

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ЗАОЧНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ
SAMRAS-2019

СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 8-9 КЛАССОВ.

ТУР № 2



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 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-2019 среди обучающихся 8-9 классов. Тур № 2». – <https://sites.google.com/site/samrasolimp/tasks>

Памятка участника SamRAS-2019

1. Официальный сайт Астрошколы:

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

2. Официальная группа в VK:

<http://vk.com/samrasolimp>

3. Сроки подачи работ SamRAS-2019 тура № 2 на проверку:
15.02.2019-15.05.2019!!!

4. Электронный ящик SamRAS-2019:

samrasolimp@mail.ru

5. Руководство зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2019:

<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-2019, внимательно ознакомьтесь с «Руководством зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2019»! Электронный адрес последнего указан в **Памятке участника**.

Уровень «Новичок» (уровень А)

Задача № 1. «Замечательная точка небосвода»

Какая точка небосвода занимает наивысшее положение над горизонтом? Полусом какого большого круга небесной сферы она является? Чему равно склонение звезды, которая кульминирует в этой точке? (3 балла).

Задача № 2. «Видна - не видна»

Как известно, у молодой или старой Луны неосвещенная Солнцем часть поверхности видна в пепельном свете. А во время солнечного затмения неосвещенная Солнцем часть вовсе не видна. Объясните столь разительное отличие наблюдаемых картин. (3 балла).

Задача № 3. «Полосатый Юпитер»

Чем обусловлены оранжевый цвет и полосатая структура "поверхности" Юпитера (см. рис. 1)? Что представляет собой Большое красное пятно на Юпитере? Какое количество лет оно наблюдается с Земли? (3 балла).

Задача № 4. «"Туманность Андромеды" и двойная звезда»

В научно-фантастическом романе Ефремова И.А. «Туманность Андромеды» эта физически двойная звезда упоминается как «красавица – двойная звезда». Здесь же сказано, что эта звезда находится на почти таком же расстоянии от Земли, как и одна из звезд летнего треугольника. О какой звезде шла речь в романе? Что вы можете сказать о цветах ее видимых компонент? Какое угловое расстояние между ее видимыми компонентами сегодня? В какие инструменты ее можно увидеть как двойную систему? (4 балла).

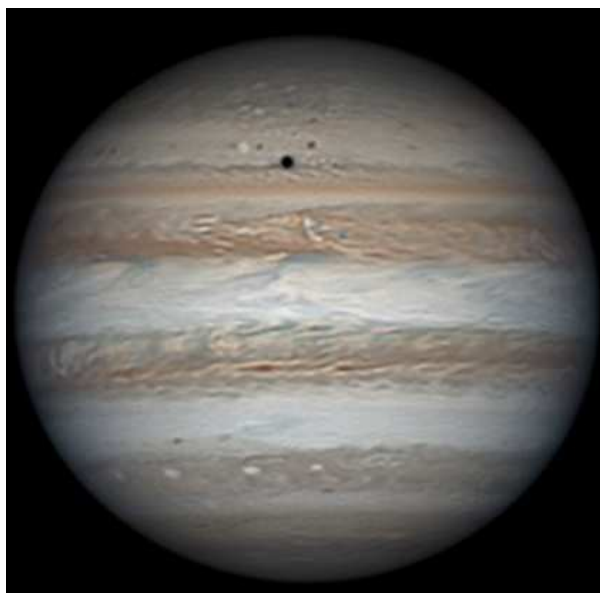


Рис. 1: фотография Юпитера, полученная в момент прохождения по его диску спутника.

Задача № 5. «Солнечное затмение»

На рис. 2 представлена серия фотографий затмения Солнца. Какой вид затмения запечатлен на фотографии? Оцените максимальную величину фазы затмения Солнца. (4 балла).

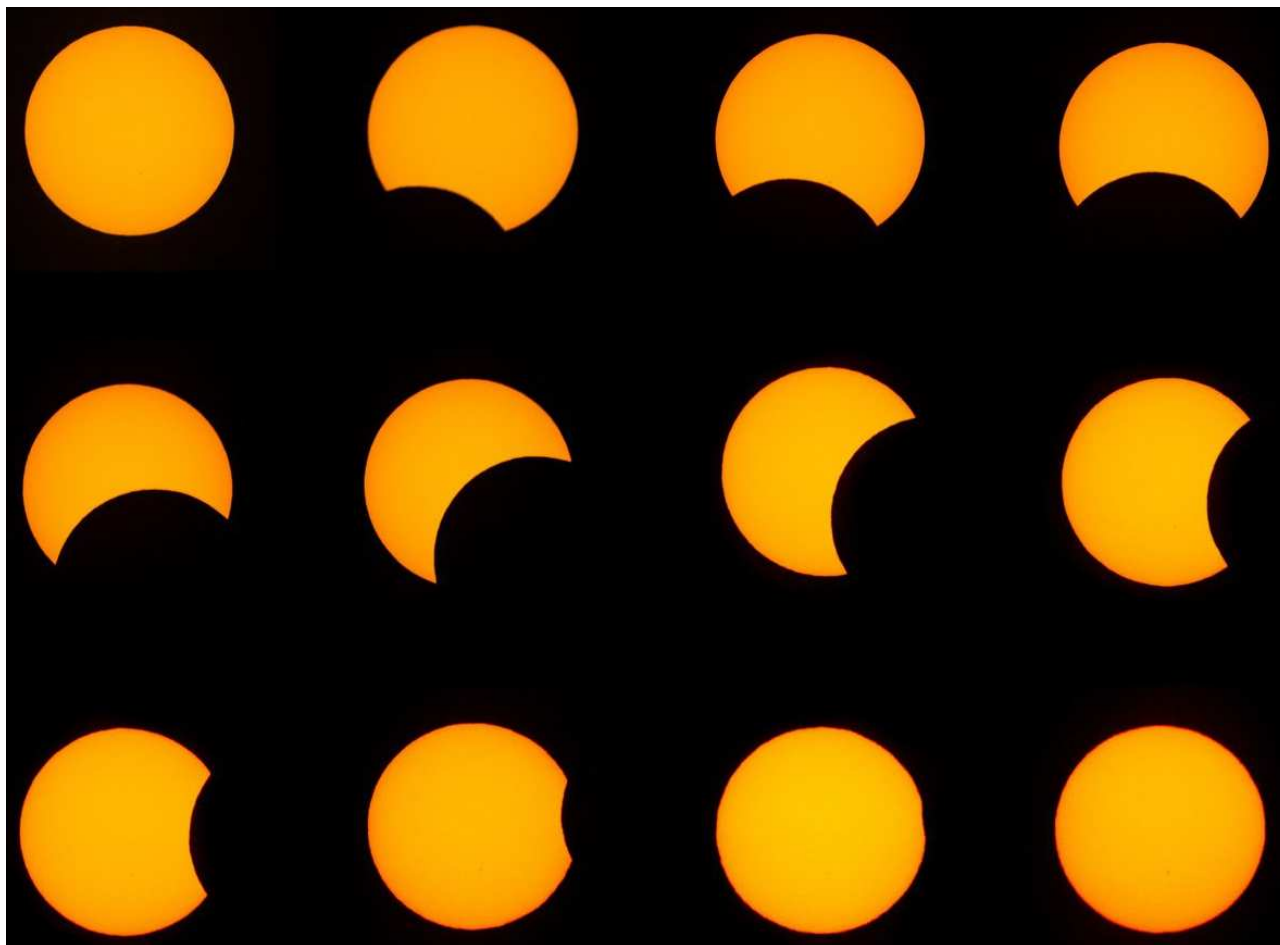


Рис. 2: серия фотографий солнечного затмения.

Задача № 6. «Тень спутника на Юпитере»

Оцените планетоцентрическую (аналог географической) широту геометрического центра тени спутника (черный кружок на диске гиганта), проходящего по диску материнской планеты. (5 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)**Задача № 7. «Монумент ракеты-носителя "Союз" и длина его тени»**

В Самаре, в честь юбилея полета Юрия Гагарина в космос, установлен Монумент ракета-носитель "Союз" музейно-выставочного центра "Самара Космическая". Высота ракеты составляет 65 м, а диаметр ее цилиндрической части – корпуса – $D = 3.0$ м. В какой день года, длина тени, отбрасываемой ракетой в ясный полдень, будет минимальной? Максимальной? Определите соответствующие значения длины тени. Широта г. Самары равна $\varphi = 53^\circ 12'$. (6 баллов).

Задача № 8. «Продолжительность солнечного затмения»

С использованием серии фотографий солнечного затмения, представленных на рис. 2, оцените полную продолжительность солнечного затмения. Собственным движением Солнца в течение затмения следует пренебречь. (7 баллов).

Задача № 9. «Прохождение неизвестного спутника по диску материнской планеты»

Астрономом-любителем получена фотография (см. рис. 1) прохождения одного из галилеевых спутников по диску Юпитера. Используя лишь образ тени спутника (черный кружок на диске гиганта) определите, какой именно спутник запечатлен на фотографии? (8 баллов).

Задача № 10. «Третий обобщенный закон Кеплера для двух пар тел»

С использованием второго закона Ньютона и закона всемирного тяготения, докажите, что для двух пар гравитирующих тел с массами $(\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2)$ и $(\mathfrak{M}_3, \mathfrak{M}_4)$, движущихся вокруг их центров масс, по круговым орбитам, с периодами T_1 и T_2 , и удаленных друг от друга на расстояния a_1 и a_2 соответственно, справедлив третий обобщенный закон Кеплера в виде:

$$\frac{(\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2)T_1^2}{(\mathfrak{M}_3 + \mathfrak{M}_4)T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}. \quad (1)$$

Предположим, что второй парой тел является система «Солнце-Земля» с периодом $T_{\oplus} = 1$ год, и большой полуосью относительного движения $a_{\oplus} = 1$ а.е., а первой парой тел является двойная звезда. Полагая, что массы звезд выражаются в массах Солнца, период обращения в годах, а расстояние a_1 – в а.е., докажите, что закон (1) можно записать в виде:

$$\tilde{\mathfrak{M}}_1 + \tilde{\mathfrak{M}}_2 = \frac{\tilde{a}^3}{\tilde{T}^2}, \quad (2)$$

здесь знаком « $\sim$ » отмечены безразмерные величины, соответствующие размерным, в указанных выше единицах. (8 баллов).

Задача № 11. «Транзит небесного тела»

На рис. 3 представлена фотография транзита небесного тела по диску Солнца. Определите, какое именно тело испытало транзит? Свою точку зрения обоснуйте строго математически. (9 баллов).

Задача № 12. «Расстояния до небесного тела и время транзита»

С использованием рис. 3, оцените а) геоцентрическое и гелиоцентрическое расстояния до данного небесного тела; б) время транзита небесного тела по диску Солнца (см. рис. 3), если известно, что данное тело двигалось параллельно нижней горизонтальной границе рисунка, слева направо. (10 баллов).



Рис. 3: фотография транзита небесного тела по диску Солнца.

Уровень «Профи» (уровень С)

Задача № 13. «Знаки зодиака и движение Солнца»

В астрологии и сегодня активно используются **знаки зодиака** – это 12 одинаковых секторов небесной сферы, с вершинами в полюсах эклиптики, каждый протяженностью 30° вдоль эклиптики. Нахождение небесного тела в том или ином знаке зодиака определяется лишь его эклиптической долготой. Началом зодиакального круга считается точка весеннего равноденствия (Υ), а первым знаком зодиака, тот знак, в котором находится эта точка. Далее, знаки следуют по ходу годового движения Солнца. Классическая зодиа-

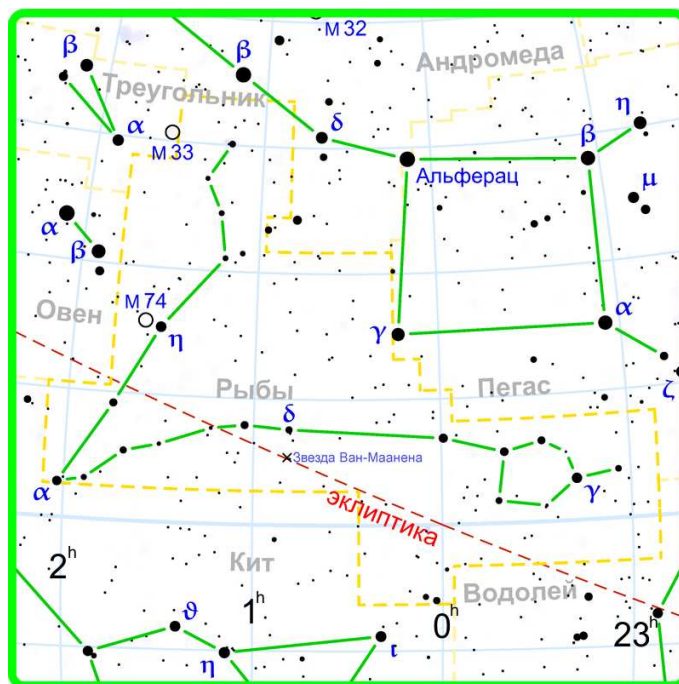


Рис. 4: созвездие Рыбы и положение эклиптики.

кальная система складывалась много лет тому назад, когда точка весеннего равноденствия находилась в созвездии Овна (в настоящее время она находится в созвездии Рыбы, см. рис. 4), и зодиакальные знаки были названы по находившимся в соответствующих секторах созвездиям. Фактически, в эпоху Овна понятия зодиакального созвездия и знака не различались. В настоящее

время Солнце попадает в определенный знак Зодиака на $2 \div 5$ недель раньше, чем доберется до одноименного созвездия. Ответьте на следующие вопросы:

1. Какая главная причина сдвига знаков Зодиака относительно созвездий? В чем суть данного явления? (1 балл).
2. Оцените даты начала и окончания эпохи Овна, в рамках которой формировалась классическая зодиакальная система, если скорость движения точки весны по эклиптике составляет $\omega_{\gamma} = 50.25''/\text{год}$? (3 балла).
3. Современные созвездия – это участки небесной сферы со всеми проецируемыми на него, с точки зрения земного наблюдателя, небесными объектами. Современные астрономы делят все небо на 88 созвездий, границы между которыми проведены в виде ломаных линий по дугам небесных параллелей и кругов склонения в системе экваториальных координат эпохи 1875 года. Определите, чему равно смещение современной сетки экваториальных координат (вдоль экватора) относительно границ созвездий? (2 балла).
4. Определите максимальные значения отклонений (в сторону больших или меньших значений) продолжительности пребывания Солнца в знаке зодиака от продолжительности его пребывания в соответствующем созвездии? (2 балла).
5. В каком знаке зодиака Солнце пребывает наибольшее время, а в каком – наименьшее? Оцените отношения соответствующих времен. (3 балла).

Задача № 14. «Полет к экзопланете и определение ее массовой плотности»

Космический корабль будущего был направлен к вновь открытой экзопланете. При подлете к ней было обнаружено, что планета движется (период этого движения не известен!) вокруг центральной звезды по круговой орбите, радиус которой в χ раз больше радиуса планеты, при этом планета всегда ориентирована одной стороной на центральное светило. Корабль вышел на круговую экваториальную орбиту вокруг планеты. При каком отношении масс звезды и планеты ($x = M_*/M_p$) космонавты, используя только бортовые часы, смогут определить среднюю массовую плотность экзопланеты максимально точно? (12 баллов).

Задача № 15. «Особенности солнечных и лунных затмений»

Одними из самых впечатляющих и запоминающихся астрономических явлений являются *солнечные и лунные затмения*.

1. Как известно, солнечное затмение наблюдается в фазе новолуния, а лунное – в фазе полнолуния. Почему не в каждое новолуние и полнолуние происходят данные затмения? (1 балл).

2. Что такое сарос? Сколько затмений и какие именно наблюдаются здесь? Чему равно отношение количеств данных затмений? Обоснуйте это отношение строго математически. (3 балла).
3. Какое затмение, солнечное или лунное, можно чаще наблюдать с данной точки поверхности Земли? Почему? Свой ответ обоснуйте строго математически. (2 балла).
4. Что такое частное солнечное затмение? Полное? В какое время года наиболее часто наблюдаются полные солнечные затмения? Чему равна максимальная фаза такого затмения? (3 балла).
5. Что такое кольцевое затмение? В какое время года этот вид затмения наиболее часто наблюдается? Чему равна минимальная фаза такого затмения? (2 балла).
6. Почему самые продолжительные затмения наблюдаются в тропическом поясе? (2 балла).

Задача № 16. «Спектр быстро вращающейся планеты»

В спектрограф с разрешением χ наблюдают за быстро вращающейся планетой, при этом щель спектрографа ориентирована вдоль ее экватора. Объектив инструмента имеет фокусное расстояние f . Ее спектр представляется серией наклонных прямых линий.

1. Дайте развернутое объяснение данному факту. (1 балл).
2. Определите скорость экваториальных точек поверхности планеты, если известны для некоторой линии угол α ее наклона к экватору планеты и соответствующая лабораторная длина λ_0 волны. (4 балл).
3. Определите также период осевого вращения планеты, если известен экваториальный параллакс планеты p_0 и ее угловой радиус ρ . (4 балла).
4. Как зависит тангенс угла α наклона линии от длины волны? Для каких длин волн данный угол измерять проще? (2 балла).
5. Оцените массу планеты, если известно, что состояние последней близко к нарушению ее ротационной устойчивости. (2 балла).

Задача № 17. «Максимальные высоты гор на поверхностях планет земной группы»

Как известно, на поверхностях всех планет земной группы существует одна из самых привлекательных форм рельефа – горы. Значения их максимальных высот представлены в таблице 1. Известно, что доминирующим материалом, составляющим горные массивы, являются базальтовые породы, плотность которых может быть заключена в интервале:

$$2400 \text{ кг/м}^3 \leq \rho \leq 3100 \text{ кг/м}^3. \quad (3)$$

Планета	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Гора	–	Максвелла	Мауна-Кеа	Олимп
h_{exp} , км	4.5	11	10.2	26

Таблица 1: планеты земной группы, их самые высокие горы и значения высоты h_{exp} .

При этом, для данных пород механическое напряжение на разрыв принадлежит интервалу:

$$250 \text{ МПа} \leq \rho \leq 500 \text{ МПа}. \quad (4)$$

1. Определите области допустимых значений $(h_{\min}, h_{\max})$ для максимальной высоты гор на поверхности планет земной группы. Согласуются ли данные наблюдений с полученными интервалами? (4 баллов).
2. Введем новый безразмерный параметр β , определяемый выражением вида:

$$\beta = \frac{h_{\text{exp}} - h_{\min}}{h_{\max} - h_{\min}}. \quad (5)$$

Указанный параметр характеризует положение экспериментально наблюдаемого значения h_{exp} относительно вычисленных границ интервала $h_{\max}, h_{\min}$. Вычислите данный параметр для каждой планеты. Какая тенденция просматривается в поведении β при переходе от Меркурия к Марсу? Дайте ей объяснение. (3 баллов).

3. Полагая, что самые высокие горы имеют форму конуса, оцените минимально возможный радиус их основания, если известно, что среднее значение коэффициента трения между частицами горных пород составляет $\mu = 0.7$. (3 балла).
4. Определите области допустимых значений для минимальной массы этих гор. (4 балла).

Задача № 18. «Свойства звезды 59 Девы и экзопланеты GJ 504b»

В 2011 году на обсерватории Кека (остров Гавайи, США) были впервые получены снимки газового гиганта GJ 504b (см. рис. 5), масса которого в четыре раза больше массы Юпитера. Гелиоцентрическое расстояние материнской звезды (59 Девы или GJ 504) составляет $r_* = 57.27$ св. лет. Ее масса, радиус и температура поверхности равны соответственно $\mathfrak{M}_* = 1.2 \mathfrak{M}_{\odot}$, $\mathfrak{R}_* = 1.36 \mathfrak{R}_{\odot}$, $T_* = 6205$ К. Определите,

1. Радиус круговой орбиты (в предположении, что последняя лежит в картинной плоскости) экзопланеты и период ее обращения вокруг центра масс системы "звезда-планета". (3 балла).
2. Среднюю массовую плотность, ускорение свободного падения, первую и вторую космическую скорости у поверхности материнской звезды, в терминах соответствующих солнечных величин. (4 балла).

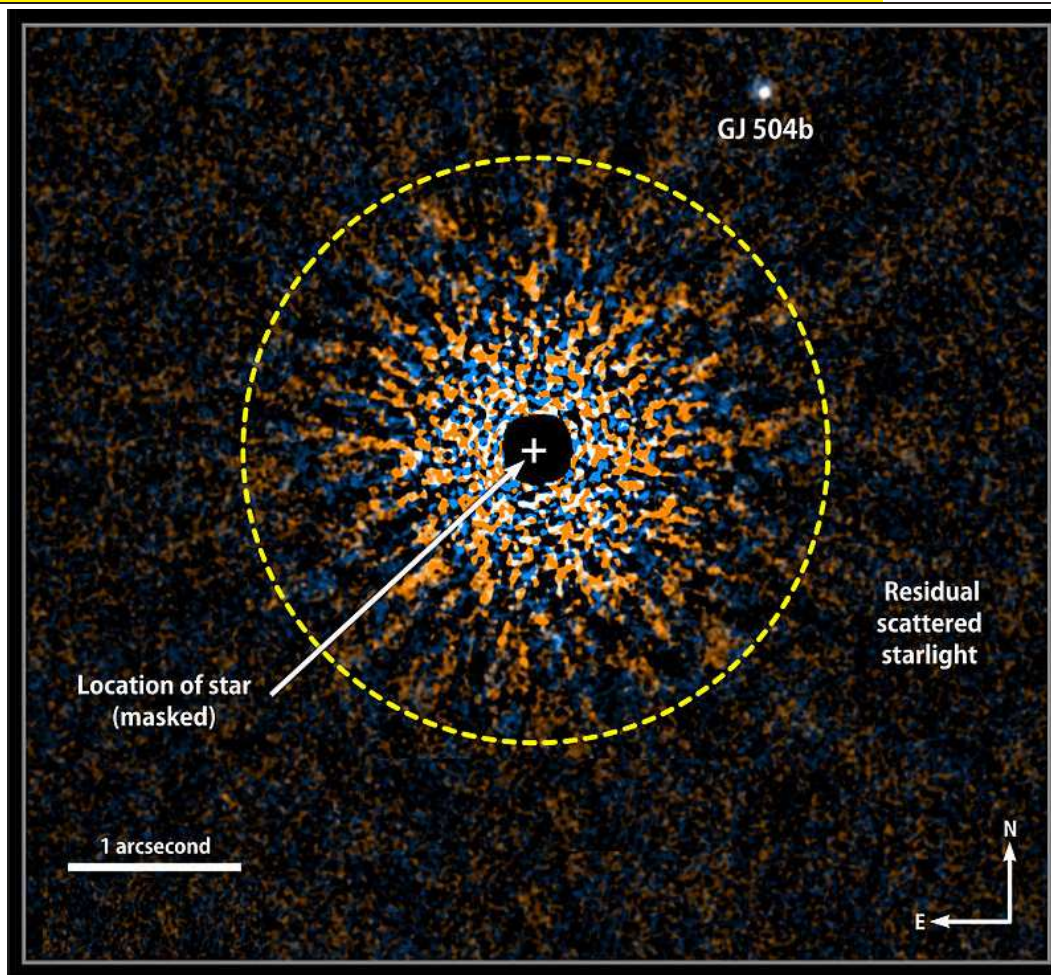
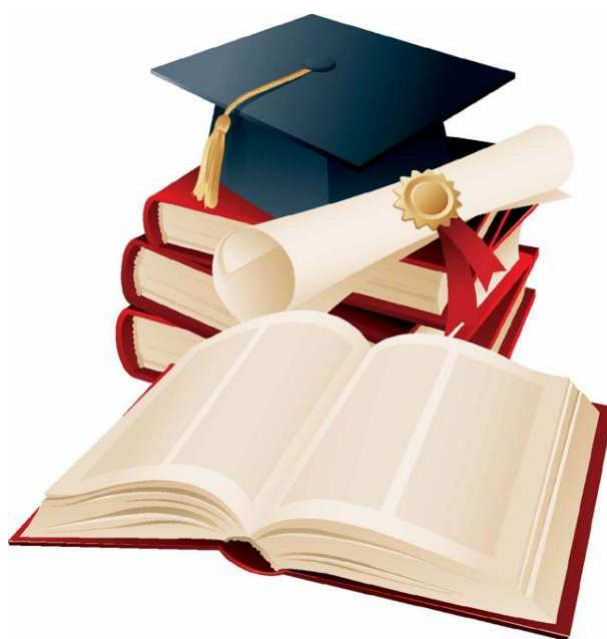


Рис. 5: фотография звезды 59 Девы и ее окрестностей (вместе с планетой-гигантом GJ 504b).

3. Среднюю массовую плотность, ускорение свободного падения, первую и вторую космическую скорости у поверхности GJ 504b, в терминах соответствующих величин Юпитера. Радиус экзопланеты $\mathfrak{R}_p = 0.96 \mathfrak{R}_J$, где $\mathfrak{R}_J$ – радиус Юпитера. (4 балла).
4. Во сколько раз мощность собственного источника внутренней энергии больше полного потока излучения, получаемого экзопланетой от центрального светила, если эффективная температура поверхности экзопланеты оценивается в $T_p = 544$ К? Считать сферическое альbedo поверхности экзопланеты, равным $A_p = 0.50$. (2 балла).
5. Радиус сферы Роша для экзопланеты, пребывающей в гравитационном поле центрального светила. Существует ли опасность для экзопланеты – быть разрушенной приливными силами материнской звезды? (2 балла).

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 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.				
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

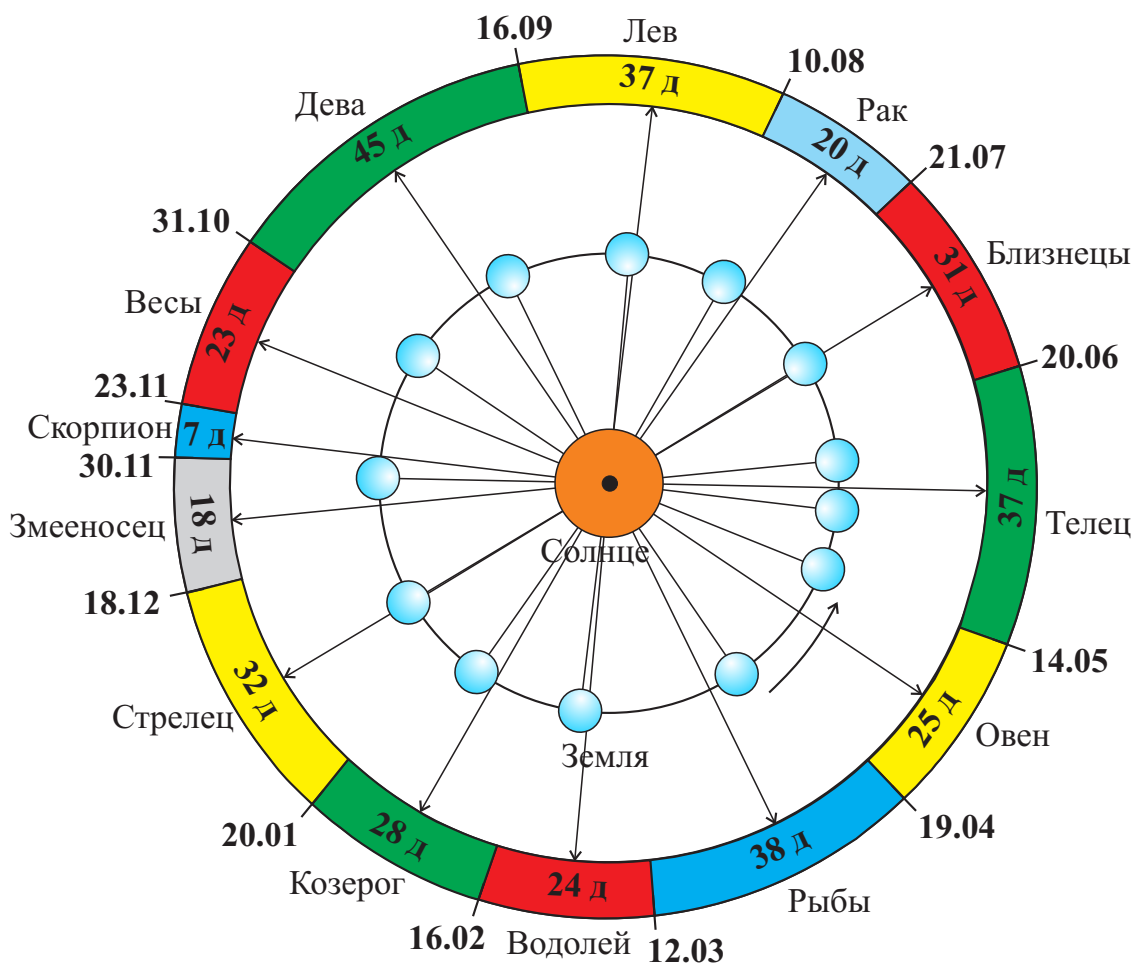


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

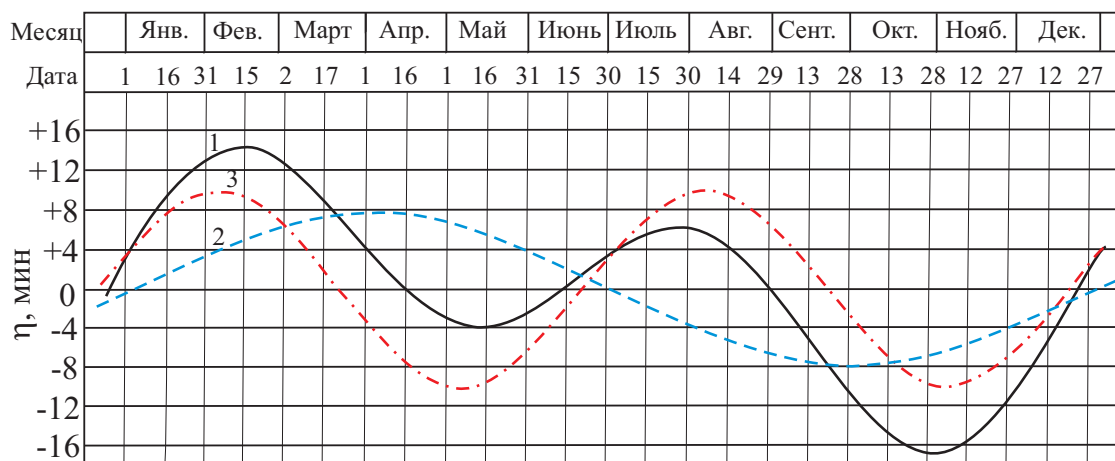


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

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

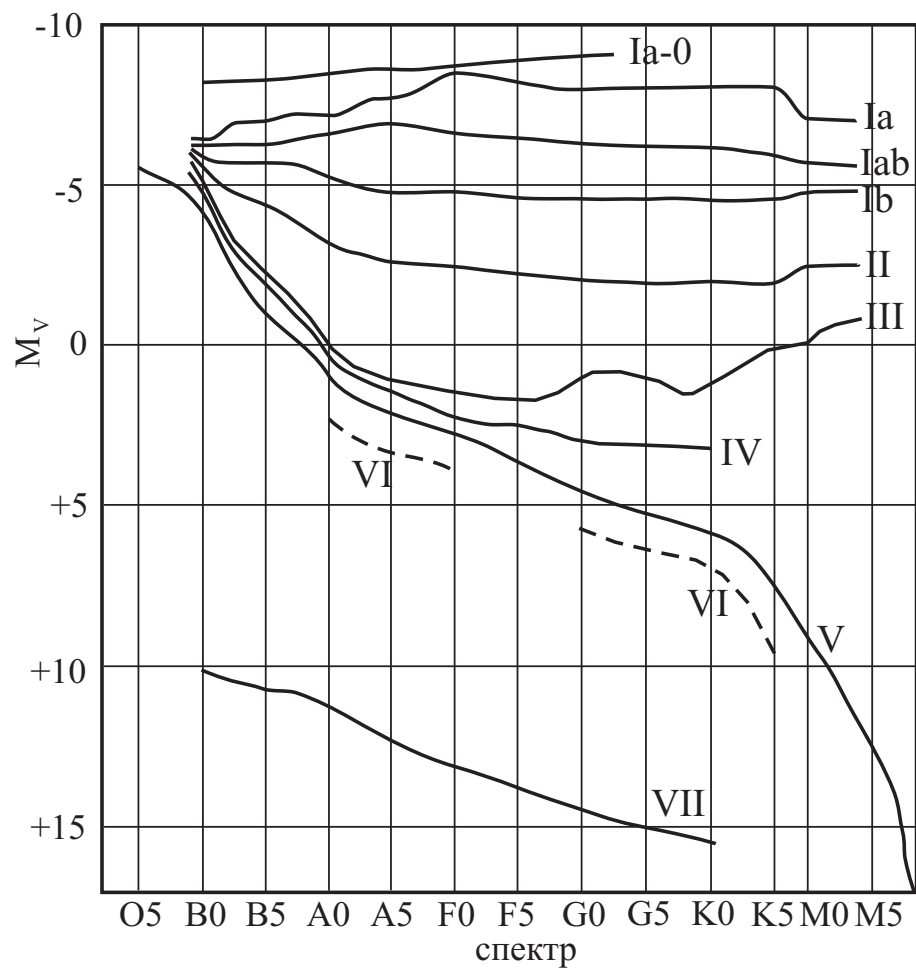


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

