

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап, теоретический тур
2022/2023 учебный год
11 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.

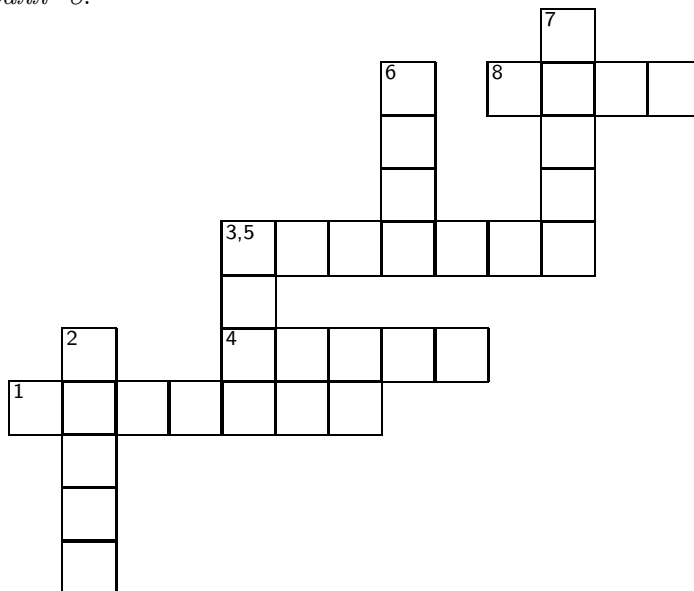
Задание теоретического тура считается выполненным, если Вы вовремя сдаете его представителям оргкомитета. Максимальная оценка – **48** балла(ов).

№ 1. «Кроссворд-ревью для 11-го класса»

Ответьте на следующие вопросы, заполнив ниже представленный кроссворд:

1. Как называется точка небосвода откуда вылетают метеоры, принадлежащие одному метеорному потоку?
2. Назовите фамилию ученого, кто стал основоположником внегалактической астрономии?
3. Как называется вторая по яркости звезда (по вертикали) северной полушария небосвода?
4. Как называется семейство астероидов, расположенных в четвертой точке Лагранжа системы "Солнце-Юпитер"?
5. В какой созвездии (по горизонтали) располагается ярчайшая звезда северной полушария небосвода?
6. В какой части нашей Галактики расположены шаровые скопления?
7. Как называется точка плоскости орбиты Земли, в которой, согласно первому закону Кеплера, находится Солнце?
8. Как называется вытянутая область на поверхности Луны, имеющая более низкую отражающую способность, чем окружающие ее части поверхности?

Максимальный балл – 8.



№ 2. «Фазы Луны и ее положение в пространстве»

1. В какой фазе Луна находится определенно дальше от Солнца, чем Земля?

Варианты ответов:

1. Новолуние	2. Полнолуние	3. Первая четверть
4. Последняя четверть	5. Молодой месяц	6. Старый месяц

2. Какой угол образуют световые лучи, пришедшие к Земле от Солнца и Луны при таком положении последней?

Варианты ответов:

1. 90° или близкий к тому	2. 180° или близкий к тому	3. 0° или близкий к тому
4. 45° или близкий к тому	5. 135° или близкий к тому	

3. Какая часть видимого диска спутника Земли освещена солнечным светом (для земного наблюдателя) в этой фазе?

Варианты ответов:

1. 0%	2. 1 ÷ 20%	3. 20 ÷ 49%
4. 50%	5. 51 ÷ 99%	6. 100%

4. Чему равна видимая звездная величина Луны в этой фазе (без учета поглощения света атмосферой Земли)?

Варианты ответов:

1. -4.5^m	2. -6.8^m	3. -10.6^m
4. -12.7^m	5. -16.2^m	6. -26.8^m

№ 3. «ИК-излучение Луны»

Как известно, все тела Солнечной системы способны не только отражать солнечный свет, но и сами быть источниками электромагнитного излучения, в частности в дальнем инфракрасном диапазоне спектра. Когда интенсивность ИК-излучения Луны больше – в первой или последней четверти? В какой четверти максимум ИК-излучения Луны приходится на большую длину волны? Свой ответ поясните. Орбиту Луны считать круговой. *Максимальный балл – 8.*

№ 4. «Чудесная рефракция света»

Некоторое небесное тело в некотором пункте поверхности Земли является незаходящим за горизонт. Однако, если бы не было атмосферной рефракции (которая у горизонта составляет $35'$), то данное тело было бы невосходящим. Определите возможные значения географической широты данного пункта. *Максимальный балл – 8.*

№ 5. «Противостояние Юпитера-2022 и его наблюдение в телескоп»

26 сентября 2022 года состоялось очередное противостояние Юпитера. В эту ночь один самарский астроном-любитель визуально наблюдал его в свой телескоп с фокусным расстоянием объектива $F = 1$ м. Из набора своих окуляров он подобрал такой, который формировал образ гиганта под таким же углом, под которым видна Луна невооруженному глазу. Определите оптическую силу окуляра (в дптр) и полученное угловое увеличение телескопа. Чему должен быть равен минимальный угловой диаметр поля зрения (в градусах) такого телескопа, чтобы при любом взаимном расположении галилеевых спутников относительно материнской планеты, их все можно было увидеть в этот телескоп в ту ночь в этом поле (без подвижек телескопа)? Орбиту Юпитера и Земли считать круговыми. *Максимальный балл – 8.*

№ 6. «Свойства галактик M31 и M110»

Как известно, галактика M110 является спутником более массивной галактики M31 (туманности Андромеда). Известны экваториальные координаты (α_i, δ_i) этих галактик и гелиоцентрические расстояния (r_i) :

M31			M110		
α_1	δ_1	r_1 , кпк	α_2	δ_2	r_2 , кпк
$00^h 42^m 44.3^s$	$+41^\circ 16' 9''$	770	$00^h 40^m 22.1^s$	$+41^\circ 41' 07.5''$	815

Известно, что галактика M110 движется по орбите, близкой к круговой, со скоростью $V = 250$ км/с относительно M31. Определите текущее расстояние (в кпк) между данными галактиками, период обращения (в годах) галактики M110 относительно M31 и массу галактики M31 (в массах Солнца), полагая, что последняя имеет сферически симметричное распределение вещества в своем теле. *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 градусы	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 градусы	Период обращения	Синодический период сут
	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. Освещенность, создаваемая звездой с видимой звездной величиной $m = 0^m$

$$E_0 = 2.48 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2.$$