

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2017-2018 УЧЕБНЫЙ ГОД
7 КЛАСС

Максимальное время выполнения заданий: 2 часа (120 мин.)

Максимальное количество баллов за каждое задание: 8

Максимальная сумма баллов за все задания: 32

Использовать можно: инженерный калькулятор, канцелярские принадлежности (ручка, карандаш, линейка, резинка для стирания и т.п.), справочные данные, разрешенные к использованию участниками на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии (Приложение 1), карту звездного неба (Приложение 2).

1. Летний треугольник

Как называются три яркие звезды, которые образуют так называемый «Летний треугольник» или «Летне-осенний треугольник»? Из каких они созвездий? В какие месяцы этот «треугольник» виден лучше всего на наших широтах?

2. Классификация планет

Какие классы (типы) планет существуют в Солнечной системе? Чем они отличаются друг от друга?

3. Четвертый – лишний

В таблице (Таблица 1) приведены названия небесных тел, сгруппированных в столбцы по определенным критериям, но в каждом столбце есть по одному лишнему телу. Какие тела лишние и почему?

Таблица 1.

Луна	Паллада	Альтаир	Венера
Ганимед	Каллисто	Вега	Уран
Церера	Веста	Мицар	Плутон
Титан	Юнона	Галлея	Сатурн

4. «Великое американское затмение»

Жители США от Западного до Восточного побережья 21 августа 2017 года наблюдали красивейшее астрономическое явление – полное солнечное затмение. На одном из сайтов в сети Интернет была размещена фотография этого затмения (рис. 1) с надписью «Солнце начинает выходить из тени Луны». Какую астрономическую ошибку допустил автор надписи? Попробуйте сформулировать верную надпись для этой фотографии.



Солнце начинает выходить из тени Луны

Рис. 1

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2017-2018 УЧЕБНЫЙ ГОД
8 КЛАСС

Максимальное время выполнения заданий: 2 часа (120 мин.)

Максимальное количество баллов за каждое задание: 8

Максимальная сумма баллов за все задания: 32

Использовать можно: инженерный калькулятор, канцелярские принадлежности (ручка, карандаш, линейка, резинка для стирания и т.п.), справочные данные, разрешенные к использованию участниками на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии (Приложение 1), карту звездного неба (Приложение 2).

5. Летний треугольник

Как называются три яркие звезды, которые образуют так называемый «Летний треугольник» или «Летне-осенний треугольник»? Из каких они созвездий? В какие месяцы этот «треугольник» виден лучше всего на наших широтах?

6. Наблюдения Малой Медведицы

В каком месяце можно дольше всего наблюдать созвездие Малой Медведицы на темном небе в Красноярском крае (при условии ясной погоды)?

а) август; б) октябрь; в) январь; г) март; д) нет разницы.
Ответ поясните.

7. Загадочная планета

На рис. 1 слева приведен вид солнечного диска, наблюдаемого с Земли, в сравнении с солнечным диском, который можно было бы увидеть с другой планеты Солнечной системы. Назовите эту планету. Свой ответ обоснуйте.

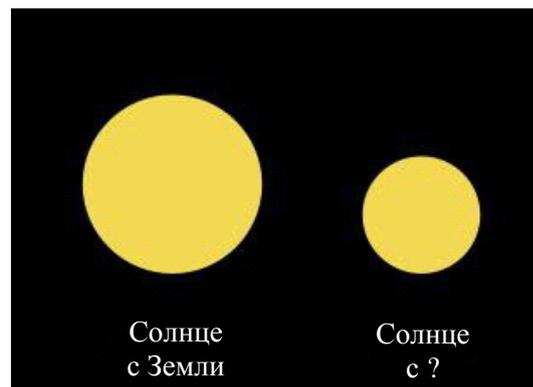


Рис. 1

8. Солнечная вспышка

6 сентября 2017 года в 16 часов по московскому времени на Солнце произошла самая крупная вспышка за последние двенадцать лет. Выброс массы солнечного вещества от этой вспышки достиг Земли 8 сентября около 2 часов ночи по московскому времени, вызвав очень сильную магнитную бурю. С какой скоростью (в км/с) двигалось к Земле облако солнечной плазмы?

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2017-2018 УЧЕБНЫЙ ГОД
9 КЛАСС**

Максимальное время выполнения заданий: 3 часа (180 мин.)

Максимальное количество баллов за каждое задание: 8

Максимальная сумма баллов за все задания: 48

Использовать можно: инженерный калькулятор, канцелярские принадлежности (ручка, карандаш, линейка, резинка для стирания и т.п.), справочные данные, разрешенные к использованию участниками на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии (Приложение 1), карту звездного неба (Приложение 2).

9. Зимний треугольник

Как называются три яркие звезды, которые образуют так называемый «Зимний треугольник»? Из каких они созвездий? В какие месяцы этот «треугольник» виден лучше всего на наших широтах?

10. Всегда ли видна?

Звезда удалена от северного полюса мира на 47 градусов. Всегда ли ее можно наблюдать в темное время суток в Москве (географическая широта $\varphi = +55^\circ 45'$), в Ростове на Дону ($\varphi = +47^\circ 14'$), в Сочи ($\varphi = +43^\circ 35'$) и почему?

11. Сириусы А и Б

Самая яркая звезда неба – Сириус, является двойной, состоящей из Сириуса А (видимая звездная величина $-1,5^m$) и его спутника – белого карлика Сириуса Б, который очень труден для наблюдений. Профессиональные фотометрические наблюдения показали, что интенсивность света от Сириуса А примерно в 10 тысяч раз больше, чем от Сириуса Б. Определите видимую звездную величину Сириуса Б.

12. «Великое американское затмение» и 1 сентября

Жители США от Западного до Восточного побережья 21 августа 2017 года наблюдали красивейшее астрономическое явление – полное солнечное затмение. Можно ли было увидеть в Красноярске Луну 1 сентября? Если нет, то почему? Если да, то в какой фазе и в какое время суток?

13. Флоренция вблизи Земли

Летом этого года газеты писали: «К Земле приближается самый крупный астероид за всю историю телескопических наблюдений!!!». Действительно, 1 сентября 2017 года малая планета (астероид) № 3122 Florence (Флоренция), диаметром около 4,4 км, прошла на расстоянии всего лишь в 0,04723 астрономической единицы от нашей планеты. Смоделируйте ситуацию: если в качестве модели Земли взять глобус диаметром 30 см, то на каком расстоянии от глобуса Земли в этом масштабе пролетел астероид Флоренция? На каком расстоянии от Земли в этом масштабе будет находиться Луна?

14. Планета у Проксимы Центавра

В конце августа 2016 года было объявлено об открытии землеподобной планеты у ближайшей к Солнцу звезды Проксимы Центавра. Планета обращается вокруг звезды на расстоянии, которое в 20 раз меньше расстояния от Земли до Солнца. Сколько земных суток длится год на этой планете? Известно, что масса Проксимы Центавра составляет 0,123 солнечной.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2017-2018 УЧЕБНЫЙ ГОД
10 КЛАСС

Максимальное время выполнения заданий: 3 часа (180 мин.)

Максимальное количество баллов за каждое задание: 8

Максимальная сумма баллов за все задания: 48

Использовать можно: инженерный калькулятор, канцелярские принадлежности (ручка, карандаш, линейка, резинка для стирания и т.п.), справочные данные, разрешенные к использованию участниками на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии (Приложение 1), карту звездного неба (Приложение 2).

15. Весенний треугольник

Как называются три яркие звезды, которые образуют так называемый «Весенний треугольник»? Из каких они созвездий? В какие месяцы этот «треугольник» виден лучше всего на наших широтах?

16. Альдебаран и Прокцион

Любитель астрономии наблюдал верхнюю кульминацию звезды Альдебаран (прямое восхождение $\alpha = 05^{\text{ч}} 35^{\text{м}} 55,3^{\text{с}}$, склонение $\delta = +16^{\circ} 30' 30''$) в 23ч 35м 10с по местному времени на высоте точно 50° над горизонтом. Когда в этом же месте можно было (или будет) увидеть кульминацию звезды Прокцион (прямое восхождение $\alpha = 07^{\text{ч}} 39^{\text{м}} 17,3^{\text{с}}$, склонение $\delta = +05^{\circ} 13' 12''$)? На какой высоте над горизонтом?

17. Алголь в прошлом

Одна из самых известных затменно-переменных звезд – Алголь (β Персея) имеет видимую величину $2,12^{\text{м}}$ и удалена от нас примерно на 30 парсек. Однако около 7,3 миллиона лет назад Алголь находился на расстоянии всего 3 парсека от Солнца. Какой была видимая величина этой звезды в те времена?

18. Два затмения Луны

В 2018 году земляне смогут наблюдать два лунных затмения. Первое произойдет 31 января (полная фаза с 12ч 51м до 14ч 08м по всемирному времени), а второе – 27 июля (полная фаза с 19ч 30м до 21ч 14м по всемирному времени). Будут ли оба этих затмения видны в Красноярске и почему? Если да, то какое из этих затмений будет видно лучше (при условии ясной погоды) и почему?

19. Определение широты по Полярной звезде

Какой ошибки в местоположении на поверхности Земли (в километрах) можно ожидать при определении географической широты наблюдателя по Полярной звезде (α Малой Медведицы), если ее экваториальные координаты: прямое восхождение $\alpha = 02^{\text{ч}} 31^{\text{м}} 49^{\text{с}}$, склонение $\delta = +89^{\circ} 15' 51''$?

20. Солнце и Сириус

Параллакс Солнца $8'',79$, а параллакс Сириуса $0'',38$. Во сколько раз Сириус дальше, чем Солнце?

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2017-2018 УЧЕБНЫЙ ГОД
11 КЛАСС

Максимальное время выполнения заданий: 3 часа (180 мин.)

Максимальное количество баллов за каждое задание: 8

Максимальная сумма баллов за все задания: 48

Использовать можно: инженерный калькулятор, канцелярские принадлежности (ручка, карандаш, линейка, резинка для стирания и т.п.), справочные данные, разрешенные к использованию участниками на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии (Приложение 1), карту звездного неба (Приложение 2).

21. Бриллиант Девы

Как называются четыре яркие звезды, которые образуют на небе почти правильный ромб – так называемый «Бриллиант Девы»? Из каких они созвездий? В какие месяцы этот «ромб» виден лучше всего на наших широтах?

22. Альдебаран и Процион

Любитель астрономии наблюдал верхнюю кульминацию звезды Альдебаран (прямое восхождение $\alpha = 05^{\text{ч}} 35^{\text{м}} 55,3^{\text{с}}$, склонение $\delta = +16^{\circ} 30' 30''$) в 23ч 35м 10с по местному времени на высоте точно 50° над горизонтом. Когда в этом же месте можно было (или будет) увидеть кульминацию звезды Процион (прямое восхождение $\alpha = 07^{\text{ч}} 39^{\text{м}} 17,3^{\text{с}}$, склонение $\delta = +05^{\circ} 13' 12''$)? На какой высоте над горизонтом?

23. Стрелец А

В центре нашей Галактики Млечный Путь находится компактный объект Стрелец А, вокруг которого по вытянутой эллиптической орбите с эксцентриситетом 0,88 и перицентрическим расстоянием 120 а.е. обращается звезда S2 с периодом 15,5 лет. Оцените массу этого компактного объекта. Как вы думаете, какова может быть его природа?

24. Два затмения Луны

В 2018 году земляне смогут наблюдать два лунных затмения. Первое произойдет 31 января (полная фаза с 12ч 51м до 14ч 08м по всемирному времени), а второе – 27 июля (полная фаза с 19ч 30м до 21ч 14м по всемирному времени). Будут ли оба этих затмения видны в Красноярске и почему? Если да, то какое из этих затмений будет видно лучше (при условии ясной погоды) и почему?

25. Персеиды из южного полушария

До какой примерно южной широты можно наблюдать метеоры из метеорного потока Персеид? Считать, что радиант Персеид имеет склонение $+58^{\circ}$, а метеорные тела начинают загораться в атмосфере на высоте 100 км. Ответ поясните рисунком.

26. Сверхновая в «Фейерверке»

Астроном-любитель Патрик Виггинс из Университета штата Юта (США) 14 мая 2017 года открыл сверхновую звезду, вспыхнувшую в спиральной галактике NGC 6946 («Фейерверк»), которая расположена на границе созвездий Лебедя и Цефея. Видимая звездная величина этой сверхновой звезды в максимуме блеска достигла $12,8^{\text{m}}$. Известно, что абсолютная звездная величина сверхновых такого типа в среднем составляет -18^{m} . Оцените расстояние до галактики.

**Справочные данные,
разрешенные к использованию участниками
на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии
и подлежащие к выдаче вместе с условиями задач**

Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
 Скорость света в вакууме $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
 Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
 Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$
 Масса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
 Масса электрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
 Астрономическая единица $1 \text{ а.е.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
 Парсек $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
 Постоянная Хаббла $H = 72 \text{ (км/с)/Мпк}$

Данные о Солнце

Радиус $695\,000 \text{ км}$
 Масса $1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
 Светимость $3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
 Спектральный класс G2
 Видимая звездная величина $-26,78^{\text{m}}$
 Абсолютная болометрическая звездная величина $+4,72^{\text{m}}$
 Показатель цвета (B–V) $+0,67^{\text{m}}$
 Эффективная температура 5800 К
 Средний горизонтальный параллакс $8,794''$
 Интегральный поток энергии на расстоянии Земли 1360 Вт/м^2
 Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли 600 Вт/м^2

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты $0,017$
 Тропический год $365,24219 \text{ суток}$
 Средняя орбитальная скорость $29,8 \text{ км/с}$
 Период вращения $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$
 Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года: $23^\circ 26' 21,45''$
 Экваториальный радиус $6378,14 \text{ км}$
 Полярный радиус $6356,77 \text{ км}$
 Масса $5,974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
 Средняя плотность $5,52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$
 Объемный состав атмосферы: $\text{N}_2 (78\%), \text{O}_2 (21\%), \text{Ar} (\sim 1\%)$.

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км
 Минимальное расстояние от Земли 356410 км
 Максимальное расстояние от Земли 406700 км
 Эксцентриситет орбиты $0,055$
 Наклон плоскости орбиты к эклиптике $5^\circ 09'$
 Сидерический (звездный) период обращения $27,321662 \text{ суток}$
 Синодический период обращения $29,530589 \text{ суток}$
 Радиус 1738 км
 Масса $7,348 \cdot 10^{22} \text{ кг}$ или $1/81,3$ массы Земли
 Средняя плотность $3,34 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$
 Визуальное геометрическое альbedo $0,12$
 Видимая звездная величина в полнолуние $-12,7^{\text{m}}$

Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометр. альбедо	Видимая звездная величина**
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1,989 \cdot 10^{30}$	332946	695000	108,97	1,41	25,380 сут	7,25	–	–26,8
Меркурий	$3,302 \cdot 10^{23}$	0,05271	2439,7	0,3825	5,42	58,646 сут	0,00	0,10	–0,1
Венера	$4,869 \cdot 10^{24}$	0,81476	6051,8	0,9488	5,20	243,019 сут*	177,36	0,65	–4,4
Земля	$5,974 \cdot 10^{24}$	1,00000	6378,1	1,0000	5,52	23,934 час	23,45	0,37	–
Марс	$6,419 \cdot 10^{23}$	0,10745	3397,2	0,5326	3,93	24,623 час	25,19	0,15	–2,0
Юпитер	$1,899 \cdot 10^{27}$	317,94	71492	11,209	1,33	9,924 час	3,13	0,52	–2,7
Сатурн	$5,685 \cdot 10^{26}$	95,181	60268	9,4494	0,69	10,656 час	25,33	0,47	0,4
Уран	$8,683 \cdot 10^{25}$	14,535	25559	4,0073	1,32	17,24 час*	97,86	0,51	5,7
Нептун	$1,024 \cdot 10^{26}$	17,135	24746	3,8799	1,64	16,11 час	28,31	0,41	7,8

* – обратное вращение.

** – для наибольшей элонгации внутренних планет и среднего противостояния внешних планет.

Таблица 2

Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн.км	а.е.				
Меркурий	57,9	0,3871	0,2056	градусы 7,004	87,97 сут	сут 115,9
Венера	108,2	0,7233	0,0068	3,394	224,70 сут	583,9
Земля	149,6	1,0000	0,0167	0,000	365,26 сут	—
Марс	227,9	1,5237	0,0934	1,850	686,98 сут	780,0
Юпитер	778,3	5,2028	0,0483	1,308	11,862 лет	398,9
Сатурн	1429,4	9,5388	0,0560	2,488	29,458 лет	378,1
Уран	2871,0	19,1914	0,0461	0,774	84,01 лет	369,7
Нептун	4504,3	30,0611	0,0097	1,774	164,79 лет	367,5

Таблица 3

Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометр. альбедо	Видимая звездная величина*								
								кг	км	г/см ³	км	сут			
Луна	$7,348 \cdot 10^{22}$	1738	3,34	384400	27,32166	0,12	–12,7								
								Земля							
Фобос	$1,08 \cdot 10^{16}$	~10	2,0	9380	0,31910	0,06	11,3								
								Марс							
Деймос	$1,8 \cdot 10^{15}$	~6	1,7	23460	1,26244	0,07	12,4								
Ио	$8,94 \cdot 10^{22}$	1815	3,55	421800	1,769138	0,61	5,0								
								Юпитер							
								Европа	$4,8 \cdot 10^{22}$	1569	3,01	671100	3,551181	0,64	5,3
								Ганимед	$1,48 \cdot 10^{23}$	2631	1,94	1070400	7,154553	0,42	4,6
								Каллисто	$1,08 \cdot 10^{23}$	2400	1,86	1882800	16,68902	0,20	5,7

Сатурн							
Тефия	$7,55 \cdot 10^{20}$	530	1,21	294660	1,887802	0,9	10,2
Диона	$1,05 \cdot 10^{21}$	560	1,43	377400	2,736915	0,7	10,4
Рея	$2,49 \cdot 10^{21}$	765	1,33	527040	4,517500	0,7	9,7
Титан	$1,35 \cdot 10^{23}$	2575	1,88	1221850	15,94542	0,21	8,2
Япет	$1,88 \cdot 10^{21}$	730	1,21	3560800	79,33018	0,2	~11,0
Уран							
Миранда	$6,33 \cdot 10^{19}$	235,8	1,15	129900	1,413479	0,27	16,3
Ариэль	$1,7 \cdot 10^{21}$	578,9	1,56	190900	2,520379	0,34	14,2
Умбриэль	$1,27 \cdot 10^{21}$	584,7	1,52	266000	4,144177	0,18	14,8
Титания	$3,49 \cdot 10^{21}$	788,9	1,70	436300	8,705872	0,27	13,7
Оберон	$3,03 \cdot 10^{21}$	761,4	1,64	583500	13,46324	0,24	13,9
Нептун							
Тритон	$2,14 \cdot 10^{22}$	1350	2,07	354800	5,87685**	0,7	13,5

* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет.

** – обратное направление вращения.

Формулы приближенного вычисления

$$\sin x \approx \operatorname{tg} x \approx x;$$

$$\sin(\alpha + x) \approx \sin \alpha + x \cos \alpha;$$

$$\cos(\alpha + x) \approx \cos \alpha - x \sin \alpha;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha + x) \approx \operatorname{tg} \alpha + \frac{x}{\cos^2 \alpha};$$

$$(1 + x)^n \approx 1 + nx;$$

($x \ll 1$, углы выражаются в радианах).

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2017-2018 УЧЕБНЫЙ ГОД
ОТВЕТЫ**

7 КЛАСС	
№ задания	Максимальный балл
1.	8
2.	8
3.	8
4.	8
Итого:	32 балла

ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ

7 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. Летний треугольник

Звезды, которые образуют этот астеризм – Вега (α Лиры), Денеб (α Лебеда) и Альтаир (α Орла). Лучше всего (высоко в небе вблизи верхней кульминации) эти созвездия видны на наших широтах в июле и августе (ночью), а также в сентябре (вечером). А так как в начале и середине лета ночи светлые, то лучше всего этот астеризм наблюдать в августе и сентябре, поэтому правильнее называть этот астеризм «Летне-осенний треугольник».

Примечание: для определения наилучшей видимости можно воспользоваться картой звездного неба (Приложение 2 к листу заданий). Эти созвездия будут находиться вблизи верхней кульминации в месяцы, когда Солнце будет на эклиптике в противоположной по прямому восхождению точке небесной сферы (+12 часов).

Ответ: Вега (α Лиры), Денеб (α Лебеда) и Альтаир (α Орла). Июль, август, сентябрь.

Критерии оценивания

По 1 баллу за каждое верное название звезды, еще по 1 баллу за верное указание созвездий, в которых находятся эти звезды. Последние 2 балла выставляются за указание любых 2 месяцев из приведенного в решении перечня.

2. Классификация планет

Современная классификация определяет 4 основных класса (типа) планет: 1 – планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс); 2 – планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун); карликовые планеты (Плутон, Церера, Эрида и т.д.); малые планеты или астероиды (Веста, Паллада, Юнона и т.д.).

Два первых класса (типа) – это «классические» планеты солнечной системы. Планеты земной группы имеют большую плотность, «твердую» поверхность и меньшую, чем у гигантов массу. Гиганты больше напоминают «газовые шары», и мы можем наблюдать только верхние слои их плотных облачных атмосфер. За счет сил гравитации форма всех планет 1 и 2 групп близка к сферической. Большинство из них имеет естественные спутники.

Более мелкие объекты, обращающиеся вокруг Солнца по собственным орбитам, ранее относили к единому классу малых планет (астероидов). Однако, после открытия в глубинах солнечной системы нескольких «крупных» тел, сравнимых с Плутоном, все эти тела, включая Плутон, в 2006 году выделили в отдельный класс – карликовые планеты. Это такие тела, которые обращаются вокруг Солнца; не

являются спутниками других планет; имеют достаточную массу, чтобы поддерживать близкую к сферической форму; они не могут, в отличие от главных планет, расчистить район своей орбиты от других объектов. А к классу малых планет (астероидов) стали относить все оставшиеся тела – меньших размеров и независимо от формы поверхности (у множества из них она далека от правильной).

Примечание: участники также могут указать такой класс (тип), характерный для экзопланет, но также употребляемый в отношении Урна и Нептуна, как ледяные гиганты – отдельный класс (тип) планет, в недрах которых присутствуют в большом количестве такие элементы, как вода, аммиак, метан и сероводород в твердом агрегатном состоянии. Или класс (тип) железных планет – разновидность экзопланет земного типа, которые имеют крупное (около 2/3 внутреннего объема) железо-никелевое ядро. Наиболее похожим астрономическим телом этого типа в Солнечной системе является Меркурий.

Ответ: планеты земной группы, планеты-гиганты, карликовые планеты, малые планеты (астероиды).

Критерии оценивания

По 1 баллу выставляется за указание каждого класса (типа) планет, и по 1 баллу за каждое описание его особенностей, но суммарно не более 8 баллов.

3. Четвертый – лишний

В первом столбце сгруппированы спутники планет, среди них лишним является Церера – карликовая планета. Во втором столбце сгруппированы малые планеты (астероиды), среди них лишним является Каллисто – спутник Юпитера. В третьем столбце сгруппированы звезды, среди них лишним является Галлея – комета. В четвертом столбце сгруппированы планеты, среди них лишним является Плутон – карликовая планета.

Ответ: Церера – карликовая планета среди спутников планет; Каллисто – спутник планеты среди малых планет (астероидов); Галлея – комета среди звезд; Плутон – карликовая планета среди планет.

Критерии оценивания

За каждое правильно указанное лишнее тело – 1 балл, еще 1 балл – за правильное объяснение, почему оно лишнее.

4. «Великое американское затмение»

Во время солнечного затмения Луна закрывает (затмевает) Солнце, а не Солнце попадает в тень Луны, как это следует из надписи. Так как Луна движется по небесной сфере с запада на восток, то во время солнечного затмения первым закрывается Луной и первым открывается западный (правый) край солнечного диска. Таким образом, на фотографии запечатлено окончание полной фазы солнечного затмения. Поэтому корректными могли бы быть, например, следующие надписи: «Окончание полной фазы солнечного затмения» или «Диск Луны начинает сходиться с солнечного диска» и т.п.

Ответ: тень Луны не может затмевать Солнце – это Луна закрывает Солнце. Например, «Диск Луны начинает сходиться с солнечного диска».

Критерии оценивания

Понимание геометрии солнечного затмения и объяснение в чем заключается ошибочность надписи – 4 балла.

За формулировку корректной надписи – 4 балла.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2017-2018 УЧЕБНЫЙ ГОД
ОТВЕТЫ

8 КЛАСС	
№ задания	Максимальный балл
5.	8
6.	8
7.	8
8.	8
Итого:	32 балла

ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ

8 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.

5. Летний треугольник

Звезды, которые образуют этот астеризм – Вега (α Лир), Денеб (α Лебедя) и Альтаир (α Орла). Лучше всего (высоко в небе вблизи верхней кульминации) эти созвездия видны на наших широтах в июле и августе (ночью), а также в сентябре (вечером). А так как в начале и середине лета ночи светлые, то лучше всего этот астеризм наблюдать в августе и сентябре, поэтому правильнее называть этот астеризм «Летне-осенний треугольник».

Примечание: для определения наилучшей видимости можно воспользоваться картой звездного неба (Приложение 2 к листу заданий). Эти созвездия будут находиться вблизи верхней кульминации в месяцы, когда Солнце будет на эклиптике в противоположной по прямому восхождению точке небесной сферы (+12 часов).

Ответ: Вега (α Лир), Денеб (α Лебедя) и Альтаир (α Орла). Июль, август, сентябрь.

Критерии оценивания

По 1 баллу за каждое верное название звезды, еще по 1 баллу за верное указание созвездий, в которых находятся эти звезды. Последние 2 балла выставляются за указание любых 2 месяцев из приведенного в решении перечня.

6. Наблюдения Малой Медведицы

Поскольку околополярное созвездие Малой Медведицы для наших широт является незаходящим за горизонт, то наблюдать его можно в любое темное время суток в течение всего года. Самая длительная ночь наступает в день зимнего солнцестояния (около 21–22 декабря). Поэтому дольше всего Малую Медведицу на темном небе можно наблюдать именно в декабре, так как в другие месяцы ночи короче. Но среди предложенных вариантов ответов декабря нет, поэтому правильным ответом будет ближайший месяц к декабрю – январь.

Ответ: в) январь.

Критерии оценивания

Понимание того, что Малую Медведицу можно наблюдать в темное время суток в течение всего года – 3 балла.

Знание, что самая длительная ночь наступает в день зимнего солнцестояния – 3 балла.

Выбор правильного ответа из предложенных вариантов – 2 балла.

7. Загадочная планета

Видимые (угловые) размеры (для малых углов) обратно пропорциональны расстоянию до тела. Так как диск Солнца, видимый с Земли, имеет угловой размер около $0,5^\circ$, а с «загадочной планеты» еще меньше, то можно воспользоваться этим утверждением. Из рисунка (Рис. 1) видно, что размер диска Солнца с «загадочной планеты», примерно, в 1,5 меньше чем с Земли, а значит, что эта планета находится, примерно, в 1,5 раза дальше от Солнца, чем Земля. Поэтому единственной планетой Солнечной системы, подходящей на роль «загадочной планеты», является Марс.

Ответ: Марс.

Критерии оценивания

Верное определение планеты – 4 балла.

Понимание связи видимого (углового) размера с расстоянием и обоснование выбора планеты – 4 балла.

8. Солнечная вспышка

С 16 часов 6 сентября до 2 часов 8 сентября прошло 34 часа или $34 \text{ ч} \cdot 60 \text{ м} \cdot 60 \text{ с} = 122\,400 \text{ с}$. За это время облако солнечной плазмы преодолело 149,6 млн. км – среднее расстояние от Солнца до Земли. Найдем скорость движения облака: $149,6 \text{ млн. км} / 122\,400 \text{ с} = 1222 \text{ км/с}$.

Ответ: 1222 км/с.

Критерии оценивания

Верное определение времени движения облака – 3 балла.

Знание (или нахождение в справочных данных) расстояния от Солнца до Земли – 2 балла.

Окончательное верное определение скорости движения облака в км/с – 3 балла.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2017-2018 УЧЕБНЫЙ ГОД
ОТВЕТЫ

9 КЛАСС	
№ 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.

9. Зимний треугольник

Звезды, которые образуют этот астеризм – Сириус (α Большого Пса), Процион (α Малого Пса), Бетельгейзе (α Ориона). Лучше всего (высоко в небе вблизи верхней кульминации) эти созвездия видны на наших широтах зимой – в декабре и январе (ночью), а также в конце октября – ноябре (под утро) и в феврале (вечером).

Примечание: для определения наилучшей видимости можно воспользоваться картой звездного неба (Приложение 2 к листу заданий). Эти созвездия будут находиться вблизи верхней кульминации в месяцы, когда Солнце будет на эклиптике в противоположной по прямому восхождению точке небесной сферы (+12 часов).

Ответ: Сириус (α Большого Пса), Процион (α Малого Пса), Бетельгейзе (α Ориона). Декабрь, январь.

Критерии оценивания

По 1 баллу за каждое верное название звезды, еще по 1 баллу за верное указание созвездий, в которых находятся эти звезды. Последние 2 балла выставляются за указание любых 2 месяцев из приведенного в решении перечня.

10. Всегда ли видна?

Решение данной задачи сводится к тому, чтобы определить, будет ли данная звезда незаходящей за горизонт для указанных городов.

Склонение полюса мира $\delta = 90^\circ$. Тогда склонение нашей звезды составляет $\delta = 90^\circ - 47^\circ = +43^\circ$. В то же время – высота полюса мира над северным горизонтом равна широте наблюдателя φ . Значит, на северном горизонте он сможет теоретически видеть все звезды со склонением больше чем $90^\circ - \varphi$ градусов. В случае Москвы, это будет: $90^\circ - 55^\circ 45' = +34^\circ 15'$. В Ростове на Дону: $90^\circ - 47^\circ 14' = +42^\circ 46'$, а в Сочи: $90^\circ - 43^\circ 35' = +46^\circ 25'$. Таким образом, в Москве эта звезда ($\delta = +43^\circ$) будет видна даже в нижней кульминации на высоте $43^\circ - 34^\circ 15' = +8^\circ 45'$. В Ростове на Дону: $43^\circ - 42^\circ 46' = +0^\circ 14'$. А в Сочи: $43^\circ - 46^\circ 25' = -3^\circ 25'$. Как видим, в Москве и в Ростове эта звезда видна всегда (не заходит за горизонт), в то время как в Сочи ее нижняя кульминация происходит под горизонтом. Можно отметить, что минимальная высота звезды в Ростове на Дону близка к нулю, и, чтобы ее там увидеть, надо искать

хорошую возвышенность, откуда высота видимого северного горизонта не превышает высоту математического.

Еще одно возможное решение: для того чтобы звезду всегда можно было наблюдать в темное время суток, она должна быть незаходящей. А чтобы она была незаходящей, ее прямое восхождение может быть любым, а склонение должно быть таким, чтобы высота звезды в момент нижней кульминации была больше нуля. Так как высота светила в нижней кульминации равна $h = \varphi + \delta - 90^\circ$, то $\varphi + \delta - 90^\circ > 0$. Или $\varphi > 90^\circ - \delta$, т.е. $\varphi > 47^\circ$.

Ответ: в Москве и Ростове на Дону эту звезду всегда можно наблюдать в темное время суток, так как она для этих широт будет незаходящей за горизонт, а в Сочи нет.

Критерии оценивания

Верное определение склонения звезды – 1 балл.

Вывод или знание условия для незаходящих светил – 4 балла.

Окончательный правильный вывод о возможности наблюдений для каждого из городов – до 3 баллов (по 1 баллу за правильный вывод для каждого города).

11. Сириусы А и Б

Расстояние до звезд можно считать одинаковым. По определению – разница в 5 звездных величин соответствует отношению освещенностей в 100 раз. В нашем случае (10 000 раз) мы имеем в 100 раз большее отношение ($10\,000 = 100 \times 100$). Так как звездные величины складываются, то Сириус Б на 10 звездных величин слабее, чем Сириус А. Это дает $-1,5 + 10 = 8,5^m$.

Примечание: участники олимпиады для решения задачи могут воспользоваться формулой Погсона $\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$, тогда $m_2 - m_1 = 2,5 \lg \frac{I_1}{I_2}$. Отсюда $m_2 = 2,5 \lg(10000) + m_1 = 2,5 \cdot 4 - 1,5 = 8,5^m$.

Ответ: $8,5^m$.

Критерии оценивания

Знание соотношения звездных величин с освещенностями (или в целых числах или в виде формулы Погсона) – 4 балла.

Правильный перевод отношения освещенностей в звездные величины – 2 балла.

Окончательное верное вычисление звездной величины Сириуса Б – 2 балла.

12. «Великое американское затмение» и 1 сентября

Так как 21 августа на Земле произошло солнечное затмение, то Луна в этот день была в фазе новолуния. С 21 августа до 1 сентября прошло 11 суток. Период изменения лунных фаз составляет около 29,5 суток (синодический месяц). Примерно каждые $29,5/4 \approx 7,4$ суток фаза Луны меняется на одну четверть (от новолуния к первой четверти, затем к полнолунию, последней четверти и т.д.). Значит, через 7,4 суток после затмения была первая четверть, после чего до 1 сентября прошло еще (11 сут. – 7,4 сут.) 3,6 суток, т.е. половина четверти. Таким образом, 1 сентября Луна была видна в фазе между первой четвертью и полнолунием (освещена примерно на 75%).

В фазе первой четверти Луна кульминирует (видна на юге) по вечерам (в 19 часов с учетом декретного времени). В полнолунии – вблизи полуночи (видна в противоположной Солнцу части неба). Следовательно, 1 сентября она кульминировала между 19 часами и местной полночью (около 1 часа ночи по декретному времени), то есть около 22 часов декретного времени.

Ответ: Да, поздним вечером, в фазе около 0,75 (между первой четвертью и полнолунием).

Критерии оценивания

Знание фазы Луны во время солнечного затмения – 1 балл.

Верное определение количества суток, прошедших с момента затмения до 1 сентября – 1 балл.

Знание периода изменения лунных фаз (синодический месяц) – 2 балла. Если учащийся указывает период в 4 недели (28 суток), то выставляется только 1 балл.

Правильное определение фазы Луны 1 сентября – 2 балла.

Верное определение времени суток, когда была видна Луна 1 сентября – 2 балла.

13. Флоренция вблизи Земли

Астрономическая единица (среднее расстояние от Земли до Солнца) равна 149,6 миллионов километров. Переведем расстояние от Земли до астероида из а.е. в километры: $0,04723 \text{ а.е.} \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ км} = 7\,065\,608 \text{ км}$. Сравнив полученное значение с радиусом Земли (6 378 км), получим $7\,065\,608 \text{ км} / 6\,378 \text{ км} \approx 1108$ радиусов (554 диаметра) нашей планеты. В выбранном масштабе астероид при минимальном

сближении пролетит на расстоянии $554 \cdot 0,3 \text{ м} \approx 166$ метров от центра глобуса, т.е. далеко за пределами класса, и даже всей школы! Луну следует поместить на расстоянии в $(384\,400 \text{ км} / 6\,378 \text{ км}) \cdot 0,15 \text{ м} \approx 9$ метров от центра глобуса (в соседнем классе).

Примечание: можно дополнительно отметить, что диаметр астероида в нашей модели составит: $4,4 \text{ км} / 12756 \text{ км} \cdot 0,3 \text{ м} \approx 0,0001 \text{ м}$, или $\approx 0,1$ миллиметра. А астероид при минимальном сближении пролетел от Земли в $166 \text{ м} / 9 \text{ м} \approx 18$ раз дальше Луны. Вот и подумайте, может ли представлять хоть какую-то опасность для нашего 30 сантиметрового глобуса пылинки размером в 0,1 мм, пролетающая от него на расстоянии 166 метров?!

Ответ: расстояние от центра глобуса Земли до астероида в выбранном масштабе составит около 166 метров, до Луны – 9 метров.

Критерии оценивания

Верный перевод расстояния до астероида из астрономических единиц в километры – 2 балла.

Правильное выражение расстояния до астероида в радиусах (диаметрах) Земли – 2 балла.

Верное окончательное вычисление расстояния от глобуса Земли до астероида в выбранном масштабе – 2 балла.

Верное вычисление расстояния от глобуса Земли до Луны в выбранном масштабе – 2 балла.

14. Планета у Проксимы Центавра

Чтобы определить продолжительность года на планете, т.е. период обращения планеты вокруг звезды, нужно применить третий обобщенный закон Кеплера, сравнив систему двух тел Проксима Центавра–планета с другой известной системой двух тел, например, Солнце–Земля:

$\frac{T_1^2(M_{\text{П}} + m_1)}{a_1^3} = \frac{T_2^2(M_{\text{С}} + m_2)}{a_2^3}$, где T_1 и a_1 – сидерический период обращения планеты вокруг Проксимы

Центавра и большая полуось ее орбиты ($a_1 = 1/20 \text{ а.е.} = 0,05 \text{ а.е.}$); T_2 и a_2 – сидерический период обращения Земли вокруг Солнца ($T_2 = 365,26 \text{ сут.}$) и большая полуось ее орбиты ($a_2 = 1 \text{ а.е.}$); $M_{\text{П}}$ – масса Проксимы Центавра, m_1 – масса планеты, $M_{\text{С}}$ – масса Солнца; m_2 – масса Земли.

Учитывая, что масса Солнца много больше массы Земли ($M_{\text{С}} \gg m_2$), а масса Проксимы Центавра много больше массы планеты ($M_{\text{П}} \gg m_1$), получим выражение: $\frac{T_1^2 M_{\text{П}}}{a_1^3} = \frac{T_2^2 M_{\text{С}}}{a_2^3}$, откуда найдем период

обращения планеты: $T_1 = \sqrt{\frac{T_2^2 M_{\text{С}} a_1^3}{a_2^3 M_{\text{П}}}} = \sqrt{\frac{365,26^2 \cdot 1 \cdot 0,05^3}{1^3 \cdot 0,123}} = 11,6 \text{ сут.}$

Ответ: 11,6 сут.

Критерии оценивания

Применение третьего обобщенного закона Кеплера – 4 балла.

Вывод о пренебрежении массами Земли и планеты в виду их малости и получение правильного выражения для определения периода обращения – 2 балла.

Использование верного значения величины сидерического периода обращения Земли (звездного года) в сутках – 1 балл.

Окончательные верные вычисления периода обращения планеты – 1 балл.

Примечание: использования участниками третьего эмпирического закона Кеплера для решения этой задачи является не верным, так как он предполагает обращение, например, двух планет вокруг одного общего центрального тяготеющего тела, например Солнца. Поэтому такое решение не может быть оценено жюри более чем на 1 балл, который может быть выставлен за использование верной величины звездного года.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2017-2018 УЧЕБНЫЙ ГОД
ОТВЕТЫ

10 КЛАСС	
№ задания	Максимальный балл
7.	8
8.	8
9.	8
10.	8
11.	8
12.	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.

15. Весенний треугольник

Звезды, которые образуют этот астеризм – Арктур (α Волопаса), Спика (α Девы), Денебола (β Льва) или Регул (α Льва). Лучше всего (высоко в небе вблизи верхней кульминации) эти созвездия видны на наших широтах весной – в марте и апреле (ночью), а также в феврале (под утро) и в мае (вечером). Если к этому астеризму добавить звезду Сердце Карла (α Гончих Псов), дополняющую треугольник до ромба, который называется Бриллиант Девы.

Примечание: для определения наилучшей видимости можно воспользоваться картой звездного неба (Приложение 2 к листу заданий). Эти созвездия будут находиться вблизи верхней кульминации в месяцы, когда Солнце будет на эклиптике в противоположной по прямому восхождению точке небесной сферы (+12 часов).

Ответ: Арктур (α Волопаса), Спика (α Девы), Денебола (β Льва) или Регул (α Льва). Март, апрель.

Критерии оценивания

По 1 баллу за каждое верное название звезды, еще по 1 баллу за верное указание созвездий, в которых находятся эти звезды. Последние 2 балла выставляются за указание любых 2 месяцев из приведенного в решении перечня.

16. Альдебаран и Процион

Это задание на понимание устройства экваториальной системы координат, на которой построено большинство звездных карт, атласов и каталогов. Разность прямых восхождений звезд, упоминаемых в задании, составляет: $07^{\text{ч}} 39^{\text{м}} 17,3^{\text{с}} - 05^{\text{ч}} 35^{\text{м}} 55,3^{\text{с}} = 02^{\text{ч}} 03^{\text{м}} 22^{\text{с}}$. Из определения прямого восхождения следует, что звезды восходят, кульминируют и заходят в порядке роста их прямых восхождений (отсчет увеличивается с запада на восток). Поэтому кульминация Проциона наступит через $02^{\text{ч}} 03^{\text{м}} 22^{\text{с}}$ после кульминации Альдебарана. Или в $23^{\text{ч}} 35^{\text{м}} 10^{\text{с}} + 02^{\text{ч}} 03^{\text{м}} 22^{\text{с}} = 25^{\text{ч}} 38^{\text{м}} 32^{\text{с}}$ по часам наблюдателя. Поскольку 25 часов это уже 1 час после полуночи, то верхнюю кульминацию Проциона любитель сможет увидеть в $01^{\text{ч}} 38^{\text{м}} 32^{\text{с}}$. Вторая координата (склонение) определяет угловое расстояние светила от небесного экватора. Поскольку склонение Альдебарана больше на: $16^{\circ} 30' 30'' - 05^{\circ} 13' 12'' = 11^{\circ} 17' 18''$, то и кульминировать он будет на столько же выше Проциона. Другими словами, высота Проциона в кульминации составит: $50^{\circ} 00' 00'' - 11^{\circ} 17' 18'' = 38^{\circ} 42' 42''$.

Примечание: при решении этого задания важна точность вычислений, так как в его условии экваториальные координаты даны с точностью до долей секунды и угловых секунд.

Ответ: кульминацию звезды Прокцион можно будет увидеть в 01ч 38м 32с на высоте $38^{\circ} 42' 42''$.

Критерии оценивания

Верное вычисление разности прямых восхождений звезд – 1 балл.

Понимание сущности прямого восхождения и верное вычисление времени верхней кульминации Прокциона (с точностью до секунд) – 3 балла. Если участник в качестве ответа указывает 25ч 38м 32с, то оценка снижается на один балл. Если участник округляет время до минут, максимальная оценка за этот этап решения составляет – 2 балла.

Верное вычисление разности склонений звезд – 1 балл.

Понимание сущности склонения и верное вычисление высоты кульминации Прокциона (с точностью до угловых секунд) – 3 балла. Если участник округляет высоту до угловых минут, то максимальная оценка за этот этап решения составляет – 2 балла, до градусов – 1 балл.

17. Алголь в прошлом

Из условия задачи видно, что в далеком прошлом расстояние до Алголя было меньше в 10 раз. Поскольку блеск звезды изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния, то звезда была в 100 раз ярче, чем сейчас. Известно, что отношению освещенностей в 100 раз соответствует разнице в 5 звездных величин. Тогда имеем: $2,12 - 5 \approx -2,9^m$. Отметим, что сегодня таких ярких звезд на небе мы не видим.

Примечание: участники олимпиады для решения задачи могут воспользоваться формулой Погсона

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}, \quad \text{тогда} \quad \frac{r_2^2}{r_1^2} = 2,512^{(m_2 - m_1)} \quad \text{или} \quad m_2 - m_1 = 2,5 \lg \frac{r_2^2}{r_1^2}. \quad \text{Отсюда} \quad m_1 = m_2 - 2,5 \lg(10^2) = m_2 - 5.$$
$$m_1 = 2,12 - 2,5 \cdot 2 \approx -2,9^m.$$

Ответ: $-2,9^m$.

Критерии оценивания

Указание на то, что видимый блеск объектов обратно пропорционален квадрату расстояния (численно или в виде формулы) – 3 балла.

Знание соотношения звездных величин с освещенностями (или в целых числах или в виде формулы Погсона) – 3 балла.

Окончательное верное вычисление звездной величины Алголя в прошлом – 2 балла.

18. Два затмения Луны

Полная фаза первого январского лунного затмения продлится 1ч 17м (14ч 08м – 12ч 51м) с максимальной фазой в 13ч 30м по всемирному времени (середина этого интервала времени). Так как разница всемирного времени с красноярским составляет +7 часов, в Красноярске в это время будет 20ч 30м. То есть максимум затмения наступит за 4,5 часа до истинной полночи (около 1 часа ночи по красноярскому времени). Как можно понять, в январе – это темное время суток, а поскольку лунные затмения можно наблюдать со всего ночного полушария Земли, то в Красноярске это затмение будет видно. Так как лунные затмения происходят в полнолуние, а полная Луна кульминирует (находится на юге) в истинную полночь, то затмение можно будет наблюдать в юго-восточной части неба.

Аналогично со вторым июльским затмением: оно продлится 1ч 44м с максимумом вблизи 20ч 22м по всемирному времени. В Красноярске в этот момент будет уже 20ч 22м +7ч = 03ч 22м (28 июля). То есть – через 2ч 22м после истинной полночи. Это тоже ночное время, так что и это затмение также будет видно из Красноярска. Только на этот раз Луна будет видна уже в юго-западной части неба (после истинной полночи).

Сравнивая продолжительности затмений, можно заметить, что июльское затмение будет более долгим (так как Луна пройдет ближе к центру земной тени, чем в январе). Однако высота Луны над горизонтом во время июльского затмения будет меньше, чем во время январского. Это объясняется следующим образом: высота Солнца максимальна летом, а минимальна – зимой, так как Солнце на эклиптике летом находится выше небесного экватора, а зимой – ниже. А противоположная точка эклиптики, в которой будет находиться полная Луна во время лунного затмения, кульминирующая в истинную полночь, наоборот, летом – ниже небесного экватора, а зимой – выше. По этой причине лучше будет видно январское затмение, так как наблюдению «высокой» Луны не будут мешать предметы видимого горизонта (дома, деревья и т.п.).

Еще один фактор в пользу январского затмения – это темная зимняя ночь, в отличие от короткой светлой летней ночи, когда не заканчиваются астрономические сумерки. Кроме того, окончание полной фазы июльского затмения (в 04ч 14м красноярского времени) будет проходить уже во время утренних гражданских сумерек.

Примечание: в момент максимума январского затмения высота Луны над горизонтом Красноярска составит более 26 градусов, в то время как в июле – немногим более 7 градусов. Желаем удачных наблюдений!

Ответ: в Красноярске будут видны оба затмения, так как они будут происходить, когда в городе будет темное время суток. Но лучше будет видно январское затмение, потому что Луна в это время будет выше над горизонтом, а полная фаза затмения придется на полностью темное время суток.

Критерии оценивания

Знание разницы между всемирным временем и красноярским – 2 балла.

Вывод о возможности наблюдать оба затмения в Красноярске с пояснениями – 2 балла.

Вывод о большей продолжительности июльского затмения – 1 балл.

Вывод с пояснениями о лучших условиях наблюдения затмения в январе в связи:

- с большей высотой Луны над горизонтом – 2 балла.

- с ночными условиями наблюдения во время полной фазы затмения – 1 балл.

19. Определение широты по Полярной звезде

Поскольку Полярная удалена от полюса мира на $90^{\circ} 00' 00'' - 89^{\circ} 15' 51'' = 44' 09''$ ($44',15$), то каждые сутки она бывает видна на столько же выше или ниже северного полюса мира (точки, в которую направлена ось вращения Земли в северном полушарии). Если вспомнить, что длина дуги 1° меридиана составляет примерно 111 км (это значение можно вычислить, зная радиус Земли и приравняв длину земной окружности к 360°), получим, что при измерениях высоты Полярной в моменты ее максимального удаления по высоте от северного полюса мира, ошибка в определении широты может составить: $111 \text{ км} \cdot 44',15 / 60' = 81,7 \text{ км}$. А так как Полярная звезда в течение суток максимально удаляется как в сторону увеличения высоты, так и в сторону уменьшения высоты, то ошибка может составить примерно $\pm 82 \text{ км}$ или 164 км ! Это достаточно много, поэтому при реальных измерениях используются специальные таблицы, в которых дается поправка на каждый час каждого дня года с учетом времени наблюдения и прямого восхождения звезды.

Ответ: ошибка в местоположении на поверхности Земли может составить $\pm 82 \text{ км}$ (или 164 км).

Критерии оценивания

Верное определение диапазона изменения высоты Полярной звезды – 2 балла.

Знание или вычисление длины дуги 1° меридиана – 2 балла.

Верное определение ошибки в километрах – 4 балла (если не указан знак « \pm » или весь диапазон ошибки, то за этот этап решения выставляется только 2 балла).

20. Солнце и Сириус

Главное – понимать, что речь идет о разных параллаксах. Для Солнца – это так называемый горизонтальный экваториальный параллакс, когда за базис принимается экваториальный радиус Земли (6378 км). А для звезд – годичный параллакс (угол, под которым со звезды виден радиус земной орбиты, равный $1 \text{ а.е.} = 149,6 \text{ млн. км}$). Дальнейшие расчеты можно проводить разными способами. Например, найти отношение параллаксов и масштабов: $8'',79/0'',38 \approx 23$; $149,6 \cdot 10^6 / 6378 \approx 23456$. Тогда можно считать, что Сириус в $23 \cdot 23456 \approx 540$ тысяч раз дальше, чем Солнце. Можно вычислить и другим способом, зная, что $1 \text{ парсек} = 206265 \text{ а.е.}$ Расстояние до Сириуса $1/0,38 \approx 2,63 \text{ парсек}$. Тогда, как и ранее, получаем: $206265 \cdot 2,63 \approx 540 \cdot 10^3$ раз.

Ответ: примерно в 540 тысяч раз.

Критерии оценивания

Указание, что параллакс Солнца – это горизонтальный экваториальный параллакс и понимание его сущности – 3 балла.

Указание, что параллакс Сириуса – это годичный параллакс и понимание его сущности – 3 балла.

Окончательное верное вычисление отношения расстояний (независимо от способа) – 2 балла.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2017-2018 УЧЕБНЫЙ ГОД
ОТВЕТЫ

11 КЛАСС	
№ задания	Максимальный балл
13.	8
14.	8
15.	8
16.	8
17.	8
18.	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.

21. Бриллиант Девы

Звезды, которые образуют этот астеризм – Арктур (α Волопаса), Спика (α Девы), Денебола (β Льва) и Сердце Карла (α Гончих Псов). Название этого астеризма не является общеизвестным, но в условии задачи есть подсказки, что это почти правильный ромб, состоящий из ярких звезд, как-то связанных с созвездием Девы, поэтому, воспользовавшись картой звездного неба (Приложение 2 к листу заданий), даже не зная этого астеризма, участники олимпиады могут попытаться угадать, из каких звезд он может состоять.

Лучше всего (высоко в небе вблизи верхней кульминации) эти созвездия (в том числе созвездие Девы) видны на наших широтах весной – в марте и апреле (ночью), а также в феврале (под утро) и в мае (вечером).

Примечание: для определения наилучшей видимости можно воспользоваться картой звездного неба (Приложение 2 к листу заданий). Эти созвездия будут находиться вблизи верхней кульминации в месяцы, когда Солнце будет на эклиптике в противоположной по прямому восхождению точке небесной сферы (+12 часов).

Ответ: Арктур (α Волопаса), Спика (α Девы), Денебола (β Льва), Сердце Карла (α Гончих Псов). Март, апрель.

Критерии оценивания

По 1 баллу за каждое верное название звезды, еще по 1 баллу за верное указание созвездий, в которых находятся эти звезды. Ошибочно участники олимпиады могут указать вместо звезды Денебола (β Льва) звезду Регул (α Льва) или звезды α , γ , δ , ζ Девы, что не является верным ответом (они не образуют почти правильный ромб) и при выставлении оценки не засчитывается. Еще до 2 баллов выставляются за указание любых 2 месяцев из приведенного в решении перечня. Однако суммарная оценка за задачу не может превышать 8 баллов.

22. Альдебаран и Процион

Это задание на понимание устройства экваториальной системы координат, на которой построено большинство звездных карт, атласов и каталогов. Разность прямых восхождений звезд, упоминаемых в задании, составляет: $07^{\text{ч}} 39^{\text{м}} 17,3^{\text{с}} - 05^{\text{ч}} 35^{\text{м}} 55,3^{\text{с}} = 02^{\text{ч}} 03^{\text{м}} 22^{\text{с}}$. Из определения прямого восхождения

следует, что звезды восходят, кульминируют и заходят в порядке роста их прямых восхождений (отсчет увеличивается с запада на восток). Поэтому кульминация Проциона наступит через 02ч 03м 22с после кульминации Альдебарана. Или в 23ч 35м 10с + 02ч 03м 22с = 25ч 38м 32с по часам наблюдателя. Поскольку 25 часов это уже 1 час после полуночи, то верхнюю кульминацию Проциона любитель сможет увидеть в 01ч 38м 32с. Вторая координата (склонение) определяет угловое расстояние светила от небесного экватора. Поскольку склонение Альдебарана больше на: $16^{\circ} 30' 30'' - 05^{\circ} 13' 12'' = 11^{\circ} 17' 18''$, то и кульминировать он будет на столько же выше Проциона. Другими словами, высота Проциона в кульминации составит: $50^{\circ} 00' 00'' - 11^{\circ} 17' 18'' = 38^{\circ} 42' 42''$.

Примечание: при решении этого задания важна точность вычислений, так как в его условии экваториальные координаты даны с точностью до долей секунды и угловых секунд.

Ответ: кульминацию звезды Процион можно будет увидеть в 01ч 38м 32с на высоте $38^{\circ} 42' 42''$.

Критерии оценивания

Верное вычисление разности прямых восхождений звезд – 1 балл.

Понимание сущности прямого восхождения и верное вычисление времени верхней кульминации Проциона (с точностью до секунд) – 3 балла. Если участник в качестве ответа указывает 25ч 38м 32с, то оценка снижается на один балл. Если участник округляет время до минут, максимальная оценка за этот этап решения составляет – 2 балла.

Верное вычисление разности склонений звезд – 1 балл.

Понимание сущности склонения и верное вычисление высоты кульминации Проциона (с точностью до угловых секунд) – 3 балла. Если участник округляет высоту до угловых минут, то максимальная оценка за этот этап решения составляет – 2 балла, до градусов – 1 балл.

23. Стрелец А

Вначале определим большую полуось орбиты звезды S2, воспользовавшись соотношением:

$$r_{II} = a(1 - e). \text{ Отсюда: } a = \frac{r_{II}}{(1 - e)} = \frac{120}{(1 - 0,88)} = 1000 \text{ а.е.}$$

Затем применим третий обобщенный закон Кеплера, сравнив систему двух тел Стрелец А–звезда S2 с другой известной системой двух тел, например, Солнце–Земля: $\frac{T_1^2(M + m_1)}{a_1^3} = \frac{T_2^2(M_c + m_2)}{a_2^3}$, где M – масса объекта Стрелец А, m_1 – масса звезды S2, M_c – масса Солнца; m_2 – масса Земли; T_1 и a_1 – период обращения звезды S2 вокруг объекта Стрелец А и большая полуось ее орбиты; T_2 и a_2 – период обращения Земли вокруг Солнца ($T_2 = 1$ г) и большая полуось ее орбиты ($a_2 = 1$ а.е.).

Предположим, что масса объекта Стрелец А много больше массы звезды S2 ($M \gg m_1$). Учитывая, что масса Солнце много больше массы Земли ($M_c \gg m_2$), получим выражение: $M = \frac{a_1^3}{T_1^2} M_c$. Подставив численные значения, найдем массу объекта Стрелец А, выраженную в массах Солнца:

$$M = \frac{1000^3}{15,5^2} M_c \approx 4 \cdot 10^6 M_c. \text{ То есть объект Стрелец А в 4 млн. раз массивнее Солнца. По современным представлениям, компактным объектом с такой массой может быть только сверхмассивная черная дыра.}$$

Ответ: Масса компактного объекта Стрелец А составляет примерно 4 млн. масс Солнца. Этот объект – сверхмассивная черная дыра.

Критерии оценивания

Верное определение большой полуоси орбиты звезды – 2 балла.

Применение третьего обобщенного закона Кеплера и правильное вычисление массы объекта Стрелец А – 4 балла.

Вывод, что таким массивным и компактным объектом как Стрелец А, является сверхмассивная черная дыра – 2 балла.

24. Два затмения Луны

Полная фаза первого январского лунного затмения продлится 1ч 17м (14ч 08м – 12ч 51м) с максимальной фазой в 13ч 30м по всемирному времени (середина этого интервала времени). Так как разница всемирного времени с красноярским составляет +7 часов, в Красноярске в это время будет 20ч 30м. То есть максимум затмения наступит за 4,5 часа до истинной полночи (около 1 часа ночи по красноярскому времени). Как можно понять, в январе – это темное время суток, а поскольку лунные затмения

можно наблюдать со всего ночного полушария Земли, то в Красноярске это затмение будет видно. Так как лунные затмения происходят в полнолуние, а полная Луна кульминирует (находится на юге) в истинную полночь, то затмение можно будет наблюдать в юго-восточной части неба.

Аналогично со вторым июльским затмением: оно продлится 1ч 44м с максимумом вблизи 20ч 22м по всемирному времени. В Красноярске в этот момент будет уже 20ч 22м +7ч = 03ч 22м (28 июля). То есть – через 2ч 22м после истинной полночи. Это тоже ночное время, так что и это затмение также будет видно из Красноярска. Только на этот раз Луна будет видна уже в юго-западной части неба (после истинной полночи).

Сравнивая продолжительности затмений, можно заметить, что июльское затмение будет более долгим (так как Луна пройдет ближе к центру земной тени, чем в январе). Однако высота Луны над горизонтом во время июльского затмения будет меньше, чем во время январского. Это объясняется следующим образом: высота Солнца максимальна летом, а минимальна – зимой, так как Солнце на эклиптике летом находится выше небесного экватора, а зимой – ниже. А противоположная точка эклиптики, в которой будет находиться полная Луна во время лунного затмения, кульминирующая в истинную полночь, наоборот, летом – ниже небесного экватора, а зимой – выше. По этой причине лучше будет видно январское затмение, так как наблюдению «высокой» Луны не будут мешать предметы видимого горизонта (дома, деревья и т.п.).

Еще один фактор в пользу январского затмения – это темная зимняя ночь, в отличие от короткой светлой летней ночи, когда не заканчиваются астрономические сумерки. Кроме того, окончание полной фазы июльского затмения (в 04ч 14м красноярского времени) будет проходить уже во время утренних гражданских сумерек.

Примечание: в момент максимума январского затмения высота Луны над горизонтом Красноярска составит более 26 градусов, в то время как в июле – немногим более 7 градусов. Желаем удачных наблюдений!

Ответ: в Красноярске будут видны оба затмения, так как они будут происходить, когда в городе будет темное время суток. Но лучше будет видно январское затмение, потому что Луна в это время будет выше над горизонтом, а полная фаза затмения придется на полностью темное время суток.

Критерии оценивания

Знание разницы между всемирным временем и красноярским – 2 балла.

Вывод о возможности наблюдать оба затмения в Красноярске с пояснениями – 2 балла.

Вывод о большей продолжительности июльского затмения – 1 балл.

Вывод с пояснениями о лучших условиях наблюдения затмения в январе в связи:

- с большей высотой Луны над горизонтом – 2 балла.

- с ночными условиями наблюдения во время полной фазы затмения – 1 балл.

25. Персеиды из южного полушария

Поскольку метеоры в потоке летят примерно по параллельным траекториям, то радиант будет в зените для наблюдателя H_1 (см. Рис. 1), расположенного на географической широте, равной склонению радианта δ . Пренебрегая рефракцией, можно найти положение наблюдателя H_2 , у которого радиант будет виден на горизонте. Из рисунка видно, что $\delta + (-\varphi) = 90^\circ$, откуда $\varphi = \delta - 90^\circ = -32^\circ$.

Попытка учесть толщину атмосферы ($h = 100$ км) приведет нас еще южнее – к наблюдателю H_3 , для которого все метеорные тела потока с высотой ниже ста километров будут экранироваться Землей, а остальные – пролетать выше 100 км и не смогут породить метеоры.

Из рисунка видно, что эта поправка α может достигнуть еще 10° , так как $\cos(\alpha) = R/(R+h) \approx 6378/6478 \approx 0,9846$, то $\alpha \approx 10^\circ$.

Таким образом, метеоры из метеорного потока Персеид можно наблюдать примерно до широты $-(32^\circ+10^\circ) = -42^\circ$ или 42 градуса южной широты. Но даже если в северном полушарии будет наблюдаться

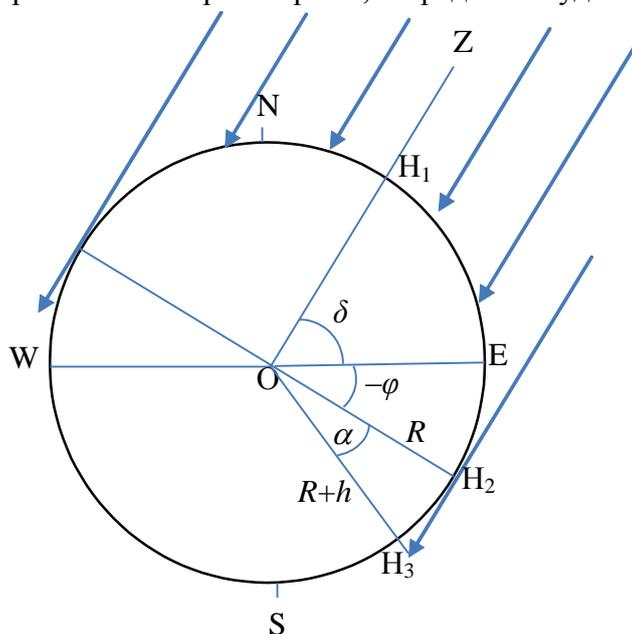


Рис. 1

«звездный дождь», то наблюдатели на южных широтах $-30\div 40^\circ$ имеют шансы увидеть только редкие одиночные метеоры.

Ответ: примерно до широты -42° (42° ю.ш.).

Критерии оценивания

Определение широты наблюдателя (-32°), у которого радиант будет виден на горизонте (т.е. без учета толщины атмосферы) – 3 балла.

Учет толщины атмосферы и получение широты наблюдателя, примерно, равной -42° – 3 балла.

Корректно выполненный рисунок – 2 балла.

26. Сверхновая в «Фейерверке»

Из соотношения $M = m + 5 - 5 \lg r$, связывающего абсолютную звездную величину M с видимой звездной величиной m и расстоянием до звезды r , выраженному в парсеках, получим: $\lg r = (m + 5 - M) / 5 = (12,8^m + 5 + 18^m) / 5$. Отсюда $r \approx 14,5$ Мпк = $14,5$ Мпк $\cdot 3,26$ св. г. ≈ 47 млн. св. л.

Но так как галактика NGC 6946 находится на границе созвездий Лебедя и Цефея, расположенных близко к Млечному Пути, т.е. к галактической плоскости, то свет, приходящий от ее звезд испытывает сильное поглощение межзвездной пылью. Поэтому полученное расстояние до галактики NGC 6946 сильно завышено.

Примечание: в действительности расстояние до галактики NGC 6946 составляет примерно 5,5 Мпк (≈ 18 млн. св. л.).

Ответ: примерно 14,5 Мпк (≈ 47 млн. св. л.).

Критерии оценивания

Вывод или использование готового соотношения, связывающего абсолютную звездную величину звезды с видимой звездной величиной и расстоянием до нее – 4 балла.

Правильное определение расстояния до галактики в мегапарсеках или световых годах – 2 балла.

Указание на сильное влияние межзвездного поглощения на точность определения расстояния – 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,
заслуженный педагог Красноярского края

С.Е. Гурьянов

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