

Задание 1. (тема: 10.3 Система Солнце — Земля — Луна, категория сложности — 1)

Условие: В романе «Воздушный корабль» Ж. Верн пишет: «Итак, у нас окончательно установлен факт, что Фриколин был страшный трус. Одним словом, он, по поговорке, был «труслив, как Луна». Тут я сделаю отступление, воспользуюсь случаем для заявления громкого протеста против оскорбительного сравнения целомудренной сестры лучезарного Апполона, кроткой Селены, с лакеем Фриколином. По какому праву обвиняют в трусости планету, которая с тех пор как мир стоит, всегда смотрела Земле прямо в лицо и никогда не поворачивала к ней свою спину?» Согласны ли вы с этим утверждением относительно Луны?

Решение: 1. Поскольку периоды вращения Луны вокруг оси и обращения вокруг Земли совпадают (в настоящее время), Луна действительно обращена к Земле одним полушарием.

2. Однако из-за того, что вокруг оси Луна вращается равномерно, а вокруг Земли обращается по эллипсу, т. е. неравномерно, можно видеть часть лунной поверхности то за западным, то за восточным краем постоянно видимого диска. Это явление называется либрацией по долготе. Величина этого маленького кажущегося качания Луны равна $7^{\circ}54'$, а период равен аномалистическому месяцу 27,55 средних солнечных суток.

3. Из-за того, что ось вращения Луны наклонена на $88^{\circ}30'$ к плоскости ее орбиты, можно видеть часть поверхности то за северным полюсом Луны, то за южным. Величина этой либрации по широте равна $6^{\circ}50'$, а период равен драконическому месяцу 27,21 средних солнечных суток.

4. Из-за перемещения земного наблюдателя относительно центра Земли при ее суточном вращении наблюдается суточная (параллактическая) либрация величиной $\sim 1^{\circ}$. В результате наблюдениям с Земли доступно $\sim 60\%$ лунной поверхности.

5. В далеком прошлом, миллиарды лет назад, Луна сразу после формирования, вероятно, могла иметь более короткий период вращения. В то время Луна поворачивалась к Земле и «лицом», и «спиной». Период вращения Луны постепенно удлинился из-за ее приливного взаимодействия с Землей.

Ответ: да, с этим утверждением можно согласиться при учете некоторых уточнений.

Рекомендации по оцениванию: П. 1 оценивается в 1 балл. П. 2, п. 3 и п. 4 оцениваются в 2 балла каждый. Эти части решения могут быть представлены чертежами. Значения величин либраций и соответствующих им периодов необязательны. П. 5 оценивается в 1 балл.

Ответ только с перечислением либраций по названиям и суммарной величине оценивается в 2 или 3 балла в зависимости от полноты перечислений, если при этом упомянут еще п. 5, то

оценка может быть повышена до 4 баллов. Краткий ответ «да, верно» оценивается в 1 балл или в 2 балла, если хоть как-то упомянут п. 5.

Задание 2. (тема: 15.5. Всеволновая астрономия, категория сложности — 1)

Условие: Попытки связаться с разумными цивилизациями во Вселенной начались с предложений использовать световые сигналы, продолжились отправкой в космос на исследовательских зондах рисунков с рассказом о Земле и человеке, а затем перешли в радиодиапазон. Сейчас китайские астрономы из Университета аэронавтики и астронавтики в Нанкине намереваются сигнализировать рентгеновским излучением.

1. Каковы преимущества рентгеновского излучения? 2. Каковы другие возможные применения рентгеновского излучения? 3. Почему авторы идеи предлагают разместить мощный рентгеновский лазер на обратной стороне Луны?

Решение: 1. Всё, что можно наблюдать в видимом диапазоне с помощью наземных и орбитальных телескопов, уже зафиксировано и систематизировано. Обнаружено также большое количество космических источников радиоизлучения. Естественных источников рентгеновского излучения гораздо меньше, поэтому обнаружение рентгеновских источников позволяет надеяться на их техногенное происхождение и таким образом на возможное обнаружение внеземных высокоразвитых цивилизаций.

2. Когда космический аппарат при возвращении на Землю входит в атмосферу, вокруг него образуется оболочка из плазмы, препятствующая распространению радиосигналов, в том числе радиосвязи, но в рентгеновском диапазоне связь возможна.

3. Сигнал рентгеновского лазера, размещенного на обратной стороне Луны, будет в меньшей степени искажаться помехами от наземных рентгеновских источников. Кроме того, Земля будет максимально экранирована от источника рентгеновского излучения.

Рекомендации по оцениванию: П. 1 оценивается в 2 балла, п. 2 — в 3 балла, п. 3 — в 3 балла.

Задание 3. (тема: 4.1. Угловые измерения на небосводе, 8.3. Зависимость звездной величины от расстояния, категория сложности — 2)

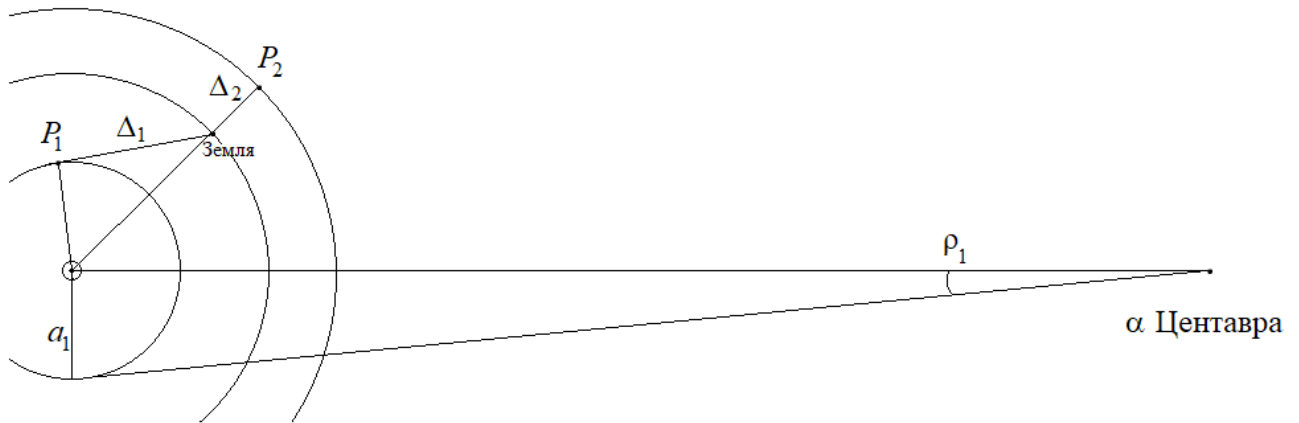
Условие: Может ли астроном, живущий в системе α Центавра, находящейся на расстоянии 1,33 пк от Солнца, заметить в телескоп планеты Солнечной системы? Если да, то какие? Считайте, что уровень цивилизации в системе α Центавра близок к нашему, и их телескопы подобны земным.

Дано: $r = 1,33$ пк; $m_T = 25^m$, $\alpha_T = 0,3''$ – проникающая и разрешающая способности телескопа вне атмосферы. Найти m , ρ – видимые звездная величина и угловое расстояние от Солнца для планет Солнечной системы.

Решение: 1. Линейное расстояние планеты от Солнца $a = \frac{r \rho}{206265}$ (а.е.) ,

тогда видимое угловое расстояние $\rho = \frac{a}{r} \cdot 206265''$ (или $\rho = \frac{a}{r}$, здесь $[a] = 1$ а.е., $[r] = 1$ пк с учетом того, что $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.}$).

Полученные таким образом угловые расстояния сравниваются с предельной разрешающей способностью телескопов α_T , которыми по предположению обладают астрономы в системе α Центавра.



2. Абсолютная звездная величина планет при наблюдении с α Центавра

$$M = m + 5 - 5 \cdot \lg r$$

совпадает с абсолютной видимой звездной величиной этих же планет, видимых с Земли,

$$M = m_0 + 5 - 5 \cdot \lg \Delta, \text{ здесь } \Delta \text{ — расстояние от планеты до Земли.}$$

$$m + 5 - 5 \cdot \lg r = m_0 + 5 - 5 \cdot \lg \Delta,$$

$$m = m_0 + 5 \lg \frac{206265 \cdot r}{\Delta}, \text{ здесь } [\Delta] = 1 \text{ а.е.}, [r] = 1 \text{ пк.}$$

При этом расстояния до нижних (внутренних) планет, т. е. Меркурия и Венеры (P_1) вычисляются в наибольших элонгациях, а для верхних (внешних) планет, т. е. Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна (P_2) — в противостояниях. Полученная таким образом видимая звездная величина сравнивается с предельной проникающей способностью телескопа m_T . В случае Земли можно воспользоваться сравнением с Венерой — отличие расстояний от Солнца и величин альбедо при близких размерах планет дает около $+1,2^m$ разницы.

3. Результаты всех вычислений заносятся в таблицу, исходные значения a и m_0 выбираются из справочных материалов.

Планета	a , а.е.	ρ , "	m_0	Δ , а.е.	m	Вывод
Меркурий	0,387	0,29	-1,9	0,92	25,5	Не виден и по m , и по ρ
Венера	0,72	0,54	-4,4	0,69	23,6	Видна
Земля	1	0,75	—	—	(24,8)	Вероятно, видна
Марс	1,52	1,14	-2,0	0,52	26,6	Не виден по m

Юпитер	5,2	3,9	-2,7	4,2	21,4	Виден
Сатурн	9,54	7,17	0,7	8,54	23,2	Виден
Уран	19,19	14,43	5,5	18,19	26,4	Не виден по m
Нептун	30,07	22,61	7,8	29,07	27,7	Не виден по m

Рекомендации по оцениванию: Запись данных и искомых величин оценивается в 1 балл, при этом названия всех этих величин участник не обязан указывать — в ходе решения должно быть продемонстрировано понимание этих величин.

П. 1 оценивается в 1 балл, п. 2 — в 2 балла при построении чертежа и в 1 балл — без чертежа, названия величин по-прежнему не являются обязательными.

П. 3 — таблица результатов оценивается по 0,5 балла за каждую планету, максимально — в 4 балла. Если участник для той или иной планеты в результате вычислений получает значение углового расстояния, точно совпадающее с выбранным пределом α_T , и на этом основании (при подходящем втором параметре) даёт положительное заключение о видимости планеты, то 0,5 балла не засчитываются, так как из-за огромной разницы блесков Солнца и планеты, последнюю будет невозможно увидеть даже с применением коронографа.

Если после проверки получается полуцелый результат, то он округляется по математическим правилам (в большую сторону!).

Ответ «Да, может увидеть» оценивается в 1 балл. Если при этом записаны данные и искомые величины, то оценка повышается до 2 баллов.

Примечание: участник может для m_T и α_T выбрать значения в диапазоне $22^m...28^m$ и $0,5''...0,1''$ соответственно. При этом вывод о возможности увидеть ту или иную планету может стать не таким, как в вышеприведенной таблице, но, если он подкреплён вычислениями, засчитывается полностью.

Задание 4. (тема: 10.1. Законы Кеплера, движение по эллипсу, категория сложности — 1)

Условие: Астрономы нашли самое дальнее тело Солнечной системы. Это каменная глыба размером 400 км, находящаяся в среднем в 132 а.е. от Солнца, но судя по орбите, временами отдаляющаяся на 175 а.е. Определите период обращения этого небесного тела, эксцентриситет его орбиты и расстояние в перигелии.

Дано: $a = 132$ а.е., $Q = 175$ а.е. q , e , T — ?

Решение: 1. $T^2 = a^3$, $T = \sqrt{a^3} = \sqrt{132^3} = 1516,56$ (лет)

$$2. \quad Q = a \cdot (1 + e), \quad 1 + e = \frac{Q}{a}, \quad e = \frac{Q}{a} - 1 = \frac{175 \text{ а.е.}}{132 \text{ а.е.}} - 1 = 0,326$$

$$3. \quad q = a \cdot (1 - e) = 132 \text{ а.е.} \cdot (1 - 0,326) = 89 \text{ а.е.}$$

Рекомендации по оцениванию: запись данных и искомых величин оценивается в 1 балл. Запись Третьего закона Кеплера и определение периода обращения (п. 1) оценивается в 2 балла.

П. 2 и определение эксцентриситета орбиты оценивается в 3 балла, п. 3 и определение перигелия — в 2 балла.

Задание 5. (тема: 4.4. Экваториальные координаты и время, 11.1. Уравнение времени, категория сложности — 2)

Условие: Капитан корабля измерил в истинный полдень 22 декабря зенитное расстояние Солнца и нашел его равным $66^{\circ}34'$. Хронометр, идущий по гринвичскому времени, показал в момент наблюдения $11^{\text{h}}54^{\text{m}}$. Уравнение времени в этот день было равно $-1,5^{\text{m}}$. Определите географические координаты корабля.

Дано: $D = 22.12$, $T_C = 12^{\text{h}}$, $z_C = 66^{\circ}34'$, $T_0 = 11^{\text{h}}54^{\text{m}}$, $\eta = -1,5^{\text{m}}$. φ , λ — ?

Решение: 1. $z = 90^{\circ} - h = 90^{\circ} - (90^{\circ} - \varphi + \delta) = \varphi - \delta$, откуда $\varphi = z + \delta_C$.

22 декабря склонение Солнца $\delta_C = -23^{\circ}26'$, поэтому $\varphi = 66^{\circ}34' - 23^{\circ}26' = 43^{\circ}08'$.

2. $\eta = T_m - T_C$, $T_m = T_C + \eta = 12^{\text{h}} - 1,5^{\text{m}} = 11^{\text{h}}58^{\text{m}}30^{\text{s}}$.

3. $T_m = T_0 + \lambda$, $\lambda = T_m - T_0 = 11^{\text{h}}58^{\text{m}}30^{\text{s}} - 11^{\text{h}}54^{\text{m}} = 4,5^{\text{m}} = 1^{\circ}07',5$.

Ответ: $43^{\circ}08'$ северной широты, $1^{\circ}07',5$ восточной долготы.

Рекомендации по оцениванию: П. 1 оценивается в 2 балла, п. 2 — в 3 балла, п. 3 — в 3 балла. Ответ отдельно может не записываться и не интерпретироваться.

Задание 6. (тема: 2.1. Солнце и планеты, категория сложности — 1)

Условие: Исследование далеких планет или вояж поселенцев, решивших обосноваться на Луне, сопряжены с большими трудностями.

Представьте себе такой сюжет. Вы — член космического экипажа из четырех человек, который отправился на встречу с базовым кораблем на освещенной поверхности Луны. Но из-за ЧП на борту ваш спускаемый аппарат был вынужден совершить жесткую посадку примерно в 320 км от места встречи. Во время аварийной посадки большая часть оборудования спускаемого аппарата была повреждена, но члены экипажа не пострадали. Но космонавты спасутся лишь в том случае, если доберутся до базового лагеря. Целыми и невредимыми остались лишь 14 предметов:

1. Коробка спичек; 2. Канистра с 20 литрами воды; 3. Пищевой концентрат; 4. Нейлоновая веревка (20 м); 5. Парашютный шелк; 6. Портативный обогреватель; 7. Ящик сухого молока; 8. Звездная карта; 9. Спасательный плот (самонадувающийся); 10. Компас; 11. Сигнальные ракеты; 12. Аптечка первой помощи с ампулами для инъекций; 13. Приемник-передатчик в УКВ-диапазоне на солнечный батареях; 14. Два 45-килограммовых баллона с кислородом.

Ваша задача — расставить эти предметы, собрав в восемь групп, с точки зрения их важности для достижения главной цели — добраться до базового корабля. Обоснуйте свой выбор.

Решение и рекомендации по оцениванию:

Номер группы	Номера и названия предметов	Обоснования	Баллы
I	14. Два 45-килограммовых баллона с кислородом	Кислород — главное условие выживания на Луне, где нет атмосферы; вес не так важен, на Луне он в 6 раз меньше, чем на Земле	1
	2. Канистра с 20 л воды	Вода — это жизненная необходимость	
II	5. Парашютный шелк	Защита от солнечных лучей на освещенной стороне Луны (где температура может достигать +127°C)	1
III	8. Звездная карта	Звездная карта — это основное средство навигации, расположение звезд на небе Земли и на небе Луны одинаковы	1
IV	3. Пищевой концентрат	Эффективное средство восполнения энергетических потребностей организма	1
V	13. Приемник-передатчик в УКВ-диапазоне на солнечных батареях	Можно использовать для связи с базовым кораблем, применяются только в пределах прямой видимости	1
	11. Сигнальные ракеты		
VI	4. Нейлоновая веревка длиной 20 м	Нужна, чтобы тянуть груз или преодолевать горную местность	1
	9. Самонадувающийся спасательный плот	Можно использовать как сани для перевозки кислорода и воды	
VII	12. Аптечка первой помощи с ампулами для инъекций	Витамины и лекарства (в современных скафандрах есть специальные клапаны, позволяющие делать инъекции, не нарушая герметизацию)	1
VIII	7. Ящик сухого молока	Более громоздкий эквивалент пищевого концентрата	1
	6. Портативный обогреватель	Не нужен на освещенной половине Луны	
	10. Компас	Бесполезен — на Луне нет магнитного поля	
	1. Коробка спичек	Бесполезна — на Луне нет кислорода для поддержания горения	

Примечания: каждый предмет может перемещаться по столбцу вверх или вниз, но не более чем на одну ячейку, в противном случае результат не засчитывается.