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 № 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 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 № 1». – 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 № 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/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. «88 созвездий небосвода и особенности их названий»

В табл. 1 представлен Вашему вниманию список всех созвездий небосвода Земли. Выберите, те созвездия, в названиях которых содержатся собственные имена людей, божеств или мифических существ. 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.

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)? Какое место занимает данное созвездие в рейтинге самых больших созвездий небосвода? (2 балла)

4. В какое время года его условия наблюдений являются оптимальными? (2 балла)

5. Как называется самая яркая звезда этого созвездия? (1 балл)

6. Чему равна звездная величина (с точностью до сотых долей) данной звезды? (2 балла)

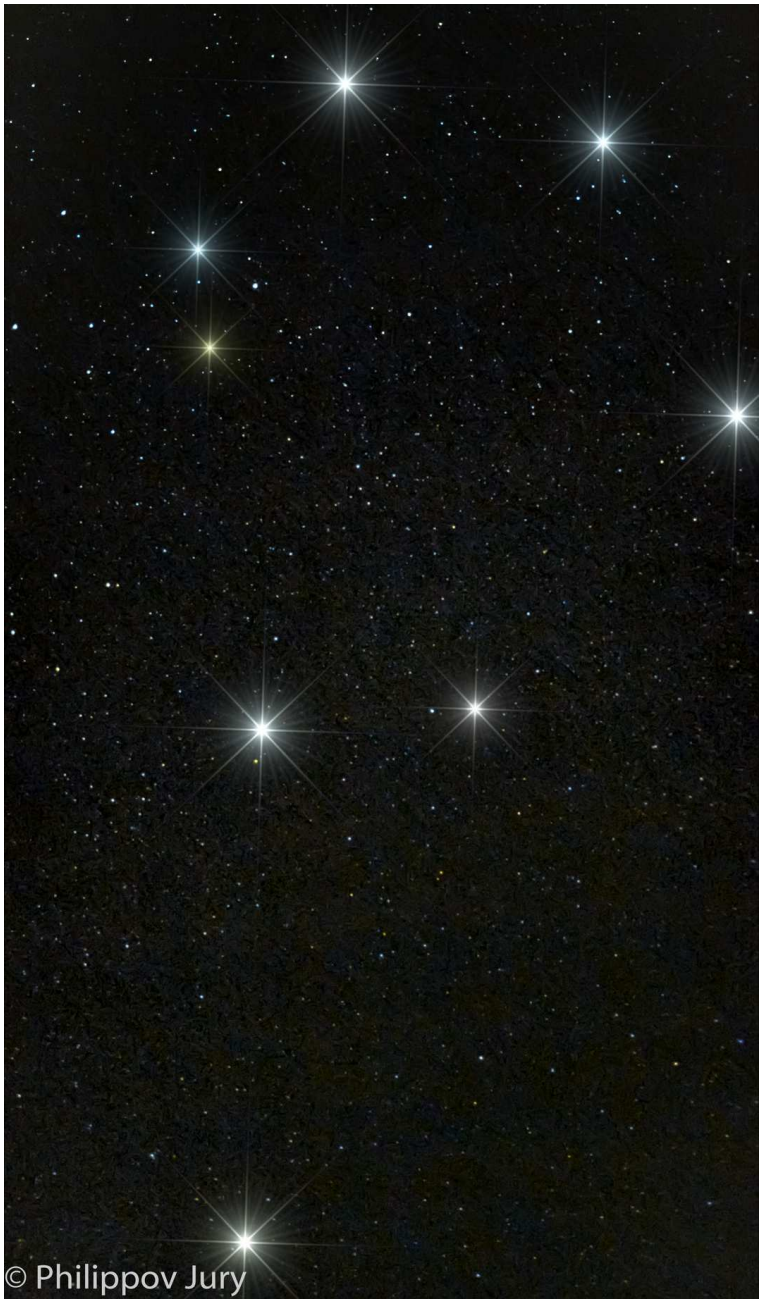


Рис. 1. Фотография созвездия (автор – Филиппов Юрий).

7. 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)

8. Какое место она занимает в рейтинге самых ярких звезд? Укажите на копии данной фотографии ее положение. (2 балла).

Задача № 3. «Звездные треки и точки небосвода»

На рис. 2 представлена фотография звездных треков, полученных где-то на территории России.

1. Следствием чего является появление звездных треков на фотографии? (1 балл)

2. Как называется точка небосвода, расположенная в геометрическом цен-

Рис. 2. Фотография звездных треков (автор – Рева Михаил).

тре всех полученных треков? (1 балл)

3. Результатом пересечения какой прямой с небесной сферой является данная точка? (1 балл)

4. Полюсом какого большого круга она является? Чему равна высота этой точки для наблюдателя в г. Самаре ($\varphi_S = 53°12'$, $\lambda_S = 50°06'$)? (2 балла)

5. С какой точкой небосвода совпадает данная точка для наблюдателя, находящегося на северном географическом полюсе? (1 балл)

6. Как называется яркая звезда с звездной величиной $+2^{\mathrm{m}}$, расположенная в малой окрестности данной точки небосвода? Какому созвездию она принадлежит? (2 балла)

7. Как называется точка математического горизонта, расположенная непосредственно под данной звездой? Чему равен азимут этой точки? (2 балла).

Задача № 4. «Восьмерка классических планет и их особенности»

На рис. 3 представлена инфографика – Солнце и восемь классических планет с указанием их звездных периодов. Полагая, что орбиты всех указанных планет являются круговыми (при этом радиус земной орбиты равен 1 а.е.), с использованием данных рисунка (где это только возможно!) и справочных данных, определите:

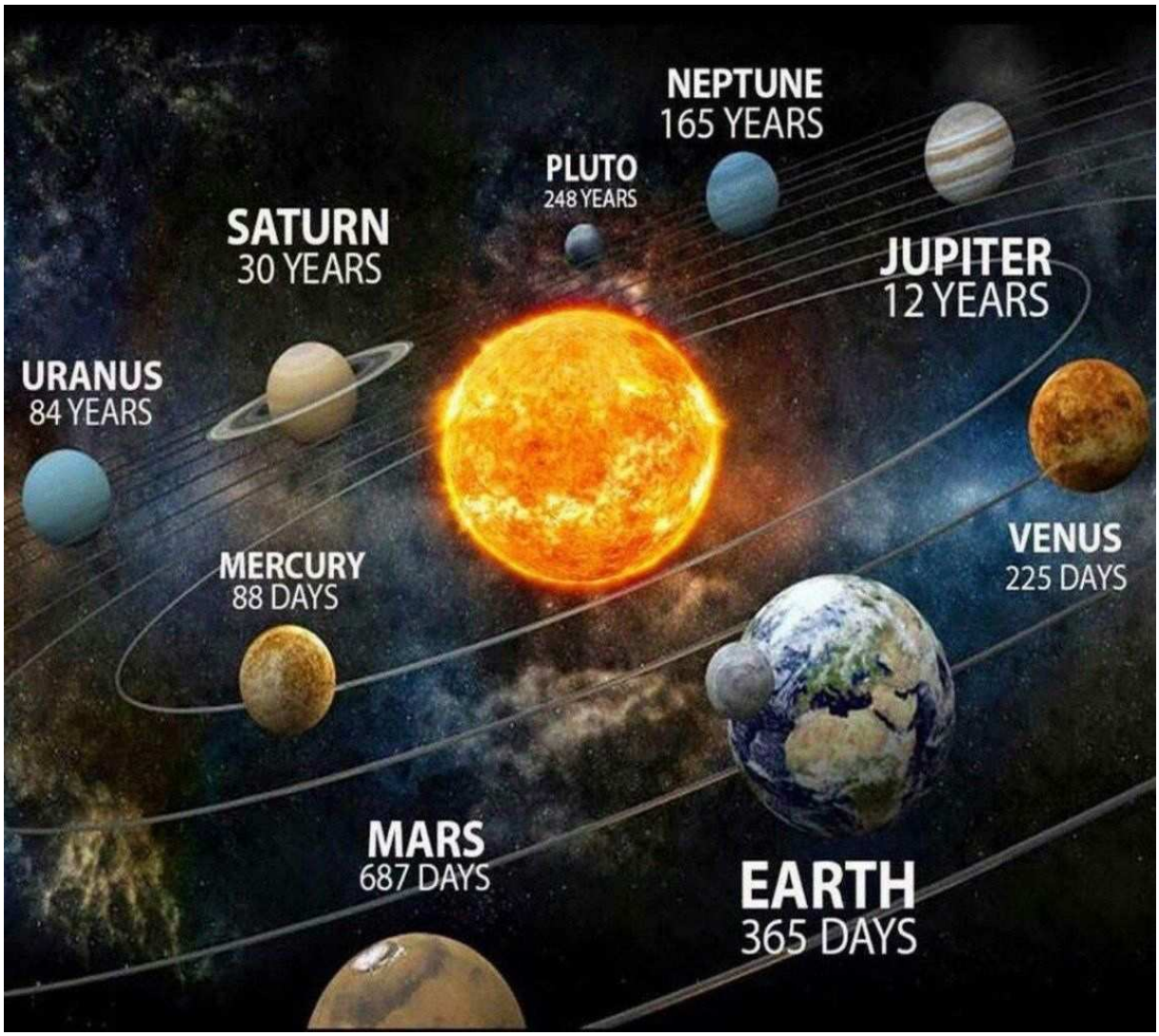


Рис. 3. Восемь классических планет и Солнце (источник – https://vk.com/welsis).

1. У какой классической планеты период вращения вокруг своей оси превышает продолжительность звездного года? На сколько суток одна величина больше другой? (2 балла)?

2. Для какой (из представленных на рисунке) классической планеты синодический период будет минимальным? Чему он будет равен? (2 балла)?

3. Какая классическая планета ближе других подходит к Земле? Чему равно минимальное расстояние между этими телами? (2 балла)?

4. Для какой классической планеты солнечная постоянная принимает максимальное значение? Чему она равна? (2 балла)?

5. У какой классической планеты самая короткая продолжительность солнечных суток? Какое (приблизительно) количество таких суток содержит один звездный год данной планеты? (2 балла)?

Уровень «Знаток» (уровень В)

Задача № 5. «Три галактики в одном кадре»

На рис. 4 представлена фотография участка ночного небосвода. Ее особенность – в один кадр попали сразу три галактики: Млечный путь, Большое Магелланово облако (координаты центра – $\alpha_1 = 05^{\rm h}24^{\rm m}$, $\delta_1 = -69°45'$) и Малое Магелланово облако (координаты центра – $\alpha_2 = 00^{\rm h}53^{\rm m}$, $\delta_2 = -72°48'$). Пренебрегая конечными угловыми размерами Магеллановых облаков, определите, на каких широтах можно получить фотографию с тремя галактиками? Оцените широту, на которой проводилась съемка. Какая сторона света преимущественно запечатлена на фото? Какое явление, восход или закат галактик здесь представлен? (11 баллов).

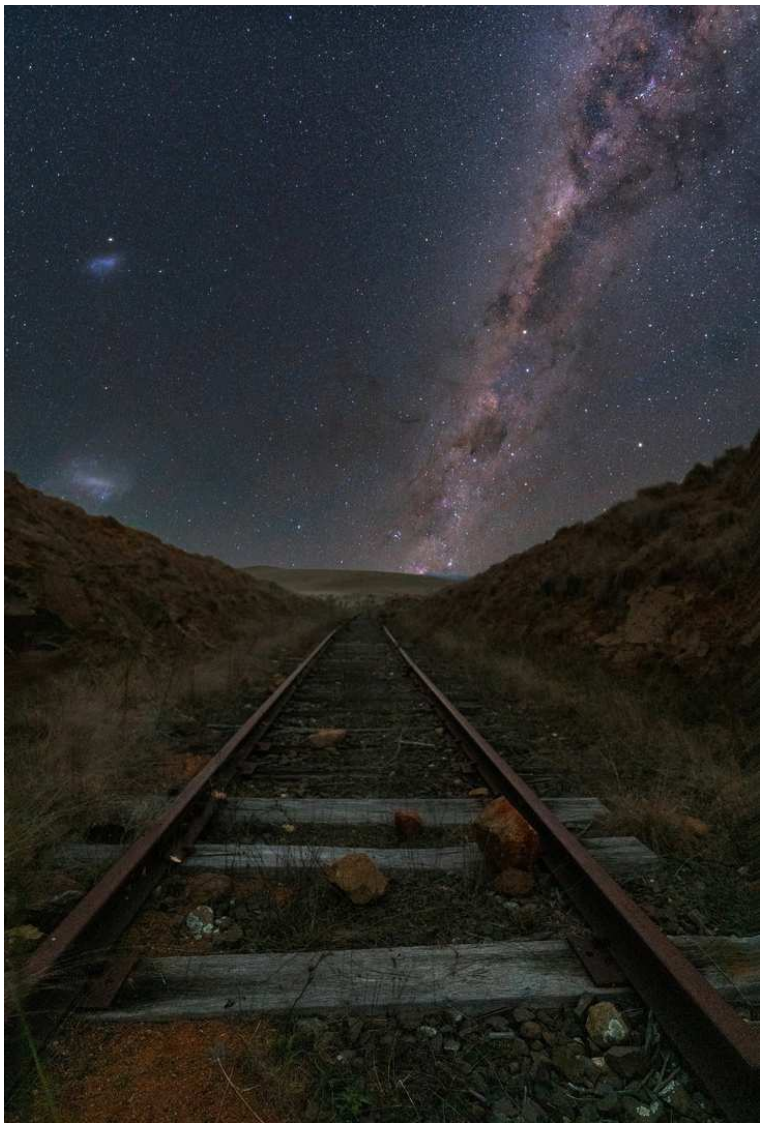


Рис. 4. Фотография участка небосвода (источник – https://vk.com/welsis).

Задача № 6. «Количество атомов в Солнце, Млечном Пути, Вселенной»

Оцените количество атомов, содержащихся в а) теле Солнца, б) галактике Млечный путь (МП), в) в видимой части Вселенной, если известно, что последнюю составляют 10^{12} галактик, подобных МП. Последний содержит 400 млрд звезд общей массой $7.5 \cdot 10^{11}$ масс Солнца. Следует полагать, что основными элементами в теле всех звезд являются водород и гелий, причем на каждые 10 атомов водорода приходится один атом гелия. (12 баллов).

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

Как известно, Млечный путь (абсолютная звездная величина которого $M_0 = -21.0^{\rm m}$), Туманность Андромеды (M31, интегральная видимая звезд-

ная 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. Абсолютную звездную величину галактики M33. (2 балла)
2. Расстояние до галактики M31. (2 балла)
3. Расстояние между галактиками M31 и M33. (6 баллов)
4. Чему равен угол между направлениями на Млечный путь и M33 с позиции гипотетического наблюдателя, расположенного в галактике M31? (2 балла)
5. Смогут ли увидеть Млечный путь гипотетические наблюдатели из галактик M31 и M33 невооруженным глазом, если проницающая способность их глаз равна $+6^{\mathrm{m}}$? (2 балла)

Задача № 8. «Запуск межзвездного КА»

Необходимо отправить космический аппарат (КА) за пределы Солнечной системы с круговой орбиты Земли, высотой 500 км. В какое время года (какие даты?) и суток необходимо это сделать, чтобы двигатели его ракетоносителя совершили минимальную полезную работу? Чему равна эта полезная работа в случае КА с массой 250 кг? (14 баллов).

Задача № 9. «Вероятность "отлова" транзита Ганимеда»

Один самарский астроном-любитель выезжает каждую субботу за город, с целью наблюдения планет-гигантов. При этом в каждый наблюдательный сеанс на обзор Юпитера и его окрестностей он тратит около двух часов. В один прекрасный вечер, когда Юпитер был на геоцентрическом расстоянии $\Delta_J = 4.301$ а.е., он случайным образом наблюдал транзит по диску Юпитера его самого крупного спутника – Ганимеда. Оцените вероятность такого события. Угловыми размерами спутника следует пренебречь. Орбиту спутника следует считать круговой, лежа-

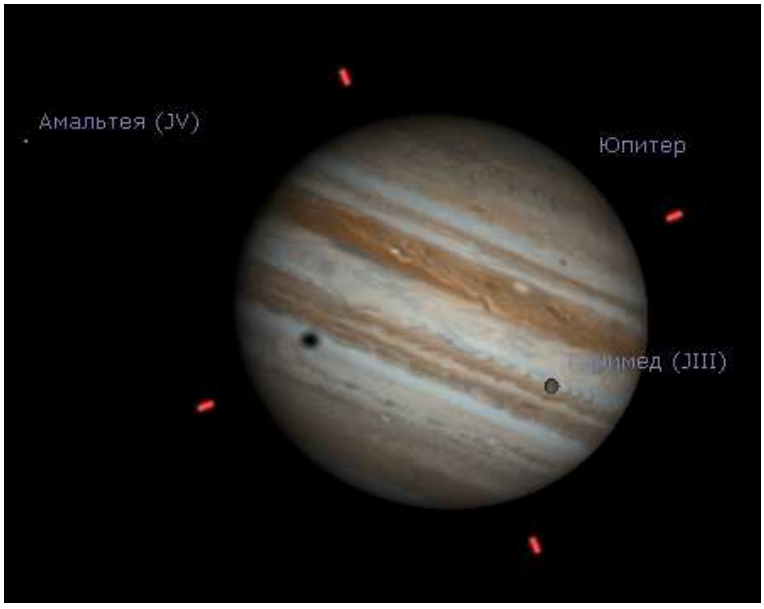


Рис. 5. К определению транзита Ганимеда (скриншот из программы Stellarium).

щей в плоскости экватора планеты и содержащей луч зрения, а ее радиус принять равным $r_G = 1070$ тыс. км. Юпитер расположен вблизи небесного экватора. (14 баллов).

Задача № 10. «Прощальный "взгляд" КА Voyager-1 на систему «Земля-Луна»»

На рис. 6 представлена фотография системы «Земля-Луна», полученная с помощью космического аппарата (КА) Voyager-1 18.09.1977 г (уже более 44 лет тому назад!). Полагая орбиту Луны круговой и содержащей луч зрения, оцените с использованием фотографии

Рис. 6. Фотография системы, полученная с борта Voyager-1. (источник – https://vk.com/club28313198).

1. Чему равны фазы указанных тел? (1 балл).

2. Расстояния от КА до Луны и Земли (6 баллов).

3. Чему равны при этом были угловые диаметры небесных тел? (2 балла).

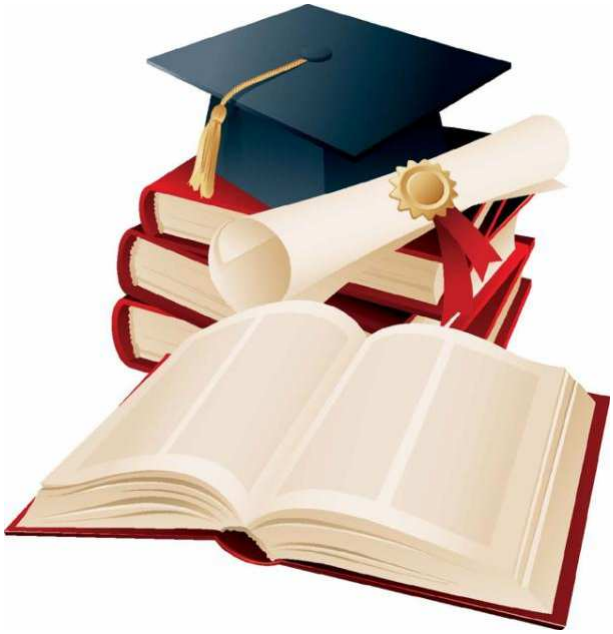
3. В какой конфигурации были данные небесные тела с точки зрения КА? В какой конфигурации находился КА с точки зрения земного наблюдателя? (2 балла)

4. Чему был равен угол между направлениями на Землю и Солнце с позиции КА? (2 балла)

5. Оцените гелиоцентрическое расстояние КА. (2 балла).

(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

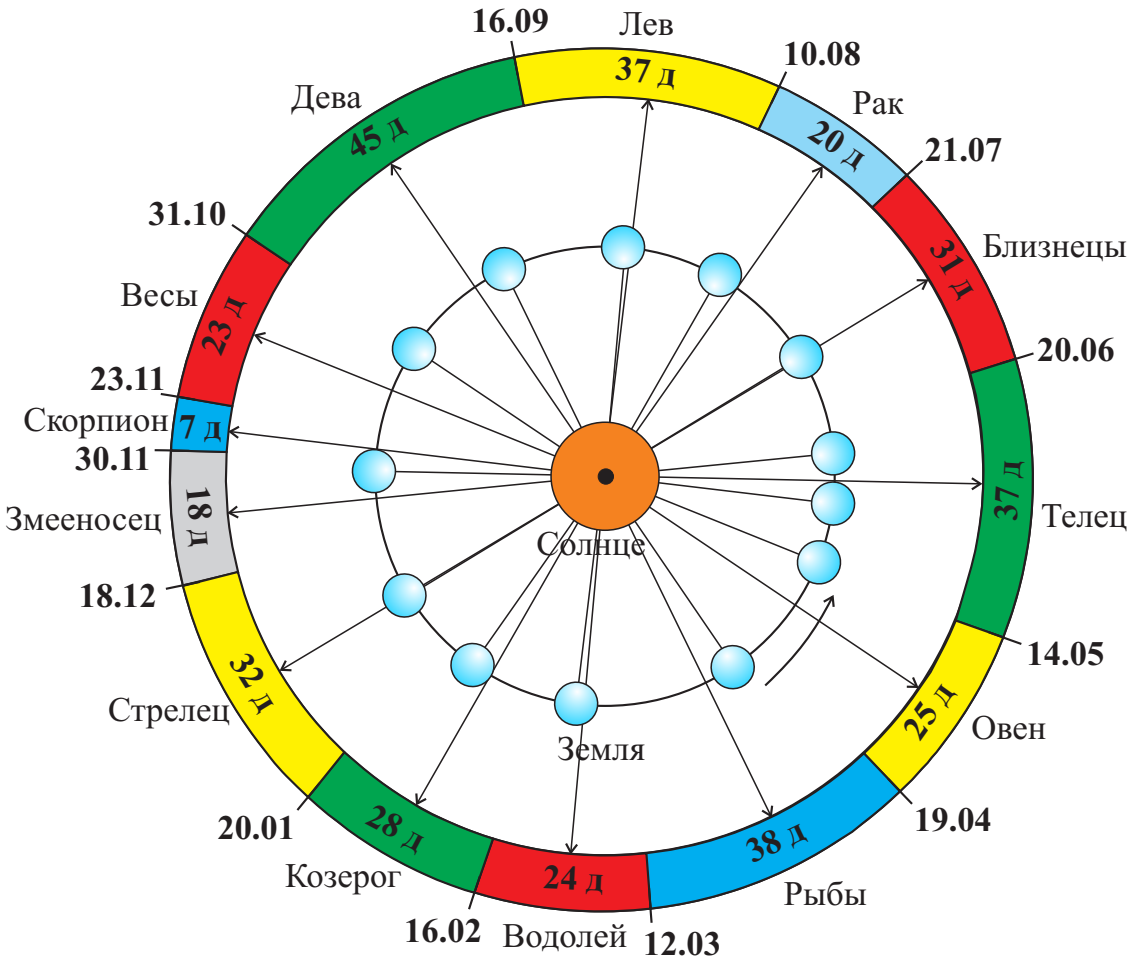


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

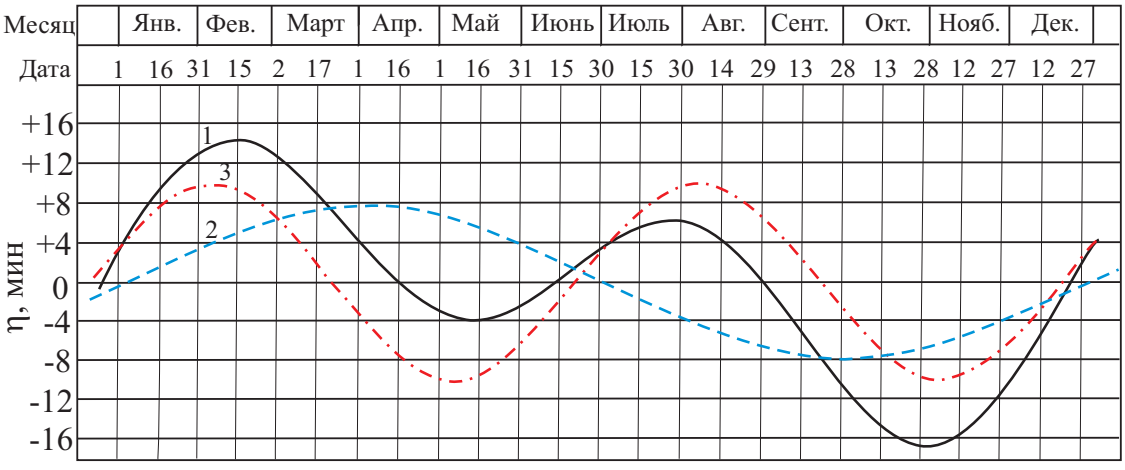


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

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

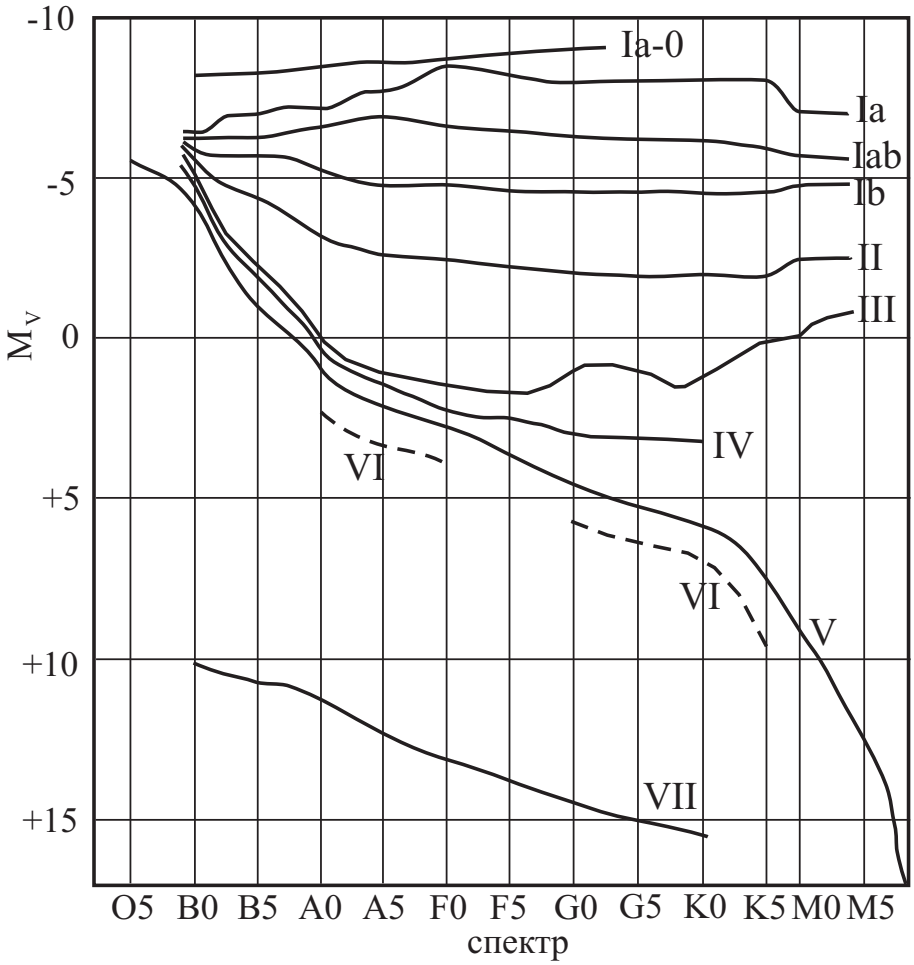


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

Рис. А.4. Таблица Менделеева.