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 № 1

Самара, 2021 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 № 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***:
15.10.2021-30.11.2021!!!

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. «88 созвездий небосвода и особенности их названий»

В табл. 1 представлен Вашему вниманию список всех созвездий небосвода Земли. Выберите те созвездия, названия которых определяют профессии или призвания человека. Какие из выбранных Вами созвездий проходят через зенит г. Самары ($\varphi_S = 53°12'$, $\lambda_S = 50°06'$)? (7 баллов).

01.	Андромеда,	02.	Близнецы,	03.	Большая Медведица,	04.	Большой Пес,
05.	Весы,	06.	Водолей,	07.	Возничий,	08.	Волк,
09.	Волопас,	10.	Волосы Вероники	11.	Ворон,	12.	Геркулес,
13.	Гидра,	14.	Голубь,	15.	Гончие Псы,	16.	Дева,
17.	Дельфин,	18.	Дракон,	19.	Единорог,	20.	Жертвенник,
21.	Живописец,	22.	Жираф,	23.	Журавль,	24.	Заяц,
25.	Змееносец,	26.	Змея,	27.	Золотая Рыба,	28.	Индеец,
29.	Кассиопея,	30.	Киль,	31.	Кит,	32.	Козерог,
33.	Компас,	34.	Корма,	35.	Лебедь,	36.	Лев,
37.	Летучая Рыба,	38.	Лира,	39.	Лисичка,	40.	Малая Медведица,
41.	Малый Конь,	42.	Малый Лев,	43.	Малый Пес,	44.	Микроскоп,
45.	Муха,	46.	Насос,	47.	Наугольник,	48.	Овен,
49.	Октант,	50.	Орел,	51.	Орион,	52.	Павлин,
53.	Паруса,	54.	Пегас,	55.	Персей,	56.	Печь,
57.	Райская птица,	58.	Рак,	59.	Резец,	60.	Рыбы,
61.	Рысь,	62.	Северная Корона,	63.	Секстант,	64.	Сетка,
65.	Скорпион,	66.	Скульптор,	67.	Столовая Гора,	68.	Стрела,
69.	Стрелец,	70.	Телескоп,	71.	Телец,	72.	Треугольник,
73.	Тукан,	74.	Феникс,	75.	Хамелеон,	76.	Центавр,
77.	Цефей,	78.	Циркуль,	79.	Часы,	80.	Чаша,
81.	Щит,	82.	Эридан,	83.	Южная Гидра,	84.	Южная Корона,
85.	Южная Рыба,	86.	Южный Крест,	87.	Южный Треугольник,	88.	Ящерица.

Таблица 1. Названия созвездий земного небосвода.

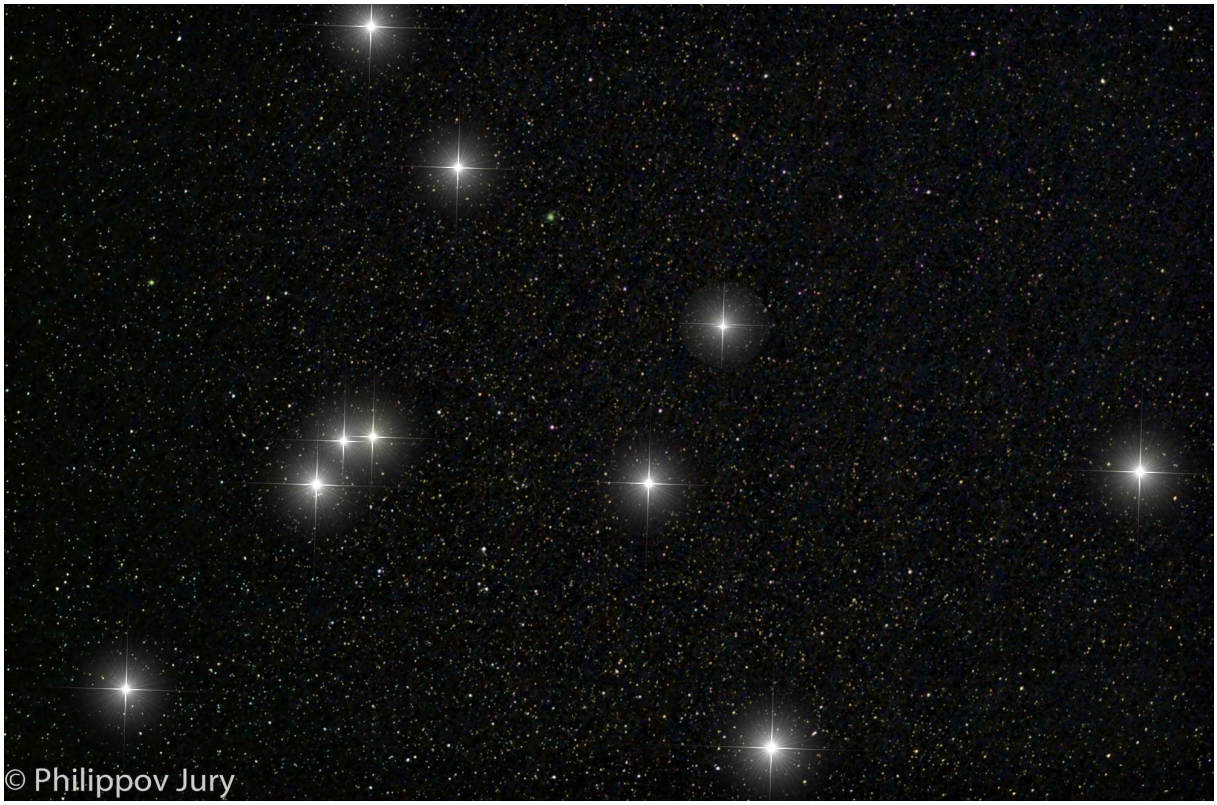


Рис. 1. Фотография созвездия (автор – Филиппов Юрий).

Задача № 2. «Созвездие и его характеристики»

На рис. 1 представлена фотография созвездия.

1. Как называется это созвездие? (1 балл)
2. В какой полусфере небосвода (северной или южной) преимущественно располагается данное созвездие? (1 балл)
3. Чему равна площадь данного созвездия (в квадратных градусах)? (1 балл)
4. Какое место занимает данное созвездие в рейтинге самых больших созвездий небосвода? (1 балл)
5. В какое время года его условия наблюдений являются оптимальными? (1 балл)
6. Как называется самая яркая звезда этого созвездия? (1 балл)
7. Чему равна звездная величина (с точностью до сотых долей) данной звезды? (1 балл)
8. Каким типом объекта (незаходящим, невосходящим, или восходящим и заходящим) является данная звезда для наблюдателя в г. Самаре ($\varphi_S = 53°12'$, $\lambda_S = 50°06'$)? (2 балла)
9. Какой спектральный класс и класс светимости имеет ее главная компонента? (2 балла).

Задача № 3. «Видимое суточное движение Солнца по небосводу»

На рис. 2 представлена фотография-коллаж видимого движения Солнца по небосводу, в день осеннего равноденствия.

Рис. 2. Фотография суточного движения Солнца по небосводу (источник – https://vk.com/welsis).

1. По дуге какого большого круга совершает свое суточное движение Солнце в эти сутки? (1 балл)
2. Какие точки небесной сферы являются полюсами данного круга? (1 балл)
3. В каких точках горизонта Солнце его пересекает в эти сутки? (1 балл)
4. Чему равно время пребывания Солнца над горизонтом в эти сутки? (1 балл)
5. Чему равна высота Солнца в эти сутки в верхней кульминации для наблюдателя, находящегося на широте φ? (2 балла)
6. В какой момент времени данных суток, на восходе или на закате, а) склонение Солнца, б) прямое восхождение Солнца будет больше? (2 балла)
7. Начало какого астрономического сезона определяет указанная дата? (1 балл)
8. Какие созвездия проходит Солнце в этом сезоне? (1 балл)
9. В каком из указанных Вами созвездий Солнце пребывает наибольшее время? Наименьшее время? (2 балла).

Задача № 4. «Ярчайшие звезды небосвода и их свойства»

На рис. 3 представлены 16 ярчайших звезд небосвода. Определите,

1. Какая из указанных звезд обладает наибольшей массой? (1 балл)
2. Какая из указанных звезд обладает наибольшими размерами? (1 балл)
3. Какие из указанных звезд входят в состав двойных или кратных звезд? (1 балл)
4. У каких звезд уверенно обнаруживается переменность их блеска? (1 балл)
5. Какие из указанных звезд относятся к спектральному классу B? (1 балл)
6. Какие из указанных звезд относятся к спектральному классу M? (1 балл)

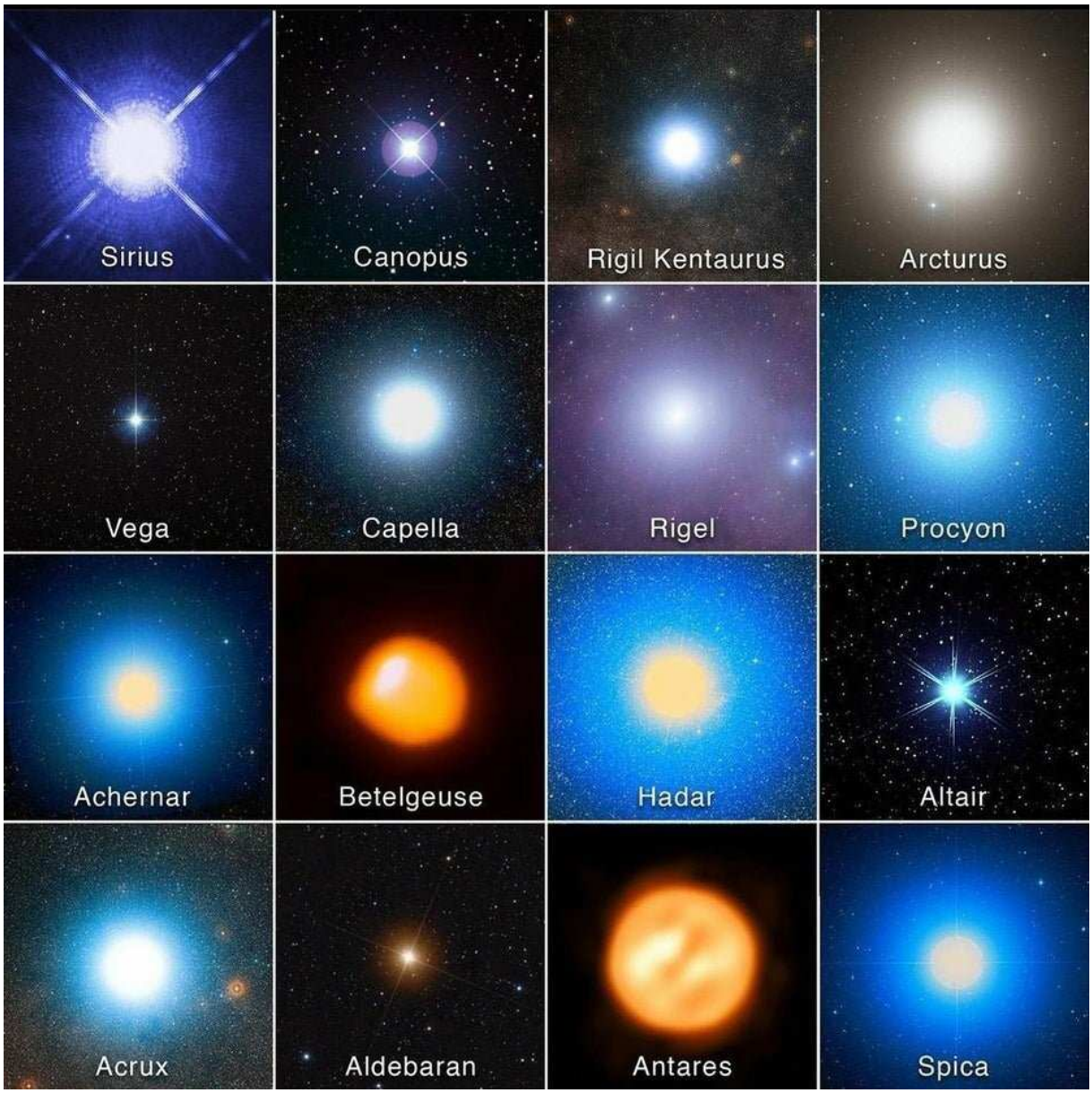


Рис. 3. Топ-16 ярчайших звезд небосвода (источник – https://vk.com/space_astro).

7. Какие из указанных звезд относятся к сверхгигантам? (1 балл)
8. Какие из указанных звезд относятся к гигантам? (1 балл)
9. Какие из указанных звезд располагаются внутри сферы с центром в Солнце и радиусом 10 пк? (1 балл)
10. Какие из указанных звезд движутся в направлении Солнца? (1 балл)

Уровень «Знаток» (уровень B)

Задача № 5. «Фотография Земли и свойства Луны»

На рис. 4 представлена фотография Земли, полученная с поверхности Луны одним из посадочных модулей программы Аполлон. Определите, чему была равна фаза Луны для земного наблюдателя на момент получения фотографии? Оцените время, прошедшее от момента последнего новолуния до момента получения данной фотографии. Какое из тел, Земля или Луна, было ближе к Солнцу на момент съемки? Следует полагать, что геоцентрическое

Рис. 4. Фотография Земли, полученная с поверхности Луны.

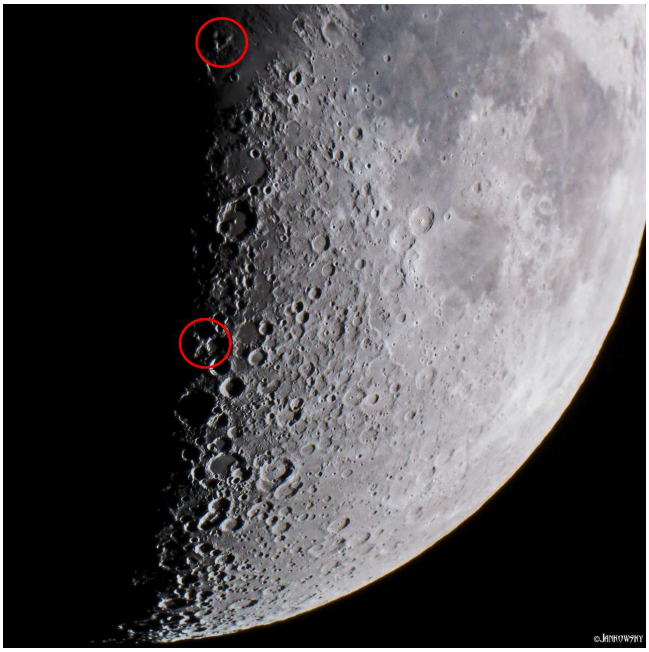


Рис. 5. К определению оптических явлений – Креста Пурбаха и лунного V (автор – К. Янковский, источник – https://vk.com/astrophotography).

расстояние до Луны много меньше гелиоцентрического расстояния системы «Земля-Луна». Орбиту Луны следует считать круговой. (11 баллов).

Задача № 6. «Поправка маятниковых часов»

Маятниковые часы перевезены с земного экватора в Антарктиду (в окрестность южного геополюса) для проведения научных экспериментов. Оцените поправку маятниковых часов, набегающую за земные сутки в Антарктиде (при температуре $t = -90°$C), если эти часы выверены на экваторе (при температуре $t = +50°$C). Коэффициент теплового расширения вещества маятника – $\alpha_h = 2.4 \cdot 10^{-5}$ град$^{-1}$. Исходная выверенная длина маятника $\ell_0 = 300$ мм. На сколько нужно изменить длину маятника, чтобы поправка часов за сутки была не больше 10 секунд? (12 баллов).

Задача № 7. «Трио Местной группы и фотометрия ее главных галактик»

Как известно, Млечный путь (абсолютная звездная величина которого $M_0 = -21.0^{\mathrm{m}}$), Туманность Андромеды (M31, интегральная видимая звездная величина – $m_1 = 3.4^{\mathrm{m}}$, абсолютная звездная величина – $M_1 = -21.0^{\mathrm{m}}$, экваториальные координаты центра – $\alpha_1 = 00^{\mathrm{h}}42^{\mathrm{m}}44^{\mathrm{s}}$, $\delta_2 = 41°16'8''$, видимые размеры – $a' \times b' = 3.2° \times 1.0°$) и Спираль Треугольника (M33, расстояние до галактики – $r_2 = 900$ кпк, интегральная видимая звездная величина – $m_2 = 5.7^{\mathrm{m}}$, экваториальные координаты центра – $\alpha_2 = 01^{\mathrm{h}}33^{\mathrm{m}}50.90^{\mathrm{s}}$, $\delta_2 = 3039'36''$, видимые размеры – $a' \times b' = 73 \times 45'$) являются самыми массивными компонентами Местной группы галактик. Оцените:

1. Величину разности абсолютных звездных величин M31 и M33? (2 балла)

2. Разницу расстояний до галактик M31 и M33? (2 балла)

3. Радиусы данных галактик. (2 баллов)

4. Видимую звездную величину M33 с позиции гипотетического наблюдателя, расположенного в M31? (2 балла)

5. Видимую звездную величину M31 с позиции гипотетического наблюдателя, расположенного в M33? (2 балла)

6. Поверхностную яркость галактик с точки зрения земного наблюдателя в зв. величинах на квадрат. угл. сек. (4 балла)

Задача № 8. «Одинокий Юпитер и центр масс»

Определите на сколько изменятся радиус орбиты Юпитера и период его обращения вокруг Солнца при условии, что все оставшиеся классические планеты покинули Солнечную систему. Насколько изменится при этом положение центра масс системы «Солнце-Юпитер»? В каком направлении при этом движется данная точка по отношению к центру масс материнской звезды? Орбиты все планет считать круговыми. Межпланетными взаимодействиями следует пренебречь. (14 баллов)

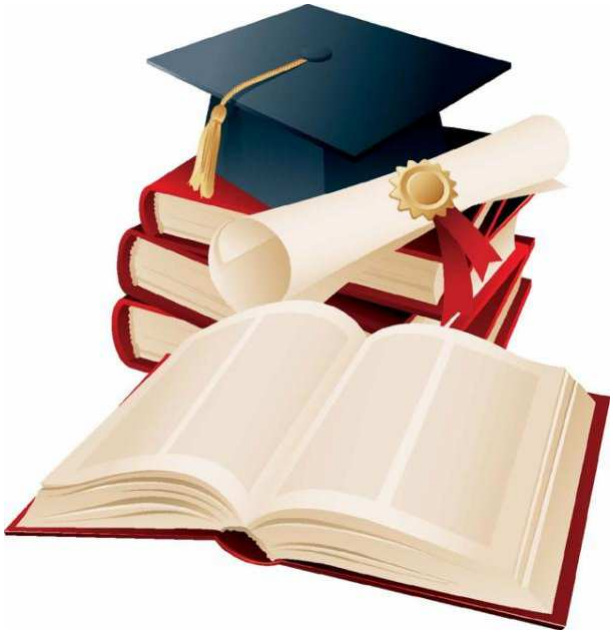
Задача № 9. «Вероятность "поимки" креста Пурбаха»

Оцените вероятность случайного наблюдения астрономом-любителем оптического феномена на поверхности Луны – креста Пурбаха и "лунный V"(см. рис. 5), если последний, каждую неделю, случайным образом уделяет наблюдениям данного небесного тела два сеанса по 30 минут. Следует полагать, что данный феномен можно наблюдать лишь в течение времени, пока терминатор проходит соответствующую область поверхности Луны. Следует полагать, что Луна в момент наблюдений находилась на среднем расстоянии от Земли, вблизи небесного экватора. (14 баллов).

Задача № 10. «Сборка солнечной энергии»

В рамках миссии исследования астероида космический аппарат (КА) был отправлен с Земли. По пути к астероиду КА испытал явление гравитационного маневра в гравитационном поле Марса, после которого он перешел на новую орбиту. В момент перехода гелиоцентрическое расстояние КА было равно фокальному параметру новой орбиты. Двигаясь в направлении малой полуоси, КА достигает астероида в точке афелия своей орбиты. Рассчитайте количество световой солнечной энергии, которое соберет КА за время экспедиции к астероиду, если солнечные батареи площадью $S = 30$ м^2 и КПД $\eta = 25\%$ были запущены в работу сразу после гравитационного маневра. Чему равен эксцентриситет новой орбиты, если период обращения КА по ней составил 10 лет? (15 баллов).

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ



A.1. Основные физические и астрономические постоянные

- *Гравитационная постоянная* – $G = 6.674 \cdot 10^{-11}$ м$^3\cdot$ кг$^{-1} \cdot c^{-2}$
- *Скорость света в вакууме* – $c = 2.998 \cdot 10^8$ м/с
- *Универсальная газовая постоянная* – $R = 8.31$ кг$\cdot$м$^2\cdot$ с$^{-2}\cdot$K$^{-1}\cdot$ моль$^{-1}$
- *Постоянная Стефана-Больцмана* – $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ кг$\cdot$с$^{-3}\cdot$K^{-4}
- *Постоянная Авогадро* – $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
- *Масса протона* – $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ кг
- *Масса электрона* – $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$ кг
- *Астрономическая единица* – 1 а.е. $= 1.496 \cdot 10^{11}$ м
- *Парсек* – 1 пк $= 206265$ а.е. $= 3.086 \cdot 10^{16}$ м
- *Постоянная Хаббла* – $H = 72$ км$\cdot$с$^{-1}\cdot$Мпк$^{-1}$

A.2. Данные о Солнце

- *Радиус* – $6.955 \cdot 10^5$ км
- *Масса* – $1.989 \cdot 10^{30}$ кг
- *Светимость* – $3.827 \cdot 10^{26}$ 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 K
- *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

A.3. Данные о Земле

- *Эксцентриситет орбиты* – 0.017
- *Тропический год* – 365.24219 сут
- *Средняя орбитальная скорость* – 29.8 км/с
- *Период вращения* – 23 часа 56 минут 04 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 г·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* – $5°09'$
- *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 г·см$^{-3}$
- *Визуальное геометрическое альбедо* – 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.		градусы		сут
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	г·см$^{-3}$		градусы		
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

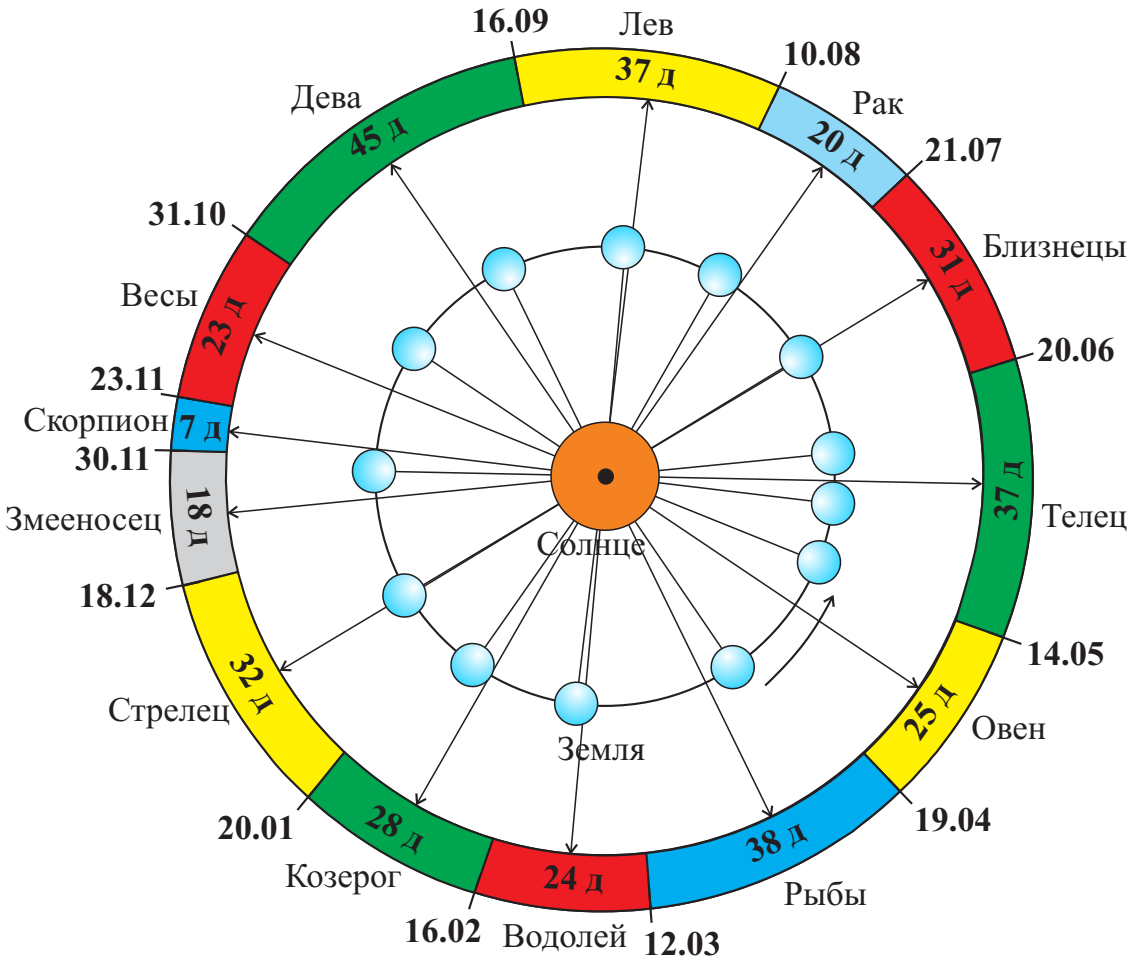


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

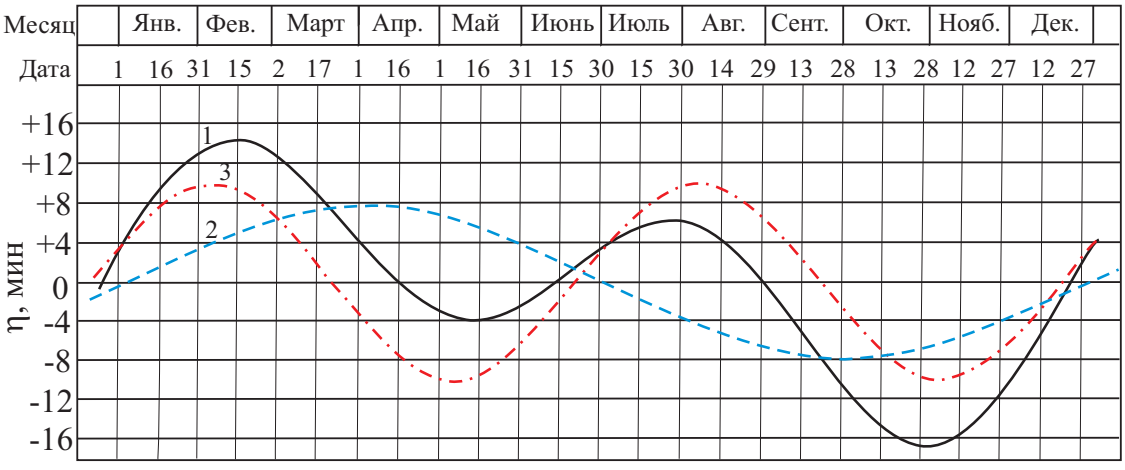


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

A.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

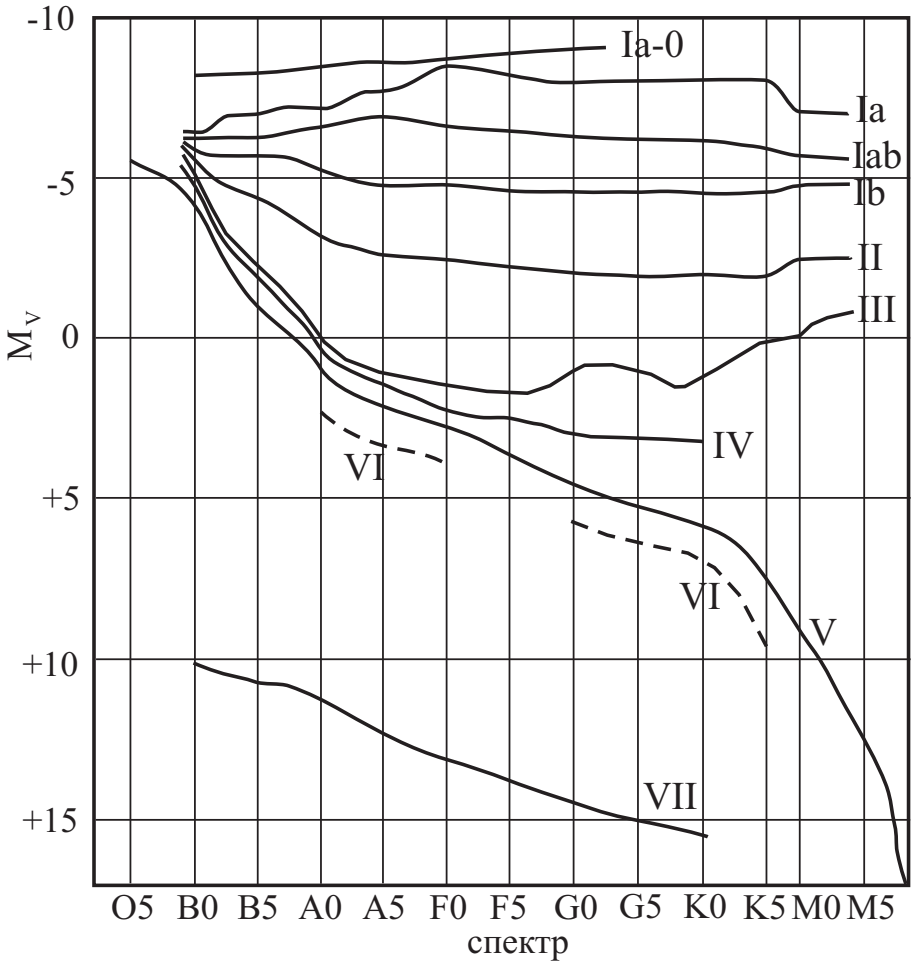


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

Рис. А.4. Таблица Менделеева.