

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЧЛЕНОВ ЖЮРИ (КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ)

Максимальное количество баллов – 100 баллов

Задание № 1 (8 баллов).

Для того, чтобы рассчитать, где и когда пройдет "полоса видимости" солнечного и лунного затмения нужно знать расстояние от Земли до Солнца и Луны к моменту затмения, скорость движения Земли и Луны, расположение плоскостей их орбит и другие данные. А что нужно знать, чтобы ответить на вопрос: с какой стороны солнечного диска начинается солнечное затмение, а с какой стороны лунного диска соответственно лунное? Объясните почему?

Возможное решение:

Нужно знать, как перемещается Луна на фоне звезд.

Ответ: Луна на фоне звезд перемещается с запада к востоку, т. е. справа на лево. Поэтому затмение Солнца начинается с правой ("западной") стороны его диска. При лунном затмении Луна вступает в тень Земли левым ("восточным") краем своего диска.

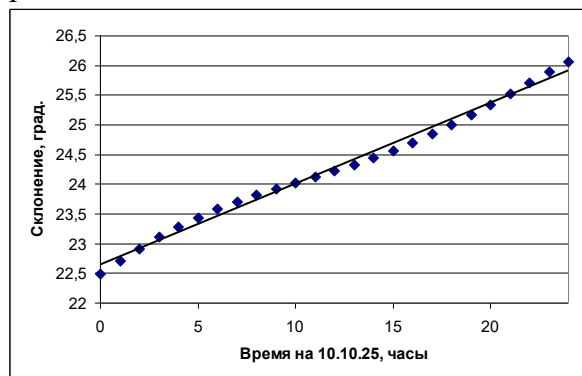
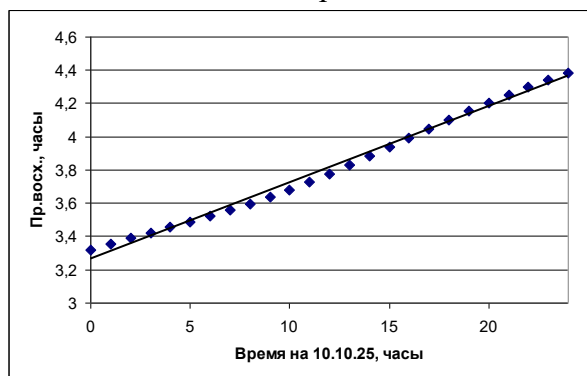
Класс. 8+

Уровень сложности: 1.

Темы. §4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты, §5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит).

Задание № 2 (8 баллов).

На графиках приведены зависимости экваториальных координат Луны от времени на 10.10.2025 для омского наблюдателя. Время в часах, прямое восхождение в часах и долях часа, склонение в градусах и долях градуса. Характерной особенностью зависимостей является волнообразное отклонение от прямой, напоминающее синусоиду, что не совсем ожидаемо. Ведь на столь малом временном и угловом ($\sim 16^\circ$ по восхождению и $\sim 4^\circ$ по склонению) промежутках имело смысл ожидать смещения почти по прямой. Объясните качественно приведенные закономерности.



Возможное решение:

Основная причина в том, что мы "наблюдали" Луну, находясь на поверхности вращающейся Земли. В следствие этого "омский наблюдатель" смещался относительно линии, соединяющей центры Земли и Луны. Смещение наблюдателя, в свою очередь, приводило к параллактическому смещению видимого положения и экваториальных координат Луны. Косвенным указанием служит практически 24-х часовой период отклонений от прямой линии.

В данной объяснении мы пренебрегаем второстепенными факторами. Для оценивания самым существенным является указание со стороны участника на параллактическое смещение и качественное обоснование этого.

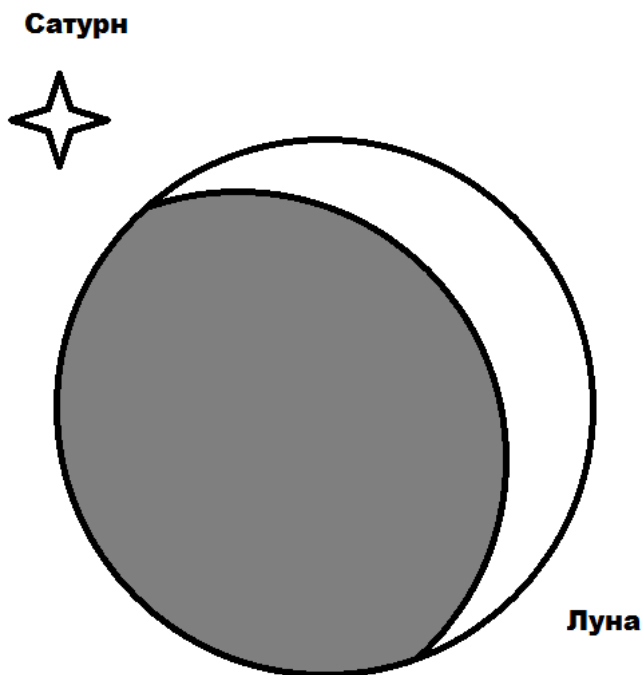
Класс. 11+

Уровень сложности: 1.

Темы. §11.2. Аберрация света и поправки к координатам светил.

Задание № 3 (8 баллов).

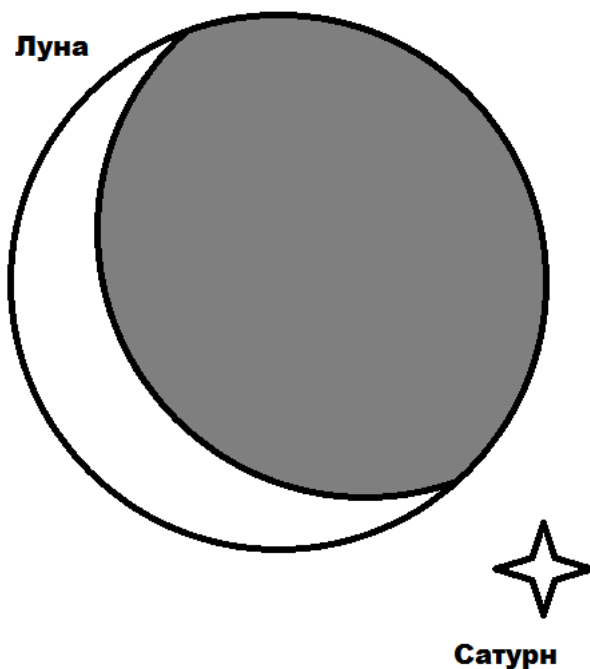
Юный астроном Костя решил рассмотреть в телескоп планету Сатурн. Найти его на звездном небе было легко т.к. Сатурн располагался очень близко от Луны, а навести телескоп на Луну не представляло никакого труда. На рисунке схематично показано их взаимное расположение для наблюдений невооруженным глазом: Сатурн расположен левее (восточнее) и выше (севернее) центра лунного диска. Серая "заливка" обозначает темную (неосвещенную) часть лунного диска.



Нарисуйте также схематично или опишите словами картинку, которую Костя увидит в телескоп (астрономический, или системы Кеплера). В какое время суток следует проводить наблюдения: вечером, ночью или под утро?

Возможное решение:

Телескоп системы Кеплера, который чаще всего используется в астрономических наблюдениях "дает перевернутое" изображение. При этом верх "меняется" с низом, а правая сторона изображения с левой. Т.о. схематичное изображение в телескоп будет выглядеть так:



За полный правильный ответ на первый вопрос следует принять либо правильно нарисованное схематичное изображение в телескоп, либо полное словесное описание (смена верх-низ и право-лево).

Для ответа на второй вопрос анализируем конфигурацию лунного серпа при наблюдении невооруженным глазом: он соответствует "молодой, растущей" Луне. Фаза между новолунием и первой четвертью. Для такой Луны характерна вечерняя видимость, т.е. наблюдения следует проводить вечером.

Класс. 9+

Уровень сложности: 1.

Темы. §1.3. Луна, ее свойства и движение, §5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит), §7.1. Схемы и принципы работы телескопов.

Задание № 4 (8 баллов).

На спутнике связи, расположенном на геостационарной орбите установлены "водородные" атомные часы. Эти часы транслируют на Землю сигналы точного времени. Следует ли земному приемнику "воспринимать" эти сигналы как абсолютно точные, или необходимо вносить поправку? Оцените минимальную величину этой поправки. Примечание: радиус геостационарной орбиты принять ≈ 42000 км (точно 42164 км), радиус Земли принять ≈ 6400 км (6378 км - средний экваториальный).

Возможное решение:

Поправка необходима, поскольку радиосигналу (как и свету) необходимо время, чтобы долететь от спутника до Земли.

1. Расстояние от спутника до поверхности - высота спутника: $42000 - 6400 = 35600$ км.

2. Радиосигнал движется в вакууме со скоростью 300000 км/с.

3. Ему необходимо время = $35600 / 300000 \approx 0,119$ секунд. Это и есть величина минимальной поправки.

Примечание. Расчеты можно выполнять в СИ (м и м/с). Конечный численный результат может быть от 0,1 до 0,13 секунд, зависит от "грубости" округления.

Класс. 9+

Уровень сложности: 1.

Темы. §2.2. Звезды и расстояния до них, §6.3. Движение искусственных спутников и Луны вокруг Земли (приближение круговой орбиты). Движение спутников планет.

Задание № 5 (8 баллов).

Звезда Сададьмелик (α Водолея, α Aqr, пер с араб. "Счастье царя" или "Счастье царства") является сверхгигантом того же спектрального класса, что и Солнце (G2), т.е. имеет эффективную температуру поверхности равную солнечной ≈ 5800 К. Однако радиус сверхгиганта в 60 раз больше радиуса Солнца. Оцените, во сколько раз светимость α Aqr больше, чем светимость Солнца. Оцените дополнительно абсолютную звездную величину звезды, если абсолютная звездная величина Солнца $4,8^m$.

Возможное решение:

Поскольку эффективные температуры поверхности одинаковы, значит по закону Стефана - Больцмана ($E_0 = \sigma T^4$) энергия, излучаемая Солнцем и звездой α Aqr в 1 сек с 1 м^2 одинакова. Считая звезду АЧТ для ее светимости L запишем: $L = E_0 \cdot S = \sigma T^4 \cdot 4\pi R^2$, S - площадь поверхности звезды, R ее радиус.

$$\frac{L_3}{L_C} = \frac{\sigma T_3^4 \cdot 4\pi R_3^2}{\sigma T_C^4 \cdot 4\pi R_C^2} = \frac{R_3^2}{R_C^2} = \left(\frac{R_3}{R_C}\right)^2 = (60)^2 \approx 3600.$$

Теперь оценим абсолютную звездную, светимость звезды уже оценена выше. Запишем формулу Погсона в применении к абсолютным звездным величинам:

$$M_1 - M_2 = 2.5 \lg \left(\frac{L_2}{L_1} \right), \quad \text{или} \quad M_2 = M_1 - 2.5 \lg \left(\frac{L_2}{L_1} \right), \quad \text{в нашем случае:}$$

$$M_3 = M_C - 2.5 \lg \left(\frac{L_3}{L_C} \right) = 4,8 - 2,5 \lg(3600) = 4,8 - 2,5 \cdot 3,556 = -4,091 \approx -4^m.$$

Класс. 10+

Уровень сложности: 2.

Темы. §8.1. Энергия излучения, §8.2. Шкала звездных величин, §8.3. Зависимость звездной величины от расстояния, §8.5. Излучение абсолютно черного тела, §8.6. Солнце.

Задание № 6 (8 баллов).

Космический корабль вывели на низкую круговую орбиту, лежащую в плоскости эклиптики. Какое минимальное приращение скорости нужно придать этому кораблю, чтобы он мог без последующих маневров и включения двигателей отправиться изучать объекты пояса Койпера?

Возможное решение:

Расчеты скоростей основаны на использовании закона сохранения механической (кинетической) энергии.

Полет к поясу Койпера должен состоять из следующих этапов. Сначала аппарат выводится на круговую орбиту вокруг Земли, имеет первую космическую скорость $V_1 = 7,9 \text{ км/с}$. Затем аппарат выходит из поля тяготения Земли, т.е. развивает вторую космическую скорость

относительно Земли $V_2 = 11,2$ км/с. Если ничего не предпринять, то аппарат продолжит движение по орбите Земли со средней орбитальной скоростью Земли. Поэтому третьим этапом будет разгон аппарата для полета к поясу Койпера.

Особенность расчета скоростей в том, что он производится в обратном порядке, начиная с третьего этапа.

Пояс Койпера находится во внешних областях Солнечной системы, и чтобы попасть туда из окрестностей Земли, аппарат должен развить вторую космическую скорость относительно Солнца, близкую к 42,1 км/с. Земля движется относительно Солнца со средней орбитальной скоростью 29,8 км/с. Т.о. приращение скорости аппарата на третьем шаге относительно Солнца (после выхода из поля тяготения Земли) должно быть составить: $42,1 - 29,8 = u = 12,3$ км/с. Этому приращению соответствует прирост кинетической энергии: $mu^2/2$.

Для совершения второго шага (выход из поля тяготения Земли) аппарат должен обладать второй космической скоростью относительно Земли (V_2) и соответствующим запасом кинетической энергии ($mV_2^2/2$).

Общий запас кинетической энергии для полета: $\frac{mV_3^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2}$. По сути - это закон сохранения энергии. Отсюда получаем выражение для начальной скорости полета вблизи Земли $V_3 = \sqrt{u^2 + V_2^2} = 16,6$ км/с. Это общее приращение скорости на втором и третьем шаге.

Однако аппарат уже совершил первый шаг, движется по круговой орбите и имеет первую космическую скорость V_1 , равную 7,9 км/с. Следовательно, минимальное приращение скорости (когда аппарат движется в ту же сторону, что и Земля по орбите вокруг Солнца) равно $\Delta V = V_3 - V_1 = 8,7$ км/с.

Класс. 11+

Уровень сложности: 2.

Темы. §6.1. Закон всемирного тяготения, движение по круговой орбите, §10.1. Законы Кеплера, движение по эллипсу, §10.2. Небесная механика в Солнечной системе.

Максимальная оценка муниципального этапа составляет 100 баллов.

Итоговая оценка за выполнение заданий определяется путём сложения суммы баллов, набранных участником за выполнение заданий с последующим приведением к 100-балльной системе. Правило приведения следующее:

суммарный балл за выполнение заданий/максимальная оценка в баллах*100.

В случае дробного итогового результата он округляется до десятых.

Рассмотрим пример.

- Участнику предложено 6 заданий, каждое по 8 баллов, итого максимальная возможная оценка в баллах составляет $6*8 = 48$ баллов.

- Участник набрал за задания соответственно: 7, 3, 4, 8, 5 и 5 баллов. Суммарный балл получается $7+3+4+8+5+5 = 32$ балла.

- Переходим к 100-балльной шкале с округлением до десятых: $32/48*100 = 66,6666... \approx 66,7$ баллов

- Окончательная оценка участника - 66,7 балла.