

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: 2020-2021, 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: 2020-2021, 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:

15.10.2020-30.11.2020!!!

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. «Астрономическая зима 2020 года»**

С каким феноменом отождествляется начало астрономической зимы? Какого числа и в какое (приблизительно) время (по Самарскому времени) наступит астрономическая зима в 2020 году, если в 2019 году она наступила 22 декабря в 04 часа 19 минут по всемирному времени? (5 баллов).

Задача № 2. «Съемка звезд на длительной выдержке и треки звезд»

Астроном-любитель решил сфотографировать звездные треки. Для этого в ясную ночь он ориентировал фотоаппарат в направлении Полярной звезды и выполнил съемку на длительной выдержке. Анализируя полученную фотографию, он обнаружил, что треки двух одинаковых по блеску звезд, со склонениями δ_1 и δ_2 соответственно, имеют треки разной яркости. Как это можно объяснить? У какой звезды трек на фото будет выглядеть более ярким? Во сколько раз? (5 баллов).

Задача № 3. «Радиус-вектор центра масс системы тел и его инвариантность»

Докажите, что выражение для радиуса-вектора центра масс системы небесных тел инвариантно относительно выбора системы отсчета. (5 баллов).

Задача № 4. «Лунный северный полюс мира»

В каких созвездиях может пребывать северный полюс мира Луны, если известно, что угол между плоскостью эклиптики и плоскостью лунного экватора равен $\gamma = 1.54^\circ$. (7 баллов).

Задача № 5. «Большое солнечное (лунное) гало и его наблюдения»

Определите, на каких широтах (хотя бы раз в год и даже реже) невозможно увидеть полностью над горизонтом большое а) солнечное, б) лунное гало? Угловой радиус этого вида гало составляет 46° . (8 баллов).

Задача № 6. «Григорианский календарь и его несовершенство»

Какие принципы исчисления времени заложены в Григорианский календарь? Кто и когда ввел этот календарь в эксплуатацию в большинстве развитых стран Европы? Почему? Кто был автором-разработчиком этого календаря? В каком году в России этот календарь был введен в эксплуатацию? Какие поправки сопровождали его введение в России и за рубежом? Чем они обусловлены? Какое количество циклов содержит этот календарь? Чему равны их продолжительности? Вычислите: а) среднюю продолжительность одного григорианского года; б) погрешность (в долях суток и в часах, минутах, секундах), набегавшую в этом календаре за один календарный год? в) количество лет, за которые набегает погрешность в одни сутки в данном календаре? (10 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)**Задача № 7. «Азимут точки захода Солнца за горизонт в г. Самаре»**

Определите: а) интервал возможных значений для азимута точки захода Солнца за горизонт в г. Самаре; б) скорость изменения азимута точки захода Солнца как функцию времени; в) дни года, в которые последняя функция достигает максимального и минимального значений. Свои умозаключения подкрепите строгими математическими выкладками. (11 баллов).

Задача № 8. «Телескоп им. Э. Хаббла и его "дальнобойность"»

Как известно, проникающая сила телескопа им. Э. Хаббла равна $m_T = +30^m$. Чему равно максимально возможное расстояние до звезды, подобной Солнцу, которую еще может увидеть этот телескоп в направлении на центр Галактики, если поглощение света в этом направлении составляет $\nu = 0.002^m/\text{пк}$? (12 баллов).

Задача № 9. «Перетягивание Луны»

Что притягивает сильнее Луну: Земля или Солнце? Если Солнце, то почему тогда Луна движется вокруг Земли, а не вокруг Солнца? Чему должен быть равен сидерический период обращения системы «Земля-Луна», чтобы стал возможным захват Луны Солнцем? (14 баллов).

Задача № 10. «Изменение продолжительности гражданских сумерек»

В каких точках поверхности Земли изменение продолжительности гражданских сумерек в течение года является минимальным? Чему равна а) географическая широта этих точек? б) продолжительность пребывания Солнца над горизонтом в этих точках? в) интервал возможных значений для продолжительности гражданских сумерек в этих точках? (14 баллов).

Задача № 11. «Фотоохота на астероиды Главного пояса»

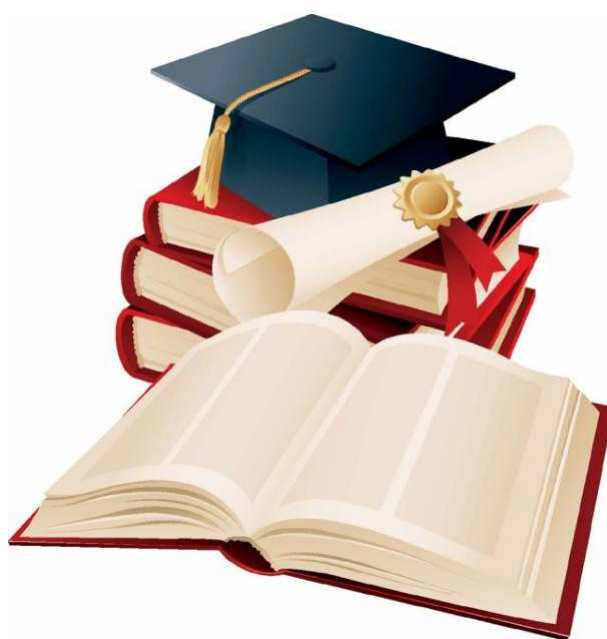
Как известно, в Главном поясе астероидов (ГПА) насчитывается не менее 70 астероидов, звездная величина которых (хотя бы в противостоянии) не превосходит 10^m . Именно такие яркие астероиды можно уверенно запечатлеть в городских условиях, на зеркальную камеру с матрицей, содержащей $N = 18$ Мп, с кроп-фактором 1.6 и объективом, с фокусным расстоянием $f = 135$ мм. Считая, что данные астероиды распределены в ГПА равномерно и отстоят от эклиптики на угол не более $\pm 10^\circ$, оцените, сколько таких астероидов может зафиксировать одновременно в одном кадре такая камера, ориентированная в меридиан, в истинную полночь? На какое минимальное угловое расстояние может сблизиться пара таких астероидов, чтобы их еще смогла разрешить¹ данная камера? (14 баллов).

Задача № 12. «Если бы у Венеры был спутник...»

Как известно, многие астрономы XVII-XVIII вв неоднократно объявляли об открытии у Венеры спутников. В настоящее время установлено, что естественные спутники у Венеры отсутствуют. Давайте предположим обратное, – Венера обладает спутником. Определите, на каком минимальном расстоянии должен располагаться естественный спутник Венеры, подобный Луне, чтобы его можно было разрешить вместе с материнской планетой невооруженным глазом с поверхности Земли, в момент наибольшей элонгации. Чему был бы равен минимальный радиус спутника, если полагать, что его альбедо равно альбедо Луны? Если полагать что средняя массовая плотность спутника, такая же как у Луны, то чему будет равна его масса? Чему был бы равен период обращения такого спутника вокруг Венеры? Проверьте, может ли в принципе Венера иметь на такой орбите спутник? Разрешающую способность человеческого глаза принять равной $3'$, а его проникающую силу – $+6^m$. Орбиты всех рассматриваемых классических планет считать эллиптическими, а спутника – круговой. (15 баллов).

¹ Для Вас может оказаться полезной **теорема Котельникова**: для получения дискретного изображения одномерного профиля распределения интенсивности образа звезды необходимо не менее 3 пикселей.

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

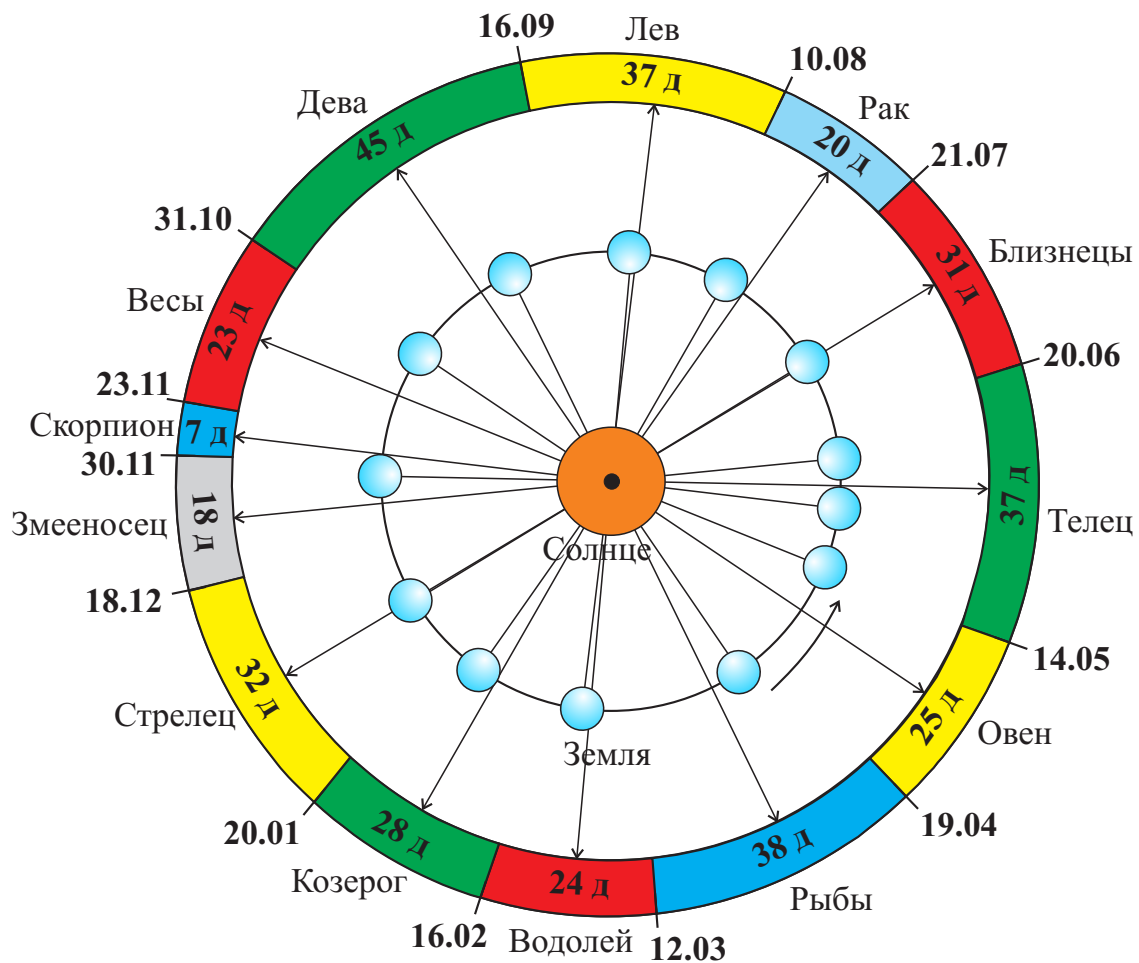


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

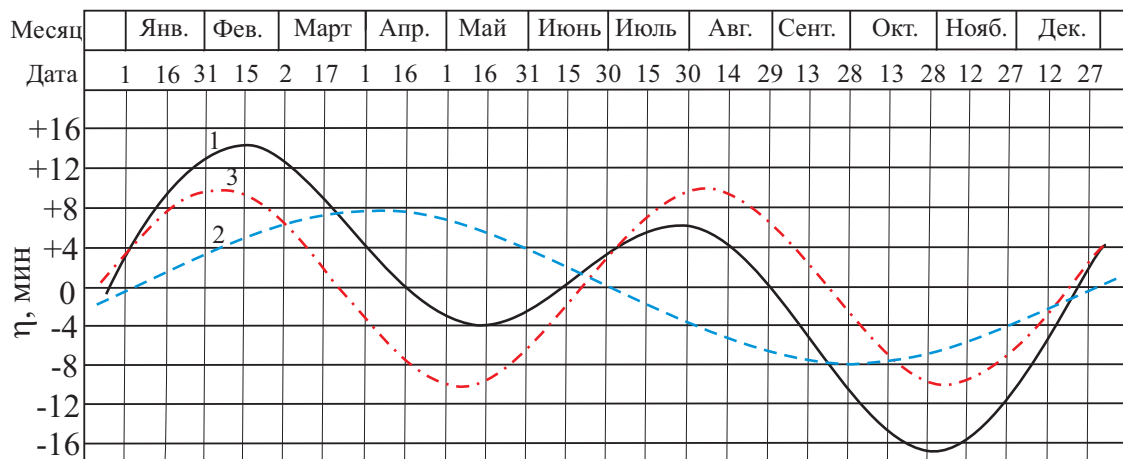


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

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

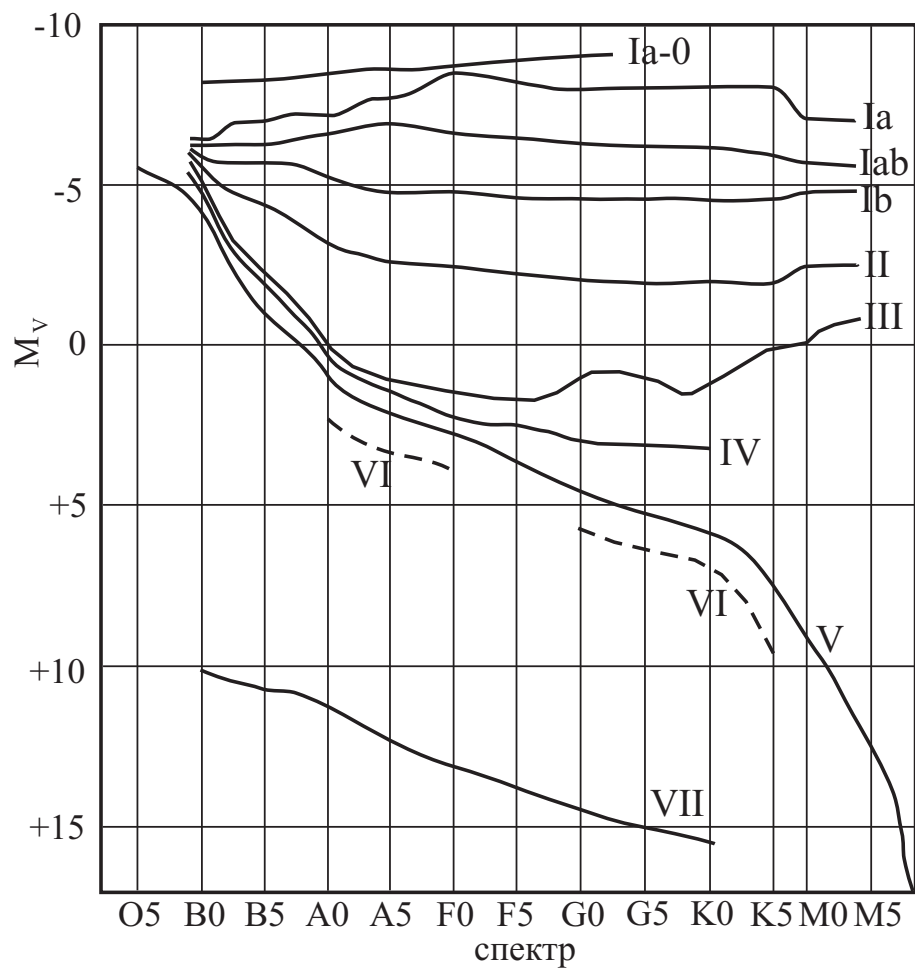


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

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	Be	B	C	N	O	F	Ne					
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar					
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe					
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru					
6	Cs	Ba	La*	Hf	Ta	W	Re	Os					
7	Fr	Ra	Ac**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs					
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
51													
52													
53													
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61													
62													
63													
64													
65													
66													
67													
68													
69													
70													
71													
72													
73													
74													
75													
76													
77													
78													
79													
80													
81													
82													
83													
84													
85													
86													
87													
88													
89													
90													
91													
92													
93													
94													
95													
96													
97													
98													
99													
100													
101													
102													
103													
104													
105													
106													
107													
108													
109													
110													
111													
112													
113													
114													
115													
116													
117													
118													

Рис. А.4. Таблица Менделеева.