

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап, теоретический тур
2022/2023 учебный год
10 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.

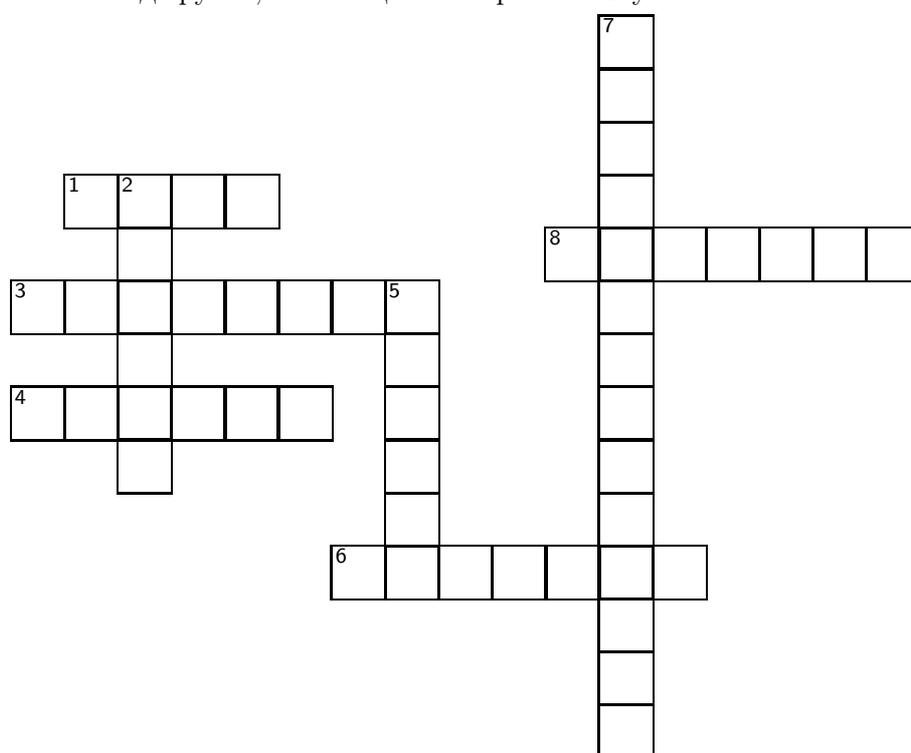
Не спешите сдавать решения досрочно, еще раз проверьте все решения и ответы.

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

№ 1. «Кроссворд-ревью для 10-го класса»

Ответьте на следующие вопросы, заполнив ниже представленный кроссворд:

1. Как называется третья по яркости звезда ночного небосвода Самарской области?
2. Какой из спутников Юпитера обладает большим подледным океаном жидкой воды?
3. В каком созвездии расположен апекс Солнечной системы?
4. Фамилией какого ученого назван эффект изменения частоты электромагнитного излучения, приходящего от движущегося источника, относительно частоты неподвижного источника?
5. У какой классической планеты Солнечной системы самая низкая средняя плотность?
6. Какая физическая величина не сохраняется у метеороида, при его вхождении в плотные слои атмосферы Земли?
7. Как называется геометрический параметр эллипса, характеризующий его меру сплюснутости?
8. Как называется вид грунта, слагающего поверхность Луны? *Максимальный балл – 8.*



№ 2. «Солнце и южный полюс мира»

1. В какой день года Солнце подходит к южному 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 Землей точки ее орбиты, наиболее близкой к Солнцу	6. День прохождения Землей 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 часам
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 в полдень в г. Самаре в этот день?

Варианты ответов:

1. +36°48'	2. 0°00'	3. +60°14'
4. +13°22'		

№ 3. «Звездная чехарда»

Представьте себе, что Вы находитесь в темное время суток в южном степном районе Самарской области. Вы наблюдаете одновременно восход яркой звезды 1 со склонением $\delta_1 = -7^\circ$ и заход яркой звезды 2 со склонением $\delta_2 = +15^\circ$. Что произойдет раньше: ближайший заход звезды 1 или восход звезды 2? Свой ответ обоснуйте. Постройте небесную сферу и укажите на ней суточные параллели этих звезд. *Максимальный балл – 8.*

№ 4. «Где-то на планете Земля тепло и ясная погода...»

На рис. 1.а) представлена серия фотографий Солнца на горизонте, полученных ежемесячно с декабря по ноябрь (сверху вниз) с одной точки поверхности Земли. Фотографии, сделанные в декабре и июне, получены в дни солнцестояний. Определите:

а) какой момент запечатлен на фотографии: восход или закат? Свой ответ поясните.

б) Определите широту местности, на которой велась съемка Солнца, если расстояние от места съемки до замка, видимого на горизонте, составляет 0.680 км, а расстояние (отсчитываемое в картинной плоскости) между вершинами крайних башен равно 200 м. Рефракцией света пренебречь.

№ 5. «Теодолит Т-15 и видимая часть НС»

Теодолит Т-15 (см. рис. 1.б), прибор, который предназначен для измерения вертикальных (в частности, высоты) и горизонтальных (в частности, азимута) углов. При расположении прибора на горизонтальной поверхности его оптическая труба способна поворачиваться на 360 градусов по азимуту и от 0 до 55 градусов по высоте. Какая доля небесной сферы (НС) г. Самары ($\varphi_s = 53^\circ 12'$, $\lambda_s = 3^h 20^m$) доступна наблюдениям в такой прибор а) в данный момент, б) регулярно проводимым в течение года?

№ 6. «Юпитер в стиле "фэнтэзи"»

На рис. 1.в) представлен образ Юпитера с кольцами в стиле "фэнтэзи". Определите:

а) могут ли быть в действительности кольца у Юпитера на таких расстояниях? Следует помнить, что спутник (а значит и частицы колец) Юпитера и его орбита могут лишь полностью располагаться внутри его сферы Хилла, радиус которой относительно центра Юпитера в системе "Солнце-Юпитер", представляется формулой:

$$\mathfrak{R}_H = a_J \sqrt[3]{\frac{\mathfrak{M}_J}{3(\mathfrak{M}_\odot + \mathfrak{M}_J)}}, \quad (1)$$

где \mathfrak{M}_\odot , \mathfrak{M}_J – массы Солнца и Юпитера соответственно, a_J – радиус круговой орбиты Юпитера.

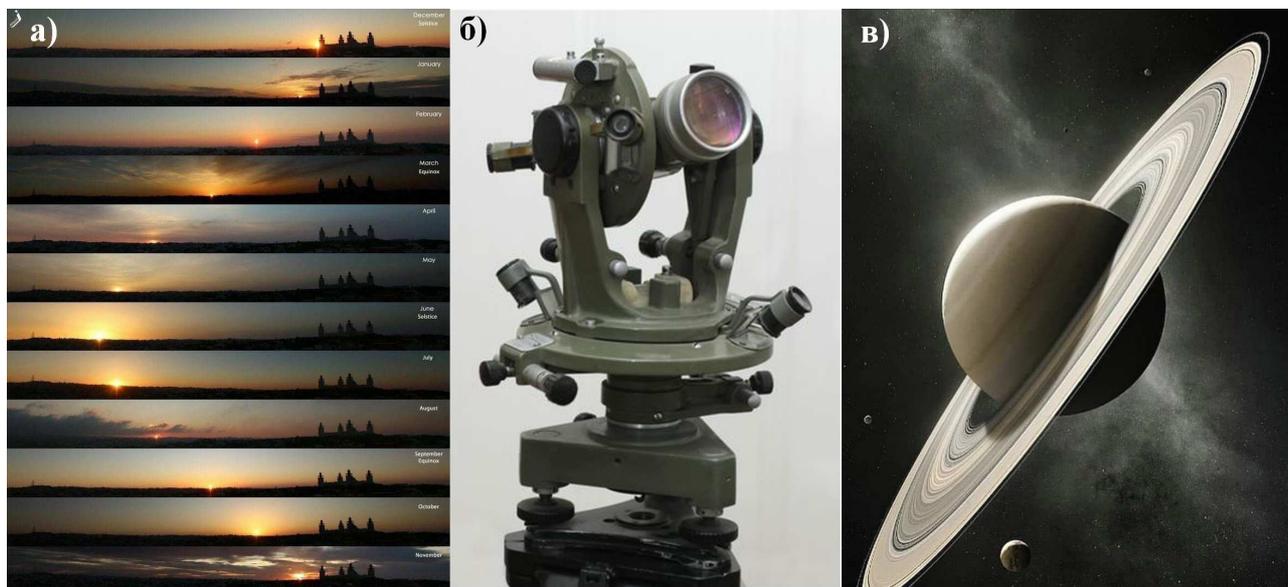


Рис. 1. К задачам №4, 5, 6.

б) Определите интервалы допустимых значений (ИДЗ) для радиусов орбит и сидерических периодов обращения частиц колец Юпитера, представленных на рис. 1.в) Здесь и в пункте в) гравитационным влиянием Солнца и других планет пренебречь.

в) Определите ИДЗ для орбитальной скорости и центробежного ускорения частиц колец Юпитера, представленных на рис. 1.в).

д) Проверьте: есть ли в таких кольцах частицы, сидерический период обращения которых равен периоду обращения Юпитера вокруг своей оси? Если есть, то чему равен радиус их орбиты и орбитальная скорость движения?

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.

Дополнительные справочные данные

§9. Уравнение времени

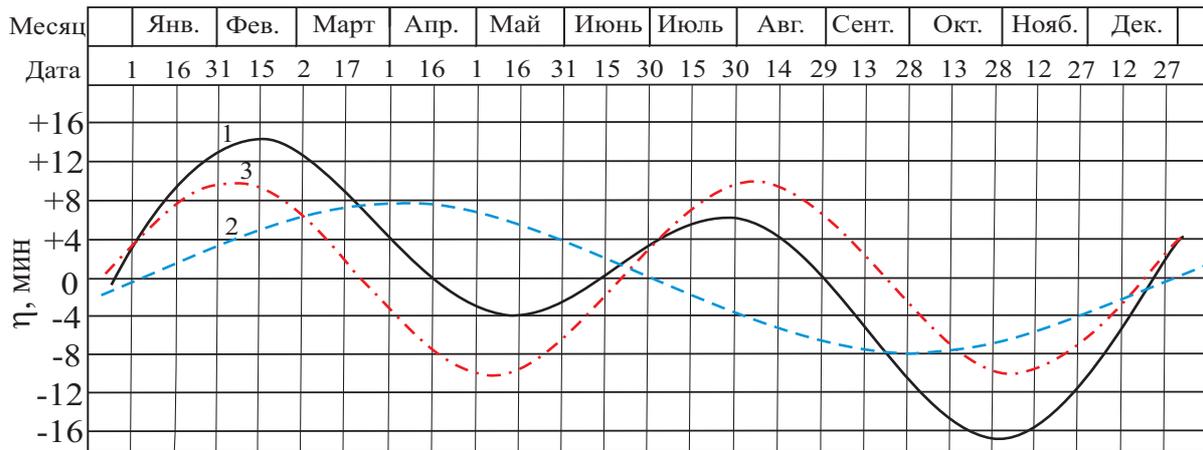


Рис. А.1. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.