

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ЗАОЧНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ
SAMRAS-2020

СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 10-11 КЛАССОВ.

ТУР № 1



Самара, 2019 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-2020 среди обучающихся 10-11 классов. Тур № 1». – <https://sites.google.com/site/samrasolimp/tasks>

Памятка участника SamRAS-2020

1. Официальный сайт Астрошколы:

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

2. Официальная группа в VK:

<http://vk.com/samrasolimp>

3. Сроки подачи работ SamRAS-2020 тура № 1 на проверку:
15.10.2019-15.01.2020!!!

4. Электронный ящик SamRAS-2020:

samrasolimp@mail.ru

5. Руководство зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2020:

<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-2020, внимательно ознакомьтесь с «**Руководством зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2020**»! Электронный адрес последнего указан в **Памятке участника**.

Уровень «Новичок» (уровень А)

Задача № 1. «Яркость планет и их последовательность»

Расположите классические планеты Солнечной системы в порядке увеличения их видимой яркости (в оптимальных условиях их наблюдений и усредненной по большому количеству наблюдений)? Какие из этих планет мы можем, в принципе, увидеть невооруженным глазом? Какие можем увидеть лишь в телескоп (бинокль)? (3 балла).

Задача № 2. «Где-то на поверхности Земли...»

В каких точках поверхности Земли не существует незаходящих небесных тел? Чему здесь равны а) зенитное расстояние ближайшего к зениту полюса мира, б) наибольшая высота ближайшего к зениту полюса эклиптики? (3 балла).

Задача № 3. «Галилеев спутник с собственным магнитным полем»

Какой из галилеевых спутников обладает собственным магнитным полем? Во сколько раз, приблизительно, его магнитное поле на экваторе отличается от земного экваториального? Что может служить источником его собственного магнитного поля? (3 балла).



Рис. 1: астрономическая инфографика (автор не известен).

Задача № 4. «Ошибка в инфографике»

На рис. 1 представлена астрономическая инфографика, взятая из сети Интернет. В чем заключается ошибка автора при попытке сравнить характеристики планет? Как бы Вы представили данную инфографику? Свое решение следует подкрепить математическими выкладками. (4 балла).

Задача № 5. «Проницающая сила телескопа и ее определение»

Что такое проницающая сила телескопа? Предположим, диаметр зрачка глаза наблюдателя в ночное время суток равен $d = 6$ мм. Докажите, что в случае идеальной оптической системы телескопа с диаметром объектива D (выраженным далее в миллиметрах) его проницающая сила может быть представлена формулой вида (4 балла):

$$m_{\max} = 2.1^m + 5^m \lg D. \quad (1)$$

Задача № 6. «Созвездия, кульминирующие в полночь в Самаре»

Какое количество созвездий проходит через зенит города Самара (широта города $\varphi = 53^\circ 12'$) в течение года? Назовите их. Распределите эти созвездия по календарным сезонам, в которые они проходят свою верхнюю кульминацию в полночь? (5 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)**Задача № 7. «Земля и ее территории»**

Полагая, что Земля является шаром, определите, какую долю от площади всей ее поверхности составляет территория, с любой точки которой (без учета рефракции света)

1. Можно увидеть, хотя бы один раз в год, Солнце в зените (2 балла);
2. Нельзя увидеть Солнце в зените, в принципе, и где не бывает полярных дней и ночей (2 балла);
3. Хотя бы один раз в год можно наблюдать полярные дни и ночи (2 балла).

Задача № 8. «Земля с борта МКС и поле зрения камеры»

На рис. 2 представлена фотография части поверхности Земли, полученная с борта Международной космической станции (высота орбиты составляла на момент съемки $h = 410$ км). С использованием лишь значений среднего радиуса Земли и h , оцените угловой диаметр поля зрения камеры, с помощью которой и был получен данный кадр. Оцените толщину (в км) "светящейся" (зеленым цветом) части атмосферы Земли. (7 баллов).

Задача № 9. «День, сумерки, астрономическая ночь...»

Определите, на какой части поверхности Земли в настоящее время наблюдается а) день, б) сумерки, в) астрономическая ночь? В расчетах учесть явление рефракции света и конечность размеров диска Солнца. (8 баллов).

Задача № 10. «Внезапная вспышка кометы 17P/Холмса»

В октябре 2007 года комета 17P/Холмса испытала столкновение с неизвестным телом. До столкновения комета имела ядро, радиус которого $R_N = 3.3$ км и видимый блеск $m_0 = 17^m$. После столкновения ее видимый блеск вырос до $m = 2^m$. Полагая, что в результате столкновения все ядро распалось



Рис. 2: фотография поверхности Земли, полученная с борта МКС.

на одинаковые осколки, определите радиус этих осколков. Вкладом частиц, находившихся вне ядра до вспышки, в яркость кометы пренебречь. Определите концентрацию таких частиц спустя 2 месяца после вспышки, если на этот момент размеры ее комы сравнялись с размерами Солнца. (8 баллов).

Задача № 11. «Время прямой видимости звезды над горизонтом»

Определите время прямой видимости звезды над горизонтом, как функцию широты местности (φ) и склонения светила (δ). (9 баллов).

Задача № 12. «Необычное превращение»

Оцените, через какое количество лет система «Земля-Луна», имеющая сегодня статус «Планета-спутник», превратится в систему «Двойная планета», подобно системе «Плутон-Харон»? Скорость удаления Луны от Земли следует считать постоянной и равной 4 см/год? Чему обусловлено это удаление Луны? Чему будет равен сидерический период обращения и большая полуось орбиты Луны? Будут ли при этом еще наблюдаться полные солнечные затмения? (10 баллов).

Уровень «Профи» (уровень С)

Задача № 13. «Великое противостояние Марса и полное затмение Луны»

Как известно, 27 июля 2018 года одновременно произошло лунное затмение и великое противостояние Марса. В эти сутки Луна отстояла от Земли на расстоянии $r_{\text{З}} = 404180$ км, а Марс $r_{\text{С}} = 57.715$ млн. км. Определите, во сколько раз поверхностная яркость (выраженная в ваттах на квадратный метр и квадратную угловую секунду) Марса была больше или меньше соот-



Рис. 3: фотография солнечного гало, полученная в малой окрестности южного географического полюса.

ветствующей яркости Луны (в полнолуние, вне затмения)? Чему были равны соответствующие звездные величины? Во сколько раз должны отличаться времена выдержки при фотографии этих объектов? (11 баллов).

Задача № 14. «Солнечное гало на южном геополюсе»

На рис. 3 представлена фотография солнечного гало, полученная в малой окрестности южного географического полюса, вблизи местного истинного полдня. Определите возможные даты получения этой фотографии. (12 баллов).

Задача № 15. «Две звезды, две светлых повести...»

В некотором пункте поверхности Земли (часовой пояс $N = 8$), откуда

еще видна Полярная звезда, наблюдаются две яркие звезды (А и В), расположенные на одном круге склонения. Известно, что суточная параллель звезды В делит ось мира в отношении $a : b = 3 : 5$, а ее альмукантарат в верхней кульминации делит отвесную линию в отношении $c : d = 1 : 3$. Известно, что Солнце 23 сентября попадает на данный круг склонения и восходит на столько раньше звезды А, на сколько звезда В восходит раньше Солнца. Время восхода Солнца в это день по декретному времени составляет 6 часов 40 минут. Видимые звездные величины звезд равны соответственно $m_A = 1.5^m$ и $m_B = 2.5^m$. Определите экваториальные координаты звезд и географические координаты места наблюдения. Постройте график зависимости для интегральной видимой звездной величины этой пары звезд, как функции времени (в течение одних суток). (13 баллов).

Задача № 16. «Погрешность определения азимута компасом»

Некоторые модели современных телескопов оснащаются *роботизированными азимутальными монтировками*. Для их корректной работы необходимо предварительно ориентировать трубу телескопа в направлении на точку севера. Чтобы это сделать быстро и приближенно, производители телескопов предлагают использовать магнитный компас. Как известно, глобальное магнитное поле Земли можно аппроксимировать полем точечного магнитного диполя, то есть как будто земной шар представляет собой полосовой магнит с осью, направленной приблизительно с севера на юг. Центр этого диполя смещен относительно центра Земли на 430 км в восточное полушарие, а ось наклонена к оси вращения Земли на угол около $\varepsilon = 9.63^\circ$. На такой же угол отстоят от соответствующих географических полюсов **геомагнитные полюса** – точки пересечения оси диполя с поверхностью Земли. Согласно модели WMM, северный геомагнитный полюс (по сути, это южный полюс магнита) имеет координаты $\varphi_N = 80.37^\circ$, и $\lambda_N = 287,38^\circ$, южный геомагнитный полюс – $\varphi_S = -80.37^\circ$, $\lambda_S = 107.38^\circ$. Вычислите погрешность определения азимута точки севера с помощью магнитного компаса, как функцию широты (φ) и долготы (λ) места наблюдения. (13 баллов).

Задача № 17. «Эволюция системы WASP-12»

Экзопланета WASP-12b была открыта в 2008 году. Исследования показали, что данная экзопланета движется по круговой орбите радиуса 0.021 а.е. вокруг материнской звезды с массой $M_* = 1.35 M_\odot$. Масса экзопланеты составляет $M_p = 1.39 M_J$, где M_J – масса Юпитера. Известно, что материнская звезда каждую секунду отбирает у экзопланеты вещество массой $8.4 \cdot 10^{12}$ кг. Определите абсолютное и относительное изменения периода обращения экзопланеты за последующий 1 млн. лет. (14 баллов).

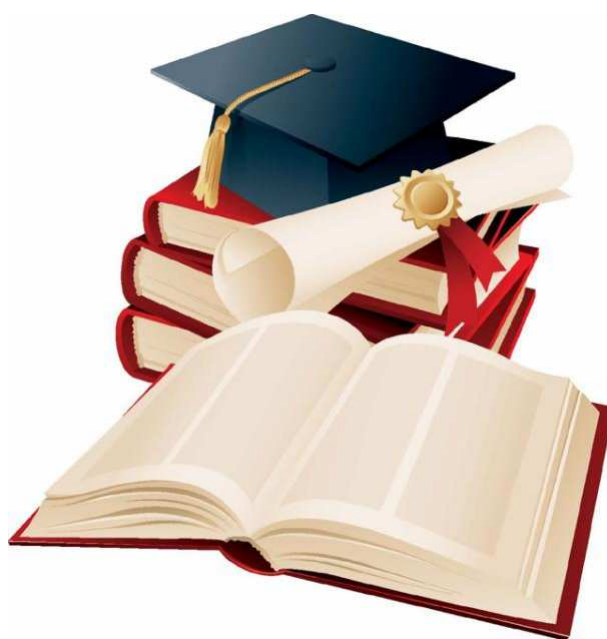
Задача № 18. «Максимальное время выдержки для астрофотографии»

Астроном-любитель, для получения высококачественных фотографий объектов глубокого космоса, традиционно использует роботизированную экваториальную монтировку, на которую выставляется труба телескопа с фокусным расстоянием F . Перед сеансом наблюдений необходимо выставить, как можно точнее, полярную ось на северный полюс мира. Предположим, что в результате ручной установки (из-за неточности наведения) полюс полярной оси имеет экваториальные координаты (t_p, p_p) , здесь t_p, p_p – часовой угол и полярное расстояние полюса оси соответственно. Часовой привод полярной оси (оси прямых восхождений) задает ее угловую скорость вращения, равную $\omega_{\oplus} + \Delta\omega$ (здесь $\omega_{\oplus}$ – угловая скорость вращения Земли, $\Delta\omega$ – погрешность, обусловленная несовершенством часового механизма). В окулярный узел телескопа (в фокальную плоскость объектива) устанавливается астрокамера, содержащая N мегапикселей, с размером сенсора $a \times b$. Определите, максимальное время выдержки $\tau_{\max}$, которую можно выставить на данной камере, чтобы получить фотографию без смазывания наблюдаемого звездоподобного объекта с координатами (t_*, δ_*) как функцию параметров $(t_p, p_p, \Delta\omega)$. Для Вас может оказаться полезной **теорема Котельникова**: для получения дискретного изображения одномерного профиля распределения интенсивности образа звезды необходимо не менее 3 пикселей. С использованием какой-либо компьютерной программы, постройте трехмерные плоты для функции $\tau_{\max}(t_p, p_p)$ в осях (t_p, p_p) , в интервалах:

$$0^\circ \leq t_p \leq 360^\circ, \quad 0 \leq p_p \leq 5^\circ, \quad (2)$$

для телескопа с $F = 750$ мм и камеры с $N = 18$ Мп, размером сенсора 23.6×15.7 мм в случае, когда звезда, находится в меридиане с а) $\delta = 0^\circ$, б) $\delta = 45^\circ$, в) $\delta = 85^\circ$, при следующих значениях погрешности угловой скорости: 1) $\Delta\omega = \omega_{\oplus}/150$, 2) $\Delta\omega = \omega_{\oplus}/30$, 3) $\Delta\omega = \omega_{\oplus}/15$, 4) $\Delta\omega = \omega_{\oplus}/5$. Дайте краткий анализ полученных результатов. (15 баллов).

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

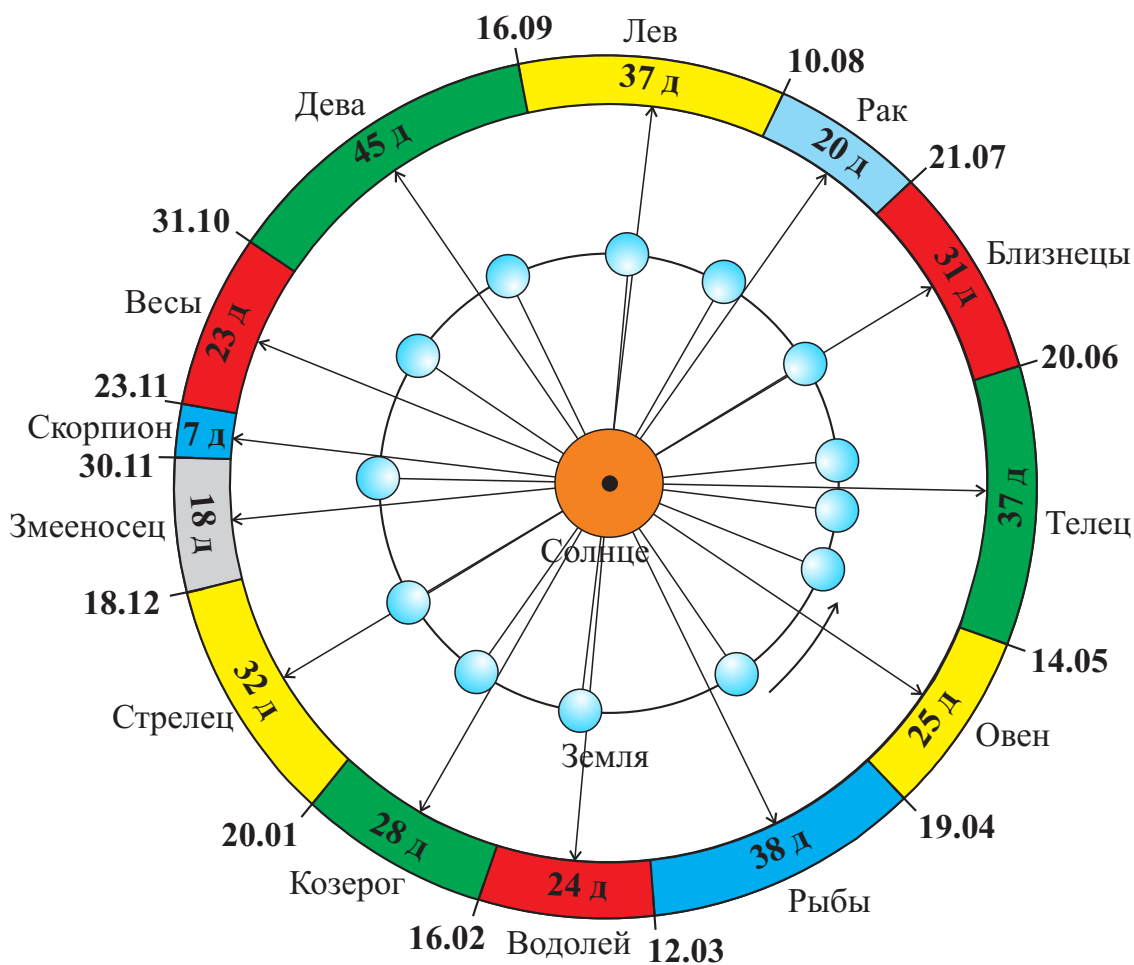


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

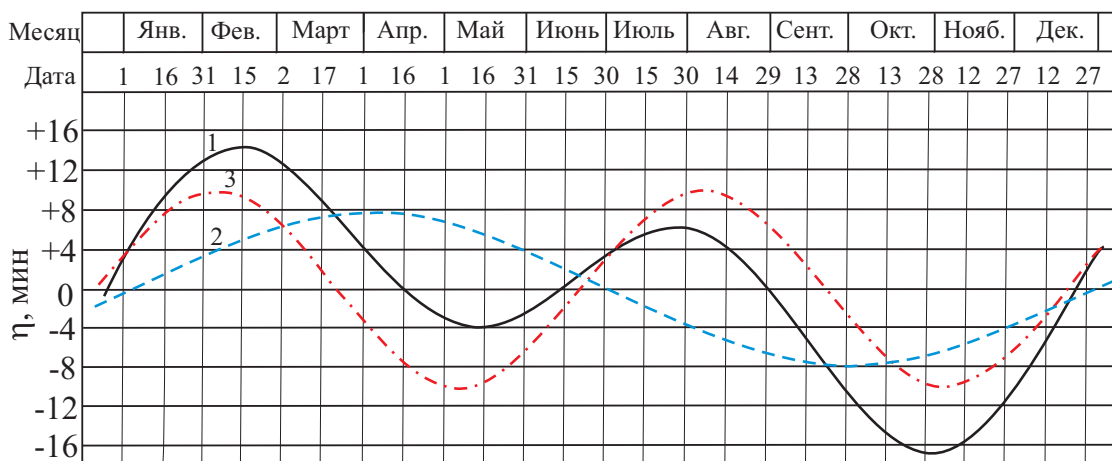


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

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

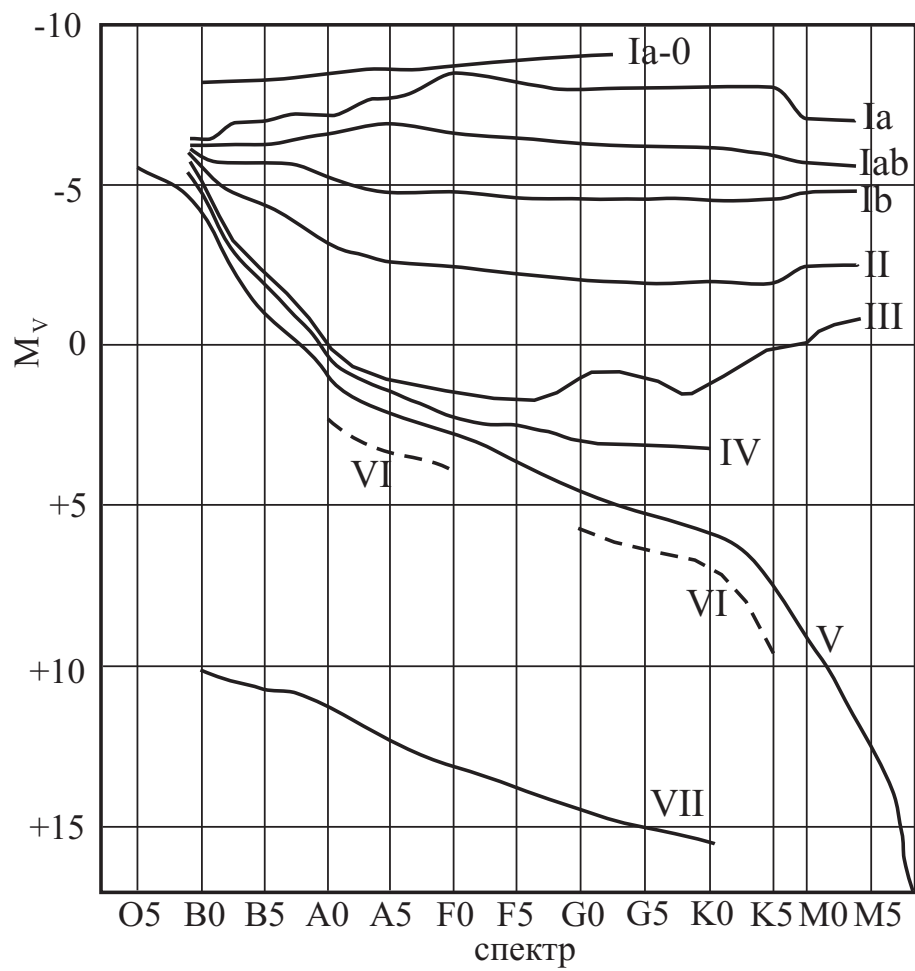


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

периоды	г р у п п ы																		viii		v	iv	iii	ii	i
1	a i v a ii v a iii v a iv v a v a vi v a vii a																		viii		he	h	ne	ar	ni
2	li be b c n o f ne																		viii		he	h	ne	ar	ni
3	na mg al si p s cr mn fe co																		viii		he	h	ne	ar	ni
4	k ca sc ti v cr mn fe co																		viii		he	h	ne	ar	ni
5	rb sr y zr nb mo tc ru rh pd																		viii		he	h	ne	ar	ni
6	cs ba la* hf ta w re os ir pt																		viii		he	h	ne	ar	ni
7	fr ra ac** rf db sg po at rn hs mt																		viii		he	h	ne	ar	ni
формулы летучих высших оксидов	r ₂ o r ₂ o r ₂ o ₃ ro ro ₂ ro ₃ r ₂ o ₅ rh ₂ ro ₂ r ₂ o ₇ ro ₄																		viii		he	h	ne	ar	ni
формулы летучих высших гидридов соединений	ce pr nd pm pn pu po																		viii		he	h	ne	ar	ni
лантаноиды*	ce pr nd pm pn pu po																		viii		he	h	ne	ar	ni
актиноиды**	th pa ra ac** rf db sg po at rn hs mt																		viii		he	h	ne	ar	ni

Рис. А.4. Таблица Менделеева.