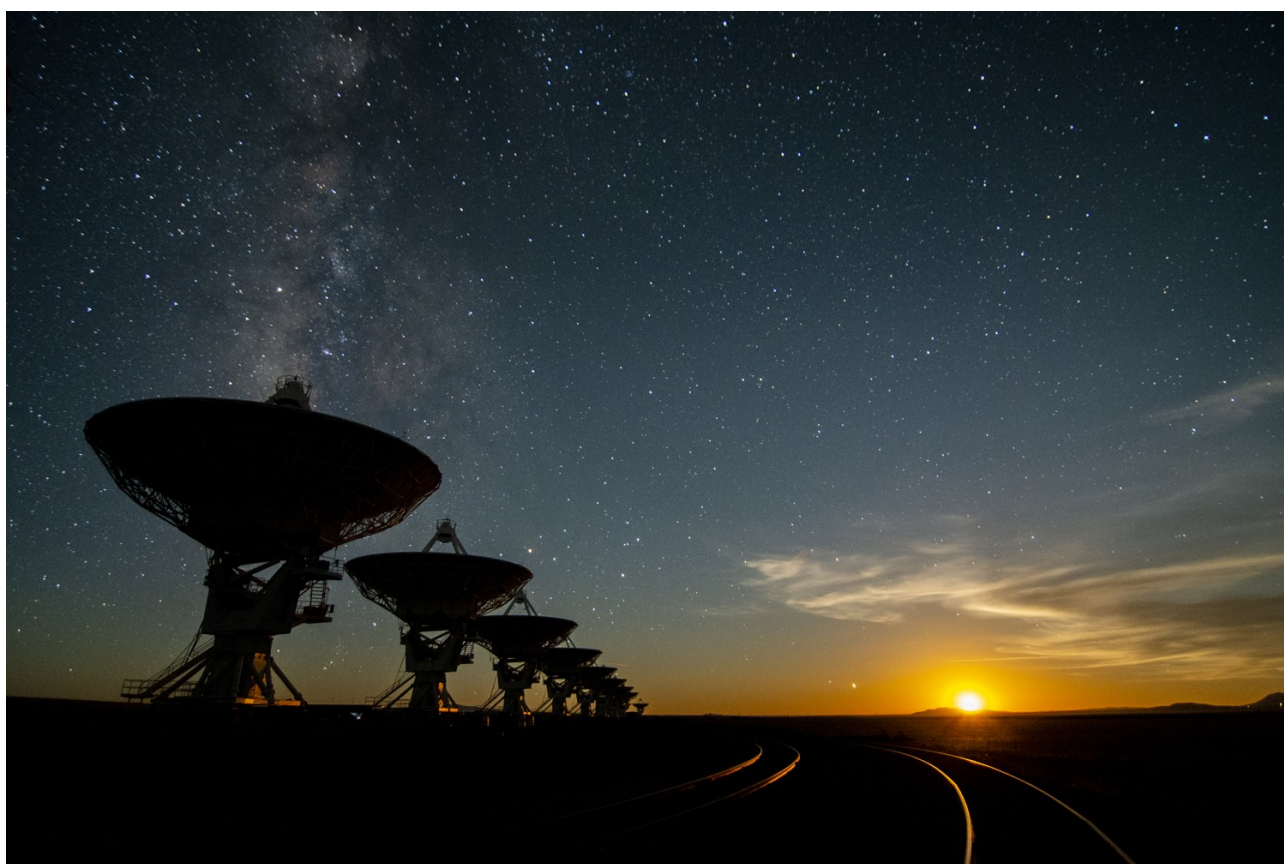


Задания и решения
1-го дистанционного этапа
Московской астрономической олимпиады
2025–2026 уч. г.
10–11 классы

Задание 1

На фотографии¹ запечатлён заход Луны на территории радиоастрономической обсерватории VLA (Очень Большая Антенная Решётка), находящейся на территории США. Как следует повернуть камеру, чтобы она смогла сфотографировать восход Солнца?



- оставить как есть
- повернуть вправо на 90°
- повернуть влево на 90°
- **повернуть на 180°**
- повернуть на 360°

¹ Jeff Hellermann / NRAO / NASA / APOD — <https://apod.nasa.gov/apod/ap201009.html>

Комментарий: Солнце и Луна всегда восходят в восточной части горизонта, а заходят в западной, даже если наблюдатель находится в южном полушарии. Раз мы видим заход Луны, то камера смотрит в сторону запада, а значит, восход Солнца будет с противоположной стороны, то есть камеру надо развернуть на 180° .

Из оставшихся ответов следует обсудить вариант поворота на 90° влево. На изображении видны астеризм «Чайник» (над самой левой антенной) и Антарес (над правым краем второй слева антенны). Можно сделать вывод, что Луна находится вблизи границы созвездий Весы и Дева. Значит, Луна восходит южнее точки запада, центр поля зрения камеры направлен примерно на юго-запад, а сама точка запада находится примерно у правого края снимка. При этом точка юга в кадр не попала.

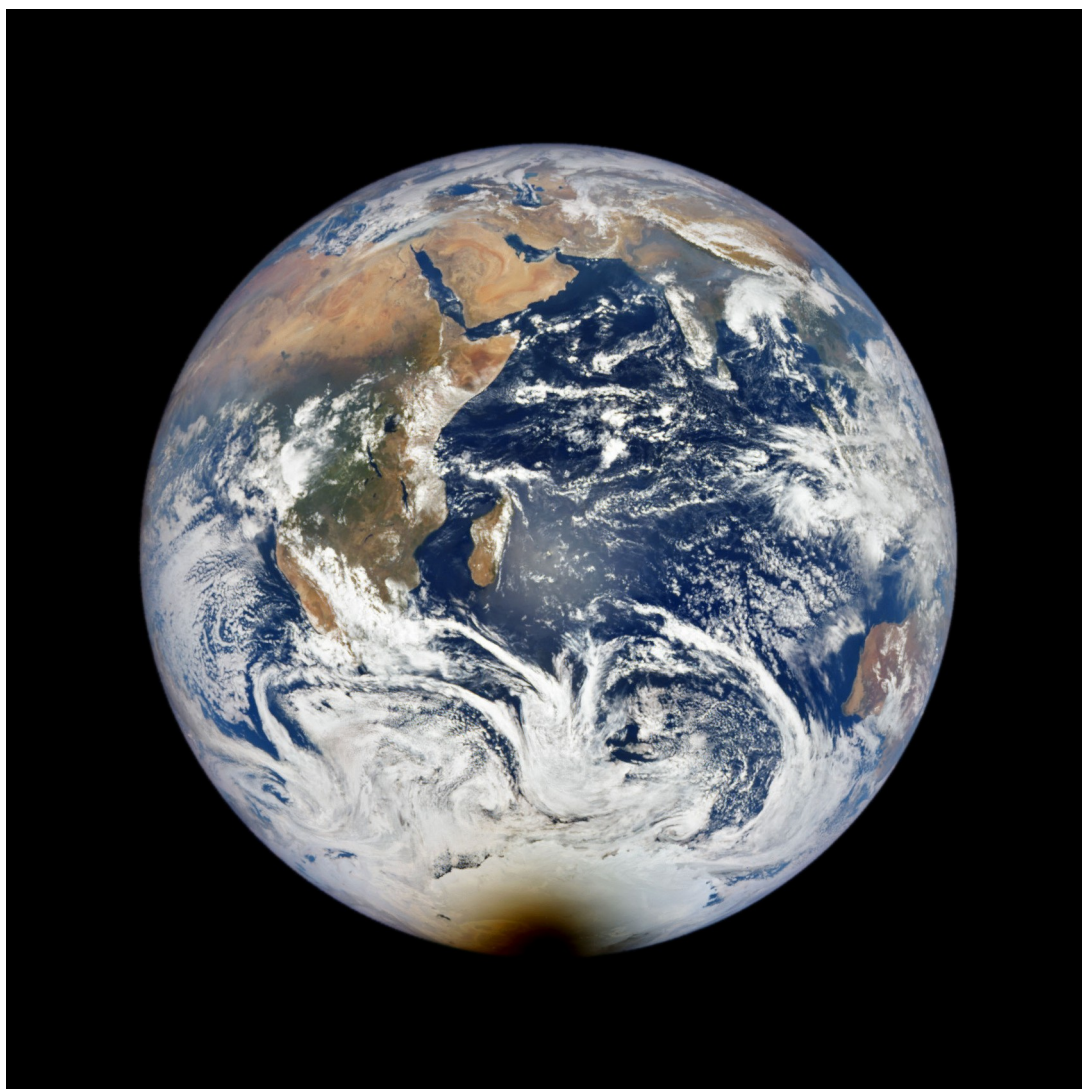
При повороте камеры на 90° влево в поле зрения попадёт юго-восточный участок горизонта примерно от точки юга, но без точки востока. Судя по большому числу звёзд в кадре и совершенно неосвещённым антеннам, Солнце находится глубоко под горизонтом, следовательно, его склонение положительно, а значит, что оно взойдёт севернее точки востока.

Критерии. За правильный ответ ставится **1 балл**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **1 балл**.

Задания 2–3

2. На фотографии² изображены Земля и падающая на неё тень Луны. Какой в этот момент была фаза Луны при наблюдении с Земли? Выберите наиболее точный ответ.



- 0
- 0.25
- 0.5
- 0.75
- 1

Комментарий. Наблюдатель, попавший в тень Луны, видит полное солнечное затмение. Значит, Луна в новолунии, а её фаза равна 0.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу 2 балла.

² NASA — https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2023/03/epic_1b_20211204075803.png

3. В какие месяцы могла быть сделана эта фотография?

- ноябрь, декабрь, январь
- февраль, март, апрель
- май, июнь, июль
- август, сентябрь, октябрь

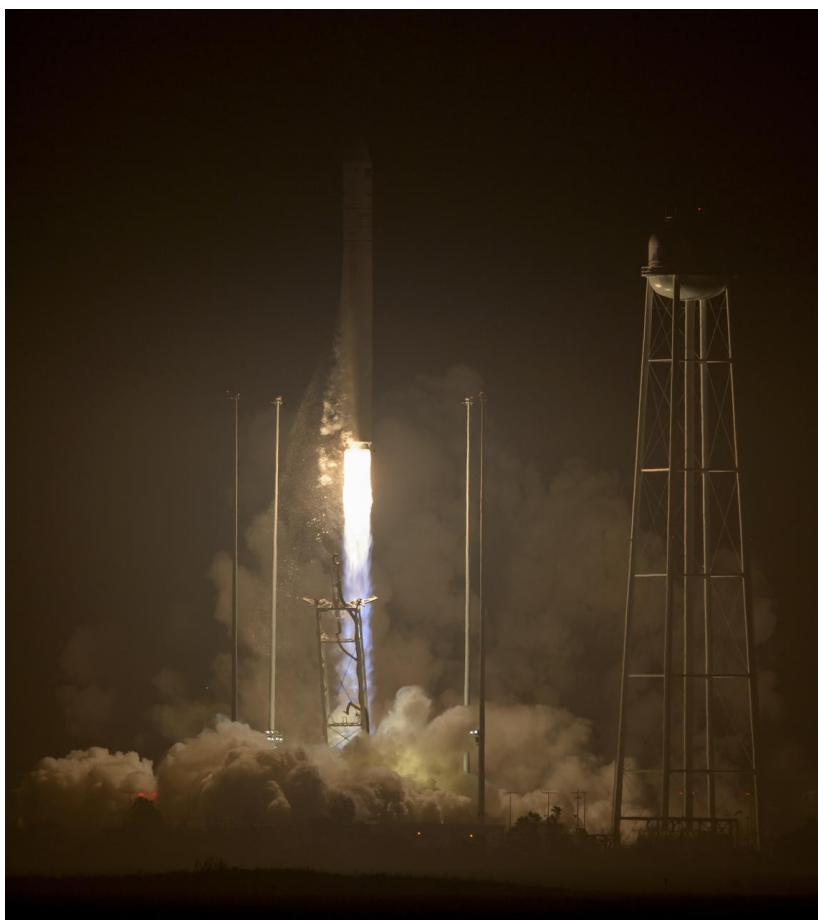
Комментарий. Полная тень попадает на Антарктиду, то есть южный полюс Земли освещён Солнцем. Это значит, что в южных полярных широтах сейчас — полярный день, что соответствует лету в южном полушарии. Это происходит в месяцы, близкие к зимнему солнцестоянию: ноябрь, декабрь, январь.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 4

Благодаря чему ракета на фотографии³ поднимается в космос, преодолевая земное притяжение?



³ NASA — https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2016/10/nhq201610170104_0.jpg

- Взлёт ракеты обеспечен подъёмной силой её крыльев.
- **Она движется вперёд за счёт реактивной силы, отбрасывая назад струю горячего газа.**
- Её притягивает Луна, когда оказывается над горизонтом.
- Ракету притягивает Солнце в светлое время суток.
- Ракете придаёт ускорение стартовая катапульта.
- Выбрасываемый газ давит на землю, отчего по третьему закону Ньютона возникает сила отталкивания.

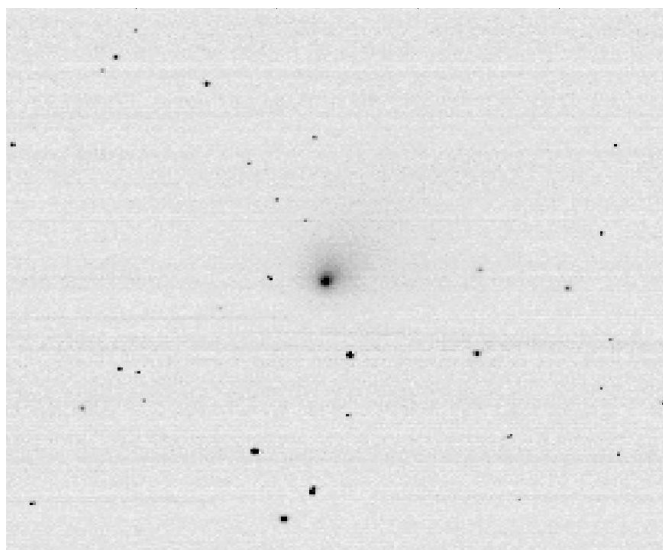
Комментарий. Основа реактивного движения — третий закон Ньютона и закон сохранения импульса. Сообщая топливу направленный импульс, ракета получает импульс в противоположном направлении, что позволяет ей двигаться как во время взлёта, так и в космическом пространстве.

Критерии. За правильный ответ ставится **1 балл**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **1 балл**.

Задания 5–7

5. Перед вами снимок⁴ некоторого объекта (в центре кадра), негатив. Что это?



- звезда
- **комета**
- искусственный спутник
- планета
- астероид

⁴ NASA — https://assets.science.nasa.gov/dynamicimage/assets/science/psd/photojournal/pia/pia07/pia07880/figures/PIA07880_fig1.jpg

Комментарий. Объект на фото явно имеет больший размер, чем окружающие его точки, а также «тень» с выделенным направлением, хотя общая яркость объекта в целом соответствует окружающим источникам света, то есть объект слабый и никак не может быть, например, Солнцем. Эти свойства отличают его от остальных вариантов и подходят только кометам.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

6. Выберите верные утверждения об объекте на снимке.

- Природа излучения объекта — термоядерный синтез.
- **Объект отражает солнечный свет.**
- Хвост объекта направлен к Солнцу.
- Характерная скорость объекта относительно Земли составляет несколько км/с.
- **Характерная скорость объекта относительно Земли — несколько десятков км/с.**
- Характерная скорость объекта относительно Земли — несколько сотен км/с.
- **Объект содержит твёрдое вещество.**
- **Объект содержит газообразное вещество.**

Комментарий. Комета состоит из твёрдого ядра (лёд, пыль, камни) и окружающей его газообразной оболочки — комы, часто переходящей в протяжённый хвост. Она не излучает свет за счёт термоядерного синтеза, а светится в основном за счёт отражения солнечного света и флуоресценции. Хвост кометы всегда направлен от Солнца из-за солнечного ветра. Характерные орбитальные скорости объектов в Солнечной системе лежат в диапазоне десятков километров в секунду, поэтому и скорость комет относительно Земли обычно составляет именно десятки км/с. Оценка в единицы км/с существенно занижена; такие скорости соответствуют объектам на околоземных орбитах. Скорость 100 км/с вблизи Земли существенно больше второй и третьей космической, поэтому скорости в сотни км/с соответствуют межзвёздным объектам.

Критерии. За каждый правильный ответ ставится **1 балл**, за каждый неправильный — штраф — **1 балл**. Оценка не может быть меньше **0 баллов**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **4 балла**.

7. Выберите, на каких расстояниях от Земли такой объект, являющийся частью Солнечной системы, уже не может обладать хвостом, но ещё не покинул её границы.

- 1 а. е.
- 30 а. е.
- 100 а. е.
- 1000 а. е.
- 100 пк

Комментарий. На расстояниях от 30 (орбита Нептуна) до 1000 а. е. (облако Оорта) объект будет находиться в области гравитационного влияния Солнца, но излучение Солнца будет уже недостаточным для кометной активности. На расстоянии 100 пк гравитационное влияние Солнца отсутствует.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 8

Снимок⁵ сделан аппаратом Juno в 2016 году, когда тот находился в окрестностях Юпитера. Каких объектов нет на снимке?

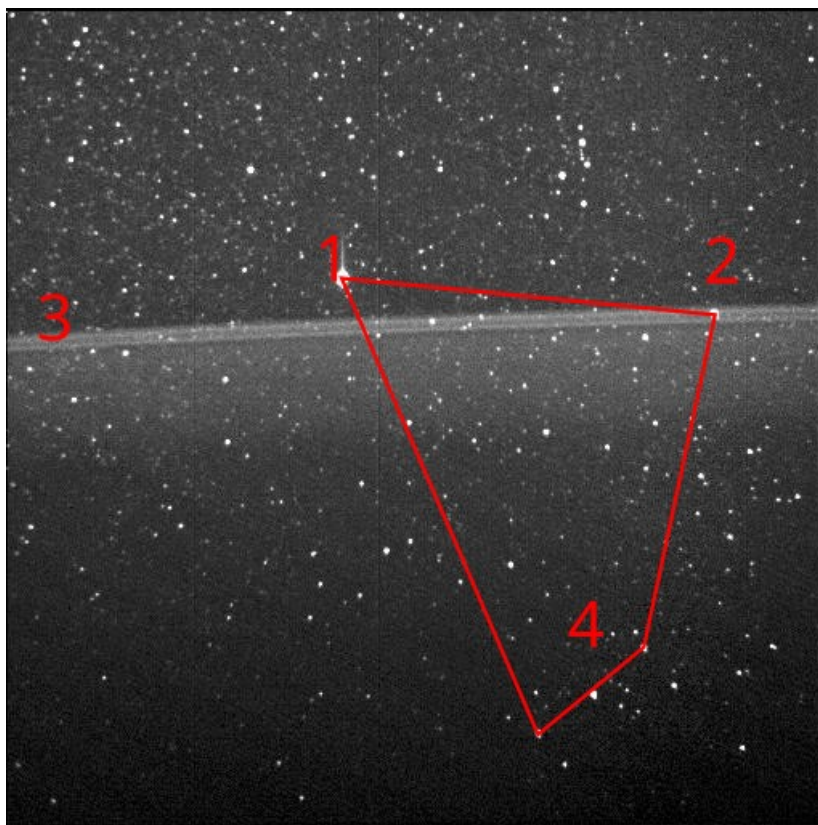


⁵ NASA. — <https://assets.science.nasa.gov/dynamicimage/assets/science/psd/solar/2023/09/p/i/a/2/PIA21644.jpg>

- колец Юпитера
- Бетельгейзе
- **Угольного мешка**
- Беллатрикса
- Пояса Ориона
- **Туманности Ориона**
- **Поллукса**

Комментарий. На представленном изображении частично запечатлено созвездие Орион, контуры которого обозначены красной линией. Цифрами отмечены несколько объектов: 1 — звезда Бетельгейзе, 2 — звезда Беллатрикс, 3 — кольца Юпитера (горизонтальная линия, пересекающая весь кадр), 4 — пояс Ориона.

Остальные перечисленные в задании объекты на снимке отсутствуют. Угольный мешок — это тёмная туманность, расположенная в полосе Млечного Пути, в созвездии Южный Крест. Поллукс — звезда из созвездия Близнецов. Туманность Ориона, хотя и относится к созвездию Ориона, в данный кадр не попала.

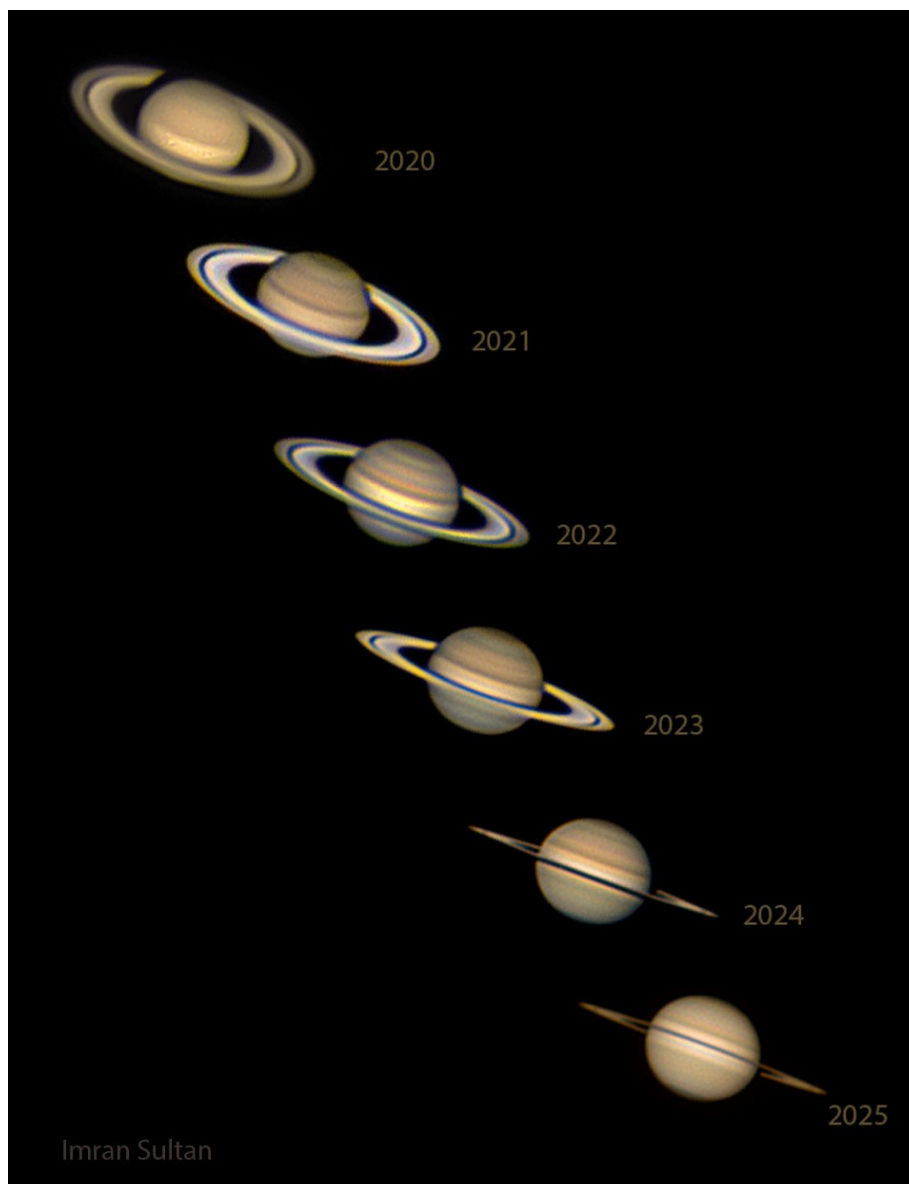


Критерии. За каждый правильный ответ ставится **1 балл**, за каждый неправильный — штраф — **1 балл**. Оценка не может быть меньше **0 баллов**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **3 балла**.

Задание 9

На изображении⁶ показан вид Сатурна с Земли в разные годы. Видно, что его кольца меняют свою ориентацию. Почему это происходит?



- Сатурн вращается вокруг своей оси.
- Земля вращается вокруг Солнца по своей орбите.
- **Сатурн вращается вокруг Солнца, но положение плоскости его колец остаётся неизменным.**
- Кольца Сатурна меняют ось своего вращения.
- Меняется ось вращения Сатурна.

Критерии. За правильный ответ ставится **1 балл**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу 1 балл.

⁶ Imran Sultan / NASA / APOD — <https://apod.nasa.gov/apod/ap250922.html>

Задание 10

За время с 22 октября 2022 года по 22 марта 2023 года расстояние от Земли до Венеры изменилось с 159.6 миллионов миль до 116.2 миллионов миль. Во сколько раз увеличился её угловой размер? Ответ округлите до сотых.

Ответ: 1.37.

Комментарий. Угловой размер обратно пропорционален расстоянию до объекта, поэтому отношение угловых размеров составляет: $159.6 / 116.2 \approx 1.37$.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. За неверно округлённый ответ (1.3, 1.4, 1.373 и т. д.) ставится **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 11

Международная космическая станция (МКС) использует для электропитания солнечные батареи. Известно следующее:

- Солнечная постоянная (количество энергии, проходящей за 1 секунду через площадку в 1 м^2 , расположенную перпендикулярно лучам Солнца вне атмосферы Земли) равна 1360 Вт/м^2 .
- Общая площадь солнечных батарей МКС составляет примерно 2500 м^2 .
- КПД (коэффициент полезного действия) фотоэлектрических элементов батареи составляет 20% .
- Можно считать, что батареи всегда ориентированы перпендикулярно направлению на Солнце.

Какую мощность производят батареи МКС, освещённые Солнцем? Ответ выразите в кВт.

Ответ: 680.

Комментарии. Умножим солнечную постоянную на общую площадь батарей, тогда падающая на батареи мощность излучения составит

$$1360 \text{ Вт/м}^2 \cdot 2500 \text{ м}^2 = 3\,400\,000 \text{ Вт} = 3400 \text{ кВт}.$$

Учтём КПД батареи: не вся падающая энергия преобразуется в электричество, а только 20% . Электрическая мощность = $3400 \text{ кВт} \cdot 0.20 = 680 \text{ кВт}$.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задания 12–13

12. Факт — самая яркая звезда в созвездии Голубя. Через 12 000 лет она станет полярной. Сейчас её экваториальные координаты такие: склонение составляет -34° , прямое восхождение составляет $5^h 40^m$. Какое сейчас прямое восхождение у звезды, которая через 12 000 лет будет находиться в зените для наблюдателей, у которых Факт окажется в надире? Ответ дайте в часах с точностью до сотых.

Собственным движением звёзд пренебрегите.

Ответ: 17.67.

Комментарий. В северном полушарии будет звезда, противоположная Факту: склонение будет просто другого знака, а прямое восхождение отличается на 12 часов: $12^h + 5^h 40^m = 17^h 40^m = 17.(6)^h \approx 17.67^h$.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. Ответы 17.7, 17.66 — **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

13. Факт состоит из трёх компонент: бело-голубая звезда с видимой звёздной величиной 2.7^m , красный карлик класса М и звезда со звёздной величиной 12.5^m . Определите звёздную величину всей системы с точностью до десятых.

Ответ: 2.7.

Комментарии. Вклад красного карлика и тусклой третьей звезды невелик и отражается на 4—5 порядке общей звёздной величины всей системы. Поэтому звёздная величина системы равна с высокой точностью звёздной величине основной компоненты.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задания 14–17

14. Взгляд на звезду Альбирео (двойная звезда в созвездии Лебедя) меняется: если раньше её считали лишь оптической двойной, где звёзды не связаны гравитацией, то теперь учёные допускают, что они всё-таки образуют гравитационно связанную систему.

Альбирео А: звёздная величина — 3.4^m , параллакс — 8.98 миллизекунд дуги, масса — 7.9 масс Солнца

Альбирео В: звёздная величина — 5.1^m , параллакс — 8.18 миллизекунд дуги, масса — 3.7 масс Солнца.

На земном небе расстояние между звёздами составляет 34".

Известно, что одна из компонент Альбиро — красная, а другая — синяя. Выберите верное утверждение, основываясь только на доступной в условии информации.

- Синяя компонента имеет звёздную величину 3.4^m, а красная — 5.1^m.
- **Синяя компонента Альбиро имеет бóльшую температуру поверхности, чем красная.**
- Красная компонента Альбиро имеет бóльшую температуру поверхности, чем синяя.
- Компонента со звёздной величиной 5.1^m имеет меньшую температуру поверхности, чем со звёздной величиной 3.4^m.

Комментарий. Температура поверхности напрямую связана с цветом звезды, однако этого нельзя сказать о звёздной величине: чтобы сравнивать поток от звёзд, также требуются оценки радиуса звёзд, которая не дана в условии. Синий цвет отвечает большим температурам, чем красный и оранжевый цвет.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

15. Определите расстояние от Земли до центра масс системы Альбиро. Ответ дайте в парсеках, округлите до целых.

Ответ: 115 пк.

Комментарий. Формула для расчёта расстояния в парсеках:

$$d[\text{пк}] = 1 / p[\text{сек. дуги}],$$

где p — параллакс.

Получаем, что до компонента А около 111 пк, а до В — 122 пк.

Звёзды отстоят друг от друга на небесной сфере на угол в 34", что соответствует расстоянию 0.02 пк перпендикулярно лучу зрения; этим фактором можно пренебречь.

Расстояние до центра масс следует вычислять как среднее взвешенное:

$$r_{\text{цм}} = (m_1 \cdot r_1 + m_2 \cdot r_2) / (m_1 + m_2) = 115 \text{ пк.}$$

Критерии. За правильный ответ в пределах от 112 до 118 ставится **2 балла**. За не округлённый ответ в этом же диапазоне ставится **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

16. Оцените период обращения такой системы. Считайте, что звёзды обращаются по круговым орбитам вокруг общего центра масс.

Результат в годах, округлённый до одной значащей цифры, представьте в стандартной форме $m \cdot 10^n$ ($1 \leq m < 10$). В качестве ответа введите порядок n полученной величины.

Например, если у вас получилось 23 456 лет, то есть примерно $2 \cdot 10^4$, — введите 4, а если $99 \approx 100 = 1 \cdot 10^2$ — введите 2.

Ответ: 9.

Комментарий. Расстояние между звёздами составляет около 11 парсек, что следует из предыдущей задачи, или $2.27 \cdot 10^6$ а. е. Воспользуемся третьим законом Кеплера:

$$T = (a^3 / (M_1 + M_2))^{0.5} \text{ лет.}$$

Получаем оценку на период системы: $9.88 \cdot 10^8 \approx 1 \cdot 10^9$ лет.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 17

Понятно, что период обращения системы, который получается таким образом, не может отражать реальную физическую картину, поскольку он в несколько раз превышает период обращения Альбироэ вокруг центра Галактики. Авторы некоторых работ полагают, что дело в ошибке измерения параллакса. Более разумная оценка периода системы с учётом возможных погрешностей измерения в 10 000 раз меньше. Во сколько раз в таком случае следует уменьшить оценку расстояния между звёздами? Ответ округлите до целых.

Ответ: 464.

Комментарий. Из третьего закона Кеплера следует, что T^2 пропорционален a^3 , то есть расстояние уменьшается в $10000^{2/3}$ раз, что после округления составляет 464.

Критерии. За правильно округленный ответ в диапазоне [450; 480] ставится **2 балла**. За не округлённый ответ из этого же диапазона ставится 1 балл. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 18

Какие из перечисленных экспериментов и астрономических наблюдений (в совокупности) были необходимыми и достаточными для того, чтобы впервые в истории вычислить массу Земли?

(Выберите **несколько** экспериментов, но **не более, чем необходимо**. Каждому номеру в списке соответствует 1 эксперимент.)

1. Измерение радиуса Земли (например, методом Эратосфена через разницу зенитных расстояний Солнца в двух городах).
2. Измерение гравитационной постоянной (G) в лабораторных условиях (опыт Кавендиша).
3. Измерение ускорения свободного падения (g) у поверхности Земли (например, с помощью маятника или наклонной плоскости).
4. Измерение радиуса лунной орбиты (например, методом параллакса).
5. Измерение периода обращения Луны вокруг Земли (на основе многолетних астрономических наблюдений).
6. Подтверждение второго закона Кеплера (закона площадей).
7. Определение скорости света (Рёмер).

Ответ: 123 или 245.

Комментарий. Для вычисления массы Земли (M) нам нужны законы, связывающие массу с измеряемыми величинами.

- Закон Всемирного тяготения Ньютона:

$$F = G \cdot (M \cdot m) / R^2,$$

где R — радиус Земли.

- Второй закон Ньютона для тела у поверхности: $F = m \cdot g$.

Приравнявая силы, получаем выражение для ускорения свободного падения:

$$g = G \cdot M / R^2 \text{ или } M = (g \cdot R^2) / G.$$

- Движение Луны по орбите: центростремительное ускорение Луне сообщает сила тяготения.

$$G \cdot M / r^2 = \omega^2 \cdot r,$$

где $\omega = 2\pi / T$ — угловая скорость, T — период обращения, r — радиус орбиты.

- Отсюда получаем третий закон Кеплера:

$$M = (4\pi^2 \cdot r^3) / (G \cdot T^2).$$

Таким образом имеем 2 набора экспериментов для определения массы Земли.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 19

Сколько звёзд можно наблюдать на Южном полюсе в 00:00 по московскому времени 01.01.2026?

Ответ: 1.

Комментарий. Это Солнце, поскольку в новогоднюю ночь на Южном полюсе — полярный день, а в целом в Южном полушарии — лето, как мы обычно его понимаем.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. За ответ 0 — **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 20

Ночь наступает, когда Солнце опускается под горизонт на высоту ниже 18° , заканчиваются астрономические сумерки. Сколько времени проходит от захода Солнца до наступления ночи в день равноденствия на широте Москвы, 56° с. ш.?

Ответ дайте в часах с точностью до десятых. Угловыми размерами Солнца пренебрегите. Воспользуйтесь плоским приближением.

Ответ: 2.1.

Комментарии. Суточное движение Солнца в день равноденствия происходит по небесному экватору. На земном экваторе угол между плоскостью горизонта и небесным экватором составляет $90^\circ - \varphi$, где φ — широта места наблюдения.

Солнце должно погрузиться на 18° , значит, имеем прямоугольный треугольник, в котором путь Солнца — гипотенуза, а высота погружения — катет.

$$L = H / \cos(\varphi) = 32.2^\circ.$$

Солнце пройдёт это расстояние за $24 \text{ часа} \cdot 32.2^\circ / 360^\circ = 2.1 \text{ часа}$.

Точный расчёт с помощью сферической тригонометрии приводит к результату 2.2 часа.

Критерии. За ответ 2.1 или 2.2 ставится **2 балла**. За иные ответы в диапазоне $[2.0; 2.3]$, включая не округлённые, ставится 1 балл. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.