

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: 2021-2022, ТУР № 2



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 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: 2021-2022, Тур № 2». – <https://sites.google.com/site/samrasolimp/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:

15.02.2022-31.03.2022!!!

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/doc-57032141_451699934

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ



Дорогие Друзья!

Прежде чем приступить к решению задач и оформлению отчета участника ОМОА им. Ф.А. Бредихина-2022, внимательно ознакомьтесь с «Руководством зарегистрированного участника ОМОА им Ф.А. Бредихина-2022»! Электронный адрес последнего указан в Памятке участника.

Уровень «Новичок» (уровень А)

Задача № 1. «Метод годичного параллакса не работает?!»

В некоторый момент времени эклиптические долгота и широта Солнца были равны ℓ_{\odot} , β_{\odot} соответственно.

1. В какой точке небосвода (для земного наблюдателя) в этот момент находилось небесное тело (не принадлежащее Солнечной системе), чтобы до него невозможно было определить гелиоцентрическое расстояние методом годичного параллакса с использованием текущего значения последнего параметра? (2 балла)

2. Чему при этом были равны его эклиптические координаты? В какой конфигурации находилось это тело относительно земного наблюдателя и Солнца. Как часто повторяется такая "невозможность"? Собственным движением тела пренебречь. (2 балла)

Задача № 2. «Геостационарный спутник и его видимость в г. Самаре»

Дайте развернутые ответы на поставленные ниже вопросы:

1. Какая орбита искусственного спутника Земли (ИСЗ) называется геостационарной? В каких сферах деятельности востребованы геостационарные ИСЗ? (2 балла)

2. Вычислите радиус такой орбиты. (2 балла)

3. Чему равна скорость и центростремительное ускорение ИСЗ на данной орбите? (2 балла)

4. На каких географических широтах данный ИСЗ невозможно увидеть в принципе? (2 балла)

5. Какая часть поверхности Земли расположена в зоне покрытия радиосигналом большой группы геостационарных ИСЗ, равномерно распределенных по орбите? (2 балла)

6. Определите склонение Юпитера, если в некоторый момент геостационарный спутник испытал транзит по диску последнего, и при этом оба наблюдались в меридиане из г. Самары? (2 балла)

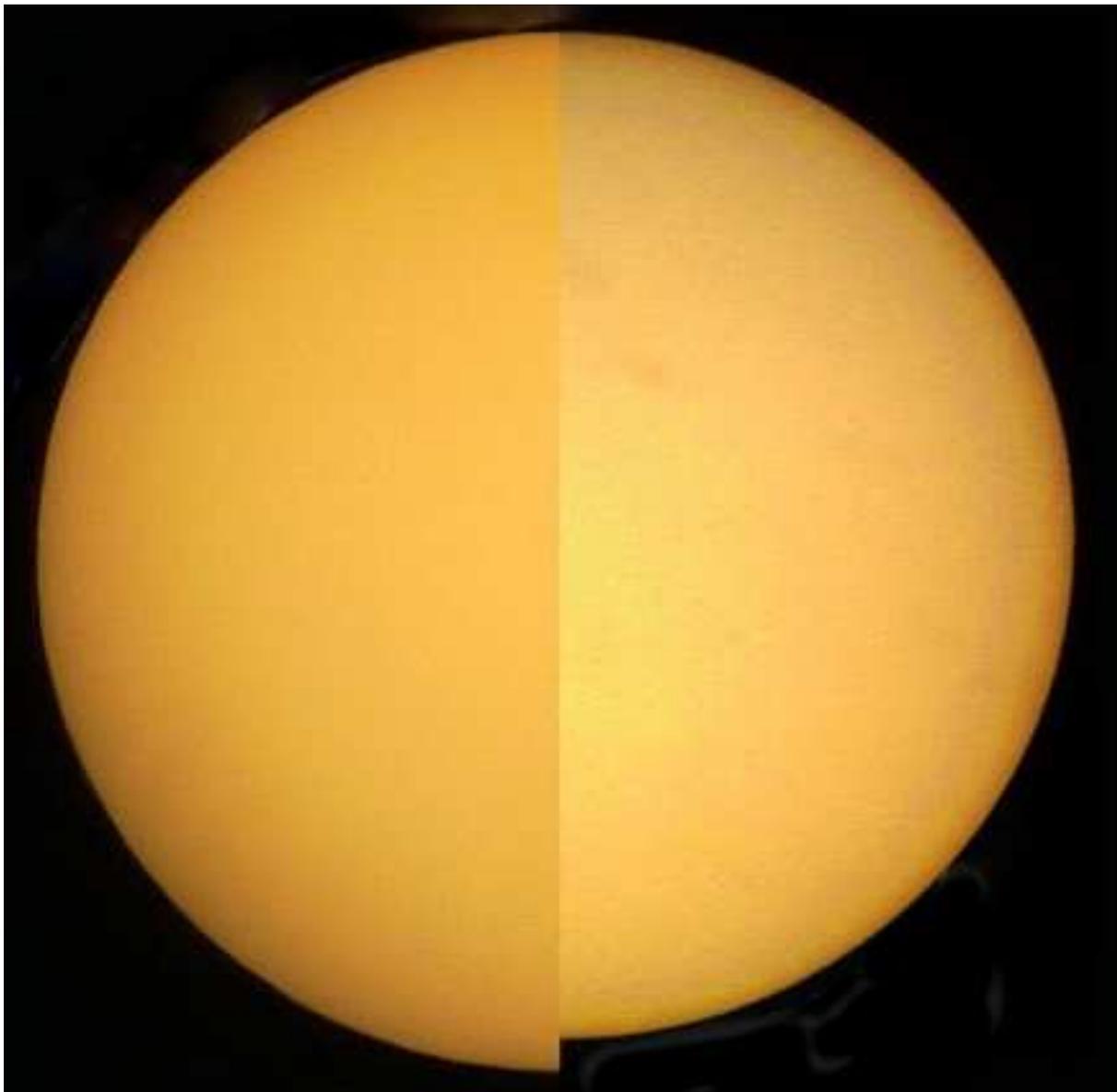


Рис. 1. Коллаж из двух фотографий Солнца (источник – <https://vk.com/club28313198>).

Задача № 3. «Коллаж двух фотографий Солнца»

На рис. 1 представлен коллаж из двух фотографий Солнца, сделанных с помощью одного и того же оборудования в моменты, когда его угловой диаметр принимает минимальное и максимальное значения в течение всего года.

1. Определите возможные даты года, в которые были сделаны данные фотографии? (2 балла)
2. Лишь с использованием данной фотографии определите эксцентриситет земной орбиты? (3 балла)
3. Во сколько раз отличаются значения солнечной постоянной в эти дни для земного наблюдателя (без учета поглощения света атмосферой)? (2 балла)
4. Во сколько раз отличаются значения приливной силы Солнца, действующей на Землю, в эти дни для земного наблюдателя? (3 балла)

Задача № 4. «Времена года и пояса освещенности экзопланеты»

Предположим, что вокруг некоторой звезды движется экзопланета по эллиптической орбите с большой полуосью a_p и эксцентриситетом ε_p . Дайте развернутые ответы на поставленные ниже вопросы:

1. Какие условия необходимо выполнить, чтобы на поверхности экзопланеты можно было наблюдать регулярную смену времен года? (2 балла)

2. Предположим, что плоскость экватора экзопланеты составляет угол ξ с плоскостью ее орбиты. Определите интервалы допустимых значений (ИДЗ) для планетоцентрической широты φ экзопланеты, соответствующие:

а) областям поверхности планеты, где можно наблюдать центральное светило в зените (назовем эту область *тропическим поясом*); (2 балла)

б) областям поверхности планеты, где можно наблюдать полярные дни и ночи (назовем эту область *полярным поясом*); (2 балла)

в) областям поверхности планеты, где центральное светило всегда является восходящим и заходящим и не бывает в зените (назовем эту область *умеренным поясом*). (1 балл)

3. Как изменяются ИДЗ для данных поясов при увеличении угла ξ в интервале $0 \div 90^\circ$? При каком значении угла ξ существование умеренного пояса уже невозможно (наступает его вырождение)? При каких значениях ξ возможно существование областей на поверхности планеты, где в течение ее звездного года возможно наблюдение центрального светила в зените, а также возможны полярные дни и ночи (назовем эту область *гибридным поясом*)? (3 балла)

4. При каких значениях ξ вся поверхность принадлежит лишь одному из указанных выше поясов? (2 балла)

5. Как зависит продолжительность времен года от величин a_p и ε_p ? (2 балла)

Уровень «Знаток» (уровень В)**Задача № 5. «Видимость звезды в полсуток»**

В некоторой точке ($\varphi = 52^\circ 10'$, $\lambda = 51^\circ 02'$) южных степных районов Самарской области наблюдается звезда ровно половину звездных суток над горизонтом. Чему равно ее склонение, если угол рефракции у горизонта в данном месте составляет $\delta z = 34.6'$? Насколько минут было бы короче ее время пребывания над горизонтом, если бы у Земли не было атмосферы? Определите дату покрытия Солнцем данной звезды (для земного наблюдателя) в 2022 году, если последняя находится на эклиптике? Известно, что во время покрытия склонение Солнца плавно возрастало. (11 баллов)

Задача № 6. «Взгляд на Млечный Путь со стороны»

В направлениях каких созвездий должен пребывать наблюдатель, чтобы он мог видеть Млечный путь (МП) под наибольшим телесным углом (при

фиксированном расстоянии до его центра)? С какого расстояния наша Галактика будет еще видна невооруженным глазом как неточечный объект? Какое количество лет свет при этом идет от МП до наблюдателя? Какая будет видимая звездная величина МП с такого расстояния? Чему будет равна поверхностная яркость МП (в зв. величинах на кв. угл. сек.) при его наблюдении под наибольшим телесным углом? Диаметр диска Галактики $D = 56.7$ кпк, а абсолютная звездная величина $-M_G = -21^m$. Разрешающую способность человеческого глаза принять равной $1'$. (12 баллов)

Задача № 7. «Ночь противостояния астероида»

Некоторый астероид наблюдается с Земли в ночь его противостояния в своем перигелии в плоскости эклиптики. Его видимая звездная величина по данным визуальной фотометрии $m_V = 12^m$. В эту ночь методом радиолокации было определено время ($\tau = 13$ мин 47.8 с) блуждания радиоимпульса по пути "Земля-астероид-Земля", при этом параллактическое смещение у астероида не наблюдалось. Определите:

1. Скорость астероида в перигелии своей орбиты. (2 балла)
2. Гелиоцентрическое расстояние до перигелия астероида. (2 балла)
3. Большую полуось и эксцентриситет его орбиты. (4 балла)
4. Предполагается, что в далеком прошлом данный астероид являлся короткопериодической кометой. К какому семейству комет ее следует отнести (предполагая, что орбита оставалась неизменной)? Как часто астероид проходит свой перигелий? (4 балла)

5. Оцените радиус данного астероида, если известна оценка ($A_G = 0.04$) его геометрического альбедо в видимом свете. (2 балла)

Орбиту Земли следует считать круговой.

Задача № 8. «Продолжительность дня на экзопланете»

Некоторая экзопланета обращается вокруг центральной звезды с периодом обращения T по круговой орбите. Сама экзопланета вращается вокруг оси с периодом P , составляющей угол ξ с правовинтовой нормалью к плоскости орбиты. Определите продолжительность дня в точке поверхности планеты, на широте φ . Радиус орбиты планеты много больше размеров звезды и планеты. (14 баллов)

Задача № 9. «Изменение поверхностной яркости Солнца»

Определите:

1. Какова видимая звездная величина Солнца (в оптическом диапазоне), наблюдаемого в зените (для наблюдателя, находящегося на поверхности Земли, в тропиках), если известна соответствующая солнечная постоянная (см. справочные данные) за пределами атмосферы Земли? (2 балла)

2. На сколько процентов изменялась бы визуальная поверхностная яркость

Солнца на горизонте относительно его положения в зените в силу феномена рефракции света (без учета атмосферного поглощения)? (4 балла)

3. Во сколько раз изменялась бы визуальная поверхностная яркость Солнца на горизонте (относительно его положения в зените) в результате поглощения света атмосферой Земли (без учета атмосферной рефракции)? (4 балла)

4. Во сколько раз изменяется визуальная поверхностная яркость Солнца на горизонте (относительно его положения в зените) в результате атмосферной рефракции света и его поглощения атмосферой Земли? Чему будет равна визуальная звездная величина Солнца на горизонте? (4 балла)

При решении задачи могут оказаться полезными следующие эмпирические формулы:

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

$$\delta h = \operatorname{ctg} \left(\frac{h_a}{1^\circ} + \frac{7.31^\circ}{h_a + 4.4^\circ} \right). \quad (1)$$

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

$$\delta h = 1.02 \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{h_0}{1^\circ} + \frac{10.3^\circ}{h_0 + 5.1^\circ} \right). \quad (2)$$

3. **Кастена-Янга** для определения интенсивности (\mathcal{I}_{vis}) света от небесного источника у поверхности Земли, регистрируемого наблюдателем:

$$\mathcal{I}_{vis} = \mathcal{I}_0 P^{M(z)}, \quad \text{где} \quad (3)$$

$$M(z) = \frac{1}{\cos z + 0.50572 (96.07995 - z)^{-1.6364}}, \quad (4)$$

здесь \mathcal{I}_0 – интенсивность света того же источника на верхней границе атмосферы; P – коэффициент прозрачности атмосферы (в нашем случае следует принять $P = 0.75$), $M(z)$ – **воздушная масса** – отношение оптической толщины атмосферы, проходимой лучами света от источника при его зенитном расстоянии z (в градусах), к оптической толщине, проходимой при положении источника в зените ($z = 0^\circ$), определяемая формулой (4).

Задача № 10. «Фокусировка по далекому фонарю»

Одной из главных проблем в любительской астрофотографии, выполняемой в пределах мегаполиса, является точная фокусировка объектива фотоаппарата. Из-за значительной засветки неба даже самые яркие звезды выглядят

блеклыми, и фокусировка по ним даже в режиме LiveView не всегда является эффективной. Возникает вопрос: а можно ли сфокусироваться на бесконечность с использованием искусственных источников освещения, например, по далекому фонарю ночного освещения? Считается, что изображение на матрице цифрового фотоаппарата является резким, если вместо идеального (точечного) изображения точечного источника света на матрице получается изображение в виде пятна диаметром не более d . Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от матрицы, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния D . Предположим, что имеется объектив с переменным фокусным расстоянием $f = 70 \div 300$ мм и максимальным относительным отверстием $\chi_{\max} = 4.0 \div 5.6$ (здесь $\chi_{\max} = D/f$, где D – диаметр объектива, при этом каждая граница интервала χ_{\max} сопоставлена соответствующей границе f). Определите:

1. Величину d , полагая что для формирования точечного образа одиночной звезды необходимо освещение не менее трех пикселей, а для формирования протяженного образа – как минимум четырех пикселей (теорема Котельникова). Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна. (3 балла)

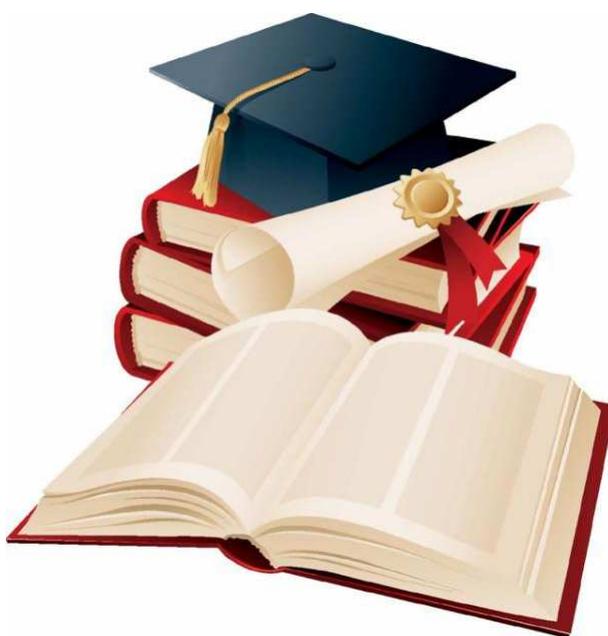
2. Определите минимальное расстояние D (для f_{\min} и f_{\max}) до фонаря, по которому уже можно сфокусироваться "на бесконечность" для съемки звезд. (4 балла)

3. Определите угловые размеры поля зрения фотоаппарата с данным объективом, в случае f_{\min} и f_{\max} , если размеры матрицы составляют 22.3×14.9 мм. (4 балла)

4. Минимально возможное значение для видимой звездной величины фонаря (для f_{\min} и f_{\max}), по которому уже можно сфокусироваться "на бесконечность"? (4 балла)

В расчетах следует считать объектив тонкой линзой. Все пиксели матрицы используемого фотоаппарата имеют форму квадрата со стороной 4.3 мкм. Фонарь уличного освещения представляет собой изотропный источник света с входной мощностью $P_0 = 150$ Вт и КПД – $\eta = 33.3\%$ (в видимом свете).

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

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

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

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

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

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

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. альbedo	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 [†]	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

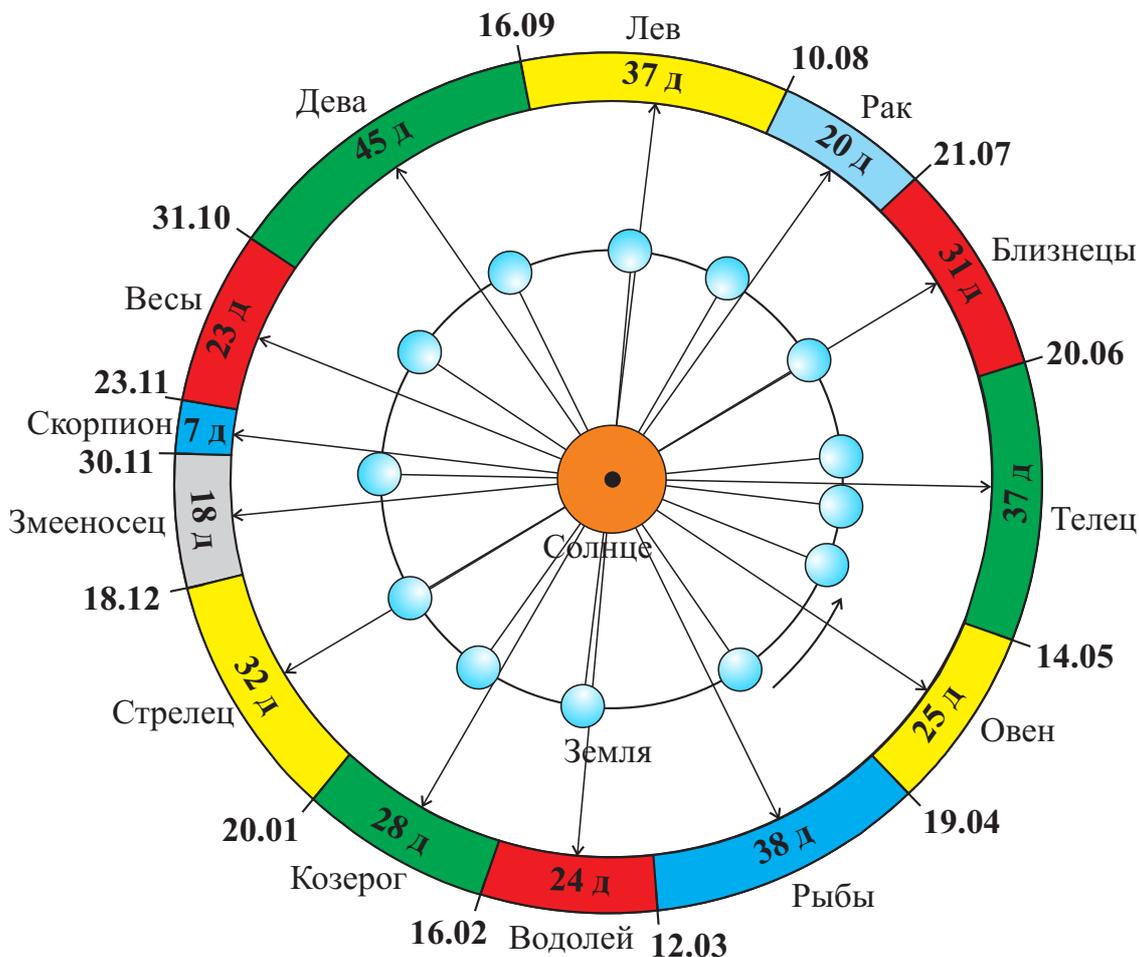


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

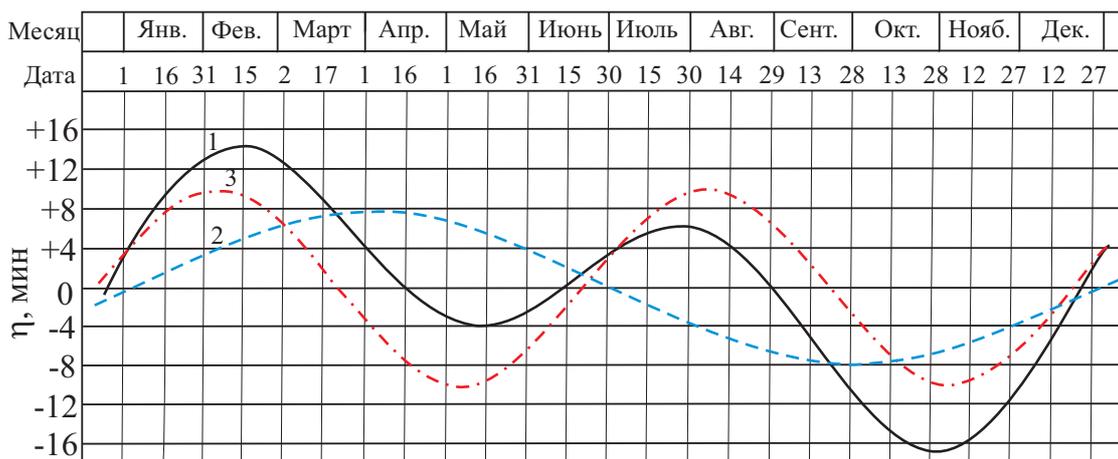


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

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

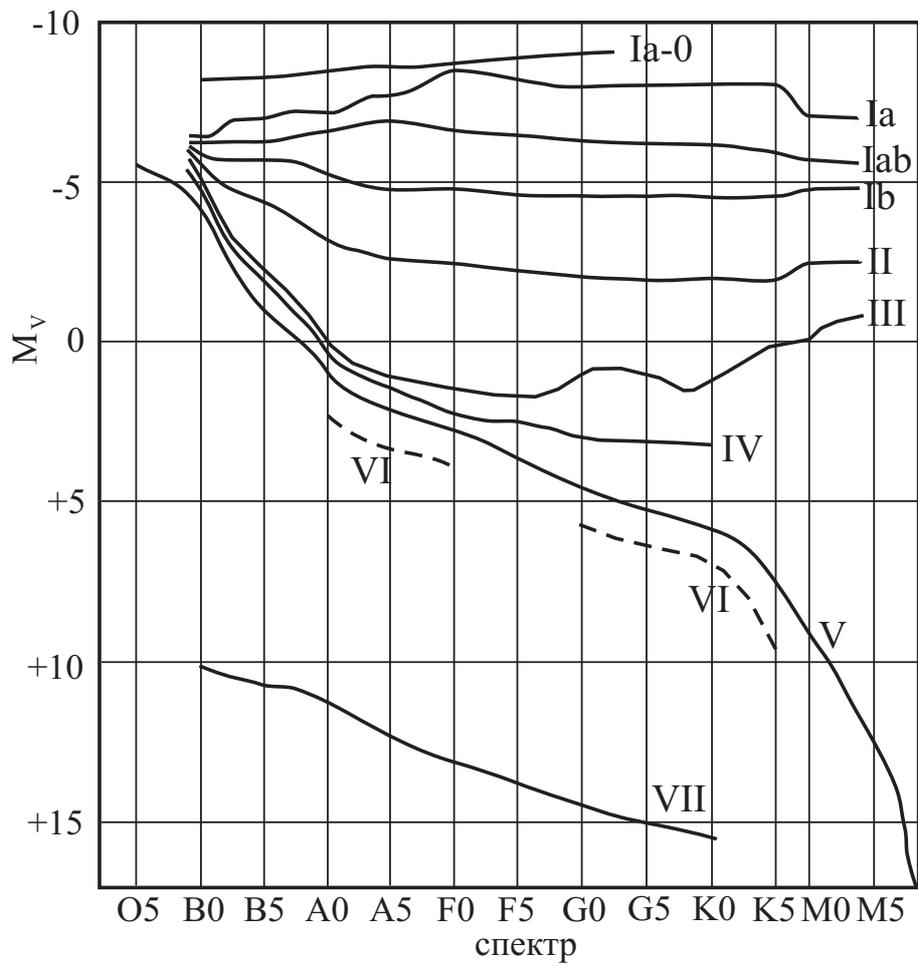


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

