

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

<b>9 КЛАСС</b>	
№ задания	Максимальный балл
1.	8
2.	8
3.	8
4.	8
5.	8
6.	8
Итого:	48 баллов

## ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ

### 9 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° 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. Разность кульминаций**

#### *Задание*

Прямое восхождение первой звезды  $21,5^\circ$ , а второй  $10,7^\circ$ . Какая из них кульминирует в Красноярске раньше, и насколько по времени?

#### *Решение*

Из определения (и из названия тоже) прямого восхождения следует, что светила восходят, кульминируют и заходят в порядке роста их прямых восхождений. Поэтому вторая звезда (с меньшим прямым восхождением) прокульминирует раньше. Разница в  $21,5^\circ - 10,7^\circ = 10,8^\circ$  соответствует разнице по времени ( $360^\circ$  за 24 часа, или  $15^\circ/\text{час}$ ):  $(10,8^\circ \cdot 1 \text{ час}) / (15^\circ/\text{час}) = 0,72 \text{ часа}$ , или, учитывая, что  $1 \text{ ч} = 60 \text{ мин}$ ,  $(0,72 \text{ ч} \cdot 60 \text{ мин}) / 1 \text{ ч} \approx 43 \text{ минуты}$ .

*Примечание:* точность данных в условии задачи (десятые доли градуса) не предусматривает в решении учёт разницы между солнечным и звёздным временем, которая составляет  $3 \text{ мин } 56 \text{ с}$  за сутки или  $9,86 \text{ с}$  за час.

*Ответ:* раньше на  $0,72 \text{ ч}$  или примерно на  $43 \text{ минуты}$  кульминирует вторая звезда.

#### *Критерии оценивания*

Понимание того, что звёзды восходят, кульминируют и заходят в порядке роста их прямых восхождений –  $3$  балла.

Указание на то, что вторая звезда прокульминирует раньше –  $2$  балла.

Правильное определение разности по времени –  $3$  балла.

### **4. «Кометароид»**

#### *Задание*

Недавно астрономы обнаружили в главном поясе астероидов объект 2005 QN173, которой обладает как свойствами астероида, так и кометы. Он обращается вокруг Солнца по близкой к круговой астероидной орбите радиусом  $3,07 \text{ а.е.}$ , но при этом имеет кому и хвост. Такие небесные тела называют активными астероидами. Определите сидерический период обращения этого объекта.

#### *Решение*

Из упрощённой записи третьего закона Кеплера  $T = \sqrt{R^3}$ , где  $T$  – сидерический (звёздный) период обращения небесного тела вокруг Солнца, выраженный в годах, а  $R$  – радиус его орбиты, выраженный в астрономических единицах, найдём ответ на вопрос задачи:  $T = \sqrt{(3,07 \text{ а.е.})^3} = 5,4 \text{ г.}$

*Ответ:* сидерический период обращения объекта равен  $5,4$  года.

### *Критерии оценивания*

Знание понятия «сидерический период обращения» – 2 балла.

Применение третьего закона Кеплера – 4 балла.

Окончательные верные вычисления – 2 балла.

## **5. Покрытие и затмение**

### *Задание*

Сегодня произошло покрытие Венеры Луной. Может ли завтра произойти лунное или солнечное затмение?

### *Решение*

Венера является внутренней планетой (её орбита расположена внутри орбиты Земли). Поэтому она никогда не может быть видимой в противоположной Солнцу части неба (условие для лунного затмения). Поэтому лунное затмение произойти не может. Что же касается солнечного затмения, ответ – да, может. Но только в том случае, если покрытие произошло на утреннем небе, так как стареющая Луна движется в сторону Солнца. А вот если покрытие произошло вечером (растущая Луна), то Луна будет «расти», удаляясь на небе от Солнца. В этом случае солнечного затмения не будет.

*Ответ:* лунного затмения не может быть, а солнечное – может, но только в том случае, если покрытие Венеры Луной произошло утром.

### *Критерии оценивания*

Указание на то, что Венера внутренняя планета и не бывает видна в противоположной Солнцу части неба (обязательное условие для лунного затмения) – 4 балла.

Утверждение, что солнечное затмение произойти может – 2 балла.

За уточнение, что покрытие должно быть предутренним, а не вечерним – 2 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>																																																																																																								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <b>Документ, удостоверяющий личность</b>  <input type="checkbox"/> свидетельство о рождении      <input type="checkbox"/> паспорт  <b>серия</b> <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px;"></span>      <b>номер</b> <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 60px; height: 15px;"></span> </div> <div> <b>Гражданство</b>  <input type="checkbox"/> Российская Федерация  <input type="checkbox"/> Иное </div> </div>																																																																																																								
<b>Дата рождения</b>																																																																																																								
<b>Домашний телефон участника</b>															+ 7 <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span>																																																																																									
<b>Мобильный телефон участника</b>															+ 7 <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span>																																																																																									
<b>Электронный адрес участника</b>															<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 200px; height: 15px;"></span>																																																																																									
<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>9</b>
Задание:	<b>1</b>

Шифр:	
Страница:	<b>1</b>

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>9</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>9</b>
Задание:	<b>3</b>

Шифр:	
Страница:	<b>1</b>

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>9</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>9</b>
Задание:	<b>5</b>

Шифр:	
Страница:	<b>1</b>

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>9</b>
Задание:	<b>6</b>

Шифр:	
Страница:	<b>1</b>

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>9</b>
Задание:	

Шифр:	
Страница:	<b>2</b>

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