

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА  
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

---

---

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ  
ЗАОЧНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ  
**SAMRAS-2019**

СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 8-9 КЛАССОВ.

ТУР № 1

---

---



Самара, 2018 г.

## *Дорогие Друзья!*

Вашему вниманию в данном релизе представлены 18 оригинальных задач трех уровней сложности – «Новичок» (уровень А), «Знаток» (уровень В) и «Профи» (уровень С). Задачи составлены в соответствии с *Перечнем вопросов, рекомендуемых Центральной предметной методической комиссией Всероссийской Олимпиады школьников по астрономии для подготовки обучающихся 8-9 классов к решению задач ее заключительного этапа.*

**При использовании материалов релиза ссылка на документ обязательна!**

Ссылка: «Условия конкурсных задач заочной олимпиады по астрономии SAMRAS-2019 среди обучающихся 8-9 классов. Тур № 1». – <https://sites.google.com/site/samrasolimp/tasks>

### **Памятка участника SamRAS-2019**

**1. Официальный сайт Астрошколы:**

<https://sites.google.com/site/samrasolimp/>

**2. Официальная группа в VK:**

<http://vk.com/samrasolimp>

**3. Сроки подачи работ SamRAS-2019 тура № 1 на проверку:**  
**15.10.2018-15.01.2019!!!**

**4. Электронный ящик SamRAS-2019:**

[samrasolimp@mail.ru](mailto:samrasolimp@mail.ru)

**5. Руководство зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2019:**

<https://sites.google.com/site/samrasolimp/maindocs>

ИЛИ

[https://vk.com/doc-57032141\\_451699934](https://vk.com/doc-57032141_451699934)

---

---

# УСЛОВИЯ ЗАДАЧ

---

---



Дорогие Друзья!

Прежде чем приступить к решению задач и оформлению отчета участника заочной олимпиады SamRAS-2019, внимательно ознакомьтесь с «Руководством зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2019»! Электронный адрес последнего указан в **Памятке участника**.

## Уровень «Новичок» (уровень А)

### Задача № 1. «Две лишние звезды»

На рис. 1 представлен очень известный астеризм из 7 звезд созвездия, которое можно наблюдать с территории Самарской области круглый год. Согласно многочисленным исследованиям ученых, пять из указанных звезд когда-то образовывали единое рассеянное звездное скопление. Назовите эти звезды и укажите на копии данной фотографии. Какие наблюдательные факты на это указывают? Назовите две оставшиеся звезды астеризма. Укажите их также на копии фотографии. (3 балла).



Рис. 1: один из самых известных астеризмов.

### Задача № 2. «Небесный меридиан и его положение»

В каких точках поверхности Земли определение положения наблюдателем небесного меридиана становится бессмысленным? Чему равны географические координаты этих точек? Чему равна в этих точках высота полюса мира? (3 балла).

**Задача № 3. «Две шкалы солнечного времени»**

В какие дни года можно измерять истинное солнечное время по часам, идущим по местному солнечному времени? В какие дни года погрешность определения истинного солнечного времени будет по данным часам максимальной? Какая главная причина этой погрешности? (3 балла).

**Задача № 4. «Массовые доли самых распространенных элементов Вселенной»**

Как известно, во Вселенной на каждый 10 атомов водорода приходится 1 атом гелия. Определите массовые доли этих элементов во Вселенной и выразите их в процентах. Вкладом прочих элементов пренебречь.

**Задача № 5. «Интегральная звездная величина звезд астеризма»**

Фотометрические исследования звезд астеризма, представленного на рис. 1, показали что среднее значение освещенности<sup>1</sup>, создаваемой каждой из этих звезд у поверхности Земли соответствует значению блеска  $+2.1^m$ . Определите звездную величину, соответствующую освещенности, создаваемой всеми звездами этого астеризма. Чему равна данная освещенность в Вт/м<sup>2</sup>. (4 балла).

**Задача № 6. «Точность двух солнечных календарей»**

Определите погрешность, которая набегает за один год в летоисчислении по а) Юлианскому, б) Григорианскому календарю. Определите количества лет, за которые набегает погрешность в одни сутки в указанных календарях. Во сколько раз погрешность Юлианского календаря больше Григорианского? (5 баллов).

**Уровень «Знаток» (уровень В)****Задача № 7. «Определение гелиографической широты солнечного пятна»**

На рис. 2 представлена серия фотографий Солнца, полученных с интервалом в одни солнечные сутки. На фотографии видно фотосферное пятно. Определите его гелиографическую широту. (6 баллов).

**Задача № 8. «Период вращения пятна»**

С использованием данных предыдущей задачи, определите период осевого вращения солнечного пятна (см. рис. 2). Сравните полученный результат с сидерическим периодом вращения Солнца вокруг своей оси на экваторе. Что Вы можете сказать о характере осевого вращения Солнца? (7 баллов).

<sup>1</sup>Здесь усреднение освещенности выполнено по всем звездам астеризма.

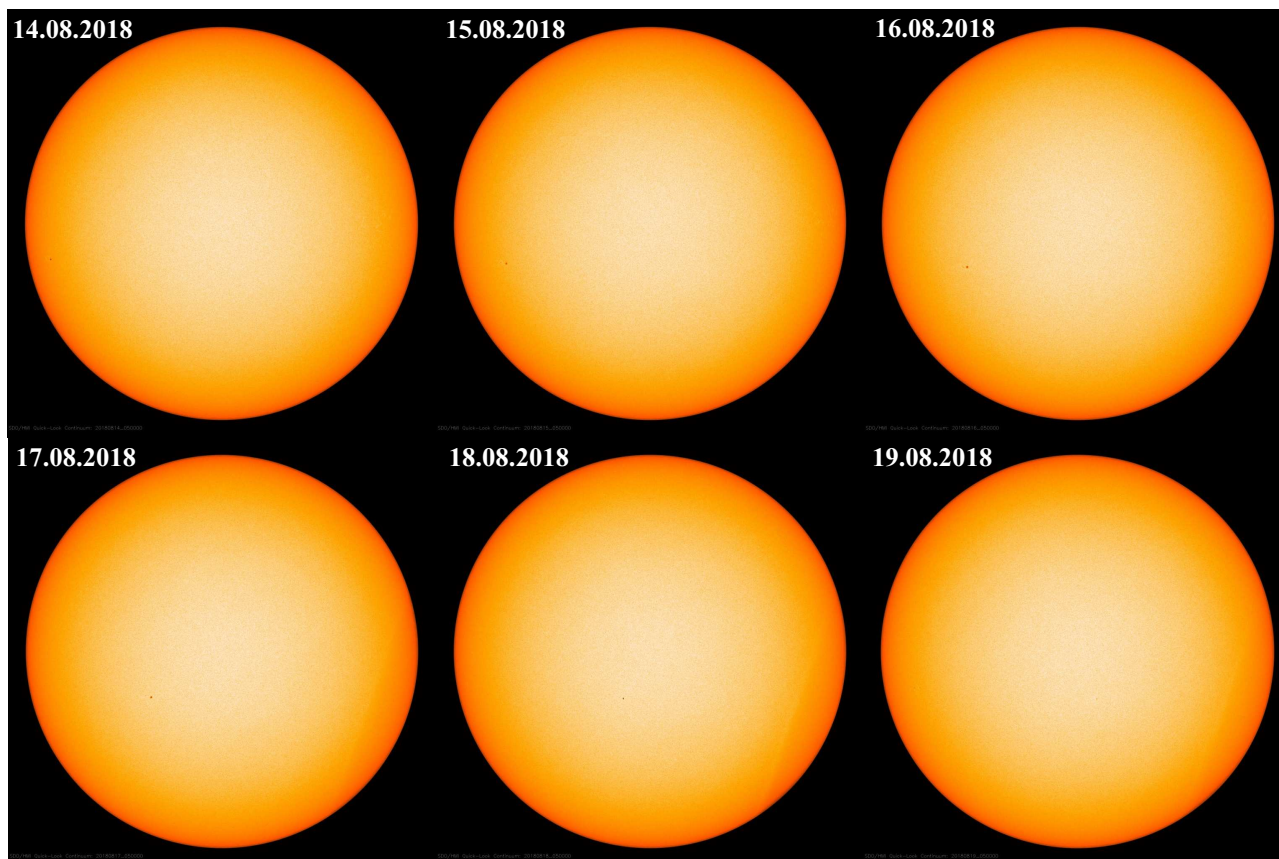


Рис. 2: серия фотографий Солнца, полученных с периодом в 1 солнечные сутки.

**Задача № 9. «Расстояние до звезд рассеянного экс-скопления»**

Оцените расстояние до звезд астеризма (представленного на рис. 1), которые в прошлом образовывали рассеянное звездное скопление. Известно, что пять звезд экс-скопления имеют типично белый цвет и при этом относятся к самым ярким звездам главной последовательности. (8 баллов).

**Задача № 10. «Зависимость силы притяжения от расстояния между телами»**

Еще до открытия И. Ньютоном своего закона всемирного тяготения, некоторые его современники (например, Роберт Гук) уже догадывались, что сила притяжения двух точечных массивных тел должна быть обратно пропорциональна квадрату расстояния ( $r$ ) между этими телами:

$$F_{\text{пр}} \sim \frac{1}{r^2}. \quad (1)$$

Гук первым смог обосновать строго математически зависимость (1), с использованием лишь основных результатов кинематики и третьего закона Кеплера, известных уже в то время (и известных Вам). Докажите (подобно Р. Гуку), что сила притяжения должна удовлетворять зависимости (1). (8 баллов).

**Задача № 11. «Невидимость Земли с орбиты верхней планеты»**

С орбиты какой верхней планеты Земля уже не будет доступна в наблюдениях невооруженным глазом, если она будет наблюдаться в наибольшей элонгации? Альбедо Земли принять равным 0.36. (9 баллов).

**Задача № 12. «"Гоблин" и его орбита»**

В октябре 2018 года американские ученые заявили об открытии одного из самых далеких транснептуновых объектов, неофициально названного «Гоблином». К сожалению, период его орбитального движения был получен по данным эксперимента с большой ошибкой и составляет  $T = 34081 \pm 8644$  лет. Определите, с учетом ошибки, среднее, минимальное и максимальное допустимые значения а) большой полуоси его орбиты; б) расстояний до афелия и перигелия его орбиты; в) его гелиоцентрической скорости в афелии и перигелии. (10 баллов).

**Уровень «Профи» (уровень С)****Задача № 13. «Геометрическое альbedo Гоблина»**

С использованием данных и результатов решения предыдущей задачи, определите геометрическое альbedo Гоблина, если на начало октября 2018 года объект находился на расстоянии 80 а.е. от Солнца, его диаметр составлял  $D_G = 300$  км, а видимая звездная величина –  $m_V = +23.73^m$ . Вычислите также видимую звездную величину Солнца для гипотетического наблюдателя, находящегося на поверхности данного небесного тела в случае, когда небесное тело находится в своем а) перигелии, б) афелии. (11 баллов).

**Задача № 14. «Температура поверхности Гоблина в его афелии и перигелии»**

Опираясь на данные и результаты решений задач №12, 13 настоящего релиза, определите среднюю температуру поверхности Гоблина, в его перигелии и афелии, полагая что сферическое альbedo транснептунового объекта равно его геометрическому альbedo. Следует полагать, что поверхность Гоблина есть серое тело с коэффициентом черноты  $\varepsilon = 0.8$ . Определите также время распространения солнечного света от источника до данного тела, находящегося в данных точках. (12 баллов).

**Задача № 15. «Площадь сферического двугольника»**

Как известно, **сферическим двугольником** на поверхности сферы называется геометрическая фигура, состоящая из двух диаметрально противоположных точек (концов диаметра, называемых его *вершинами*) сферы и двух больших полуокружностей (называемых *сторонами*), соединяющих эти точки. Величины углов данной фигуры равны. Получите формулу для площади сферического двугольника. (13 баллов).

**Задача № 16. «Эклиптическая широта Юпитера для земного наблюдателя»**

Как известно, Юпитер движется вокруг Солнца по почти круговой орбите, большая полуось которой составляет  $a_J = 5.204$  а.е. и наклонение к

плоскости эклиптики –  $i_J = 1.30^\circ$ . Определите минимальное и максимальное значения эклиптической широты, которые могут быть у Юпитера? Определите площадь двугольника, заключенного между плоскостями орбиты планеты и эклиптики. (13 баллов).

**Задача № 17. «Видимость Юпитера и продолжительность его восхода (захода)»**

С использованием данных предыдущей задачи, определите минимальное и максимальное время восхода (захода) Юпитера (находящегося вблизи своего противостояния) из-за (за) горизонт(а) для наблюдателя, находящегося на северном географическом полюсе. Определите соответствующие продолжительности интервалов времени, в течение которого планета будет пребывать над горизонтом? Под горизонтом? В каких созвездиях будет при этом находиться Юпитер? В расчетах учесть конечность размеров диска Юпитера ( $D_J \approx 0.8'$ ) и явление рефракции у горизонта ( $\delta z \approx 34.7'$ ). (14 баллов).

**Задача № 18. «Колонизация Меркурия»**

Одна из важных задач далекого будущего человечества – это колонизация Меркурия. Изобилие полезных ископаемых, близость к Солнцу, меньшая гравитация чем у Земли – это лишь несколько важных причин для его покорения. Однако, из-за отсутствия атмосферы, его близости к Солнцу, чтобы спасти колонию от мощной электромагнитной и корпускулярной солнечной радиации ее необходимо будет разместить на большой глубине в меркурианской коре. Для обеспечения передвижения в коре можно создать большой кольцевой туннель, охватывающий планету, и расположенный в экваториальной плоскости. В этом туннеле можно запускать грузовые капсулы, которые за счет гравитации планеты смогут сами перемещаться подобно искусственным спутникам. Моделируя Меркурий однородным шаром, вычислите

1. Ускорение свободного падения в теле планеты, как функцию глубины ( $h$ ) погружения капсулы относительно поверхности планеты;
2. Первую космическую скорость для грузовой капсулы, как функцию  $h$ ;
3. Период обращения капсулы по туннелю, как функцию  $h$ ;
4. Потенциальную энергию грузовой капсулы в теле планеты, как функцию  $h$ , если полагать, что последняя стремится к нулю, при удалении от планеты на бесконечность;
5. Вторую космическую скорость для капсулы, стартующей на вылет из туннеля на глубине  $h$ ;
6. Радиус орбиты искусственного спутника связи Меркурия, движущегося в экваториальной плоскости и расположенного все время над движущейся капсулой в туннеле, на глубине  $h$ .

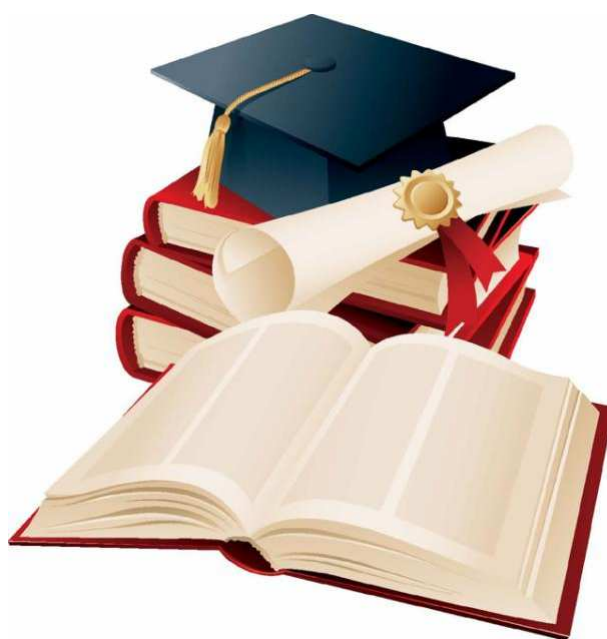
---

---

# СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

---

---



## А.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 –  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$
- Постоянная Авогадро –  $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
- 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 –  $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
- Постоянная Хаббла –  $H = 72 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$

## А.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 –  $5778 \text{ К}$
- Средний горизонтальный параллакс –  $8.794''$
- Солнечная постоянная (во всем спектре)  
на расстоянии Земли –  $1361 \text{ Вт/м}^2$
- Солнечная постоянная (в видимом свете)  
на расстоянии Земли –  $600 \text{ Вт/м}^2$

## А.3. Данные о Земле

- Эксцентриситет орбиты –  $0.017$
- Тропический год –  $365.24219 \text{ сут}$
- 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 2000.0 –  $23^\circ 26' 21.45''$

- Средний по объему радиус – 6371.0 км
- Средний экваториальный радиус – 6378.14 км
- Длина земного меридиана – 20004.276 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 –  $\text{N}_2$  (78%),  $\text{O}_2$  (21%), Ar ( $\sim 1\%$ )

#### А.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 альбедо – 0.12
- Видимая звездная величина в полнолуние –  $-12.7^m$

#### А.5. Формулы приближенного вычисления

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

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

$$\cos(x \pm \alpha) \approx \cos \alpha \mp x \sin \alpha;$$

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

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

здесь  $x \ll 1$ , все углы выражаются в радианах.

## А.6. Характеристики орбит планет

| Планета  | Большая полуось |         | Экс-<br>цен-<br>триси-<br>тет | Наклон к<br>плоскости<br>эклипти-<br>ки | Период<br>обраще-<br>ния | Синоди-<br>ческий<br>период |
|----------|-----------------|---------|-------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
|          | млн.<br>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                       |

## А.7. Физические характеристики Солнца и планет

| Планета  | Масса                 |                | Радиус |                            | Плот-<br>ность | Период<br>вращения<br>вокруг оси | Наклон<br>экватора<br>к плос-<br>кости<br>орбиты | Гео-<br>мет-<br>рич.<br>альбе-<br>до | Вид.<br>звезд-<br>ная<br>вели-<br>чина* |
|----------|-----------------------|----------------|--------|----------------------------|----------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
|          | кг                    | массы<br>Земли | км     | ради-<br>усы<br>Зем-<br>ли |                |                                  |                                                  |                                      |                                         |
| 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 <sup>†</sup>         | 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 <sup>†</sup>           | 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.

## А.8. Характеристики некоторых спутников планет

| Спутник       | Масса                 | Радиус | Плотность          | Радиус орбиты | Период обращения     | Геометрич. альбедо | Вид. звездная величина* |
|---------------|-----------------------|--------|--------------------|---------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
|               | кг                    | км     | г·см <sup>-3</sup> | км            | сут                  |                    |                         |
| <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             | 0.20               | ~ 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 <sup>†</sup> | 0.7                | 13.5                    |

\* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет;

† – обратное вращение.

### А.9. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике и график для уравнения времени

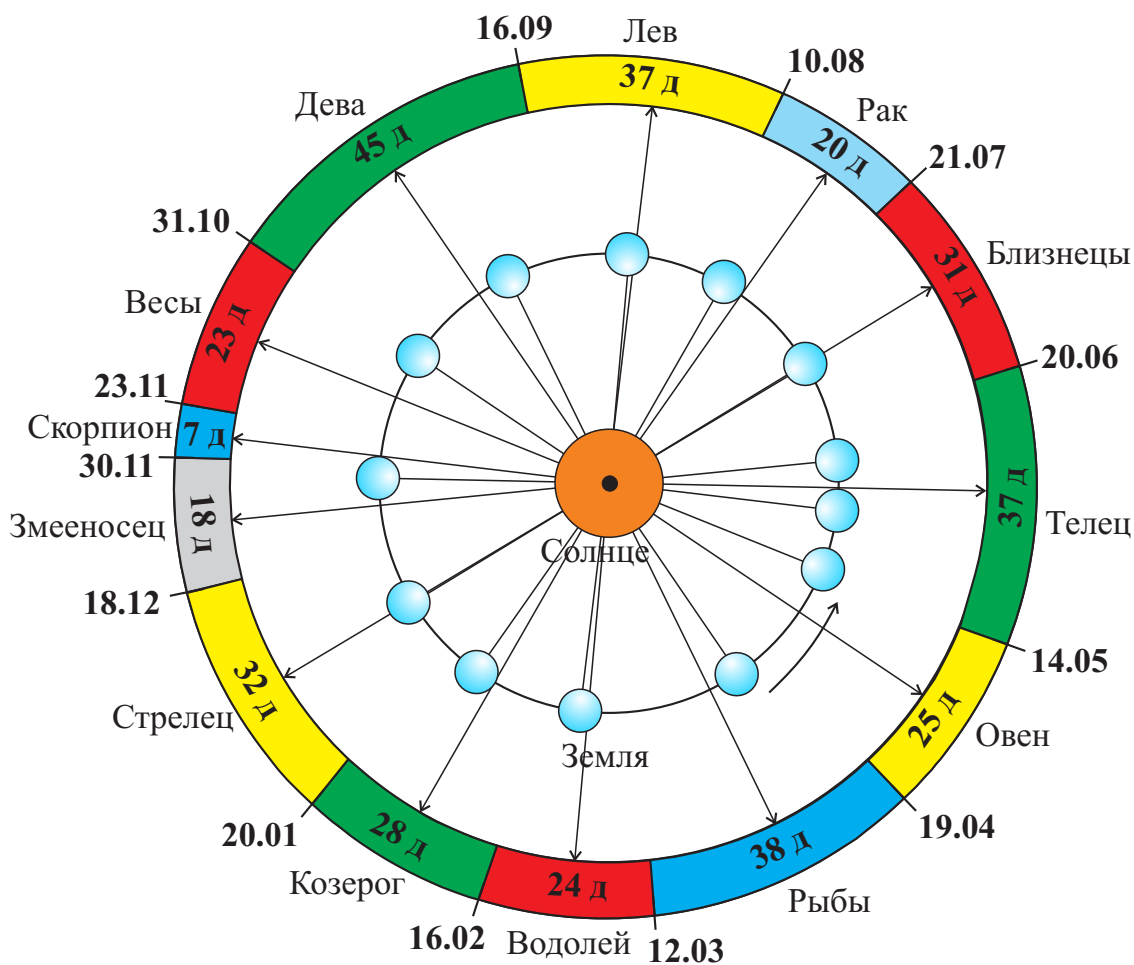


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

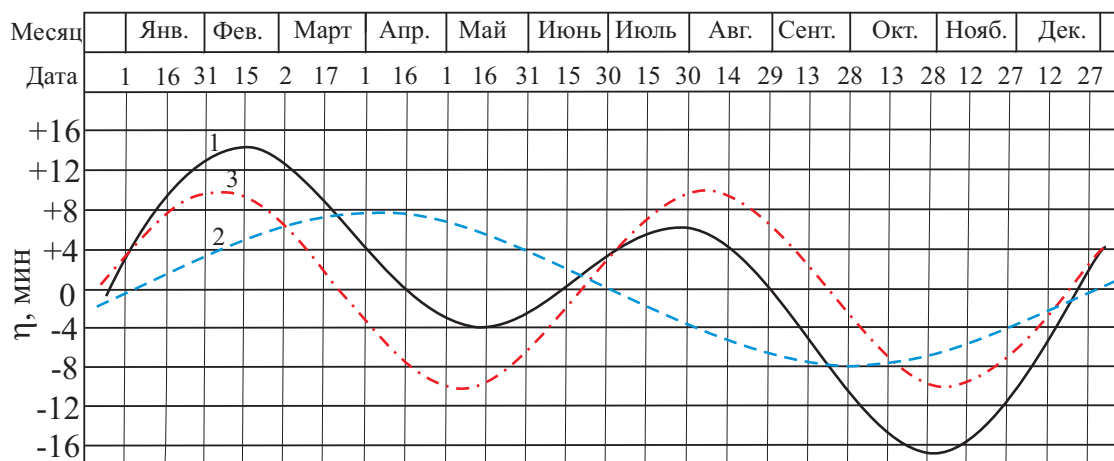


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

## А.10. Некоторые характеристики звезд

Болометрические поправки  $\Delta M_b$

| Спектр | $\Delta M_b$ | Спектр | $\Delta M_b$                |         |              |
|--------|--------------|--------|-----------------------------|---------|--------------|
|        |              |        | Гл. последо-<br>вательность | Гиганты | Сверхгиганты |
| B0     | – 2.70       | F5     | – 0.04                      | – 0.08  | – 0.12       |
| B5     | – 1.58       | F8     | – 0.05                      | – 0.17  | – 0.28       |
| A0     | – 0.72       | G0     | – 0.06                      | – 0.25  | – 0.42       |
| A5     | – 0.31       | G2     | – 0.07                      | – 0.31  | – 0.52       |
| F0     | – 0.09       | G5     | – 0.10                      | – 0.39  | – 0.65       |
| F2     | – 0.04       | G8     | – 0.10                      | – 0.47  | – 0.80       |
|        |              | K0     | – 0.11                      | – 0.54  | – 0.93       |
|        |              | K2     | – 0.15                      | – 0.72  | – 1.20       |
|        |              | K3     | – 0.31                      | – 0.89  | – 1.35       |
|        |              | K4     | – 0.55                      | – 1.11  | – 1.56       |
|        |              | K5     | – 0.85                      | – 1.35  | – 1.86       |
|        |              | M0     | – 1.43                      | – 1.55  | – 2.2        |
|        |              | M1     | – 1.70                      | – 1.72  | – 2.6        |
|        |              | M2     | – 2.03                      | – 1.95  | – 3.0        |
|        |              | M3     | – 2.35                      | – 2.26  | – 3.6        |
|        |              | M4     | – 2.7                       | – 2.72  | – 3.8        |
|        |              | M5     | – 3.1                       | – 3.4   | – 4.0        |

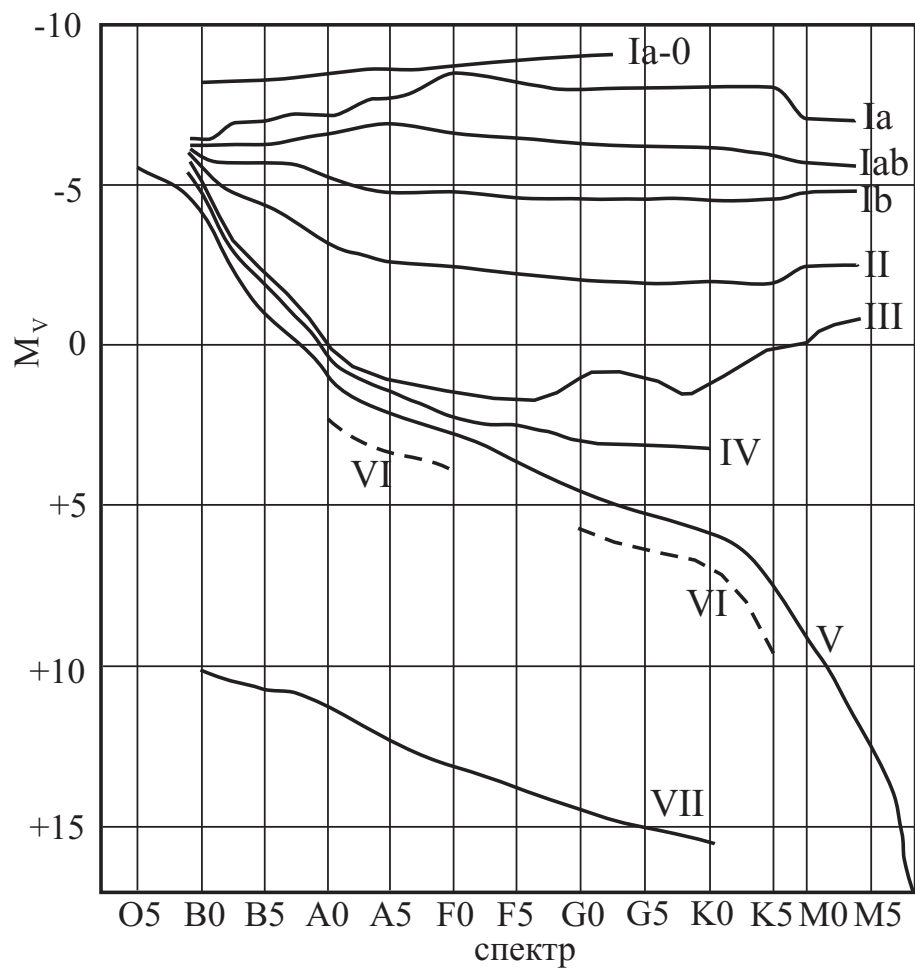


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

| ПЕРИОДЫ | A             | I                 | II              | III             | IV             | V               | VI              | VII           | VIII             | IX               | X            | XI               | XII            |
|---------|---------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|------------------|------------------|--------------|------------------|----------------|
| 1       | (H)           |                   |                 |                 |                |                 |                 |               |                  |                  |              |                  |                |
| 2       | Li<br>Литий   | Be<br>Бериллий    | B<br>Бор        | C<br>Углерод    | N<br>Азот      | O<br>Кислород   | F<br>Фтор       | Ne<br>Неон    | He<br>Гелий      |                  |              |                  |                |
| 3       | Na<br>Натрий  | Mg<br>Магний      | Al<br>Алюминий  | Si<br>Кремний   | P<br>Фосфор    | S<br>Сера       | Cl<br>Хлор      | Ar<br>Аргон   | Ne<br>Неон       |                  |              |                  |                |
| 4       | K<br>Калий    | Ca<br>Кальций     | Sc<br>Скандий   | Ti<br>Титан     | V<br>Ванадий   | Cr<br>Хром      | Mn<br>Марганец  | Fe<br>Железо  | Co<br>Кобальт    | Ni<br>Никель     |              |                  |                |
| 5       | Rb<br>Рубидий | Sr<br>Стронций    | Y<br>Иттрий     | Zr<br>Цирконий  | Nb<br>Ниобий   | Mo<br>Молибден  | Tc<br>Технеций  | Ru<br>Рутений | Rh<br>Родий      | Pd<br>Палладий   |              |                  |                |
| 6       | Cs<br>Цезий   | Ba<br>Барий       | La*<br>Лантан   | Hf<br>Гафний    | Ta<br>Тантал   | W<br>Вольфрам   | Re<br>Рений     | Os<br>Осмий   | Ir<br>Иридий     | Pt<br>Платина    |              |                  |                |
| 7       | Fr<br>Франций | Ra<br>Радий       | Ac**<br>Актиний | Rf<br>Рифтердий | Db<br>Дубний   | Sg<br>Сибиргдий | Bh<br>Борний    | Hs<br>Хассий  | Mt<br>Мейтнерий  | RO <sub>4</sub>  |              |                  |                |
| 8       | Ce<br>Церий   | Pr<br>Прозердий   | Nd<br>Неодим    | Pm<br>Прометий  | Sm<br>Самарий  | Eu<br>Европий   | Gd<br>Гадолиний | Tb<br>Тербий  | Dy<br>Диспрозий  | Ho<br>Гольмий    | Er<br>Эрбий  | Tm<br>Туллий     | Yb<br>Иттербий |
| 9       | Th<br>Торий   | Pa<br>Протактиний | U<br>Уран       | Np<br>Нептуний  | Pu<br>Плутоний | Am<br>Америций  | Cm<br>Кюрий     | Bk<br>Берклий | Cf<br>Калифорний | Es<br>Эйнштейний | Fm<br>Фермий | Md<br>Менделевий | No<br>Нобелий  |

Рис. А.4. Таблица Менделеева.