватора в положительную область склонений – 2 балла.

Описание влияния на высоту Луны наклонения ее орбиты к плоскости эклиптики – 2 балла.

**6. Условие.**

Звезда A вдвое горячее, вдвое дальше и выглядит на две звездные величины ярче, чем звезда B. Найдите соотношение размеров звезд. Межзвездное поглощение не учитывать.

**6. Решение.**

Звезда А выглядит на 2 зв. величины ярче, чем звезда В. Cледовательно, отношение видимых потоков световой энергии звезд .

Принимаемые световые потоки  пропорциональны светимостям звезд и по закону Стефана-Больцмана  имеем отношение радиусов звезд

****

Ответ: 

**6. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **8**.

Отношение видимых потоков световой энергии звезд – 2 балла.

Принимаемые световые потоки пропорциональны светимостям звезд – 2 балла.

Запись закона Стефана-Больцмана – 2 балла.

правильная зависимость для отношения радиусов – 1 балл.

правильный числовой ответ – 1 балл.

**11 класс**

**Предлагается 6 заданий.**

**Рекомендуемое в приказе время проведения олимпиады 120 минут.**

**Максимальное количество баллов за олимпиаду в 11 классе 64.**

**1. Условие.**

Земля, освещаемая и обогреваемая Солнцем, находится в «поясе жизни» на расстоянии, равном 1 а.е., где тепловой поток энергии достаточен для возникновения и существования органической жизни.

Какого размера выглядит звезда Бетельгейзе для возможных жителей экзопланеты, находящейся в «поясе жизни» этой звезды?

Температура звезды Бетельгейзе 3500 К, радиус равен 800 радиусов Солнца.

Температура Солнца = 5800 К.

**1. Решение.**

Светимость звезды определяется формулой .

Найдем, во сколько раз светимость звезды Бетельгейзе  превосходит солнечную светимость .



Следовательно, на расстоянии 1 а.е. экзопланета получает поток энергии почти в 80 тысяч раз превосходящий земной в «поясе жизни». Чтобы его ослабить, следует удалиться на соответствующее расстояние. Так как интенсивность светового потока убывает обратно пропорционально квадрату расстояния, то найдем необходимое расстояние D как



Таким образом, температурные условия жизни на экзопланете будут близки к земным примерно на расстоянии в 290 раз большем, чем расстояние от Земли до Солнца.

Угловой радиус Солнца на небе .

Угловой радиус Бетельгейзе для ее планетян 

Ответ: Для жителей экзопланеты у звезды Бетельгейзе на небе будет виден оранжевый шар почти в три раз превосходящий по размеру наше Солнце.

4. **Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **9**.

Формула светимости звезды – 1 балл.

Оценка во сколько раз светимость звезды Бетельгейзе превосходит солнечную светимость – 3 балла.

Нахождение необходимого расстояния, на котором планета окажется в зоне жизни – 3 балла.

Вычисление углового радиуса Бетельгейзе – 2 балла.

**2. Условие.**

Наблюдения установили, что яркость цефеиды меняется от 3.6 зв. величин в максимуме блеска до 4.2 зв. величины в минимуме. При этом изменяется температура: от 5400К в максимуме до 4800К в минимуме. Определить, во сколько изменился радиус цефеиды.

**2. Решение.**



Освещённость численно равна световому потоку, падающему на участок поверхности единичной площади:



Cветовой поток от звезды пропорционален ее общей светимости



Найдем изменения светового потока в относительных единицах.



Светимость звезды определяется формулой

, откуда радиус звезды 

Следовательно,

 - незначительное изменение радиуса влияет на яркость звезды!!!

**2. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **9**.

Формула освещённости - 2 балла.

Указание связи освещенности и светового потока – 1 балл.

Вывод о пропорциональности светового потока от звезды ее общей светимости– 1 балл.

Нахождение изменения светового потока – 2 балла.

Выражение для радиуса звезды – 2 балла.

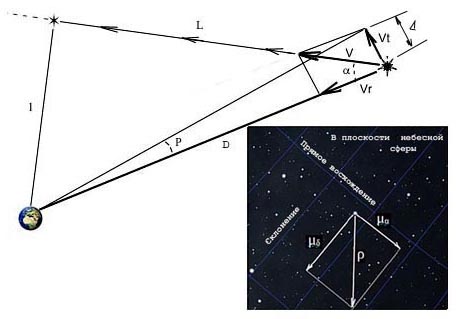
Нахождение изменения радиуса – 1 балл.

**3. Условие.**

В созвездии Орион на расстоянии 400 св. лет от Земли находится гигантская звезда Бетельгейзе (альфа Ориона), имеющая яркость 0.4 зв. вел, приближающаяся к нам с радиальной скоростью 29.1 км/сек, причем смещение в картинной плоскости в направлении часовых углов составляет , а по оси склонения . На каком кратчайшем расстоянии от Земли и через сколько лет пролетит Бетельгейзе?

Как будет выглядеть звезда (яркость в звездных величинах)?

**3. Решение.**



*Рис. Картинная плоскость процесса*

Найдем полную (в картинной плоскости) величину собственного движения звезды в угловых секундах 



Известное расстояние до звезды в километрах  и угловое смещение  позволяют вычислить величину перемещения звезды в пространстве  в километрах за год, а затем найти тангенциальную  скорость движения звезды в км/сек





Здесь учтено, что

*1 св.год = 63 241 а.е.*

*1 год =31536000 сек*

и тогда полная пространственная скорость  в километрах



Из подобия треугольников (один угол общий, другой - прямой)

следует соотношение , отсюда .

При скорости , равной 33.2 км/сек, на это потребуется время .



За это время Бетельгейзе пролетит из нынешнего положения в точку сближения с Землей.

Расстояние в момент сближения  найдем из соотношения

, отсюда 

Найдем изменение яркости, обратно пропорциональное квадратам расстояний

, отсюда 

Отсюда 

Ответ: звезда Бетельгейзе пройдет примерно в 2 раза ближе к Земле на расстоянии 209 световых лет и будет ярче на 1 звездную величину, т.е. .

**3. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **14**.

Построение чертежа процесса в картинной плоскости - 2 балла.

Нахождение полной (в картинной плоскости) величины собственного движения звезды - 2 балла.

Нахождение тангенциальной скорости движения - 2 балла.

Нахождение полной пространственной скорости - 2 балла.

Нахождение кратчайшего расстояния прохождения Бетельгейзе от Земли - 2 балла.

Нахождение через сколько лет пролетит Бетельгейзе - 2 балла.

Нахождение яркости Бетельгейзе- 2 балла.

**4. Условие.**

Вокруг звезды вращается экзопланета с периодом . Но звезда вспыхнула, сбросила оболочку и из красного сверхгиганта превратилась в белого карлика. Наблюдения позволяют предположить, что экзопланета не пострадала, ее орбита не претерпела изменений размеров, но период обращения вокруг звезды увеличился и стал равным.

Определить, какая масса звезды была сброшена оболочкой.

**4. Решение.**

Воспользуемся третьим законом Кеплера.

, так как ,

пренебрегаем массой экзопланеты, имеем

, 

Итак, оболочкой сброшено 0.15 массы первоначальной звезды.

Ответ: оболочкой сброшено 0.15 массы первоначальной звезды.

**4. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **6**.

Запись третьего закона Кеплера - 2 балла.

Нахождение массы, сброшенной звездой - 4 балла.

**5. Условие.**

В двойной системе звезд **γ** (гамма) Андромеды, находящейся от нас на расстоянии *D=355 св. лет*, один из компонентов, γ2, в свою очередь, является двойной звездой. Эта пара состоит из двух звезд спектрального класса К3 (температура 4500К) с блеском  и . Удалось также определить период их орбитального движения *T= 61 год* и угловое расстояние  друг от друга. Найдите массы и размеры этих звезд.



*Рис. Гамма Андромеды. В телескоп отчётливо видны два компонента звёздной системы - более яркий, оранжевого цвета, и отстоящий от него на 10 угловых секунд голубой, менее яркий компонент.*

5. Решение.



*Рис. Движение компонентов двойной звезды*

Найдем расстояние между компонентами  при известном расстоянии  и угловом размере .

*,* отсюда *, * в радианах*.*



Найдем суммарную массу звезд , используя третий закон Кеплера. . Возьмем, для сравнения, систему Солнце-Земля, обозначим , затем пренебрежем массой Земли по сравнению с массой Солнца.



Вычислим соотношение светимостей звезд по величине видимого блеска звезд



По отношению светимостей найдем отношение радиусов

, так как температуры звезд одинаковы, имеем 

В предположении одинаковости строения звезд разделим пропорционально объему каждой звезды суммарную массу 





, .

Найдем абсолютные величины звезд

*1св.год =0.3 пк. 355св лет =106.5 пк*







Сравнивая абсолютные значения звезд и Солнца (), получим отношения световых потоков и, следовательно, светимостей звезд.





Найдем радиусы звезд.

, отсюда 





Ответ:

первая звезда: , ;

вторая звезда: **,** .

**5**. **Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **18**.

Чертеж движения компонентов звезды вокруг центра масс – 2 балла.

Нахождение расстояния между компонентами двойной звездной системы – 2 балла.

Нахождение суммарной массы звезд – 4 балла.

Вычисление соотношения светимостей звезд по величине видимого блеска звезд – 2 балла.

Вывод формулы отношения радиусов звезд двойной системы – 2 балла.

Нахождение массы каждой звезды – 2 балла.

Оценка светимостей звезд – 2 балла.

Оценка радиусов звезд – 2 балла.

**6. Условие.**

На темном летне-осеннем небе в созвездии Геркулес можно разглядеть невооруженным глазом туманное пятнышко 5.8 зв. величины — шаровое скопление звезд М13. В телескоп по краям можно разглядеть отдельные звезды 9.5 зв. величины. Определить, сколько звезд содержится в шаровом скоплении. Считать, что все звезды скопления солнечного типа. (Учесть, что не существует звезд ярче по абсолютной величине, чем ).

**6. Решение.**

Определим расстояние до скопления  (в парсеках). Предположим, что звезды с  мы наблюдаем как звезды с . Воспользуемся формулой .

, отсюда  (хотя  можно не вычислять, в дальнейшем нам понадобится ).

Найдем абсолютную звездную величину шарового скопления



Перейдем от разницы в звездных величинах шарового скопления и Солнца к отношению светимостей и узнаем, какое количество Солнц может заменить шаровое скопление.



Скопление состоит почти из четверти миллиона Солнц.

Ответ: шаровое скопление состоит из примерно 250000 звезд типа Солнца.

**6. Система оценивания**. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **8**.

Запись формулы Погсона - 2 балла.

Вычисление расстояния до скопления - 2 балла.

Найдем абсолютную звездную величину шарового скопления - 2 балла.

Оценка светимости шарового скопления - 2 балла.