

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап, теоретический тур
2022/2023 учебный год
9 класс

Уважаемый участник олимпиады!

Вам предстоит выполнить теоретические (письменные) и тестовые задания.

Время выполнения всех заданий тура – **4** 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.

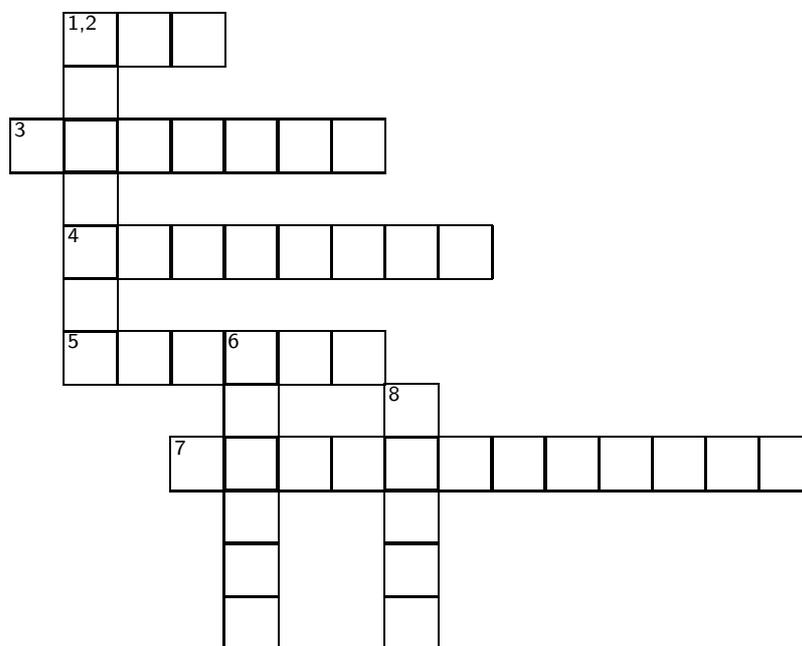
Не спешите сдавать решения досрочно, еще раз проверьте все решения и ответы.

Задание теоретического тура считается выполненным, если Вы вовремя сдаете его представителям оргкомитета. Максимальная оценка – **48** балла(ов).

№ 1. «Кроссворд-ревью для 9-го класса»

Ответьте на следующие вопросы, заполнив ниже представленный кроссворд:

1. Как называется промежуток времени (по горизонтали), между двумя последовательными прохождениями Солнцем точки весны?
2. Как называется крупнейший (по вертикали) среди спутников классических планет Солнечной системы?
3. Как называется ярчайшая звезда созвездия Скорпион?
4. Как называется дуга большого круга земного шара, проходящая через северный и южный географические полюса?
5. Как называется созвездие, в котором расположен северный полюс эклиптики?
6. Как называется углубление в грунте Луны, порожденное падением на ее поверхность астероида, кометы или метеороида?
7. Как называется метод определения расстояния до тел Солнечной системы с использованием электромагнитных волн с длиной $1 \div 20$ метров?
8. Как называется круг склонения, проходящий через точки весны и осени? *Максимальный балл – 8.*



№ 2. «Солнце и северный полюс мира»

1. В какой день года Солнце подходит к северному полюсу мира на минимальное угловое расстояние?

Варианты ответов:

1. День летнего солнцестояния	2. День зимнего солнцестояния	3. День весеннего равноденствия
4. День осеннего равноденствия	5. День прохождения Земли точки ее орбиты, наиболее близкой к Солнцу	6. День прохождения Земли точки ее орбиты, наиболее далекой от Солнца

2. Что Вы можете сказать о продолжительности этого дня в столице нашей области, г. Самаре (широта: $+53^{\circ}12'$, долгота: $50^{\circ}06'$)?

Варианты ответов:

1. Она достигает максимального значения среди прочих дней года	2. Она достигает минимального значения среди прочих дней года	3. Она приблизительно равна 12 часов
4. Ее невозможно точно определить из-за облачной погоды	–	–

3. Над точками какого круга земного шара Солнце находится в зените в полдень в этот день?

Варианты ответов:

1. Геоэкватор	2. Нулевой меридиан	3. Тропик Козерога
4. Тропик Рака	5. Северный полярный круг	6. Южный полярный круг

4. Чему равна высота Солнца (с точностью до угловой минуты) в полдень в г. Самаре в этот день?

Варианты ответов:

1. $+36^{\circ}48'$	2. $0^{\circ}00'$	3. $+60^{\circ}14'$
4. $+13^{\circ}22'$		

№ 3. «Суточное движение околополярной звезды»

С территории г. Тольятти ($53^{\circ}31'$ с.ш., $49^{\circ}25'$ в.д.) в неподвижную безлинзовую цилиндрическую трубу, которая помогает уменьшить воздействие городской засветки, наблюдается суточное движение звезды, расположенной вблизи одного из полюсов небосвода (см. рис. 1). Труба расположена таким образом, что данный полюс (точка А) находится точно на границе поля зрения трубы (участка небосвода, доступного для наблюдения в эту трубу), а суточная параллель BOC звезды проходит точно через его центр.

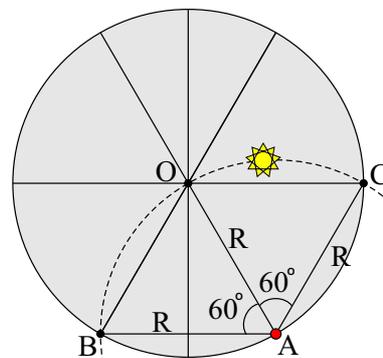


Рис. 1. К определению поля зрения трубы и суточной параллели звезды.

1. Какой именно полюс находится в точке А?

Варианты ответов:

1. Северный географический полюс	2. Южный географический полюс	3. Северный полюс мира
4. Южный полюс мира	5. Северный полюс эклиптики	6. Южный полюс эклиптики

2. В каком именно направлении движется звезда вдоль суточной параллели BOC ?

Варианты ответов:

1. По часовой стрелке ($B \rightarrow O \rightarrow C$)	2. Против часовой стрелки ($C \rightarrow O \rightarrow B$)	3. Невозможно определить точно
4. Совершает колебательное движение: сначала движется в одном направлении затем – в обратном		

3. Чему равно склонение звезды, если угловой радиус поля зрения трубы составляет $R = 1.5^{\circ}$? Ответ представьте в градусах, округлив до десятых.

4. Чему равно время пребывания звезды в поле зрения трубы? Ответ представьте в часах, округлив до десятых.

№ 4. «Зеркальный маяк на Луне»

Вычислите минимальный линейный диаметр плоского круглого зеркала, которое нужно установить на Луне (ориентированного своей поверхностью на Солнце), чтобы его блеск в момент полнолуния, фиксируемый с поверхности Земли (в подлунной точке), был равен звездной вели-



Рис. 2. К задаче №3.

чине звезд, видимых на пределе невооруженным глазом. Видимую звездную величину Солнца считать равной -27^m , коэффициент отражения зеркала равен 90%. *Максимальный балл – 8.*

№ 5. «Первое серебро над Самарской областью в 2022 году»

В ночь с 9 на 10 июня этого года в Самарской области впервые наблюдались серебристые облака 2022 года. Небольшой массив облаков располагался точно под Полярной звездой. Его верхняя видимая граница располагалась на высоте 5 градусов (выше математического горизонта), а нижняя граница касалась видимого горизонта. Оцените: а) расстояния (по прямой линии), на которых находились ближняя и дальняя точки этого массива от наблюдателя, расположенного в г. Самаре ($\varphi_S = 53^\circ 12'$, $\lambda_S = 50^\circ 06'$); б) значения широты (пограничных) точек поверхности Земли, для которых эти облака находились в зените; в) линейную протяженность массива облаков вдоль направления "север-юг"; г) расстояния (по поверхности Земли) от самарского наблюдателя до пограничных точек (отсчитываемые вдоль меридиана наблюдателя). Согласно данным метеослужбы, линейная высота (от уровня моря) местоположения массива облаков составляла на тот момент 82 км. Высотой местоположения наблюдателя над уровнем моря следует пренебречь. *Максимальный балл – 8.*

№ 6. «Образ Луны в стиле "фэнтези"»

На рис. 2 представлен образ Луны с кольцами в стиле "фэнтези". Определите:

а) могут ли быть в действительности кольца у Луны на таких расстояниях? Свой ответ обоснуйте строго математически. Следует помнить, что спутник (а значит и частицы колец) Луны и его орбита могут лишь полностью располагаться внутри ее сферы Хилла, радиус которой относительно центра Луны в системе "Земля-Луна", представляется формулой:

$$R_H = a_\zeta \sqrt[3]{\frac{M_\zeta}{3(M_\oplus + M_\zeta)}}, \quad (1)$$

где M_\oplus , M_ζ – массы Земли и Луны соответственно, a_ζ – радиус круговой орбиты Луны.

б) В каких пределах были бы заключены значения радиусов орбит частиц таких колец у Луны и сидерических периодов их обращения (без учета гравитационного влияния Земли)?

в) В каких пределах были бы заключены значения орбитальной скорости частиц таких колец у Луны и их центростремительного ускорения?

д) Какова максимальная полная продолжительность солнечного затмения такой Луной? Орбиту Луны считать круговой. *Максимальный балл – 8.*

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 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 – N₂ (78%), O₂ (21%), Ar (~ 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 г·см ⁻³	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.