

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап, теоретический тур
2024/2025 учебный год
8 класс

Уважаемый участник олимпиады!

Вам предстоит выполнить теоретические (письменные) и тестовые задания.

Время выполнения всех заданий тура – **2.5** астрономических часа.

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.

Выполнение тестовых заданий целесообразно организовать следующим образом:

- не спеша, внимательно прочитайте задание;
- определите, какой из предложенных вариантов ответа (в случае использования заданий с выбором ответа) наиболее верный и полный;
- напишите букву (цифру), соответствующую выбранному Вами ответу;
- продолжайте, таким образом, работу до завершения выполнения тестовых заданий;
- после выполнения всех предложенных заданий еще раз удостоверьтесь в правильности Ваших ответов.

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

Задание теоретического тура считается выполненным, если Вы вовремя сдаете его представителям оргкомитета. Максимальная оценка – **100** баллов.

№ 1. «Астрономическая солянка»

I. Какое из перечисленных созвездий является самым маленьким на небосводе?

Варианты ответов:

1. Малый Конь	2. Стрела	3. Щит
4. Треугольник	5. Южный Крест	6. Сетка

II. Какая из перечисленных звезд является самой яркой в северной полусфере небосвода?

Варианты ответов:

1. Сириус	2. Канопус	3. Ригил/Толиман
4. Арктур	5. Вега	6. Капелла

III. Какая планета Солнечной системы из перечисленных имеет наименьшую массу?

Варианты ответов:

1. Юпитер	2. Сатурн	3. Уран
4. Меркурий	5. Марс	6. Венера

IV. Какой из перечисленных спутников классических планет Солнечной системы имеет наименьшие размеры?

Варианты ответов:

1. Луна	2. Европа	3. Ганимед
4. Каллисто	5. Ио	6. Титан

V. Галактики какого типа являются самыми массивными во Вселенной?

Варианты ответов:

1. Эллиптические	2. Линзовидные	3. Спиральные	4. Неправильные
------------------	----------------	---------------	-----------------

№ 2. «Истина и заблуждения в астрономии»

I. Выберите все верные утверждения:

1. Лучшие условия для наблюдения Арктура достигаются весной
2. Луна может быть повернута к Земле любой стороной
3. Меркурий является самой маленькой среди больших планет Солнечной системы
4. Главный пояс астероидов расположен между орбитами Марса и Юпитера
5. Продолжительность земного года составляет более 13 синодических месяцев Луны
6. Большинство звезд, видимых как невооруженным глазом, так и в бинокли и небольшие телескопы, принадлежат не Млечному пути, а другим галактикам
7. Большинство астероидов состоят в основном из космических льдов, которые при приближении к Солнцу активно тают и формируют их кому и хвост
8. Нептун – планета Солнечной системы, в атмосфере которой дуют самые быстрые ветры.

II. Установите соответствие между атмосферным образованием (см. табл. 1) и небесным телом (см. табл. 2), в атмосфере которого оно наблюдалось/наблюдается. Ответ представьте парами: (буква, цифра).

А) Протуберанцы	Б) Большое красное пятно	В) Дожди из серной кислоты
Г) Большое темное пятно	Д) Серебристые облака	Е) Гигантский шестиугольник

Таблица 1. Некоторые атмосферные образования небесных тел.

1) Земля	2) Нептун	3) Юпитер
4) Венера	5) Солнце	6) Сатурн

Таблица 2. Большие планеты Солнечной системы.

№ 3. «Экваториальный параллакс и суточный парсек»

1. **Годичный параллакс** определяется как изменение направления на объект (например, звезду), связанное с движением Земли вокруг Солнца. Величина параллакса равна углу, под которым со звезды виден радиус земной орбиты, перпендикулярный лучу зрения. Расстояние от звезды до Солнца, для которой годичный параллакс равен $1''$, принято называть (годичным) **парсеком**.

Определите расстояние, с которого средний экваториальный радиус Земли (6378 км) будет виден под углом $1''$ (оставаясь при этом, как и в предыдущем случае, перпендикулярно лучу зрения). Последний логично назвать *суточным экваториальным парсеком*. Ответ представьте в а. е., округлив до сотых.

2. Как известно, горизонтальный экваториальный параллакс Солнца составляет $8.79''$. Определите: для каких небесных тел (см. табл. 3) максимальное значение этого параллакса будет больше $1''$, а для каких меньше? В качестве ответа укажите название или букву небесного тела в соответствующей колонке табл. 4.

А) Меркурий	Б) Венера	В) Марс
Г) Нептун	Д) Большая Туманность Ориона	Е) Большое звездное скопление Геркулеса (М13)

Таблица 3. Некоторые атмосферные образования небесных тел.

Небесные тела, максимальное значение суточного параллакса которых может быть $\geq 1''$	
	всегда $< 1''$

Таблица 4. К распределению небесных тел в зависимости от максимального значения их суточного параллакса.

3. Вычислите расстояния, между небесными телами, представленные в табл. 5 в суточных экваториальных парсеках. Полученные значения представьте в 4-й колонке табл. 5.

№	Расстояние между	r	R , сут. парсек
1	Солнцем и Землей	1 а. е.	
2	Землей и Марсом, в момент великого противостояния последнего в 2003 году	55.79 млн км	
3	Солнцем и Проксима Центавра (ближайшей к Солнцу звездой)	4.242 св. года	
4	Солнцем и центром Галактики	7.8 кпк	

Таблица 5. Известные расстояния между некоторыми телами и частями Галактики.

№ 4. «Благоприятные условия наблюдений Меркурия в сентябре 2024 года»

В начале сентября 2024 года были благоприятными условия наблюдений Меркурия. При этом 5 сентября Меркурий достиг своей наибольшей западной элонгации, одновременно пребывая в *перигелии* – ближайшей точке своей орбиты по отношению к Солнцу. В момент наибольшей элонгации экваториальные координаты Меркурия были: $\alpha_{\text{М}} = 9^{\text{h}}48^{\text{m}}58^{\text{s}}$, $\delta_{\text{М}} = 13^{\circ}14'$. В тот же момент экваториальные координаты Солнца были: $\alpha_{\odot} = 10^{\text{h}}57^{\text{m}}28^{\text{s}}$, $\delta_{\odot} = 6^{\circ}40'$. Определите:

1. В какое время суток условия наблюдений Меркурия были благоприятными?

Время суток			
Утро	День	Вечер	Ночь

2. В какой преимущественно стороне горизонта располагался Меркурий в период, когда его условия наблюдений были оптимальными?

Стороны горизонта			
Юг	Запад	Север	Восток

Вычислите:

3. Угловое расстояние $\psi_{\text{з}}$ (в градусах, до десятых долей) между Солнцем и Меркурием в момент его наибольшей элонгации.
4. Линейное расстояние (в а. е., до сотых долей) между Меркурием и Солнцем в тот же момент. Орбиту Земли считайте круговой.
5. Линейное расстояние (в а. е., до сотых долей) между Меркурием и Землей в тот же момент.
6. Определите продолжительность (в минутах, до целых) оптимальных условий видимости Меркурия в эти сутки в г. Самаре (широта: $\varphi_S = 53^\circ 12'$, долгота: $\varphi_S = 50^\circ 06'$).

Основные справочные данные

§1. Основные физические и астрономические постоянные

- Гравитационная постоянная – $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
- Скорость света в вакууме – $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
- Универсальная газовая постоянная – $R = 8.31 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
- 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 α – частицы – $m_\alpha = 6.645 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$
- 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 – $1 \text{ пк} = 3.261 \text{ св. лет} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
- Постоянная Хаббла – $H = 72 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$

§2. Данные о Солнце

- Радиус – $6.955 \cdot 10^5 \text{ км}$
- Масса – $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
- Светимость – $3.827 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
- Спектральный класс – G2
- Видимая звездная величина – -26.74^m
- Абсолютная болометрическая звездная величина – $+4.83^m$
- Показатель цвета (B-V) – $+0.67^m$
- Эффективная температура – 5778 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

§3. Данные о Земле

- Эксцентриситет орбиты – 0.017
- Тропический год – 365.24219 сут
- Средняя орбитальная скорость – 29.8 км/с
- Период вращения – 23 часа 56 минут 04 секунды
- Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000.0 – $23^\circ 26' 21.45''$
- Экваториальный радиус – 6378.14 км
- Полярный радиус – 6356.77 км
- Средний (по объему) радиус – 6371.01 км
- Масса – $5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
- Средняя плотность – $5.52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$
- Объемный состав атмосферы – N_2 (78%), O_2 (21%), Ar ($\sim 1\%$)

§4. 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 сут
- Синодический период обращения – 29.530589 сут
- Радиус – 1738 км
- Масса – $7.348 \cdot 10^{22}$ 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^m

§5. Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометрич. альbedo	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	695500	108.97	1.41	25.380 сут	7.25	–	-26.8^m
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^m
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^m
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	-2.7^m
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	25.33	0.47	0.4^m
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час [†]	97.86	0.51	5.7^m
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	17.135	24746	3.8799	1.64	16.11 час	28.31	0.41	7.8^m

* для наибольшей элонгации Меркурия и Венеры и среднего противостояния внешних планет;

† – обратное вращение.

§6. 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	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

§7. Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альбедо	Вид. звездная величина*
	кг	км	г·см ⁻³	км	сут		
Земля							
Луна	$7.348 \cdot 10^{22}$	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	-12.7
Марс							
Фобос	$1.08 \cdot 10^{16}$	~ 10	2.0	9380	0.31910	0.06	11.3
Деймос	$1.8 \cdot 10^{15}$	~ 6	1.7	23460	1.26244	0.07	12.4
Юпитер							
Ио	$8.94 \cdot 10^{22}$	1815	3.55	421800	1.769138	0.61	5.0
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	0.20	~ 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 вращение.

§8. Формулы приближенного вычисления

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

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

$$\cos(x \pm \alpha) \approx \cos \alpha \mp x \sin \alpha;$$

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

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

здесь $x \ll 1$, все углы выражаются в радианах.