

АСТРОНОМИЯ
11 КЛАСС

Материалы для членов жюри (ключи, критерии оценивания)

Время выполнения заданий 120 минут

Максимальная оценка – 48 баллов.

Оценивание заданий проводится по обобщенной шкале:

0 баллов – решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл – правильно угадан бинарный ответ («да» - «нет») без обоснования;

1-2 балла – попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

2-3 балла – правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

3-6 баллов – задание частично решено;

5-7 баллов – задание решено полностью с некоторыми недочетами;

8- задание решено полностью;

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

Задание №1 (8 баллов).

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Среднее расстояние до Солнца (а. е.)	0,4	0,7	1,0	1,5
Радиус (в радиусах Земли)	0,38	0,95	1	0,53
Масса (в массах Земли)	0,055	0,815	1	0,108
Период вращения вокруг оси	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца	88 сут.	225 сут.	365 сут.	687 сут.
Эксцентриситет орбиты	0,206	0,007	0,017	0,093
Количество спутников	0	0	1	2

Опровергните или подтвердите следующее утверждение: По наиболее вытянутой орбите вокруг Солнца из планет земной группы вращается Марс, потому что он дальше всех планет земной группы.

Возможное решение: Вытянутость орбиты планеты характеризуется эксцентриситетом орбиты. Из таблицы видно, что наибольший эксцентриситет (наиболее вытянутую орбиту) имеет Меркурий (0,206), который находится ближе всех к Солнцу. Таким образом, утверждение ошибочно.

Тематика: § 10.1. Законы Кеплера, движение по эллипсу. § 10.2. Небесная механика в Солнечной системе. Смежные вопросы математики. Эллипс, связь различных характеристик эллипса. **Классы:** 11

АСТРОНОМИЯ
11 КЛАСС

Задание №2 (8 баллов). На каком угловом расстоянии от северного полюса мира расположена точка весеннего равноденствия для наблюдателей находящихся: на северном полюсе Земли, в средних широтах и на экваторе Земли.

Возможное решение. Точка весеннего равноденствия находится на небесном экваторе, небесный экватор удален от полюса мира на 90 градусов. Это верно для наблюдателей в любой точке Земли. Т.о. угловое расстояние от северного полюса мира до точки весеннего равноденствия равно 90 градусов для всех наблюдателей.

Примечание. Задача может быть решена иным способом, например графически. Любое корректное решение оценивается максимальными баллами.

Тематика. § 3.1. Географические координаты. § 4.3. Экваториальные координаты на небесной сфере. § 4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты.

Классы 7-11

Задание №3 (8 баллов). В 13 часов 12 минут гринвичского времени учеными Земли зафиксировано три события: а) вспышка на Солнце, б) электромагнитный «отклик» землетрясения на Камчатке, в) извержение вулкана на Ио (спутник Юпитера). Можно ли утверждать, что все три события действительно произошли одновременно? Если этого утверждать нельзя, то можно ли более или менее достоверно указать порядок, в котором эти три события произошли в действительности? Ответ обоснуйте оценочными расчетами.

Возможное решение. В условии недаром сказано «...учеными Земли зафиксировано...», т.е. в 13 часов 12 минут по Гринвичу сигнал о свершившемся событии дошел до наблюдателя, однако сигнал должен был затратить некоторое время на преодоление расстояния между местом события и наблюдателем. Время распространения сигнала зависит от расстояния до наблюдателя и скорости сигнала, скорость распространения сигнала не может быть больше скорости света в вакууме. В данной задаче все сигналы имеют электромагнитный характер, поэтому можем положить скорость всех трех сигналов одинаковой и примерно равной скорости света. Тогда время прохождения зависит только от расстояния.

Самой близкой точкой является эпицентр землетрясения (порядка диаметра Земли $\approx 1,2 \cdot 10^4$ км), затем следует Солнце (примерно 1 а.е. $\approx 1,5 \cdot 10^8$ км) и самая далекая точка - спутник Ио (не менее 4 а.е. в противостоянии $\approx 6 \cdot 10^8$ км). Это означает, что дольше всего шел сигнал об извержении на Ио, затем о солнечной вспышке и самое короткое время потребовалось сигналу о землетрясении. Следовательно действительный порядок событий следующий: 1) извержение вулкана на Ио, 2) вспышка на Солнце, 3) землетрясение на Камчатке.

Примечание. Обоснование ответа может быть сформулировано иначе. Если ответ верен и логика обоснования корректна решение оценивается максимальными баллами.

Тематика § 1.2. Земля, ее свойства и движение. § 2.1. Солнце и планеты. § 5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит). § 8.4. Электромагнитные волны. **Классы 8-11**

АСТРОНОМИЯ
11 КЛАСС

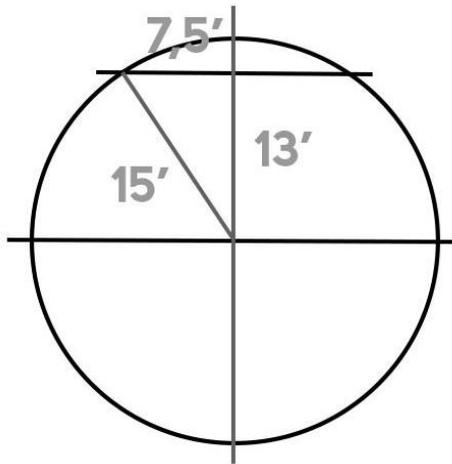
Задание №4 (8 баллов). 8 ноября 2022 года в Омске наблюдалось полное лунное затмение. Почти сразу по окончании полной теневой фазы произошло покрытие Луной Урана. Как долго длилось покрытие, если Уран прошёл не через центр Луны, а на 13 угловых минут выше?

Возможное решение. Для начала можно рассчитать максимально возможное время покрытия — это время, которое потребуется Луне, чтобы сместиться на фоне звёзд на угол, равный её угловому диаметру. Считаем Уран неподвижным. За сутки Луна проходит около 13° , значит, время, которое требуется ей для смещения на диаметр её диска в $30'$, равно 55 минут:

$$t_{\max} = \frac{30' \times 24 \times 60^m}{13 \times 60'} = 55^m$$

Столько длится покрытие, если Уран «проходит» по диаметру Луны. Однако, известно, что он прошёл выше на $13'$, значит, покрытие длилось меньше ровно во столько раз, во сколько раз отрезок, равный половине хорды, по которой «прошёл» Уран меньше, чем радиус Луны. Определим размер этого отрезка по теореме Пифагора:

$$x = \sqrt{15^2 - 13^2} = 7,48 \approx 7,5''$$



Тогда время покрытия равно:

$$t = \frac{7,5' \times 55^m}{15'} \approx 28^m$$

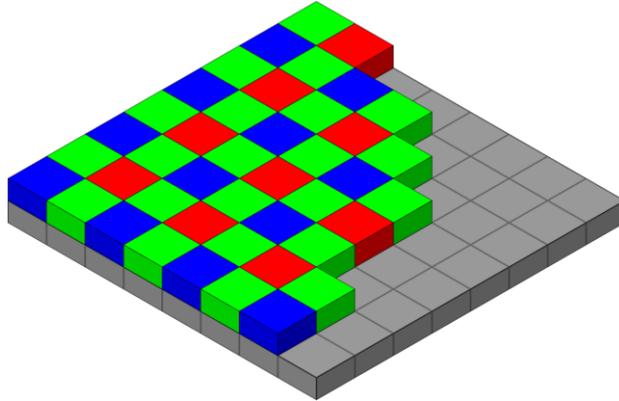
Фактически время покрытия составило около получаса, поскольку Луна движется под углом к эклиптике, а это не было учтено в решении. Возможно получение ответа отличающегося в ту или иную сторону на несколько минут, если взято другое значение для диаметра диска Луны или указано, что смещение Луны на диаметр своего диска происходит за 1 час без более точного расчёта. Все близкие ответы, при отсутствии явных астрономических погрешностей оценивать максимальными баллами.

Тематика: § 4.1. Угловые измерения на небе. § 5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит). § 10.3. Система Солнце – Земля – Луна. **Классы 11**

АСТРОНОМИЯ
11 КЛАСС

Задание №5 (8 баллов). Перечислите все причины, по которым для астрономической фотографии предпочтительна монохромная ПЗС матрица, а не цветная аналогичного размера и с тем же размером пикселя.

Возможное решение.



Для получения цветного изображения (с помощью цветной матрицы) изначально монохромный сенсор покрывается решёткой Байера — массивом фильтров трёх цветов: красного, зелёного и синего.

- 1) Изображение получается усреднением по рядом расположенным пикселям, из-за чего теряется пространственное разрешение. В результате детализация изображения у цветной матрицы хуже, чем у монохромной.
- 2) За счёт использования фильтров на сенсоре часть светового потока отсекается (теряется), поэтому светочувствительность цветной матрицы ниже.
- 3) С монохромной матрицей можно использовать внешние узкополосные фильтры и получать значимую информацию о процессах, происходящих в Космосе.

Тематика. § 7.1 *Схемы и принципы работы телескопов.* Или 9.3. *Основные приемники излучения.* **Классы 9-11**

Задание №6. (8 баллов). Считается, что из-за синхронного вращения Луны вокруг своей оси и вокруг Земли мы видим одно и то же полушарие Луны. Однако, это не совсем так. По разным причинам мы наблюдаем либрации («раскачивания») Луны относительно некоторого среднего положения. Существуют разные виды либрации. Соотнесите название, причину и величину либрации в формате цифра — заглавная буква — строчная буква, например: 1-А-а.

АСТРОНОМИЯ
11 КЛАСС



На снимке слева море Краевое становится видно благодаря либрации по долготе.

название	причина	величина
1 - суточная либрация	А - эллиптичность орбиты Луны	a - 2'
2 - физическая либрация	Б - эллиптичность орбиты Земли	b - 57'
3 - либрация по широте	В - наклон оси вращения Луны к плоскости её орбиты	c - 6°50'
4 - либрация по долготе	Г - приливные силы со стороны Земли	d - 7°54'
	Д - суточное вращение Земли	e - 90°
	Е - суточное вращение Луны	

Возможное решение. Правильно: 1-Д-b, 2-Г-a, 3-В-c, 4-А-d

В столбцах «причина» и «величина» имеются лишние пункты: Б, Е, е. Они **не должны быть использованы** в ответе. Объяснений от участника не требуется.

Ход рассуждений при решении может быть следующий. Либрации можно разделить на два вида — реальное покачивание Луны, и кажущееся, связанное с изменением местоположения наблюдателя или перемещением точки зрения. К первому виду относится **физическая либрация**, и её причину легко найти среди предложенных вариантов — это приливные силы, единственная причина, не связанная с наблюдателем. Её величина ввиду малости эффекта будет наименьшей — 2'.

Остальные либрации — кажущиеся. **Суточная либрация** связана с суточным вращением, и, поскольку речь о наблюдателе, с суточным вращением Земли, остальные — с орбитальным движением Луны. Диаметр Земли мал по сравнению с радиусом лунной орбиты, поэтому величина либрации будет также невелика — 57'.

АСТРОНОМИЯ
11 КЛАСС

Используя фото-подсказку, можно догадаться, что **либрации по долготе** открывают западный и восточный край Луны, то есть связаны со скоростью вращения Луны вокруг оси и вокруг Земли, а они могут не совпадать из-за эллиптичности орбиты.

По аналогии с либрацией по долготе, можно догадаться, что **либрации по широте** откроют южный и северный край Луны, значит, связаны с положением оси вращения Луны относительно плоскости её орбиты. Наклон оси вращения Луны составляет около $6^{\circ}50'$ от вертикали, это и будет величина либрации. Методом исключения, не зная точных величин можно связать оставшийся разумный вариант $7^{\circ}54'$ с либрацией по долготе.

Тематика: § 4.1. Угловые измерения на небе. § 4.2. Параллакс и геометрические способы измерений расстояний. § 10.1. Законы Кеплера, движение по эллипсу. § 10.3. Система Солнце – Земля – Луна. **Классы 11**