

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ЗАОЧНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ
SAMRAS-2018

СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 8-9 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 8-9 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 8-9 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. *«Масштабы Солнечной системы и распространение света»*

Согласно современным представлениям, гравитационный радиус Солнечной системы равен 1.87 св. года. Какое количество секунд требуется лучу света для прохождения системы по ее диаметру? (3 балла).

Задача № 2. *«Атмосфера Титана и свойства ее компонентов»*

Согласно современным данным, атмосфера Титана, крупнейшего спутника Сатурна состоит из молекулярного азота (молярная доля – 95%) и метана (молярная доля – 5%). Известно, что средняя массовая плотность атмосферы у поверхности спутника равна 6.0 кг/м^3 . Определите объемные концентрации данных газов. (3 балла).

Задача № 3. *«Линейная высота сосны»*

Охотник, перемещаясь по лесу, сделал фотографию малого гало вокруг Солнца (см. рис. 1).

Определите линейную высоту сосны (в метрах), затмевающей Солнце, если в момент съемки, охотник находился от дерева на расстоянии $r = 28.5 \text{ м}$. Известно, что угловой радиус малого гало равен $\rho_h = 22^\circ$. (3 балла).



Рис. 1: малое гало вокруг Солнца.

Задача № 4. «Угловая высота Солнца и длина дуги гало»

С использованием данных предыдущей задачи, определите а) угловую высоту Солнца, запечатленного (покрытого сосной) на фотографии 1; б) длину дуги малого гало (в градусах), которая непосредственно видна земному наблюдателю (см. рис. 1); в) широту места наблюдения, если фото сделано в истинный полдень, в день зимнего солнцестояния. (4 балла).

Задача № 5. «Новая комета и массовые потери»

Новая комета, при прохождении своего перигелия, активно сублимирует водяной лед (основной строительный элемент ее ядра) и испускает образовавшийся газ в окружающее пространство. Согласно наземным наблюдениям, массовые потери ядра кометы равны 120 тонн/с. Оцените, радиус ядра кометы, если расстояние до ее перигелия равно 0.5 а.е., альbedo ядра равно 0.04. (4 балла).

Задача № 6. «Эволюция ядра кометы»

С использованием данных и результатов предыдущей задачи, определите а) скорость изменения радиуса ядра кометы. Следует полагать, что процесс сублимации происходит по поверхности ядра равномерно; б) массу водяного льда, теряемого ядром кометы при прохождении перигелия, если продолжительность стадии активной сублимации ядра равна 2 месяца; в) на сколько изменится при этом радиус ядра кометы? г) Сколько проходов перигелия, за свою оставшуюся жизнь, может совершить комета? (5 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)**Задача № 7. «Вспышка кометы 17P/Холмса»**

В октябре 2007 года произошла вспышка кометы 17P/Холмса. В результате чего, за двое суток ее видимая звездная величина увеличилась с $+17^m$ до $+2^m$. Спустя два месяца линейный диаметр ее комы стал больше диаметра Солнца. Определите а) среднюю скорость изменения блеска кометы (в звездных величинах за сутки); б) во сколько раз увеличилась освещенность, создаваемая кометой у поверхности Земли; в) среднюю скорость изменения освещенности (в Вт/(м²·с)); г) среднее значение линейной скорости расширения ее комы (в м/с). (6 баллов).

Задача № 8. «Рефлектор Ньютона и его поле зрения»

В рефлекторе Ньютона, в качестве объектива, установлено сферическое зеркало, диаметром D и фокусным расстоянием F . На главной оптической оси последнего установлено плоское квадратное диагональное зеркало, ориентированное под углом $\alpha = 45^\circ$ к главной оптической оси телескопа. Корпус телескопа (труба телескопа) имеет диаметр D_T и длину L . Вынос фокуса из тела трубы составляет f . Определите а) угловой диаметр поля зрения теле-

скопа; б) оптимальные размеры диагонального зеркала, при котором потери света будут минимальными; в) долю от полного светового потока, падающего в трубу телескопа, которая не участвует в построении изображения. (7 баллов).

Задача № 9. «Падение кометы Шумейкеров-Леви-9 на Юпитер»

В июле 1994 года в атмосферу Юпитера упала комета Шумейкеров-Леви-9, которая, предварительно, была разрушена планетой-гигантом на 23 крупных осколка. Предшествующие два года, данная комета была пленницей Юпитера и обращалась вокруг последнего по вытянутой эллиптической орбите. Известно, что процесс погружения в атмосферу планеты цепочки осколков длился около 40 секунд. Оцените, минимальную и максимальную возможную длину цепочки осколков. Определите среднее расстояние между осколками кометы, на ее орбите, непосредственно перед падением. (8 баллов).

Задача № 10. «Труба Галилея или Кеплера?»

У астронома-любителя в наличии имеются три линзы: первая – собирающая с диаметром $D_1 = 80$ мм, и фокусным расстоянием $f_1 = 800$ мм, вторая – собирающая с диаметром $D_2 = 15$ мм и фокусным расстоянием $f_2 = 20$ мм, третья – рассеивающая с диаметром $D_3 = 10$ мм и фокусным расстоянием $f_3 = 10$ мм. Астроном планирует использовать эти линзы для создания двухлинзовой подзорной трубы (по схеме Кеплера или Галилея). Труба какой оптической схемы будет компактнее? Определите, на сколько длина одной трубы больше другой, если обе сфокусированы на бесконечность? Чему будет равна минимальная площадь фанерного листа, необходимого для создания самодельного футляра для зрительной трубы. У какой трубы а) поле зрения будет больше? б) увеличение больше? в) разрешающая способность выше? г) оптическая сила выше? (8 баллов).

Задача № 11. «Пассажирский стратосферный челнок»

Британскими учеными предложен стратосферный пассажирский летательный аппарат (челнок), который способен вывозить до 15 пассажиров на околоземную орбиту высотой 100 км и там пребывать до 2 часов. Определите, на каком максимальном расстоянии (по поверхности Земли) расположена точка приземления челнока, относительно точки старта, если челнок а) двигался в том же направлении, что и Земля, б) в направлении, противоположном вращению Земли. Какое количество километров пролетит челнок, относительно центра Земли, за это время? (9 баллов).

Задача № 12. «Очки астронома-любителя»

Сильно близорукий астроном-любитель, носящий очки с оптической силой $D = -8$ дптр, четко видит звезды, если очки надеты нормально. До какого максимального расстояния он сможет видеть четко, если очки у него сползут

на нос и окажутся от глаз на $d = 1.5$ см дальше, чем обычно? (10 баллов).

Уровень «Профи» (уровень С)

Задача № 13. «А видна ли Луна с Марса?»

Человечество, в будущем, обязательно колонизирует Марс. Сможет ли будущий покоритель Марса разглядеть Луну с поверхности Красной планеты невооруженным глазом? Видимая с Земли звездная величина Луны в полнолуние равна $m_{\text{л}} = -12.8^{\text{m}}$, среднее расстояние от Земли до Луны – $a_{\text{л}} = 384$ тыс.км, от Солнца до Марса – $a_{\text{с}} = 1.52$ а.е. Свой ответ обоснуйте количественно. (11 баллов).

Задача № 14. «Звезды, подобные Солнцу»

Определите радиус сферы, с центром, расположенным в центре Солнца, в пределах которой еще могут быть видны невооруженным глазом звезды, подобные Солнцу? Чему равно общее количество таких звезд внутри этой сферы, если их концентрация в окрестности Солнца равна $n = 0.001 \text{ пк}^{-3}$. (12 баллов).

Задача № 15. «Максимальная и минимальная продолжительности дня в г. Самаре»

Определите, во сколько раз отличается максимальная продолжительность дня от минимальной в г. Самаре ($\varphi_{\text{С}} = 53^{\circ}12'$)? В какие дни года достигаются эти экстремальные значения? (13 баллов).

Задача № 16. «В центре шарового скопления»

Определите, во сколько раз освещенность, создаваемая звездами шарового скопления в его центре, больше освещенности, создаваемой Солнцем у поверхности Земли? Следует полагать, что данное скопление представляет собой шар с равномерным распределением звезд, подобных Солнцу. Общее количество таких звезд есть $N = 5 \cdot 10^5$, а радиус – $R = 50$ пк. (13 баллов).

Задача № 17. «Фобос и скорость изменения его фазы»

Постройте графики зависимости фазы и скорости ее изменения для Фобоса, спутника Марса, как функции времени его наблюдения, если отсчет времени ведется от фазы "Нового Фобоса" (аналогична фазе новолуния), при наблюдении спутника из центра Красной планеты. Эллиптичностью орбиты Фобоса, ее наклоном пренебречь. Сидерический период обращения спутника принять равным 7 часов 40 мин. (14 баллов).

Задача № 18. «Солнце, пятна и транзит МКС»

На рис. 2 представлена фотография транзита Международной космической станции (МКС) по диску Солнца, полученная в первой декаде июля прошлого года. Частота смены кадров при видеосъемке данного феномена с

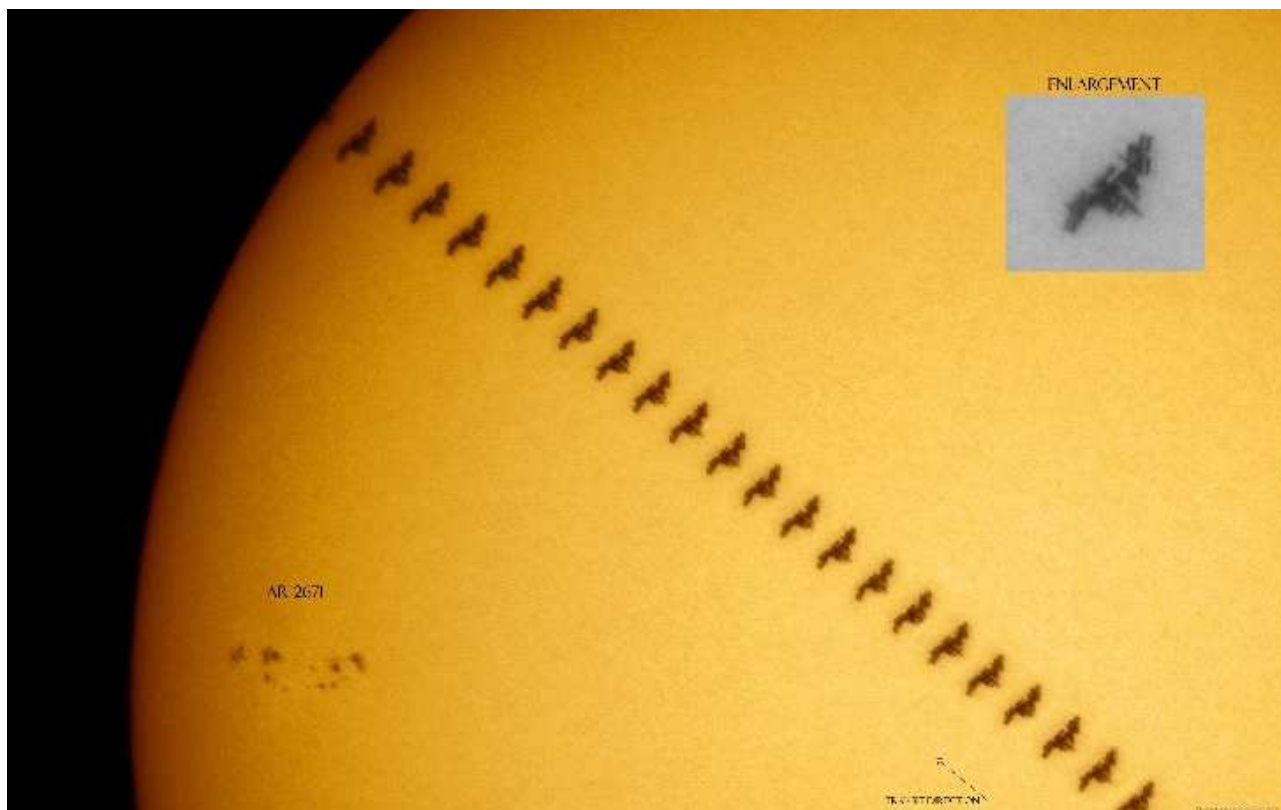
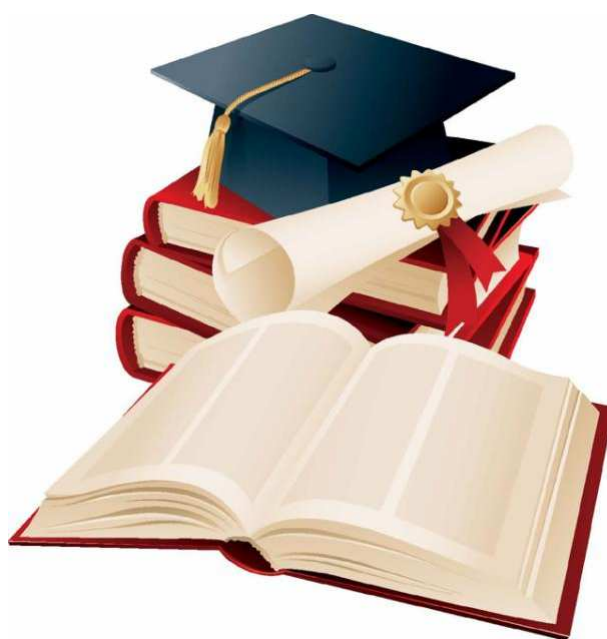


Рис. 2: транзит МКС по диску Солнца.

помощью астрокамеры составила $\nu = 82$ кадра/с. В момент съемки Солнце располагалось вблизи зенита точки съемки. Определите:

1. Угловую скорость видимого перемещения МКС по диску Солнца.
2. Высоту ее орбиты и период ее обращения вокруг центра Земли;
3. Угловую и линейную геоцентрические скорости МКС;
4. Максимальный линейный размер МКС;
5. Во сколько раз линейные размеры группы пятен AR2671 больше диаметра Земли. При определении размеров группы следует учесть эффект проекции. (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

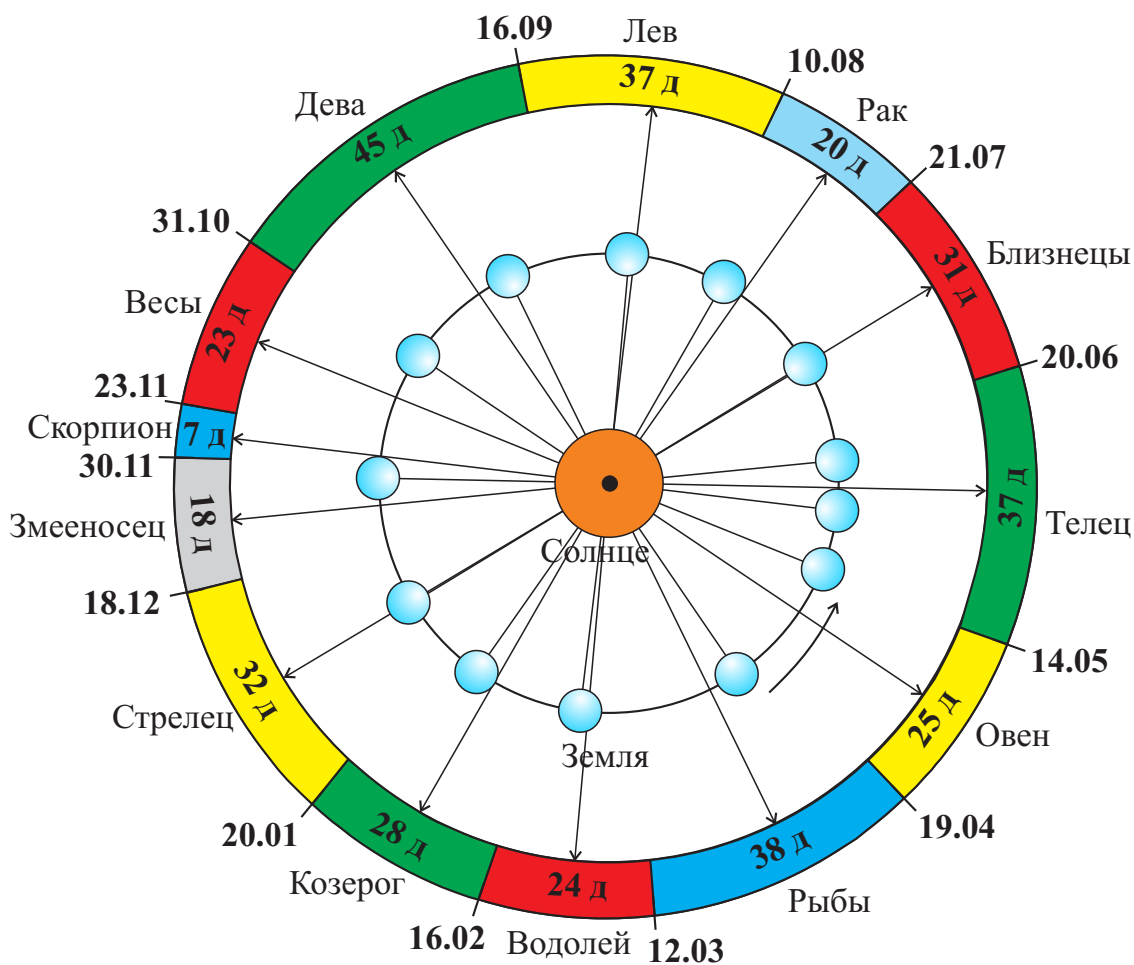


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

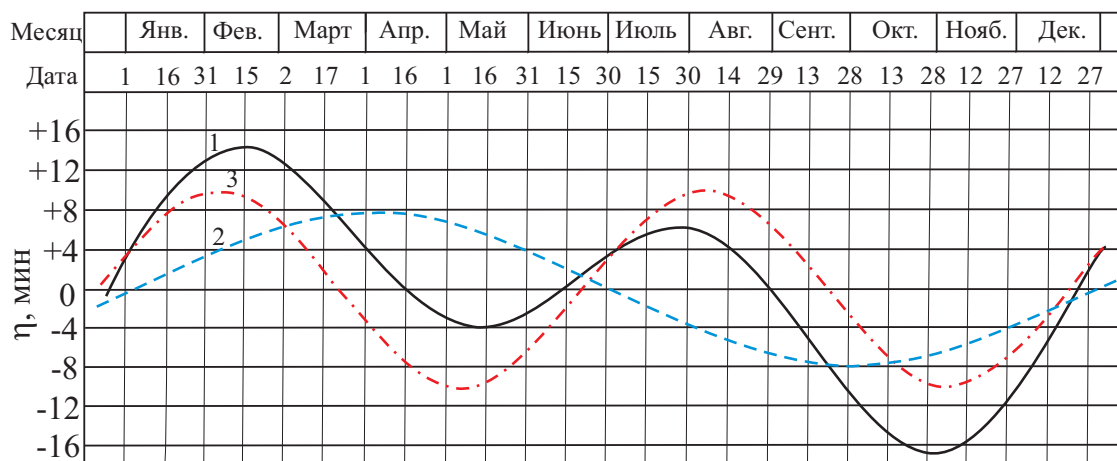


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

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

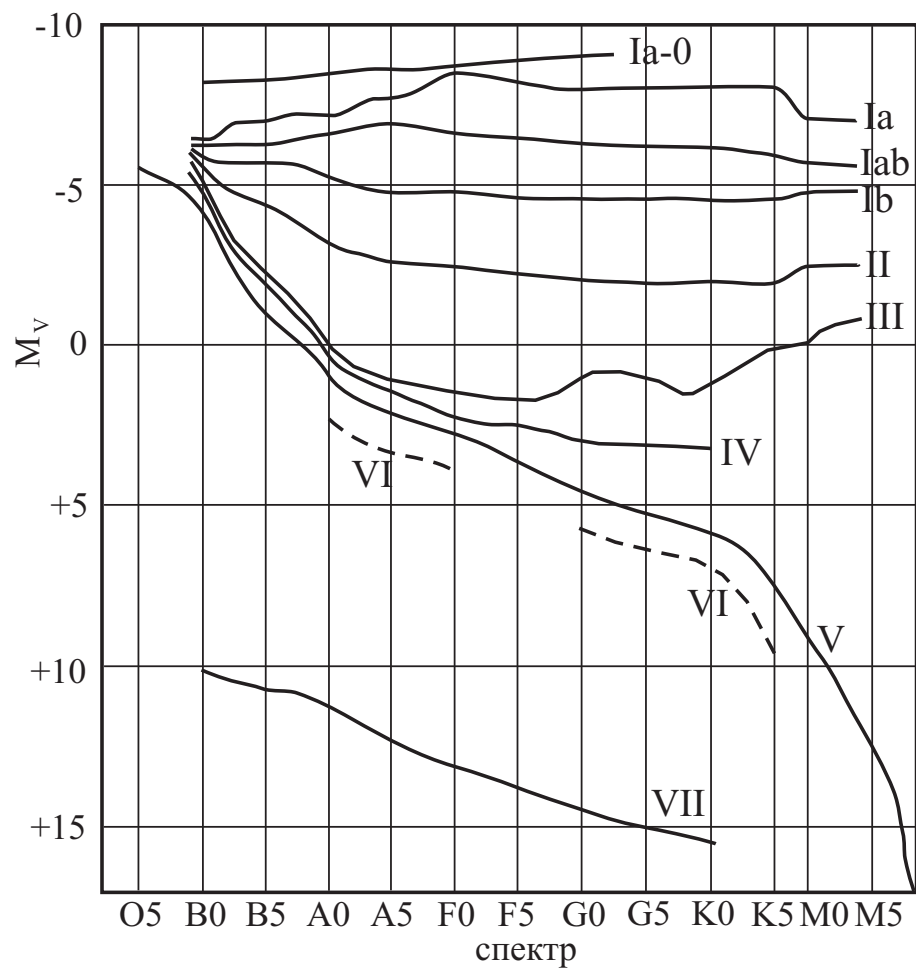


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

