

САМАРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ДЛЯ ОДАРЕННЫХ ДЕТЕЙ  
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

---

---

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ  
ОТКРЫТОЙ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ ОЛИМПИАДЫ  
ПО АСТРОНОМИИ им. Ф.А. БРЕДИХИНА  
СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 10-11 КЛАССОВ.  
СЕЗОН: 2023-2024, ТУР № 2

---

---



Самара, 2024 г.

## *Дорогие Друзья!*

Вашему вниманию в данном релизе представлены 10 оригинальных задач двух уровней сложности – «Новичок» (уровень А), «Знаток» (уровень В). 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 различных этапов.*

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

Ссылка: «Условия конкурсных задач заочной олимпиады по астрономии ОМОА им. Ф.А. Бредихина среди обучающихся 10-11 классов. Сезон: 2023-2024, Тур № 2». – <https://sites.google.com/site/samrasolimp/omoa-tasks>

**Памятка участника ОМОА им. Ф.А. Бредихина**

**1. Официальный сайт Астрошколы:**

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

**2. Официальная группа в VK:**

<https://vk.com/bredikhinolimp>

**3. Сроки подачи работ ОМОА им. Ф.А. Бредихина тура № 2 на проверку:**

**15.02.2024-31.03.2024!!!**

**4. Электронный ящик Олимпиады:**

**samrasolimp@mail.ru**

**5. Руководство зарегистрированного участника ОМОА им. Ф.А. Бредихина:**

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

**ИЛИ**

<https://vk.com/bredikhinolimp>

---

---

# УСЛОВИЯ ЗАДАЧ

---

---



Дорогие Друзья!

Прежде чем приступить к решению задач и оформлению отчета участника ОМОА им. Ф.А. Бредихина-2024, **внимательно** ознакомьтесь с «Руководством зарегистрированного участника ОМОА им Ф.А. Бредихина-2024»! Электронный адрес последнего указан в **Памятке участника.**

## Уровень «Новичок» (уровень А)

## №1. «О чудесной Капелле замолвите слово...»

1. Как известно, *Капелла* – одна из ярчайших звезд ночного небосвода. С использованием лишь экваториальных координат данной звезды ( $\alpha_* = 05^{\text{h}}17^{\text{m}}$ ,  $\delta_* = +46^{\circ}00'$ ) и карт звездного небосвода (см. приложение В) определите какому созвездию она принадлежит? (1 балл)

## Варианты ответов:

а) Орион	б) Близнецы	в) Возничий
г) Кит	д) Большой Пес	е) Единорог

Является ли эта звезда заходящей в г. Самаре ( $\varphi_S = 53^{\circ}12'$ ,  $\lambda_S = 50^{\circ}06'$ ). (2 балла)

2. Капелла является физически кратной звездой, состоящей из четырех компонентов. Вторым по яркости компонентом (Капелла Ab) кратной системы является звезда желтого цвета с эффективной температурой поверхности 5730 К. К какому спектральному классу она относится? (1 балл)

## Варианты ответов:

а) O	б) B	в) A	г) F
д) G	е) K	ж) M	–

Оцените светимость компонента Капелла Ab (в светимостях Солнца), если его радиус составляет  $8.83 R_{\odot}$ , где  $R_{\odot}$  – радиус Солнца. (2 балла)

3. Звезде Капелла Ab приписывается индекс III при ее классификации по светимости. К какому классу светимости она относится? (1 балл)

## Варианты ответов:

а) Сверхгигант	б) Карлик	в) Субгигант	г) Субкарлик
д) Яркий гигант	е) Гигант	ж) Белый карлик	–

4. В какое время года условия наблюдений этой звезды являются оптимальными? Дайте развернутый ответ. (3 балла)

## Варианты ответов:

1. Весна	2. Лето	3. Осень	4. Зима
----------	---------	----------	---------

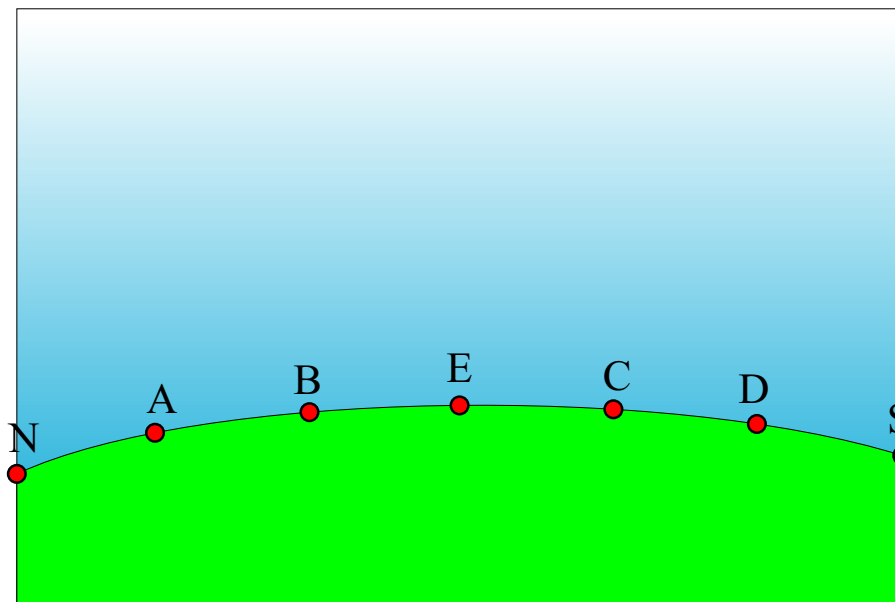


Рис. 1. К определению математического горизонта и его точек.

Следует отметить, что условия наблюдений небесного тела считаются *оптимальными*, если данное тело наблюдается в полночь (при этом Солнце опускается максимально глубоко под горизонт, т.е. находится в *нижней кульминации*) на наибольшей высоте над горизонтом (находится в своей *верхней кульминации*). Для ответа на данный вопрос Вам может оказаться полезной диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике (см. рис. А.1 приложения А).

### №2. «Точки восхода Солнца и его движение по небосводу»

На рис. 1 представлена восточная часть математического горизонта для жителя средних широт северного географического полушария с указанием сторон света: севера ( $N$ ), юга ( $S$ ), востока ( $E$ ) и четырех точек восхода Солнца (достигаемых последним в разные моменты года):  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ , при этом две из них являются пограничными  $A$  и  $D$ . В какой точке математического горизонта восходит Солнце:

1. В день летнего солнцестояния? (1 балл)
2. В самый короткий день года в данной точке поверхности Земли? (1 балл)
3. 25 апреля каждого года? (1 балл)
4. Какой знак имеет склонение Солнце в тот момент, когда оно восходит в точке  $C$ ? (1 балл)
5. Чему равен азимут точки  $A$ , если полагать, что угловое расстояние между любыми двумя соседними точками горизонта одно и тоже? (1 балл)
6. Какому интервалу может принадлежать часовой угол Солнца в момент его восхода в точке  $B$ ? (1 балл)

#### Варианты ответов:

а) $0^h \div 6^h$	б) $6^h \div 12^h$	в) $12^h \div 18^h$	г) $18^h \div 24^h$
-------------------	--------------------	---------------------	---------------------

7. Оцените широту (в градусах) места наблюдения, где возможно такое

положение точек восхода Солнца. (2 балла)

8. Какова продолжительность пребывания Солнца над горизонтом, если оно восходит в точке  $C$ ? (1 балл)

**Варианты ответов:**

а) $0^h \div 6^h$	б) $6^h \div 12^h$	в) $12^h \div 18^h$	г) $18^h \div 24^h$
-------------------	--------------------	---------------------	---------------------

9. Какому интервалу должна принадлежать величина дуги суточной параллели, которую описывает Солнце над горизонтом, если она проходит через точку  $D$ ? (1 балл)

**Варианты ответов:**

а) $0^\circ \div 90^\circ$	б) $90^\circ \div 180^\circ$	в) $180^\circ \div 270^\circ$	г) $270^\circ \div 360^\circ$
----------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

### №3. «Кинематика движения планет в различных конфигурациях»

Как известно, классические планеты с поверхности Земли наблюдаются в различных конфигурациях. При этом в их движении есть ряд особенностей. Ответьте на следующие вопросы.

1. Какое движение имеет Меркурий относительно звезд в окрестности своей наибольшей восточной элонгации? (1 балл)

а) Прямое	б) Попытное
-----------	-------------

2. В какой конфигурации Венера находится в попытном движении относительно звезд? (1 балл)

а) Верхнее соединение	б) Нижнее соединение	в) Западная квадратура	г) Восточная элонгация
д) Соединение	е) Противостояние	ж) Восточная квадратура	з) Западная элонгация

Чему при этом равна ее геоцентрическая угловая скорость? Ответ представить в  $^\circ/\text{сут.}$  (2 балла)

3. В какой конфигурации Сатурн находится в попытном движении относительно звезд? (1 балл)

а) Верхнее соединение	б) Нижнее соединение	в) Западная квадратура	г) Восточная элонгация
д) Соединение	е) Противостояние	ж) Восточная квадратура	з) Западная элонгация

Чему при этом равна его геоцентрическая угловая скорость? Ответ представить в  $^\circ/\text{сут.}$  (2 балла)

4. Какое движение имеет Венера в верхнем соединении относительно Солнца? (1 балл)

а) Прямое	б) Попытное
-----------	-------------

Чему при этом равна ее геоцентрическая угловая скорость удаления от Солнца? Ответ представить в  $^\circ/\text{сут.}$  (2 балла)

5. Какое движение в соединении с Солнцем имеет Юпитер относительно центрального светила? (1 балл)

а) Прямое	б) Попытное
-----------	-------------

Чему при этом равна его геоцентрическая угловая скорость удаления от Солнца? Ответ представить в  $^{\circ}/\text{сут.}$  (2 балла)

#### №4. «Ночной астропейзаж»

На рис. 2 представлена фотография в стиле «ночной астропейзаж». Ответьте на следующие вопросы задачи.

1. Какие типы объектов космоса отчетливо просматриваются на фотографии? (1/3 балла за каждый правильно названный тип объекта)

а) Звезда	б) Астероид	в) Комета	г) Планета
д) Звездное скопление	е) Туманность	ж) Галактика	з) Скопление галактик

2. Оцените расстояние (в метрах) между автором фотографии и человеком в кадре в момент съемки. Заметим, что над каменным "островом" расположен Сатурн в окрестности своего противостояния (видимая звездная величина которого в это момент составляла  $-0.24^m$ ). В руке позирующего человека лежал смартфон, который в момент получения кадра сделал вспышку в видимом свете мощностью в 1 Вт и продолжительностью  $10^{-2}$  с. При этом время выдержки кадра составила 30 с. (3 балла)

3. Определите высоту (в градусах) Сатурна над горизонтом, если рост позирующего человека составляла 1.92 м. (3 балла)

### Уровень «Знаток» (уровень В)

#### №5. «Минимальное количество кадров и область перехлестов»

Школьник, путешествуя по миру вместе с родителями, решил с помощью зеркальной фотокамеры (размеры прямоугольной матрицы которой –  $22.5 \times 15$  мм) выполнить ночную фотосъемку всего небосвода Земли. Вместе с камерой он использовал съемный объектив с фокусным расстоянием 135 мм. Определите:

1. Минимально возможное количество кадров  $N_{\min}$ , которые следует сделать школьнику на практике для достижения поставленной цели. (6 баллов)

2. При съемке небосвода неизбежно возникают перехлесты полей соседних кадров, когда на каждом из соседних кадров отображается один и тот же участок небосвода. Определите телесный угол, соответствующий суммарной области перехлестов всех  $N_{\min}$  кадров. Какую долю этот угол составляет от телесного угла, соответствующего всей небесной сфере? (5 баллов)

#### №6. «Луна на новой орбите»

На рис. 3 представлен коллаж, полученный простым наложением кадров. Кадр с городской панорамой был получен с помощью цифровой зеркальной



Рис. 2. Фоторабота «В погоне за звездами» от Ruben. Почетное место конкурса "Индийский астрофотограф 2023 года" в категории "Ночной пейзаж".

камеры с объективом, фокусное расстояние которого  $f_1 = 18$  мм. Кадр с Луной был получен с помощью той же камеры и объективом-телескопом с фокусным расстоянием  $f_2 = 1200$  мм. Предположим, что Луна приблизилась





Рис. 3. К определению коллажа "Фантастическая Луна над ночным городом". Автор: Александр Андреев.

к Земле (в результате внешнего воздействия) и ее угловые размеры в точности соответствуют представленному образу на фотографии. Ответьте на следующие вопросы. Определите:

1. Угловой диаметр Луны (в градусах) в этом случае. Какую часть неба при этом покрывает диск Луны? (3+1 балл)

2. Радиус (в км) новой круговой орбиты Луны и период (в часах) ее обращения вокруг центра масс системы «Земля-Луна», если полагать, что ее новый угловой диаметр соответствует ее наблюдению в подлунной точке. (2+2 балла)

3. Минимальный размер (в км) формы рельефа поверхности Луны, которая уже может быть разрешена невооруженным глазом, при ее наблюдении в подлунной точке (и надлежащем освещении солнечным светом), если разрешающая способность человеческого глаза равна  $1'$ . (2 балла)

4. Оцените, во сколько раз изменилось отношение освещенностей (при переходе Луны на новую орбиту), создаваемых областями поверхности Луны, непосредственно освещенными солнечным светом и видимыми в пепельном свете для земного наблюдателя? (2 балла)

#### **№7. «Приливы Солнца – источник разрушения двойных систем»**

Как известно, приливное действие массивного тела на протяженную физическую систему, благодаря неоднородности его гравитационного поля, может приводить к изменению формы последней и даже ее разрушению. Определи-

те, на каком минимальном гелиоцентрическом расстоянии (в км и а.е.) пара гравитирующих тел, еще сохранит свою целостность под действием приливных сил Солнца? В качестве такой пары рассмотрите: а) систему «Плутон-Харон», б) систему «Земля-Луна». (14 баллов)

### №8. «Эллипсоидальная планета и ее свойства»

Имеется планета массы  $\mathcal{M}_p$ , форма которой представляет собой эллипсоид вращения, вращающийся вокруг малой оси ( $OY$ , см. рис. 4) с периодом  $T$ . Доминирующая часть массы планеты сосредоточена в компактном ядре радиуса  $\mathcal{R}_N$  (см. рис. 4, здесь закрашенный кружок – компактное ядро), который существенно меньше известного значения экваториального радиуса планеты  $\mathcal{R}_e$ .

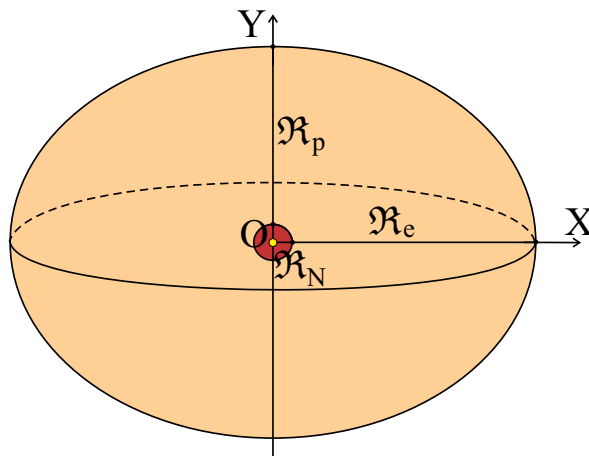


Рис. 4. К определению внутренней структуры

1. Определите полярный радиус тела планеты.

$\mathcal{R}_p$  планеты, как функцию известных параметров  $\mathcal{M}_p$ ,  $\mathcal{R}_e$ ,  $T$ . (6 баллов)

2. С использованием данных для экваториального и полярного радиусов восьми классических планет, представленных в табл. 1, вычислите экспериментальное значение  $k_{\text{exp}}$  сжатия планеты, определяемое по формуле: (2 балла)

$$k = \frac{\mathcal{R}_e - \mathcal{R}_p}{\mathcal{R}_e}. \quad (1)$$

3. Вычислите также модельное сжатие  $k_{\text{theor}}$ , полученное на основе данных значений  $\mathcal{R}_e$  и значений  $\mathcal{R}_p$ , вычисленных на основе результата 1-го пункта. Рассчитайте также относительное отклонение

$$\eta = \frac{k_{\text{theor}} - k_{\text{exp}}}{k_{\text{exp}}}. \quad (2)$$

Для какой классической планеты данная модель планеты дает наиболее точный прогноз для  $k_{\text{exp}}$ ? (3 балла)

4. Получите аналитическое выражение для средней массовой плотности планеты-эллипсоида  $\rho_{\text{el}}$  в терминах известных величин. Выполните численный анализ искомой величины для восьми классических планет. Для какой планеты ее осевое вращение приводит к наибольшему отклонению результата  $\rho_{\text{el}}$  от соответствующего значения плотности  $\rho_{\text{sh}}$  для планеты-шара радиуса  $\mathcal{R}_e$ ? Для ответа на последний вопрос следует проанализировать значения величины: (3 балла)

$$\xi = \frac{\rho_{\text{el}} - \rho_{\text{sh}}}{\rho_{\text{sh}}}. \quad (3)$$

Планета	$\mathcal{R}_e$ , км	$\mathcal{R}_p$ , км	$\mathcal{R}_p^{(\text{theor})}$ , км	$k_{\text{exp}}$	$k_{\text{theor}}$	$\eta$	$\rho_{\text{el}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\xi$
Меркурий	2439.7	2439.7						
Венера	6051.8	6051.8						
Земля	6378.1	6356.8						
Марс	3396.2	3376.2						
Юпитер	71492	66854						
Сатурн	60268	54364						
Уран	25559	24973						
Нептун	24764	24341						

Таблица 1. Основные экспериментальные/теоретические результаты для восьми классических планет.

Полученные результаты занесите в табл. 1.

### №9. «Съемка на азимутальной монтировке и "вращение поля"»

Один из самых бюджетных сетапов, используемых сегодня многими любителями в астрофотографии глубокого космоса, является астрокамера с кроп-матрицей размерами  $a \times b = 22.5 \times 15$  мм, объективом с фокусным расстоянием  $f = 135$  мм, установленная на азимутальной монтировке-роботе AZ Go-To, способной обеспечить длительное ведение/гидирование камеры за небесным объектом. Однако при съемке с монтировки именно такого типа возникает проблема "вращения поля". Суть данной проблемы в следующем. В результате суточного вращения Земли, протяженные участки небосвода с течением времени своего нахождения над горизонтом изменяют свою ориентацию по отношению к горизонту. Данная монтировка позволяет вести оптическую ось объектива камеры за снимаемым объектом, при этом ориентация матрицы не меняется по отношению к горизонту с течением времени. Это приводит к повороту снимаемого участка небосвода относительно оптической оси объектива камеры с течением времени. При съемке объектов глубокого космоса необходимо использование больших выдержек. Однако при длительной выдержке, поворот снимаемого участка небосвода в поле зрения камеры становится столь заметным, что точечные звезды превращаются в протяженные треки («потянутые звезды»). Последний феномен приводит к смазу всей картины и порче кадра. *Определите:*

1. Максимально возможное значение времени (в секундах) выдержки, при котором во всем поле кадра отсутствовали бы «потянутые звезды»? (7 баллов)

2. Угловой радиус (в градусах) круговой части поля зрения камеры, как функцию времени выдержки, в пределах которой отсутствуют «потянутые звезды». Постройте соответствующий график зависимости. (7 баллов)

Примечание. При решении задачи может оказаться полезным следствие теоремы Котельникова (Найквиста-Шеннона), согласно которому, для формирования элементарного цифрового изображения звезды необходимо использование не менее 3 пикселей матрицы.

**№10. «Луна на новой орбите-2»**

С использованием условия задачи №5 настоящего релиза и результатов ее решения

**Определите:**

1. Максимальную угловую скорость видимого перемещения Луны по небосводу для земного наблюдателя. (1 балл)

2. На каком расстоянии от центра Земли в этом случае должен располагаться центр масс данной пары тел? (1 балл)

3. Максимальную продолжительность полного солнечного затмения Луной на новой орбите. Здесь и далее следует полагать, что последняя лежит в плоскости эклиптики. (3 балла)

4. Максимальное возможное значение площадной фазы Луны, освещенной солнечным светом. (2 балла)

5. Максимальную продолжительность полного лунного затмения Землей на ее новой орбите. (3 балла)

**Оцените:**

7. Высоту приливного горба, возникающего в океане Земли под действием приливных сил Луны на новой орбите. (2 балла)

8. Радиус полости Роша для Луны в гравитационном поле Земли. Выясните, способна ли Луна, в принципе, пребывать на таком расстоянии от Земли, не теряя своей целостности. (3 балла)

В расчетах следует полагать все орбиты круговыми, лежащими в одной плоскости. Продолжительность звездного года считать неизменной.

---

---

---

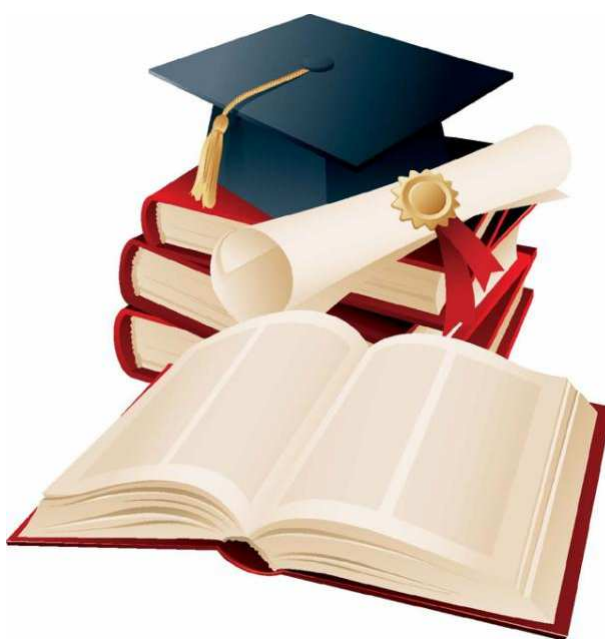
---

---

# 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 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		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический 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		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометрич. альбедо	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
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. альbedo	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

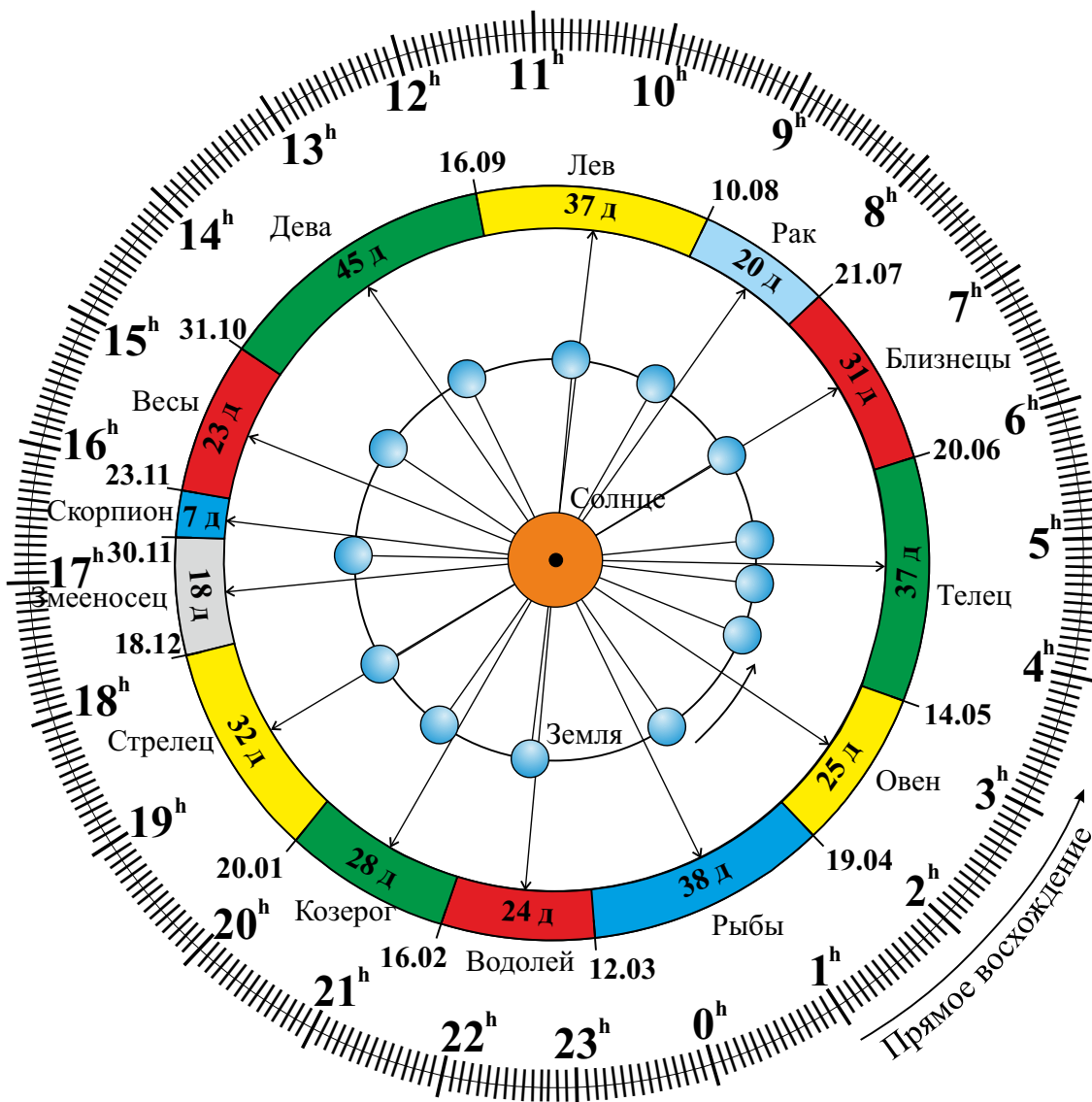


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

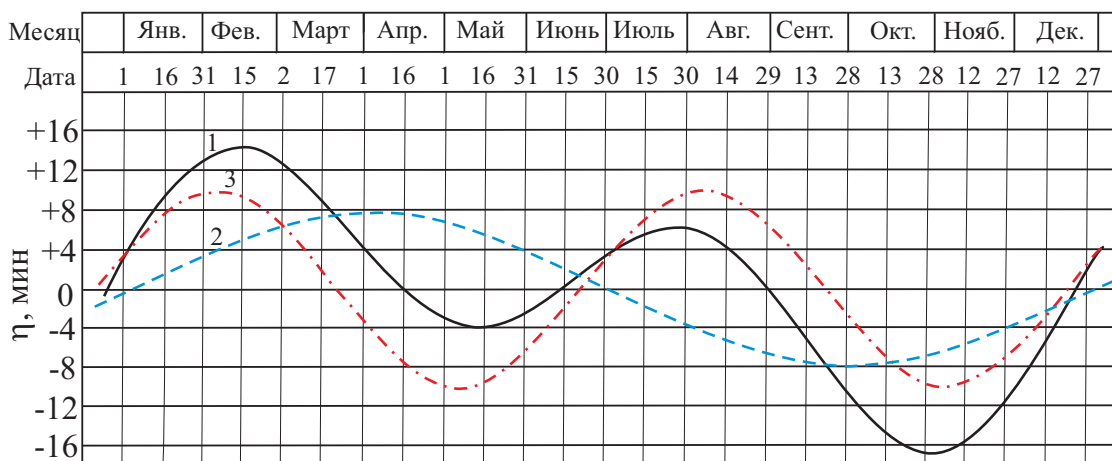


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

## А.10. Яркие звезды ночного небосвода

### Топ-25 ярчайших звезд ночного небосвода

№	Название	$\alpha$	$\delta$	$r$ , св.л.	$m$ , <sup>m</sup>	$M$ , <sup>m</sup>	Сп. кл.	Полушарие и № в нем
1	Сириус ( $\alpha$ Большого Пса)	06 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup>	-16°42'58"	8.6	-1.46	1.4	A1Vm	Южное (01)
2	Канопус ( $\alpha$ Киля)	06 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup>	-52°41'45"	310	-0.72	-5.53	A9II	Южное (02)
3	Ригил(A)/Толлиман(B) ( $\alpha$ Центавра АВ)	14 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>	-60°50'15"	4.3	-0.27	4.06	G2V + K1V	Южное (03)
4	Арктур ( $\alpha$ Волосаса)	14 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	19°10'57"	36.7	-0.05	-0.3	K1.5IIIp	Северное (01)
5	Вега ( $\alpha$ Лир)	18 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup>	38°47'01"	25	0.03 <sup>v</sup>	0.6	A0Va	Северное (02)
6	Капелла ( $\alpha$ Возничего)	05 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup>	45°59'53"	42.2	0,08	-0.5	G6III + G2III	Северное (03)
7	Ригель ( $\beta$ Ориона)	05 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup>	-08°12'06"	870	0.12 <sup>v</sup>	-7.84	B8Iae	Южное (04)
8	Процион ( $\alpha$ Малого Пса)	07 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup>	+05°13'30"	11.4	0.38	2.6	F5IV-V	Северное (04)
9	Ахернар ( $\alpha$ Эридана)	01 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	-57°14'12"	139	0.46	-1.3	B3Vnp	Южное (05)
10	Бетельгейзе ( $\alpha$ Ориона)	05 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	07°24'25"	530	0.50 <sup>v</sup>	-5.14	M2Iab	Северное (05)
11	Хадар ( $\beta$ Центавра)	14 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup>	-60°22'23"	400	0.61 <sup>v</sup>	-5.4	B1III	Южное (06)
12	Альтаир ( $\alpha$ Орла)	19 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup>	08°52'06"	16.8	0.77	2.3	A7Vn	Северное (06)
13	Акрукс ( $\alpha$ Южного Креста)	12 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup>	-63°05'57"	321	0.77	-4.1	B0.5IV + B1Vn	Южное (07)
14	Альдебаран ( $\alpha$ Тельца)	04 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup>	16°30'33"	65	0.85 <sup>v</sup>	-0.3	K5III	Северное (07)
15	Антарес ( $\alpha$ Скорпиона)	16 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup>	-26°25'55"	610	0.96 <sup>v</sup>	-5.2	M1.5Iab	Южное (08)
16	Спика ( $\alpha$ Девы)	13 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>	-11°09'41"	250	0.98 <sup>v</sup>	-3.2	B1V	Южное (09)
17	Поллукс ( $\beta$ Близнецов)	7 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup>	28°01'34"	33.7	1.14	0.7	K0IIIb	Северное (08)
18	Фомальгаут ( $\alpha$ Южной Рыбы)	22 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup>	-29°37'20"	25	1.16	2.0	A3Va	Южное (10)
19	Мимоза ( $\beta$ Южного Креста)	12 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	-59°41'19"	353	1.25 <sup>v</sup>	-4.0	B0.5III	Южное (11)

## Топ-25 ярчайших звезд ночного небосвода (продолжение)

20	Денеб ( $\alpha$ Лебедя)	20 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup>	45°16'49"	1550	1.25	-8.38	A2Ia	Северное (09)
21	Регул ( $\alpha$ Льва)	10 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup>	11°58'02"	77	1.35	-0.5	B7Vn	Северное (10)
22	Адара ( $\epsilon$ Большого Пса)	06 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup>	-28°58'19"	400	1.50	-4.8	B2II	Южное (12)
23	Кастор ( $\alpha$ Близнецов)	07 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup>	31°53'18"	51.5	1.57	0.5	A1V + A2V	Северное (11)
24	Гакрукс ( $\gamma$ Южного Креста)	12 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	-57°06'48"	88	1.63 <sup>v</sup>	-1.2	M3.5III	Южное (13)
25	Шаула ( $\lambda$ Скорпиона)	17 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup>	-37°06'13"	365	1.63 <sup>v</sup>	-3.5	B1.5IV	Южное (14)

## А.11. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела, болометрические поправки

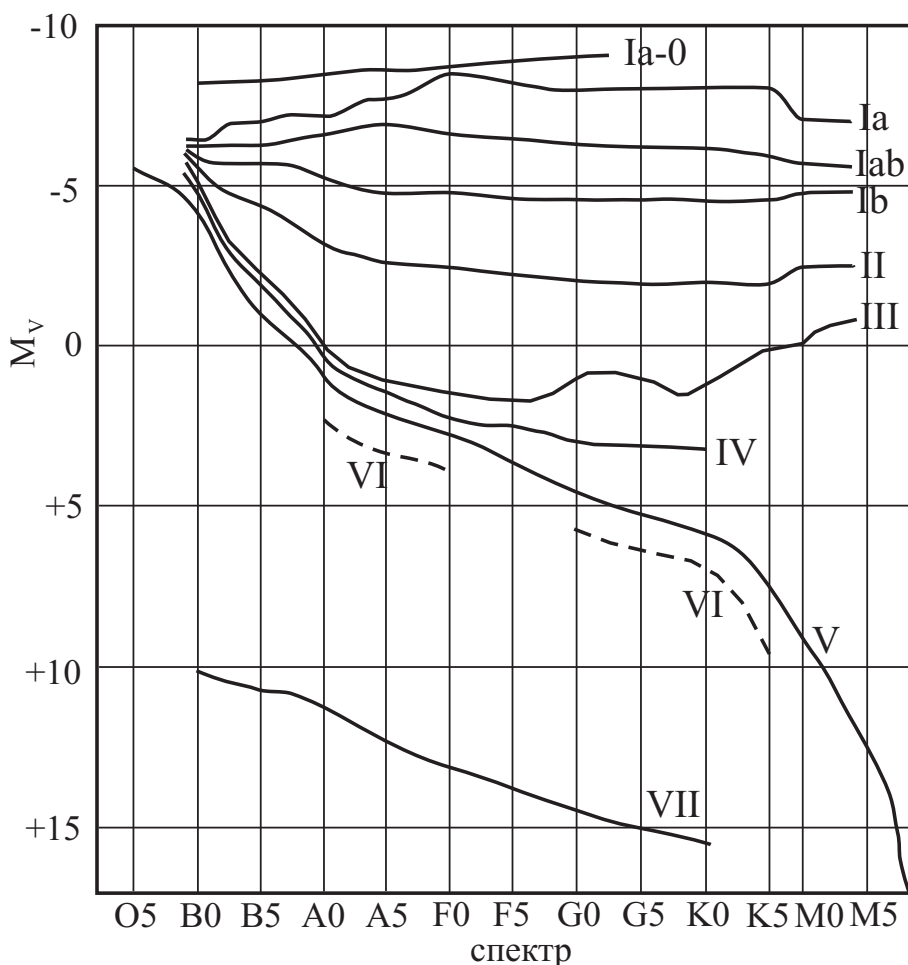


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

Болометрические поправки  $\Delta M_b$ 

Спектр	$\Delta M_b$	Спектр	$\Delta M_b$		
			Гл. последовательность	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

### А.12. Статистика распределения звезд по звездным величинам

$m$	Кол-во звезд	$m$	Кол-во звезд	$m$	Кол-во звезд, $\times 10^6$	$m$	Кол-во звезд, $\times 10^6$
$0^m$	4	$5^m$	1602	$10^m$	0.340	$15^m$	36.9
$1^m$	15	$6^m$	4800	$11^m$	0.927	$16^m$	83.7
$2^m$	48	$7^m$	14000	$12^m$	2.46	$17^m$	182
$3^m$	171	$8^m$	42000	$13^m$	6.29	$18^m$	374
$4^m$	513	$9^m$	121000	$14^m$	15.5	$19^m$	733

Примечание: здесь указано количество звезд на всем небосводе, имеющих блеск ярче указанной звездной величины, согласно Star Numbers, 2001.

### А.13. Таблица Менделеева

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	A I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		B					
	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar		He				
1	3 6.941 Lithium Литий	4 9.0122 Beryllium Бериллий	5 10.811 Boron Бор	6 12.011 Carbonium Углерод	7 14.007 Nitrogenium Азот	8 15.999 Oxygenium Кислород	9 18.998 Fluorium Фтор	10 20.179 Neon Неон	11 22.99 Sodium Натрий	12 24.305 Magnesium Магний	13 26.9815 Aluminium Алюминий	14 28.086 Silicium Кремний	15 30.974 Phosphorus Фосфор	16 32.066 Sulfur Сера	17 35.453 Chlorium Хлор	18 39.948 Argon Аргон	19 39.948 Helium Гелий	20 4.002602 Helium Гелий				
2	11 22.99 Sodium Натрий	12 24.305 Magnesium Магний	13 26.9815 Aluminium Алюминий	14 28.086 Silicium Кремний	15 30.974 Phosphorus Фосфор	16 32.066 Sulfur Сера	17 35.453 Chlorium Хлор	18 39.948 Argon Аргон	19 39.948 Potassium Калий	20 40.08 Calcium Кальций	21 44.956 Scandium Скандий	22 47.90 Titanium Титан	23 50.941 Vanadium Ванадий	24 51.996 Chromium Хром	25 54.938 Manganese Марганец	26 55.847 Iron Железо	27 58.933 Cobaltum Кобальт	28 58.70 Niccolum Никель				
3	19 39.098 Potassium Калий	20 40.08 Calcium Кальций	21 44.956 Scandium Скандий	22 47.90 Titanium Титан	23 50.941 Vanadium Ванадий	24 51.996 Chromium Хром	25 54.938 Manganese Марганец	26 55.847 Iron Железо	27 58.933 Cobaltum Кобальт	28 58.70 Niccolum Никель	29 63.546 Cuprum Медь	30 65.39 Zincum Цинк	31 69.72 Gallium Галлий	32 72.59 Germanium Германий	33 74.992 Arsenicum Мышьяк	34 78.96 Selenium Селен	35 79.904 Bromum Бром	36 83.80 Kryptonum Криптон	37 85.468 Rubidium Рубидий			
4	29 63.546 Cuprum Медь	30 65.39 Zincum Цинк	31 69.72 Gallium Галлий	32 72.59 Germanium Германий	33 74.992 Arsenicum Мышьяк	34 78.96 Selenium Селен	35 79.904 Bromum Бром	36 83.80 Kryptonum Криптон	37 85.468 Rubidium Рубидий	38 87.62 Strontium Стронций	39 88.906 Yttrium Иттрий	40 91.22 Zirconium Цирконий	41 92.906 Niobium Нибобий	42 95.94 Molybdenum Молибден	43 97.91 Technetium Технеций	44 101.07 Ruthenium Рутений	45 102.905 Rhodium Родий	46 106.4 Palladium Палладий	47 107.868 Silverum Серебро			
5	47 107.868 Silverum Серебро	48 112.41 Cadmium Кадмий	49 114.82 Indium Индий	50 118.71 Tinnum Олово	51 121.75 Antimony Сурьма	52 127.60 Tellurium Теллур	53 126.9045 Iodum Иод	54 131.29 Xenonum Ксенон	55 132.905 Cesiumum Цезий	56 137.33 Bariumum Барий	57 138.9055 Lanthanum Лантан	58 144.91 Ceriumum Церий	59 140.908 Praseodymium Прозачдий	60 144.24 Neodymium Неодим	61 144.91 Promethium Прометий	62 150.36 Europiumum Европий	63 151.96 Gadolinium Гадолиний	64 157.25 Terbiumum Тербий	65 158.926 Dysprosium Диспрозий			
6	55 132.905 Cesiumum Цезий	56 137.33 Bariumum Барий	57 138.9055 Lanthanum Лантан	58 144.91 Ceriumum Церий	59 140.908 Praseodymium Прозачдий	60 144.24 Neodymium Неодим	61 144.91 Promethium Прометий	62 150.36 Europiumum Европий	63 151.96 Gadolinium Гадолиний	64 157.25 Terbiumum Тербий	65 158.926 Dysprosium Диспрозий	66 162.50 Holmiumum Гольмий	67 164.930 Erbiumum Эрбий	68 167.26 Thuliumum Тулий	69 168.934 Ytterbiumum Иттербий	70 173.04 Lucentiumum Лютеций	71 174.967 Lutetiumum Лютеций	72 175.04 Hafniumum Гафний	73 178.49 Tantalumum Тантал	74 180.9479 Tungstenum Вольфрам		
7	79 196.967 Aurum Золото	80 200.59 Mercuryum Ртуть	81 204.38 Thalliumum Таллий	82 207.19 Leadum Свинец	83 208.980 Bismuthum Висмут	84 209.99 Poloniumum Полоний	85 209.99 Astatiumum Астат	86 210 Radonum Радон	87 223 Franciumum Франций	88 226 Radiumum Радий	89 227 Actiniumum Актиний	90 232 Thoriumum Торий	91 231.04 Protactiniumum Протактиний	92 238.03 Uraniumum Уран	93 237.05 Neptuniumum Нептуний	94 244.06 Plutoniumum Плутоний	95 244.06 Americiumum Америций	96 247.07 Curiumum Кюрий	97 247.07 Berkeliumum Берклиний	98 251.08 Californiumum Калифорний		
формлы летучих оксидов	R <sub>2</sub> O		RO		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		RO <sub>2</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		RH <sub>3</sub>		RH <sub>2</sub>		RO <sub>3</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		RO <sub>4</sub>			
формлы летучих оксидов	R <sub>2</sub> O		RO		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		RO <sub>2</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		RH <sub>3</sub>		RH <sub>2</sub>		RO <sub>3</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		RO <sub>4</sub>			
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce		Pr		Nd		Pm		Sm		Eu		Gd		Tb		Dy		Ho		Er	
АКТИНОИДЫ**	Th		Pa		U		Np		Pu		Am		Cm		Bk		Cf		Es		Fm	

Символ элемента, Относительная атомная масса, Порядковый номер

Название элемента, Распределение электронов на энергетических уровнях

Рис. А.4. Таблица Менделеева.

## В.1. Карты звездного неба

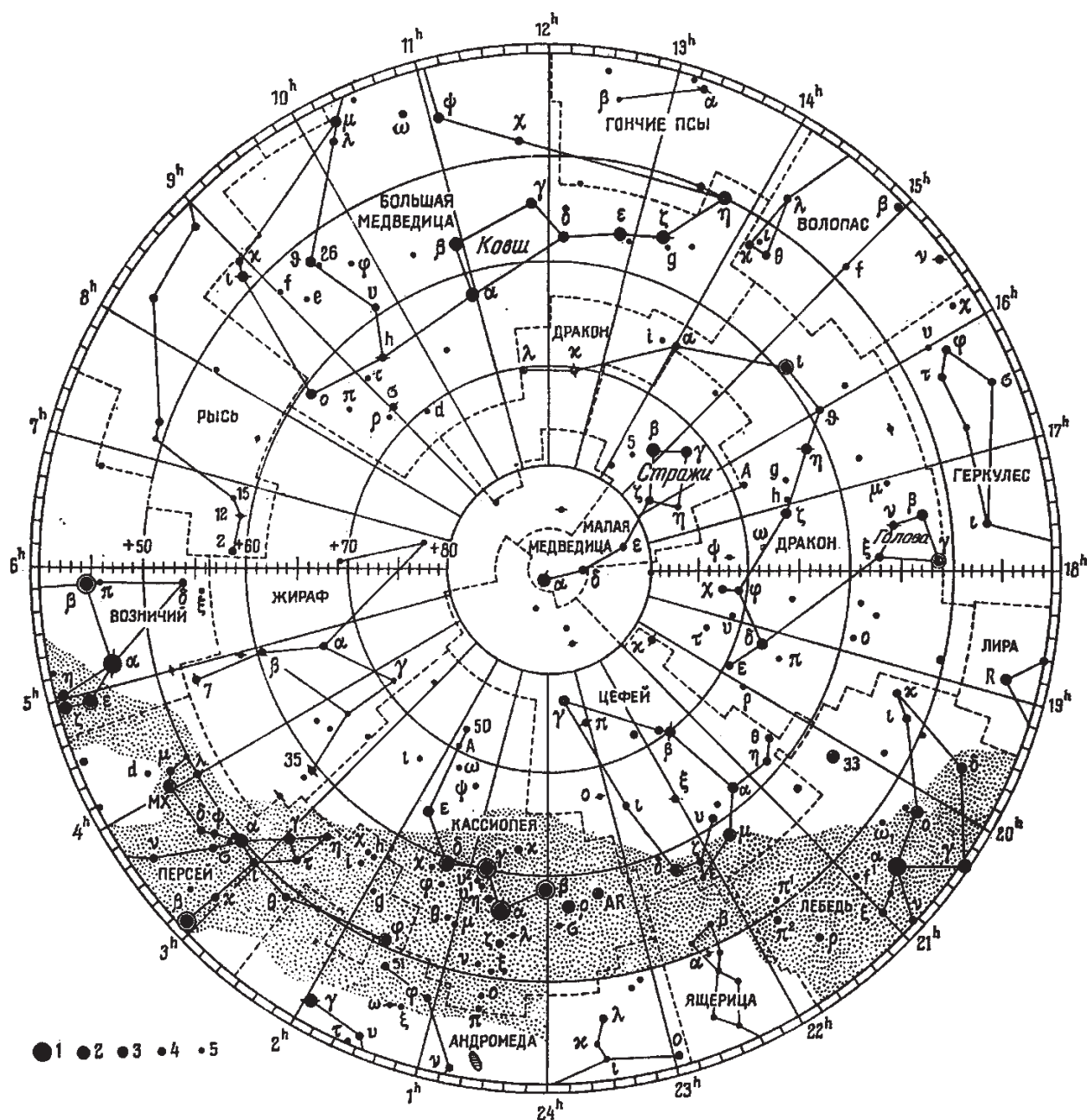


Рис. В.1. Карта северной околополярной области.

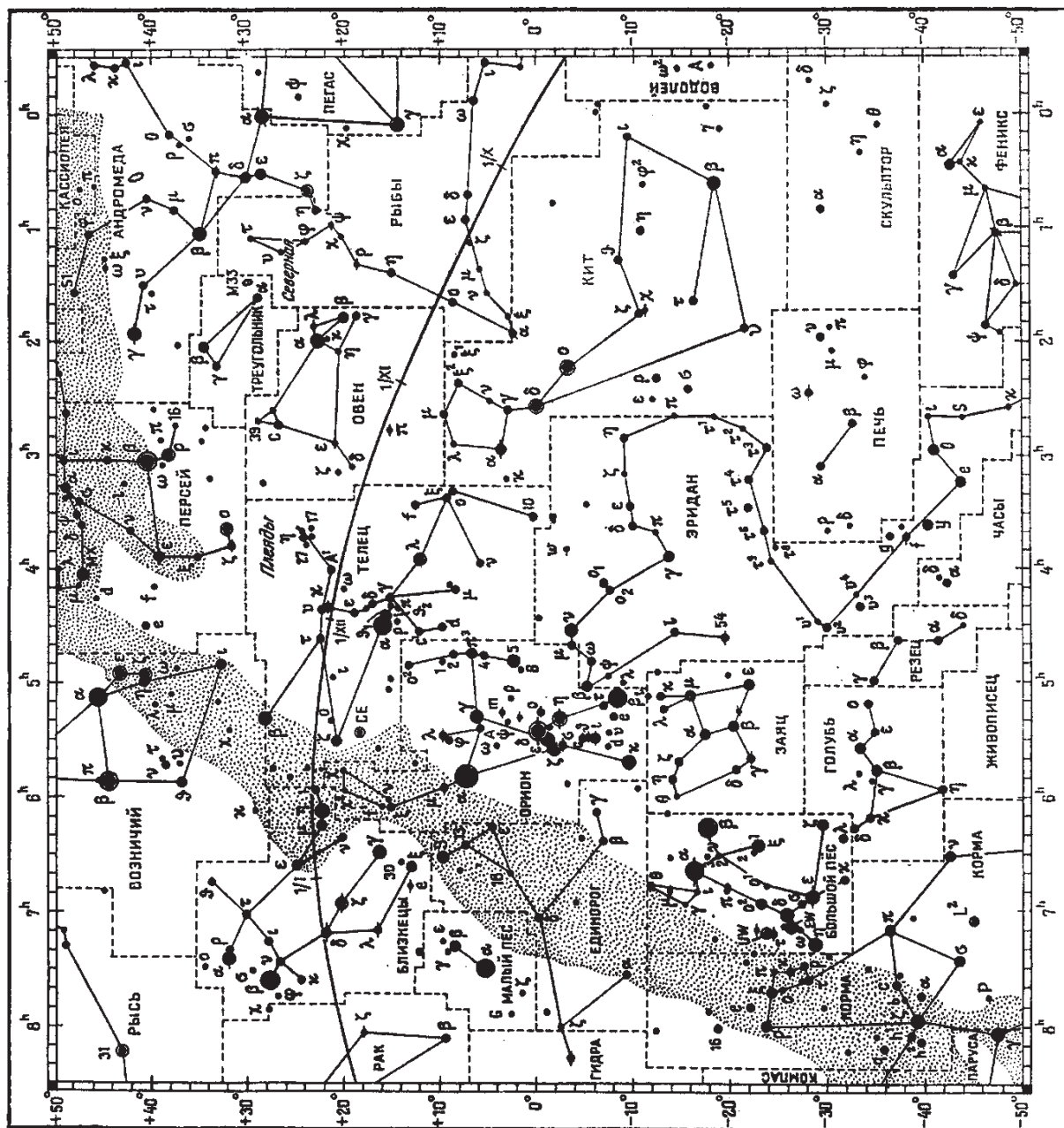


Рис. В.2. Карта осенне-зимнего небосвода.





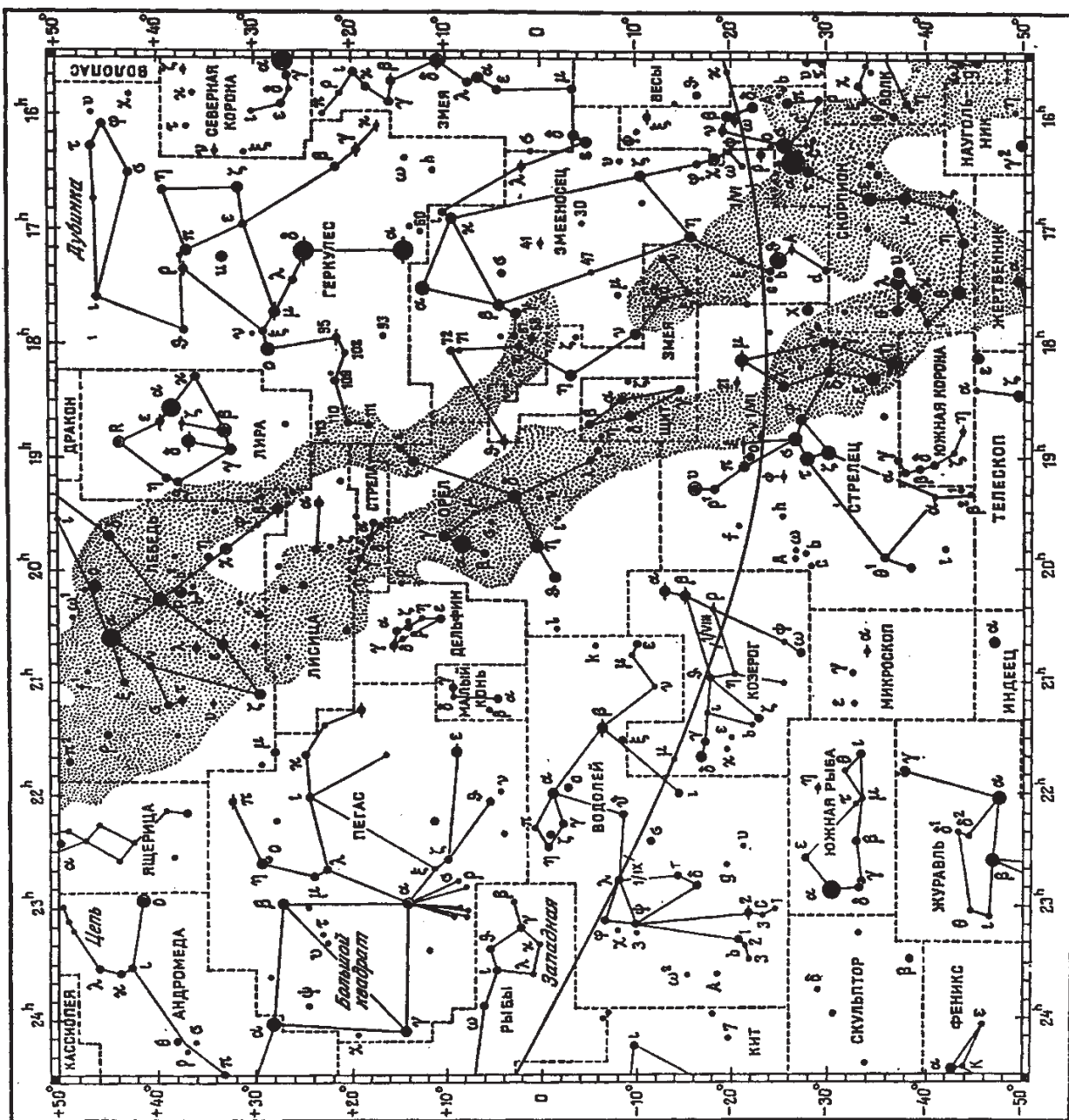


Рис. В.4. Карта летне-осеннего небосвода.

