

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: 2019-2020, ТУР № 1



Самара, 2020 г.

Дорогие Друзья!

Вашему вниманию в данном релизе представлены 12 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: 2019-2020, Тип № 1». – <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 № 1 на проверку:

15.02.2020-31.03.2020!!!

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-2020, внимательно ознакомьтесь с «**Руководством зарегистрированного участника ОМОА им Ф.А. Бредихина-2020**»! Электронный адрес последнего указан в **Памятке участника**.

Уровень «Новичок» (уровень А)

Задача № 1. «Альмукантарат и суточная параллель звезды»

Что такое альмукантарат звезды? Суточная параллель звезды? В каких точках поверхности Земли эти круги совпадают? Как связаны их радиусы с радиусом небесной сферы? (5 баллов).

Задача № 2. «Система мира по Птолемею»

Что такое деферент в геоцентрической системе мира Птолемея? Что такое эпицикл? Какие небесные тела не имели эпициклов? Почему? С каким периодом двигались нижние планеты по деференту? По эпициклу? С каким периодом двигались верхние планеты по деференту? По эпициклу? (5 баллов).

Задача № 3. «Самые яркие "рассеянки" самарского небосвода»

Назовите три самых ярких рассеянных скопления самарского небосвода? Чему равна их звездная величина? В каких созвездиях они располагаются? В какое время года условия их наблюдения оптимальны? Кратко охарактеризуйте каждое скопление. (5 баллов).

Задача № 4. «Съемка трека самого быстрого спутника»

Астроном-любитель планирует заснять с помощью фотокамеры с полем зрения $54^\circ \times 38^\circ$ трек самого быстрого искусственного спутника Земли в данном месте наблюдений. Оцените максимально возможное время пребывания такого спутника в кадре неподвижной камеры. (7 баллов).

Задача № 5. «Объемная концентрация звезд в окрестности Солнца»

Оцените объемную концентрацию звезд в окрестности Солнца, если полагать, что все видимые невооруженным глазом звезды подобны Солнцу и имеют изотропное распределение в пространстве. (8 баллов).

Задача № 6. «Аберрация света в астрономии»

Что такое аберрация света? Кто впервые обнаружил данное явление? В ка-

ком году? Как проявляется этот феномен в астрономии? Какие виды аббераций выделяют в астрономии? Определите максимальное значение угла абберации в каждом случае. Предположим, что в течение года с Земли наблюдается звезда, расположенная в плоскости эклиптики. Какую траекторию (обусловленную абберацией) будет описывать звезда в течение года по небосводу? Каков ее характерный угловой размер? (10 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)

Задача № 7. «После заката и до восхода Солнца на геополюсе»

Оцените продолжительность промежутка времени, после заката Солнца и до его восхода, в течение которого, на геополюсе, при условии ясной погоды, еще можно читать, писать, шить, вязать без использования искусственного освещения? Как называется эта часть суток? В расчетах следует учесть конечность размеров видимого диска Солнца и явление рефракции света ($\delta z = 35'$). (11 баллов).

Задача № 8. «Эпохи без искусственного освещения на геополюсе»

Определите, приблизительно, даты начала и окончания промежутков времени, описанных в предыдущей задаче, в случае северного географического полюса? (12 баллов).

Задача № 9. «В одной из миссий будущего»

Давайте немного помечтаем. Предположим, что Вы попали в будущее и Вам довелось наблюдать (с Земли) за космическим аппаратом (КА), бороздящим окрестности самой большой планеты Солнечной системы – Юпитера. Изначально КА двигался по круговой орбите, радиус которой равен большей полуоси орбиты Ио. Необходимо перевести КА на более высокую орбиту для изучения других галилеевых спутников по траектории Гомана-Цандера-Ветчинкина. Полная масса модуля $M_{\text{tot}} = 2$ т, масса полезной нагрузки – $m_0 = 100$ кг, остальная масса приходится на топливо. Переход с одной орбиты на другую достигается за счет работы ракетных двигателей, выбрасывающих топливо относительно КА со скоростью $u = 2.8$ км/с. Определите, какие галилеевы спутники, помимо Ио, аппарат сможет изучить, пребывая в их малой окрестности? (14 баллов).

Задача № 10. «Визуальные и фотографические наблюдения»

В оптический телескоп с фокусным расстоянием объектива $F = 900$ мм сначала устанавливают окуляр с углом собственного поля зрения $\Omega = 62^\circ$ и наблюдают при некотором угловом увеличении Γ некоторый неточечный небесный объект. Затем на место окуляра устанавливают астрокамеру, матрица которой поддерживает максимальное разрешение $s_1 \times s_2 = 1280 \times 960$ пикселей, размеры одного пикселя есть $\ell_1 \times \ell_2 = 3.75 \times 3.75$ мкм. При получе-

нии кадра обнаружено, что данный объект выглядит на фотографии таким же как он выглядел в телескоп через окуляр. Определите угловое увеличение Γ и фокусное расстояние окуляра f . (14 баллов).

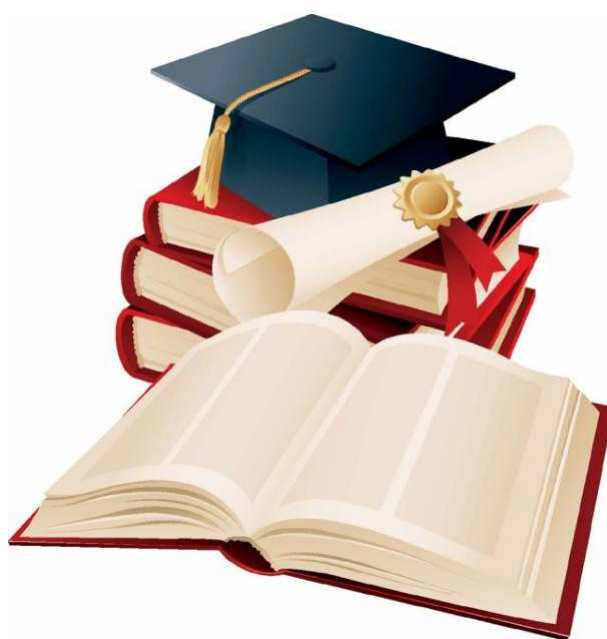
Задача № 11. «Проблема космического мусора – угроза для МКС»

Одной из главных проблем современной космонавтики – это *непрерывный рост космического мусора* в околоземном пространстве. Так, по данным Европейского космического агентства, вокруг нашей планеты вращается а) $N_1 = 2.9 \cdot 10^4$ обломков с размером $d_1 \geq 10^{-1}$ м, б) $N_2 = 6.7 \cdot 10^5$ обломков с размером $d_2 \geq 10^{-2}$ м и в) $N_3 = 1.7 \cdot 10^7$ "пылинок" с размером $d_3 \geq 10^{-3}$ м. Почти все эти обломки хаотически движутся на низких орбитах высотой до 2000 км. Значительная часть этих объектов находится на орбитах с высоким наклоном, плоскости которых пересекаются, поэтому средняя относительная скорость их взаимного пролета составляет около 10 км/с. Вследствие огромного запаса кинетической энергии столкновение любого из этих объектов с действующим космическим летательным аппаратом может повредить его или даже вывести из строя. Самым крупным действующим космическим аппаратом является *Международная космическая станция* (МКС). Ее площадь поперечного сечения (по отношению к направлению скорости орбитального движения) составляет около 100 м^2 , а высота орбиты $h = 415$ км. Оцените частоту столкновения между собой частиц 1) с размерами d_1 , 2) с размерами d_2 , 3) с размерами d_3 . Оцените частоту столкновения этих сортов частиц с МКС. Сколько таких столкновений с МКС возможно за 1 год? (14 баллов).

Задача № 12. «Вторжение в Солнечную систему Глизе 710»

В 2016 году группой польских ученых было объявлено о прохождении (в будущем) звезды Глизе 710 через Солнечную систему и ее тесном сближении с Солнцем. Ее настоящая видимая звездная величина равна $m = 9.66^m$, лучевая скорость – $V_r = -14.468$ км/с, годичный параллакс – $\pi = 52.5185 \cdot 10^{-3}''$, собственное движение по прямому восхождению – $\mu_\alpha = -0.460 \cdot 10^{-3}''/\text{год}$, по склонению – $\mu_\delta = -0.028 \cdot 10^{-3}''/\text{год}$. Определите минимальное гелиоцентрическое расстояние на которое подойдет звезда к Солнцу. Через какое количество лет это произойдет? Какова будет, при этом, ее звездная величина? Будет ли она видна невооруженным глазом? Чему будут равны, при этом, ее тангенциальная и радиальная скорость? Сколько времени будет пребывать звезда в пределах Солнечной системы и когда она покинет ее, если современное значение радиуса гравитационной границы системы равно 1.87 св. года. Если полагать, что данная звезда породит возмущение в кометном облаке Оорта, то через какой минимальный промежуток времени (после максимального сближения) следует ожидать кометный ливень в окрестности Земли? Как часто такие тесные сближения испытывает Солнечная система? (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		Экс- цен- триси- тет	Наклон к плоскости эклипти- ки	Период обраще- ния	Синоди- ческий 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		Плот- ность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плос- кости орбиты	Гео- мет- рич. альбе- до	Вид. звезд- ная вели- чина*
	кг	массы Земли	км	ради- усы Зем- ли					
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

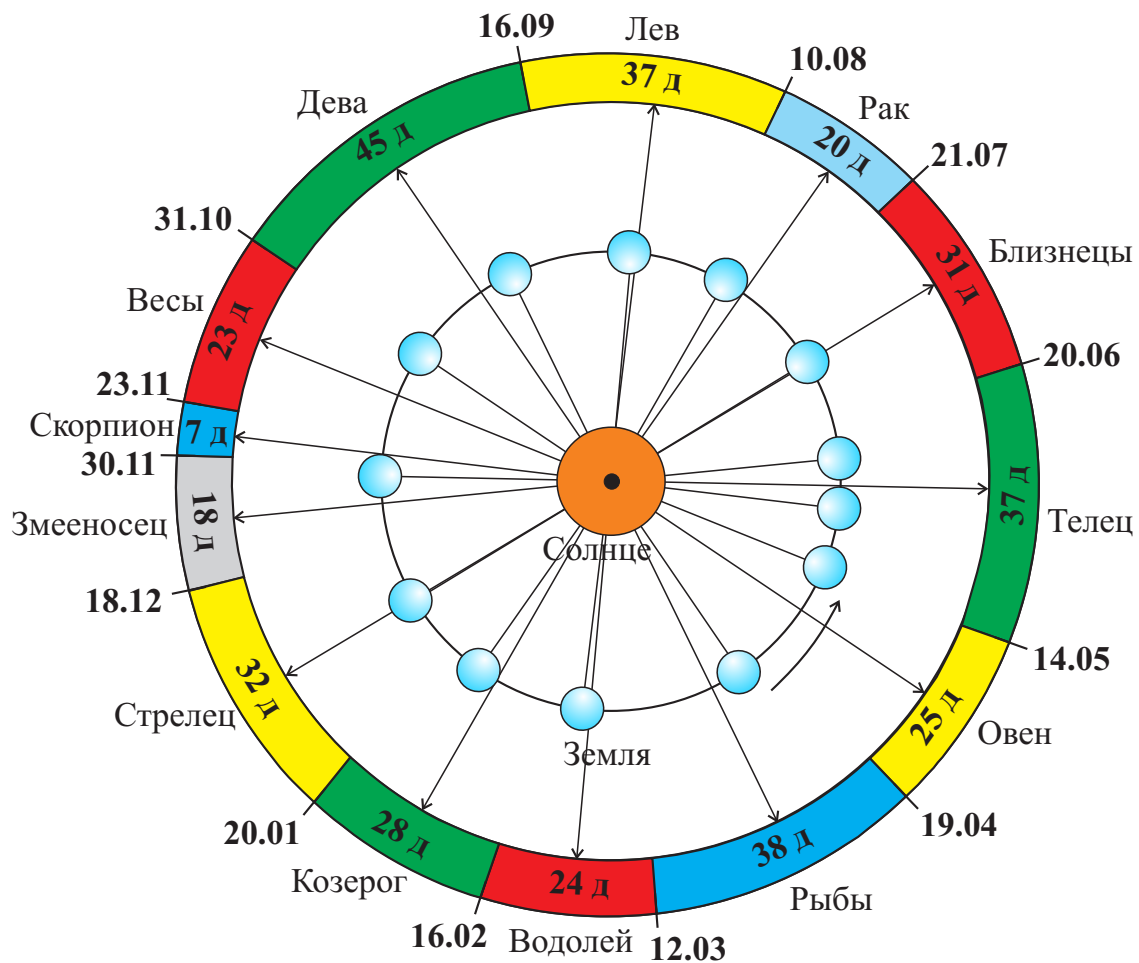


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

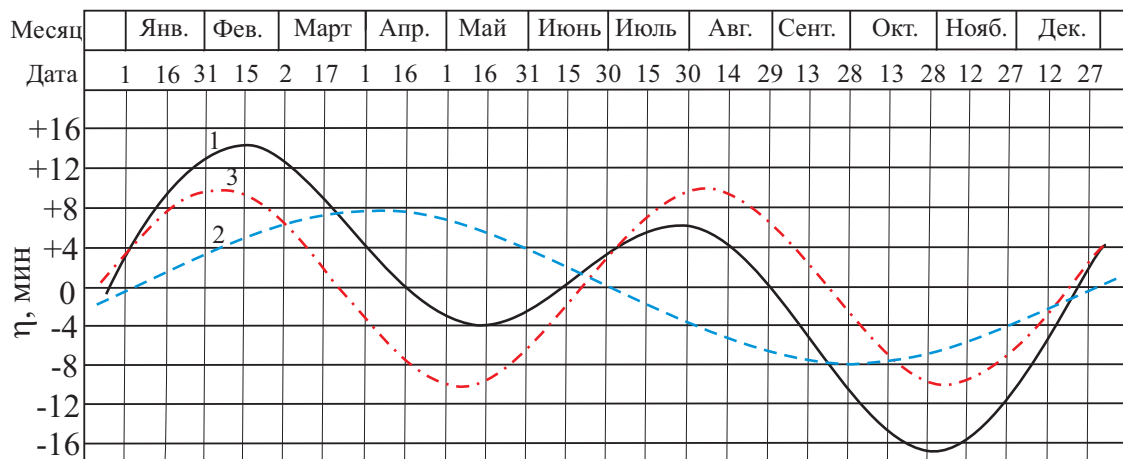


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

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

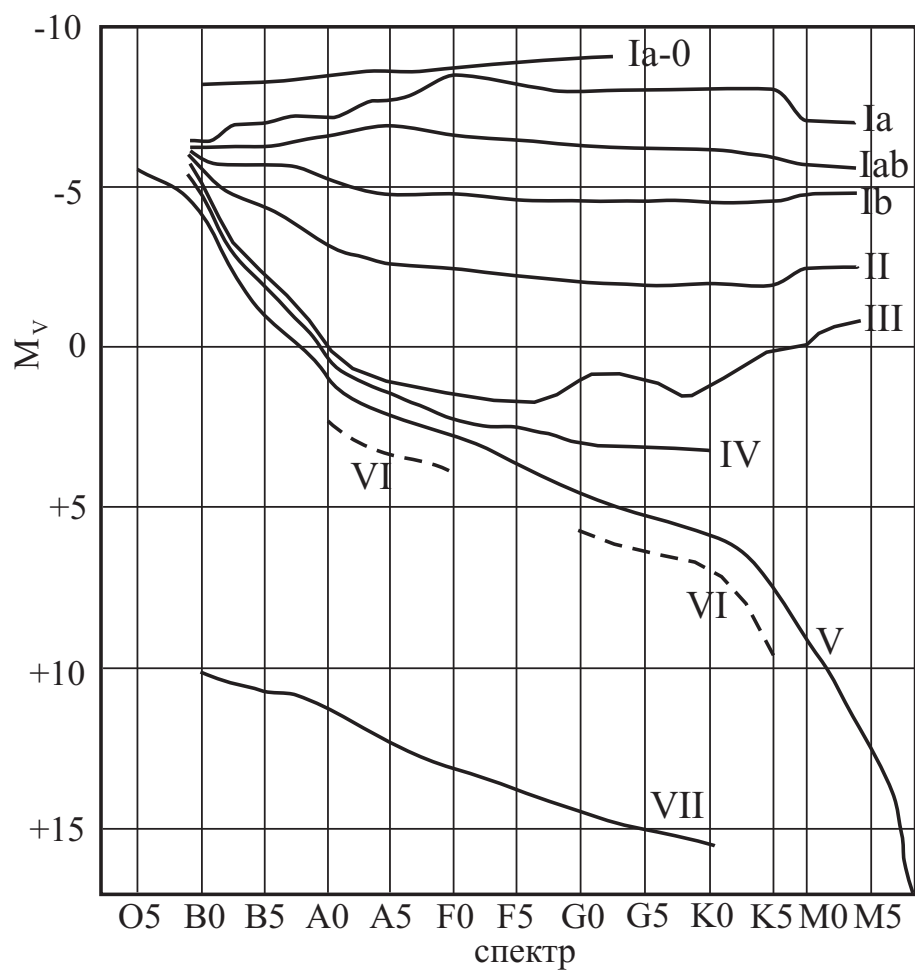


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	A	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	(H)												
2	Li Литий	Be Бериллий	B Бор	C Углерод	N Азот	O Кислород	F Фтор	Ne Неон	He Гелий				
3	Na Натрий	Mg Магний	Al Алюминий	Si Кремний	P Фосфор	S Сера	Cl Хлор	Ar Аргон	Ne Неон				
4	K Калий	Ca Кальций	Sc Скандий	Ti Титан	V Ванадий	Cr Хром	Mn Марганец	Fe Железо	Co Кобальт	Ni Никель			
5	Rb Рубидий	Sr Стронций	Y Иттрий	Zr Цирконий	Nb Ниобий	Mo Молибден	Tc Технеций	Ru Рутений	Rh Родий	Pd Палладий			
6	Cs Цезий	Ba Барий	La* Лантан	Hf Гафний	Ta Тантал	W Вольфрам	Re Рений	Os Осмий	Ir Иридий	Pt Платина			
7	Fr Франций	Ra Радий	Ac** Актиний	Rf Резерфордий	Db Дубний	Sg Сибургий	Bh Борий	Hs Хассий	Mt Мейтнерий	RO ₄			
формулы высших окислов	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	RH ₃	RH ₂	R ₂ O ₇						
формулы летучих одноородных соединений				RH ₄									
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce Церий	Pr Прозетим	Nd Неодим	Sm Самарий	Eu Европий	Gd Гадолиний	Tb Тербий	Dy Диспрозий	Ho Гольмий	Er Эрбий	Tm Тулий	Yb Иттербий	Lu Лютеций
АКТИНОИДЫ**	Th Торий	Pa Протактиний	U Уран	Pu Плутоний	Am Америций	Cm Курций	Bk Берклий	Cf Калифорний	Es Эйнштейний	Fm Фермий	Md Менделевий	No Нобелий	Lr Лавренций

Рис. А.4. Таблица Менделеева.