

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап, теоретический тур
2023/2024 учебный год
7 класс

Решения задач и критерии их оценивания

№ 1. «Созвездия и яркие звезды (для 7-го класса)»

Условие. На рис. 1 представлен фрагмент звездной карты с указанием границ созвездий.

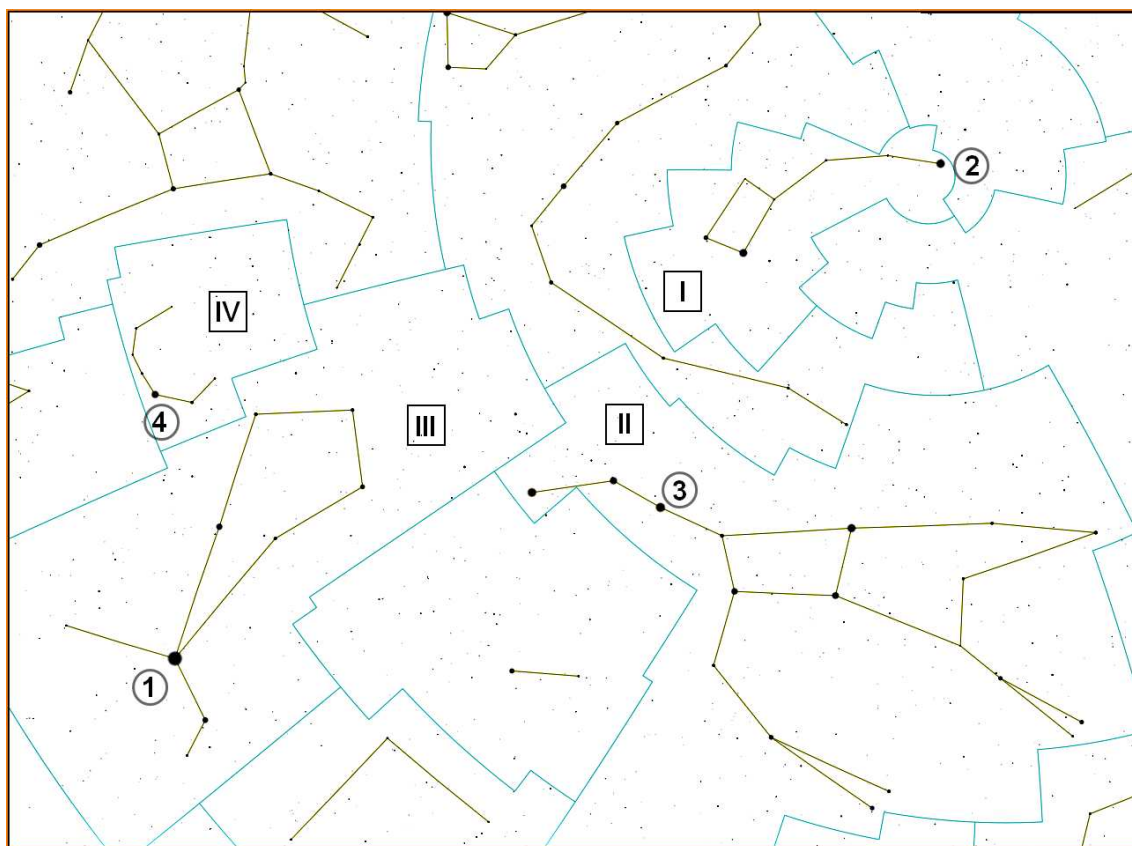


Рис. 1. К задаче №1.

1. Сопоставьте участкам звездного небосвода, отмеченным на рис. 1 римскими цифрами I–IV, названия созвездий, представленных в табл. 1. Свои ответы запишите в табл. 2. (2 балла за правильно названное созвездие)

А) Большая Медведица	Б) Малая Медведица	В) Кит	Г) Орион
Д) Гонимые Псы	Е) Северная Корона	Ж) Телец	З) Геркулес
И) Волосы Вероники	К) Гидра	Л) Волопас	М) Дракон

Таблица 1. Названия некоторых созвездий земного небосвода.

Созвездие	I	II	III	IV
Название				

Таблица 2. К определению ответов на первый вопрос задачи.

2. Сопоставьте некоторым ярким звездам (обозначенным черными жирными точками), отмеченным на рис. 1 арабскими цифрами 1 – 4, их названия, представленные в табл. 3. Свои ответы запишите в табл. 4. (3 балла за правильно названную звезду)

Решение. Идентификацию звезд и созвездий легче всего провести, опираясь на известные астеризмы, бросающиеся в глаза. В правом нижнем углу фрагмента карты легко читаемый и

А) Мицар	В) Мегрец	С) Полярная	Д) Дубхе
Е) Феркад	Ф) Алиот	Г) Фекда	Н) Гемма
Ж) Йильдун	К) Садр	Л) Арктур	М) Кохаб

Таблица 3. Названия некоторых ярких звезд земного небосвода.

Звезда	1	2	3	4
Название				

Таблица 4. К определению ответов на второй вопрос задачи.

самый известный астеризм созвездия Большой Медведицы – Большой Ковш. В правом верхнем углу располагается не менее известный астеризм Малый Ковш, являющийся центральной частью созвездия Малой Медведицы. В левом нижнем углу легко просматривается астеризм, напоминающий «паллицу» или «парашют», принадлежащий созвездию Волопаса. Чуть выше него располагается еще один примечательный астеризм, напоминающий «конскую подкову» и являющийся центральной частью созвездия Северной Короны.

Самой яркой звездой Большой Медведицы является Алиот (3), Малой Медведицы – Полярная звезда (2), Волопаса – Арктур (1), Северной Короны – Гемма (4). Тот же фрагмент карты с правильным указанием названий искомых созвездий и звезд представлен на рис. 2.

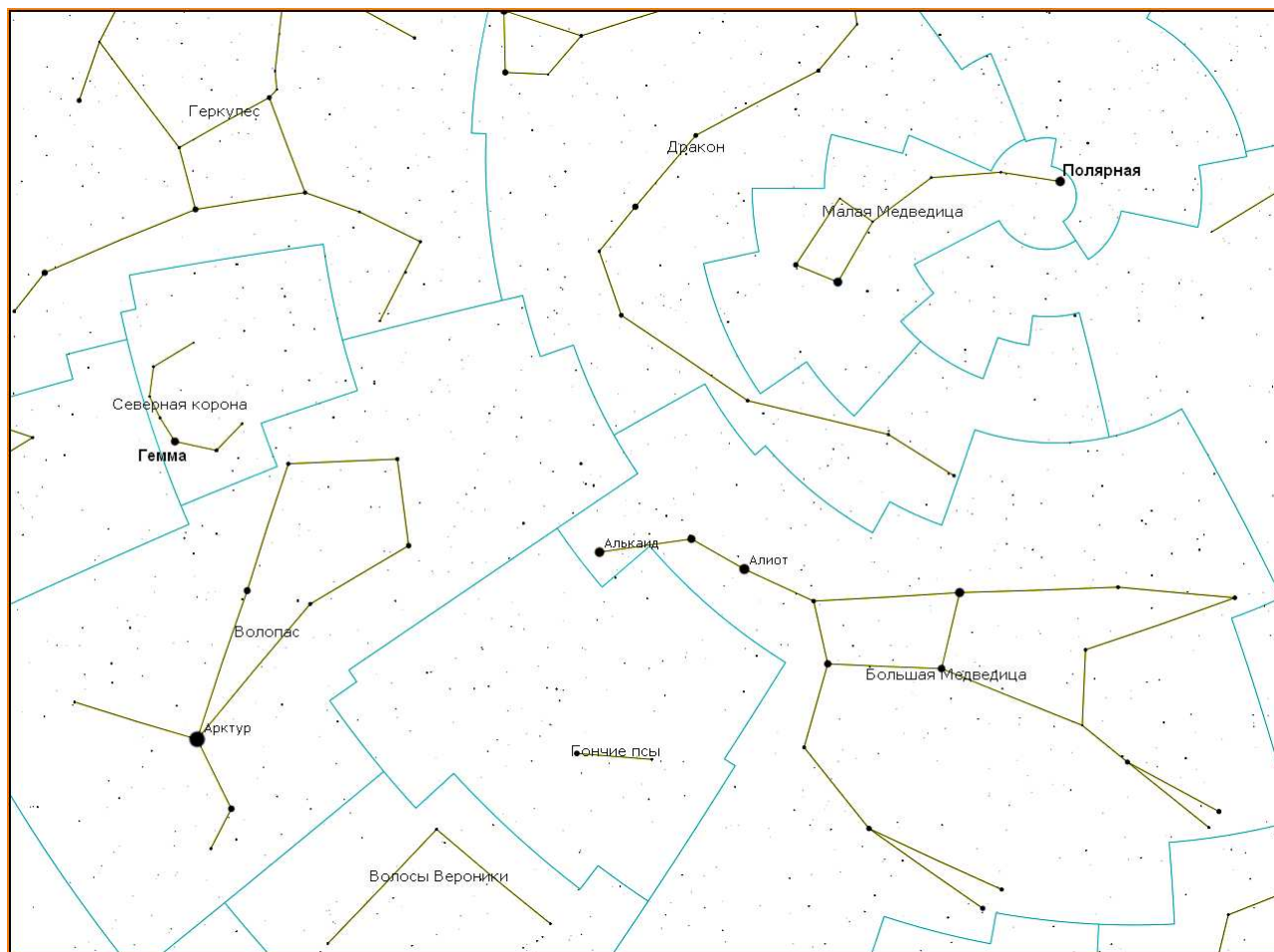


Рис. 2. К определению ответов на вопросы задачи №1.

Правильно заполненные таблицы задания представляются в виде:

Созвездие	I	II	III	IV
Название	Б) Малая Медведица	А) Большая Медведица	Л) Волопас	Е) Северная Корона

Таблица 5. К определению правильных ответов на первый вопрос задачи.

Звезда	1	2	3	4
Название	L) Арктур	C) Полярная	F) Алиот	H) Гемма

Таблица 6. К определению правильных ответов на второй вопрос задачи.

Рекомендации для жюри.

Выполненная часть решения задачи	Балл
За каждое правильно названное созвездие/звезду (допускается указание лишь заглавных букв – нумераторов позиций)	2/3(8/12)
Максимальный балл за задачу	20

№ 2. «Свойства некоторых тел Солнечной системы»

Условие. 1. По поверхности какого тела Солнечной системы космонавт в принципе не способен пройти пешком? (3 балла)

Варианты ответов:

1. Меркурий	2. Венера	3. Земля
4. Марс	5. Юпитер	6. Луна

2. Установите соответствие: какие из указанных ниже тел находятся ближе к Солнцу, чем Марс, а какие дальше? (2 балла за каждую правильно определенную позицию)

Варианты ответов:

1. Меркурий	2. Венера	3. Сатурн
4. Земля	5. Юпитер	6. Плутон

A) ближе к Солнцу, чем Марс	B) дальше от Солнца, чем Марс
-----------------------------	-------------------------------

3. Установите соответствие: какие из указанных ниже тел можно наблюдать с Земли невооруженным глазом, а какие – нельзя? (2 балла за каждую правильно определенную позицию)

Варианты ответов:

1. Меркурий	2. Венера	3. Сатурн
4. Нептун	5. Юпитер	6. Плутон

A) можно наблюдать невооруженным глазом	B) нельзя наблюдать невооруженным глазом
---	--

4. Поверхность какой из указанных планет, видимая с Земли, наиболее схожа с поверхностью Луны? (3 балла)

Варианты ответов:

1. Меркурий	2. Венера	3. Сатурн
4. Нептун	5. Юпитер	6. Уран

Решение.

1. Космонавт в принципе не способен пройти пешком по поверхности той планеты, у которой ее нет (имеется в виду твердой поверхности). Из всех представленных планет таковой является Юпитер.

2. Чтобы ответить на данный вопрос задачи, необходимо лишь вспомнить взаимное расположение планет по отношению к Солнцу. В порядке удаления от Солнца восемь больших планет располагается так: Меркурий → Венера → Земля → Марс → Юпитер → Сатурн → Уран → Нептун. В итоге имеем следующее распределение по позициям:

A) ближе к Солнцу, чем Марс	B) дальше от Солнца, чем Марс
1), 2), 4)	3), 5), 6)

3. С эпохи Древнего мира человеку доступны в наблюдениях невооруженным глазом пять классических планет: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн. Остальные тела человеку недо-

ступны в наблюдениях невооруженным глазом. В итоге имеем следующее распределение по позициям:

А) можно наблюдать невооруженным глазом	Б) нельзя наблюдать невооруженным глазом
1), 2), 3), 5)	4), 6)

4. Как известно, поверхность Луны изобилует кратерами, горами, каньонами и другими формами рельефа. Поверхностью, наиболее схожей с лунной и наблюдаемой с Земли, обладает Меркурий.

Ответ: 1) Юпитер (5); 2) (1,А), (2,А), (4,А), (3,Б), (5,Б), (6,Б); 3) (1,А), (2,А), (3,А), (5,А), (4,Б), (6,Б); 4) Меркурий.

Рекомендации для жюри.

Выполненная часть решения задачи	Балл
За правильный ответ в пунктах 1, 4	3(6)
За каждую правильно определенную пару в пунктах 2, 3	2(24)
Максимальный балл за задачу	30

№ 3. «Зодиакальные созвездия по сезонам!»

Условие. Вашему вниманию представлены ниже 12 зодиакальных созвездий и созвездие Змееносца, которые проходит Солнце в течение года, двигаясь по небосводу, с их некоторыми свойствами.

№	Созвездие	Даты пребывания Солнца в созвездии	Продолжительность пребывания Солнца в созвездии, сут	Угловая площадь, кв. град	Астрономический Сезон
1	Рыбы	12.03-19.04	38	889	Весна
2	Овен	19.04-14.05	25	441	Весна
3	Телец	14.05-20.06	37	797	Весна
4	Близнецы	20.06-21.07	31	514	Лето
5	Рак	21.07-10.08	20	506	Лето
6	Лев	10.08-16.09	37	947	Лето
7	Дева	16.09-31.10	45	1294	Осень
8	Весы	31.10-23.11	23	538	Осень
9	Скорпион	23.11-30.11	7	497	Осень
10	Змееносец	30.11-18.12	18	948	Осень
11	Стрелец	18.12-20.01	32	867	Зима
12	Козерог	20.01-16.02	28	414	Зима
13	Водолей	16.02-12.03	24	980	Зима

Таблица 7. Созвездия, которые проходит Солнце в течение года и их некоторые свойства.

Ответьте на следующие вопросы:

1. В какой астрономический сезон Солнце проходит наибольшее количество созвездий? (2 балла)

2. В каком созвездии прибывает Солнце в День знаний (начало учебного года)? (2 балла)

3. Вычислите промежутки времени пребывания Солнца в созвездиях одного астрономического сезона. Постройте в табл. 8 итоговый рейтинг данных сезонов (прописав в ячейках их названия и количество суток) в порядке убывания искомых промежутков времени (от наибольшего количества дней пребывания к наименьшему количеству). (2 балла за каждую правильно определенную позицию в рейтинге и количество суток)

4. Вычислите суммарные площади всех созвездий одного астрономического сезона. Постройте

Рейтинг сезонов по продолжительности пребывания Солнца в соответствующих созвездиях				
Место	I	II	III	IV
Сезон				
Рейтинг сезонов по суммарной площади соответствующих созвездий				
Место	I	II	III	IV
Сезон				
Искомая доля суммарной площади всех созвездий одного сезона от площади всего небосвода				
Сезон	Весна	Лето	Осень	Зима
Доля	%	%	%	%

Таблица 8. Рейтинги астрономических сезонов и доли суммарных площадей их созвездий.

в табл. 8 итоговый рейтинг данных сезонов (прописав в ячейках их названия и значения площади в кв. градусах) в порядке убывания суммарной площади (от наибольшей угловой площади к наименьшей). (2 балла за каждую правильно определенную позицию в рейтинге и значение площади)

5. Вычислите доли (в %, округлив до десятых), которые составляют суммарные площади созвездий четырех астрономических сезонов от полной площади всего небосвода, которая равна 41253 кв. градуса. Свои результаты занесите в табл. 8. (2 балла за каждую правильно определенную долю)

6. Если полагать, что все звезды, видимые невооруженным глазом, распределены по небосводу равномерно, то в каком из представленных выше созвездий их количество будет наибольшее? В созвездиях какого сезона их количество будет наибольшее? (2 балла)

Решение. 1. Из табл. 7 следует, что в течение астрономической осени Солнце проходит наибольшее количество созвездий, равное четырем.

2. Как известно, День знаний в нашей стране традиционно отмечается 1 сентября каждого года. Согласно табл. 7, в этот день Солнце находится в созвездии Льва.

3. Вычислим промежутки времени пребывания Солнца в созвездиях четырех астрономических сезонов. Это можно сделать посредством суммирования количества суток для созвездий одного астрономического сезона, представленных в четвертой колонке табл. 8. В результате получаем следующие продолжительности:

Продолжительность астрономического сезона, в сут			
Весна	Лето	Осень	Зима
100	88	93	84

Итоговый рейтинг представлен в первом блоке табл. 9.

Рейтинг сезонов по продолжительности пребывания Солнца в соответствующих созвездиях				
Место	I	II	III	IV
Сезон	Весна (100)	Осень (93)	Лето (88)	Зима (84)
Рейтинг сезонов по суммарной площади соответствующих созвездий				
Место	I	II	III	IV
Сезон	Осень (3277)	Зима (2261)	Весна (2127)	Лето (1967)
Искомая доля суммарной площади всех созвездий одного сезона от площади всего небосвода				
Сезон	Весна	Лето	Осень	Зима
Доля	5.2%	4.8%	7.9%	5.5%

Таблица 9. Рейтинги астрономических сезонов и доли суммарных площадей их созвездий.

4. Вычислим суммарные площади всех созвездий четырех астрономических сезонов. Это можно сделать посредством суммирования угловых площадей, представленных в пятой колонке табл. 7. В результате получаем следующий рейтинг сезонных созвездий по площадям, представленный в 6-й строке табл. 9.

5. Разделив указанные значения суммарной площади всех созвездий одного сезона, представленные в 6-й строке табл. 9, на площадь всего небосвода (41253 кв. градуса), в результате получаем искомые доли, выраженные в процентах и представленные в 9-й строке табл. 9.

6. Поскольку звезды, видимые невооруженным глазом распределены по небосводу равномерно, то их количество будет наибольшее в том созвездии, у которого площадь наибольшая, т.е. в созвездии *Девы*. Количество таких звезд будет наибольшее в *созвездиях астрономической осени*, поскольку их суммарная площадь также принимает максимальное значение.

Ответ: 1) астрономическая осень; 2) Лев; 3)-5) см. табл. 9; 6) Дева; астрономическая осень.

Рекомендации для жюри.

Выполненная часть решения задачи	Балл
За каждый правильно данный ответ на вопросы 1,2,6	2(6)
За каждую правильно определенную позицию в рейтинге + правильно указанное численное значение искомой величины в вопросах 3,4	1+1(16)
За каждую правильно вычисленную долю в вопросе 5	2(8)
Максимальный балл за задачу	30

№ 4. «Геостационарный спутник «Радуга» над Самарой»

Условие. Один из отечественных геостационарных спутников связи «Радуга» постоянно расположен над г. Самара, поскольку период его обращения вокруг центра Земли равен звездным суткам. При этом радиус его орбиты в 6.6 раза превышает радиус Земли. Определите:

1. Орбитальную скорость этого спутника (в км/с, округлив до сотых). (9 баллов)

2. Какое количество времени (в секундах, округлив до десятых) необходимо этому спутнику, чтобы преодолеть на своей орбите расстояние, равное наибольшей протяженности г. Самары (50 км)? (5 баллов)

3. Какое расстояние (в млн. км, округлив до сотых) проходит этот спутник относительно центра Земли за пять звездных суток? (6 баллов)

Решение. 1. Как известно, звездными сутками называется промежуток времени, в течение которого Земля делает один полный оборот вокруг своей оси относительно далеких звезд. Данный промежуток равен 23 часа 56 минут 4 секунды или $T = 86164$ секунды. За указанный промежуток времени данный спутник проходит расстояние, равное $2\pi r$, где $r = 6.6 \cdot R_{\oplus}$, где $R_{\oplus} = 6371$ км – средний радиус Земли. В итоге орбитальная скорость этого спутника равна

$$V = \frac{2\pi r}{T} = 3.07 \text{ км/с.} \quad (1)$$

2. Время, необходимое этому спутнику, чтобы преодолеть на своей орбите расстояние, равное наибольшей протяженности г. Самары (50 км), есть

$$t_0 = \frac{\ell_s}{V} = 16.3 \text{ с.} \quad (2)$$

3. За пять звездных суток этот спутник проходит расстояние, равное

$$s = 5 \cdot (2\pi r) = 1.32 \text{ млн. км.} \quad (3)$$

Ответ: к задаче представлен выражениями (1)-(3).

Рекомендации для жюри.

Выполненная часть решения задачи	Балл
Корректно определена продолжительность звездных суток + правильно записано выражение для расстояния, которое проходит спутник за одни звездные сутки + представлена аналитическая формула для искомой скорости + ее корректный численный результат	1+3+3+2(9)
Записана аналитическая формула + корректный численный результат для искомого времени	3+2(5)
Записана аналитическая формула + корректный численный результат для искомого расстояния	3+3(6)
Максимальный балл за задачу	20

На решение задач данного тура Олимпиады школьникам отводится 3 часа.

Основные справочные данные

§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 – $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$
- Масса протона – $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
- Масса α – частицы – $m_\alpha = 6.645 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$
- 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 – $1 \text{ пк} = 3.261 \text{ св. лет} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
- Постоянная Хаббла – $H = 72 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$

§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 – $8.794''$
- Интегральный поток энергии на расстоянии Земли – 1360 Вт/м^2
- Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли – 600 Вт/м^2

§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 – $23^\circ 26' 21.45''$
- Экваториальный радиус – 6378.14 км
- Полярный радиус – 6356.77 км
- Средний (по объему) радиус – 6371.01 км
- Масса – $5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
- Средняя плотность – $5.52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$
- Объемный состав атмосферы – N_2 (78%), O_2 (21%), Ar ($\sim 1\%$)

§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

§5. 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.

§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

§7. 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.

§8. Формулы приближенного вычисления

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

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

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

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

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

здесь $x \ll 1$, все углы выражаются в радианах.