

**МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЧЛЕНОВ ЖЮРИ
(КЛЮЧИ, КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ)
Максимальное количество баллов – 100 баллов**

Задание № 1 (8 баллов).

Оцените предложенные утверждения с точки зрения справедливости и дайте пояснения и обоснования ваших рассуждений:

1. Чем севернее находится место наблюдения в южном полушарии, тем заметнее смещаются точки восхода и захода Солнца зимой к точке юга, а летом к точке севера.
2. Ночь на полюсах продолжается лишь четыре месяца, так как сумерки на полюсах продолжаются непрерывно не менее месяца после захода Солнца и столько же времени перед его восходом.
3. При заходе Солнца в полнолуние на противоположной стороне горизонта может происходить восход Луны.
4. Когда спутник достигнет скорости 16,65 км/с, то он выйдет за пределы Солнечной системы.

Оценка верности и ее возможное обоснование.

1. Высказывание неверно. В действительности оно относится к северному полушарию.
2. Высказывание можно считать верным, если считать начало ночи с момента окончания навигационных сумерек.
3. Утверждение верное. Можно подтвердить рисунком, поясняющим фазы Луны.
4. Утверждение можно считать верным для спутника Земли, с учетом орбитального (вокруг Солнца) и осевого (суточного) вращения Земли. Это третья космическая скорость.

Примечание по оцениванию: 1 балл за правильный бинарный (да или нет) ответ без обоснования и 2 балла за правильный ответ с обоснованием.

Класс. 11

Уровень сложности: 1.

Темы. § 1.2. Земля, ее свойства и движение., § 1.3. Луна, ее свойства и движение., § 3.2. Горизонтальные координаты на небесной сфере., § 4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты. § 10.2. Небесная механика в Солнечной системе

Задание № 2 (8 баллов).

На какую максимальную и на какую минимальную полуденную высоту может подниматься Солнце в Омске? Географическая широта Омска равна 55°

Примечание. Оценивание ответа производить по обобщенной шкале. Склонение Солнца можно принять $\delta = \pm 23^\circ 26'$, тогда количественный ответ будет отличаться на $1'$, его также принять за правильный.

Возможное решение:

Высоту Солнца, кульминирующего к югу от зенита, можно рассчитать по формуле:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta$$

1. Склонение Солнца в день летнего солнцестояния $\delta = +23^\circ 27'$ $\varphi = 55^\circ$

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 55^\circ + 23^\circ 27' = 58^\circ 27'$$

2. Склонение Солнца в день зимнего солнцестояния $\delta = -23^\circ 27'$

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 55^\circ - 23^\circ 27' = 11^\circ 33'$$

Класс. 7+

Уровень сложности: 1.

Темы. § 3.1. Географические координаты, § 3.2. Горизонтальные координаты на небесной сфере, § 4.3. Экваториальные координаты на небесной сфере, § 4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты.

Задание № 3 (8 баллов).

Астрономы обнаружили в космосе систему, похожую на Солнечную систему. Вокруг звезды X обращалось несколько планет. При изучении движения самой крупной планеты, ученые установили, что среднее расстояние от этой планеты до звезды X составляет 50 а.е. Траектория движения отличается от окружности. Центр фигуры, представляющей траекторию движения, отстоит от звезды X на $c = 10$ а.е. Необходимо выяснить: по какой траектории движется планета и на какое расстояние к звезде X она может приблизиться?

Примечание. Оценивание ответа производить по обобщенной шкале.

Возможное решение.

Траектория движения – эллипс.

Эксцентриситет $e = c/a$, подставляем данные: $e = 10 \text{ а.е.}/50 \text{ а.е.} = 0,2$

Кратчайшее расстояние от звезды до планеты: $q = (1 - e) a$

Подставляем данные: $q = (1 - 0,2) * 50 \text{ а.е.} = 40 \text{ а.е.}$

Класс. 11+

Уровень сложности: 1.

Темы. § 8.9. Планеты и экзопланеты, § 10.1. Законы Кеплера, движение по эллипсу.

Задание № 4 (8 баллов).

Известно, что с Земли можно наблюдать больше половины лунной поверхности за счёт либраций Луны по широте и долготе. Эти либрации связаны с её орбитальным движением и достигают величины 7-8°.

Также известно, что визуального эффекта либрации можно добиться, если наблюдать Луну одновременно из двух разных пунктов на поверхности Земли, например, с помощью удалённых телескопов.

1. С чем связан этот эффект?
2. На какой максимальный угол с его помощью можно “заглянуть за край” Луны?
Сопроводите решение чертежом.
3. Изменится ли что-то качественно, если наблюдать Луну из одной точки на поверхности Земли в течение некоторого времени в пределах суток?

Ответ.

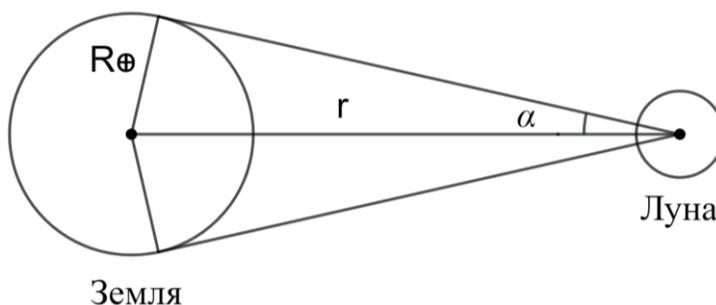
1. Этот эффект (параллактическая или суточная либрация) связан со смещением наблюдателя относительно линии Земля-Луна при суточном вращении Земли, в результате чего меняется направление луча зрения.

2. Максимальный угол $\approx 1,9^\circ$.

3. Если наблюдать из одной точки в течение времени, можно отметить следующие качественные изменения: а) с течением времени меняется фаза Луны, т.к. меняется конфигурация Солнца, Земли и Луны; б) либрация будет несколько больше, т.к. орбитальное движение Луны и суточное вращение Земли совпадают по направлению, угол между двумя точками наблюдения увеличится, и увеличится параллакс.

Решение.

Выберем две точки наблюдения, из которых центр лунного диска будет виден под разным углом. Здесь α — параллактический угол, а угол 2α — искомый максимальный угол либрации.



Радиус Земли $R_з = 6\,400$ км

Расстояние Земля-Луна $r = 384\,000$ км

Соотношение $R_з : r$ равно $1 : 60$, т.е. угол α малый, следовательно, он представляет собой угловой размер радиуса Земли $R_з$ наблюдаемый с расстояния r .

$$2\alpha = \frac{R}{r} \times 2 \times 57,3^\circ \approx 1,9^\circ$$

В качестве правильного также засчитывается ответ $\alpha \approx 57'$.

Возможные критерии оценивания:

Объяснение эффекта параллактической или суточной либрации за счёт перемещения наблюдателя	2 балла
Верно найден максимальный угол либрации, в качестве ответа указан сам угол или его половина — параллактический угол. -2 балла при отсутствии чертежа -1 балл при наличии арифметических ошибок	4 балла
Объяснение разницы между наблюдением из двух точек и из одной в течение времени.	2 балла
ИТОГО	8 баллов

Класс 11+

Тематический раздел: § 4.2. Параллакс и геометрические способы измерений расстояний. § 10.3. Система Солнце – Земля – Луна. Либрации Луны.

Сложность 2.

Задание № 5 (8 баллов).

В 2024 году астрономы по всему миру наблюдают ярчайшую комету столетия: C/2023 A3 (Цзыцзиньшань-ATLAS)! А ярчайшей кометой предыдущего столетия была C/1995 O1 (Хейла-Боппа), которая сближалась с Солнцем в 1997 году на расстояние орбиты Земли и удалится от него примерно на 372 а.е. В каком столетии земляне могут ожидать возвращение кометы Хейла-Боппа?

Ответ: в 46-м столетии.

Решение.

Для расчёта даты возвращения кометы необходимо определить период её обращения вокруг Солнца при известных параметрах орбиты. Большая полуось орбиты кометы Хейла-Боппа равна полу сумме расстояний в перигеуме и апоцентре орбиты:

$$a = 0.5 \times (372 + 1) = 186.5 \text{ а.е.}$$

Период обращения кометы найдём из III закона Кеплера:

$$T^2 (\text{лет}) = a^3 (\text{а.е.})$$

$$T (\text{лет}) = a^{1.5} (\text{а.е.}) = 186.5^{1.5} \approx 2547 \text{ лет}$$

Новое сближение с кометой произойдёт около $1997 + 2547 = 4544$ года, т.е. в 46-м столетии.

В зависимости от точности расчётов значение периода обращения кометы и года сближения могут отличаться от приведённых выше, это не является ошибкой.

Возможные критерии оценивания:

Верный расчёт большой полуоси орбиты -1 балл при наличии арифметической ошибки -1 балла, если вместо большой полуоси рассчитана большая ось.	2 балла
Верный расчёт периода обращения кометы -1 балл при наличии арифметической ошибки -3 балла при неправильной записи III закона Кеплера	4 балла
Верно определён номер столетия -1 балл при наличии арифметической ошибки	2 балла
ИТОГО	8 баллов

Сложность 2

Класс 11

Тематические разделы: § 5.2. Малые тела Солнечной системы (приближение круговых орбит), § 10.1. Законы Кеплера, движение по эллипсу

Задание № 6 (8 баллов).

Период обращения искусственного спутника Земли составляет 2,9 часа. Максимальная высота спутника над Землей составляет 7000 км. Найдите минимальную высоту спутника над Землей.

Землю считать шаром радиусом 6400 км. Рекомендуется использовать сравнение движение спутника с движением Луны. В этом случае среднее расстояние от Земли до Луны принять равным 380000 км, а сидерический период Луны 27,3 сут.

Возможное решение.

$$T_{\text{Л}} = 27,3 \text{ сут}$$

$$T_{\text{ИСЗ}} = 2,9 \text{ час} = 2,9 / 24 \approx 0,12 \text{ сут}$$

$$a_{\text{Л}} = 380000 \text{ км} = 38 \cdot 10^4 \text{ км}$$

$$R_{\text{З}} = 6400 \text{ км}$$

$$h_1 = 7000 \text{ км}$$

Найдем h_2

Траектория движения спутника – эллипс.

$$\text{Большая полуось орбиты спутника } a_{\text{ИСЗ}} = (h_1 + 2 R_{\text{З}} + h_2) / 2$$

Воспользуемся третьим законом Кеплера: $(a_{исз}/a_{л})^3 = (T_{исз}/T_{л})^2$

$$(a_{исз} / 38 \cdot 10^4)^3 = (0,12 / 27,3)^2$$

$$(a_{исз})^3 = 1,06 \cdot 10^{12} \quad a_{исз} \approx 1,02 \cdot 10^4 \text{ км} \approx 10^4 \text{ км}$$

Поскольку $a_{исз} = (h_1 + 2 \cdot R_3 + h_2)/2$, выразим $h_2 = 2 \cdot a_{исз} - h_1 + 2 \cdot R_3$

Подставим данные и вычислим $h_2 = 20000 - 7000 - 2 \cdot 6400 = 200 \text{ км}$

Класс. 11

Уровень сложности: 2.

Темы. § 10.1. Законы Кеплера, движение по эллипсу.