

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
2023-2024 учебный год  
9 класс  
Максимальный балл – 50 баллов**

**Уважаемый участник олимпиады!**

Вам предстоит выполнить шесть теоретических (письменных) заданий. Задания можно выполнять в любой последовательности. Каждое задание напечатано на отдельной странице и после условия есть место для записи ответов на поставленные вопросы. Пишите аккуратно. Постарайтесь уместить все решение задачи в отведенное для этого место. Все необходимые для решения справочные данные есть в условии задачи или в справочных материалах.

Время выполнения заданий тура 2,5 астрономических часа (150 минут).

Выполнение теоретических (письменных) заданий целесообразно организовать следующим образом:

- не спеша, внимательно прочитайте задание и определите, наиболее верный и полный ход решения и ответ;
- отвечая на теоретический вопрос, обдумайте и сформулируйте конкретный ответ только на поставленный вопрос;
- если Вы отвечаете на задание, связанное с заполнением таблицы или схемы, не старайтесь чрезмерно детализировать информацию, вписывайте только те сведения или данные, которые указаны в вопросе;
- после выполнения всех предложенных заданий еще раз удостоверьтесь в правильности выбранных Вами ответов и решений.

Не спешите сдавать решения досрочно, еще раз проверьте все решения и ответы.

Задания теоретического тура считаются выполненными, если Вы вовремя сдадите их организаторам олимпиады.

**Таблица выставленных баллов (заполняется при проверке жюри)**

	<b>Задача №1</b>	<b>Задача №2</b>	<b>Задача №3</b>	<b>Задача №4</b>	<b>Задача №5</b>	<b>Задача №6</b>	<b>Сумма</b>
<b>Подпись проверяющего</b>							

Галилей нашел убедительные доказательства правоты Коперника, пронаблюдав полную последовательность фаз Венеры. Оцените, какое минимальное время должны были у него занять эти наблюдения.

[illegible]



**Задача №3. «Как далеко...».** (Максимальный балл – 8 баллов)

Оцените, на каком расстоянии от поверхности Марса обращается его спутник Фобос, если при наблюдении планеты с Земли в противостоянии спутник удален от центра наблюдаемого диска на  $24,7''$ ? Считаем, что планеты движутся по круговым орбитам.

Таблица оценивания задания (для жюри)							

**Задача №4. «Размеры экзопланет».** (Максимальный балл – 8 баллов)

Ученые ищут планеты для колонизации в будущем. Для этих целей они отбирают лишь те, на которых ускорение свободного падения во всех точках поверхности не превышает ускорение силы тяжести на поверхности Земли, а сутки равны земным. Найдите максимальный возможный радиус такой планеты. Планету считаем однородным шаром.

Таблица оценивания задания (для жюри)								

Координаты города Макапа (Бразилия)  $01^{\circ}59''$  с.ш.  $51^{\circ}03'$  з.д. и координаты города Кито (Эквадор)  $13^{\circ}00''$  ю.ш.  $78^{\circ}30'00''$  з.д. Определите в каком городе и на сколько раньше наступают астрономические сумерки.

Таблица оценивания задания (для жюри)								

**Задача №6 «Звездные карты».** (Максимальный балл – 10 баллов)

Укажите на рисунке примерные границы известных Вам созвездий. Укажите их названия. Отметьте на рисунке и назовите известные Вам звезды, астеризмы и объекты дальнего космоса. На рисунке можно указать только номер объекта, а на листе в клеточку указать название объекта и его номер.

Таблица оценивания задания (для жюри)								

Рисунок к заданию №6 (сдается вместе с работой)



## Справочная информация, разрешенная к использованию на Е

### 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  $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$   
 Постоянная Больцмана  $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$   
 Универсальная газовая постоянная  $\mathcal{R} = 8.31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$   
 Постоянная Стефана-Больцмана  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$   
 Постоянная Планка  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$   
 Масса протона  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 Масса электрона  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$   
 Элементарный заряд  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$   
 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  $697\,000 \text{ км}$   
 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  $5800 \text{ К}$   
 Средний горизонтальный параллакс  $8.794''$   
 Интегральный поток энергии на расстоянии Земли  $1360 \text{ Вт/м}^2$   
 Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли  $600 \text{ Вт/м}^2$

### Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты  $0.0167$   
 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  $384400 \text{ км}$   
 Минимальное расстояние от Земли  $356410 \text{ км}$   
 Максимальное расстояние от Земли  $406700 \text{ км}$   
 Средний 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  $1738 \text{ км}$   
 Период прецессии узлов орбиты  $18.6 \text{ лет}$   
 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  $-12.7^{\text{m}}$   
 Видимая звездная величина в первой/последней четверти  $-10.5^{\text{m}}$

### Физические характеристики солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плотность г·см <sup>-3</sup>	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Гео- метр. аль- беда	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли			градусы		
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	697000	109.3	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	26.73	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

\* для наибольшей элонгации внутренних планет и среднего противостояния внешних планет

\*\* обратное вращение

Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн. км	а.е.		градусы		сут.
Меркурий	57.9	0.3871	0.2056	7.004	87.97 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

Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альbedo	Видимая звездная величина*
	кг	км	г/см <sup>3</sup>	км	сут.		m
Земля							
Луна	7.348·10 <sup>22</sup>	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	−12.7
Марс							
Фобос	1.08·10 <sup>16</sup>	~10	2.0	9380	0.31910	0.06	11.3
Деймос	1.8·10 <sup>15</sup>	~6	1.7	23460	1.26244	0.07	12.4
Юпитер							
Ио	8.94·10 <sup>22</sup>	1815	3.55	421800	1.769138	0.61	5.0
Европа	4.8·10 <sup>22</sup>	1569	3.01	671100	3.551181	0.64	5.3
Ганимед	1.48·10 <sup>23</sup>	2631	1.94	1070400	7.154553	0.42	4.6
Каллисто	1.08·10 <sup>23</sup>	2400	1.86	1882800	16.68902	0.20	5.7
Сатурн							
Тефия	7.55·10 <sup>20</sup>	530	1.21	294660	1.887802	0.9	10.2
Диона	1.05·10 <sup>21</sup>	560	1.43	377400	2.736915	0.7	10.4
Рея	2.49·10 <sup>21</sup>	765	1.33	527040	4.517500	0.7	9.7
Титан	1.35·10 <sup>23</sup>	2575	1.88	1221850	15.94542	0.21	8.2
Япет	1.88·10 <sup>21</sup>	730	1.21	3560800	79.33018	0.2	~11.0
Уран							
Миранда	6.33·10 <sup>19</sup>	235.8	1.15	129900	1.413479	0.27	16.3
Ариэль	1.7·10 <sup>21</sup>	578.9	1.56	190900	2.520379	0.34	14.2
Умбриэль	1.27·10 <sup>21</sup>	584.7	1.52	266000	4.144177	0.18	14.8
Титания	3.49·10 <sup>21</sup>	788.9	1.70	436300	8.705872	0.27	13.7
Оберон	3.03·10 <sup>21</sup>	761.4	1.64	583500	13.46324	0.24	13.9
Нептун							
Тритон	2.14·10 <sup>22</sup>	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).