

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
по АСТРОНОМИИ  
ПИСЬМЕННЫЙ ТУР**

возрастная группа 7-11 классы

**Время выполнения олимпиадных заданий:**

*7-8 классы – 180 минут*

*9 класс – 180 минут*

*10 класс – 180 минут*

*11 класс – 180 минут*

**Участник олимпиады может иметь при себе и использовать при выполнении заданий:**

*Синюю или черную ручки, простые карандаши*

*Циркуль, линейку и треугольник*

*Простой инженерный непрограммируемый калькулятор*

**Запрещено использовать при выполнении заданий:**

*Посторонние источники информации, электронные коммуникаторы и сложные вычислительные устройства – программируемые калькуляторы, планшеты, персональные компьютеры, ноутбуки, смартфоны и т.п.*

***Использование любых средств связи на олимпиаде категорически запрещается!***

**Требования к аудитории:**

*В аудитории должны соблюдаться порядок и тишина.*

*Рекомендуется выдерживать социальную дистанцию, рассаживая участников по одному за стол/парту, и находиться в масках.*

*Участнику должны быть выданы в обязательном порядке справочные данные (см. ниже)*

**Справочная информация, разрешенная к использованию на олимпиаде**

***Формулы приближенного вычисления***

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

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

$$\cos(\alpha + x) \approx \cos \alpha - x \sin \alpha;$$

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

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

( $x \ll 1$ , углы выражаются в радианах).

**Основные физические и астрономические постоянные**

Гравитационная постоянная  $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Скорость света в вакууме  $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Постоянная Больцмана  $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$

Универсальная газовая постоянная  $\mathcal{R} = 8.31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

Постоянная Стефана-Больцмана  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$

Постоянная Планка  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$

Масса протона  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Масса электрона  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Элементарный заряд  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Астрономическая единица  $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Парсек  $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Постоянная Хаббла  $H = 72 \text{ (км/с)/Мпк}$

**Данные о Солнце**

Радиус  $697\,000 \text{ км}$

Масса  $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

Светимость  $3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$

Спектральный класс G2

Видимая звездная величина  $-26.78^{\text{m}}$

Абсолютная болометрическая звездная величина  $+4.72^{\text{m}}$

Показатель цвета (B–V)  $+0.67^{\text{m}}$

Эффективная температура  $5800 \text{ К}$

Средний горизонтальный параллакс  $8.794''$

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли  $1360 \text{ Вт/м}^2$

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли  $600 \text{ Вт/м}^2$

**Данные о Земле**

Эксцентриситет орбиты  $0.0167$

Тропический год  $365.24219 \text{ суток}$

Средняя орбитальная скорость  $29.8 \text{ км/с}$

Период вращения  $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$

Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года:  $23^\circ 26' 21.45''$

Экваториальный радиус  $6378.14 \text{ км}$

Полярный радиус 6356.77 км

Масса  $5.974 \cdot 10^{24}$  кг

Средняя плотность  $5.52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$

Объемный состав атмосферы: N<sub>2</sub> (78%), O<sub>2</sub> (21%), Ar (~1%)

#### *Данные о Луне*

Среднее расстояние от Земли 384400 км

Минимальное расстояние от Земли 356410 км

Максимальное расстояние от Земли 406700 км

Средний эксцентриситет орбиты 0.055

Наклон плоскости орбиты к эклиптике 5°09'

Сидерический (звездный) период обращения 27.321662 суток

Синодический период обращения 29.530589 суток

Радиус 1738 км

Период прецессии узлов орбиты 18.6 лет

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  $-12.7^m$

Видимая звездная величина в первой/последней четверти  $-10.5^m$

#### *Физические характеристики солнца и планет*

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Гео-метр. альbedo	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли			градусы		
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	697000	109.3	1.41	25.380 сут	7.25	—	−26.8
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
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
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	−2.7
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	26.73	0.47	0.4
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час**	97.86	0.51	5.7
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	17.135	24746	3.8799	1.64	16.11 час	28.31	0.41	7.8

\* для наибольшей элонгации внутренних планет и среднего противостояния внешних планет

\*\* обратное вращение

**Характеристики орбит планет**

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн.км	а.е.		градусы		сут
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

**Характеристики некоторых спутников планет**

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альbedo	Видимая звездная величина*
	кг	км	г/см <sup>3</sup>	км	сут		m
Земля							
Луна	7.348·10 <sup>22</sup>	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	−12.7
Марс							
Фобос	1.08·10 <sup>16</sup>	~10	2.0	9380	0.31910	0.06	11.3
Деймос	1.8·10 <sup>15</sup>	~6	1.7	23460	1.26244	0.07	12.4
Юпитер							
Ио	8.94·10 <sup>22</sup>	1815	3.55	421800	1.769138	0.61	5.0
Европа	4.8·10 <sup>22</sup>	1569	3.01	671100	3.551181	0.64	5.3
Ганимед	1.48·10 <sup>23</sup>	2631	1.94	1070400	7.154553	0.42	4.6
Каллисто	1.08·10 <sup>23</sup>	2400	1.86	1882800	16.68902	0.20	5.7
Сатурн							
Тефия	7.55·10 <sup>20</sup>	530	1.21	294660	1.887802	0.9	10.2
Диона	1.05·10 <sup>21</sup>	560	1.43	377400	2.736915	0.7	10.4
Рея	2.49·10 <sup>21</sup>	765	1.33	527040	4.517500	0.7	9.7
Титан	1.35·10 <sup>23</sup>	2575	1.88	1221850	15.94542	0.21	8.2
Япет	1.88·10 <sup>21</sup>	730	1.21	3560800	79.33018	0.2	~11.0
Уран							
Миранда	6.33·10 <sup>19</sup>	235.8	1.15	129900	1.413479	0.27	16.3
Ариэль	1.7·10 <sup>21</sup>	578.9	1.56	190900	2.520379	0.34	14.2
Умбриэль	1.27·10 <sup>21</sup>	584.7	1.52	266000	4.144177	0.18	14.8
Титания	3.49·10 <sup>21</sup>	788.9	1.70	436300	8.705872	0.27	13.7
Оберон	3.03·10 <sup>21</sup>	761.4	1.64	583500	13.46324	0.24	13.9
Нептун							
Тритон	2.14·10 <sup>22</sup>	1350	2.07	354800	5.87685**	0.7	13.5

\* для полнолуния или среднего противостояния внешних планет

\*\* обратное направление вращения