

САМАРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ДЛЯ ОДАРЕННЫХ ДЕТЕЙ
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ОТКРЫТОЙ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ ОЛИМПИАДЫ
ПО АСТРОНОМИИ им. Ф.А. БРЕДИХИНА
СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 7-9 КЛАССОВ.
СЕЗОН: 2021-2022, ТУР № 2



Самара, 2022 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 7-9 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 7-9 классов. Сезон: 2021-2022, Тур № 2». – <https://sites.google.com/site/samrasolimp/omoa-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 № 2 на проверку:

15.02.2022-31.03.2022!!!

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/bredikhinolimp>

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. «Необычное созвездие небосвода»

1. Как называется созвездие, которое представлено двумя несвязанными участками небосвода? Как традиционно называют их? (2 балла)
2. Как называется созвездие, разделяющее данные участки? Какой большой круг небосвода пересекает данное созвездие в его южной части? (2 балла)
3. В какое время года данные созвездия лучше всего видны в г. Самаре? (2 балла)
4. В какой полусфере небосвода (северной или южной) преимущественно располагаются данные созвездия? (1 балл)
5. Чему равны угловые площади (телесные углы) данных созвездий (в кв. градусах)? Какие места занимают данные созвездия в рейтинге созвездий по занимаемой (угловой) площади небосвода? (2 балла)
6. Назовите (по каталогу Мессье) самые яркие шаровые скопления этих созвездий. (1 балл)

Задача № 2. «Метод суточного параллакса не работает?!»

Дайте развернутые ответы на все поставленные ниже вопросы:

1. В какой точке небосвода для земного наблюдателя должно находиться тело Солнечной системы, чтобы до него в этот момент невозможно было определить геоцентрическое расстояние методом суточного параллакса с использованием текущего значения последнего параметра? (2 балла)
2. Чему при этом равны высота и азимут небесного тела? (2 балла)
3. Чему может быть равна широта точки наблюдения, если данное тело находится для земного наблюдателя точно на эклиптике? (3 балла)
4. Каким небесным телом (верхним или нижним по отношению к земной орбите) является рассматриваемое тело Солнечной системы, если время блуждания радиопульса по пути «Земля-тело-Земля» при использовании метода радиолокации в оптимальной конфигурации этого тела, составило 30 минут? (3 балла)

Задача № 3. «К 210-летию со дня рождения Иоганна Галле»

Дайте развернутые ответы на все поставленные ниже вопросы:

1. Назовите три основные причины изменения угла (ε) между небесным экватором и эклипстикой. (3 балла)

2. Зависимость данного угла на больших временных интервалах описывается формулой вида:

$$\varepsilon = 23^{\circ}26'21.406'' - 46.836769'' \cdot T - 0.0001831'' \cdot T^2 + \\ + 0.00200340'' \cdot T^3 - 0.576'' \cdot 10^{-6} \cdot T^4 - 4.34'' \cdot 10^{-8} \cdot T^5, \quad (1)$$

здесь T – число столетий, прошедших от эпохи J2000.0. Чему равен данный угол на данный момент? Ответ представить в градусах минутах и секундах дуги, с точностью до сотых долей секунды. (3 балла)

3. В 2022 году исполняется 210 лет со дня рождения знаменитого немецкого астронома Галле И. Г., открывшего планету Нептун. Чему был равен угол между плоскостью орбиты Земли и плоскостью земного экватора в год рождения этого ученого? Ответ представить в градусах минутах и секундах дуги, с точностью до сотых долей секунды. (3 балла)

Задача № 4. «Информационная сфера Земли»

7 мая 1895 года Попов А. С. впервые продемонстрировал работу своего радиопередатчика на заседании Русского физико-химического общества, ознаменовав тем самым *начало эры радиовещания*. Радиоволны, созданные человеком, необратимо распространяются во всех направлениях космического пространства, заполняя *информационную сферу Земли (ИнСЗ)*.

Оцените:

1. За какое время (от момента начала радиовещания) данная сфера вышла за пределы Солнечной системы, если радиус гравитационной границы последней составляет 120 тыс. а. е.? (1 балл)

2. Чему будет равен радиус ИнСЗ (в км, а.е., св.г., пк) на момент празднования дня радио (7 мая) в 2022 году? (2 балла)

3. На какое расстояние удалилась Солнечная система от центра ИнСЗ за время ее существования, если последняя относительно центра Галактики (Млечный Путь) движется со скоростью $V_0 = 220$ км/с? (1 балл)

4. Какую долю составит объем данной сферы на момент 07.05.2022 г. от объема галактического диска (см. рис. 1), если последний можно представить однородным цилиндром высотой $H_D = 600$ пк и диаметром $D_D = 56.7$ кпк? (2 балла)

5. Оцените год, в котором ИнСЗ выйдет за пределы галактического диска Млечного Пути? В расчетах следует учесть, что согласно рис. 1, Солнечная система отстоит от плоскости галактического экватора (плоскости симметрии диска) на 20 пк, и от центра Галактики на 8.3 кпк. (2 балла)

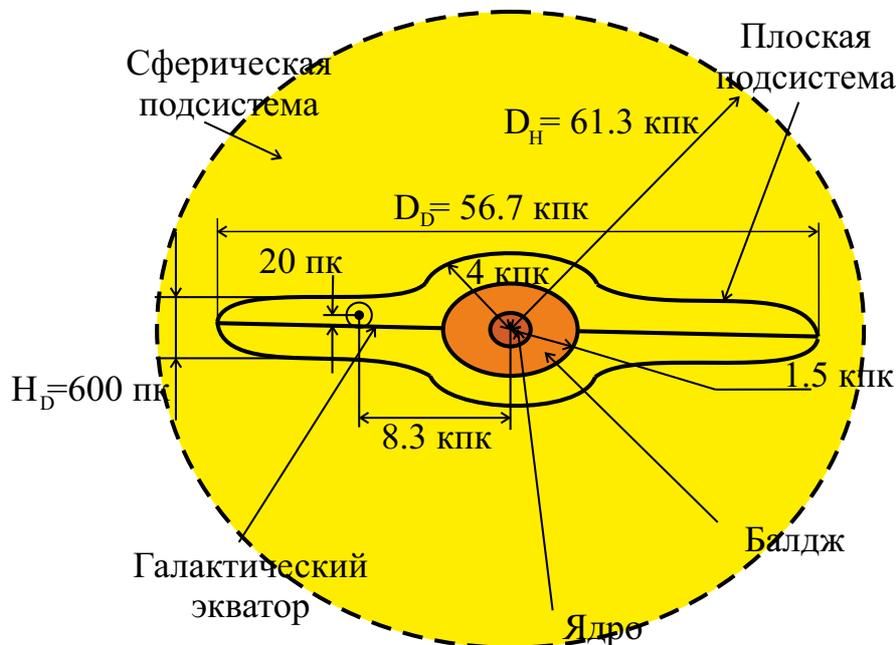


Рис. 1. К определению структуры галактики Млечный Путь.

6. Согласно формуле Дрейка, по самым оптимистичным оценкам в нашей Галактике может существовать до 5000 разумных цивилизаций, способных выходить на радиосвязь. Если полагать, что эти цивилизации распределены в диске Галактики равномерно, оцените через какое количество лет ближайшую цивилизацию достигнет ИнСЗ? (3 балла)

Уровень «Знаток» (уровень В)

Задача № 5. «Незаходящая Луна и заходящее Солнце»

Определите возможные значения географической широты точек поверхности Земли (с учетом конечности размеров дисков данных тел и явления рефракции), для которых Солнце всегда является восходящим и заходящим светилом, а Луна – незаходящим (по крайней мере 24 часа). (11 баллов).

Задача № 6. «Монумент Славы и его тень»

Одной из главных достопримечательностей г. Самары ($\varphi = +53^\circ 12'$) является Монумент Славы (см. рис. 2), который возведен в 1971 году в честь огромных заслуг рабочих авиапромышленности г. Куйбышева (прежнее название Самары), внесших большой вклад в победу в Великой Отечественной войне. Величественный монумент, выполненный из высоколегированной стали, представляет собой фигуру рабочего высоты h_f , стоящую на высоком постаменте высоты H лицом к р. Волге. Рабочий на поднятых вверх руках держит большие наклоненные плоскости, символизирующие крылья выпущенных в Куйбышеве военных самолетов. Фигура рабочего символизирует труженика, а постамент – возносящийся в небо яркий луч света. Оцените:

1. Высоты постамента H , фигуры человека h_f и полную высоту конструкции H_{tot} , если известно, что отрезок, представленный на фотографии, имеет

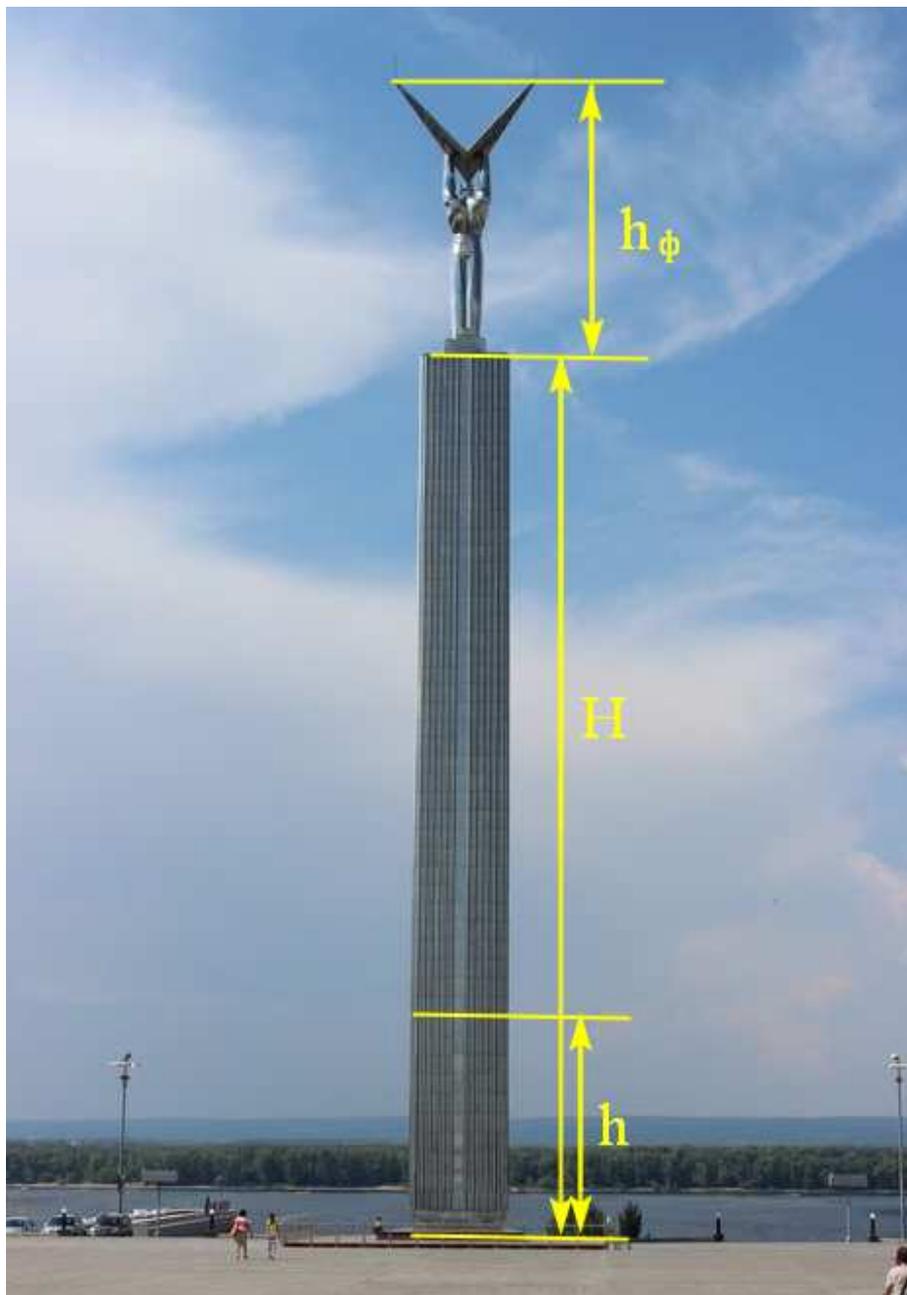


Рис. 2. Монумент Славы в г. Самаре.

длину $h = 10$ м. (3 балла)

2. Оцените дальность прямой видимости с верхней точки монумента. (4 балла)

3. Во сколько раз отличаются длины теней (определяемых в плоскости математического горизонта), отбрасываемых Монументом Славы в ясный истинный полдень, в дни летнего и зимнего солнцестояний? На сколько отличаются (в метрах) длины теней в эти дни? (5 баллов)

Задача № 7. «В сутки открытия заключительного этапа ВСОШ по астрономии в Самаре в 2022 году»

20 марта 2022 года в г. Самаре стартует заключительный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии.

1. Определите в указанные сутки продолжительность дня (с учетом рефракции и конечности размеров видимого диска Солнца), если весеннее рав-

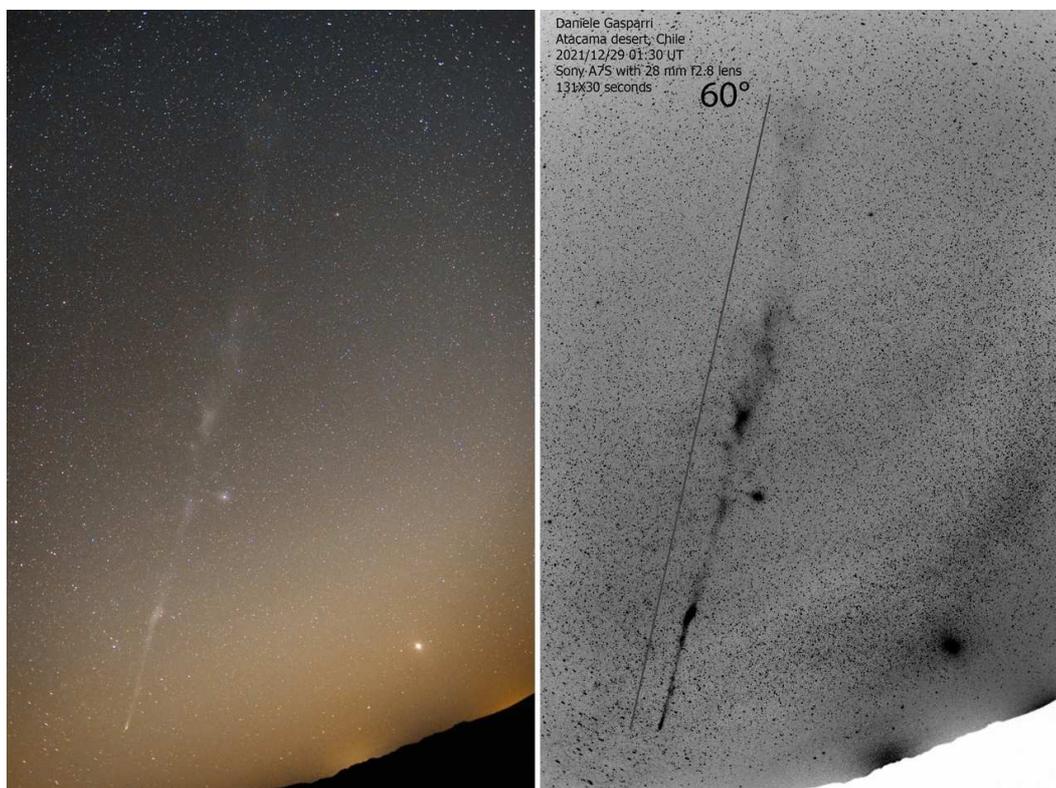


Рис. 3. Комета C/2021 A1 Leonard (автор – Daniele Gasparri).

ноденствие в 2021 году наступило 20 марта в 13 час 37 мин по Самарскому времени? (3 балла)

2. Чему равны горизонтальные координаты точек восхода и захода Солнца в эти сутки? (2 балла)

3. Моменты восхода и захода Солнца по звездному, истинному солнечному, среднесолнечному и декретному Самарскому времени? (4 балла)

4. Продолжительность астрономической ночи в г. Самаре в указанные сутки. (5 баллов)

Задача № 8. «Хвостатая комета C/2021 A1 Leonard»

На рис. 3 представлен образ кометы C/2021 A1 Leonard, полученный Даниэлем Гаспарри (Daniele Gasparri) 29 декабря 2021 г.

1.а) Для обучающихся 7-8 классов: с использованием плагина "Угломер" виртуального планетария Stellarium, определите угол β между направлениями на ядро кометы и на Солнце. (4 балла)

1.б) Для обучающихся 9 классов: с использованием экваториальных координат Солнца ($\alpha_{\odot} = 18^{\text{h}}32^{\text{m}}49^{\text{s}}$, $\delta_{\odot} = -23^{\circ}13'30''$) и ядра кометы ($\alpha_c = 21^{\text{h}}26^{\text{m}}55^{\text{s}}$, $\delta_c = -34^{\circ}44'27''$) на момент съёмки, вычислите угол β между направлениями на ядро кометы и на Солнце. (4 балла)

Для всех: определите,

2. Гелиоцентрическое расстояние до ядра кометы на момент съёмки. Гелиоцентрическое расстояние Земли в тот же момент было равно $r_{\odot} = 147.119$ млн. км, а геоцентрическое расстояние до кометы – $\Delta_c = 107.851$ млн. км. (3 балла)

3. Истинную длину (в км) видимой с Земли части ее хвоста, если полагать, что последний относится к первому классу по классификации Бредихина Ф. А. (7 баллов)

Задача № 9. «Планетарный гравитационный лифт для АМС»

Предложена идея использования эффекта гравитационного маневра для экономии топлива автоматической межпланетной станции (АМС) при ее запуске за пределы Солнечной системы. Стратегия запуска следующая: с круговой околоземной орбиты высоты $h = 1000$ км выполняется перевод на орбиту Гомана-Цандера-Ветчинкина (ГЦВ-орбиту), афелий которой лежит на орбите Марса. Выполнив гравитационный маневр в малой окрестности Марса и получив приращение импульса относительно Солнца, АМС переходит на ГЦВ-орбиту, афелий которой лежит уже на орбите Юпитера. Такие переходы продолжаются в окрестности каждой планеты-гиганта и лишь в окрестности Нептуна АМС получает приращение импульса, которого уже достаточно для выхода за пределы Солнечной системы. Оцените

1. Время перелета по ГЦВ-орбите между каждой парой планет. Полное время всех таких перелетов. Следует полагать, что продолжительностью гравитационного маневра в окрестности каждой планеты можно пренебречь, орбиты всех планет являются круговыми и лежащими в одной плоскости; взаимное расположение планет удовлетворяет условию стратегии. (6 баллов)

2. Вычислите минимальную работу, которую совершают гравитационное поле планеты + ракетные двигатели АМС для перехода с одной ГЦВ-орбиты на другую в окрестности каждой планеты – участницы гравитационного подъема АМС. В окрестности какой планеты эта работа максимальна? Минимальна? (8 баллов)

Задача № 10. «Кеплеровы элементы орбиты тела»

Оцените кеплеровы элементы орбиты (большая полуось и эксцентриситет эллиптической орбиты; ее наклонение к плоскости эклиптики; геоцентрическая долгота восходящего узла, отсчитываемая в плоскости эклиптики; аргумент перигея, отсчитываемый в плоскости орбиты) для тела, движущегося вокруг Земли, если известны следующие данные наблюдений:

1. Относительное изменение освещенности (в течение длительного времени наблюдений), создаваемой телом у поверхности Земли в одной и той же фазе, равно $\eta_E = (E_{\max} - E_{\min}) / (2\bar{E}) = 10.97\%$, где $\bar{E} = (E_{\max} + E_{\min}) / 2$.

2. Известно, что расстояние между двумя фокусами эллипса орбиты этого тела фактически равно радиусу геостационарной орбиты Земли.

3. Данное тело было замечено в наибольшем удалении от эклиптики в малой окрестности звезды α Тельца (Альдебаран).

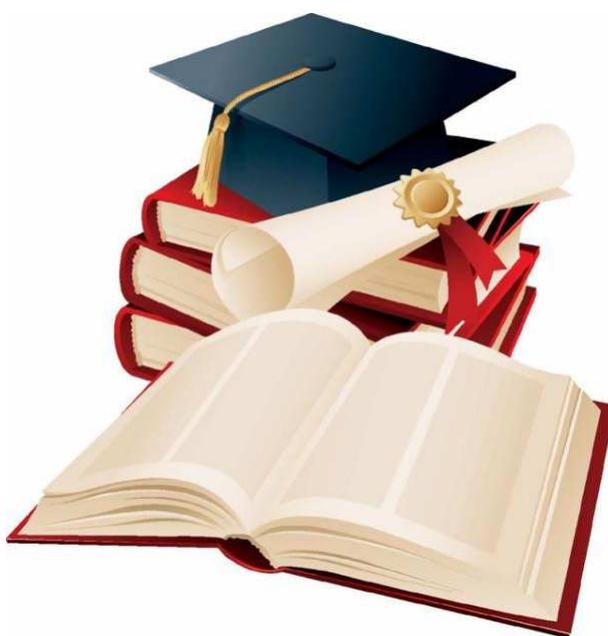
4. В момент наблюдений восходящий узел орбиты совпал с точкой осени.

5. По данным наблюдений установлено, что наибольший угловой диаметр

тело имело ровно через пять земных суток после последнего прохождения по диску Солнца. В процессе транзита данное тело приближалось к северному полюсу эклиптики.

О каком теле идет речь? (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

$$\sin x \approx \text{tg } x \approx x;$$

$$\sin(x \pm \alpha) \approx \sin \alpha \pm x \cos \alpha;$$

$$\cos(x \pm \alpha) \approx \cos \alpha \mp x \sin \alpha;$$

$$\text{tg}(x \pm \alpha) \approx \text{tg } \alpha \pm \frac{x}{\cos^2 \alpha};$$

$$(1 + x)^n \approx 1 + n x;$$

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

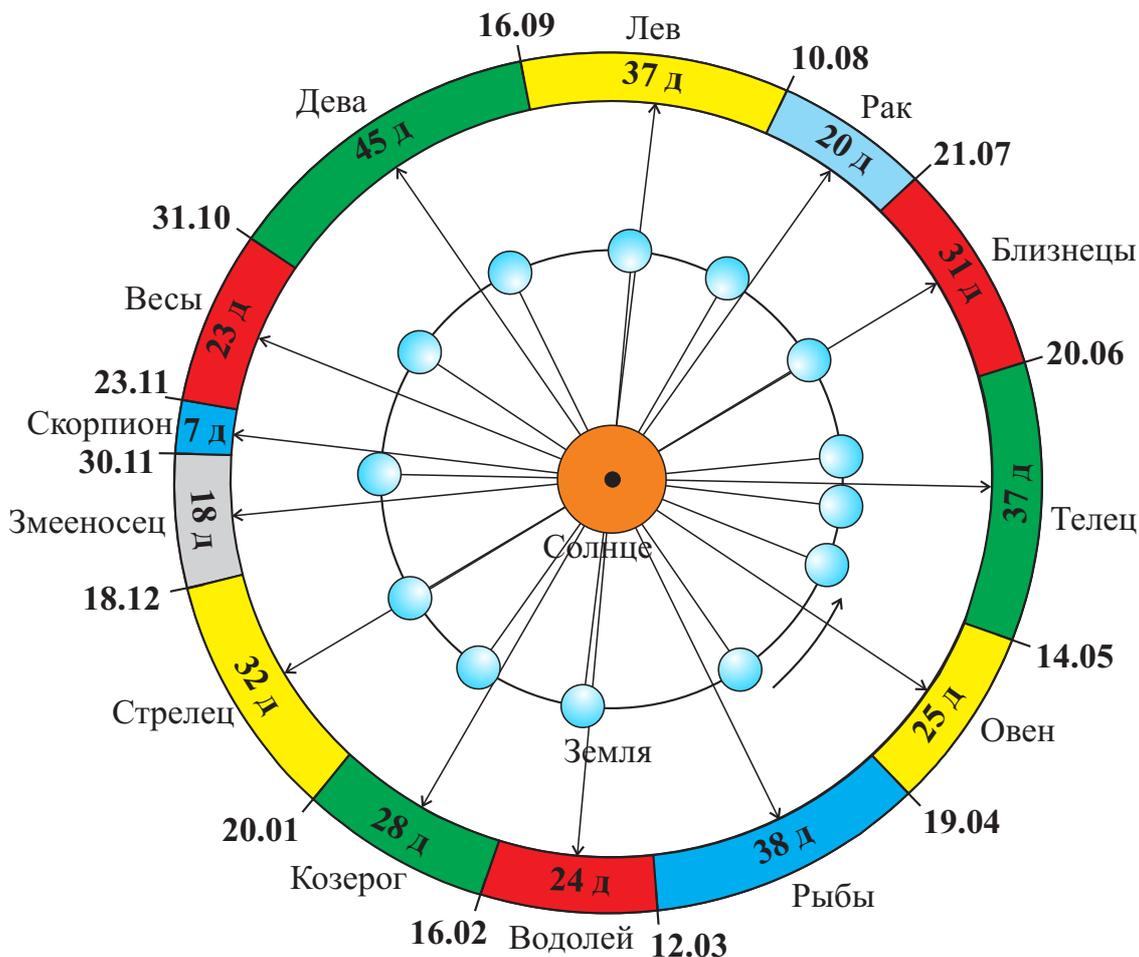


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

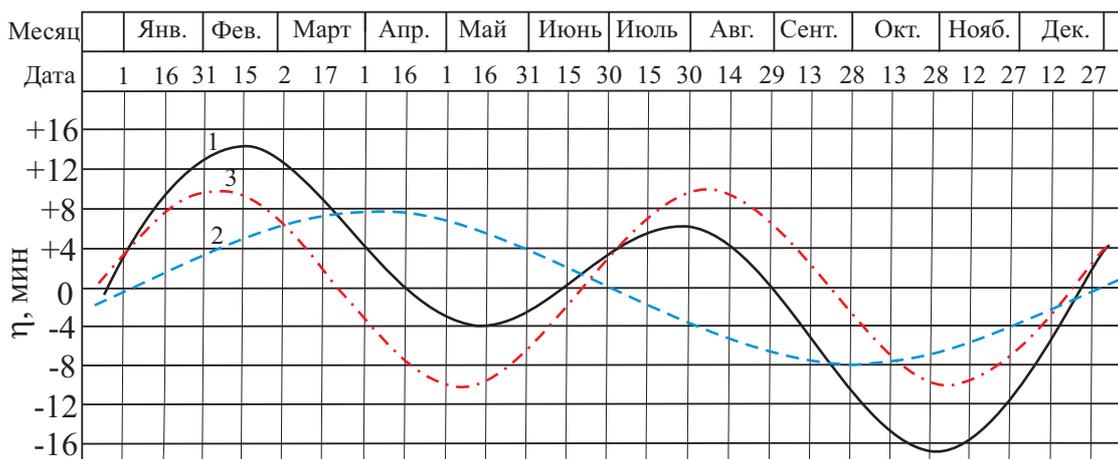


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

А.10. Некоторые характеристики звезд

Болометрические поправки ΔM_b

Спектр	ΔM_b	Спектр	ΔM_b		
			Гл. 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

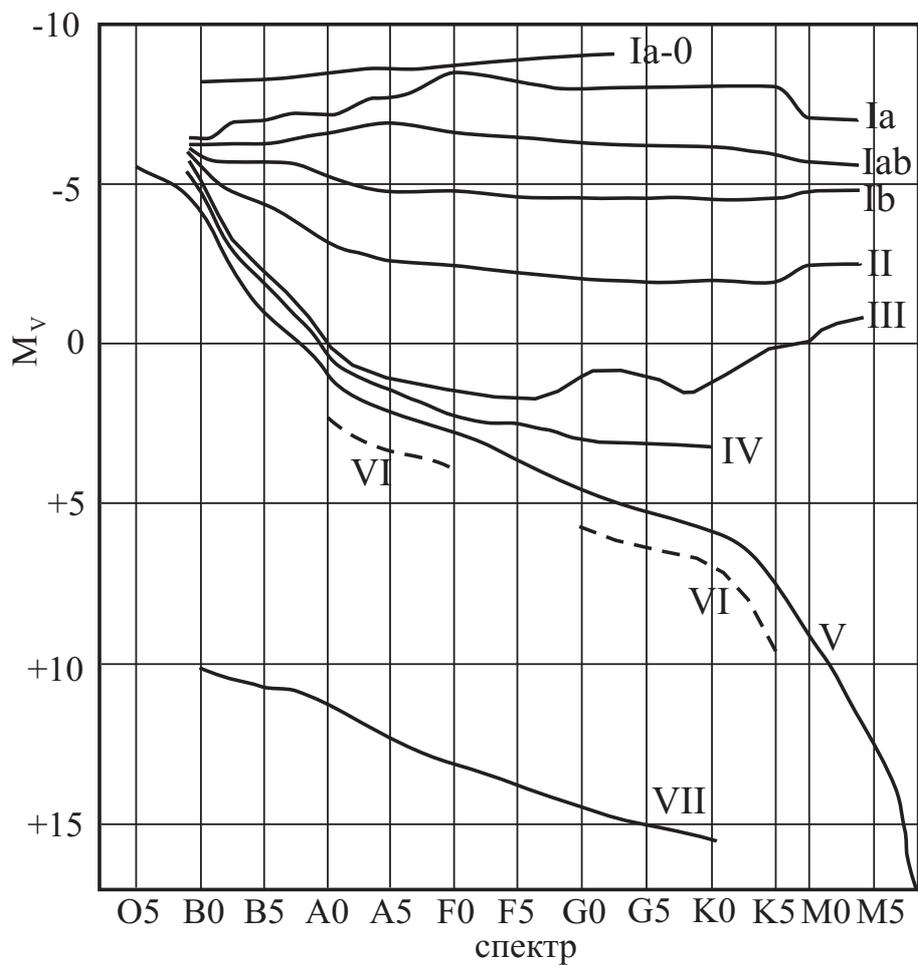


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	A	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIB	VIIA	VIII	IX	X	XI
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 Рифтерфордий	Db Дубний	Sg Сгаборгидий	Bh Борний	Hs Хассий	Mt Мейтнерий	RO ₄			
	RO ₂	RO	RO ₃	RO ₂	RO ₅	RO ₃	RH ₂	R ₂ O ₇	RH				
	RO ₂	RO	RO ₃	RH ₄	RH ₃	RH ₂	RH ₂	R ₂ O ₇	RH				
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce Церий	Pr Прозермий	Nd Неодим	Pm Прометий	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	Np Нептуний	Am Америций	Cm Кюрий	Bk Берклий	Cf Калифорний	Es Эйнштейний	Fm Фермий	Md Менделевий	No Нобелий	Lr Лавренсий

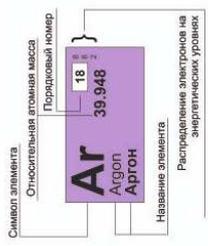


Рис. А.4. Таблица Менделеева.