

Условия задач
Открытой межрегиональной олимпиады
по астрономии имени Ф.А. Бредихина
7-8 класс

№ 1. «Топ-10 ярчайших звезд небосвода г. Самары»

Вашему вниманию в табл. 1 представлен Топ-10 ярчайших звезд (и их экваториальные координаты), видимых с территории г. Самары в течение года. Определите:

1. Какие из этих звезд Вы можете наблюдать сегодня-завтра в темное время суток невооруженным глазом (в случае безоблачной погоды) в месте своего постоянного проживания? Следует отметить в колонке "Видимость" словом "да", если звезда видна в темное время суток, "нет", если не видна.

2. В какую часть суток (вечер, все темное время суток (ночь), утро и прочерк, если не видна; в таблицу следует вносить лишь первые буквы этих слов, например, «В», «Н», «У»; если частей несколько, то следует перечислить их в ячейке таблицы буквами, через запятую) они лучше всего видны?

3. В какой части небосвода (север, юг, запад, восток и прочерк, если не видна; в таблицу следует вносить лишь первые буквы этих слов, например, «С», «Ю», «З», «В»; если сторон несколько, то следует перечислить их в ячейке таблицы буквами, через запятую) они при этом расположены?

4. В каких созвездиях находятся эти звезды?

Свои ответы представьте в табл. 1 (Вы можете вырезать эту таблицу ножницами из условия и наклеить ее на свой бланк в целях экономии времени!).

№	Название	Склонение	Пр. восхождение	Видимость	Часть суток	Часть небосвода	Созвездие
1	Сириус	$-16^{\circ}42'58''$	$06^{\text{h}}45^{\text{m}}09^{\text{s}}$				
2	Арктур	$+19^{\circ}10'57''$	$14^{\text{h}}15^{\text{m}}40^{\text{s}}$				
3	Вега	$+38^{\circ}47'01''$	$18^{\text{h}}36^{\text{m}}56^{\text{s}}$				
4	Капелла	$+45^{\circ}59'53''$	$05^{\text{h}}16^{\text{m}}41^{\text{s}}$				
5	Ригель	$-08^{\circ}12'06''$	$05^{\text{h}}14^{\text{m}}32^{\text{s}}$				
6	Процион	$+05^{\circ}13'30''$	$07^{\text{h}}39^{\text{m}}18^{\text{s}}$				
7	Бетельгейзе	$+07^{\circ}24'25''$	$05^{\text{h}}55^{\text{m}}10^{\text{s}}$				
8	Альтаир	$+08^{\circ}52'06''$	$19^{\text{h}}50^{\text{m}}47^{\text{s}}$				
9	Альдебаран	$+16^{\circ}30'33''$	$04^{\text{h}}35^{\text{m}}55^{\text{s}}$				
10	Антарес	$-26^{\circ}25'55''$	$16^{\text{h}}29^{\text{m}}40^{\text{s}}$				

Таблица 1. Топ-10 самых ярких звезд небосвода.

№ 2. «Объекты глубокого космоса и их некоторые свойства»

На рис. 1 представлены фотографии пяти объектов глубокого космоса. Определите

I. Тип каждого объекта;

II. Его обозначение по каталогу Мессье;

III. Созвездие, в котором находится объект;

IV. Статус возможности его наблюдения (в условиях, близких к идеальным) невооруженным глазом.

Заполните табл. 2 (Вы можете вырезать эту таблицу ножницами из условия и наклеить ее на свой бланк в целях экономии времени!). В строках (I)-(III) необходимо прописать буквенное обозначение данного объекта согласно рисунку. В строке (IV) необходимо написать «да», если объект можно увидеть невооруженным глазом (в оптимальных условиях), «нет» – если нельзя увидеть.

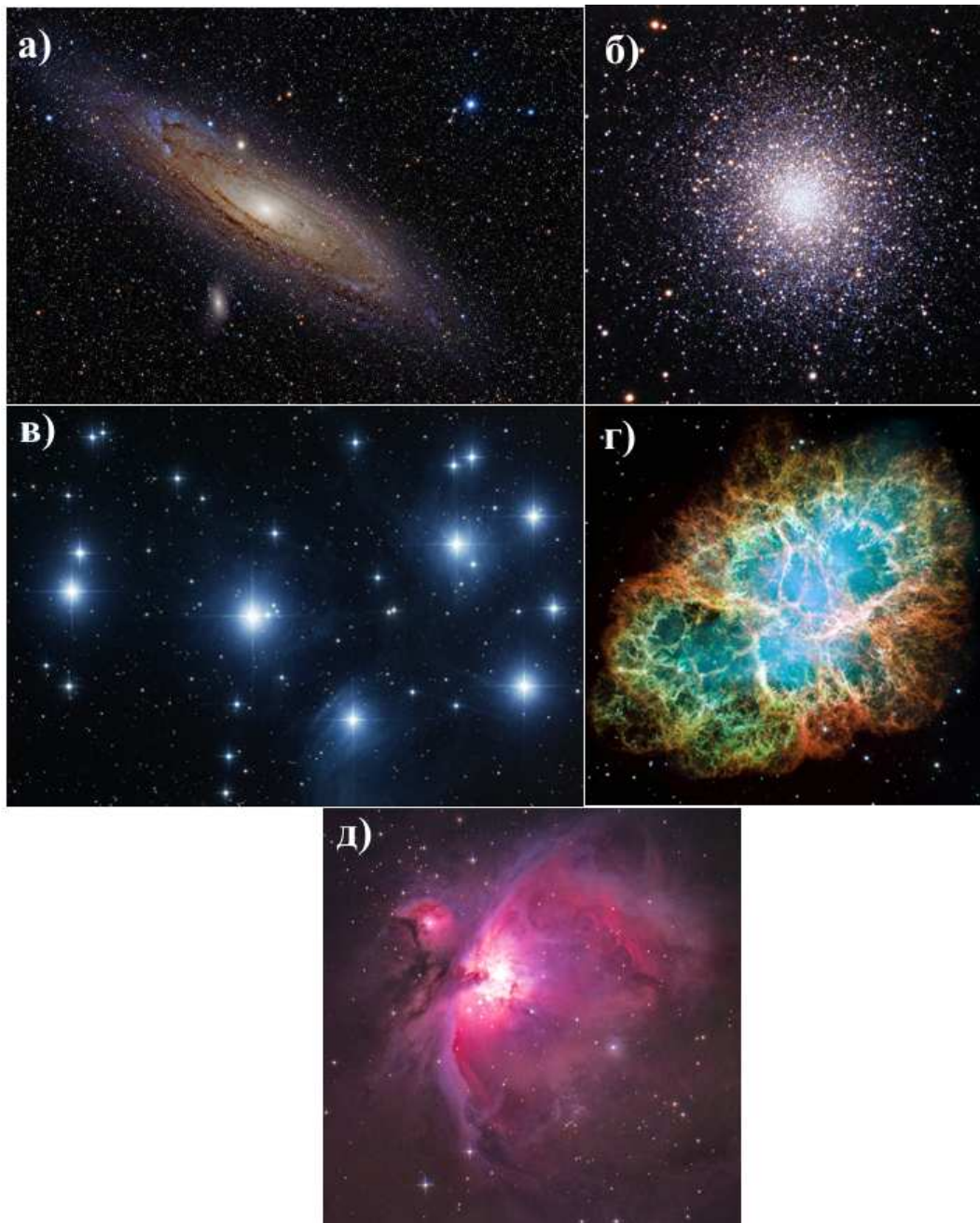


Рис. 1. Объекты глубокого космоса.

	Тип объекта	Рассеянное скопление	Туманность эмиссионная + область звездообразования	Шаровое скопление	Галактика	Остаток сверхновой
I	Обозначение					
	По каталогу Мессье	M1	M13	M31	M42	M45
II	Обозначение					
	Созвездие	Андромеда	Геркулес	Телец		Орион
III	Обозначение					
	Обозначение	а)	б)	в)	г)	д)
IV	Видимость невооруженным глазом					

Таблица 2. Возможные типы объектов, их обозначения по каталогу Мессье, принадлежность созвездиям и возможность их наблюдения невооруженным глазом.

№ 3. «Космический телескоп им. Дж. Вебба и его особенности»

Космический телескоп (КТ) им. Дж. Вебба расположен во *второй точке Лагранжа*, на расстоянии 1.5 млн. км от центра Земли (на продолжении прямой «Солнце-Земля», в направлении, противоположном направлению на Солнце) и движется вокруг Солнца с тем же периодом, что и Земля. Дайте развернутые ответы на следующие вопросы.

1. На сколько процентов гелиоцентрическая скорость КТ больше соответствующей скорости Земли? Орбиту Земли считать круговой.

2. Какова величина углового диаметра земного шара с позиции КТ? Какой тип солнечных затмений, осуществляемых телом Земли, можно наблюдать с позиции КТ? Свой ответ обосновать аналитическими расчетами.

3. Данный КТ должен сменить в работе КТ им. Э. Хаббла, диаметр главного зеркала которого $D_1 = 2.4$ м. Диаметр главного зеркала нового телескопа $D_2 = 6.5$ м. Во сколько раз больше световой энергии сможет собрать КТ им. Дж. Вебба в сравнении с КТ им. Э. Хаббла за единицу времени?

4. Во сколько раз отличаются *времена выдержки* при получении цифровой фотографии одной и той же звезды с одной и той же яркостью изображения (с помощью одной и той же камеры, с одинаковыми параметрами съемки) для данных телескопов?

№ 4. «Закон Тициуса-Бодде и его "предсказательная сила"»

Как известно, *закон Тициуса-Бодде* определяет гелиоцентрическое расстояние планеты Солнечной системы (как классической, так и карликовой) от Солнца и может быть записан так

$$r_n = 0.1(4 + 3 \cdot 2^n), \quad [r_n] = \text{а.е.}, \quad (1)$$

здесь n – планетный индекс, значение которого всегда есть целое число из отрезка $[-\infty, +\infty]$. Для каждой планеты он принимает свое значение. Определите:

1. Значения планетного индекса для классических и карликовых планет Солнечной системы. Критерием подбора индекса является условие:

$$\eta = \frac{|r_n - a_p|}{a_p} \times 100\% < 15\%, \quad (2)$$

где r_n – гелиоцентрическое расстояние рассматриваемой планеты, определяемое законом (1); a_p – современное точное значение радиуса (большой полуоси) орбиты планеты (представлено в 3-ей колонке табл. 3). Заполните табл. 3 (Вы можете вырезать эту таблицу ножницами из условия и наклеить ее на свой бланк в целях экономии времени!), указав

- а) значение планетного индекса n (последний столбец);
- б) расстояние r_n , вычисленное с использованием закона (1), (4-й столбец);
- в) величину отклонения η приближенного значения от точного, в процентах (5-й столбец).

2. При правильном определении значений планетных индексов Вы обнаружите некоторую закономерность в изменении величины параметра n , по мере удаления от Солнца. В чем суть этой закономерности? С использованием последней, определите с помощью закона (1) гелиоцентрическое расстояние до карликовой планеты (КП), расположенной между орбитами Марса и Юпитера. О какой именно планете идет речь?

3. Для какой из представленных планет не удастся определить планетный индекс? При каком значении параметра n данная закономерность нарушается?

№ 5. «Есть точки на поверхности Земли...»

1. Чему равна географическая широта точек поверхности Земли, линейное расстояние которых от плоскости земной орбиты достигает радиуса Земли? Гравитационным влиянием Луны на движение Земли пренебречь.

2. Что Вы можете сказать о возможности наблюдения Солнца в истинную полночь из данного места? Если это возможно то в какой(ие) день(дни) года? Дайте развернутый ответ и сделайте поясняющий рисунок.

№	Планета	a_p , а. е.	r_n , а.е.	η , %	n
1	Меркурий	0.3871			
2	Венера	0.7233			
3	Земля	1.0000			
4	Марс	1.5237			
5	КП	–		–	
6	Юпитер	5.2028			
7	Сатурн	9.5388			
8	Уран	19.1914			
9	Нептун	30.0611			
10	Плутон	39.4821			
11	Эрида	67.8640			

Таблица 3. Классические и карликовые планеты Солнечной системы, их гелиоцентрические расстояния и планетные индексы.

3. Чему равны минимальная и максимальная продолжительности дня в этих точках в течение года? Конечность размеров видимого диска Солнца и рефракцию света не учитывать.

4. Оцените расстояние от г. Самары ($\varphi_{Sa} = 53^\circ 12'$, $\lambda_{Sa} = 50^\circ 06'$) до ближайшей точки поверхности, удовлетворяющей указанному выше условию.

№ 6. «Карусель солнечных пятен»

На рис. 2 представлена фотография видимого диска Солнца с его активными образованиями (AR) – группами солнечных пятен. С использованием лишь данной фотографии и справочных данных, оцените:

1. Диаметры (в км и диаметрах Земли) самых больших пятен (вместе с полутенью) в группах AR2978 и AR2976.

2. Скорость (в км/с) самого большого пятна группы AR2978 относительно оси вращения Солнца, если период его вращения составляет 25 суток. Угол наклона экватора Солнца к плоскости эклиптики составляет 7° .

3. Время (в мин, до целых), в течение которого данное пятно сместится по диску на расстояние, равное его диаметру.

4. Оцените расстояние (в млн км) между самыми крупными пятнами групп AR2976 и AR2978 а) по поверхности звезды, б) по прямой, их соединяющей.

На решение задач данного этапа Олимпиады участникам отводится 4 часа.

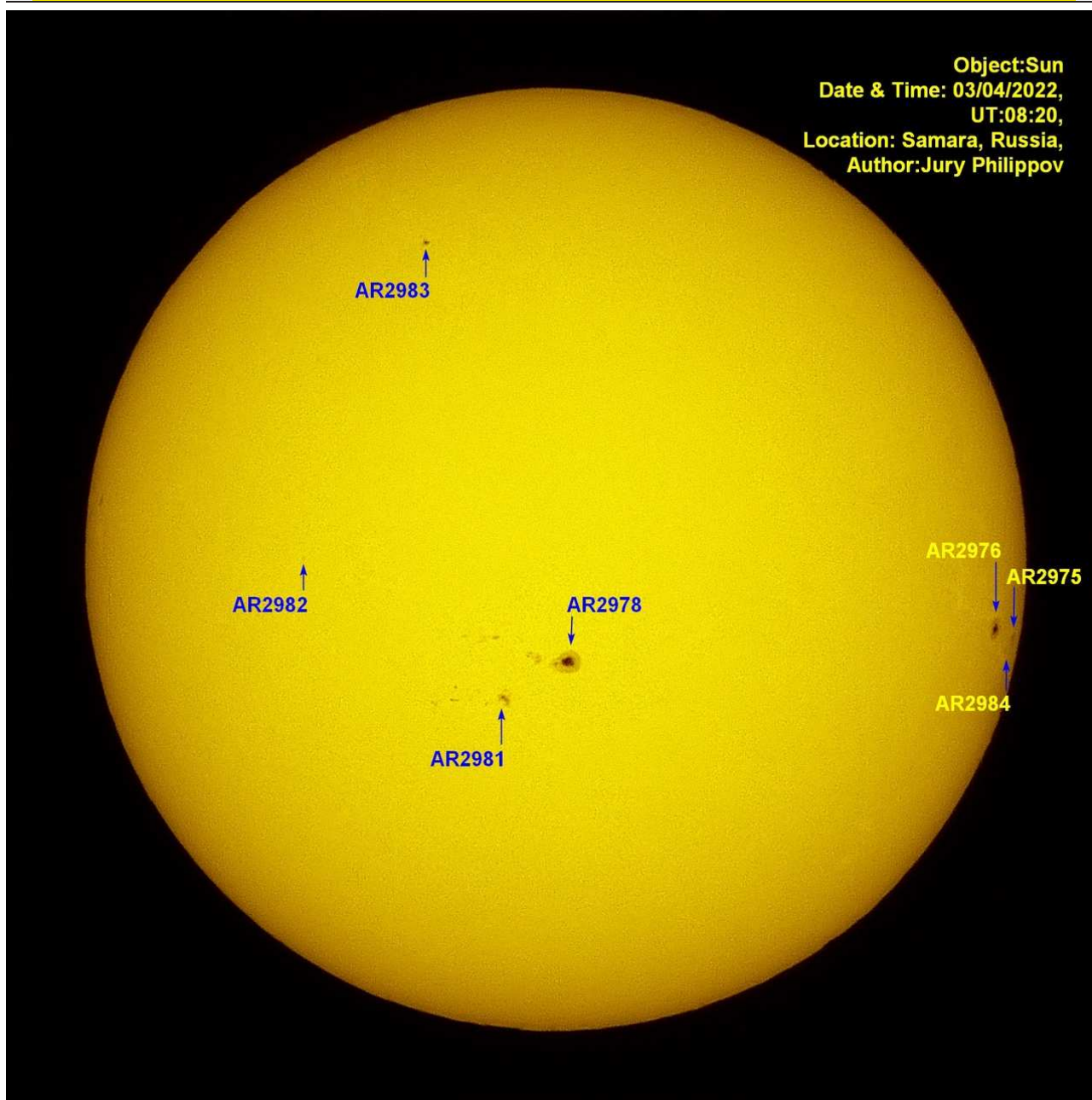


Рис. 2. Фотография Солнца от 03.04.2022 года (автор – Филиппов Ю.П.).

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 электрона – $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
- Астрономическая единица – $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
- Парсек – $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
- Световой год – $1 \text{ св. г.} = 9.461 \cdot 10^{15} \text{ м}$
- Постоянная Хаббла – $H = 70.0 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$

§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 визуальная звездная величина – -26.74^m
- Видимая болометрическая звездная величина – -26.80^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/м²
- Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли – 600 Вт/м²

§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 – $5.974 \cdot 10^{24}$ кг
- Средняя плотность – 5.52 г·см⁻³
- Объемный состав атмосферы – N₂ (78%), O₂ (21%), Ar (~ 1%)

§4. Данные о Луне

- Среднее расстояние от Земли – 384400 км
- Минимальное расстояние от Земли – 363300 км
- Максимальное расстояние от Земли – 405500 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 г·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. альбе-до	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.