

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021–2022 УЧЕБНЫЙ ГОД
ОТВЕТЫ**

11 КЛАСС	
№ задания	Максимальный балл
1.	8
2.	8
3.	8
4.	8
5.	8
6.	8
Итого:	48 баллов

ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ

11 класс

Общие указания: за правильное понимание участником олимпиады сути предоставленного вопроса и выбор пути решения выставляется не менее 4–5 баллов. При отсутствии понимания ситуации и логической связанности решения оценка не может превышать 2–3 балла даже при формально правильном ответе. С другой стороны, арифметические ошибки, приводящие к неверному ответу, не должны быть основанием для снижения оценки более чем на 1–2 балла. Жюри вправе вводить собственные критерии оценивания работ, не противоречащие общим рекомендациям по проверке.

1. Метеорные потоки

Задание

Укажите, в каких созвездиях находятся радианты метеорных потоков – точки на небесной сфере, из которых, как кажется вследствие явления перспективы, вылетают метеоры одного потока, двигающиеся на самом деле в пространстве параллельно друг другу:

а) Персеиды; б) Лириды; в) Виргиниды; г) Гидриды; д) Тауриды; е) Геминиды; ж) Леониды; з) Сагиттариды.

Решение

Метеорные потоки называются в соответствии с латинскими названиями созвездий, в которых находятся их радианты.

Ответ: а) Персеиды – созвездие Персея; б) Лириды – созвездие Лиры; в) Виргиниды – созвездие Девы (от латинского названия созвездия Virgo); г) Гидриды – созвездие Гидры; д) Тауриды – созвездие Тельца (от латинского названия созвездия Taurus); е) Геминиды – созвездие Близнецов (от латинского названия созвездия Gemini); ж) Леониды – созвездие Льва; з) Сагиттариды – созвездие Стрелец (от латинского названия созвездия Sagittarius).

Критерии оценивания

За каждое верно указанное название созвездия – 1 балл.

2. МКС и Земля

Задание

Высота орбиты Международной космической станции в перигее и апогее на 12 октября 2021 года (в то время, когда на ней работал первый в истории «киноэкипаж») составляла 417 км и 422 км соответственно. При этом она совершала 15,4898 оборотов в сутки. Исходя из этих параметров, вычислите массу Земли.

Решение

Для определения массы Земли применим третий обобщённый закон Кеплера в виде:

$\frac{T^2(M+m)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G} = 5,917 \cdot 10^{11} \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^3$, где a – большая полуось орбиты Международной космической станции (МКС), T – её период обращения, M – масса Земли, m – масса МКС. Так как $M \gg m$, то можно записать следующее выражение $\frac{T^2 M}{a^3} = 5,917 \cdot 10^{11} \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^3$, откуда выразим массу Земли:

$$M = 5,917 \cdot 10^{11} \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^3 \cdot \frac{a^3}{T^2}.$$

Теперь найдём большую полуось орбиты МКС. Учитывая, что экваториальный радиус Земли равен 6378 км (см. Приложение 1 к заданиям), а в большинстве астрономических задач Землю принимают за шар с радиусом, равным экваториальному радиусу Земли, найдём расстояние от центра Земли в перигее и апогее: $r_{\Pi} = 6378 \text{ км} + 417 \text{ км} = 6795 \text{ км}$; $r_A = 6378 \text{ км} + 422 \text{ км} = 6800 \text{ км}$. Тогда большая полуось орбиты составит $a = (r_{\Pi} + r_A)/2 = (6795 \text{ км} + 6800 \text{ км}) / 2 = 6797,5 \text{ км} = 6\,797\,500 \text{ м}$.

Далее определим период обращения МКС: $24 \text{ ч} / 15,4898 = 1,5494 \text{ ч} \approx 5578 \text{ с}$.

Подставив все значения в полученное выше выражение для массы, найдём:

$$M = 5,917 \cdot 10^{11} \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^3 \cdot \frac{(6797500 \text{ м})^3}{(5578 \text{ с})^2} = 5,973 \cdot 10^{24} \text{ кг}.$$

Примечание: если сравнить полученное значение со значением, указанным в Приложении 1 к заданиям ($5,974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$), то видно, что, несмотря на допущения (Земля – шар) и округления при вычислениях, эти значения совпадают с достаточно хорошей точностью.

Ответ: Масса Земли, найденная из параметров орбиты МКС, составляет $5,973 \cdot 10^{24} \text{ кг}$.

Критерии оценивания

Применение третьего обобщённого закона Кеплера – 4 балла.

Верное определение большой полуоси орбиты – 2 балла.

Верное определение периода обращения – 1 балл.

Окончательные правильные вычисления и получение верного ответа – 1 балл.

3. Альтаир или Денеб?

Задание

Какая из этих звёзд: Альтаир (прямое восхождение $\alpha = 19 \text{ ч } 51 \text{ мин}$, склонение $\delta = +08^\circ 52'$) или Денеб (прямое восхождение $\alpha = 20 \text{ ч } 41 \text{ мин}$, склонение $\delta = +45^\circ 16'$) лучше видна из Красноярска (географическая широта $\varphi = 56^\circ \text{ с.ш.}$), и почему?

Решение

Чем выше светило над горизонтом, тем лучше его будет видно, так как оно будет находиться над дымкой, деревьями, домами и т. п. Денеб находится гораздо ближе к северному полюсу мира, чем Альтаир (его склонение больше), поэтому из наших северных широт он виден лучше (выше). На широте Красноярска Денеб кульминирует всего примерно в 11 градусах к югу от зенита (небесный экватор в Красноярске проходит под углом $90^\circ - 56^\circ = 34^\circ$, плюс склонение Денеба $45^\circ 16'$ даст его высоту в верхней кульминации $\approx 79^\circ$, а его зенитное расстояние будет $90^\circ - 79^\circ = 11^\circ$). Более того, Денеб для широты Красноярска является незаходящим за горизонт светилом! Это можно доказать, например, так: высота полюса мира (близ него находится Полярная звезда) в Красноярске равна 56° . А Денеб удалён от полюса только на $90^\circ - 45^\circ 16' \approx 45$ градусов. Так что даже в своей нижней кульминации он будет виден на высоте примерно $56^\circ - 45^\circ = 11^\circ$ над северным горизонтом.

Примечание: участники могут привести вычисления по формулам: для высоты светила в верхней кульминации $h = \delta + (90 - \varphi)$, для высоты светила в нижней кульминации $h = \delta - (90 - \varphi)$ (или условие незаходящих светил $\delta > (90 - \varphi)$).

Ответ: Денеб, так как поднимается над горизонтом выше и для Красноярска он является незаходящей за горизонт звездой.

Критерии оценивания

Понимание того, что из Красноярска, расположенного в северном полушарии Земли, лучше (выше) видны звёзды с большими положительными склонениями – 4 балла.

Доказательство того, что Денеб в Красноярске вообще не заходит за горизонт – 4 балла.

4. Комета семейства Юпитера

Задание

Определите период обращения вокруг Солнца кометы, орбита которой касается орбит Земли и Юпитера. Считать, что орбиты обеих планет круговые. Период обращения Юпитера вокруг Солнца составляет 11,86 лет.

Решение

Зная период обращения Юпитера, можно вычислить его расстояние от Солнца (большую полуось орбиты $a_{Ю}$). Из упрощённого третьего закона Кеплера получим:

$$a_{Ю} = \sqrt[3]{T_{Ю}^2} = \sqrt[3]{(11,86 \text{ г.})^2} = 5,20 \text{ а.е.}$$

По первому закону Кеплера каждое небесное тело движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. По условию задачи орбита кометы касается орбит Земли и Юпитера, а поскольку Солнце должно находиться внутри орбиты кометы (в одном из фокусов), то орбита кометы будет касаться орбиты Земли в перигелии, а орбиты Юпитера в афелии, как показано на Рис 1. Тогда большая ось орбиты такой кометы составит $1 \text{ а.е.} + 5,20 \text{ а.е.} = 6,20 \text{ а.е.}$, а большая полуось $a = 6,20 \text{ а.е.} / 2 = 3,10 \text{ а.е.}$

Теперь воспользуемся обратным преобразованием упрощённого третьего закона Кеплера:

$$T = \sqrt{a^3} = \sqrt{(3,10 \text{ а.е.})^3} = 5,46 \text{ года.}$$

Ответ: 5,46 года, или примерно 5,5 лет.

Критерии оценивания

Правильное вычисление расстояния Юпитера от Солнца – 2 балла.

Понимание геометрии орбиты кометы (рисунок желателен, но необязателен) и верное вычисление большой полуоси обращения кометы – 4 балла.

Применение третьего закона Кеплера и верное вычисление периода обращения кометы – 2 балла.



Рис. 1

5. Затменная переменная

Задание

Главный минимум блеска затменной переменной звезды с периодом $P = 2,70$ суток для наблюдателя в Красноярске пришёлся точно на местную полночь. Когда он сможет снова зафиксировать такое событие, если ночь в это время года длится с 21 до 03 часов?

Решение

По условию задачи, ночь длится 6 ч, или 0,25 суток, и симметрична относительно местной полуночи ($\pm 0,125$). Другими словами, чтобы очередной минимум пришёлся на тёмное время, он должен попасть (доли суток) в интервал от $\geq 0,875$ до $\leq 0,125$ суток.

Простое сложение периодов даёт: 2,7 сут.; 5,4 сут.; 8,1 сут. и т.д. Как видим из десятых долей суток, первые два минимума (после наблюденного) не попадают в заданный интервал (приходятся на светлое время суток). А вот третий можно будет увидеть через 8,1 суток (через $0,1 \cdot 24 \text{ ч} = 2,4 \text{ ч}$ после местной полуночи).

Ответ: через 8,1 суток (через 8 суток и 2,4 ч после местной полуночи).

Критерии оценивания

Правильное понимание, что минимум блеска должен произойти в тёмное время суток – 2 балла.

Вычисление временного интервала, когда у наблюдателя будет ночь – 2 балла.

За правильные вычисления и вывод о том, когда наблюдатель сможет зафиксировать очередной минимум – 4 балла.

6. Диона и Рея

Задание

Вблизи одного из противостояний Сатурна любитель астрономии получил снимок, на котором один из спутников планеты, Рея, виден как звезда $9,7^m$ звёздной величины, а другой – Диона – как $10,4^m$. Попробуйте сравнить их линейные размеры. Считать, что спутники имеют одинаковые альбедо.

Решение

Так как Сатурн со своими спутниками наблюдается в противостоянии, т.е. они освещены Солнцем «в лоб», то фаза его спутников (и его самого) будет близка к единице. Но даже в противостоянии Сатурн находится достаточно далеко от Земли, поэтому расстояние от наблюдателя до обоих спутников можно считать одинаковым. Разница в блеске составляет $10,4^m - 9,7^m = 0,7^m$. Это соответствует отношению освещённостей (формула Погсона) в $2,512^{0,7} = 1,91$ раза. Поскольку солнечный свет отражается всей обращённой к Солнцу поверхностью спутника, которая пропорциональна квадрату его радиуса, а фаза спутников близка к единице, то можно записать: $\frac{R_1^2}{R_2^2} = 1,91$. Откуда $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{1,91} = 1,38$ раза. При

прочих равных условиях больше тот спутник, который выглядит более ярким, т. е. имеет меньшую звёздную величину. Это Рея.

Ответ Рея больше Дионы в 1,38 раза.

Примечание: действительно, альбедо этих спутников одинаковы, а отношение их радиусов (радиус Реи равен 765 км, а Дионы – 560 км) даёт очень близкое к полученному значение: $765 \text{ км} / 560 \text{ км} = 1,366$.

Критерии оценивания

Вывод о том, что из-за удалённости Сатурна расстояния от наблюдателя до обоих спутников можно считать одинаковым – 1 балл.

Применение формулы Погсона и правильное вычисление отношения освещённостей – 2 балла.

Понимание, что отношение освещённостей при прочих равных условиях равно отношению площадей поверхностей (квадратов радиусов) спутников – 3 балла.

За получение правильного отношения радиусов спутников и верного вывода, какой спутник больше – 2 балла.

Задания подготовили:

председатель предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, кандидат технических наук, доцент С.В. Бутаков;

председатель жюри регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, член Российской Ассоциации учителей астрономии С.Е. Гурьянов.

С замечаниями, пожеланиями, предложениями и вопросами можно обращаться по адресу: butakov@kspu.ru или по тел. 8-904-897-97-60.

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД**

БЛАНКИ ОТВЕТОВ

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ

Всероссийская олимпиада школьников																									_____ этап																																																																															
Заполняется ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ чернилами черного или синего цвета по образцам:																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.7em;"> <tr> <td>А</td><td>Б</td><td>В</td><td>Г</td><td>Д</td><td>Е</td><td>Ж</td><td>З</td><td>И</td><td>К</td><td>Л</td><td>М</td><td>Н</td><td>О</td><td>П</td><td>Р</td><td>С</td><td>Т</td><td>У</td><td>Ф</td><td>Х</td><td>Ц</td><td>Ч</td><td>Ш</td><td>Щ</td><td>Ъ</td><td>Ы</td><td>Ь</td><td>Э</td><td>Ю</td><td>Я</td><td>@</td><td>8</td><td>9</td><td>,</td> </tr> <tr> <td>А</td><td>В</td><td>С</td><td>Д</td><td>Е</td><td>Г</td><td>Ж</td><td>З</td><td>И</td><td>К</td><td>Л</td><td>М</td><td>Н</td><td>О</td><td>П</td><td>Р</td><td>С</td><td>Т</td><td>У</td><td>Ф</td><td>Х</td><td>Ц</td><td>Ч</td><td>Ш</td><td>Щ</td><td>Ъ</td><td>Ы</td><td>Ь</td><td>Э</td><td>Ю</td><td>Я</td><td>@</td><td>8</td><td>9</td><td>,</td> </tr> </table>																																			А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я	@	8	9	,	А	В	С	Д	Е	Г	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я	@	8	9	,
А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я	@	8	9	,																																																																						
А	В	С	Д	Е	Г	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я	@	8	9	,																																																																						
ПРЕДМЕТ																														КЛАСС																																																																										
ДАТА																																																																																																								
ШИФР УЧАСТНИКА																																																																																																								
ФАМИЛИЯ																																																																																																								
ИМЯ																																																																																																								
ОТЧЕСТВО																																																																																																								
Документ, удостоверяющий личность <input type="checkbox"/> свидетельство о рождении <input type="checkbox"/> паспорт <input type="checkbox"/> Гражданство <input type="checkbox"/> Российская Федерация <input type="checkbox"/> Иное																																																																																																								
серия										номер																																																																																														
Дата рождения																																																																																																								
Домашний телефон участника															+ 7																																																																																									
Мобильный телефон участника															+ 7																																																																																									
Электронный адрес участника																																																																																																								
Муниципалитет																																																																																																								
Сокращенное наименование образовательной организации (школы)																																																																																																								
Сведения о педагогах-наставниках																																																																																																								
1. Фамилия																																																																																																								
Имя																																																																																																								
Отчество																																																																																																								
Сокращенное наименование образовательной организации (школы)																																																																																																								
2. Фамилия																																																																																																								
Имя																																																																																																								
Отчество																																																																																																								
Сокращенное наименование образовательной организации (школы)																																																																																																								
Личная подпись участника																									Все поля обязательны к заполнению!																																																																															

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД

Класс:	11
Задание:	1

Шифр:	
Страница:	1

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка. Обратную сторону можно использовать как черновик. При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД

Класс:	11
Задание:	2

Шифр:	
Страница:	1

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка. Обратную сторону можно использовать как черновик. При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД**

Класс:	11
Задание:	3

Шифр:	
Страница:	1

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка. Обратную сторону можно использовать как черновик. При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД

Класс:	11
Задание:	4

Шифр:	
Страница:	1

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка. Обратную сторону можно использовать как черновик. При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД

Класс:	11
Задание:	5

Шифр:	
Страница:	1

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка. Обратную сторону можно использовать как черновик. При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД**

Класс:	11
Задание:	6

Шифр:	
Страница:	1

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка. Обратную сторону можно использовать как черновик. При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2021-2022 УЧЕБНЫЙ ГОД**

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ БЛАНК

Заполните все необходимые графы

Класс:	11
Задание:	

Шифр:	
Страница:	2

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка. Обратную сторону можно использовать как черновик. При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.