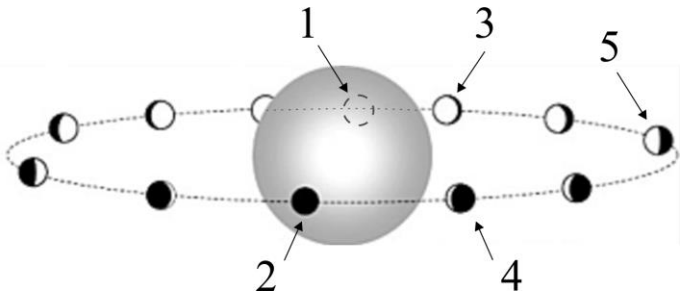
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
АСТРОНОМИЯ. 2026–2027 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС

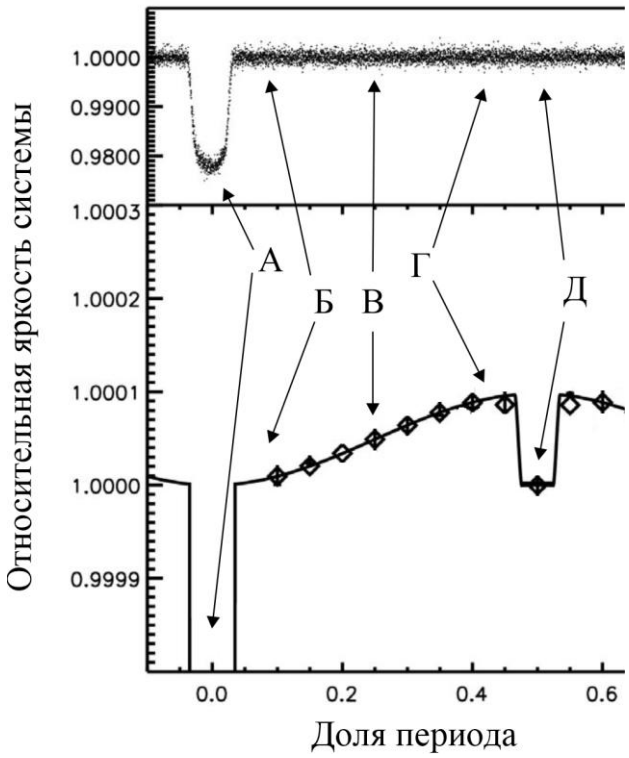
Максимальный балл за работу – 120.

Задания 1-2. Вариант 1.

На рисунке представлена схема движения экзопланеты по круговой орбите вокруг звезды.



На графиках показано изменение количества света, регистрируемого от системы звезда + планета на Земле. Оба графика представляют собой одни и те же данные, изображённые в разных масштабах по оси Y.



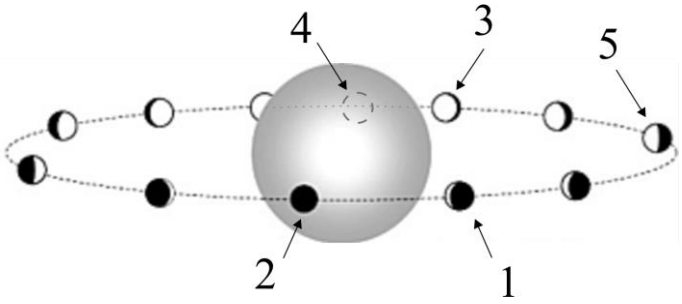
Задание 1. Сопоставьте положение планеты на схеме с точкой на кривой блеска системы.

Точка на графике	Положение на схеме
А	1
Б	2
В	3
Г	4
Д	5

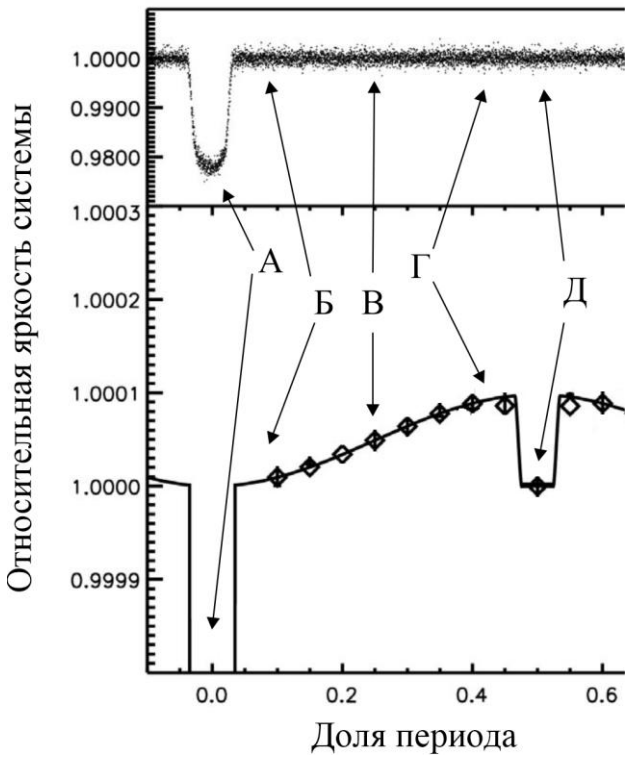
Задание 2. Параллакс звезды равен 0,02″. Радиус орбиты экзопланеты равен 4 а. е. Чему равно максимальное угловое расстояние от звезды до экзопланеты для земного наблюдателя? Ответ приведите в угловых секундах, округлите до сотых.

Задания 1-2. Вариант 2.

На рисунке представлена схема движения экзопланеты по круговой орбите вокруг звезды.



На графиках показано изменение количества света, регистрируемого от системы звезда + планета на Земле. Оба графика представляют собой одни и те же данные, изображённые в разных масштабах по оси Y.



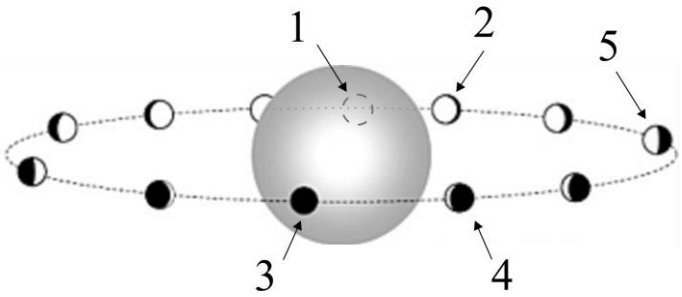
Задание 1. Сопоставьте положение планеты на схеме с точкой на кривой блеска системы.

Точка на графике	Положение на схеме
А	1
Б	2
В	3
Г	4
Д	5

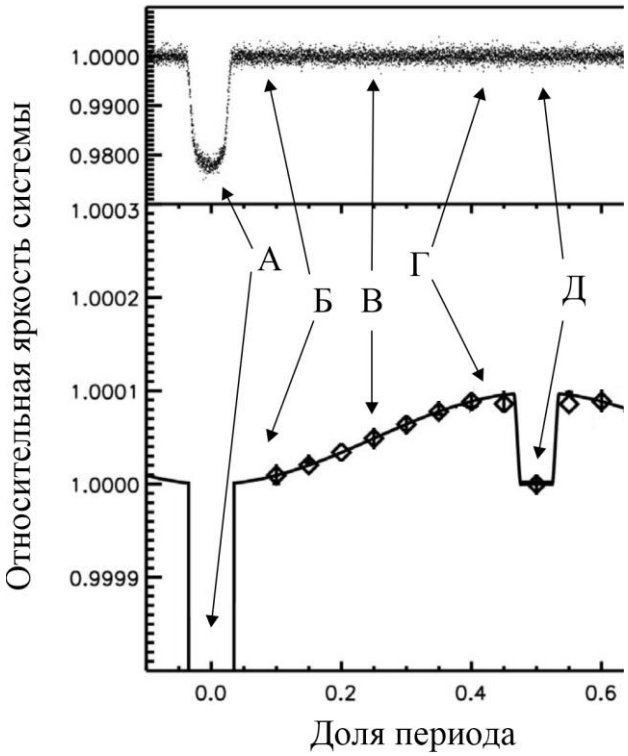
Задание 2. Параллакс звезды равен 0,02″. Радиус орбиты экзопланеты равен 3 а. е. Чему равно максимальное угловое расстояние от звезды до экзопланеты для земного наблюдателя? Ответ приведите в угловых секундах, округлите до сотых.

Задания 1-2. Вариант 3.

На рисунке представлена схема движения экзопланеты по круговой орбите вокруг звезды.



На графиках показано изменение количества света, регистрируемого от системы звезда + планета на Земле. Оба графика представляют собой одни и те же данные, изображённые в разных масштабах по оси Y.



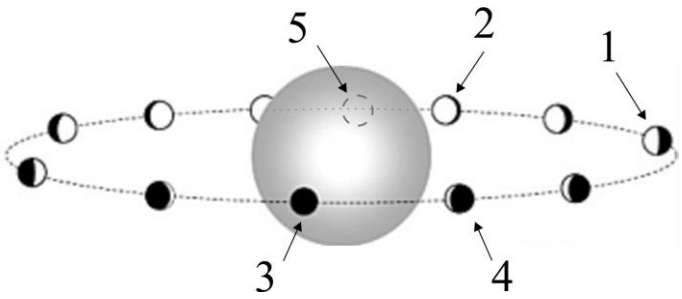
Задание 1. Сопоставьте положение планеты на схеме с точкой на кривой блеска системы.

Точка на графике	Положение на схеме
А	1
Б	2
В	3
Г	4
Д	5

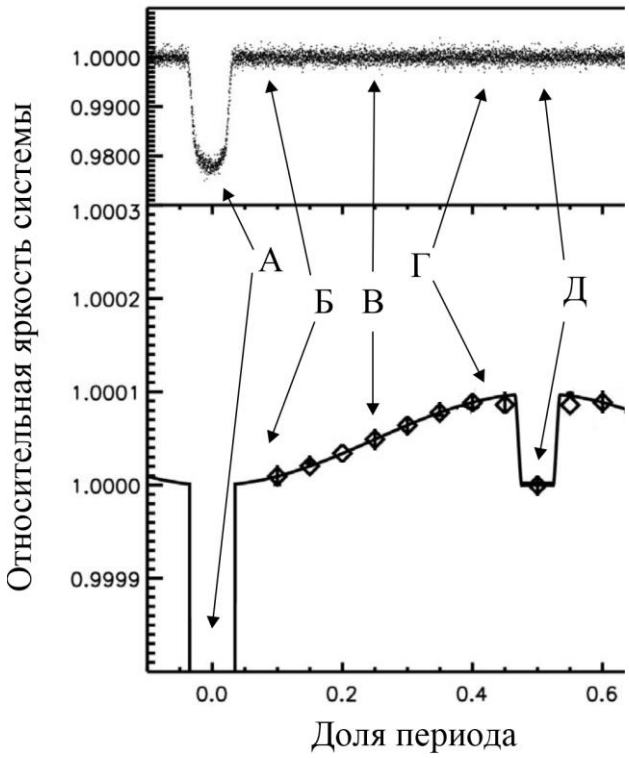
Задание 2. Параллакс звезды равен 0,03″. Радиус орбиты экзопланеты равен 3 а. е. Чему равно максимальное угловое расстояние от звезды до экзопланеты для земного наблюдателя? Ответ приведите в угловых секундах, округлите до сотых.

Задания 1-2. Вариант 4.

На рисунке представлена схема движения экзопланеты по круговой орбите вокруг звезды.



На графиках показано изменение количества света, регистрируемого от системы звезда + планета на Земле. Оба графика представляют собой одни и те же данные, изображённые в разных масштабах по оси Y.



Задание 1. Сопоставьте положение планеты на схеме с точкой на кривой блеска системы.

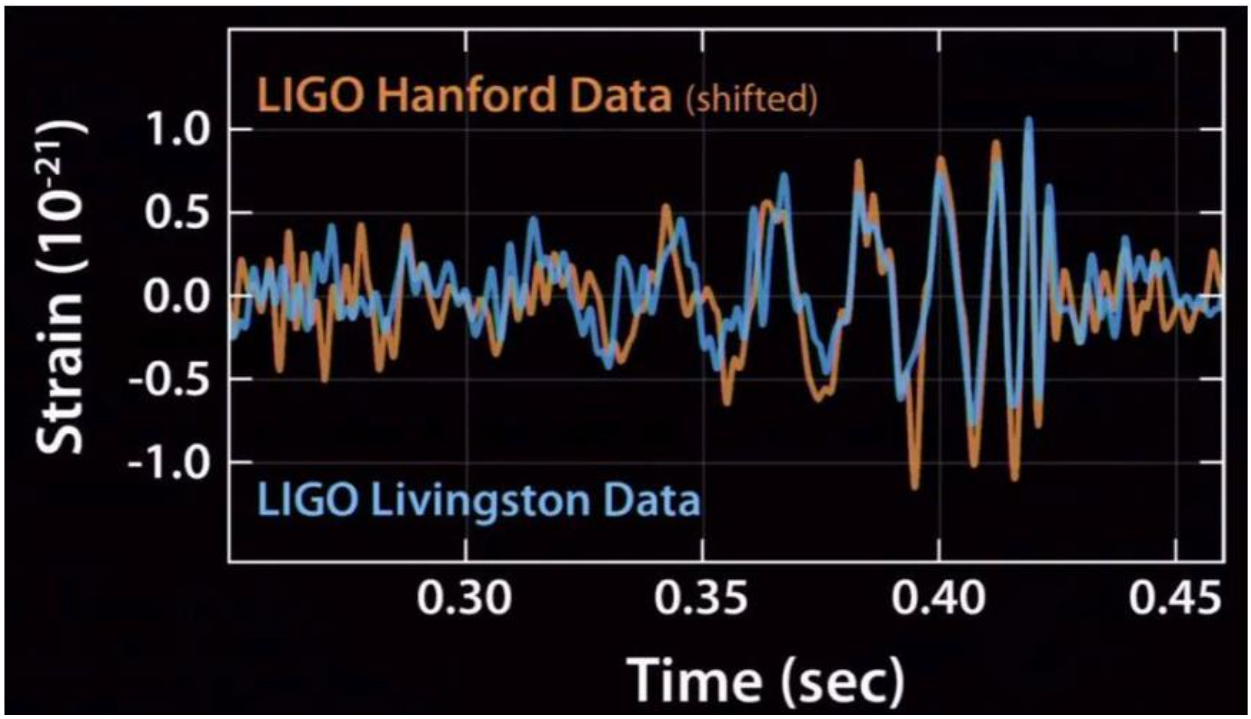
Точка на графике	Положение на схеме
А	1
Б	2
В	3
Г	4
Д	5

Задание 2. Параллакс звезды равен 0,02″. Радиус орбиты экзопланеты равен 2 а. е. Чему равно максимальное угловое расстояние от звезды до экзопланеты для земного наблюдателя? Ответ приведите в угловых секундах, округлите до сотых.

Задание 3. Двойными планетами считаются системы, у которых центр масс находится вне тела планеты. Во сколько раз надо увеличить массу Луны, чтобы нашу систему можно было считать двойной планетой? Ответ округлите до сотых. Параметры системы Земля – Луна приведены в таблице.

Название	Значение
Масса Земли	$6{,}0 \cdot 10^{24}$ кг
Масса Луны	$7{,}4 \cdot 10^{22}$ кг
Радиус Земли	6370 км
Радиус Луны	1740 км
Расстояние Земля – Луна	384400 км

Задание 4. 14 сентября 2015 г. впервые были зарегистрированы гравитационные волны. Метод регистрации состоял в том, чтобы с очень высокой точностью измерить длину плеча специального прибора – интерферометра.



На графике приведён сигнал от слияния двух чёрных дыр, зарегистрированный на двух интерферометрах с длиной плеча 4 км. По оси ординат отложено относительное изменение длины плеча интерферометра в единицах 10^{-21}.

Оцените, на сколько изменилась длина плеча для максимального уровня сигнала. Выберите верный вариант:

- изменение превышает длину волны видимого света
- изменение меньше длины волны видимого света, но больше размера цирковируса (диаметр 20 нм)
- величина изменения находится между размером вируса и диаметром атома водорода, равным 0,1 нм
- величина изменения находится между радиусом атома водорода и радиусом протона (примерно 10^{-15} м).
- величина изменения меньше радиуса протона

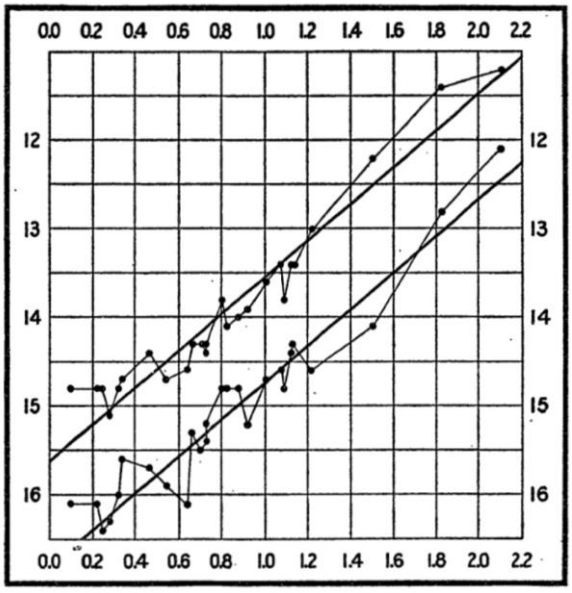
Задание 5. Вариант 1. Приведённый график является следствием слияния чёрных дыр массой 29 и 36 солнечных масс. После слияния образовалась чёрная дыра с массой 62 массы Солнца. Сколько энергии выделилось в процессе слияния? Ответ выразите в джоулях. Масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$ кг.

Задание 5. **Вариант 2**. Приведённый график является следствием слияния чёрных дыр массой 29 и 36 солнечных масс. После слияния образовалась чёрная дыра с массой 61 массы Солнца. Сколько энергии выделилось в процессе слияния? Ответ приведите в джоулях. Масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$ кг.

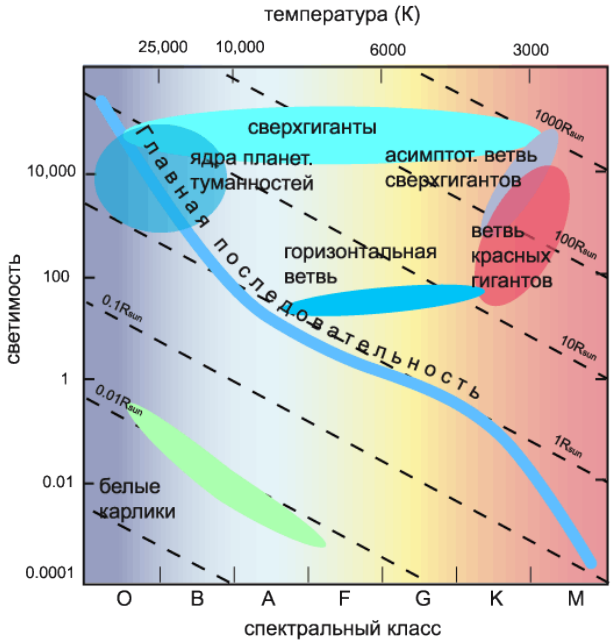
Задание 5. **Вариант 3**. Приведённый график является следствием слияния чёрных дыр массой 29 и 36 солнечных масс. После слияния образовалась чёрная дыра с массой 63 массы Солнца. Сколько энергии выделилось в процессе слияния? Ответ приведите в джоулях. Масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$ кг.

Задание 6. Зависимость период – светимость для цефеид открыла Генриетта Ливитт в 1908 году. На рисунке показаны две зависимости видимой звёздной величины цефеид Малого Магелланова Облака от десятичного логарифма периода – для максимума и для минимума блеска, – опубликованные мисс Ливитт.

Чему равен минимальный диаметр телескопа, с которым можно было провести такие визуальные наблюдения? Ответ выразите в миллиметрах. Считайте, что невооружённым глазом с диаметром зрачка 6 мм видны звёзды до 6^m.



Задание 7. Расстояние до Малого Магелланова Облака равно 60,0 кпк. Чему равна светимость цефеиды с периодом пульсаций 10 суток в максимуме блеска? Известно, что абсолютная звёздная величина Солнца равна $4{,}74^m$. Ответ выразите в светимостях Солнца.



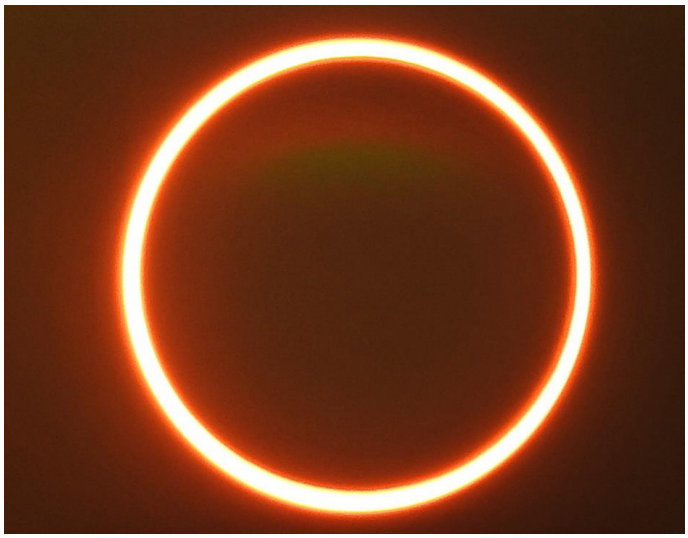
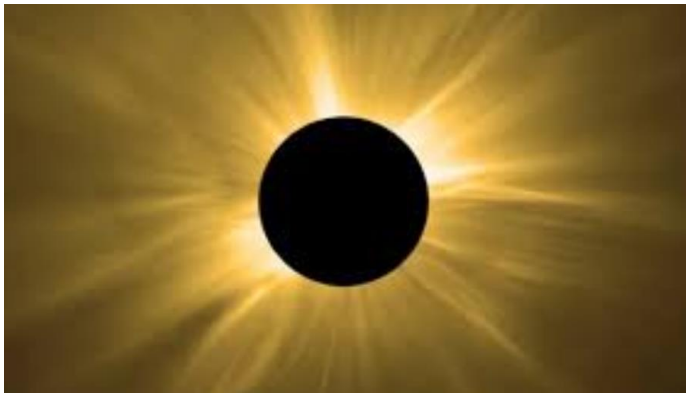
Задание 8.

Светимость одной из цефеид нашей Галактики равна 20 000 светимостей Солнца. Её радиус в 90 раз больше радиуса Солнца. К какому типу объектов относится эта звезда? Температура поверхности Солнца равна 5800 K.

- голубой сверхгигант
- красный карлик
- звезда главной последовательности
- красный сверхгигант
- красный гигант
- жёлтый сверхгигант
- жёлтая звезда горизонтальной ветви

Задание 9.

Сопоставьте фото и явления:

<table>
<tr><td rowspan="3">А </td><td>1. Полное солнечное затмение</td></tr>
<tr><td>2. Кольцеобразное солнечное затмение</td></tr>
<tr><td>3. Полное теневое лунное затмение</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Б </td><td>4. Кольцеобразное лунное затмение</td></tr>
<tr><td>5. Полутеневое лунное затмение</td></tr>
</table>

Задание 10. **Вариант 1.** Определите угловой диаметр Солнца, если расстояние до Солнца равнялось 147 600 000 км, радиус Солнца равен 696 000 км. Ответ представьте в угловых секундах, округлите до целых.

Задание 10. **Вариант 2.** Определите угловой диаметр Солнца, если расстояние до Солнца равнялось 148 600 000 км, радиус Солнца равен 696 000 км. Ответ представьте в угловых секундах, округлите до целых.

Задание 10. **Вариант 3.**

Определите угловой диаметр Солнца, если расстояние до Солнца равнялось 149 600 000 км, радиус Солнца равен 696 000 км. Ответ представьте в угловых секундах, округлите до целых.

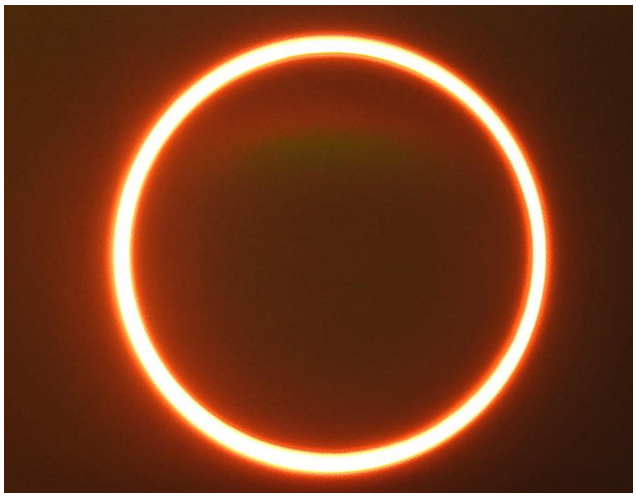
Задание 10. **Вариант 4.**

Определите угловой диаметр Солнца, если расстояние до Солнца равнялось 150 300 000 км, радиус Солнца равен 696 000 км. Ответ представьте в угловых секундах, округлите до целых.

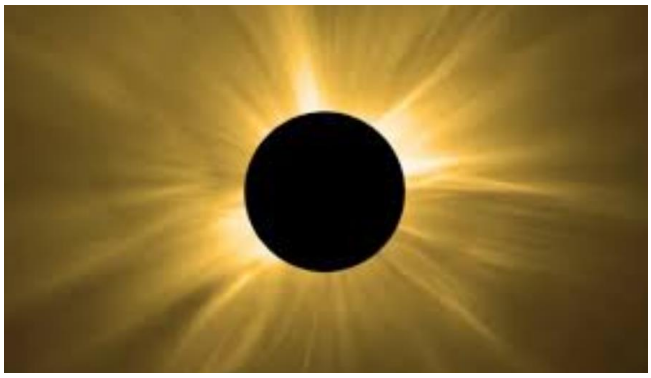
Задание 10. **Вариант 5.**

Определите угловой диаметр Солнца, если расстояние до Солнца равнялось 151 400 000 км, радиус Солнца равен 696 000 км. Ответ представьте в угловых секундах, округлите до целых.

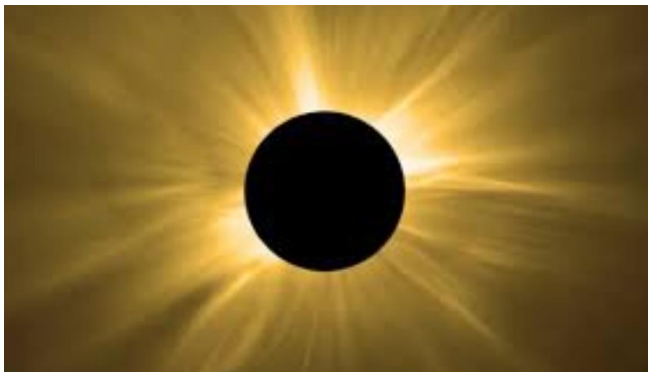
Задание 11. Определите фазу Луны на фотографии. Ответ округлите до десятых.



Задание 12. Определите фазу Луны на фотографии. Ответ округлите до десятых.

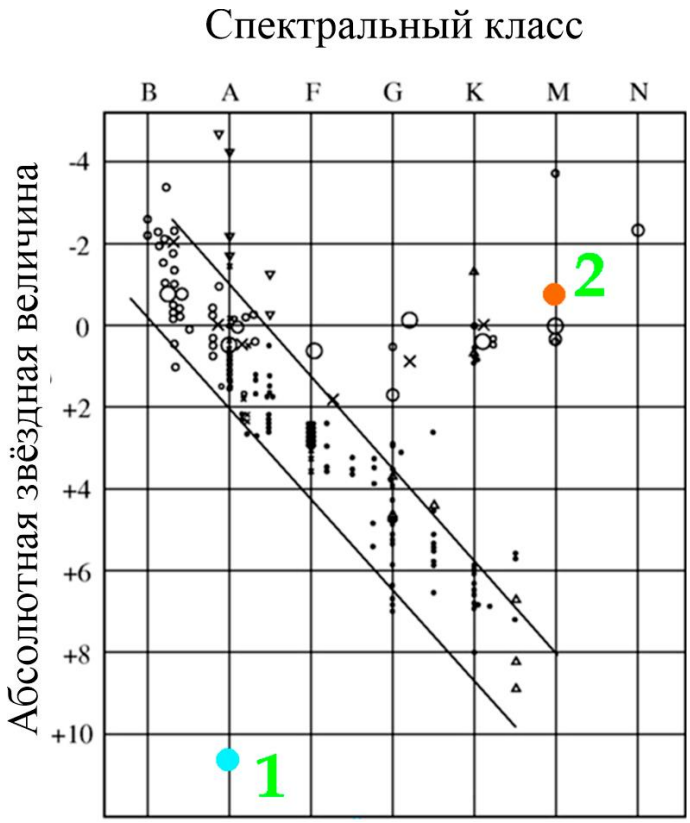


Задание 13. Вблизи какой точки своей орбиты находится Луна на фотографии, если расстояние от Земли до Солнца равнялось 147 600 000 км?



- перигей
- апогей
- перигелий
- афелий
- апоастр
- периастр

Задание 14. На рисунке показан один из самых ранних (начало XX века) вариантов диаграммы «спектр – светимость» для звёзд. Спектральная последовательность B-A-F-G-K-M-N соответствует уменьшению температуры звёзд от B до N класса. В качестве меры светимости используется абсолютная звёздная величина. На рисунке двумя прямыми показано положение главной последовательности. Звёзды главной последовательности излучают за счёт превращения водорода в гелий в их недрах.



Солнце – звезда спектрального класса G. Укажите положение Солнца на диаграмме.

Задание 15. Объект номер 1 - это:

- белый карлик
- красный карлик
- красный гигант
- голубой гигант

Задание 16. Объект номер 2 - это:

- белый карлик
- красный карлик
- красный гигант
- голубой гигант

Задание 17. Выберите верные утверждения:

- Если бы все звёзды, изображённые на диаграмме, находились не в нашей Галактике, а в галактике Андромеды, их абсолютные звёздные величины увеличились бы
- Если бы все звёзды, изображённые на диаграмме, находились не в нашей Галактике, а в галактике Андромеды, их спектральные классы остались бы прежними
- Солнце всегда будет находиться на главной последовательности
- Солнце в процессе эволюции будет двигаться вдоль главной последовательности в левый верхний угол
- Солнце в процессе эволюции пройдёт стадию красного гиганта
- Конечная стадия эволюции Солнца – белый карлик
- Конечная стадия эволюции Солнца – красный гигант

Задание 18. **Вариант 1.** Экзопланета обращается вокруг местного солнца по круговой орбите за 51,5 земных суток. Период вращения вокруг оси планеты равен 20 ч 15 мин. Ось вращения перпендикулярна плоскости орбиты планеты, а направление осевого вращения совпадает с орбитальным. Сколько часов длятся «солнечные» сутки на планете? Ответ округлите до десятых.

Задание 18. **Вариант 2**. Экзопланета обращается вокруг местного солнца по круговой орбите за 50,5 земных суток. Период вращения вокруг оси планеты равен 22 ч 15 мин. Ось вращения перпендикулярна плоскости орбиты планеты, а направление осевого вращения совпадает с орбитальным. Сколько часов длятся «солнечные» сутки на планете? Ответ округлите до десятых.

Задание 18. **Вариант 3**. Экзопланета обращается вокруг местного солнца по круговой орбите за 84,5 земных суток. Период вращения вокруг оси планеты равен 16 ч 45 мин. Ось вращения перпендикулярна плоскости орбиты планеты, а направление осевого вращения совпадает с орбитальным. Сколько часов длятся «солнечные» сутки на планете? Ответ округлите до десятых.

Задание 18. **Вариант 4**. Экзопланета обращается вокруг местного солнца по круговой орбите за 82,5 земных суток. Период вращения вокруг оси планеты равен 15 ч 45 мин. Ось вращения перпендикулярна плоскости орбиты планеты, а направление осевого вращения совпадает с орбитальным. Сколько часов длятся «солнечные» сутки на планете? Ответ округлите до десятых.

Задание 19. **Вариант 1.** Вокруг звезды Сол, очень похожей на наше Солнце, с периодом 3,4 года обращается планета Мерк. Эксцентриситет её орбиты равен 0,22.

Вопрос 1. Чему равно отношение максимального углового размера звезды к минимальному для наблюдателя на Мерке? Ответ округлите до десятых.

Вопрос 2. Чему равна большая полуось орбиты Мерка? Ответ приведите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Задание 19. **Вариант 2**. Вокруг звезды Сол, очень похожей на наше Солнце, с периодом 4,6 года обращается планета Мерк. Эксцентриситет её орбиты равен 0,16.

Вопрос 1. Чему равно отношение максимального углового размера звезды к минимальному для наблюдателя на Мерке? Ответ округлите до десятых.

Вопрос 2. Чему равна большая полуось орбиты Мерка? Ответ приведите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Задание 19. **Вариант 3**. Вокруг звезды Сол, очень похожей на наше Солнце, с периодом 7,3 года обращается планета Мерк. Эксцентриситет её орбиты равен 0,28.

Вопрос 1. Чему равно отношение максимального углового размера звезды к минимальному для наблюдателя на Мерке? Ответ округлите до десятых.

Вопрос 2. Чему равна большая полуось орбиты Мерка? Ответ приведите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Задание 19. **Вариант 4**. Вокруг звезды Сол, очень похожей на наше Солнце, с периодом 9,8 года обращается планета Мерк. Эксцентриситет её орбиты равен 0,37.

Вопрос 1. Чему равно отношение максимального углового размера звезды к минимальному для наблюдателя на Мерке? Ответ округлите до десятых.

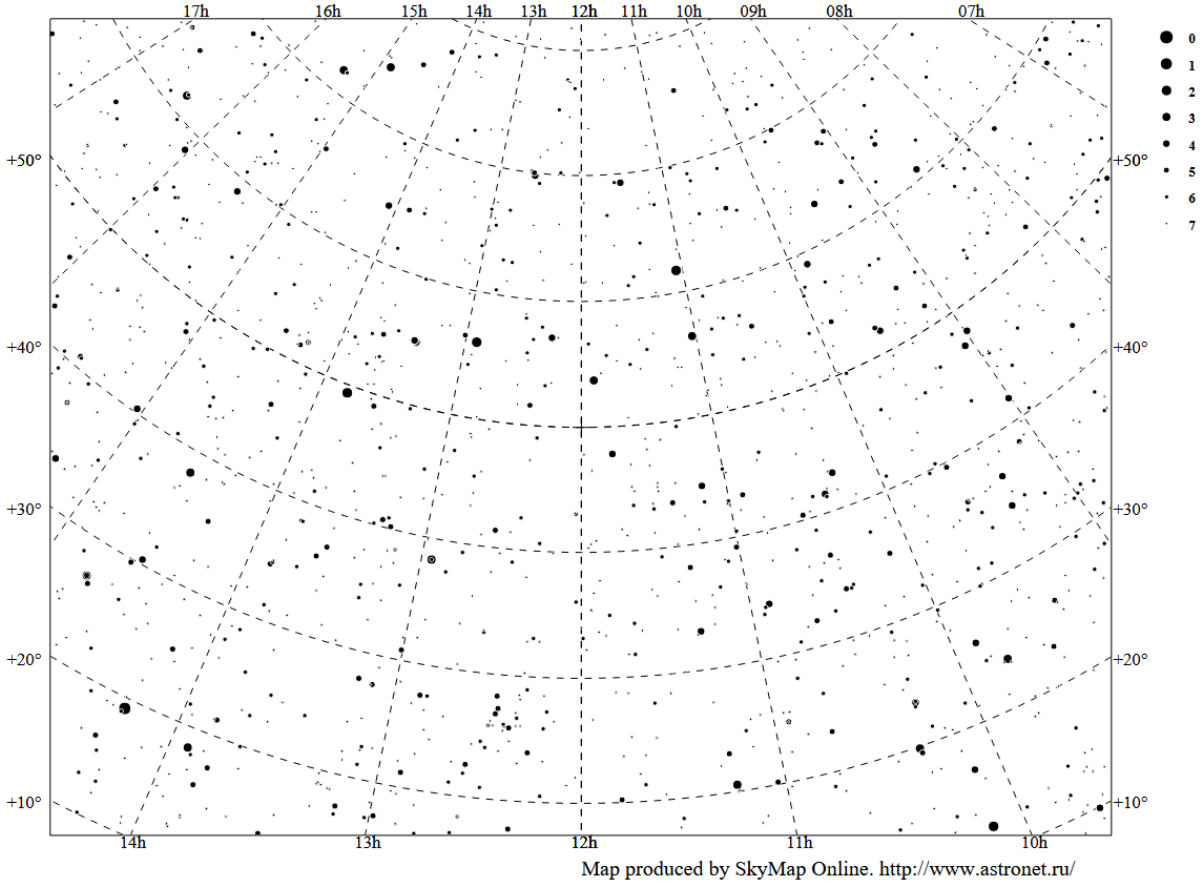
Вопрос 2. Чему равна большая полуось орбиты Мерка? Ответ приведите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Задание 19. **Вариант 5**. Вокруг звезды Сол, очень похожей на наше Солнце, с периодом 12,4 года обращается планета Мерк. Эксцентриситет её орбиты равен 0,41.

Вопрос 1. Чему равно отношение максимального углового размера звезды к минимальному для наблюдателя на Мерке? Ответ округлите до десятых.

Вопрос 2. Чему равна большая полуось орбиты Мерка? Ответ приведите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Задание 20. На рисунке представлен фрагмент звёздной карты:



Без использования карты вычислите, чему равно угловое расстояние между двумя точками на небе с координатами $\alpha = 11^h42^m00^s$, $\delta = 0°00'$ и $\alpha = 13^h11^m00^s$, $\delta = 0°00'$. Ответ приведите в градусах, округлите до целых.

Задание 21.

Отметьте на фотографии звезду с координатами $\alpha = 13^h02^m$, $\delta = +56°$.

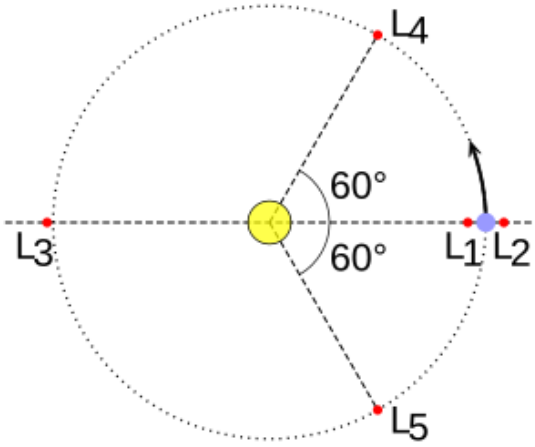


Задание 22.

Отметьте на фотографии звезду с координатами $\alpha = 10^h19^m$, $\delta = +43°$.



Задание 23.



На рисунке показано положение точек Лагранжа в системе Земля – Солнце. У всех точек Лагранжа орбитальный период обращения вокруг Солнца равен орбитальному периоду Земли. Расстояние от Земли до точек L_1 и L_2 примерно одинаково и равно 1,5 млн км.

Выберите правильные утверждения:

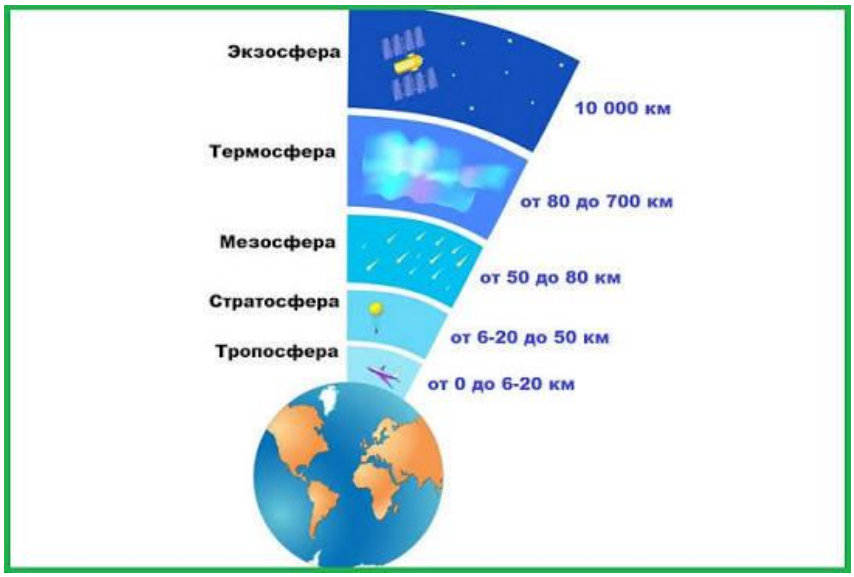
- Фаза Земли для наблюдателя, расположенного в точке L_1, всегда равна 1
- Фаза Земли для наблюдателя, расположенного в точке L_1, всегда равна 0
- Фаза Земли для наблюдателя, расположенного в точке L_2, всегда равна 1
- Фаза Земли для наблюдателя, расположенного в точке L_2, всегда равна 0
- Фаза Земли для наблюдателя, расположенного в точке L_2, будет всё время меняться
- Фаза Земли для наблюдателя, расположенного в точке L_1, будет всё время меняться

Задание 24. На каком максимальном расстоянии от Земли космический аппарат ещё может попасть в тень Земли? При вычислении используйте следующие данные: радиус Солнца равен 696000 км, радиус Земли равен 6380 км, орбиту Земли считайте круговой. Ответ выразите в километрах.

Задание 25. Выбираем орбиту для космического телескопа.

Планируются наблюдения предельно слабых объектов (звёзд, туманностей и галактик) в оптическом и ультрафиолетовом диапазонах спектра. Структура атмосферы Земли приведена на рисунке. Есть три варианта для запуска космического телескопа:

1) Околоземная орбита с высотой 500 км
2) Внутренняя точка Лагранжа L_1 системы Земля – Солнце
3) Внешняя точка Лагранжа L_2 системы Земля – Солнце



Рассмотрите плюсы и минусы каждого из предложенных вариантов. Сделайте и обоснуйте выбор варианта запуска.