

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап, теоретический тур
2024/2025 учебный год
7 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 большим на небосводе?

Варианты ответов:

1. Пегас	2. Большая Медведица	3. Дракон
4. Гидра	5. Кит	6. Дева

II. Какая из перечисленных звезд является самой яркой в южной 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 наибольшую 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 наибольшие размеры?

Варианты ответов:

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

V. Галактики какого типа достигают самых больших размеров во Вселенной?

Варианты ответов:

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

№ 2. «Где истина? Где ложь? – Не разберешь!»

I. Выберите все верные утверждения:

1. Лучшие условия для наблюдения Сириуса достигаются летом
2. Луна к Земле повернута всегда одной стороной
3. Марс является самой маленькой среди больших планет Солнечной системы
4. Главный пояс астероидов расположен между орбитами Юпитера и Сатурна
5. Синодический месяц Луны содержит более 4 земных недель
6. Большинство известных комет приходит к Солнцу из облака Оорта
7. Рассеянные скопления имеют большие размеры и массу, нежели шаровые скопления
8. Венера – самая горячая планета Солнечной системы.

II. Установите соответствие между астрономическим явлением (см. табл. 1) и частотой его появления (см. табл. 2). Ответ представьте парами: (буква, цифра).

А) Восход Солнца в г. Самаре	Б) Новолуние	В) Приливы в морях и океанах Земли
Г) Солнцестояние	Д) «Великие» сближения Земли и Марса	Е) Эпоха нахождения Урана в созвездии Овна

Таблица 1. Некоторые астрономические явления.

1) 0.5 года	2) 84 года	3) 15 лет
4) 1 сутки	5) 0.5 суток	6) 1 месяц

Таблица 2. Значения периодов некоторых периодических астрономических явлений.

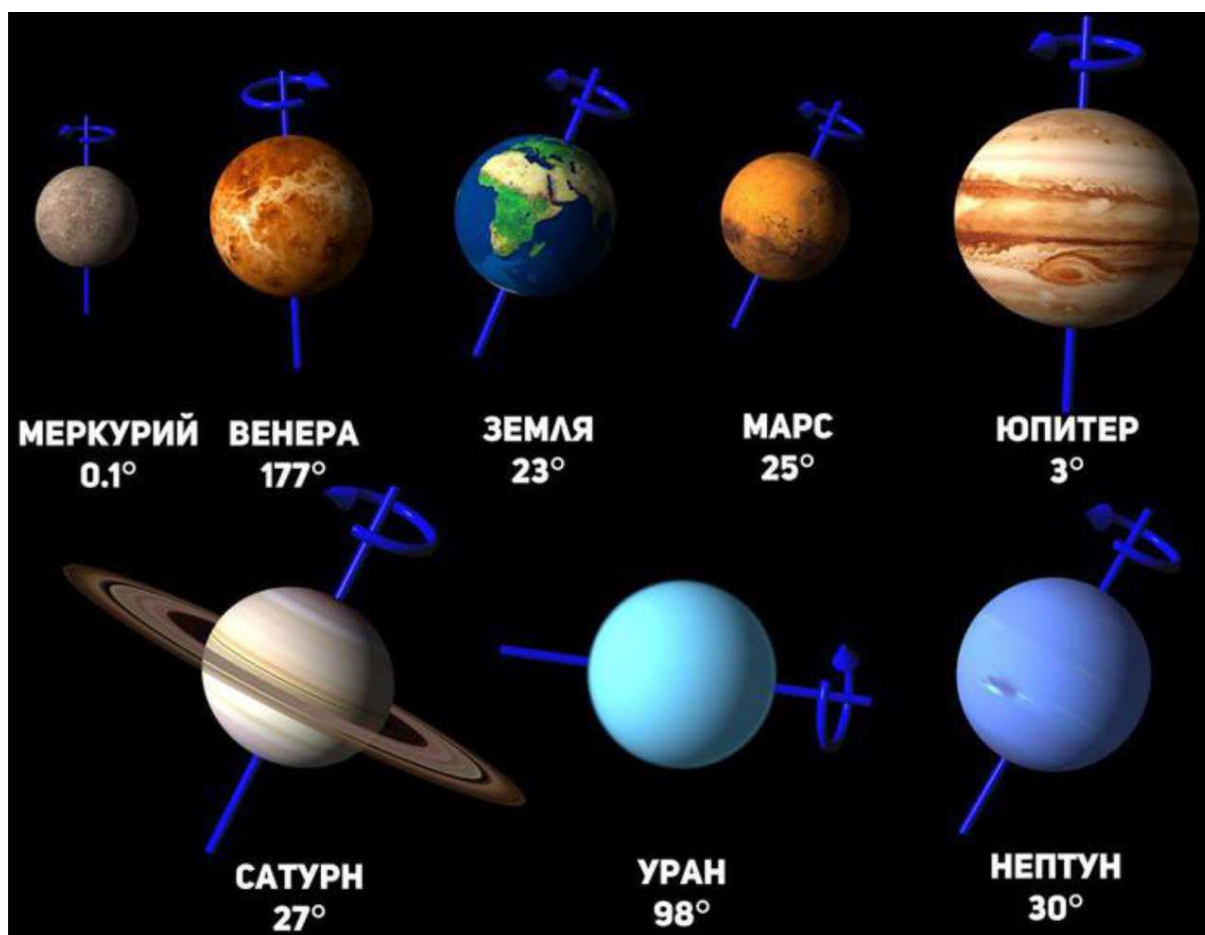


Рис. 1. К определению угла наклона экватора планеты к плоскости ее орбиты в случае 8 больших планет Солнечной системы.

№ 3. «Великое противостояние Марса и сеансы связи с Mars Odyssey»

1. 28 августа 2003 года состоялось великое противостояние Марса. В эти сутки расстояние между Землей и Красной планетой достигло минимального значения – $r_{\min} = 55.79$ млн км. В этот момент поверхность планеты активно исследовала американская орбитальная станция Mars Odyssey. Определите для этого события минимальную продолжительность $\Delta t_{\min}$ сеанса связи (в минутах, до десятых долей), от момента послышки радиосигнала с поверхности Земли к станции и до момента приема ответного радиосигнала на Земле, если время приема и обработки сигнала, выполнения поставленной задачи, формирования ответного сигнала и отправки его на Землю аппаратурой станции составляло 3.8 минут. Скорость распространения радиоволн в космосе составляет 300000 км/с.

2. Определите максимальную продолжительность τ_{vis} (в часах, до десятых долей) прямой видимости Марса с позиции станции наблюдения, расположенной на земном экваторе? Известно, что видимый путь Марса по небосводу над горизонтом в сутки наблюдений соответствовал дуге окружности в 180° .

3. Определите максимальное количество $N_{\max}$ таких сеансов связи, которые можно было провести в течение промежутка времени τ_{vis} ?

№ 4. «О наклонах экваторов больших планет и не только»

На рис. 1 представлены 8 больших планет с указанием их значений угла наклона ϵ экватора к плоскости орбиты.

Ответьте на следующие вопросы:

1. У какой классической планеты значение угла наклона наиболее близко к земному?

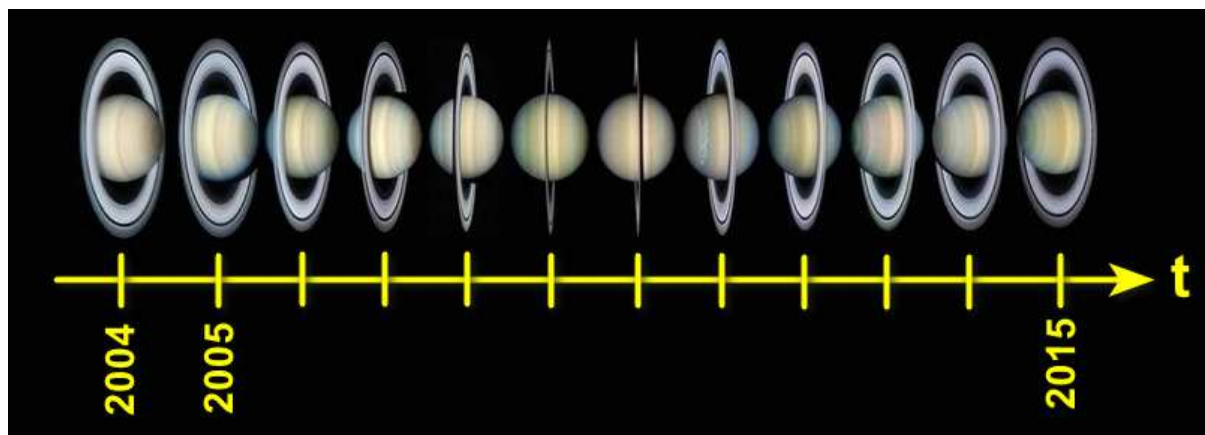


Рис. 2. Эволюция ориентации колец Сатурна в период 2004 ÷ 2015 гг. Образы планеты получены с периодичностью в 1 земной год.

2. Из теории планетологии известно, что если угол наклона удовлетворяет условию:

$$0^\circ \leq \varepsilon < 5^\circ, \text{ или } 175^\circ < \varepsilon \leq 180^\circ, \quad (1)$$

то на поверхности планеты не будет смены времен года. На поверхности каких классических планет нет смены времен года?

3. Специалисты говорят о *прямом вращении* планеты, если угол наклона удовлетворяет условию: $0^\circ \leq \varepsilon \leq 90^\circ$. В этом случае направления вращения планеты вокруг своей оси и ее обращения вокруг Солнца совпадают. Если угол наклона удовлетворяет условию: $90^\circ < \varepsilon \leq 180^\circ$, то говорят об *обратном вращении* планеты. В этом случае направления вращения вокруг своей оси и обращения вокруг Солнца обратны друг другу. Какие из указанных планет имеют обратное вращение?

4. В дни земных равноденствий Солнце проходит через плоскость экватора Земли. При этом на полюсах можно наблюдать полярный день, во всех других точках поверхности Земли продолжительность дня и ночи равны. На поверхности какой планеты каждые сутки в течение года наблюдается равноденствие?

5. Ориентация осей вращения планет в пространстве сохраняется с течением времени. Благодаря этому факту земляне могут наблюдать другие планеты в разных ракурсах (см. рис. 2). Так при наблюдении с Земли у Сатурна периодически «исчезают кольца» – по факту они перестают быть видимыми, поскольку их поверхность располагается вдоль луча зрения, к земному наблюдателю они ориентированы своей торцевой частью, которая не может быть разрешена с поверхности Земли, в силу большой удаленности планеты и малой толщины самих колец.

- а) Определите по рисунку: в каком году последний раз у Сатурна «исчезали» кольца?
- б) Через какой промежуток времени повторяется «исчезновение» колец? Период обращения планеты вокруг Солнца считайте равным 30 годам?
- в) В каком ближайшем году произойдет очередное их «исчезновение»?

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.