

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ЗАОЧНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ
SAMRAS-2018

СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 10-11 КЛАССОВ.

ТУР № 2



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-2018 среди обучающихся 10-11 классов. Тур № 2». – <https://sites.google.com/site/samrasolimp/tasks>

Памятка участника SamRAS-2018

1. Официальный сайт Астрошколы:

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

2. Официальная группа в VK:

<http://vk.com/samrasolimp>

3. Сроки подачи работ SamRAS-2018 тура № 2 на проверку:
15.02.2018-15.05.2018!!!

4. Электронный ящик SamRAS-2018:

samrasolimp@mail.ru

5. Руководство зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2018:

<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-2018, внимательно ознакомьтесь с «Руководством зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2018»! Электронный адрес последнего указан в **Памятке участника**.

Уровень «Новичок» (уровень А)

Задача № 1. «Солнце и зодиакальные созвездия»

Как известно, Солнце в своем годичном движении наибольшее время проводит в созвездии Дева (45 суток), наименьшее время – в созвездии Скорпион (7 суток). Оцените протяженность (в градусах) данных созвездий вдоль эклиптики. (3 балла).

Задача № 2. «Солнечное затмение в марте»

Однажды, солнечное затмение произошло в марте-месяце. В каком другом месяце этого же года можно ожидать явление солнечного или лунного затмения? Орбиту Луны следует считать круговой. Свой ответ поясните. (3 балла).

Задача № 3. «Активные образования атмосферы Солнца и их видимость с Земли»

В какой части атмосферы Солнца традиционно располагаются а) солнечные пятна, б) факелы, в) вспышки, г) флоккулы, д) протуберанцы? Какие из указанных активных образований можно наблюдать лишь с помощью фильтра (без сторонних оптических инструментов с увеличением, большим 1) и невооруженного глаза? (3 балла).

Задача № 4. «Высота Солнца на экваторе в полдень»

В какие дни года высота Солнца над горизонтом в полдень для наблюдателя, находящегося на географическом экваторе, будет минимальной? Максимальной? Чему равны соответствующие значения? (4 балла).

Задача № 5. «Ясное утро и солнечный зайчик»

Астроном-любитель, перемещаясь по утреннему городу, заметил отражение восходящего Солнца в окне многоэтажки, расположенной вдали. Зная, что коэффициент отражения оконного стекла $\rho_g = 0.05$, а расстояние от дома до астронома $r = 3$ км, определите освещенность, которую создавал солнечный зайчик на сетчатке астронома. Оцените соответствующую звездную величину солнечного зайчика. Сравните полученное значение со звездными

величинами известных ярких небесных тел. (4 балла).

Задача № 6. «Футбольное поле на Луне»

При проведении чемпионата мира по футболу традиционно используются поля с размерами $a_{\oplus} \times b_{\oplus} = 105 \times 68$ м. Если полагать, что бóльшее измерение поля определяется максимальной дальностью свободного полета мяча, при его ударе с некоторой начальной скоростью V_0 , то чему равно минимальное значение данной скорости (без учета силы сопротивления воздуха)? Чему должна быть равна длина соответствующего поля на Луне? Какова будет, при этом, его площадь, если оно будет подобно земному? (5 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)

Задача № 7. «Между Самарой и Москвой...»

Полагая, что Земля является шаром радиуса $R_{\oplus} = 6371$ км, определите расстояние между Самарой и Москвой по поверхности планеты и по прямой, соединяющей эти города, если географические координаты данных городов есть ($\varphi_S = 53^\circ 12'$, $\lambda_S = 50^\circ 10'$), ($\varphi_M = 55^\circ 45'$, $\lambda_M = 37^\circ 37'$). На сколько отличаются указанные величины? (6 баллов).

Задача № 8. «Нетрадиционная зажигалка»

Астроном-любитель выбрался на природу для проведения наблюдений. Желая выпить чая, он решил разжечь костер и с удивлением обнаружил, что забыл дома спички. К счастью, с собой у него был большой комплект линз. Определите минимальное относительное отверстие собирающей линзы, необходимой для поджога бумажного фитиля от Солнца, если альбедо бумаги равно 0.85, ее коэффициент теплоотдачи $\alpha = 30$ Вт/(м²· К); коэффициент пропускания линзы для видимых лучей – 0.95. Солнце в этот момент было на высоте $h = 30^\circ$, а изменение звездной величины для светила в зените, обусловленное поглощением света земной атмосферой, равно 0.2^m? Температуру воспламенения бумаги принять равной $T_f = 450^\circ$. (7 баллов).

Задача № 9. «Зеркальный шар и зеркало для телескопа»

Школьнику подарили зеркальный шар (сферу с внутренней зеркальной поверхностью) с радиусом $R = 30$ см. Мечтая создать свой самодельный телескоп, он решил использовать этот шар для создания объектива. Какого вида оптический телескоп он задумал сделать? Полагая, что школьник планирует использовать также плоское зеркало, оцените максимальный допустимый диаметр объектива такого самодельного телескопа. Какая часть поверхности исходного шара будет при этом задействована? Оцените максимальную длину трубы такого телескопа. Окуляр с каким фокусным расстоянием следует использовать школьнику, чтобы он смог получить на данном телескопе увеличение, равное 10 крат? (8 баллов).

Задача № 10. «Противостояние новой кометы»

Новая комета наблюдается в противостоянии с Солнцем. При этом, она движется вдоль эклиптики, в прямом направлении. Оцените максимально возможные гелио- и геоцентрические расстояния кометы от Земли, в этот момент. (8 баллов).

Задача № 11. «Земная атмосфера и поглощение солнечного света»

Оцените количество солнечной энергии, поглощаемой атмосферой Земли за одну секунду, если известно, что атмосферное поглощение света от светила, находящегося в зените, приводит к увеличению его звездной величины на 0.2^m . Атмосферу Земли следует считать однородным сферическим слоем толщиной $H = 100$ км. (9 баллов).

Задача № 12. «Зеленый луч Солнца и лифт небоскреба»

Определите, с какой скоростью должен подниматься лифт небоскреба, чтобы с него можно было непрерывно наблюдать зеленый луч Солнца, находящегося на закате? (10 баллов).

Уровень «Профи» (уровень С)**Задача № 13. «Плоская Земля и хрустальная сфера из звезд»**

Как известно, многие народы Древнего мира полагали, что звезды неподвижно прикреплены к хрустальной сфере, которая вращается вокруг оси, проходящей через центр Земли и Полярную звезду. Также предполагалось, что Земля имеет форму плоского диска. Нетрудно убедиться в том, что если перемещаться по поверхности Земли от г. Самары ($\varphi_S = 53^\circ 12'$, $\lambda_S = 50^\circ 10'$) до г. Кирова ($\varphi_S = 58^\circ 36'$, $\lambda_S = 49^\circ 40'$), то высота Полярной звезды будет увеличиваться. С использованием модели плоской Земли, объясните данный феномен, предполагая, что Самара находится точно в центре хрустальной сферы. Оцените: а) радиус хрустальной сферы; б) поверхностную концентрацию звезд (в звездах на квадратный километр), видимых невооруженным глазом на хрустальной сфере, полагая, что они равномерно распределены по ее поверхности; в) минимальную и максимальную мощность излучения звезд. (11 баллов).

Задача № 14. «Разрешающая способность глаза и оптическая сила мениска»

Астроном-любитель, страдающий близорукостью, невооруженным глазом видит звезды до 3.5^m . При наблюдении ночного ясного неба в подходящих очках он видит звезды до 6^m . Оцените а) разрешающую способность (β_1) невооруженного глаза без очков, если при использовании очков она составляет $\beta_2 = 100''$; б) оптическую силу мениска его очков, если диаметр зрачков

астронома в темноте – $D_y = 7$ мм. (12 баллов).

Задача № 15. «Галактическое трио»

Многим хорошо известно, что двумя ярчайшими спутниками галактики Андромеды (M31) являются галактики M32 и M110. Если материнская галактика ($\alpha_0 = 0^h42.8^m$, $\delta_0 = 41^\circ16'$) расположена от нас на расстоянии 772 кпк, имеет массу $\mathfrak{M}_0 = 8 \cdot 10^{11} \mathfrak{M}_\odot$ и радиус – $\mathfrak{R}_0 = 110000$ св. лет, то M32 ($\alpha_1 = 0^h42.7^m$, $\delta_0 = 40^\circ52'$) – на расстоянии – 763 кпк, имеет угловой диаметр $\mathcal{D}_1'' = 7'$ и массу $\mathfrak{M}_0 = 3 \cdot 10^9 \mathfrak{M}_\odot$. Галактика M110 ($\alpha_2 = 0^h40.4^m$, $\delta_0 = 41^\circ41'$) расположена на расстоянии – 825 кпк, имеет угловой диаметр – $\mathcal{D}_2'' = 21.9'$ и массу $\mathfrak{M}_2 = 10^{10} \mathfrak{M}_\odot$. Определите: а) расстояния между указанными галактиками; б) периоды обращения спутников относительно материнской галактики; в) действительные и максимально допустимые значения радиусов галактик-спутников. (13 баллов).

Задача № 16. «Угол отклонения светового луча в гравитационном поле звезды»

Пусть имеется далекий точечный источник света (например, квазар) свет от которого принимается земным наблюдателем. На пути его распространения есть компактное массивное тело (гравитационная линза) массы $\mathfrak{M}$ и радиуса $\mathfrak{R}$, со сферически симметричным распределением вещества. Вычислите:

- угол ($\Delta\theta_1$) отклонения светового луча, обусловленного гравитационным взаимодействием его фотонов с данным телом (6 баллов);
- полный угол ($\Delta\theta_{\text{tot}}$) отклонения светового луча, обусловленного как притяжением так и искривлением пространства вокруг звезды. Вклад от последнего эффекта в $\Delta\theta_{\text{tot}}$ идентичен значению $\Delta\theta_1$ (2 балла);
- определите максимальное значение угла $\Delta\theta_{\text{tot}}$ (2 балла);
- для какого типа звезд последняя величина будет принимать а) наибольшее, б) наименьшее значение? Оцените соответствующие значения (3 балла).

Задача № 17. «Сечения рассеяния фотонов в гравитационном поле линзы»

В процессах рассеяния фотонов в гравитационном поле линзы наблюдать траекторию отдельного фотона не представляется возможным. И потому, на эксперименте измеряют *поток рассеянных частиц* (F_{sca}) – количество частиц, рассеянных линзой в некотором направлении, за единицу времени. Основная физическая величина, используемая для описания процесса рассеяния, – *полное эффективное сечение* σ , которое определяется соотношением вида

$$\sigma = \frac{F_{\text{sca}}}{j_0}, \quad (1)$$

где j_0 – **плотность потока частиц** (фотонов) – количество частиц, движущихся в направлении линзы, и проходящих через единичную площадку, за единицу времени. Параметр σ несет информацию о характере взаимодействия рассеянных частиц. Наглядно его можно рассматривать как эффективную площадь мишени, попадая в которую, частицы рассеиваются под углом $\theta > \theta_{\min}$, $\theta_{\min}$ – наперед заданная величина.

Процессы упругого рассеяния можно охарактеризовать **дифференциальным эффективным сечением рассеяния**, равным отношению потока частиц dF_{sca} , рассеянных мишенью в телесный угол $d\Omega$, к величине плотности потока падающих частиц j_0 и величине телесного угла $d\Omega$:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{dF_{\text{sca}}}{j_0 d\Omega}, \quad (2)$$

Опираясь на представленные определения, получите:

- аналитическое выражение для дифференциального сечения ($\frac{d\sigma}{d\Omega}$) рассеяния фотонов в гравитационном поле линзы. (6 баллов);
- приближенное выражение для $\frac{d\sigma}{d\Omega}$, при малых углах отклонения. (2 балла);
- формулу для полного сечения (σ_{tot}) рассеяния фотонов в гравитационном поле, при условии, что углы отклонения фотонов принадлежат отрезку $[\theta_{\min}, \theta_{\max}]$ (2 балла).
- Представьте полученные результаты в терминах радиуса Шварцшильда для линзы, в обезразмеренном виде (путем деления итоговых выражений для $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ и σ_{tot} на площадь поперечного сечения линзы – $\pi \mathfrak{R}^2$). (4 балла).

Задача № 18. «Задача о формировании «духов» гравитационной микролинзой»

1. С использованием условий и результатов задачи № 16 настоящего релиза, докажите, что уравнение гравитационной точечной сферически симметричной линзы в терминах позиционного угла (θ_1) изображения («духа») точечного источника и радиуса (θ_0) конуса Эйнштейна представляется в виде:

$$\theta_1^2 - \theta\theta_1 - \theta_0^2 = 0, \quad \text{где} \quad (3)$$

$$\theta_0^2 = \left(\frac{4G\mathfrak{M}}{c^2} \right) \frac{D_{sd}}{D_d(D_{sd} + D_d)}. \quad (4)$$

здесь $\mathfrak{M}$ – масса гравитационной линзы, D_{sd}, D_d – расстояния от источника до линзы и от линзы до наблюдателя соответственно (8 баллов).

2. Представьте выражение для радиуса конуса Эйнштейна в терминах $\mathfrak{M}$, массы Солнца – $\mathfrak{M}_\odot$ и параллакса источника (π_s'') и линзы (π_d'') (2 балла).

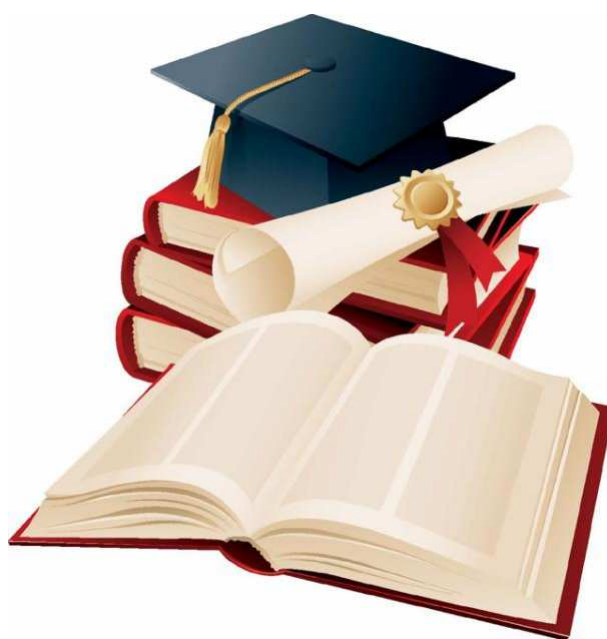
3. Получите решения уравнения (3). Исследуйте их численным образом на примере гипотетического объекта с массой $\mathfrak{M}_N = 0.07 \mathfrak{M}_\odot$ и $D_d = 8800$ а.е.

для источника – далекой звезды нашей Галактики. Проанализируйте основные особенности в "поведении" изображений. Всегда ли можно наблюдать оба изображения источника? (3 балла).

4. Постройте траектории движения источника (S) и его изображений I_1 и I_2 , сформированных точечной гравитационной линзой, на примере того же гипотетического тела, для двух значений прицельного углового параметра а) $\theta_p = 0.01''$, б) $\theta_p = 0.1''$. (2 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		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 [†]	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

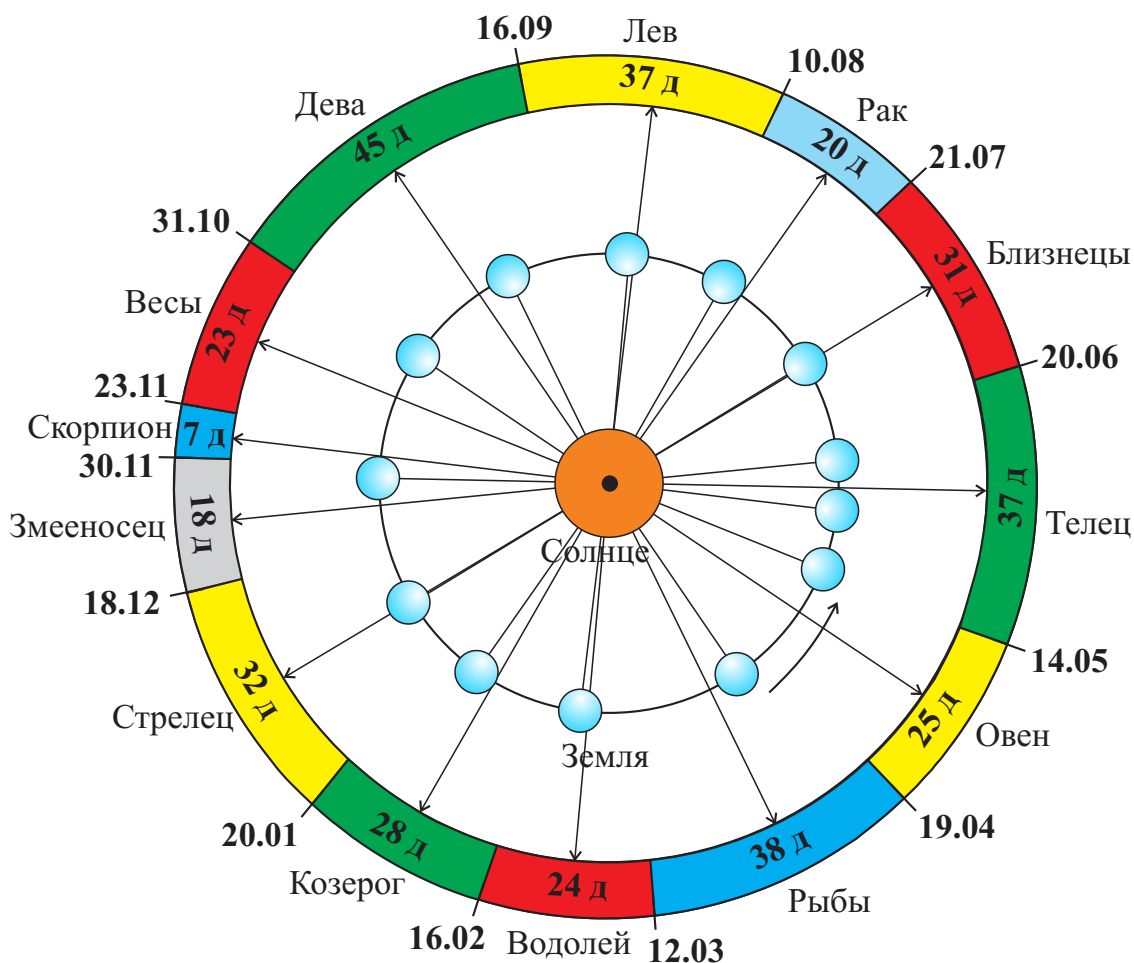


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

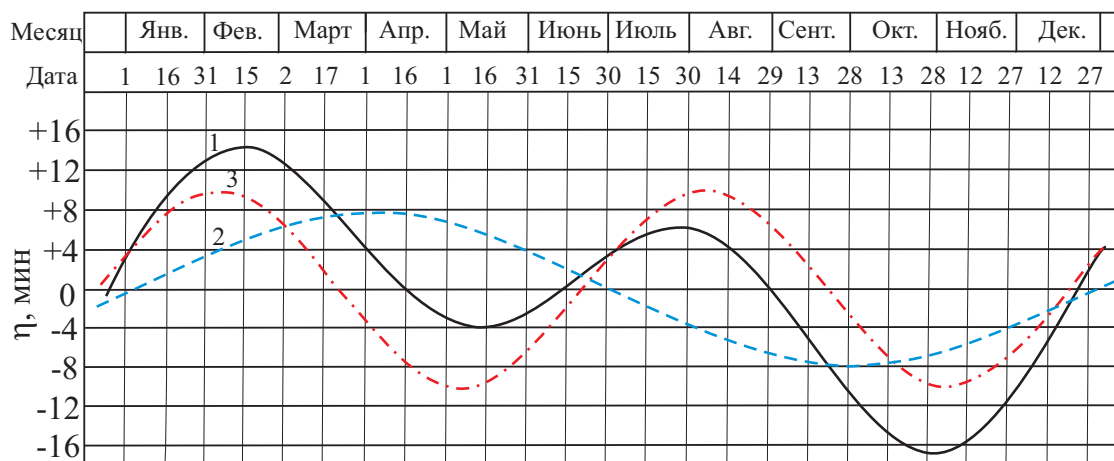


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

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

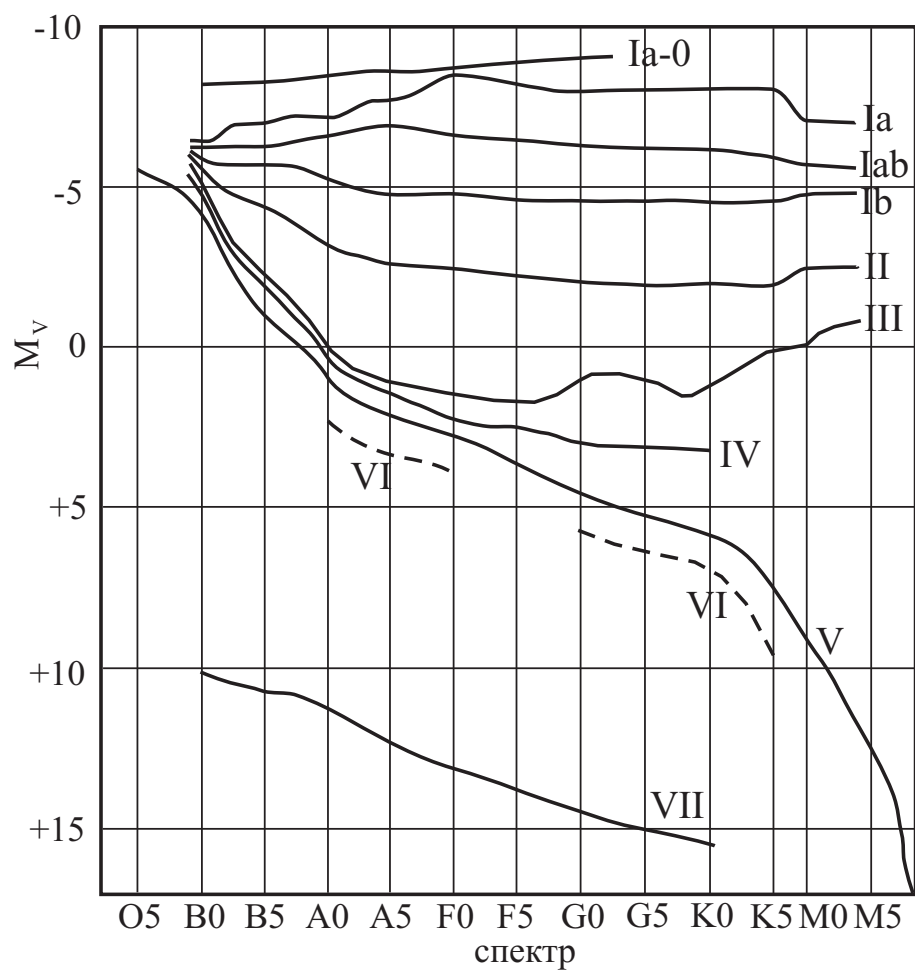


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

периоды	A I	A II	A III	G R U П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В VIII	B
1	(H)			H Hydrogenium Водород	He Helium Гелий
2	Li Lithium Литий	Be Beryllium Бериллий	B Borun Бор	C Carbonum Углерод	N Nitrogenium Азот
3	Na Natrium Натрий	Mg Magnesium Магний	Al Aluminium Алюминий	Si Silicium Кремний	P Phosphorus Фосфор
4	K Kalium Калий	Ca Calcium Кальций	Sc Scandium Скандий	Ti Titanium Титан	V Vanadium Ванадий
5	Rb Rubidium Рубидий	Sr Strontium Стронций	Y Yttrium Иттрий	Zr Zirconium Цирконий	Nb Niobium Ниобий
6	Cs Cesium Цезий	Ba Barium Барий	La* Lanthanum Лантан	Hf Hafnium Гафний	Ta Tantalum Тантал
7	Fr Francium Франций	Ra Radium Радий	Ac** Actinium Актиний	Rf Rutherfordium Ферзерфордий	Db Dubnium Дубний
формулы летучих оксидов	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅
формулы летучих высших окислов				RH ₄	RH ₃
лантаноиды*	Ce Cerium Церий	Pr Praeseodymium Прозеодим	Nd Neodymium Неодим	Pm Promethium Прометий	Sm Samarium Самарий
актиноиды**	Th Thorium Торий	Pa Protactinium Протоактиний	U Uranium Уран	Np Neptunium Нептуний	Pu Plutonium Плутоний

Рис. А.4. Таблица Менделеева.