САМАРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ДЛЯ ОДАРЕННЫХ ДЕТЕЙ

САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ ОТКРЫТОЙ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ им. Ф.А. БРЕДИХИНА

СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 7-9 КЛАССОВ.

СЕЗОН: 2022-2023, ТУР № 1

Самара, 2022 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 7-9 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 7-9 классов. Сезон: 2022-2023, Тур № 1». – 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 № 1 на проверку***:
15.10.2022-30.11.2022!!!

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-2023, внимательно ознакомьтесь с «Руководством зарегистрированного участника ОМОА им Ф.А. Бредихина-2023»! Электронный адрес последнего указан в Памятке участника.

Уровень «Новичок» (уровень А)

Задача № 1. «Мозаика атмосферных явлений»

На рис. 1 представлена мозаика изображений явлений, происходящих в атмосфере Земли. Определите: (I) название каждого явления; (II) причину его появления; (III) высоту области его образования над поверхностью Земли; (IV) характерное время года его появления в г. Самаре. Заполните табл. 1. В строках (I)-(III) необходимо прописать буквенное обозначение данного явления согласно рисунку. В строке (IV) необходимо написать словами времена года (лето, осень, зима, весна или круглый год). (0.5 балла за каждую правильно названную позицию).

	Название явления	Радуга	Серебристое облако	Метеор	Молния
I	Обозначение				
	Причина появления данного явления	Отражение и рассеяние солнечного света на кристаллах водяного льда	Преломление, отражение и дисперсия света на каплях дождя	Искровой разряд между облаком и Землей	Вхождение космической частицы в атмосферу Земли и ее взаимодействие с последней
II	Обозначение				
	Высота над поверхностью Земли	$0 \div 2$ км	$0 \div 10$ км	$75 \div 95$ км	$80 \div 120$ км
III	Обозначение				
	Обозначение	а)	б)	в)	г)
IV	Время года для наблюдений				

Таблица 1. Возможные явления атмосферы Земли, их причины появления, характерная высота расположения области их образования и характерные времена года их наблюдения.

Задача № 2. «Значимые события в истории астрономии»

Вашему вниманию представлены ниже две таблицы: в первой таблице представлены названия значимых событий в истории астрономии; во второй –

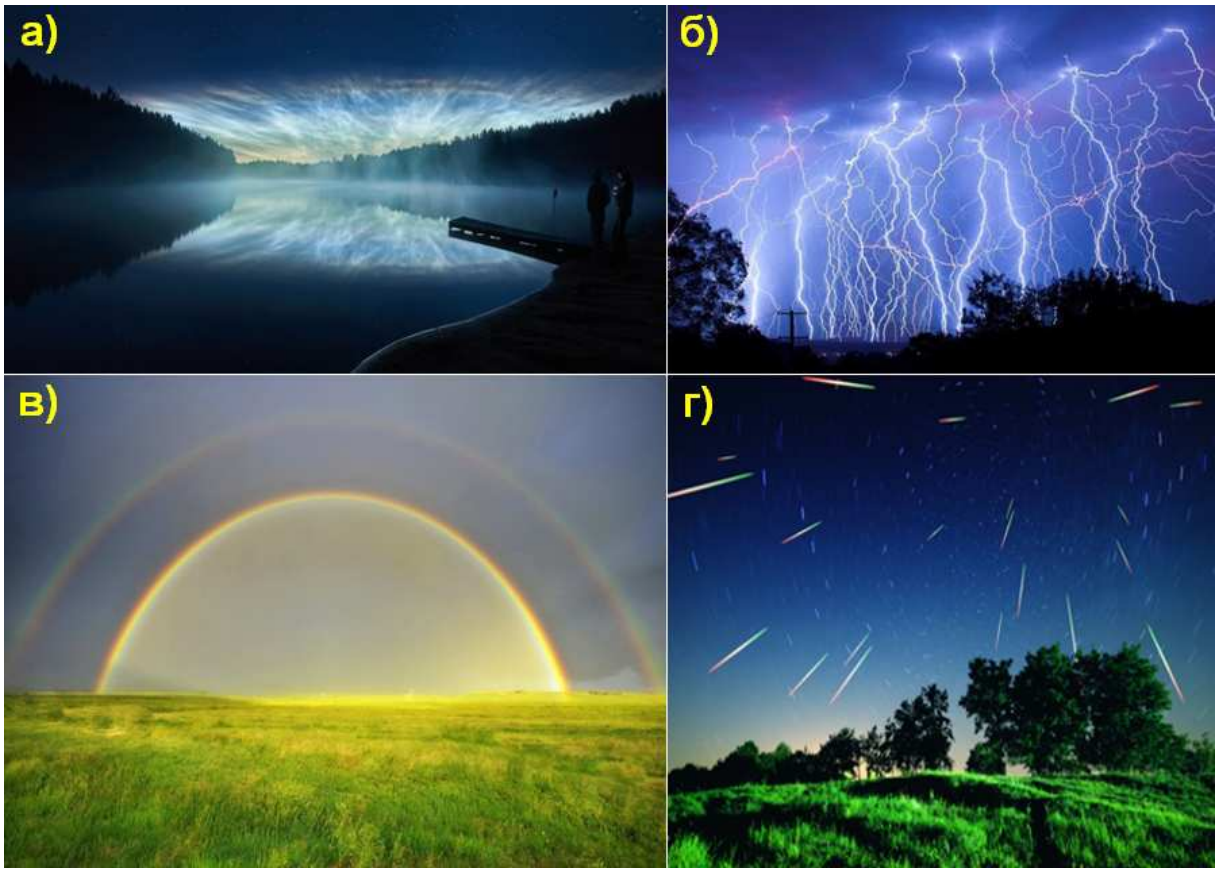


Рис. 1. Явления земной атмосферы.

представлены соответствующие им даты. Установите соответствие между событиями и датами. Каждой позиции первой таблицы поставьте в соответствие позицию второй таблицы. Ответ представьте в виде пары: "цифра-буква", например 2)-З). (1 балл за каждую правильно названную пару).

1) Проверка Артуром Эддингтоном ОТО Эйнштейна по отклонению светового луча в гравитационном поле Солнца	2) Определение Эратосфеном размеров земного шара	3) Начало эры телескопических наблюдений, положенное Галилео Галилеем	4) Введение в Римской империи Юлианского календаря
5) Создание Тихо Браге первой европейской обсерватории – Ураниборг	6) Построение Гиппархом первого звездного каталога, классификация звезд по видимой яркости	7) Создание В.Я. Струве первого каталога двойных звезд	8) Первые оценки Аристарха Самосского для расстояний до Солнца и Луны

А) 1576 г. н.э.	Б) 240 г. до н.э.	В) 1610 г. н.э.	Г) 140 г. до н.э.
Д) 46 г. до н. э.	Е) 1919 г. н.э.	Ж) 265 до н. э.	З) 1822 г. н.э.

Задача № 3. «Город Самара: его небосвод и время»

Вашему вниманию представлен ряд утверждений об особенностях наблюдений небосвода и счета времени в городе Самаре. Необходимо строго математически доказать истинность или ложность каждого утверждения. В случае ложности утверждения необходимо также найти правильный ответ. За каждое верное исчерпывающее доказательство для каждого утверждения – 3 балла.

1. Как известно, географическая широта г. Самары составляет $\varphi = 53°12'$, а долгота – $\lambda = 50°06'$. Этот город относится к пятому часовому поясу.

2. Высота Солнца в полдень в день летнего солнцестояния в г. Самаре составляет $60°14'$.

3. Высота над горизонтом звезды Сириус (α Большого Пса, $\alpha_* = 06^{\mathrm{h}}45^{\mathrm{m}}9^{\mathrm{s}}$, $\delta_* = -16°42'58''$) в течение суток в г. Самаре не может превышать $+15°$.

4. Время пролета низкоорбитального спутника над г. Самарой вдоль меридиана близко к 6.3 секунды. Известно, что протяженность этого города с севера на юг составляет 50 км, а с запада на восток – 20 км.

Задача № 4. «Лунный глобус СРЦОД»

В Самарском региональном центре для одаренных детей на уроках астрономии, при изучении природы Луны, используется в качестве демонстрационной модели лунный глобус (см. рис. 2). Глобус имеет диаметр $D_{\text{г}} = 32$ см, ночную подсветку, осуществляемую лампой накаливания мощностью $P_{\text{л}} = 25$ Вт. Определите:

1. Во сколько раз радиус Луны больше соответствующего размера глобуса (по сути, необходимо определить линейный масштаб глобуса)? (2 балла)

2. Чему равен диаметр кратера Платон на данном глобусе, если его истинный диаметр равен 100 км? (3 балла)

3. Чему равен истинный диаметр кратера Коперник (в км), если его образ представлен на рис. 2? (3 балла)

4. На каком расстоянии должен располагаться глобус от обучающегося Центра, чтобы последний его мог наблюдать под таким же углом как и Луну? Орбиту Луны считать круговой. (2 балла)

5. Чему равна линейная скорость точек экватора глобуса, если последний вращать с угловой скоростью суточного вращения Луны? (2 балла).

Уровень «Знаток» (уровень В)

Задача № 5. «Глобус как Луна»

На каком расстоянии необходимо расположить лунный глобус (см. условие предыдущей задачи) от наблюдателя, чтобы он создавал на его сетчатке такую же освещенность, что и Луна в полнолуние? Необходимо учесть, что лишь 5% от полной мощности, подаваемой на лампу, приходится на видимый

Рис. 2. Лунный глобус (автор фото – Филиппов Юрий).

свет. Коэффициент прозрачности материала глобуса для видимого света составляет 20%. (11 баллов)

Задача № 6. «Переделка маятниковых часов»

Чему должно быть равно относительное изменение длины маятника часов, правильно демонстрирующих ход среднего солнечного времени, чтобы они стали правильно показывать ход звездного времени? Чему равно абсолютное изменение длины маятника часов (в мм), если период их начальных малых колебаний (до переделки) был $T_0 = 1$ средняя солнечная секунда? Следует полагать, что к устройству часов применима модель математического маятника, ускорение свободного падения у поверхности Земли – 10 м/с^2. (12 бал-

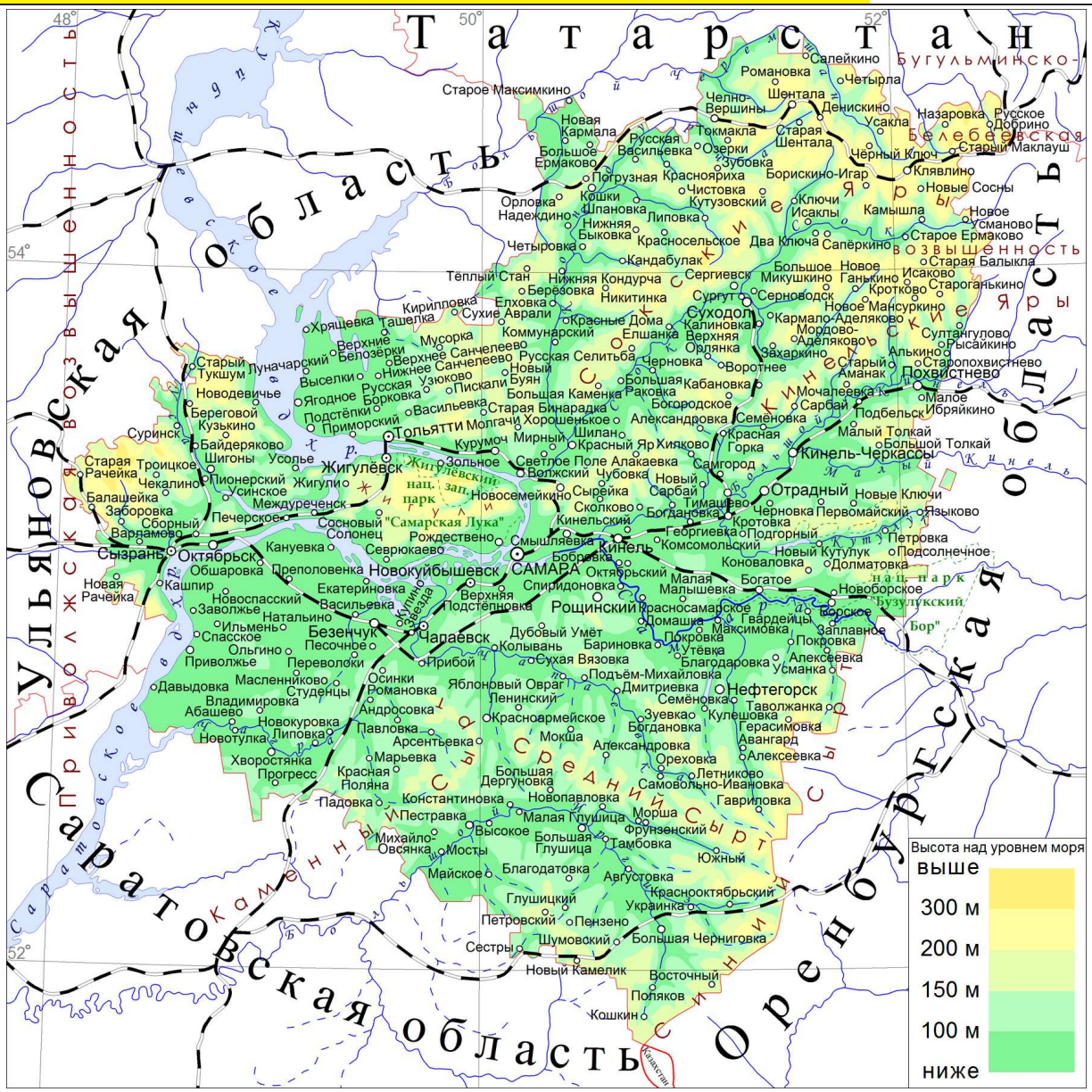


Рис. 3. Карта Самарской области (источник фото – Wikipedia.org).

лов)

Задача № 7. «МКС над праздничной Самарой»

В настоящее время Международная космическая станция (МКС) движется вокруг Земли по почти круговой орбите высотой 418 км и наклонением 51.63°. Известны координаты пограничных точек Самарской области, представленные в таблице.

Пограничные точки Самарской области и их геокоординаты			
Южная	Северная	Восточная	Западная
$\varphi_S = +51°47'$; $\lambda_S = 50°47'$	$\varphi_N = +54°41'$; $\lambda_N = 51°23'$	$\varphi_E = +54°20'$; $\lambda_E = 52°35'$	$\varphi_W = +53°22'$; $\lambda_W = 47°55'$

Определите:

1. Бывает ли МКС в зените над точками Самарской области? Если да, то укажите на карте Самарской области (см. рис. 3) примеры ее населенных пунктов, над которыми МКС хотя бы иногда бывает в зените? Если не

бывает, то оцените минимальное возможное зенитное расстояние МКС для "ближайшей" точки Самарской области. (2 балла)

2. Оцените минимальное возможное линейное расстояние (в км) между МКС и центром города Самары ($\varphi_0 = 53°12'$, $\lambda_0 = 50°06'$)? (2 балла)

3. Оцените максимальное время видимости над горизонтом пролетающей МКС над точкой Самарской области. (3 балла)

4. Оцените звездную величину МКС у горизонта, если видимая звездная величина МКС в верхней кульминации в "ближайшей" точке Самарской области составляет -5.6^{m}. Бугеровское поглощение света атмосферой в зените есть $\Delta m = 0.3^{\mathrm{m}}$. Земную атмосферу следует считать однородной газовой оболочкой толщиной 100 км. Следует полагать, что все время движения от кульминации до горизонта поток отраженного света корпусом МКС в направлении земного наблюдателя оставался неизменным. (3 балла)

5. 11 сентября 2022 года в г. Самаре на главной площади города состоялся большой праздничный концерт, посвященный дню города, на который пришли около 80 тысяч самарцев. По просьбе конферансье все участники достали свои сотовые телефоны, включили фонарики, посылая свой сигнал пролетавшей МКС над Самарой. Оцените интегральную звездную величину всех фонариков площади для члена экипажа МКС, если полагать, что мощность всех фонариков одинакова и равна 0.5 Вт. МКС в этот момент располагалась на минимально возможном расстоянии от города. (4 балла)

Задача № 8. «Закат Луны в г. Самаре»

Определите минимальное и максимальное значения времени захода Луны за горизонт в г. Самаре ($\varphi = 53°12'$, $\lambda = 50°06'$). Атмосферную рефракцию света не учитывать. (14 баллов)

Задача № 9. «Максимальное сжатие диска Луны»

С использованием феноменологических формул

1. ***Беннетта*** для определения величины рефракции δh (в угловых минутах) в зависимости от видимой высоты светила h_a (в градусах):

$$\delta h = \mathrm{ctg}\left(\frac{h_a}{1°} + \frac{7.31°}{h_a + 4.4°}\right). \tag{1}$$

2. ***Смардсона*** для определения величины рефракции δh (в угловых минутах) в зависимости от истинной высоты светила h_0 (в градусах):

$$\delta h = 1.02 \cdot \mathrm{ctg}\left(\frac{h_0}{1°} + \frac{10.3°}{h_0 + 5.1°}\right), \tag{2}$$

определите максимальное значение сжатия лунного диска, обусловленного рефракцией света. Следует полагать, что в этот момент Луна располагалась на среднем расстоянии от Земли. (14 баллов)

Задача № 10. «Годы Земли и не только...»

Как известно, сегодня тропический год Земли составляет 365.242188315 суток, а звездный год Земли – 365.256363004 суток. Ответьте на следующие вопросы:

1. Почему тропический год меньше звездного года? (2 балла)

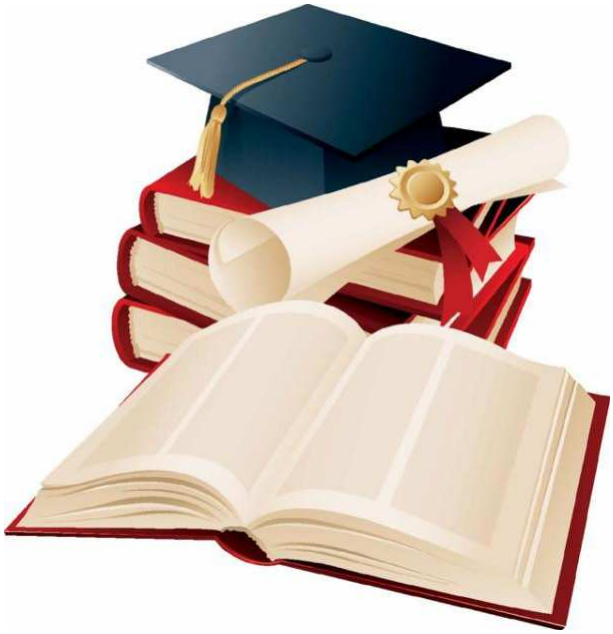
2. В каком направлении движется точка весеннего равноденствия? По какому большому кругу движется эта точка? С использованием представленных данных, оцените угловую скорость годичного движения точки весны (в угловых секундах в год). (4 балла)

3. Оцените количество лет, которое прошло с того момента, когда день зимнего солнцестояния приходился на момент прохождения Землей через перигелий (5 января) своей орбиты? (3 балла)

4. Оцените количество лет спустя от настоящего момента, до момента, когда день зимнего солнестояния будет приходится на 21 июня? В каком созвездии при этом будет находиться точка весны? (3 балла)

5. Оцените период прецессионного движения северного полюса мира. Пренебрегая изменением угла между осями мира и эклиптики в течение указанного промежутка времени, оцените количество звезд, видимых невооруженным глазом, которые попадают внутрь ***круга прецессии*** – области небосвода, описываемой северным/южным полюсом мира в течение одного периода прецессии. Следует полагать, что все звезды, видимые невооруженным глазом, распределены по небосводу равномерно. (3 балла)

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ



А.1. Основные физические и астрономические постоянные

- *Гравитационная постоянная* – $G = 6.674 \cdot 10^{-11}$ м^3· кг$^{-1} \cdot c^{-2}$
- *Скорость света в вакууме* – $c = 2.998 \cdot 10^8$ м/с
- *Универсальная газовая постоянная* – $R = 8.31$ кг·м^2· с$^{-2}$·К$^{-1}$· моль$^{-1}$
- *Постоянная Стефана-Больцмана* – $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ кг·с$^{-3}$·К$^{-4}$
- *Постоянная Авогадро* – $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
- *Масса протона* – $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ кг
- *Масса электрона* – $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$ кг
- *Астрономическая единица* – 1 а.е. $= 1.496 \cdot 10^{11}$ м
- *Парсек* – 1 пк = 206265 а.е. $= 3.086 \cdot 10^{16}$ м
- *Постоянная Хаббла* – $H = 72$ км·с$^{-1}$·Мпк$^{-1}$

А.2. Данные о Солнце

- *Радиус* – $6.955 \cdot 10^5$ км
- *Масса* – $1.989 \cdot 10^{30}$ кг
- *Светимость* – $3.827 \cdot 10^{26}$ 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 часа 56 минут 04 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 г·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* – $5°09'$
- *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 г·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		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический 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

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	г·см$^{-3}$		градусы		
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

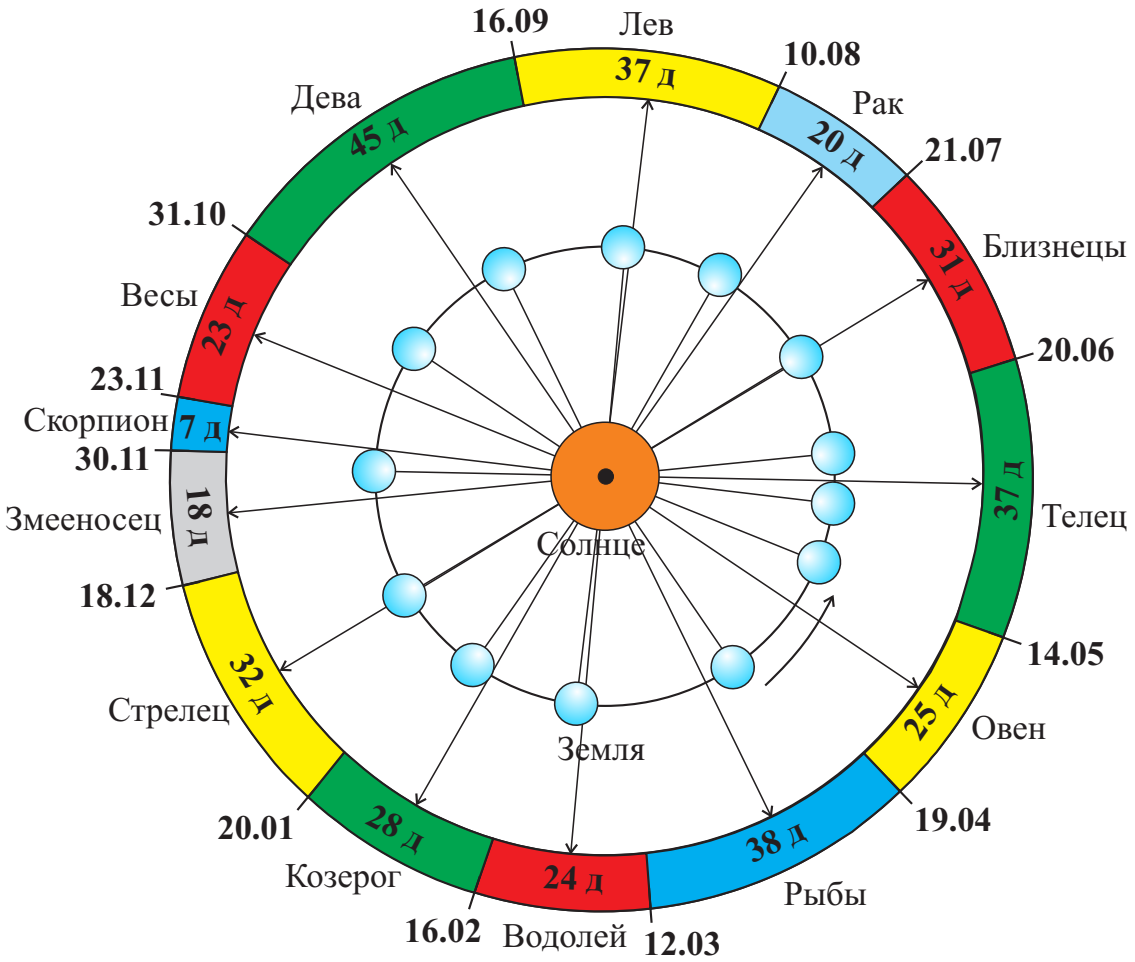


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

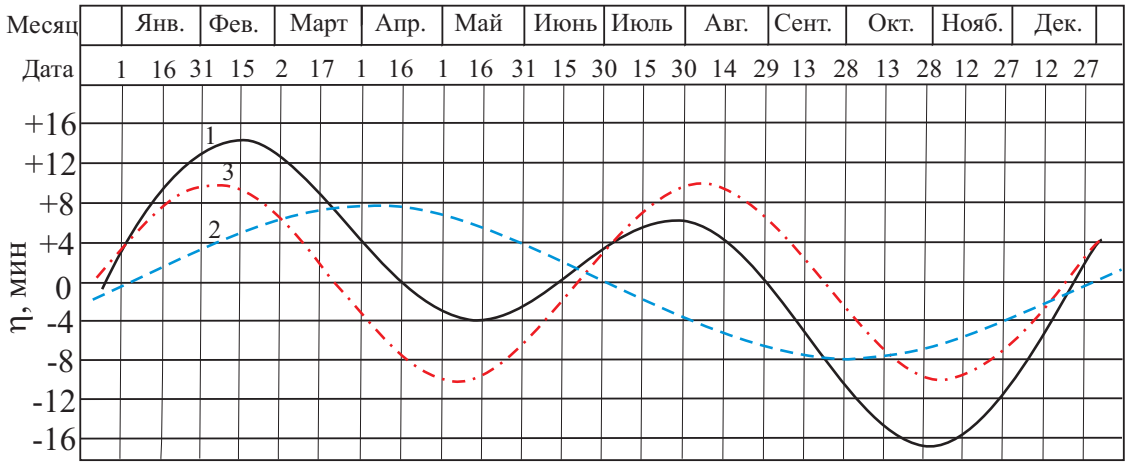


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

А.10. Некоторые характеристики звезд

Болометрические поправки ΔM_b

Спектр	ΔM_b	Спектр	ΔM_b		
			Гл. 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

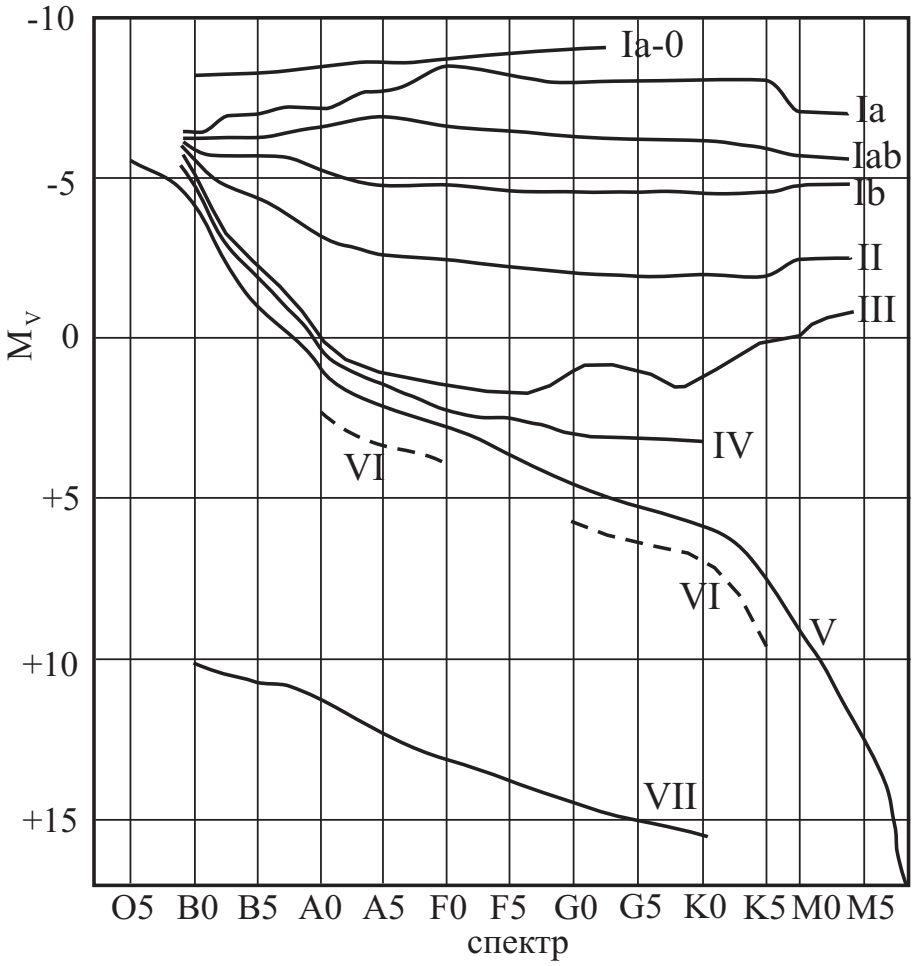


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

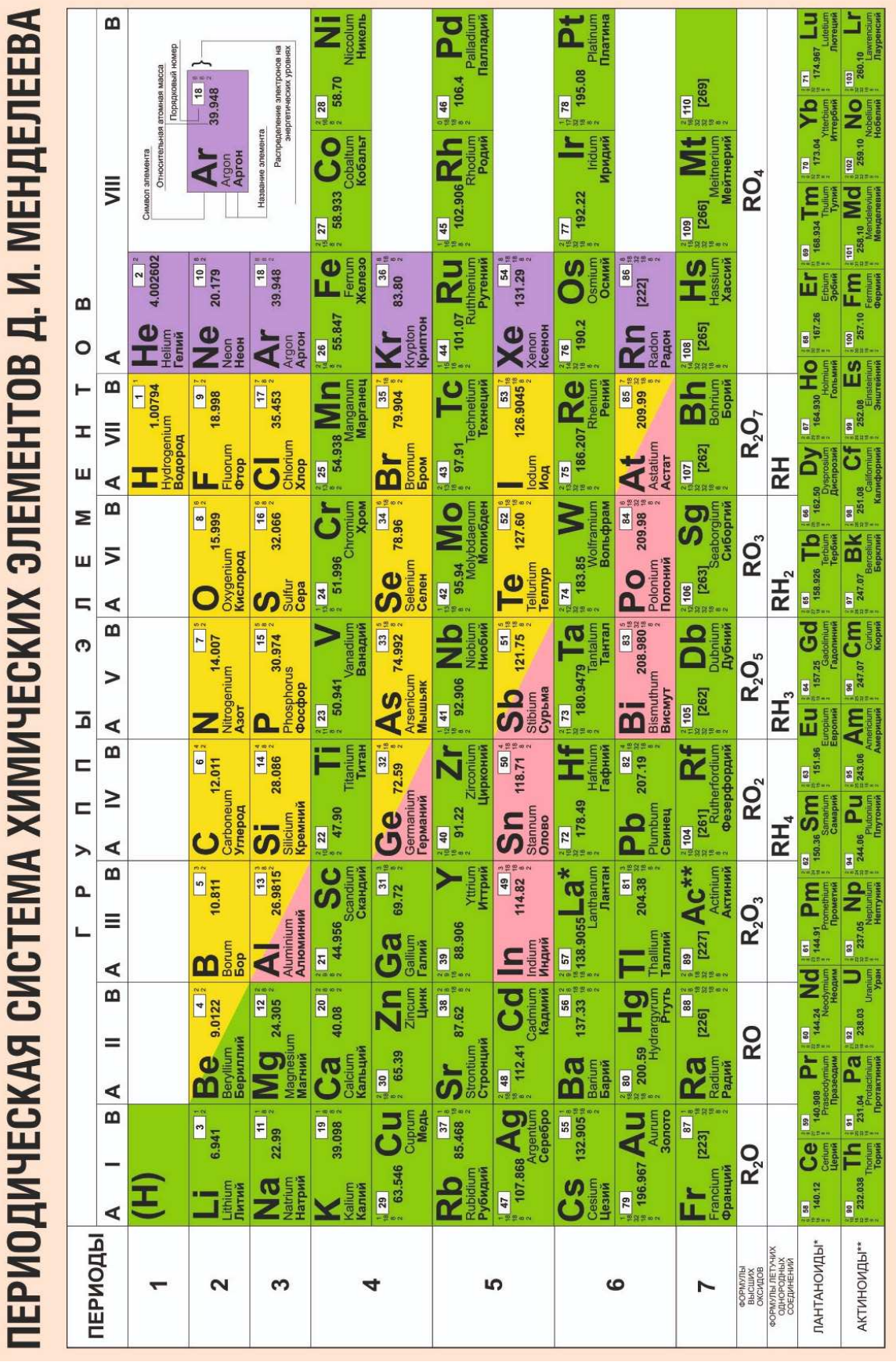


Рис. А.4. Таблица Менделеева.