

**ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**Время выполнения заданий – 120 минут**

**Максимальное количество баллов – 100 баллов**

**Задание № 1 (8 баллов).**

Во время наблюдений за звездным небом Максим обратил внимание на то, что вблизи планет периодически оказывается Луна. Этот факт его заинтересовал. Ребята, а вы можете объяснить Максиму, почему так происходит?

**Задание № 2 (8 баллов).**

Самая восточная точка Омской области имеет координаты  $56^{\circ}10'$ с.ш.,  $76^{\circ}19'$ в.д. (Муромцевский р-н). Пересчитайте значение долготы в часовую меру (часы и минуты восточной долготы).

**Задание № 3 (8 баллов).**

Максим изучает ночное звездное небо. Он находит на звездном небе: созвездие Стрельца, созвездие Козерога и созвездие Водолея. Как вы думаете, в какое время года Максим проводит наблюдения? Объясните свое решение.

**Задание № 4 (8 баллов).**

Звезда  $\zeta$  Большой Медведицы — кратная звёздная система, расположенная примерно в 25 пк от Солнца и известная как “двойная звезда Алькор и Мицар”. Угловое расстояние между компонентами системы  $12'$ , при хорошем зрении компоненты различимы невооружённым глазом. При этом Мицар тоже является кратной системой, но угловое расстояние между его компонентами всего  $15''$ . Можно ли разделить Мицар в бинокль  $10\times 40$ ? Каково линейное расстояние между компонентами Мицара?

**Задание № 5 (8 баллов).**

Предположим, что Венера обитаема, и жителю экваториального пояса Венеры посчастливилось наблюдать транзит Меркурия по диску Солнца! Через какой интервал времени он сможет повторить свои наблюдения? Наклонами орбит планет пренебречь, считать орбиты круговыми.

**Справочные данные:**

| Планета  | Радиус орбиты, а.е. | Период обращения вокруг Солнца, зем. сут. | Период вращения вокруг оси, зем. сут. | Наклон экватора к орбите, $^{\circ}$ |
|----------|---------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Меркурий | 0.39                | 88                                        | 59                                    | 0                                    |
| Венера   | 0.72                | 225                                       | 243                                   | 177                                  |

**Задание № 6 (8 баллов).**

В некотором пункте любитель астрономии проводил наблюдения пролёта Международной космической станции. Она появилась над горизонтом, прошла через зенит и зашла с противоположной стороны горизонта. В течение какого времени станция была видна над горизонтом? Сопроводите решение чертежом. Высота полёта МКС над поверхностью Земли 400 км.

**Справочная информация, разрешенная к использованию на ВсОШ*****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  $6356.77 \text{ км}$

Масса  $5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$

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

Объемный состав атмосферы:  $\text{N}_2$  (78%),  $\text{O}_2$  (21%),  $\text{Ar}$  (~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  $5^{\circ}09'$

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  $-12.7^{\text{m}}$

Видимая звездная величина в первой/последней четверти  $-10.5^{\text{m}}$

### Физические характеристики Солнца и планет

| Планета  | Масса                 |             | Радиус |               | Плотность | Период вращения вокруг оси | Наклон экватора к плоскости орбиты | Гео- метр. аль- бедо | 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 |         | Эксцент-<br>риситет | Наклон к<br>плоскости<br>эклиптики | Период<br>обращения | Синодический<br>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. альбедо | 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> |                       |        |                   |               |                  |                    |                            |
| 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         | 0.2                | ~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

### 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).