

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: 2022-2023, ТУР № 1



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 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: 2022-2023, 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:

15.10.2022-30.11.2022!!!

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/doc-57032141_451699934

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ



Дорогие Друзья!

Прежде чем приступить к решению задач и оформлению отчета участника ОМОА им. Ф.А. Бредихина-2023, **внимательно** ознакомьтесь с **«Руководством зарегистрированного участника ОМОА им Ф.А. Бредихина-2023»!** Электронный адрес последнего указан в **Памятке участника.**

Уровень «Новичок» (уровень А)**Задача № 1. «Атмосферные явления Земли и их особенности»**

На рис. 1 представлена мозаика изображений явлений, происходящих в атмосфере Земли. Определите: (I) название каждого явления; (II) причину его появления; (III) высоту области его образования над поверхностью Земли; (IV) характерное время года его появления в г. Самаре. Заполните табл. 1. В строках (I)-(III) необходимо прописать буквенное обозначение данного объекта согласно рисунку. В строке (IV) необходимо написать словами времена года (лето, осень, зима, весна или круглый год). (0.5 балла за каждую правильно названную позицию)

	Название явления	Солнечный столб	Спрайт	Глория	Лунное гало
I	Обозначение				
	Причина появления данного явления	Отражение солнечного света на горизонтальных гранях кристаллов водяного льда	Преломление света в гексагональных или кубических кристаллах водяного льда	Электрический разряд в холодной плазме, осуществляемый в мезосфере и термосфере	Дифракция солнечного света на каплях воды, отраженного от "стены" дождя
II	Обозначение				
	Высота над поверхностью Земли	5 ÷ 10 км	6 ÷ 8 км	0 ÷ 10 км	50 ÷ 130 км
III	Обозначение				
	Обозначение	а)	б)	в)	г)
IV	Время года для наблюдений				

Таблица 1. Возможные явления атмосферы Земли, их причины появления, характерная высота расположения области их образования и характерные времена года их наблюдения.

Задача № 2. «История астрономии: значимые события и даты»

Вашему вниманию представлены ниже две таблицы: в первой таблице представлены названия значимых событий в истории астрономии; во второй –

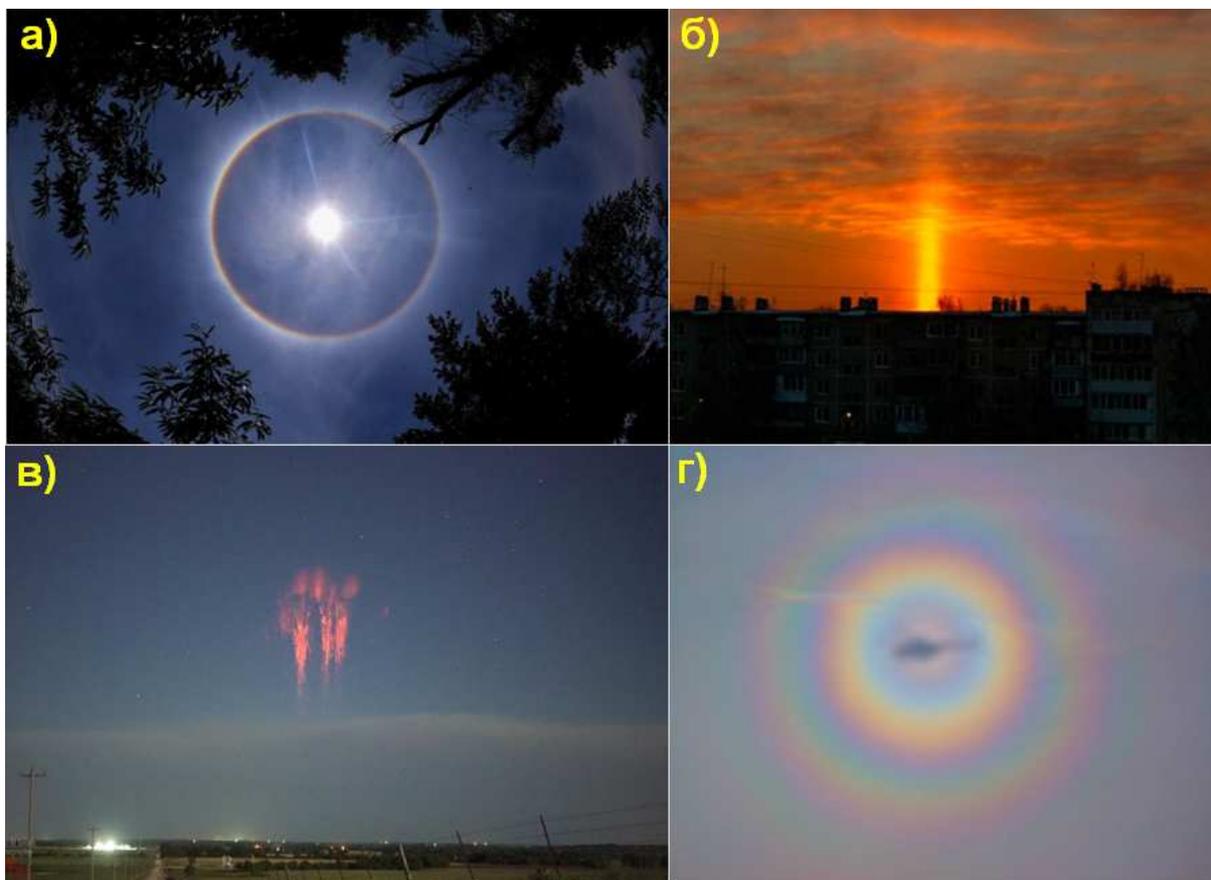


Рис. 1. Явления земной атмосферы.

представлены соответствующие им даты. Установите соответствие между событиями и датами. Каждой позиции первой таблицы поставьте в соответствие позицию второй таблицы. Ответ представьте в виде пары: "цифра-буква", например 2)-З). (1 балл за каждую правильно названную пару)

1) Открытие А. Вольшан и Д. Фрейл первой экзопланеты	2) Выдвижение Аристотелем доводов в пользу шарообразности Земли, Луны и других небесных тел	3) Первое прямое измерение В.Я. Струве годичного параллакса для Веги	4) Открытие М.В. Ломоносовым атмосферы Венеры
5) Открытие В. Гершелем планеты Уран	6) Открытие Ф. Д. Араго линейной поляризации света небесных тел	7) Введение Григорианского календаря в ряде стран Европы	8) Определение Чу Конгом угла наклона экватора к эклиптике

А) 1582 г. н.э.	Б) 1837 г. н.э.	В) 360 г. до н.э.	Г) 1809 г. н.э.
Д) 1781 г. н.э.	Е) 1992 г. н.э.	Ж) 1110 г. до н.э.	З) 1761 г. н.э.

Задача № 3. «Самара и факты наблюдательной астрономии»

Вашему вниманию представлен ряд утверждений из наблюдательной астрономии в отношении города Самары. Необходимо строго математически доказать истинность или ложность каждого утверждения. В случае ложности утверждения необходимо также найти правильный ответ. За каждое верное исчерпывающее доказательство для каждого утверждения – 3 балла.

1. Как известно, географическая широта г. Самары составляет $\varphi = 53^\circ 12'$, а долгота – $\lambda = 50^\circ 06'$. Наибольшая высота Луны в верхней кульминации в этом городе не может быть больше $65^\circ 23'$.

2. Звезда Сириус (α Большого Пса, $\alpha_* = 06^{\text{h}}45^{\text{m}}9^{\text{s}}$, $\delta_* = -16^\circ 42' 58''$) 20 марта 2022 года в момент захода Солнца располагалась к западу от небесного меридиана.

3. Если полагать, что все звезды, видимые невооруженным глазом, распределены по небосводу равномерно, то 1200 таких звезд являются незаходящими для жителя г. Самары.

4. Время пролета низкоорбитального спутника над г. Самарой вдоль географической параллели, в направлении суточного вращения Земли близко к 4.6 секунды. Известно, что протяженность этого города с севера на юг составляет 50 км, а с запада на восток – 20 км.

Задача № 4. «Марсианский глобус СРЦОД»

В Самарском региональном центре для одаренных детей на уроках астрономии, при изучении природы Марса, используется в качестве демонстрационной модели марсианский глобус (см. рис. 2). Глобус имеет диаметр $D_{\text{Г}} = 32$ см, ночную подсветку, осуществляемую лампой накаливания мощностью $P_{\text{Л}} = 25$ Вт. Определите:

1. Во сколько раз радиус Марса больше соответствующего размера глобуса? (По сути необходимо определить линейный масштаб глобуса). (2 балла)

2. Чему равна протяженность Долин Маринер на данном глобусе, если их истинная протяженность равна 4500 км? (3 балла)

3. Чему равен истинный диаметр основания горы Олимп (на уровне Олимпийского уступа), если его образ представлен на рис. 2? (3 балла)

4. На каком расстоянии должен располагаться глобус от обучающегося Центра, чтобы последний его мог наблюдать под таким же углом как и Марс в противостоянии? Орбиту Земли и Марса считать круговыми. (2 балла)

5. Чему равна линейная скорость точек экватора глобуса, если последний вращать с угловой скоростью суточного вращения Марса? (2 балла).

Уровень «Знаток» (уровень В)**Задача № 5. «Глобус как Марс»**

На каком расстоянии необходимо расположить марсианский глобус (см.



Рис. 2. Марсианский глобус (автор фото – Филиппов Юрий).

условие предыдущей задачи) от наблюдателя, чтобы он создавал на его сетчатке такую же освещенность, что и Марс в среднем противостоянии? Лампу накаливания какой мощности необходимо поместить в тело глобуса, чтобы его угловой диаметр и создаваемая им освещенность на сетчатке наблюдателя были как у Марса в противостоянии? Необходимо учесть, что лишь 5% от полной мощности, подаваемой на лампу, приходится на видимый свет. Коэффициент прозрачности материала глобуса для видимого света составляет 20%. (11 баллов)

Задача № 6. «От шкалы солнечного к шкале звездного времени»

Чему должно быть равно относительное изменение длины маятника часов, правильно демонстрирующих ход среднего солнечного времени, чтобы они стали правильно показывать ход звездного времени? Чему равно абсолютное изменение длины маятника часов (в мм), если период их начальных

малых колебаний (до переделки) был $T_0 = 1$ средняя солнечная секунда? Какую массу стали необходимо удалить с маятника при такой переделке часов? Следует полагать, что маятник часов представляет собой стальной стержень диаметра $D = 1$ см, закрепленный с одного конца; к устройству часов применима модель физического маятника, ускорение свободного падения у поверхности Земли – 10 м/с^2 , а плотность стали – 7800 кг/м^3 . (12 баллов)

Задача № 7. «МКС, видимая с территории Самарской области»

В настоящее время Международная космическая станция (МКС) движется вокруг Земли по почти круговой орбите высотой 418 км и наклоном 51.63° . Известны координаты пограничных точек Самарской области, представленные в таблице.

Пограничные точки Самарской области и их геокоординаты			
Южная	Северная	Восточная	Западная
$\varphi_S = +51^\circ 47'$; $\lambda_S = 50^\circ 47'$	$\varphi_N = +54^\circ 41'$; $\lambda_N = 51^\circ 23'$	$\varphi_E = +54^\circ 20'$; $\lambda_E = 52^\circ 35'$	$\varphi_W = +53^\circ 22'$; $\lambda_W = 47^\circ 55'$

Определите:

1. В какой точке Самарской области МКС может подходить к зениту на минимальное угловое расстояние? Оцените в этой точке максимальную угловую скорость видимого движения МКС для земного наблюдателя. (4 балла)
2. Определите диапазон географических широт точек поверхности Земли, с которых, в принципе, можно увидеть МКС. (3 балла)
3. Определите часть поверхности Земли, которая доступна прямому наблюдению с МКС в а) данный момент; б) в течение длительного промежутка времени. (4 балла)
4. Оцените площадь части солнечных панелей МКС, формирующих явление "солнечного зайчика" на поверхности Земли, в результате отражения ими солнечного света, если минимальная видимая звездная величина станции в "ближайшей" точке Самарской области составляет -5.6^m , бугеровское поглощение света в зените $\Delta m = 0.3^m$, а коэффициент отражения видимого света поверхностью батарей равен 0.015. (3 балла)

Задача № 8. «АМС Кассини и фотосессия системы "Сатурн"»

Во второй декаде 21 века автоматической межпланетной станцией (АМС) Кассини в процессе движения вокруг Сатурна по орбите, близкой к круговой, был получен любопытный снимок (см. рис. 3) центральной планеты и его крупнейшего спутника Титана. Определите:

1. Радиус (в км) круговой орбиты АМС на момент съемки. (5 баллов)
2. Планетоцентрическую орбитальную скорость АМС и период ее обращения вокруг Сатурна. (4 балла)
3. Расстояние (в км), на котором находилась АМС от Титана на момент съемки. Орбиту Титана следует считать круговой. (3 балла)

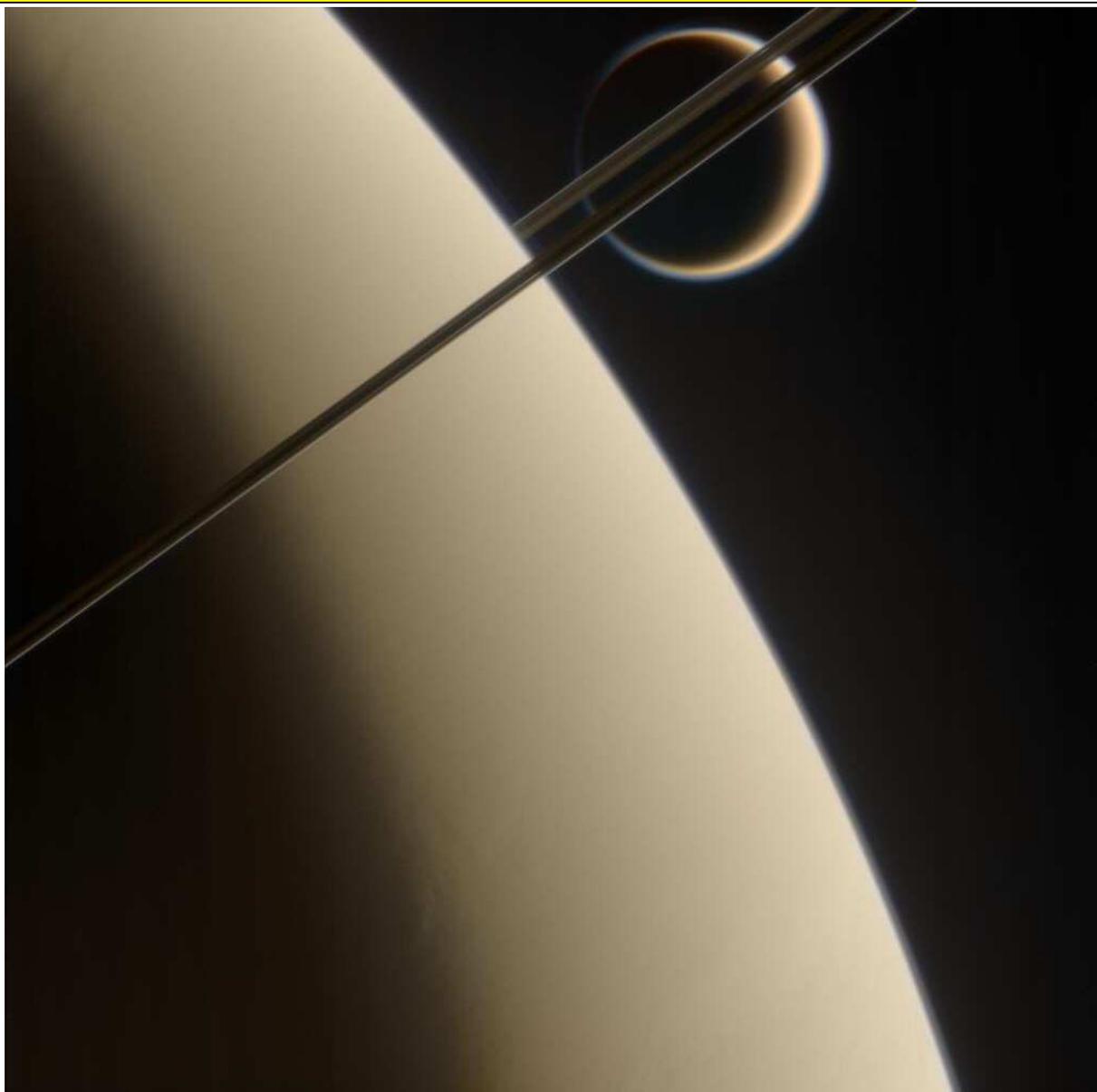


Рис. 3. Сатурн и его спутник Титан. Кадр, получен АМС Кассини (Источник – NASA/Goddard Space Flight Center).

4. Чему равен угловой диаметр Титана на фотографии? (2 балла)

Задача № 9. «Съемка Юпитера в противостоянии»

26 сентября 2022 года Юпитер оказался в конфигурации великого противостояния и сблизился с Землей на рекордно малое расстояние за последние 59 лет – 591.292 млн км. Это уникальный шанс для получения наиболее детальных фотографий поверхности короля планет. Для этой цели в Самарском региональном центре для одаренных детей планировалось использовать (но погода не позволила, к сожалению, это сделать!) главный телескоп-астрограф Центра – Celestron Advanced VX 8" Edge HD с диаметром объектива $D = 203.2$ мм и относительным отверстием $D/F = 1 : 10$, трехкратную линзу Барлоу и камеру ZWO ASI 290MC, с размером пикселя 2.9 мкм. Определите:

1. Разрешающую способность а) объектива телескопа (в угловых секундах), б) камеры (в угловых секундах на пиксель), в) всего оптического трак-

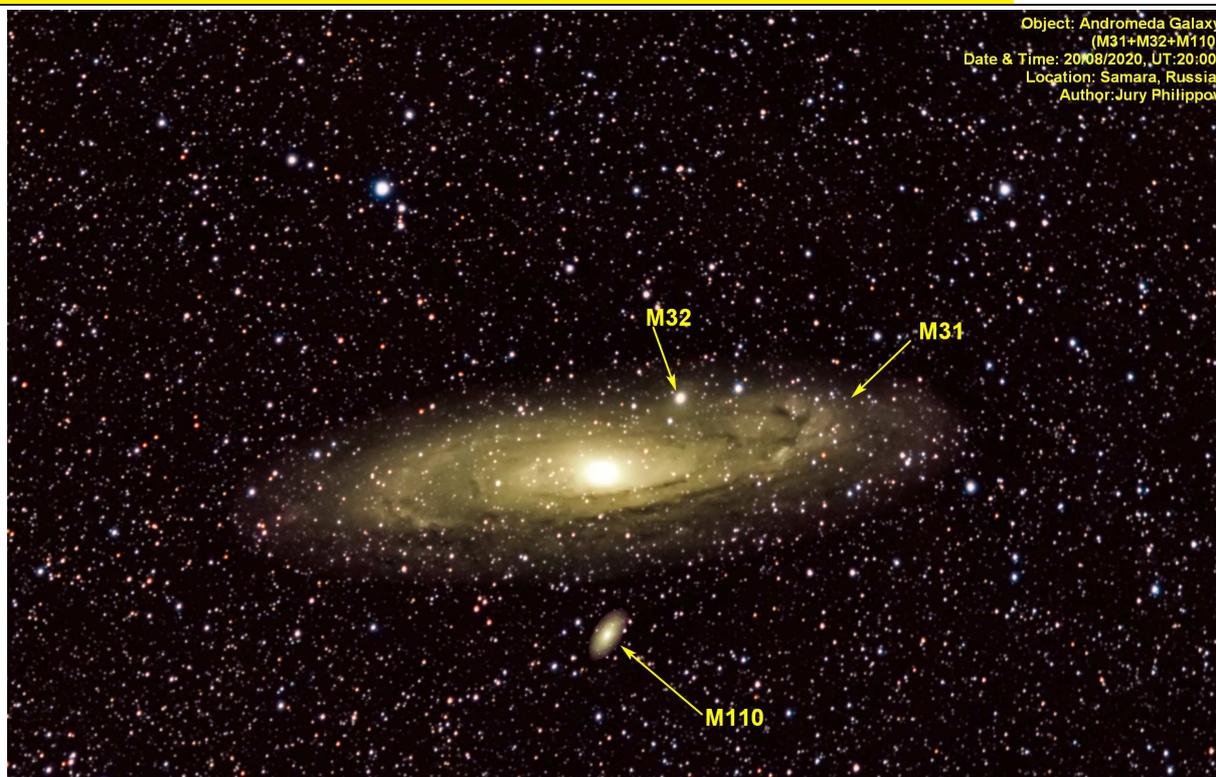


Рис. 4. Туманность Андромеды (M31) и ее спутники-галактики M32 и M110. (Автор фото – Филиппов Юрий).

та астрографа. Следует полагать, что сиинг в месте наблюдения не бывает меньше $1''$. (3 балла)

2. Максимальную допустимую выдержку для одного кадра видеоролика, на котором еще не будет смаза образа планеты, в результате суточного движения Земли при неподвижной трубе телескопа? (4 балла)

3. Выберите оптимальный размер одного кадра для съемки Юпитера из возможных (1936×1096 , 1280×960 , 640×480 , 968×548 , 320×240), для минимизации размера видеоролика. Оцените размер этого кадра в мегабайтах в случае глубины кодирования цвета, равной 12 бит. (3 балла)

4. Оцените максимальную продолжительность видеоролика, из кадров которого еще можно собрать образ планеты без смаза деталей, обусловленного суточным вращением Юпитера, и таким образом, избежать дополнительной операции при обработке образа планеты – деротации диска Юпитера. Оцените его минимальный размер в мегабайтах в случае глубины кодирования цвета, равной 12 бит. (4 балла)

Задача № 10. «Туманность Андромеды и ее спутник M110»

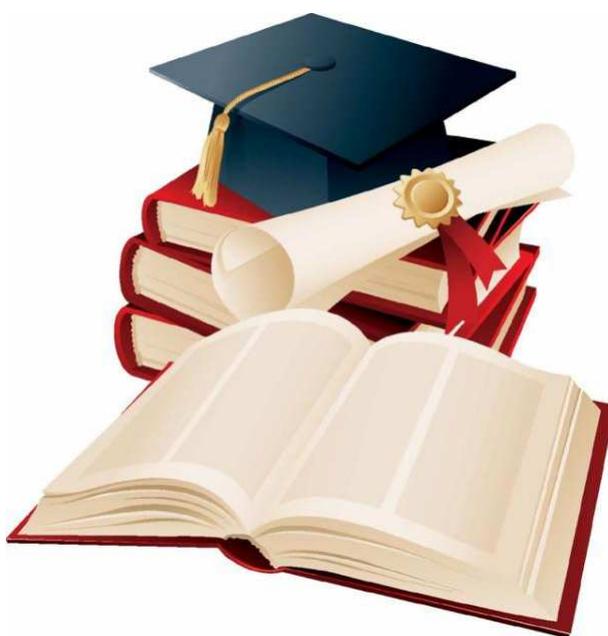
Как известно, галактика M110 является спутником более массивной галактики M31 (туманности Андромеда, см. рис. 4). Известны их экваториальные координаты (α_i, δ_i) , гелиоцентрические расстояния (r_i) и видимые звездные величины $m_i^{(V)}$:

M31, $m_1^{(V)} = +3.44^m$			M110, $m_2^{(V)} = +7.9^m$		
α_1	δ_1	r_1 , КПК	α_2	δ_2	r_2 , КПК
00 ^h 42 ^m 44.3 ^s	+41° 16' 9"	770	00 ^h 40 ^m 22.1 ^s	+41° 41' 07.5"	815

Известна также скорость M110 относительно M31 – $V = 250$ км/с и угловой диаметр M110 – $D'' = 21.9'$. Оцените:

1. Текущее расстояние между данными галактиками. (3 балла)
2. Период обращения галактики M110 вокруг M31, предполагая, что спутник движется по орбите, близкой к круговой. (2 балла)
3. Гравитационную массу ($\mathfrak{M}_1^{(G)}$) галактики M31. (3 балла)
4. Минимальное значение гравитационной массы ($\mathfrak{M}_2^{(G)}$) галактики M110, предполагая, что форма последней близка к сферической, ее тело сохраняет свою целостность. (5 баллов)
5. Оцените отношения гравитационных масс галактик к их светимостям $L_1/\mathfrak{M}_1^{(G)}$, $L_2/\mathfrak{M}_2^{(G)}$. Сравните между собой полученные значения. (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 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. альbedo	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

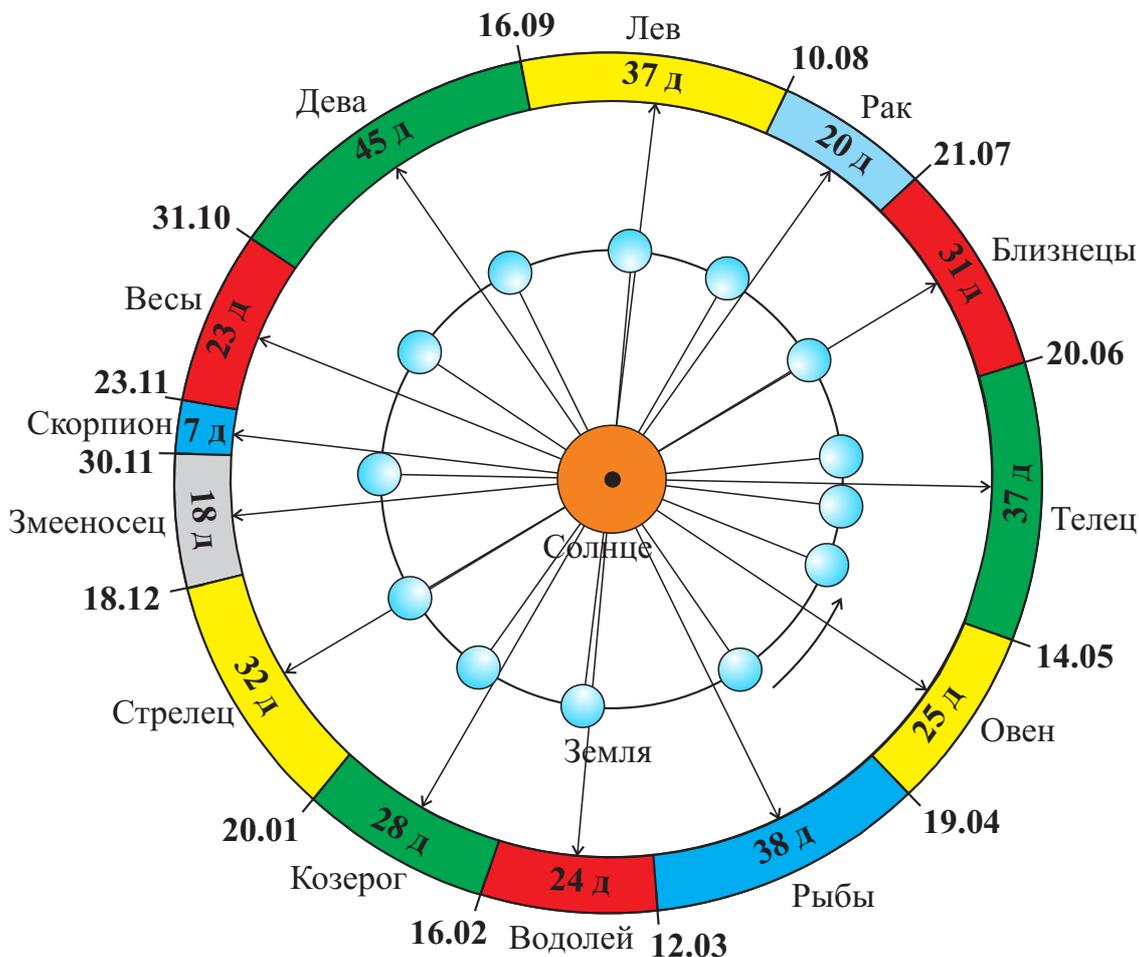


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

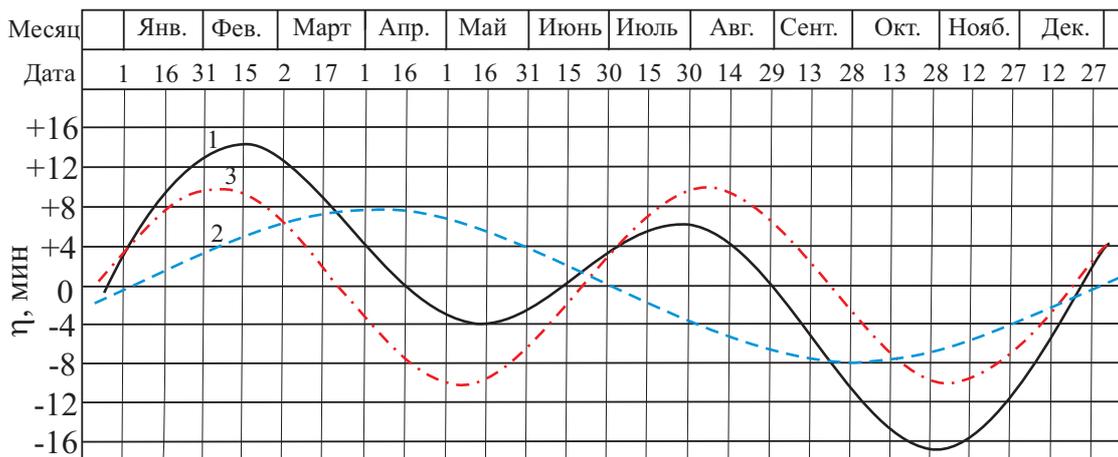


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

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

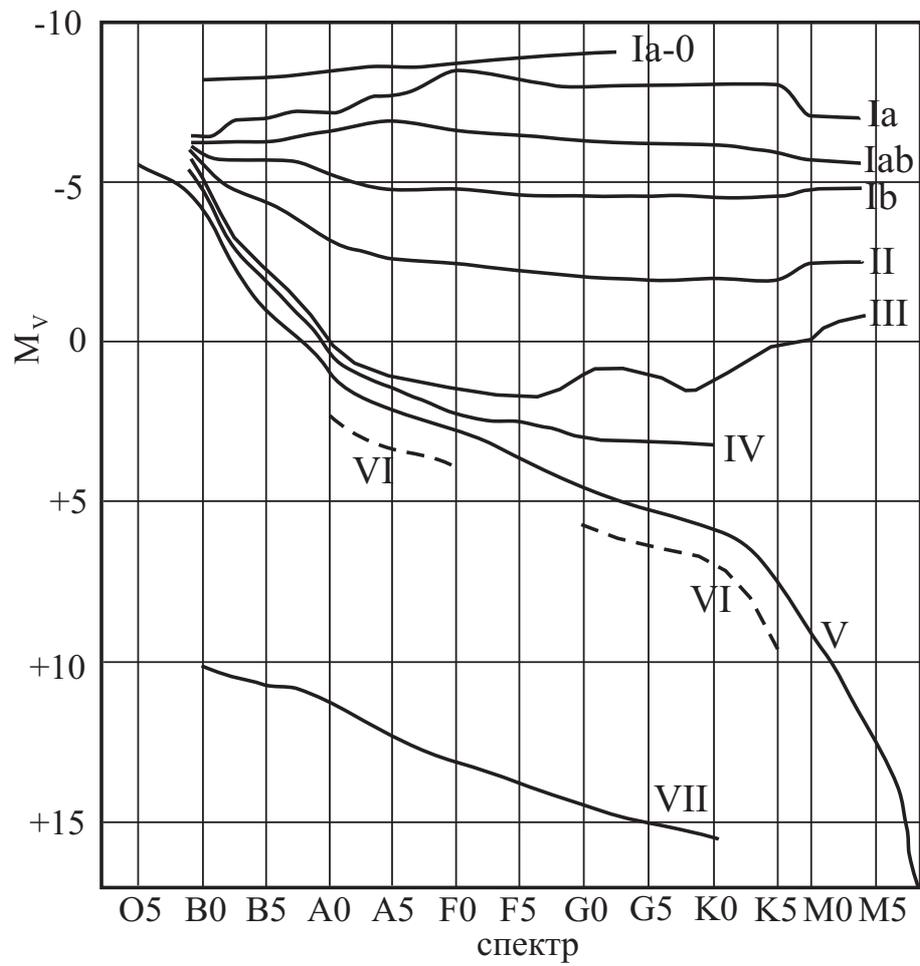


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	A	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
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					
	<p>Символ элемента. Относительная атомная масса. Порядковый номер. Название элемента. Распределение электронов на энергетических уровнях.</p>												
	<p>ФОРМУЛЫ ВЫСОКИХ ОКСИДОВ</p>												
	<p>ФОРМУЛЫ ЛЕГКИХ ОДИНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ</p>												
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
АКТИНОИДЫ**	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	Lr

Рис. А.4. Таблица Менделеева.