

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

<b>10 КЛАСС</b>	
<b>№ задания</b>	<b>Максимальный балл</b>
1.	8
2.	8
3.	8
4.	8
5.	8
6.	8
Итого:	48 баллов

**ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ**

**10 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) Дракониды; г) Гидриды; д) Тауриды; е) Геминиды; ж) Леониды; з) Геркулиды.

*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) Дракониды – созвездие Дракона; 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) Геркулиды – созвездие Геркулеса.

*Критерии оценивания*

За каждое верно указанное название созвездия – 1 балл.

**2. Длина тени**

*Задание*

Красноярский школьник ростом 1 метр 70 сантиметров задумался, когда в течение года в местный полдень его тень бывает максимальной и минимальной, и какой она при этом достигает длины? Помогите ему ответить на эти вопросы. Географическая широта Красноярска равна  $56^\circ$  с.ш.

*Решение*

Длина тени человека в местный полдень зависит от высоты Солнца над горизонтом в этот момент. Чем ниже Солнце, тем длиннее тень. Как известно, в наших широтах максимальной высоты Солнце достигает в день летнего солнцестояния, а минимальной – в день зимнего солнцестояния. Поэтому тень будет максимальной в день зимнего солнцестояния, а минимальной – в день летнего солнцестояния.

Склонение  $\delta$  – это угловое расстояние светила от небесного экватора, который на широте  $\varphi$  достигает высоты  $h = 90^\circ - \varphi$  над горизонтом (для Красноярска это будет:  $90^\circ - 56^\circ = 34^\circ$ ). Склонение Солнца в день зимнего солнцестояния принимает значение, примерно равное  $-23,5^\circ$ , а в день летнего солнцестояния –  $+23,5^\circ$ . Тогда минимальная высота Солнца в Красноярске составляет  $34^\circ - 23,5^\circ = 10,5^\circ$ , а максимальная  $34^\circ + 23,5^\circ = 57,5^\circ$ . Отношение высоты человека  $H$  к длине его тени  $L$  равно тангенсу такого угла. Поэтому можно записать  $L = H / \operatorname{tg}(\alpha)$ . Подставляя полученные выше значения, имеем: длина тени зимой:  $L = 1,7 \text{ м} / \operatorname{tg}(10,5^\circ) = 9,2 \text{ метра}$ . Аналогично летом:  $L = 1,7 \text{ м} / \operatorname{tg}(57,5^\circ) = 1,1 \text{ метра}$ .

*Примечание:* участники могут использовать и более точные значения склонения Солнца в дни солнцестояний, которые определяются наклоном экватора Земли к эклиптике. Например, в Приложении 1 к заданиям указано значение наклона экватора к эклиптике на эпоху 2000 года, равное  $23^\circ 26' 21,45''$ , что соответствует  $23,44^\circ$ . Однако это уточнение незначительно изменит приведённые ответы:  $9,1 \text{ м} - 1,1 \text{ м}$ .

*Ответ:* тень от школьника бывает максимальной и минимальной в дни зимнего и летнего солнцестояний соответственно. При этом её длина изменяется от 9,2 до 1,1 метра.

#### *Критерии оценивания*

Правильное указание, что самая длинная тень будет в день зимнего солнцестояния, короткая – в день летнего солнцестояния – 2 балла.

Указание верных значений склонения Солнца в дни солнцестояний (как приближённых, так и точных) – 2 балла.

Верное определение максимальной и минимальной высот Солнца в Красноярске (учащиеся могут сразу применить формулу для высоты светила в верхней кульминации:  $h = \delta + 90 - \varphi$ ) – 4 балла.

*Примечание:* поскольку дни летнего и зимнего солнцестояний в разные годы могут приходиться на разные даты (примерно 20–21 июня и 21–22 декабря), то их указание приветствуется, но не оценивается.

### **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  $56^\circ$ . 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. Гипергигант**

#### *Задание*

Звезда R136a1, расположенная в туманности «Тарантул» в Большом Магеллановом Облаке, является звездой с наибольшей известной светимостью – её абсолютная звёздная величина составляет  $M = -12,6^{\text{м}}$ . Какова её светимость, выраженная в светимостях Солнца? Оцените, на каком расстоянии от

этой звезды (в а.е.) находится зона обитаемости или «зона Златовласки» – условная область, определяемая из расчёта, что гипотетическая планета, находящаяся в ней, получает столько энергии от звезды, чтобы вода на планете оставалась в жидкой фазе (т.е. примерно столько же энергии, сколько Земля получает от Солнца).

*Решение*

Запишем формулу Погсона в виде  $\frac{L}{L_C} = 2,512^{(M_C - M)}$ , где  $L$  – светимость звезды,  $L_C$  – светимость Солнца,  $M_C = +4,72$  – абсолютная звёздная величина Солнца (см. Приложение 1 к заданиям),  $M$  – абсолютная звёздная величина звезды. Подставив значение из условия задачи, получим  $\frac{L}{L_C} = 2,512^{(4,72+12,6)} \approx 8\,500\,000$  светимостей Солнца.

Вся энергия, излучаемая звездой – светимость  $L$ , с удалением от неё рассеивается по сфере всё большей площади, которая пропорциональна квадрату радиуса – расстояния от звезды  $R$ . Это так называемый закон обратных квадратов. Поэтому, чтобы гипотетическая планета получала от звезды столько же энергии, сколько Земля получает от Солнца, запишем уравнение  $\frac{L}{R^2} = \frac{L_C}{r^2}$ , где  $r$  – расстояние от Солнца до Земли, равное 1 а.е. Тогда  $R = \sqrt{\frac{L}{L_C} r^2} = \sqrt{8\,500\,000 \cdot (1 \text{ а.е.})^2} \approx 2900 \text{ а.е.}$

*Ответ:* светимость звезды составляет примерно 8 500 000 светимостей Солнца, зона обитаемости находится на расстоянии 2900 а.е. от звезды.

*Критерии оценивания*

Использование формулы Погсона – 2 балла.

Верное вычисление светимости звезды – 2 балла.

Использование закона обратных квадратов – 2 балла.

Правильное определение расстояние до зоны обитаемости – 2 балла.

## 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 (+/– 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. Атмосфера Плутона

*Задание*

Автоматическая межпланетная станция (АМС) «Новые горизонты» в июле 2015 года достигла Плутона. На полученных с близкого расстояния фотографиях этой карликовой планеты видна голубая дымка в её азотной атмосфере, поверхностное давление которой оказалось в 100 000 раз меньше земного. АМС «Новые горизонты» также уточнила радиус Плутона, который теперь считается равным

1188 км. Оцените массу атмосферы Плутона, если известно, что масса этой карликовой планеты составляет  $1,3 \cdot 10^{22}$  кг.

*Решение*

Давление воздуха у поверхности Земли равно  $p_0 = 1,013 \cdot 10^5$  Па – это можно вспомнить или найти в Приложении 1 к заданиям, значит, давление у поверхности Плутона  $p$  составляет примерно 1 Па.

Следовательно, на всю поверхность Плутона площадью  $S = 4\pi R^2$ , где  $R$  – радиус Плутона, действует сила  $F = 4\pi R^2 p$ , равная весу всей атмосферы  $F = mg$ , где  $m$  – масса атмосферы Плутона,  $g$  – ускорение свободного падения на поверхности Плутона, равное  $g = GM / R^2$ , где  $M$  – масса Плутона.

Из равенства этих сил  $4\pi R^2 p = mGM / R^2$  получаем выражение для массы атмосферы:

$$m = 4\pi R^4 p / GM = 4\pi \cdot (1\,188\,000\text{ м})^4 \cdot 1\text{ Па} / (6,67 \cdot 10^{-11}\text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 1,3 \cdot 10^{22}\text{ кг}) = 2,9 \cdot 10^{13}\text{ кг}.$$

*Ответ:* масса атмосферы Плутона составляет  $2,9 \cdot 10^{13}$  кг.

*Критерии оценивания*

Верное определение атмосферного давления на поверхности Плутона – 2 балла.

Правильное составление уравнения и выражения для массы атмосферы – 4 балла.

Верные вычисления и окончательный ответ – 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](mailto: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	,																																																																						
<b>ПРЕДМЕТ</b>																														<b>КЛАСС</b>																																																																										
<b>ДАТА</b>																																																																																																								
<b>ШИФР УЧАСТНИКА</b>																																																																																																								
<b>ФАМИЛИЯ</b>																																																																																																								
<b>ИМЯ</b>																																																																																																								
<b>ОТЧЕСТВО</b>																																																																																																								
<b>Документ, удостоверяющий личность</b> <input type="checkbox"/> свидетельство о рождении <input type="checkbox"/> паспорт																																																																																																								
<b>Гражданство</b> <input type="checkbox"/> Российская Федерация <input type="checkbox"/> Иное																																																																																																								
<b>серия</b>																				<b>номер</b>																																																																																				
<b>Дата рождения</b>																																																																																																								
<b>Домашний телефон участника</b>															+ 7																																																																																									
<b>Мобильный телефон участника</b>															+ 7																																																																																									
<b>Электронный адрес участника</b>																																																																																																								
<b>Муниципалитет</b>																																																																																																								
<b>Сокращенное наименование образовательной организации (школы)</b>																																																																																																								
<b>Сведения о педагогах-наставниках</b>																																																																																																								
1. <b>Фамилия</b>																																																																																																								
<b>Имя</b>																																																																																																								
<b>Отчество</b>																																																																																																								
<b>Сокращенное наименование образовательной организации (школы)</b>																																																																																																								
2. <b>Фамилия</b>																																																																																																								
<b>Имя</b>																																																																																																								
<b>Отчество</b>																																																																																																								
<b>Сокращенное наименование образовательной организации (школы)</b>																																																																																																								
<b>Личная подпись участника</b>																									<b>Все поля обязательны к заполнению!</b>																																																																															

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

Класс:	<b>10</b>
Задание:	<b>1</b>

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:	<b>10</b>
Задание:	<b>2</b>

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:	<b>10</b>
Задание:	<b>3</b>

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:	<b>10</b>
Задание:	<b>4</b>

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:	<b>10</b>
Задание:	<b>5</b>

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:	<b>10</b>
Задание:	<b>6</b>

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:	<b>10</b>
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.