

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по астрономии
для 10-11 классов

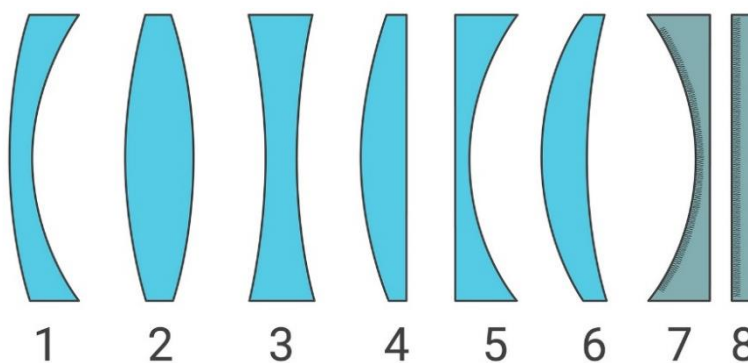
2024/25 учебный год

Максимальное количество баллов — 100

Задание № 1.1

Общее условие:

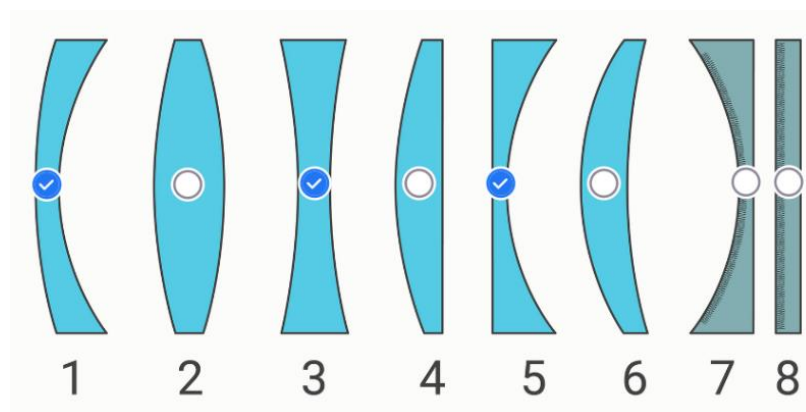
На рисунке представлены линзы двух типов (1–6), сферическое вогнутое зеркало (7) и плоское зеркало (8).



Условие:

Какие из представленных линз являются рассеивающими?

Ответ:



За каждый верный ответ — 1 балл

За каждую ошибку снимается 1 балл

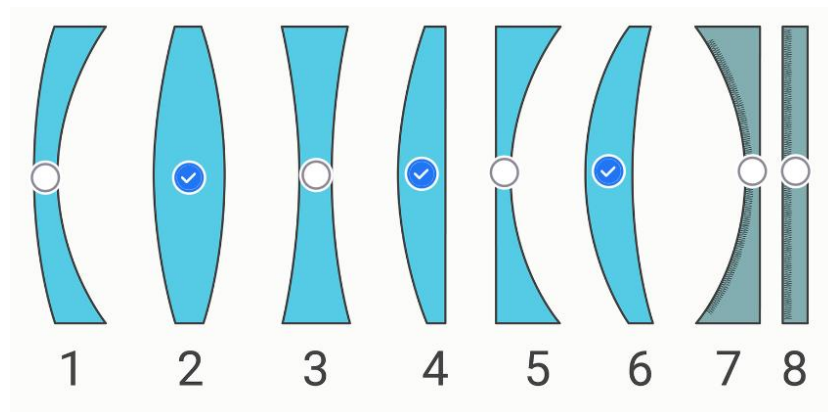
Решение.

Линзы с номерами 1, 3, 5 являются рассеивающими, поскольку у рассеивающих линз толщина центральной части всегда меньше толщины периферийной части.

Условие:

С помощью каких линз в ясную солнечную погоду можно разжечь костёр без спичек?

Ответ:



За каждый верный ответ — 1 балл

За каждую ошибку снимается 1 балл

Решение.

В ясную солнечную погоду можно поджечь костёр без спичек с помощью собирающих линз (2, 4, 6), поскольку последние способны аккумулировать всю солнечную энергию, падающую на их фронтальную поверхность, в одну точку, называемую фокусом. Это приводит к интенсивному разогреву вещества для розжига костра (например, бумаги). Температура его поверхности превышает температуру воспламенения, в результате чего вещество загорается.

Условие:

Составной частью объектива каких оптических телескопов могут выступать линзы (1–6)?

Ответ:

- Телескопы-рефлекторы
- ✓ Телескопы-рефракторы
- ✓ Телескопы катадиоптрические

За каждый верный ответ — 1 балл

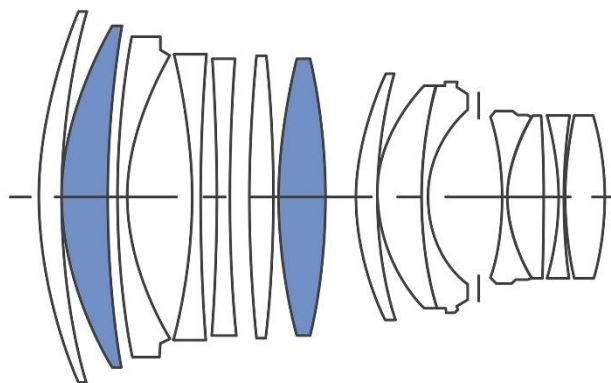
За каждую ошибку снимается 1 балл

Решение.

Составной частью объективов могут выступать линзы (1-6) как в случае рефракторов, так и в случае катадиоптрических телескопов.

Условие:

Дана оптическая схема одного из лучших современных фотообъективов для съёмки звёздного неба. Определите количество линз с оптической силой больше нуля, составляющих оптический тракт этого объектива.



Ответ: 8

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

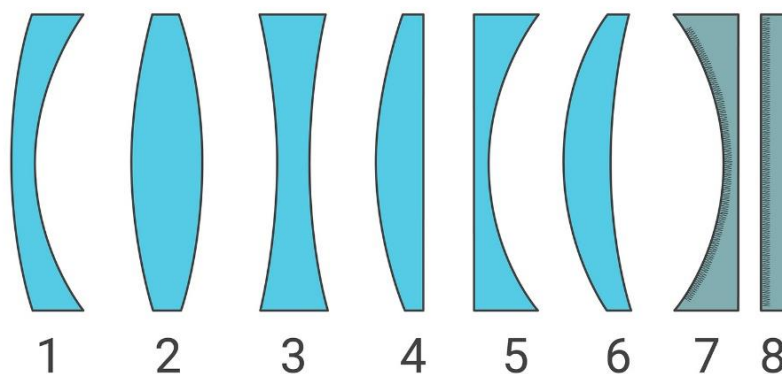
Решение.

Оптическая сила больше нуля у собирающих линз. Толщина их центральной части всегда больше толщины периферийной части. Нетрудно убедиться прямым подсчетом, что оптический тракт представленного объектива содержит 8 собирающих линз.

Задание № 1.2

Общее условие:

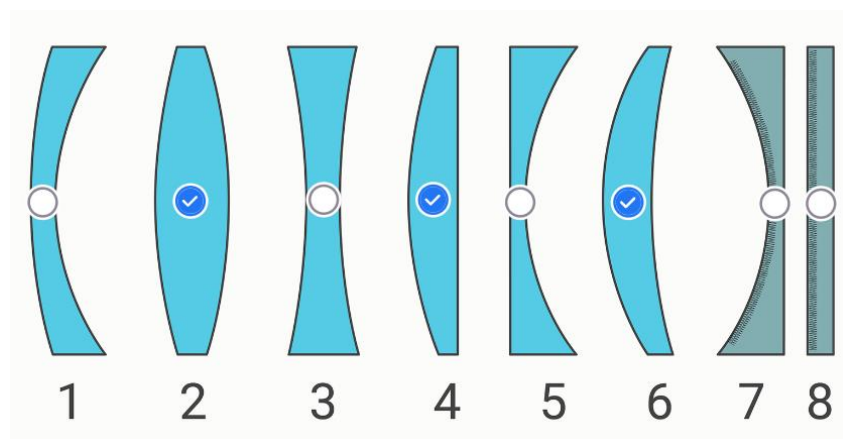
На рисунке представлены линзы двух типов (1–6), сферическое вогнутое зеркало (7) и плоское зеркало (8).



Условие:

Какие из представленных линз являются собирающими?

Ответ:



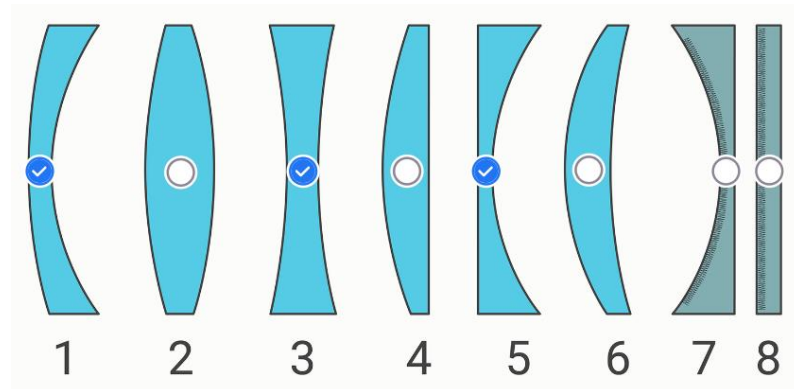
За каждый верный ответ — 1 балл

За каждую ошибку снимается 1 балл

Условие:

С помощью каких линз в ясную солнечную погоду невозможно разжечь костёр без спичек?

Ответ:



За каждый верный ответ — 1 балл

За каждую ошибку снимается 1 балл

Условие:

Для оптических телескопов каких видов составной частью их объективов может выступать вогнутое сферическое зеркало (7)?

Ответ:

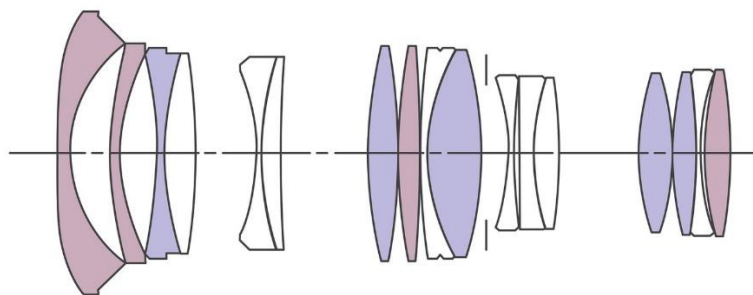
- ✓ Телескопы-рефлекторы
- Телескопы-рефракторы
- ✓ Телескопы катадиоптрические

За каждый верный ответ — 1 балл

За каждую ошибку снимается 1 балл

Условие:

Дана оптическая схема одного из лучших современных фотообъективов для съёмки звёздного неба. Определите количество линз с оптической силой больше нуля, составляющих оптический тракт этого объектива.



Ответ: 8

Точное совпадение ответа — 2 балла

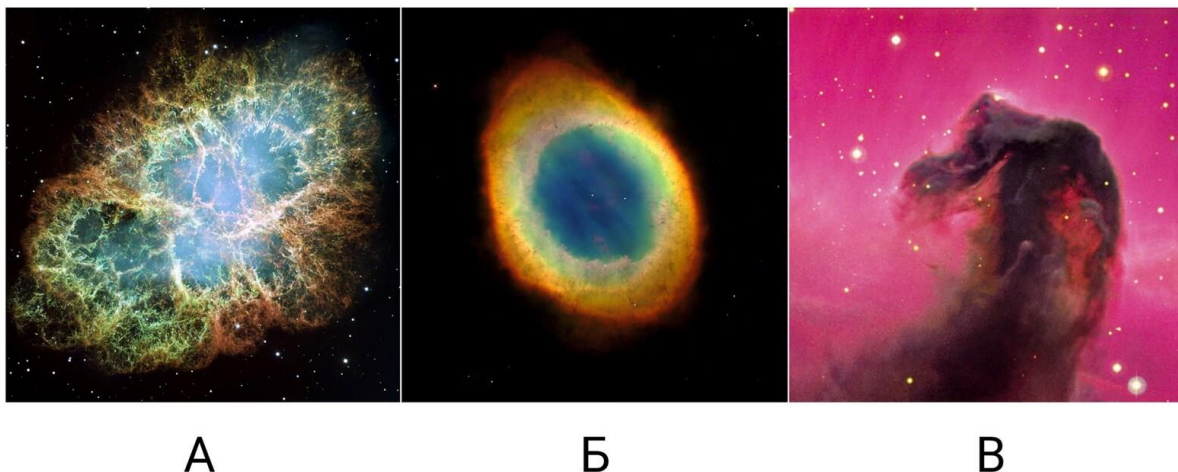
Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с заданием 1.1

Задание № 2.1

Общее условие:

Даны фотографии ярчайших представителей трёх типов туманностей, наблюдаемых в нашей Галактике.



Условие:

Установите соответствие между изображениями туманностей и их типами.

Ответ:

Туманность А	Диффузная туманность
Туманность Б	Планетарная туманность
Туманность В	Тёмная туманность

За каждую верную пару — 1 балл

Решение.

Очевидно, туманность А имеет клочковатую, неправильную форму, испускает собственный свет. Такую туманность принято называть светлой диффузной туманностью.

Туманность Б имеет форму, близкую к сферической, компактные размеры, напоминает собой далёкую планету. Такие туманности традиционно называют планетарными.

Туманность В имеет неправильную клочковатую форму, являющуюся тёмным сгустком газа и пыли на фоне более далеких светлых туманностей. Такие туманности традиционно называют тёмными.

Условие:

Какая из представленных туманностей образовалась в результате взрыва сверхновой звезды?

Ответ:

- ✓ Туманность А
- Туманность Б
- Туманность В
- Невозможно определить, поскольку у каждой туманности своя судьба

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

В результате взрыва сверхновой звезды образуется подкласс диффузных туманностей, называемых *остатками сверхновых*. К таким относится туманность А.

Условие:

Изображение какой туманности соответствует типу, представители которого могут простираются в Галактике на сотни парсеков и иметь массу, равную миллионам масс Солнца?

Ответ:

- Туманность А

- Туманность Б
- ✓ Туманность В
- Невозможно определить, поскольку у каждой туманности своя судьба

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 7

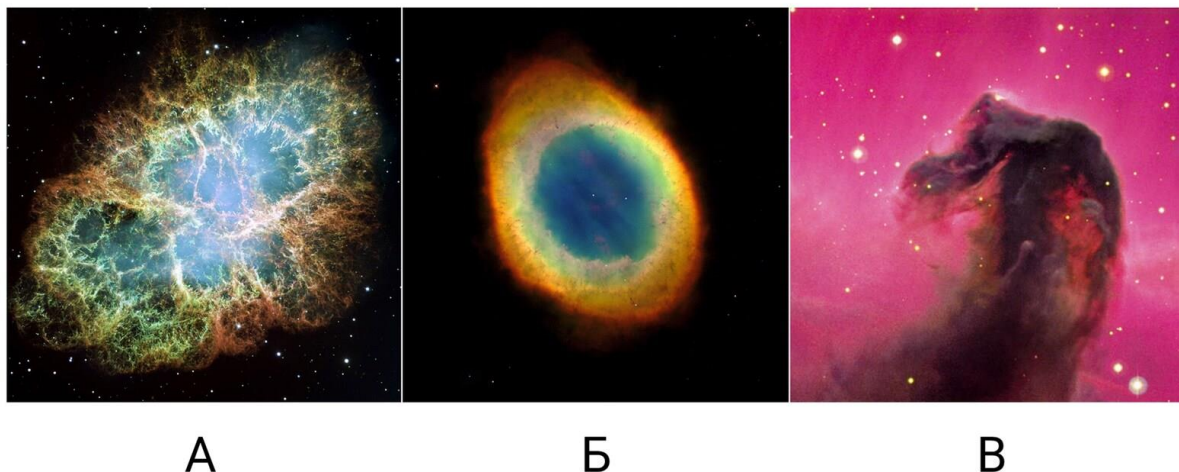
Решение.

Тёмные туманности, такие как туманность В, часто являются протяжёнными молекулярными облаками, простирающимися на сотни парсеков. Масса таких гигантских облаков может измеряться миллионами масс Солнца.

Задание № 2.2

Общее условие:

Даны фотографии ярчайших представителей трёх типов туманностей, наблюдаемых в нашей Галактике.



Условие:

Установите соответствие между изображениями туманностей и их типами.

Ответ:

Туманность А	Диффузная туманность
Туманность Б	Планетарная туманность
Туманность В	Тёмная туманность

За каждую верную пару — 1 балл

Условие:

На какую из них будет похожа туманность, которую породит наше Солнце на финальной стадии своей эволюции, через 6 млрд лет?

Ответ:

- Туманность А

- ✓ Туманность Б
- Туманность В
- Невозможно определить, поскольку у каждой туманности своя судьба

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Изображение какой туманности соответствует типу, представители которого испытывают сферически асимметричное расширение в пространстве со скоростью порядка 10^3 – $3 \cdot 10^4$ км/с и состоят из раскалённой плазмы с температурой 10^4 – 10^6 К?

Ответ:

- ✓ Туманность А
- Туманность Б
- Туманность В
- Невозможно определить, поскольку у каждой туманности своя судьба

Точное совпадение ответа — 2 балла

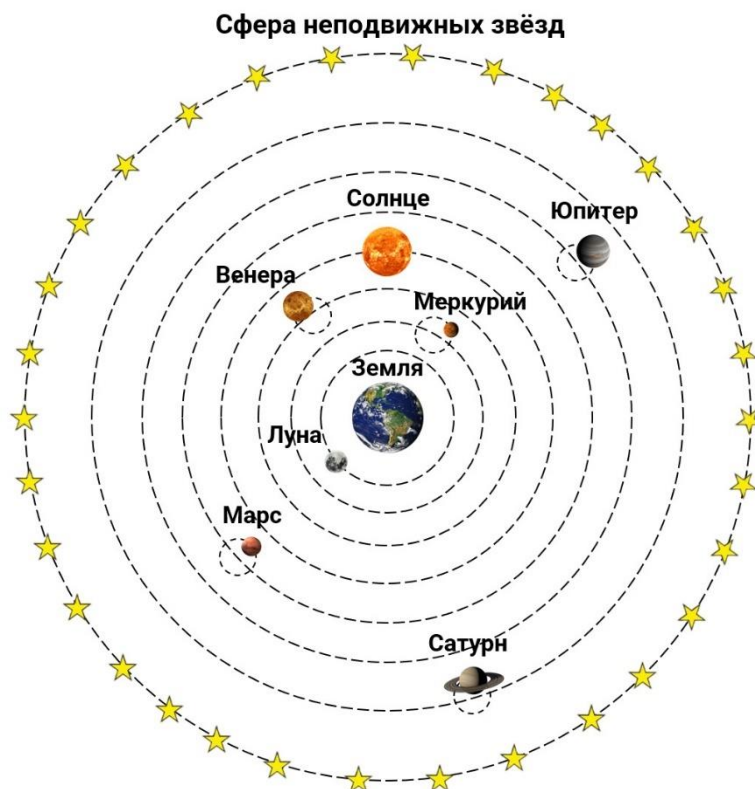
Максимальный балл за задание — 7

Решение по аналогии с заданием 2.1

Задание № 3.1

Общее условие:

Дана схема геоцентрической системы мира по Птолемею.



Условие:

Какие предположения принимались Птолемеем в качестве постулатов (утверждений без доказательств) в геоцентрической системе мира?

Ответ:

- ✓ Земля шарообразна
- Земля является плоским круглым диском
- ✓ Сфера неподвижных звёзд значительно удалена от Земли
- ✓ Движение небесных тел имеет равномерный и круговой характер
- Движение небесных тел совершается с переменным ускорением
- ✓ Земля неподвижна и расположена в центре Вселенной

- У Вселенной существуют одновременно два центра, в которых находятся Земля и Солнце

За каждый верный ответ — 1 балл

За каждую ошибку снимается 1 балл

Решение.

В качестве постулатов (утверждений без доказательств) в геоцентрической системе мира Птолемеем принимались следующие предположения: шарообразность Земли; колоссальная удалённость сферы звёзд от Земли; равномерность и круговой характер движений небесных тел; Земля неподвижна и расположена в центре Вселенной.

Условие:

Как в теории Птолемея назывались большие окружности, по которым непосредственно вокруг Земли обращались Солнце, планеты и Луна?

Ответ:

- Эксцентриситеты
- Байонеты
- ✓ Деференты
- Эпициклы
- Экванты
- Апексы

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Большие окружности, по которым непосредственно вокруг Земли обращались Солнце, планеты и Луна, в теории Птолемея назывались деферентами.

Условие:

По какому критерию располагались небесные тела в порядке удалённости от Земли?

Ответ:

- В порядке возрастания масс небесных тел
- В порядке возрастания размеров небесных тел
- ✓ В порядке возрастания периода обращения небесных тел относительно небесной сферы
- В порядке возрастания температуры поверхности небесных тел

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Порядок удалённости небесных тел от Земли определялся их периодом обращения относительно небесной сферы: чем больше был этот период, тем дальше располагалось это тело от Земли.

Условие:

Описание движения (в приближении круговых орбит) каких небесных тел **НЕ** требовало обязательного введения эпицикла?

Ответ:

- ✓ Солнца
- ✓ Луны
- Меркурия
- Венеры
- Марса
- Юпитера
- Сатурна

За каждый верный ответ — 2 балла

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 12

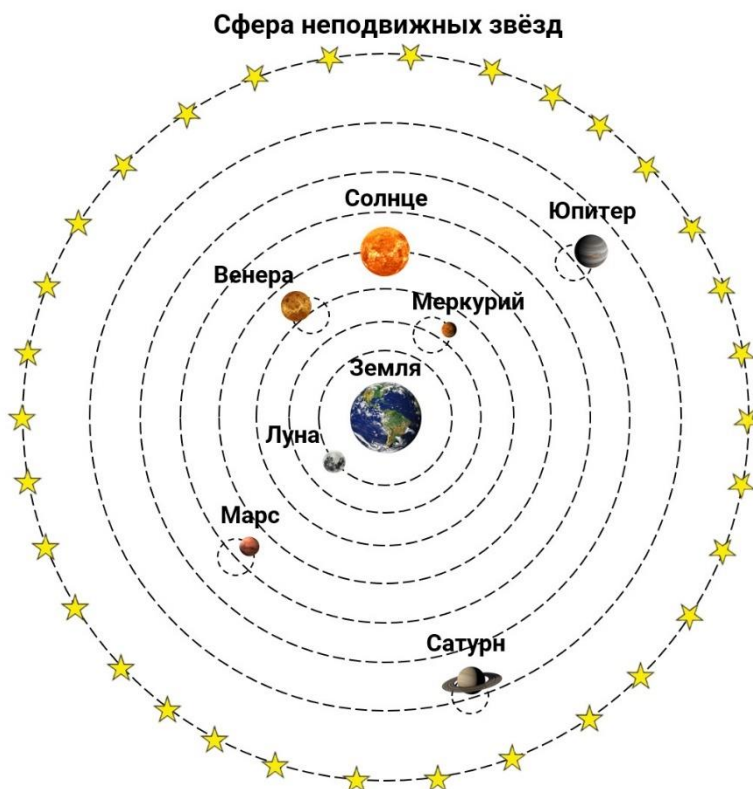
Решение.

Введение Птолемеем малых окружностей, называемых эпициклами, было продиктовано двумя основными причинами: 1) неравномерностью видимого движения планет по небосводу и 2) петлеобразным движением планет. В приближении круговых орбит движение должно быть равномерным. Следовательно, эпициклы нужны только для тех объектов, которые способны совершать петлеобразные движения — планеты. Солнце и Луна не имеют петлеобразных движений, значит, для данных тел эпициклы не нужны.

Задание № 3.2

Общее условие:

Дана схема геоцентрической системы мира по Птолемею.



Условие:

Какие предположения принимались Птолемеем в качестве постулатов (утверждений без доказательств) в геоцентрической системе мира?

Ответ:

- Земля является плоским круглым диском
- ✓ Сфера неподвижных звёзд значительно удалена от Земли
- ✓ Земля шарообразна
- ✓ Движение небесных тел имеет равномерный и круговой характер
- ✓ Земля неподвижна и расположена в центре Вселенной

- У Вселенной существуют одновременно два центра, в которых находятся Земля и Солнце
- Движение небесных тел совершается с переменным ускорением

За каждый верный ответ — 1 балл

За каждую ошибку снимается 1 балл

Условие:

Как в теории Птолемея назывались малые окружности, по которым непосредственно двигались небесные тела, центры которых совершали движения по большим окружностям вокруг Земли?

Ответ:

- Эксцентриситеты
- Байонеты
- Деференты
- ✓ Эпициклы
- Экванты
- Апексы

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какая главная причина необходимости введения Птолемеем малых окружностей?

Ответ:

- Птолемея был сторонником школы пифагорейцев, где окружность являлась «кривой от Бога»; введение новых окружностей стало гарантом незыблемости репутации его системы мира и непоколебимости веры в неё
- Птолемея просто любил рисовать окружности

- ✓ Введение малых окружностей позволяло описать неравномерность движения светил и их попятный характер движения
- Птолемей проводил аналогию между устройством Вселенной и устройством механических часов, в которых много разных движущихся «колёсиков»; планеты также находятся в непрерывном движении относительно сферы звёзд, значит, и у планет этих «колёсиков» должно быть много!

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Описание движения (в приближении круговых орбит) каких небесных тел из представленных на рисунке **НЕ** требовало обязательного введения малых окружностей?

Ответ:

- Меркурия
- ✓ Луны
- Венеры
- Марса
- ✓ Солнца
- Юпитера
- Сатурна

За каждый верный ответ — 2 балла

За каждую ошибку снимается 2 балла

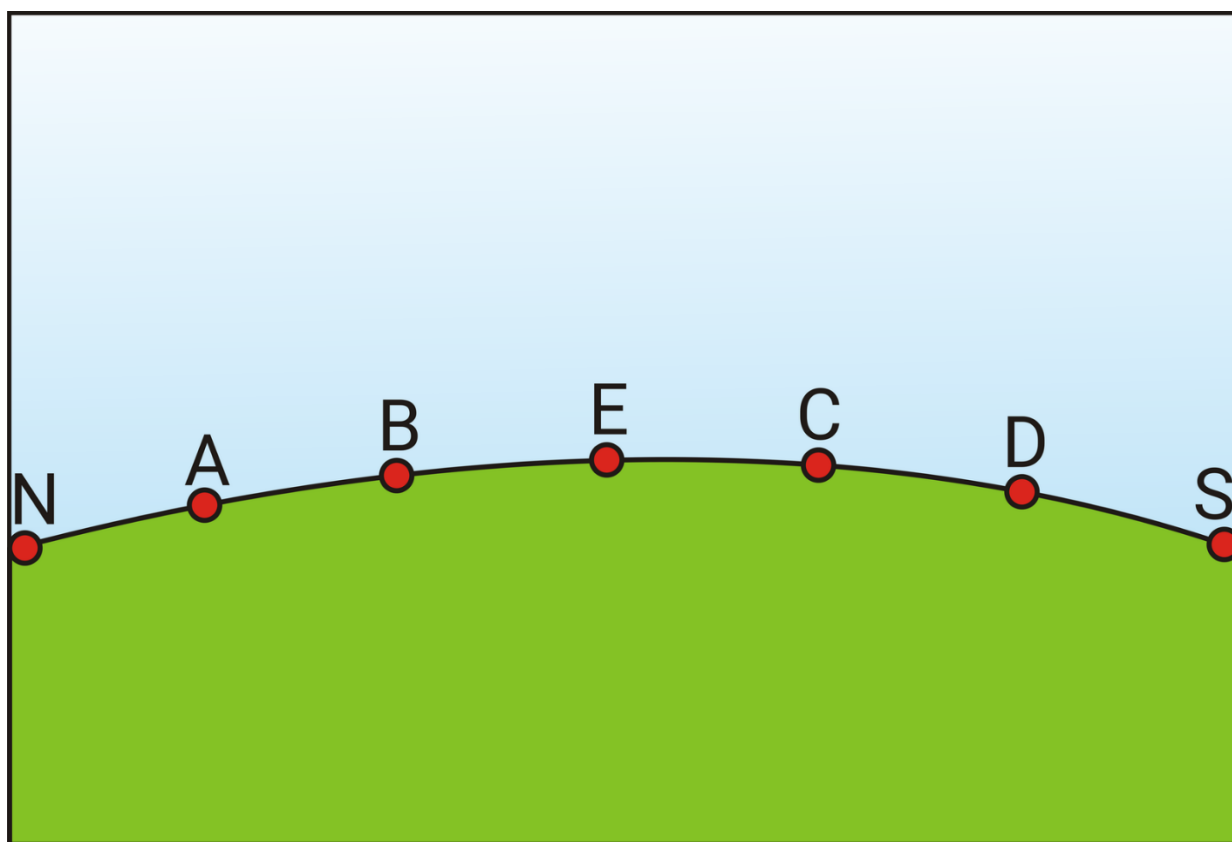
Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с заданием 3.1

Задание № 4.1

Общее условие:

На рисунке представлена восточная часть математического горизонта для жителя северного географического полушария с указанием сторон света: севера (N), юга (S), востока (E) — и четырёх точек восхода Солнца: A, B, C, D, достигаемых им в разные моменты года. При этом две из них — A и D — являются пограничными.



Условие:

Установите соответствие между точкой математического горизонта и днём, в который в этой точке восходит Солнце.

Ответ:

День осеннего равноденствия	Е
День зимнего солнцестояния	Д
Самый продолжительный день года в данной точке поверхности Земли	А
25 апреля каждого года	В

За каждую верную пару — 1 балл

Решение.

В день осеннего равноденствия Солнце совершает своё суточное движение по дуге небесного экватора, значит, оно восходит в точке востока (Е) и заходит в точке запада (W).

В день зимнего солнцестояния Солнце совершает своё суточное движение вдоль суточной параллели с минимально возможным отрицательным склонением. Эта суточная параллель должна пересекать математический горизонт в точке, наиболее близкой к точке юга (S), т. е. в точке Д.

Самый продолжительный день года для жителей северного географического полушария наступает в сутки летнего солнцестояния, когда Солнце движется по суточной параллели, пересекающей математический горизонт в точке, наиболее близкой к точке севера (N), т. е. в точке А.

25 апреля каждого года Солнце имеет склонение, существенно большее нуля, но значительно меньшее максимального возможного значения. Значит, Солнце в эти сутки должно восходить в точке, расположенной между точками А и Е, т. е. в точке В.

Условие:

Определите продолжительность τ_d дня в сутки, когда Солнце восходит в точке В:

Ответ:

- ☐ $\tau_d = 0^{\text{ч}}$
- ☐ $0^{\text{ч}} < \tau_d < 12^{\text{ч}}$
- ☐ $\tau_d = 12^{\text{ч}}$
- ☒ $12^{\text{ч}} < \tau_d < 24^{\text{ч}}$
- ☐ $\tau_d = 24^{\text{ч}}$
- ☐ Невозможно определить

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Если Солнце восходит в точке В, то его склонение больше нуля. Продолжительность дня должна быть больше 12, но меньше 24 часов, поскольку часть суток Солнце проводит под горизонтом.

Условие:

Какой знак имеет склонение Солнца в тот момент, когда оно восходит в точке D?

Ответ:

- ☐ Знак «+»
- ☒ Знак «-»
- ☐ Невозможно однозначно определить

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

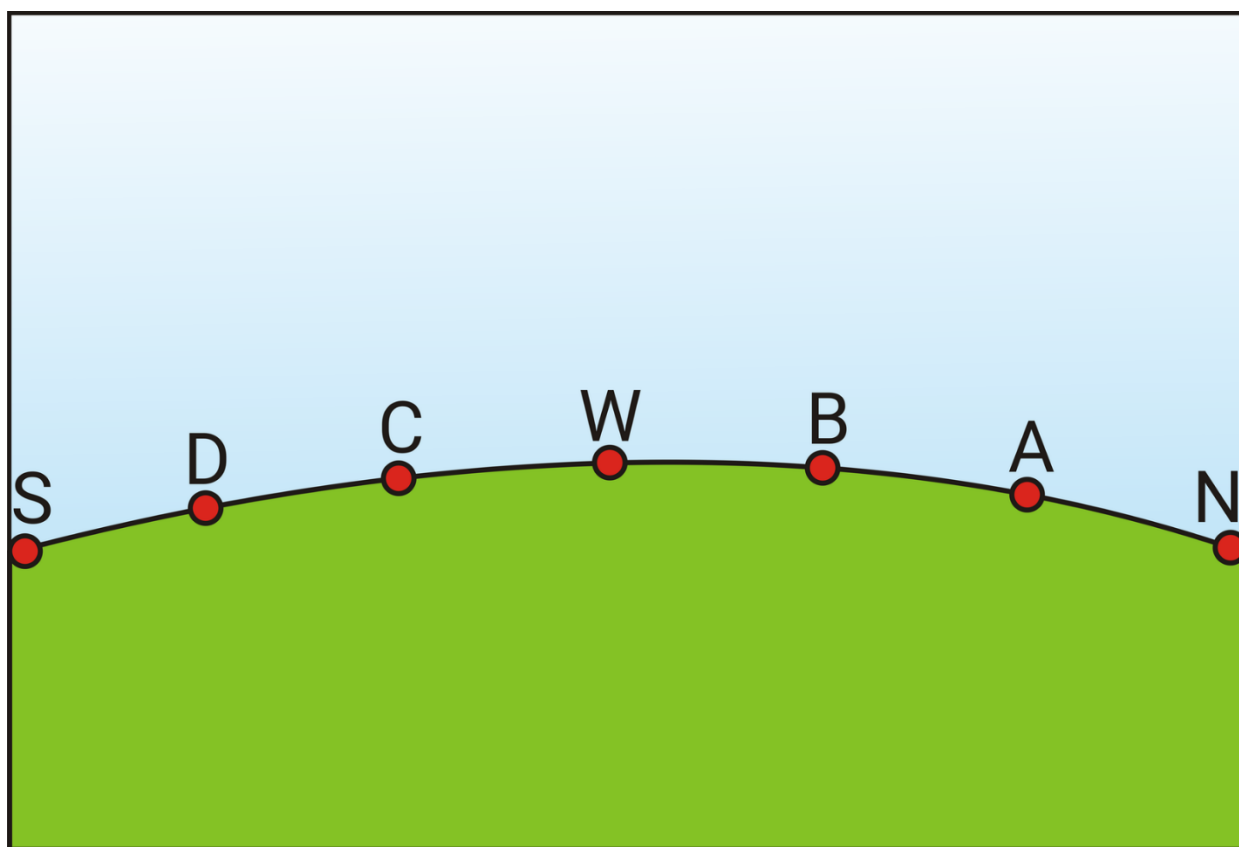
Если какое-либо светило восходит на юго-востоке (т. е. между точками востока (E) и юга (S), что как раз соответствует точке D), то его склонение будет отрицательным, поскольку суточная параллель такого светила расположена ближе к южному полюсу мира, а значит, расположена в южной

полусфере небосвода, где склонение по определению меньше нуля. Значит, знак склонения Солнца в момент восхода в точке В был «−».

Задание № 4.2

Общее условие:

На рисунке представлена западная часть математического горизонта для жителя северного географического полушария с указанием сторон света: севера (N), юга (S), запада (W) — и четырёх точек захода Солнца: A, B, C, D, достигаемых им в разные моменты года. При этом две из них — A и D — являются пограничными.



Условие:

Установите соответствие между точкой математического горизонта и днём, в который в этой точке заходит Солнце.

Ответ:

День осеннего равноденствия	W
День зимнего солнцестояния	D
Самый продолжительный день года в данной точке поверхности Земли	A
29 октября каждого года	C

За каждую верную пару — 1 балл

Условие:

Определите продолжительность τ_d дня в сутки, когда Солнце заходит в точке C:

Ответ:

- ☐ $\tau_d = 12^h$
- ☐ $\tau_d = 0^h$
- ☐ $12^h < \tau_d < 24^h$
- ☐ $\tau_d = 24^h$
- ☒ $0^h < \tau_d < 12^h$
- ☐ Невозможно определить

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какой знак имеет склонение Солнца в тот момент, когда оно восходит в точке B?

Ответ:

- ☒ Знак «+»
- ☐ Знак «-»
- ☐ Невозможно однозначно определить

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с заданием 4.1

Задание № 5.1

Общее условие:

Дана схема лунного затмения, наблюдавшегося с территории России 28 октября 2023 года, с указанием его основных фаз.



Условие:

Какой вид затмения наблюдали очевидцы этого феномена?

Ответ:

- ☐ Полное теневое
- ☐ Полное полутеневое
- ☒ Частное теневое
- ☐ Частное полутеневое
- ☐ Невозможно однозначно определить

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Вид лунного затмения определяется его максимальной фазой. Как видно из рисунка, максимальная фаза затмения Луны соответствовала частичному погружению диска Луны в тень Земли. Следовательно, очевидцы этого феномена наблюдали частное теневое затмение.

Условие:

В какие ближайшие даты (предшествующие или последующие) в принципе могло произойти лунное затмение?

Ответ:

- ✓ 5 мая 2023 года
- 14 октября 2023 года
- 11 ноября 2023 года
- 27 декабря 2023 года
- ✓ 25 марта 2024 года
- 18 сентября 2024 года

За каждый верный ответ — 2 балла

За каждую ошибку снимается 2 балла

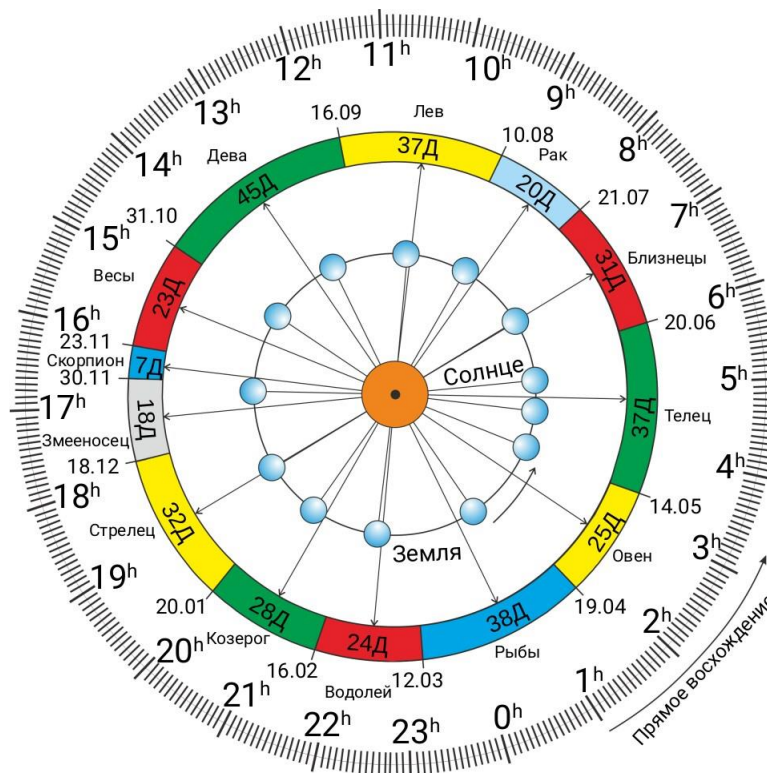
Решение.

Поскольку 28 октября 2023 года произошло частное теневое затмение, то ближайшее лунное затмение в принципе могло произойти либо за синодический месяц Луны до, либо синодический месяц спустя после указанного лунного затмения. Синодический месяц Луны равен 29.53 суток. Однако в вариантах ответов нет соответствующих дат. Лунные затмения обязательно повторяются через полгода. Значит, ближайшими такими датами

являются 5 мая 2023 и 25 марта 2024. И действительно, в указанные даты лунные затмения имели место!

Условие:

С использованием диаграммы видимого движения Солнца по зодиакальным созвездиям определите, в каком созвездии пребывала Луна в момент своего затмения:



Ответ:

- ☒ Овен
- ☐ Телец
- ☐ Близнецы
- ☐ Рак
- ☐ Лев
- ☐ Дева
- ☐ Весы
- ☐ Скорпион
- ☐ Змееносец

- Стрелец
- Козерог
- Водолей
- Рыбы

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Согласно диаграмме, 28 октября 2023 года Солнце находилось в созвездии Девы, при этом Луна в момент затмения тенью Земли находилась в противосолнечной точке — диаметрально противоположной точке небосвода, определённой относительно Солнца для земного наблюдателя, т. е. в созвездии Овна.

Условие:

Определите продолжительность лунного затмения между фазами U_1 и U_4 .
Ответ выразите в минутах.

Ответ: 78

Точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

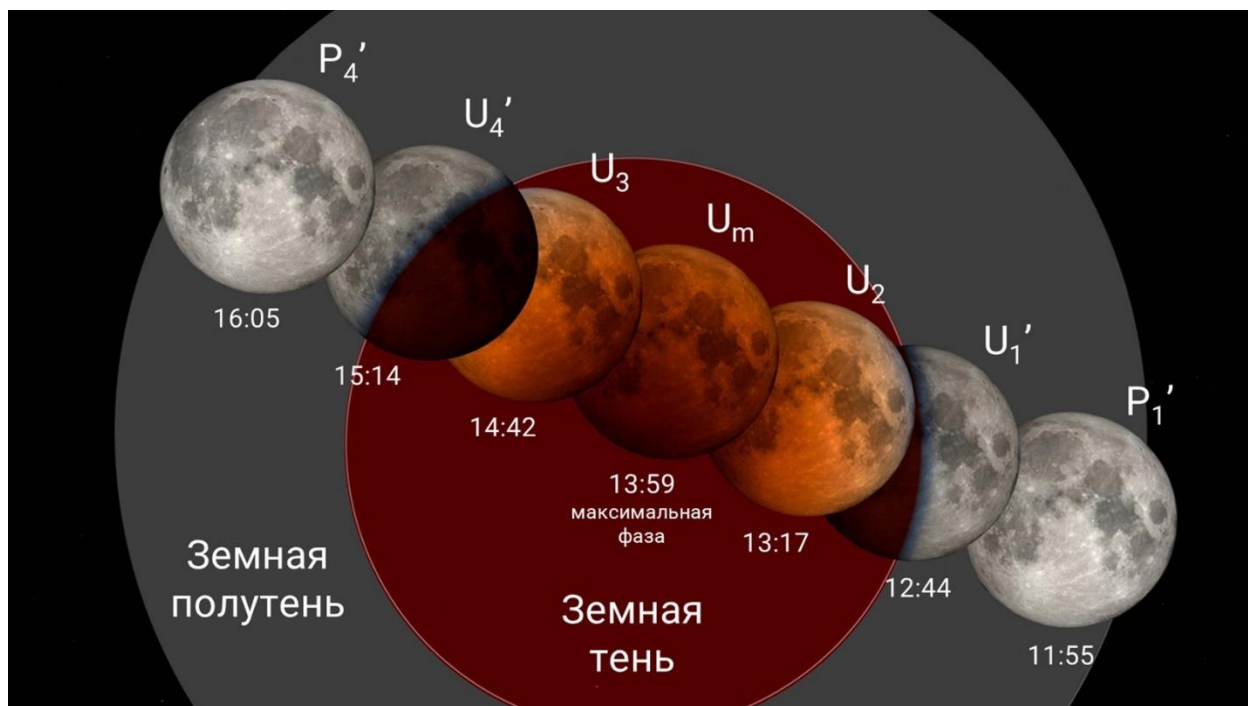
Фаза U_1 была достигнута в момент $t_1 = 22$ час 35 мин, а U_4 — в момент $t_2 = 23$ час 53 мин. Следовательно, продолжительность лунного затмения между фазами U_1 и U_4 :

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 78 \text{ мин.}$$

Задание № 5.2

Общее условие:

Дана схема лунного затмения, наблюдавшегося 8 ноября 2022 года, с указанием его основных фаз.



Условие:

Какой вид затмения наблюдали очевидцы этого феномена?

Ответ:

- ☐ Частное теневое
- ☒ Полное теневое
- ☐ Полное полутеневое
- ☐ Частное полутеневое
- ☐ Невозможно однозначно определить

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

В какие ближайшие даты (предшествующие или последующие) в принципе могло произойти лунное затмение?

Ответ:

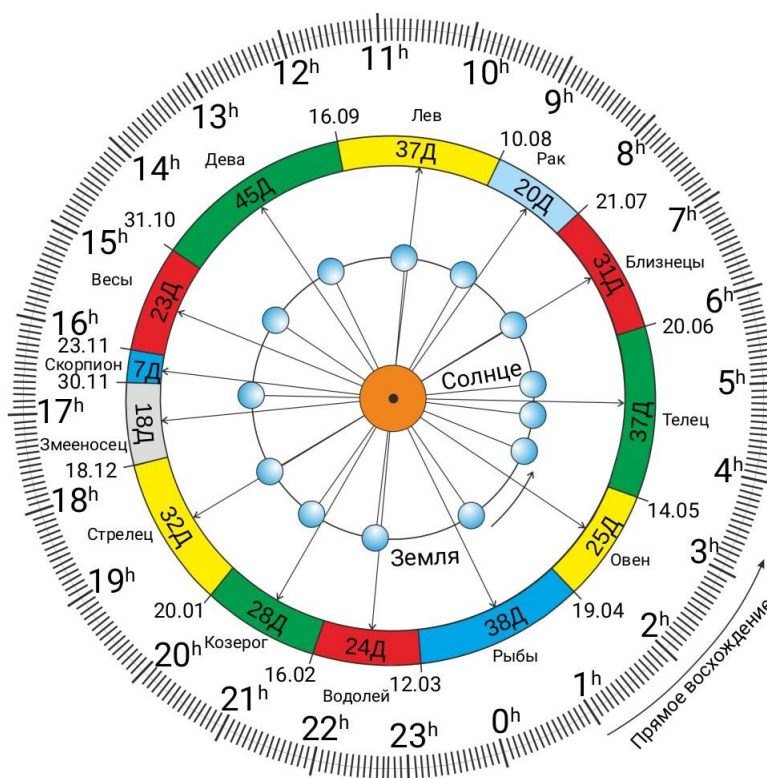
- ✓ 16 мая 2022 года
- 24 октября 2022 года
- 23 ноября 2022 года
- 7 января 2023 года
- ✓ 5 мая 2023 года
- 28 октября 2023 года

За каждый верный ответ — 2 балла

За каждую ошибку снимается 2 балла

Условие:

С использованием диаграммы видимого движения Солнца по зодиакальным созвездиям определите, в каком созвездии пребывала Луна в момент своего затмения:



Ответ:

- ✓ Овен
- Телец
- Близнецы
- Рак
- Лев
- Дева
- Весы
- Скорпион
- Змееносец
- Стрелец
- Козерог
- Водолей
- Рыбы

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите продолжительность лунного затмения между фазами U'_1 и U'_4 .

Ответ выразите в минутах.

Ответ: 150

Точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с заданием 5.1

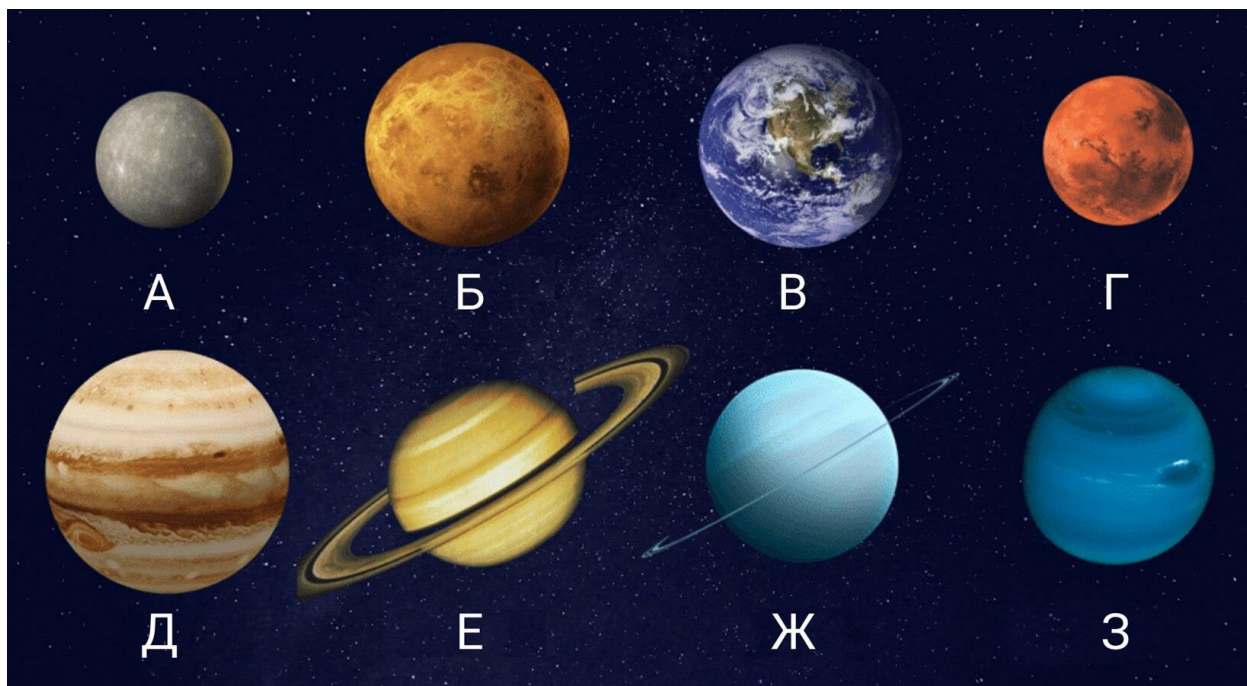
Задание № 6.1

Общее условие:

На рисунке представлены 8 крупнейших спутников классических планет Солнечной системы с указанием их названий и линейных диаметров. Здесь также для сравнения даны Меркурий и Плутон.



Ниже даны изображения 8 классических планет.



Условие:

Установите соответствие между спутниками и планетами, которым они принадлежат.

Ответ:

Ганимед	Планета Д
Титан	Планета Е
Каллисто	Планета Д
Ио	Планета Д
Луна	Планета В
Европа	Планета Д
Тритон	Планета З
Титания	Планета Ж

За каждую верную пару — 1 балл

Решение.

Ганимед, Каллисто, Ио и Европа являются крупнейшими спутниками Юпитера (планета Д). Титан — крупнейший спутник Сатурна, представленного на рисунке под буквой Е. Луна — спутник Земли (планета В). Тритон — спутник Нептуна (Планета З). Наконец, Титания является крупнейшим спутником Урана (планета Ж).

Условие:

С использованием численных данных первого рисунка определите, на сколько процентов объём тела Ганимеда больше объёма тела Меркурия. Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [20; 27]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Диаметр Ганимеда составляет $D_G = 2R_G = 5268$ км, а диаметр Меркурия — $D_M = 2R_M = 4880$ км. Определим, на сколько процентов (η) объём тела Ганимеда (R_G) больше объёма тела Меркурия (R_M):

$$\eta = \frac{V_G - V_M}{V_M} \cdot 100 \% = \left(\frac{V_G}{V_M} - 1 \right) \cdot 100 \% = \left(\left(\frac{D_G}{D_M} \right)^3 - 1 \right) \cdot 100 \% \approx 26 \%.$$

В качестве итогового ответа принимается число из интервала [20; 27].

Условие:

Даны 9 различных фотографий: из них 8 представляют собой образы донной части 8 различных кухонных сковородок и лишь одна фотография передаёт образ спутника классической планеты. Выберите изображение спутника:

Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

Используя предыдущие картинки задания, легко убедиться в том, что на первом изображении во втором ряду представлена Европа, спутник Юпитера.

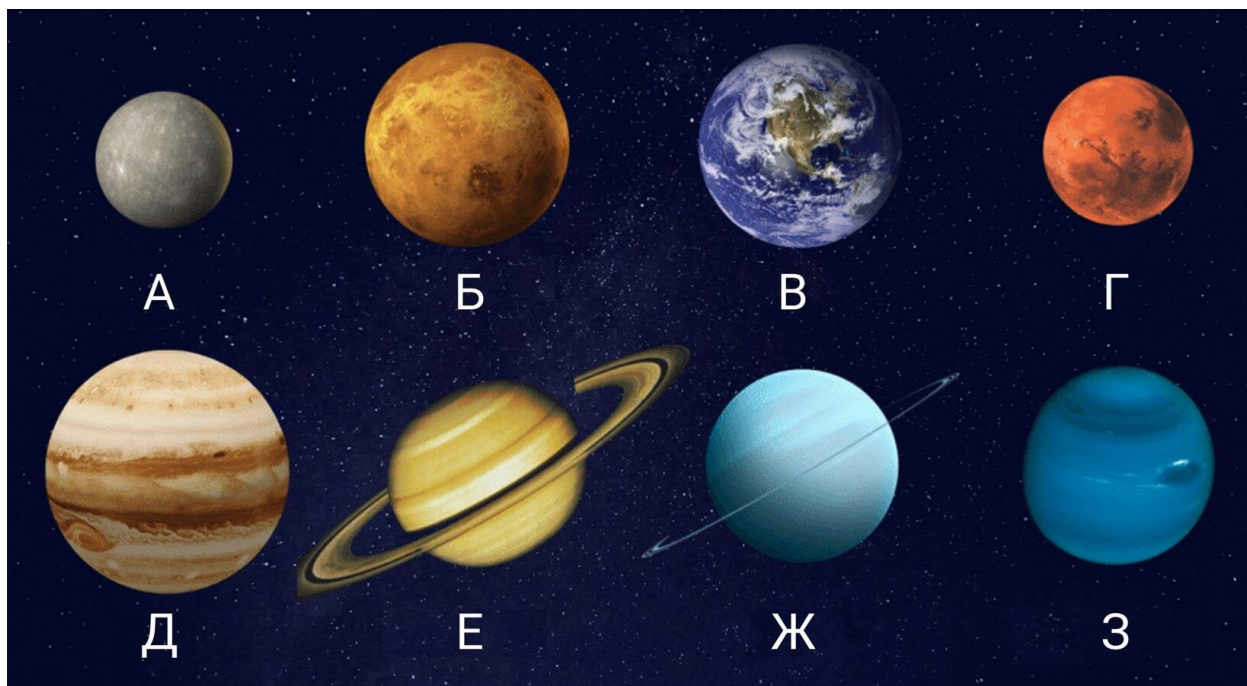
Задание № 6.2

Общее условие:

На рисунке представлены 8 крупнейших спутников классических планет Солнечной системы с указанием их названий и линейных диаметров. Здесь также для сравнения даны Меркурий и Плутон.



Ниже даны изображения 8 классических планет.



Условие:

Установите соответствие между спутниками и планетами, которым они принадлежат.

Ответ:

Каллисто	Планета Д
Ио	Планета Д
Ганимед	Планета Д
Луна	Планета В
Титан	Планета Е
Тритон	Планета З
Европа	Планета Д
Титания	Планета Ж

За каждую верную пару — 1 балл

Условие:

С использованием численных данных первого рисунка определите, на сколько процентов объём тела Тритона больше объёма тела Плутона. Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [30; 50]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Условие:

Даны 9 различных фотографий: из них 8 представляют собой образы донной части 8 различных кухонных сковородок и лишь одна фотография передаёт образ спутника классической планеты. Выберите изображение спутника:

Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

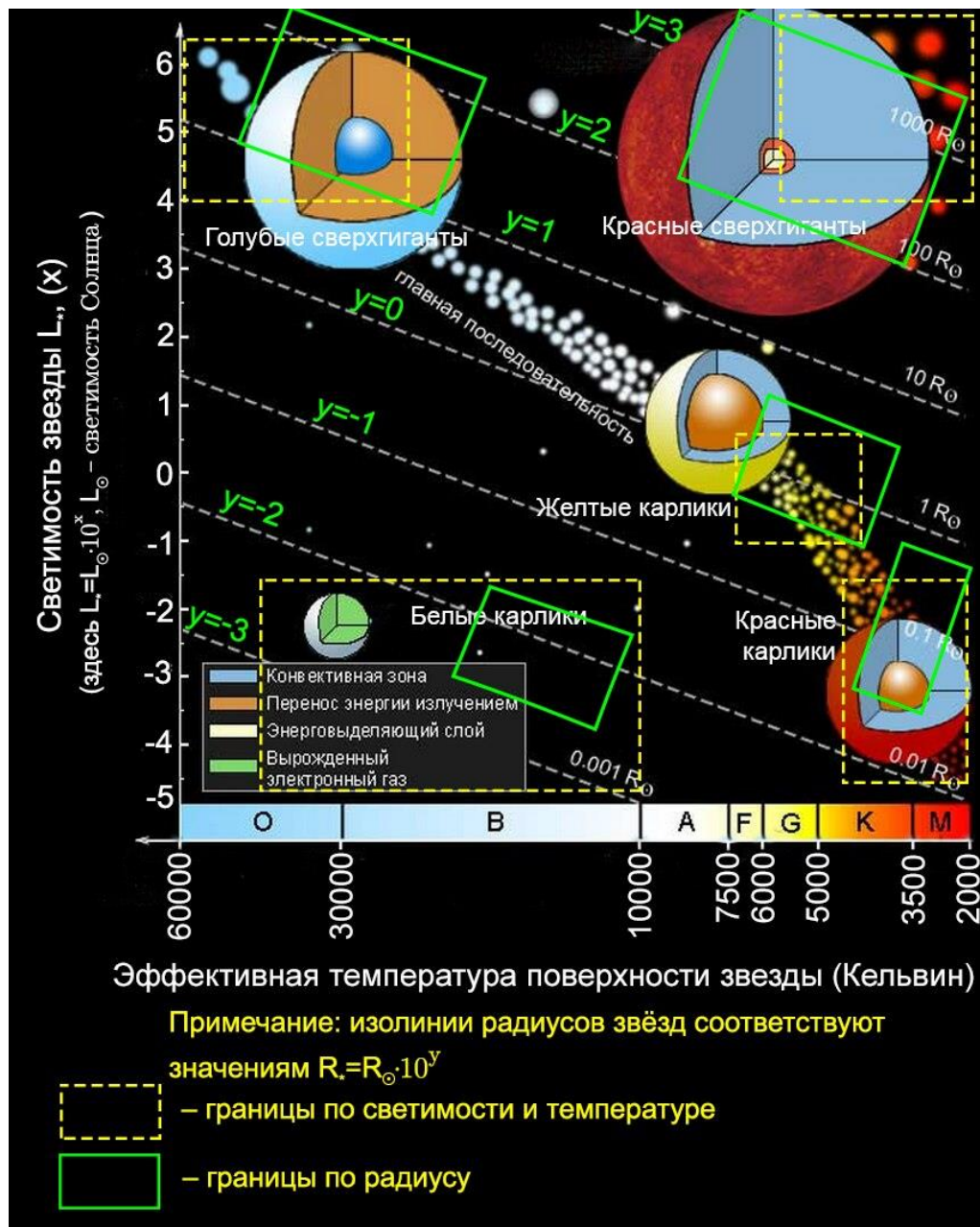
Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с заданием 6.1

Задание № 7.1

Общее условие:

Дана диаграмма «спектр-светимость» (Герцшпрунга-Рассела) и модели внутреннего строения некоторых классов звёзд. Пунктирными прямоугольниками указаны интервалы возможных значений (ИВЗ) для светимости и температуры звёзд соответствующего класса, зелёными прямоугольниками указаны ИВЗ для радиуса этих звёзд.



Условие:

В теле звезды какого класса конвективная зона является внешней и составляет более 90 % от её объёма?

Ответ:

- ☐ Голубой сверхгигант
- ☐ Жёлтый карлик
- ☒ Красный сверхгигант
- ☐ Красный карлик
- ☐ Белый карлик

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Из диаграммы следует, что именно в случае красных сверхгигантов конвективная зона занимает доминирующую часть (более 90 %) тела звезды.

Условие:

По диаграмме определите характерные интервалы возможных значений температуры T_* , радиуса R_* и светимости L_* для голубых сверхгигантов. Ответ выразите коэффициентами при соответствующих степенях или показателями степени числа 10 этих величин.

$$z_{\min} \cdot 10^4 \text{ K} \leq T_* \leq z_{\max} \cdot 10^4 \text{ K}$$

$$10^{y_{\min}} \cdot R_{\odot} \leq R_* \leq 10^{y_{\max}} \cdot R_{\odot}$$

$$10^{x_{\min}} \cdot L_{\odot} \leq L_* \leq 10^{x_{\max}} \cdot L_{\odot}$$

Ответ:

z_{\min} засчитывается в диапазоне [2.0; 2.5]

y_{\min} засчитывается в диапазоне [0.9; 1.1]

x_{\min} засчитывается в диапазоне [3.9; 4.1]

z_{\max} засчитывается в диапазоне [5.5; 6.5]

u_{\max} засчитывается в диапазоне [2.1; 2.3]

x_{\max} засчитывается в диапазоне [6.1; 6.4]

За каждый верный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

По вертикальным границам жёлтого прямоугольника можно определить приближённые пограничные значения для температуры, а по горизонтальным границам — пограничные значения светимости:

$$2.3 \cdot 10^4 \text{ K} \leq T_* \leq 6.0 \cdot 10^4 \text{ K}$$

$$10^4 \cdot L_{\odot} \leq L_* \leq 10^{6.3} \cdot L_{\odot}$$

По наклонным сторонам зелёного прямоугольника и параллельным линиям постоянного радиуса определяем диапазон возможных радиусов для этих звёзд:

$$10^1 \cdot R_{\odot} \leq R_* \leq 10^{2.2} \cdot R_{\odot}$$

В качестве ответа на второй вопрос задачи принимаются значения из следующих интервалов:

$$(2.0 \div 2.5) \cdot 10^4 \text{ K} \leq T_* \leq (5.5 \div 6.5) \cdot 10^4 \text{ K},$$

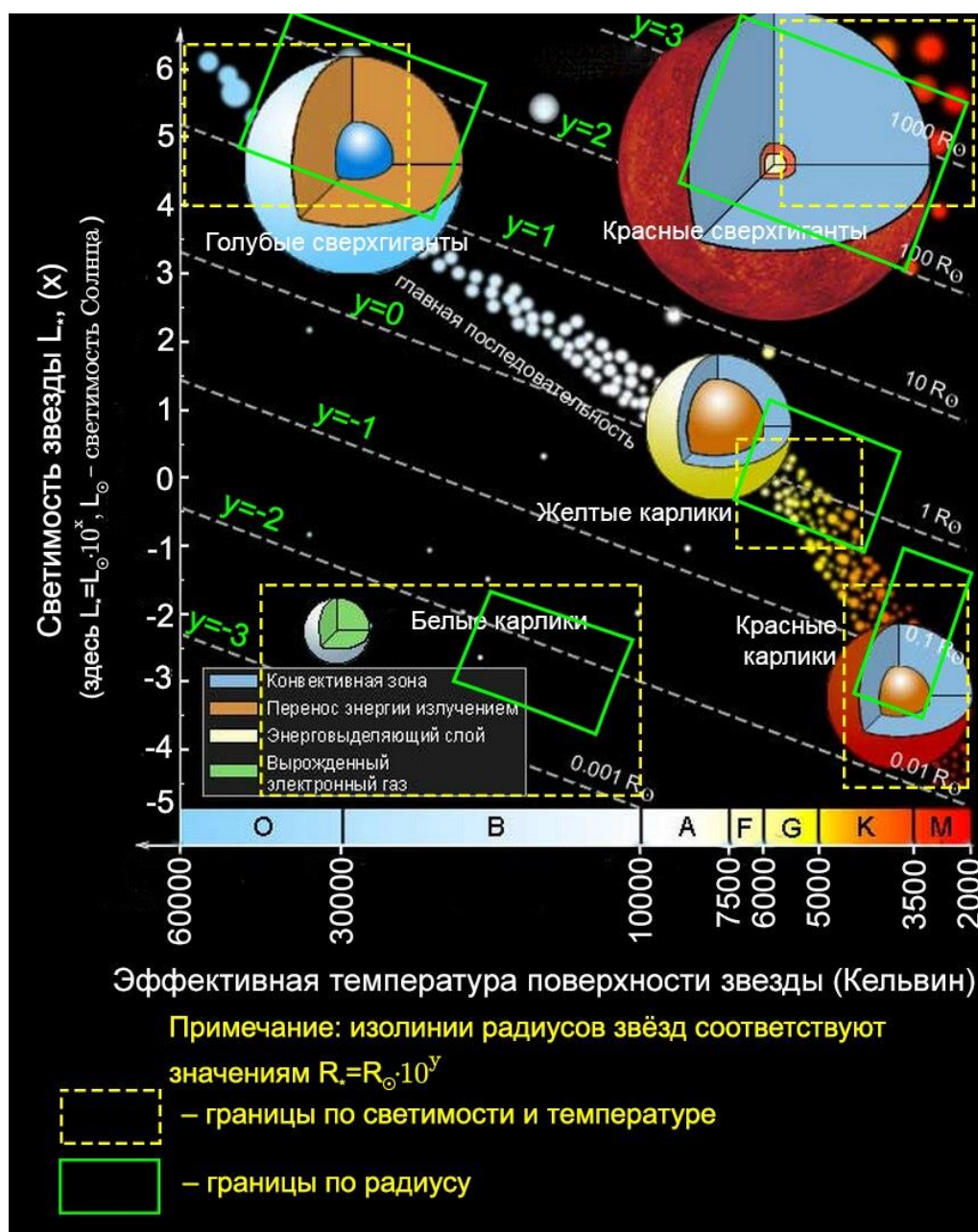
$$10^{0.9 \div 1.1} \cdot R_{\odot} \leq R_* \leq 10^{2.1 \div 2.3} \cdot R_{\odot},$$

$$10^{3.9 \div 4.1} \cdot L_{\odot} \leq L_* \leq 10^{6.1 \div 6.4} \cdot L_{\odot}.$$

Задание № 7.2

Общее условие:

Дана диаграмма «спектр-светимость» (Герцшпрунга-Рассела) и модели внутреннего строения некоторых классов звёзд. Пунктирными прямоугольниками указаны интервалы возможных значений (ИВЗ) для светимости и температуры звёзд соответствующего класса, зелёными прямоугольниками указаны ИВЗ для радиуса этих звёзд.



Условие:

В теле звезды какого класса конвективная зона является внешней и составляет более 70 % от её объёма?

Ответ:

- ✓ Голубой сверхгигант
- Жёлтый карлик
- Красный сверхгигант
- Красный карлик
- Белый карлик

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

По диаграмме определите характерные интервалы возможных значений температуры T_* , радиуса R_* и светимости L_* для белых карликов. Ответ выразите коэффициентами при соответствующих степенях или показателями степени числа 10 этих величин.

$$z_{\min} \cdot 10^4 \text{K} \leq T_* \leq z_{\max} \cdot 10^4 \text{K}$$

$$10^{y_{\min}} \cdot R_{\odot} \leq R_* \leq 10^{y_{\max}} \cdot R_{\odot}$$

$$10^{x_{\min}} \cdot L_{\odot} \leq L_* \leq 10^{x_{\max}} \cdot L_{\odot}$$

Ответ:

z_{\min} засчитывается в диапазоне [0.9; 1.1]

y_{\min} засчитывается в диапазоне [-2.7; -2.4]

x_{\min} засчитывается в диапазоне [-4.8; -4.6]

z_{\max} засчитывается в диапазоне [3.9; 4.6]

y_{\max} засчитывается в диапазоне [-1.6; -1.9]

x_{\max} засчитывается в диапазоне [-1.6; -1.4]

Точное совпадение ответа — 12 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с заданием 7.1

Ответ: засчитывается в диапазоне $[0.159; 0.169]$

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Согласно определению, среднюю поверхностную концентрацию звёзд можно определить по формуле:

$$n_s = \frac{N_s}{\Omega} = \frac{187 \text{ звёзд}}{1138 \text{ кв. град}} = 0.164 \text{ звёзд/кв. град},$$

где $N_s = 187$ – количество звёзд, видимых невооружённым глазом в данном созвездии; $\Omega = 1138$ кв. град. — телесный угол (угловая площадь), соответствующий данному созвездию. В качестве ответа на первый вопрос задачи принимается значение из интервала $[0.159; 0.169]$.

Условие:

Сколько (в среднем) таких звёзд поместится в одном кадре фотоаппарата, если его поле зрения равно 140 квадратным градусам?

Ответ: засчитывается в диапазоне $[22; 24]$

Точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 7

Решение.

Среднее количество видимых невооружённым глазом звёзд, которые смогут поместиться в одном кадре фотоаппарата при условии, что его поле зрения — $\Omega_{\text{об}} = 140$ кв. градусов, можно записать так

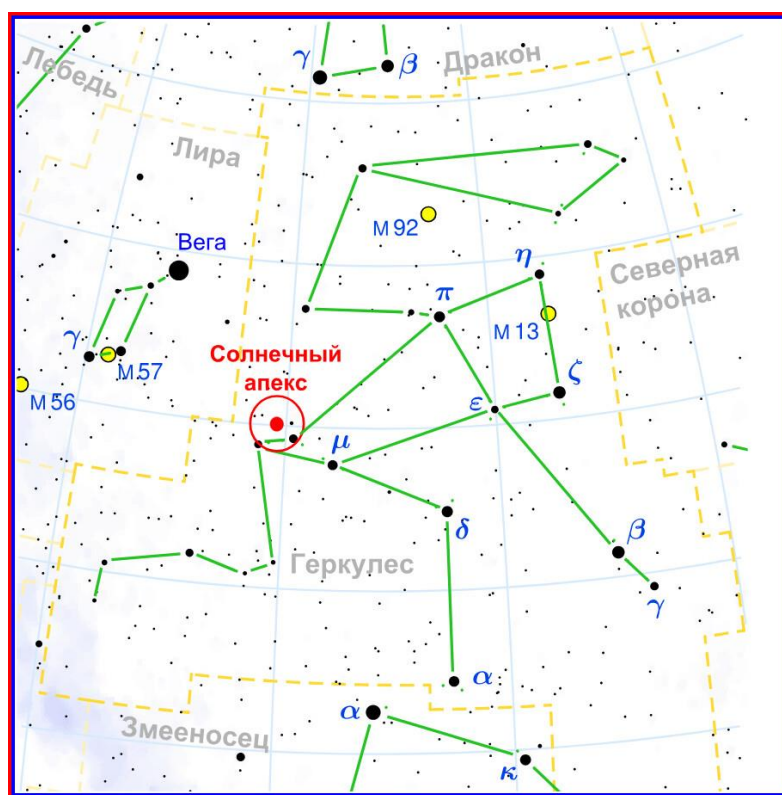
$$N_s^{\text{об}} = [n_s \cdot \Omega_{\text{об}}] = 23 \text{ звезды}.$$

В качестве ответа на второй вопрос задачи принимается значение из интервала $[22; 24]$.

Задание № 8.2

Общее условие:

Размеры созвездий принято характеризовать телесным углом (или угловой площадью, аналогом линейной площади). Так, созвездие Геркулеса является пятым по угловой площади созвездием небосвода; его величина составляет 1225 квадратных градусов. При этом оно содержит 166 звёзд, видимых невооружённым глазом.



Условие:

Определите среднюю поверхностную концентрацию звёзд, видимых невооружённым глазом в этом созвездии. Ответ выразите в количестве звёзд на квадратный градус, округлите до тысячных.

Примечание. Средней поверхностной концентрацией звёзд называется отношение количества звёзд к телесному углу участка небосвода, который они занимают.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.131; 0.141]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Сколько (в среднем) таких звёзд поместится в одном кадре фотоаппарата, если его поле зрения равно 210 квадратным градусам?

Ответ: засчитывается в диапазоне [27; 30]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 7

Решение по аналогии с заданием 8.1

Задание № 9.1

Условие:

Сидерический период обращения Луны относительно звёзд равен 27.32 суток. Оцените угловую скорость видимого движения Луны по небосводу относительно звёзд. Ответ выразите в градусах в сутки, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [13.1; 13.3]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Угловая скорость видимого движения Луны по небосводу относительно звёзд обратно пропорциональна её периоду обращения относительно звёзд и может быть оценена выражением:

$$\omega_{\zeta} = \frac{360^{\circ}}{T_{\zeta}} = 13.2^{\circ}/\text{сут.}$$

Условие:

Дана фотография Луны и Юпитера с галилеевыми спутниками. Известно, что незадолго до момента получения этой фотографии произошло центральное покрытие Юпитера диском Луны (т.е. Юпитер скрывался телом Луны от земного наблюдателя, при этом для последнего он двигался по диаметру Луны). На момент съёмки угловой диаметр Луны составлял 31.0'.



Определите промежуток времени, разделяющий момент начала покрытия Юпитера и момент получения этой фотографии. Ответ выразите в минутах, округлите до целых.

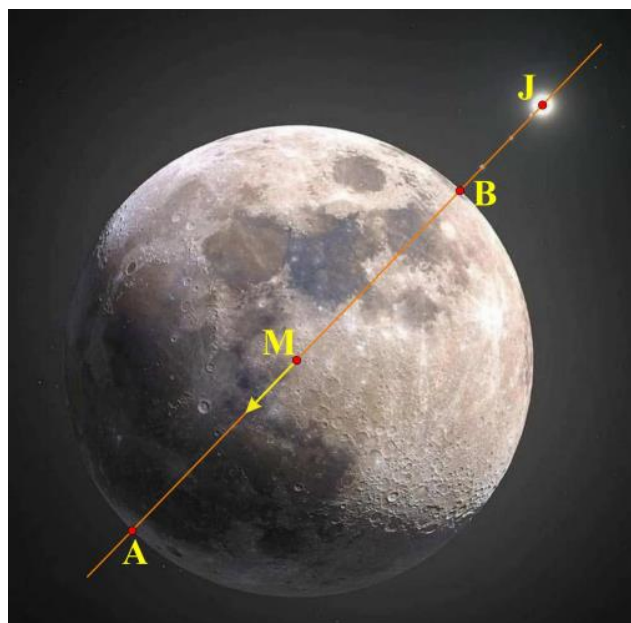
Ответ: засчитывается в диапазоне [65; 75]

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Если к рисунку приложить вдоль стрелки линейку так, чтобы она определяла прямую MJ, проходящую через центры видимых дисков Юпитера и Луны, то указанная прямая задаст траекторию ($A \rightarrow M \rightarrow B \rightarrow J$) видимого движения Юпитера, скрытую от наблюдателя телом Луны. Искомый промежуток времени отвечает отрезку AJ этой



прямой от нижней точки A её пересечения с лимбом диска Луны (здесь началось покрытие Юпитера) до текущего положения Юпитера J. Определим

с помощью линейки величину отрезка АЈ (160 мм) и видимый диаметр Луны (127 мм). Составим пропорцию вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} D_{\zeta}'' \rightarrow 127 \text{ мм} \\ \ell \rightarrow 160 \text{ мм} \end{array} \right\} \Rightarrow \ell = \frac{160}{127} \cdot D_{\zeta}'' = 39.1'$$

Тогда искомый промежуток времени можно определить как:

$$\tau_{\zeta} = \frac{\ell}{\omega_{\zeta}} = \frac{39.1'}{0.55'/\text{мин}} = 71 \text{ мин.}$$

В качестве ответа на второй вопрос задачи принимается значение из интервала [65; 75].

Задание № 9.2

Условие:

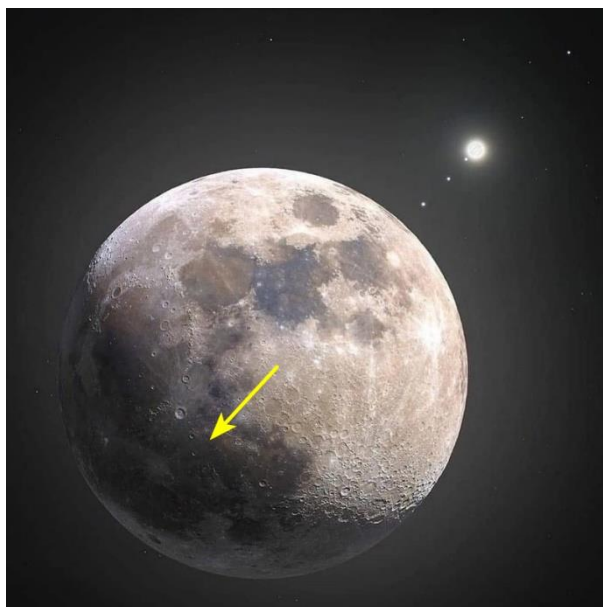
Сидерический период обращения Луны относительно звёзд равен 27.32 суток. Оцените угловую скорость видимого движения Луны по небосводу относительно звёзд. Ответ выразите в градусах в сутки, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [13.1; 13.3]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Дана фотография Луны и Юпитера с галилеевыми спутниками. Известно, что незадолго до момента получения этой фотографии произошло центральное покрытие Юпитера диском Луны (т.е. Юпитер скрывался телом Луны от земного наблюдателя, при этом для последнего он двигался по диаметру Луны). На момент съёмки угловой диаметр Луны составлял $31.0'$.



Определите промежуток времени, разделяющий момент окончания покрытия Юпитера и момент получения этой фотографии. Ответ выразите в минутах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [11; 17]

Точное совпадение ответа — 5 баллов

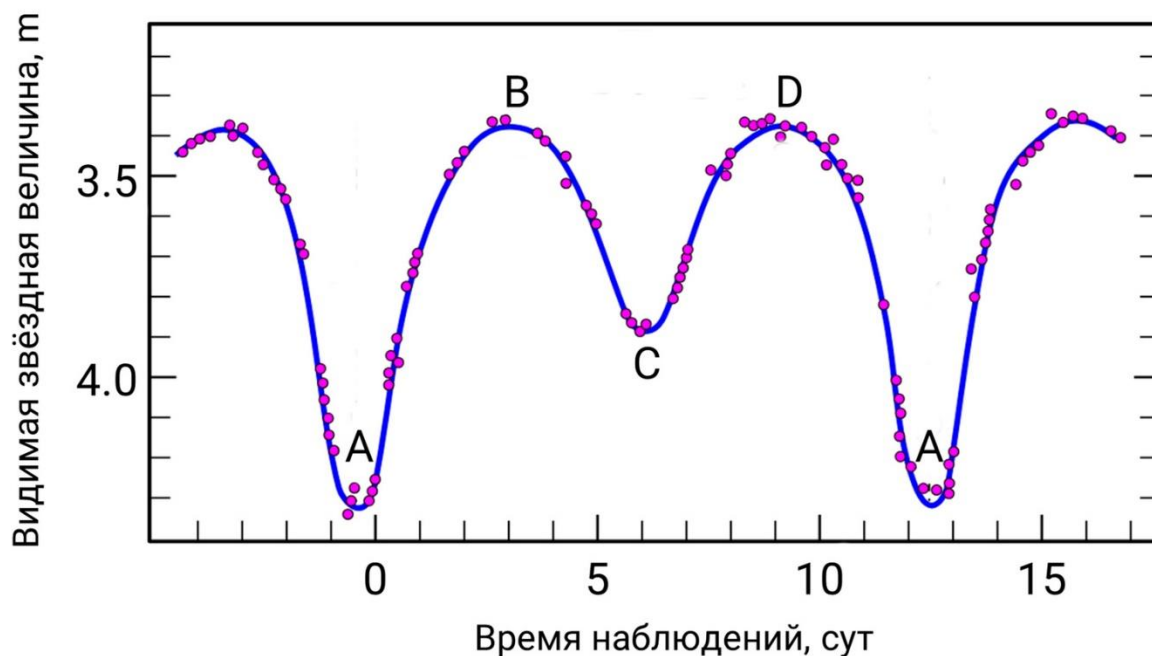
Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с заданием 9.1

Задание № 10

Общее условие:

Дана кривая изменения блеска (видимой звёздной величины) со временем для некоторой затменно-переменной звезды — физически двойной звезды, блеск которой изменяется в результате регулярно повторяющихся затмений одной компоненты другой с позиции земного наблюдателя. Заглавными латинскими буквами указаны основные экстремальные точки кривой.



Пояснение: видимая звёздная величина или блеск — скалярная астрономическая величина, являющаяся количественной мерой ощущения человеком степени яркости небесного объекта.

Условие:

Определите сидерический период обращения данной пары звёзд вокруг общего центра масс. Ответ выразите в сутках, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [12; 14]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Сидерическим периодом обращения данной пары звёзд вокруг общего центра масс называется промежуток времени, в течение которого данная пара звёзд совершает один полный оборот вокруг общего центра масс относительно далёких звёзд. Следовательно, через данный промежуток времени профиль кривой блеска будет повторяться. Значит, искомый период можно найти как промежуток времени между двумя соседними однотипными минимумами этой кривой, например, двумя минимумами А-типа, т. е. $T = 13$ суток.

Условие:

С использованием третьего обобщённого закона Кеплера:

$$M_1 + M_2 = \frac{a^3}{T^2}$$

определите сумму масс ($M_1 + M_2$) компонент двойной системы, если обе компоненты двигаются по круговым орбитам и расстояние между ними постоянно и равно $a = 0.267$ а. е. Ответ выразите в массах Солнца, округлите до десятых.

Примечание. В формуле закона Кеплера сидерический период обращения данной пары должен быть выражен в земных годах, а массы звёзд — в массах Солнца. $1 \text{ год} = 365.26 \text{ сут.}$

Ответ: засчитывается в диапазоне [13.0; 17.6]

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

По формуле вычислим искомую сумму масс ($M_1 + M_2$) компонент двойной системы:

$$\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2 = \frac{a^3}{T^2} = \frac{(0.267 \text{ a. e.})^3}{(13 \div 365.26)^2} = 15.0$$

В качестве ответа на второй вопрос задачи принимается значение из интервала [13.0; 17.6].