

9 класс (варианты решения)

Задание 1. Теория движения Луны вокруг Земли является сложной. В своем движении Луна может покрыть своим диском для земного наблюдателя различные небесные тела. Точность, с которой астрономы могут предсказать это явление, меньше той, с которой предвычисляются многие другие явления. Поэтому наблюдение покрытий небесных тел и регистрация этих моментов имеет научную ценность. Одно из наблюдений покрытия Сатурна Луной наблюдалось через 25 дней после противостояния Сатурна с Солнцем в северном полушарии Земли. На рисунках приведены изображения. Выберите среди них изображение, соответствующее началу наблюдавшегося покрытия. Поясните, почему три остальные изображения не могут соответствовать началу покрытия.



Рисунок 1.



Рисунок 2.

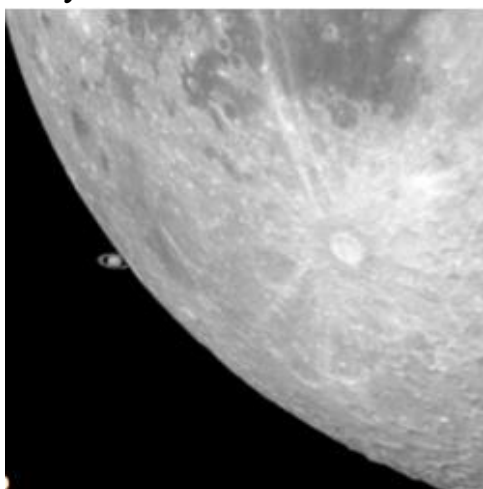


Рисунок 3.



Рисунок 4.

Возможное решение задания. Солнце, двигаясь в день на 1° , за 25 дней после противостояния приблизится к точке, где находился Сатурн в противостоянии, примерно на 25° . Сатурн, двигаясь попятно, тоже будет приближаться к Солнцу. Поэтому Солнце окажется в 155° к западу от Сатурна. Луна может быть только в противоположной Солнцу точке, то есть примерно в 25° к востоку от Сатурна. Поэтому в момент покрытия Луна подходит к полнолунию и у неё остается неосвещенным восточный (левый) край. Относительно Сатурна Луна движется с запада на восток (справа налево), поэтому покрытие будет происходить для земного наблюдателя неосвещенным краем. Из всех изображений подобное наблюдается на рисунке 1.

Рисунок 2 соответствует окончанию покрытия, рисунки 3 и 4 при данных условиях не могут быть реализованы, так как соответствуют обратной стороне Луны (наблюдается море Москвы на рисунке 3 и значительное число кратеров на рисунке 4, что соответствует обратной стороне спутника).

Система оценивания задания:

Баллы	Критерии оценивания
3 балла	Указано (графически или словесно) как располагаются относительно друг друга Сатурн, Солнце и Луна для земного наблюдателя
1 балл	Использована приблизительная скорость движения Солнца
1 балл	Указано нахождение Сатурна относительно Луны для земного наблюдателя с теневой части
1 балл	Указано, что верным изображением начала покрытия является рисунок 1
1 балл	Приведены пояснения для рисунка 2
1 балл	Указано на невозможность наблюдения ситуаций с рисунками 3 и 4

Задание 2. Самая близкая к нам звезда — Проксима Центавра.

В переводе её латинское название означает Ближайшая Центавра. Звезду открыл в 1915 году Роберт Иннес. Проксима Центавра — красный карлик, масса которого составляет около 12,5 % от массы Солнца, а диаметр — 14 % диаметра Солнца. У звезды есть две известные экзопланеты и одна планета-кандидат. Определите плотность звезды и сравните её с плотностью Солнца. *Примечание:* объем шара определяется соотношением $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, где r — радиус шара.



Возможное решение задания. Плотность определяется

соотношением $\rho = \frac{m}{V}$. С учетом соотношения для объема шара $\rho = \frac{3m}{4\pi r^3}$. Для Солнца с учетом диаметра, равного двум радиусам, $\rho_c = \frac{6m_c}{\pi d_c^3}$. Для Проксима Центавра $\rho_{\pi} = \frac{6 \cdot 0,125m_c}{(0,14)^3 \pi d_c^3}$. $\rho_{\pi} = \frac{6 \cdot 0,125m_c}{(0,14)^3 \pi d_c^3} \approx 64824 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Для Солнца $\rho_c = 1423 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Плотность Проксима Центавра превышает плотность Солнца приблизительно в 45,5 раза.

Система оценивания задания:

Баллы	Критерии оценивания
2 балла	Верно записана формула для плотности тела
2 балла	Верно найдено числовое значение плотности Проксима Центавра
2 балла	Верно указано, что плотность Проксима Центавра превышает плотность Солнца
2 балла	Верно указано отношение плотности Проксима Центавра к плотности Солнца

Задание 3. Комета C/2020 F3, обнаруженная 27 марта 2020 года космическим инфракрасным телескопом NEOWISE, свой перигелий прошла 3 июля 2020 года, находясь в созвездии Возничего. Тогда её видимая звездная величина составила около +1,5^m. Она была доступна для наблюдений невооруженным глазом несколько недель, являясь самой яркой кометой за последние 25 лет после кометы Хейла-Боппа в 1995 году. Определите, на каких широтах в России могла наблюдаться комета, если для этого Солнце должно было быть глубже 6° под горизонтом, и приведите примеры не менее чем двух городов нашей



страны, которые отвечают данным требованиям. Могли ли жители какого-либо населенного пункта Мурманской области наблюдать в этот период комету? Ответ обоснуйте.

Возможное решение задания. Возничий — северное созвездие, которое видно над горизонтом под утро на территории России там, где в начале июля наступает ночь. Дата прохождения перигелия близка к дню летнего солнцестояния. Будем считать, что скорость изменения склонения Солнца постоянна. Тогда, если в день летнего солнцестояния 22 июня склонение Солнца составляет $+23^{\circ}26'$, в день осеннего равноденствия 23 сентября 0° , то 3 июля $\delta = 23^{\circ}26' - \frac{23^{\circ}26' \cdot 10 \text{ дней}}{90 \text{ дней}} \approx 21^{\circ}$. Чтобы в нижней кульминации в Северном полушарии на высоте не более -6° находилось Солнце, должно выполняться условие $h = -90^{\circ} + \varphi + \delta$, откуда широта места, где возможно наблюдать комету $\varphi = 90^{\circ} + h - \delta = 63^{\circ}$ и меньше. Так как вся территория Мурманской области находится за полярным кругом, 3 июля еще длится полярный день, ни в одном населенном пункте нашего региона данную комету невозможно было увидеть. Среди городов, которые находятся южнее 63 параллели, участник может назвать любые, ответы должны быть проверены.

Примечание для жюри: допустимо, если участник будет использовать значение склонения для Солнца, равное максимально возможному $23^{\circ}26'$, так как вблизи солнцестояний склонение изменяется медленнее, а быстрее в периоды равноденствий.

Система оценивания задания:

Баллы	Критерии оценивания
2 балла	Верно указано на возможность наблюдать комету только на той территории России, где наступает ночь
1 балл	Верно определено склонение Солнца для 3 июля
1 балл	Указано на невозможность наблюдать комету на территории Мурманской области
2 балла	Верно записано соотношение для высоты светила в нижней кульминации
2 балла	Получено верное значение наибольшей широты местности, где можно было наблюдать комету
2 балла	Названо не менее двух городов, расположенных южнее 63 параллели (по 1 баллу за каждый верный ответ, но не более 2 баллов)

Задание 4. В таблице приведены сведения о некоторых звездах — видимая звездная величина, абсолютная звездная величина:

Звезда	m	M
β Большой Медведицы	2,37	0,61
ω^2 Водолея	4,48	1,16
α Зайца	2,58	-5,40
α Змеи	2,64	0,88
γ Кассиопеи	2,15	-4,22
δ Павлина	3,55	4,62
β Южной Гидры	2,80	3,43

1. Выберите в таблице те звезды, которые являются для территории России незаходящими. Свой ответ поясните.
2. Выберите в таблице те звезды, свет от которых доходит до Земли менее чем за 32,6 года. Свой ответ поясните.

3. Выберите в таблице ту звезду, которая имеет минимальный параллакс. Свой ответ поясните.
4. Выберите в таблице ту звезду, которая на земном небе является самой яркой. Свой ответ поясните.
5. Выберите в таблице ту звезду, которая имеет максимальную светимость. Свой ответ поясните.

Возможное решение задания. 1. Над территорией нашей страны звезды приполярных созвездий Большой Медведицы и Кассиопеи являются незаходящими, поэтому звезды, принадлежащие им β Большой Медведицы и γ Кассиопеи, являются незаходящими.

2. За 32,6 года свет проходит расстояние 10 пк. Звезды, находящиеся на расстоянии 10 пк имеют равные видимую и абсолютную звездные величины. Если звезда расположена ближе, т.е. свет от нее доходит менее, чем за 32,6 года, то её видимая звездная величина будет меньше абсолютной. Такими звездами являются δ Павлина и β Южной Гидры.

3. Минимальный параллакс будет иметь та звезда, которая является наиболее удаленной. Чем дальше находится звезда, тем больше будет разность видимой и абсолютной звездных величин. Наибольшая разность характеризует α Зайца. (Примечание для жюри: участник может привести аналитическое соотношение между звездными величинами и параллаксом без объяснений, либо только указанное объяснение; все способы объяснений являются верными.)

4. Самая яркая звезда на земном небе имеет самую маленькую звездную величину. Из приведенных звезд — это γ Кассиопеи.

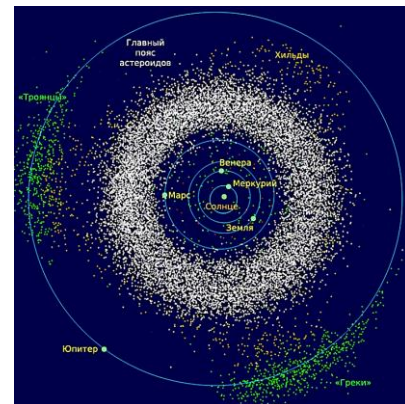
5. Максимальной светимостью обладает звезда с минимальной абсолютной звездной величиной. В таблице это α Зайца.

Система оценивания задания:

Баллы	Критерии оценивания
1 балл	Верно выбраны незаходящие над территорией нашей страны звезды
1 балл	Приведено верное объяснение, связанное с принадлежностью звезд приполярным созвездиям
1 балл	Верно выбраны звезды, расположенные ближе 10 пк к Земле
1 балл	Приведено верное объяснение выбора наиболее близко расположенных звезд
1 балл	Указана верно звезда, имеющая минимальный параллакс
1 балл	Приведено верное объяснение условия минимальности параллакса звезды
1 балл	Указано верное название наиболее яркой звезды на нашем небе и приведено верное пояснение
1 балл	Указано верное название звезды с максимальной светимостью и приведено верное пояснение

Задание 5. Астероиды — малые тела Солнечной системы, которые в большинстве своем являются твердыми телами неправильной формы и не демонстрируют испарение вещества с поверхности, подобно кометам, обращаются вокруг Солнца. Само название группы небесных тел «*asteriskos*» было предложено английским композитором Чарлзом Берни и введено немецким астрономом Уильямом Гершелем и означает «*подобный звезде*». Согласно характеристикам орбит астероиды объединяются в группы, среди которых могут выделять семейства. В Солнечной системе обнаружены сотни тысяч

астероидов. Большинство располагается в Главном поясе астероидов, а также между орбитами планет-гигантов и в поясе Койпера. Пусть два астероида вращаются по близким к круговым орбитам. Относительно внутреннего астероида в момент противостояния внешнего астероида с Солнцем расстояние между телами составляет 2 а.е. Для момента соединения с Солнцем расстояние между астероидами достигает 8 а.е. Определите, к какой группе астероидов можно отнести внутренний и внешний астероиды.



Возможное решение задания. Для момента противостояния оба астероида расположены по одну сторону от Солнца, между ними наблюдается минимальное расстояние. Тогда расстояние 2 а.е. равно разности больших полуосей внешнего и внутреннего астероидов: $a_{внеш} - a_{внутр} = 2$ а.е. Для момента соединения расстояние максимально, поэтому расстояние в 8 а.е. составляет сумму больших полуосей: $a_{внеш} + a_{внутр} = 8$ а.е. Решая систему уравнений (например, сложив их), определяем, что $a_{внеш} = 5$ а.е., $a_{внутр} = 3$ а.е. Поэтому внутренний астероид может относиться к Главному поясу астероидов, а внешний близок к орбите Юпитера, поэтому с большой вероятностью может относиться к «грекам» или «тройчанам».

Система оценивания задания:

Баллы	Критерии оценивания
2 балла	Верно записано соотношение между большими полуосями для момента противостояния астероидов
2 балла	Верно записано соотношение для момента соединения астероидов
1 балл	Найдено значение большой полуоси внешнего астероида
1 балл	Найдено значение большой полуоси внутреннего астероида
1 балл	Высказано предположение о принадлежности внутреннего астероида Главному поясу
1 балл	Высказано предположение о нахождении вблизи орбиты Юпитера

Задание 6. В настоящее время известно несколько тысяч рассеянных звёздных скоплений. Они не имеют правильной формы, а их возраст составляет не более 1–2 миллиардов лет. Самые известные рассеянные скопления — Плеяды и Гиады. На рисунке представлено рассеянное звездное скопление М 11 (NGC 6705), открытое еще в 1681 году немецким астрономом Готфридом Кирхом. В течение жизни любое рассеянное скопление теряет звезды. Пусть в одном из них, состоящем из 7000 звезд, за сто тысяч лет в начале своей эволюции потерялось 100 звезд. В процессе эволюции темп потерь непрерывно возрастал на 50 звезд за каждые сто тысяч лет. Определите (в годах), за какое время от начала своей эволюции в скоплении останется половина от первоначального числа звезд.



Возможное решение задания. За первые сто тысяч лет было потеряно 100 звезд, за следующие сто тысяч — 150 звезд. Можно говорить о том, что начальная скорость распада скопления составила $\frac{100 \text{ звезд}}{100000 \text{ лет}}$. Ускорение распада составляет $\frac{50 \text{ звезд}}{100000^2 \text{ лет}^2}$. Тогда, подобно равноускоренному движению, можно записать: $3500 \text{ звезд} = 7000 \text{ звезд} -$

$\frac{100 \text{ звезд}}{100000 \text{ лет}} \cdot t \text{ лет} - \frac{50 \text{ звезд} \cdot t^2}{2 \cdot 100000^2 \text{ лет}^2}$; $t = 10^6 \text{ лет}$. Примечание для жюри: допустимы альтернативные варианты решения, включая графическое, а также логические рассуждения и арифметический метод определения потери звезд.

Система оценивания задания:

Баллы	Критерии оценивания
2 балла	Определена начальная скорость потери звезд
2 балла	Определена скорость изменения скорости потери звезд (ускорение потери звезд)
2 балла	Записано соотношение, связывающее число звезд, скорость и ускорение в изменении звезд
2 балла	Получено верное значение времени, за которое скопление потеряет половину своих звезд

Справочные данные

Среднее расстояние от Земли до Солнца	$1 \text{ a.e.} = 150 \text{ млн. км}$
Среднее расстояние от Марса до Солнца	$1,52 \text{ a.e.}$
Диаметр Солнца	$1,39 \cdot 10^6 \text{ км}$
Масса Солнца	$2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Большая полуось Юпитера	$5,2028 \text{ a.e.}$
Большая полуось Нептуна	$30,0611 \text{ a.e.}$