

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
по астрономии  
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР**

возрастная группа 7-11 классы

**Время выполнения олимпиадных заданий:**

*7-8 классы – 90 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.

*Участнику должны быть выданы в обязательном порядке справочные данные (см. в конце этого документа).*

**Запрещено использовать при выполнении заданий:**

- посторонние источники информации, электронные коммуникаторы и сложные вычислительные устройства – программируемые калькуляторы, планшеты, персональные компьютеры, ноутбуки и т.п.

**Требования к аудитории:**

- в аудитории должны соблюдаться порядок и тишина;
- рекомендуется выдерживать социальную дистанцию, рассаживая участников по одному за стол/парту;
- в каждой аудитории должны быть настенные часы.

**Перечень материально-технического обеспечения для проведения олимпиады:**

- каждый участник должен быть обеспечен отдельным рабочим местом, заданиями, черновиками;
- для проведения олимпиады не требуется специальных технических средств.

**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 а.е. = 1.496 · 10<sup>11</sup> м

Парсек 1 пк = 206265 а.е. = 3.086 · 10<sup>16</sup> м

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

**Данные о Солнце**

Радиус 697 000 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 5800К

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 суток

Средняя орбитальная скорость 29.8 км/с

Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды

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

Экваториальный радиус 6378.14 км

*Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников в Волгоградской области  
в 2024/2025 учебном году*

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<br>г·см <sup>-3</sup> | Период вращения<br>вокруг оси | Наклон экватора к плоскости орбиты<br>градусы | Геометр. альbedo | Вид. звездная величина* |
|----------|-----------------------|-------------|--------|---------------|---------------------------------|-------------------------------|---|------------------|-------------------------|
|          | кг                    | массы Земли | км     | радиусы Земли |                                 |                               |   |                  |                         |
| 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                      |                  |                     |
| 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                          |
| <b>Земля</b>  |                       |        |                   |               |                  |                    |                            |
| Луна          | $7.348 \cdot 10^{22}$ | 1738   | 3.34              | 384400        | 27.32166         | 0.12               | -12.7                      |
| <b>Марс</b>   |                       |        |                   |               |                  |                    |                            |
| 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                       |
| <b>Юпитер</b> |                       |        |                   |               |                  |                    |                            |
| 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                        |
| <b>Сатурн</b> |                       |        |                   |               |                  |                    |                            |
| Тетфия        | $7.55 \cdot 10^{20}$  | 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         | 0.2                | ~11.0                      |
| <b>Уран</b>   |                       |        |                   |               |                  |                    |                            |
| 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                       |
| <b>Нептун</b> |                       |        |                   |               |                  |                    |                            |
| Тритон        | $2.14 \cdot 10^{22}$  | 1350   | 2.07              | 354800        | 5.87685**        | 0.7                | 13.5                       |

\* для полнолуния или среднего противостояния внешних планет

\*\* обратное направление вращения