

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ЗАОЧНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ
SAMRAS-2019

СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 10-11 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 10-11 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 10-11 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

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

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

ИЛИ

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. «Особые астеризмы и их звезды»**

Приведите 3-4 примера известных вам астеризмов, звезды которых принадлежат разным созвездиям. Как называются звезды этих астеризмов. Каким созвездиям они принадлежат? (1 балл за каждый пример).

Задача № 2. «Суточные параллели и альмукантараты звезд»

Чему равна географическая широта точек поверхности Земли, в которых суточные параллели звезд а) параллельны, б) перпендикулярны их альмукантаратам? Чему равна высота полюса мира в этих точках? (3 балла).

Задача № 3. «Терминатор и фаза планеты»

Что такое терминатор? Для каких тел Солнечной системы (назовите их собственные имена), имеющих сферическую форму, терминатор может совпадать с диаметром их видимого диска? (3 балла).

Задача № 4. «Закон обратных квадратов для гелиоцентрической угловой скорости планеты»

Опираясь лишь на качественную формулировку второго закона Кеплера, докажите, что для угловой скорости (определенной относительно Солнца) планеты, движущейся вокруг Солнца, справедлива зависимость вида:

$$\omega_p \sim \frac{1}{r_p^2}, \quad (1)$$

где r_p – гелиоцентрическое расстояние до планеты. (4 балла).

Задача № 5. «Сторона света, меридиан и азимут...»

На рис. 1 представлена фотография участка звездного неба, полученная астрономом-любителем в Подмоскowie, на широте $\varphi = 55.7^\circ$. Определите по фотографии: а) в какую (преимущественно) сторону света был направлен объектив фотоаппарата автора? б) на бумажной копии данной фотографии укажите приближенное положение небесного меридиана, в) оцените азимут



Рис. 1: фотография звездного неба (автор – Алексей Крепак).

направления, вдоль которого ориентирован водный мостик, если известно, что время выдержки затвора для этой фотографии – $t_0 = 110$ с. (5 баллов).

Задача № 6. «Транзит Нептуна в поле зрения телескопа»

Как известно, Нептун движется вокруг Солнца по почти круговой орбите с большой полуосью $a_{\Psi} = 30.10$ а.е., наклонение которой к плоскости эклиптики есть $i_{\Psi} = 1^{\circ}46'$. Астроном-любитель наблюдал эту планету в телескоп с угловым диаметром поля – $D_T'' = 1^{\circ}$ 7 сентября 2018 года, в момент ее противостояния. Оцените минимальное и максимальное возможные значения времени транзита Нептуна в поле зрения телескопа. Считать началом транзита – момент появления диска планеты в поле зрения телескопа, а концом транзита – момент его исчезновения из поля зрения. Угловой диаметр Нептуна принять равным $D_{\Psi} = 2''$. (5 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)

Задача № 7. «Горизонтальные координаты полярной звезды»

В каких пределах изменяются горизонтальные координаты полярной звезды для наблюдателя, находящегося на земном экваторе, если ее полярное расстояние равно $p_* = 44'$? Какова продолжительность ее пребывания над горизонтом в данном месте наблюдения, с учетом явления рефракции? (6 баллов).

Задача № 8. «Фаза классической планеты»

Что такое фаза видимого диска планеты? Какие значения она может принимать для нижних планет Солнечной системы? В каких конфигурациях фаза нижней планеты принимает экстремальные значения? Чему равна фаза нижней планеты в момент ее наибольшей элонгации? Какие значения принимает фаза в случае верхних планет? В каких конфигурациях фаза верхней планеты принимает экстремальные значения? У какой верхней классической планеты некруговая форма видимой части диска наиболее отчетливо выражена в момент ее наименьшей фазы? Чему она равна в приближении круговых орбит планет. (7 баллов).

Задача № 9. «Рокировка "Луна-Меркурий"»

Как известно, Меркурий является наиболее похожей на Луну классической планетой Солнечной системы. Определите геоцентрическое расстояние до данной планеты, на котором его можно было бы спутать с Луной? Чему будет равна при этом его видимая звездная величина в фазе, аналогичной полнолунию? (8 баллов).

Задача № 10. «Массовые потери водяного льда транснептунового объекта»

Далекий транснептуновый объект движется по сильно вытянутой эллиптической орбите. На малой дуге эллипса (части его орбиты, заключенной между точками, где расстояние от Солнца до объекта равно фокальному параметру) он теряет в результате сублимации массу льда m_0 . Чему равна масса льда, теряемого объектом на большой дуге эллипса, заключенного между теми же точками? Считать что процесс сублимации льда не зависит от температуры поверхности ядра и количество теплоты, необходимой для возгонки 1 кг льда в пар равно L . (8 баллов).

Задача № 11. «Правило "600" в астрофотографии»

При создании фотографий небосвода с помощью неподвижного штатива важно добиться выполнения условия "точечности звезд". Данное условие может быть нарушено, если время (τ) выдержки фотоаппарата будет больше некоторого предельного значения ($\tau_{\max}$), в результате чего на фотографии появляются светлые полосы – *звездные треки* (см. рис. 1). Для приближенной оценки времени $\tau_{\max}$ астрономы-любители часто используют правило "600", согласно которому, указанное время определяется формулой:

$$\tau_{\max} = \frac{600 \text{ с}}{F \cdot k}, \quad (2)$$

где F – фокусное расстояние объектива (выраженное в мм), используемого в астрофотосъемке; k – кроп-фактор матрицы (относительно полнокадровой).

Модель	$a \times b$, мм	$n_a \times n_b$	$N, \times 10^6$	k	F , мм	χ^{-1}
Panasonic FZ28	6.16×4.62	3648×2736	10.1	5.67	$4.8 \div 86.4$	$2.8 \div 8.0$
Panasonic FZ82	6.16×4.62	4896×3672	18.1	5.62	$3.58 \div 215$	$2.8 \div 5.9$
Canon 100D + Canon 50mm	22.3×14.9	5184×3456	18.0	1.6	50	1.8
Canon 600D + Yongnuo 35mm	22.3×14.9	5184×3456	18.0	1.6	35	2.0
Canon 70D + SamYang 85mm	22.5×15.0	5472×3648	20.2	1.6	85	1.4
Canon 5D Mark IV + SamYang 135 mm	36×24	6720×4480	30.4	1.6	135	2.0

Таблица 1: некоторые модели фотоаппаратов и их характеристики.

Получите более общую формулу для времени $\tau_{\max}$, в случае зеркальной фотокамеры с N -пиксельной матрицей, размеры которой есть $a \times b$. При съемке небесного тела, склонение которого δ , используется объектив с фокусным расстоянием F и относительным отверстием $\chi = D/F$, где D – диаметр диафрагмы. Для Вас может оказаться полезной *теорема Котельникова*: для получения дискретного изображения одномерного профиля распределения интенсивности образа звезды необходимо не менее 3 пикселей. Постройте формулы, аналогичные (2) для фотоаппаратов и их объективов, представленных в таблице 1. (9 баллов).

Задача № 12. «Разрешающая способность системы "объектив+ПЗС-матрица" в астрофотографии»

Опираясь на данные и результаты решения предыдущей задачи, получите формулу для разрешающей способности оптической системы "объектив+ПЗС-матрица" на примере двойных звезд. При этом следует учесть, что с использованием критерия Релея разрешения двойной звезды и теоремы Котельникова можно строго показать, что для получения дискретного разрешенного изображения одномерного профиля распределения интенсивности света двойной звезды необходимо не менее 7 пикселей. (10 баллов).

Уровень «Профи» (уровень С)

Задача № 13. «Какой объектив для съемки DeepSky-объектов лучше?»

Вашему вниманию в таблице 2 представлен перечень из 10 объективов с байонетом Canon, которые планируется использовать для фотосъемки с неподвижного штатива (без трека) с короткими выдержками (чтобы избежать треков звезд). Выберите три наиболее подходящих объектива для съемки крупных DeepSky-объектов (например, галактики Андромеды). Главное требование к таким объективам – собрать как можно больше световой энергии от слабых источников света, при создании серии из N одинаковых снимков (путем их последующего программного сложения). Масштаб изображения при

№	Модель	F , мм	χ^{-1}	№	Модель	F , мм	χ^{-1}
1	Canon 50mm STM	50	1.8	6	Canon 85mm II L USM	85	1.2
2	Canon 40mm STM	40	2.8	7	Canon 18-55mm STM	18 ÷ 55	3.5 ÷ 5.6
3	Canon 24mm STM	28	2.8	8	SamYang 85mm	85	1.4
4	SamYang 14mm	14	2.8	9	SamYang 135mm	135	2.0
5	Canon EF 85mm USM	85	1.8	10	Sigma 70-300mm APO	70 ÷ 300	4.0 ÷ 5.6

Таблица 2: некоторые модели фотоаппаратов и их характеристики.

съемке непринципиален. Свой выбор обоснуйте строго математически. Как изменится Ваш выбор, если использовать вместе с фотоаппаратом звездный трекер? (11 баллов).

Задача № 14. «Выбор бюджетного рефлектора со сферическим зеркалом»

Одной из первых трудностей, встающих на пути начинающего астронома-любителя, является выбор первого недорогого телескопа с хорошим качеством изображения. Самые дешевые рефракторы-ахроматы страдают от остаточной хроматической аберрации и своими силами ее не устранить! Поэтому естественным образом внимание астронома концентрируется на бюджетных рефлекторах со сферическим зеркалом. Однако, из-за сферической аберрации на его диаметр накладываются жесткие ограничения. Вычислите радиус круга сферической аберрации в фокусе главного сферического зеркала телескопа с диаметром D и фокусным расстоянием F , в случае, когда источником света является звезда, расположенная на главной оптической оси зеркала. Вычислите для телескопа с фокусным расстоянием $F = 0.9$ м максимально допустимый диаметр сферического зеркала, при условии, чтобы радиус круга сферической аберрации должен быть не более чем в 1.8 раза больше радиуса дифракционного круга Эйри на длине волны 555 нм? Какую модель рефлектора (из ныне продающихся в магазинах) Вы посоветуете купить астроному-любителю, опираясь на проведенный анализ? (12 баллов).

Задача № 15. «Плоская Земля и ее толщина»

В настоящее время одним из самых популярных заблуждений об устройстве окружающего мира, бытующих в обществе – это *миф о плоской Земле*. Предположим (от противного), что наша Земля представляет собой безграничный однородной плоский слой вещества толщины L . Полагая, что средняя плотность шарообразной Земли равна плотности слоя, определите (с использованием теоремы Гаусса для напряженности гравитационного поля) величину L , при которой ускорение свободного падения на поверхности плоской Земли будет таким же как и на поверхности шарообразной. (13 баллов).

Задача № 16. «Природа планеты- "бродяги"»

Планета- "бродяга" – это планета, преодолевшая гравитационное притя-

жение материнской звезды и ушедшая в межзвездное пространство. Причиной выхода из планетарной системы, как правило, служит гравитационный маневр, совершаемый близко расположенной планетой-гигантом, подобной Юпитеру. В 2011 году исследования ученых показали, что на данных планетах могут быть условия, пригодные для существования жизни. Как показывают исследования, температура поверхности этих планет является низкой и составляет около $T_s = 30$ К, при этом температура в центре такой планеты может достигать значений $T_c = 10^4$ К. Основным источником энергии в теле таких планет являются реакции радиоактивного распада. Будем представлять планету однородным шаром радиуса R , с равномерным распределением радиоактивного вещества по всему ее объему. Атмосфера у планеты отсутствует и последняя непрерывно излучает энергию в межзвездное пространство. Период полураспада радиоактивных элементов составляет $\tau_{1/2} = 3.76 \cdot 10^8$ лет. Полагая, что поверхность планеты излучает подобно абсолютно черному телу, а поток тепловой энергии внутри данного тела пропорционален радиальному перепаду температуры $\Delta T / \Delta r$, определите:

1. Настоящую температуру в точке планеты, отстоящей от ее центра на $r = R/2$ (4 балла);
2. Температуру на поверхности планеты (T'_s) через 5 млрд лет (5 баллов);
3. Температуру в центре планеты (T'_c) через 5 млрд лет (4 баллов).

Задача № 17. «Миф о плоской Луне»

Сторонники плоской Земли дабы удержать в умах необразованных людей свои парадигмы, предложили новый миф – *миф о плоской Луне*. Согласно их описанию, Луна представляет собой цилиндр, диаметр (D) которого много больше толщины (L), подобно хоккейной шайбе. Эта "шайба" повернута к нам всегда одной стороной. Полагая, что вещество в теле плоской Луны распределено равномерно по всему ее объему, а его плотность равна средней плотности шарообразной Луны (диаметр плоской Луны равен диаметру шарообразной), определите:

1. Толщину "плоской" Луны, если полагать, что силы притяжения, действующие на Землю, со стороны плоской и шарообразной одинаковы. При этом центр Земли находится на оси симметрии тела Луны, на расстоянии, равном большой полуоси лунной орбиты; (4 балла);
2. Массу Луны (2 балла);
3. Ускорение свободного падения у поверхности Луны, вблизи ее геометрического центра (2 балла);
4. Потенциальную энергию гравитационного притяжения Луной пробного тела массы Δm , находящегося на оси симметрии плоской Луны на расстоянии r от ее центра, в предположении, что на бесконечности эта энергия равна нулю (3 балла);

5. Вторую космическую скорость для КА в гравитационном поле Луны, уходящего от ее геометрического центра на бесконечность, вдоль оси симметрии плоской Луны (3 балла).

Задача № 18. «Задача о движении двух гравитирующих тел»

Предположим, что имеется система двух массивных тел со сферически-симметричным распределением вещества, образующих гравитационно связанную устойчивую физическую систему (например, физически двойная звезда). С использованием основных законов механики,

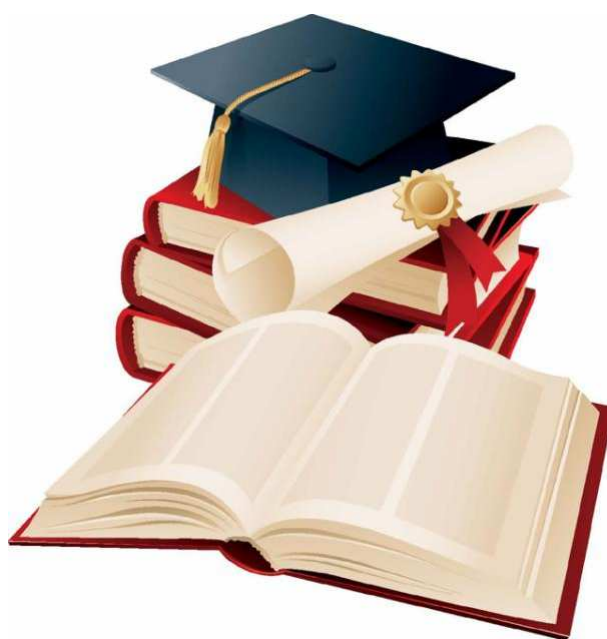
1. Строго докажите, что импульс центра масс данной системы тел является строго сохраняющейся величиной (3 балла);
2. Запишите закон изменения радиуса-вектора ($\vec{R}_c$) центра масс от времени, если в начальный момент его значение было $\vec{R}_c^{(0)}$, а вектора скоростей тел – $\vec{V}_1^{(0)}$, $\vec{V}_2^{(0)}$, массы данных тел – $\mathfrak{M}_1$, $\mathfrak{M}_2$ (2 балла);
3. Представьте радиуса-векторы ($\vec{r}_1$, $\vec{r}_2$) тел в лабораторной системе отсчета (ЛСО), в терминах $\vec{R}_c$ и вектора $\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ (2 балла);
4. Представьте векторы скоростей тел в лабораторной системе отсчета, в терминах скорости центра масс – $\vec{V}_c$ и вектора $d\vec{r}/dt = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$, где $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$ – текущие значения скорости тел в ЛСО (2 балла);
5. Докажите, что полную энергию системы в ЛСО можно представить в виде двух слагаемых: кинетической энергии центра масс системы + полной механической энергии воображаемой материальной точки (μ -точки), масса которой определяется выражением вида:

$$\mu = \frac{\mathfrak{M}_1 \cdot \mathfrak{M}_2}{\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2}. \quad (3)$$

Покажите, что если полная механическая энергия системы является сохраняющейся величиной, то и энергия μ -точки сохраняется. (3 балла);

6. Докажите, что полный момент импульса системы в ЛСО можно представить в виде двух слагаемых: момента импульса центра масс системы + момента импульса μ -точки. Покажите, что если полный момент импульса системы является сохраняющейся величиной, то и момент импульса μ -точки сохраняется. Сделайте вывод о преимуществе такого представления в описании движения. (3 балла).

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 К
- Средний горизонтальный параллакс – $8.794''$
- Солнечная постоянная (во всем спектре)
на расстоянии Земли – 1361 Вт/м^2
- Солнечная постоянная (в видимом свете)
на расстоянии Земли – 600 Вт/м^2

А.3. Данные о Земле

- Эксцентриситет орбиты – 0.017
- Тропический год – 365.24219 сут
- Средняя орбитальная скорость – 29.8 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 – N_2 (78%), 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 альbedo – 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- цен- триси- тет	Наклон к плоскости эклипти- ки	Период обраще- ния	Синоди- ческий 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

А.7. Физические характеристики Солнца и планет

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

А.8. 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.

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

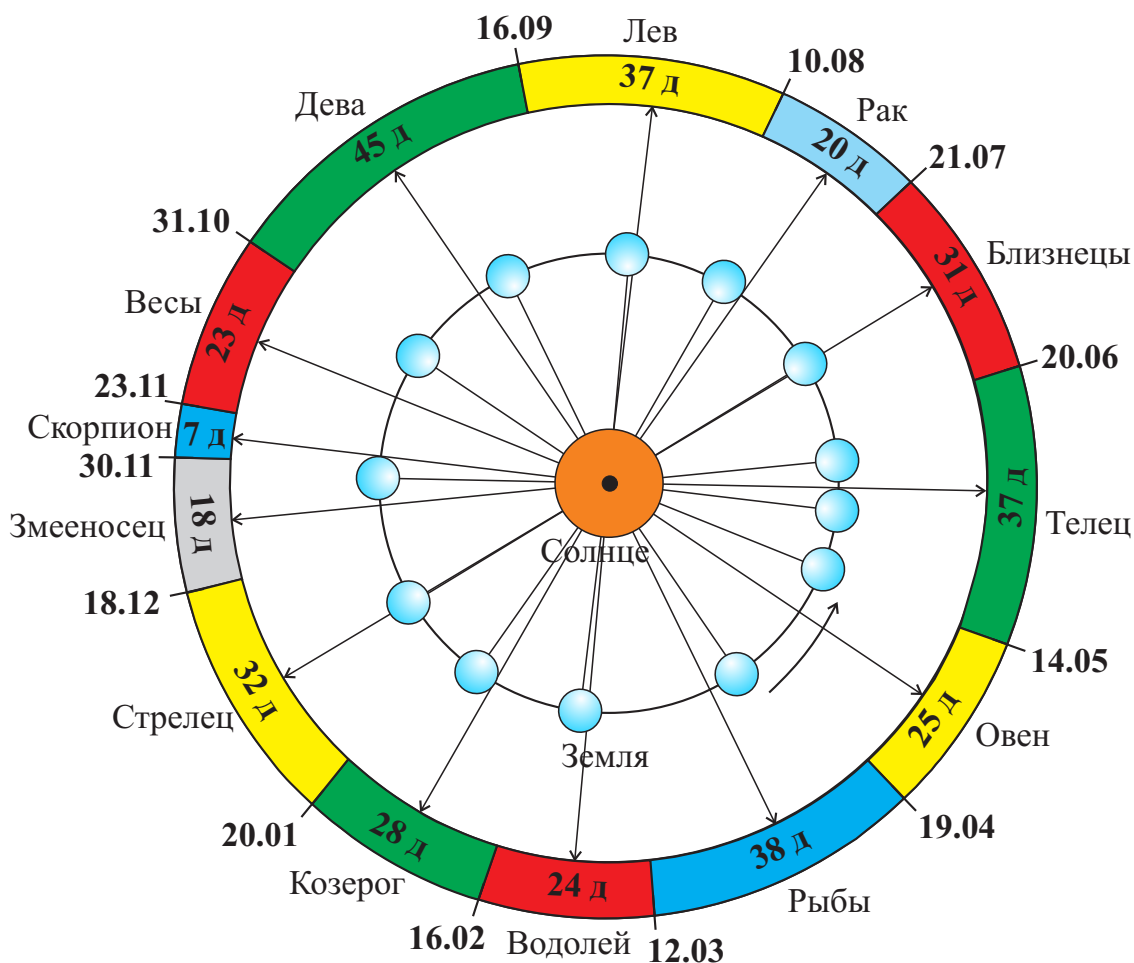


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

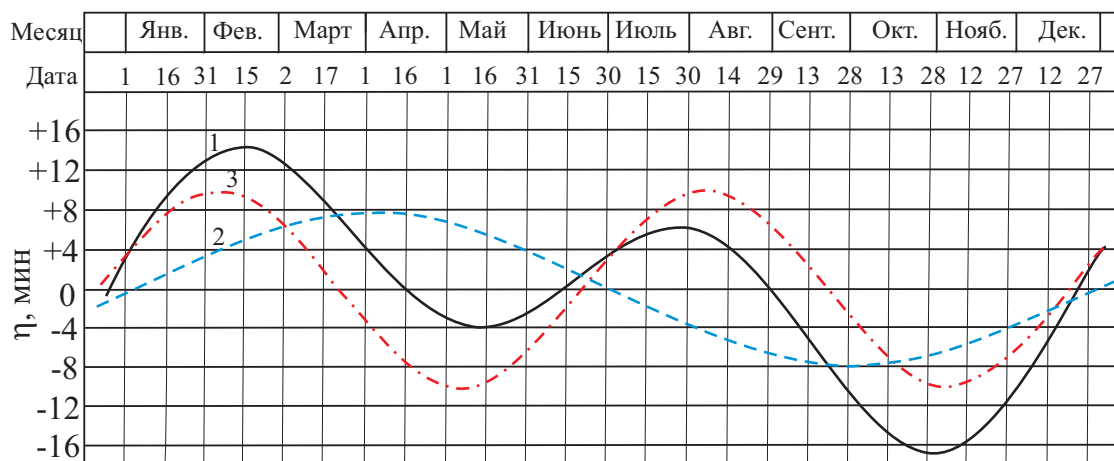


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 — уравнение времени, 2 — уравнение центра, 3 — уравнение от наклона эклиптики.

А.10. Некоторые характеристики звезд

Болометрические поправки ΔM_b

Спектр	ΔM_b	Спектр	ΔM_b		
			Гл. последо- 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

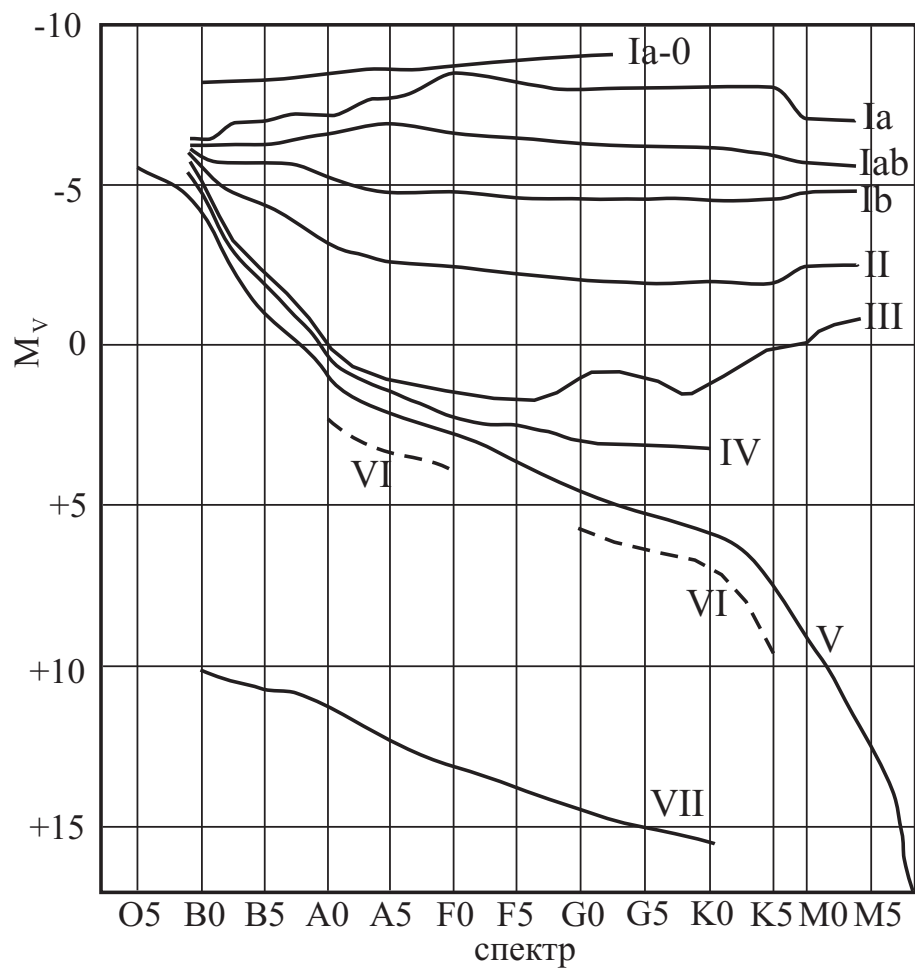


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

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

Рис. А.4. Таблица Менделеева.