

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ЗАОЧНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ
SAMRAS-2017
СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 10-11 КЛАССОВ
ЗАОЧНОГО ТУРА № 1



Самара, 2017 г.

Дорогие Друзья!

Вашему вниманию в данном релизе представлены 18 оригинальных задач трех уровней сложности – «Новичок» (уровень А), «Знаток» (уровень В) и «Профи» (уровень С). Задачи составлены в соответствии с **Перечнем вопросов по астрономии, рекомендуемых предметной методической комиссией Всероссийской Олимпиады по астрономии и физике космоса для подготовки школьников 10-11 классов к решению задач заключительного этапа Олимпиады.**

При использовании материалов релиза ссылка на документ обязательна!

Ссылка: «Условия конкурсных задач заочной олимпиады по астрономии SAMRAS-2017 среди обучающихся 10-11 классов заочного тура № 1». – <http://v937184r.bget.ru/SamRAS.htm>

Памятка участника SamRAS-2017

- 1. Официальная страница Астрошколы:**
<http://v937184r.bget.ru/SamRAS.htm>
- 2. Официальная группа в VK:**
<http://vk.com/samrasolimp>
- 3. Сроки подачи работ SamRAS-2017 тура № 1 на проверку:**
10.10.2016-15.12.2016!!!
- 4. Электронный ящик SamRAS-2017:**
samrasolimp@mail.ru
- 5. Методические указания по решению задач заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2017:**
[http://v937184r.bget.ru/AstroSchool/Basic%20Documents/Guide-on-Tasks\[2017\]_SamRAS.pdf](http://v937184r.bget.ru/AstroSchool/Basic%20Documents/Guide-on-Tasks[2017]_SamRAS.pdf)
или
https://vk.com/doc-57032141_437742356

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ



Дорогие Друзья!

Прежде чем приступить к решению задач и оформлению отчета участника заочной олимпиады SamRAS-2017, **внимательно** ознакомьтесь с «**Методическими указаниями по решению задач заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2017**»! Электронный адрес последних указан в **Памятке участника.**

Уровень «Новичок» (уровень А)**Задача № 1. «Ярчайшие звезды скопления Плеяды»**

Условие. Вашему вниманию в таблице 1 представлены 14 наиболее ярких звезд рассеянного скопления Плеяды (видимых особо зорким невооруженным глазом). Данное скопление в октябре-декабре можно наблюдать практически всю ночь. На копии фотографии скопления, представленной на рис. 1, укажите их положения в скоплении. (За правильное указание положений от 1 до 6 звезд начисляется 1 балл, от 6 до 11 звезд – 2 балла, 12 и более звезд – 3 балла).

Название	Обозначение	Видим. звезд. вел-на	Спектр. класс
Альциона	η , (25) Тельца	2.86	B7IIIe
Атлас	27 Тельца	3.62	B8III
Электра	17 Тельца	3.70	B6IIIe
Майя	20 Тельца	3.86	B7III
Меропа	23 Тельца	4.17	B6IV
Тайгета	19 Тельца	4.29	B6V
Плейона	BU (28) Тельца	5.09	B8IVep
Целено	16 Тельца	5.44	B7IV
Астеропа I	21 Тельца	5.64	B8Ve
–	18 Тельца	5.65	B8V
	HD23923	6.15	B8V
	24 Тельца	6.25	B9p
Астеропа II	22 Тельца	6.41	B9V
	26 Тельца	6.45	F0

Таблица 1: ярчайшие звезды рассеянного скопления Плеяды.

Задача № 2. «Свойства ярчайших звезд скопления Плеяды»

Условие. С использованием данных таблицы 1, определите: 1) какова средняя эффективная температура поверхности первых 13 звезд (по блеску) скопления? 2) какие из представленных звезд скопления относятся к классу гигантов? 3) какая звезда из представленного списка создает освещенность у поверхности Земли, в 2.512 раза меньшую освещенности самой яркой звезды скопления? (За каждый правильный ответ 1 балл).



Рис. 1: рассеянное скопление Плеяды (источник – <http://www.astrogalaxy.ru>).

Задача № 3. «Поле тяготения орбитальной станции и полет канареек»

Условие. Определите период вращения орбитальной станции, имеющей форму тора радиуса $R=62.5$ м, необходимого для создания внутри станции искусственного поля тяготения, эквивалентного земному. Ускорение свободного падения на поверхности Земли принять равным 10 м/с^2 . Если на такой станции из клетки выпустить двух канареек, которые полетят в противоположных направлениях, вдоль корпуса станции, то какой канарейке будет существенно легче лететь? (3 балла).

Задача № 4. «Восходы Луны и Земли»

Условие. Оцените время, в течение которого может длиться восход Луны (без учета рефракции света) для земного наблюдателя. Какова продолжительность восхода Земли, если ее наблюдать с поверхности Луны. (4 балла).

Задача № 5. «Мерцание звезд и неизменный блеск планет»

Условие. Как известно, одной из отличительных особенностей планет (в сравнение со звездами) является отсутствие у них мерцания света. Почему мерцают звезды и не мерцают планеты? Всегда ли данный факт имеет место? (4 балла).

Задача № 6. «Температура и время жизни черной дыры БАК»

Условие. Определите максимальную массу черной дыры, которую можно создать, в принципе, на Большом адронном коллайдере (БАК), если максимальная полная энергия протона в каждом пучке 7 ТэВ. Определите время жизни (τ_{life}) и температуру (T_{BH}) такой черной дыры с использованием формул вида:

$$\tau_{\text{life}} = \frac{5120 \pi G^2 \mathfrak{M}_{\text{BH}}^3}{\hbar c^4}, \quad T_{\text{BH}} = \frac{\hbar c^3}{8 \pi k G \mathfrak{M}_{\text{BH}}}, \quad (1)$$

здесь $\hbar = 1.055 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка, $G = 6.673 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг² – гравитационная постоянная, \mathfrak{M}_{BH} – масса черной дыры, $k = 1.381 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана. (5 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)**Задача № 7. «Освещенности от полных Луны и Земли»**

Условие. Как известно, альbedo Земли в 6 раз больше соответствующего значения альbedo Луны. Во сколько раз освещенность поверхности Луны полной Землей больше соответствующей освещенности, создаваемой полной Луной у поверхности Земли? Следует также учесть, что диаметр Земли в 4 раза больше соответствующего размера Луны. (6 баллов).

Задача № 8. «Соединение Венеры и Сатурна»

Условие. В январе 2016 года произошло соединение Венеры и Сатурна. С использованием фотографии планет, полученной белорусским астрофотографом И. Хомичем и представленной на рис. 2, оцените угловое расстояние между планетами. В расчетах следует полагать орбиты Земли и Венеры

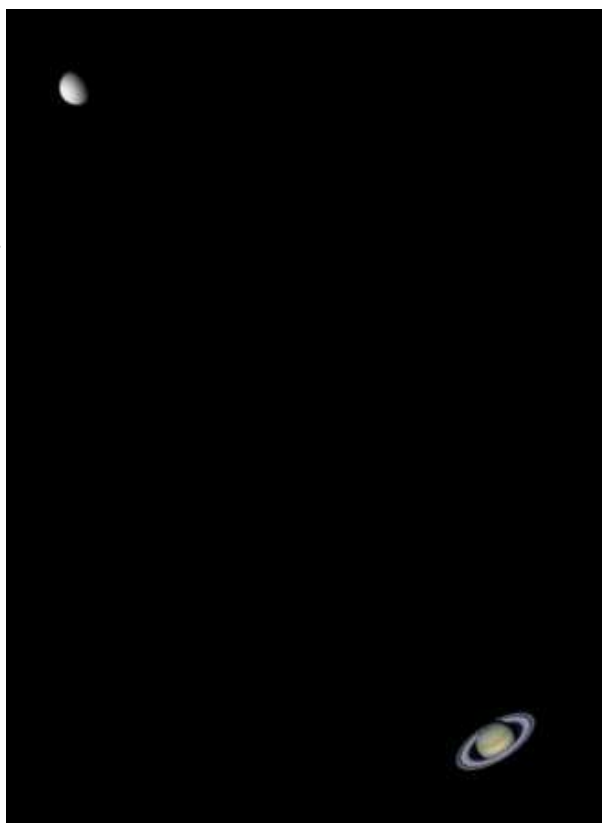


Рис. 2: Венера и Сатурн в соединении (автор – И. Хомич, источник: astro-alert.ru).

круговыми. Диаметр Венеры равен $D_V = 12104$ км, ее большая полуось – $a_V = 0.723$ а.е. (7 баллов).

Задача № 9. «Расстояние до Сатурна»

Условие. С использованием результатов предыдущей задачи, оцените расстояние до Сатурна, на момент создания фотографии 2. В расчетах следует полагать орбиты Земли и Сатурна круговыми. Большая полуось орбиты Сатурна равна 9.58 а.е. (8 балла).

Задача № 10. «Масштабы галактик»

Условие. Некоторая спиральная галактика наблюдается с Земли как эллиптический диск с угловыми размерами $1' \times 0.5'$, а красное доплеровское смещение в спектрах этой галактики составляет $\Delta\lambda/\lambda_0 = 0.03$. Определите, какая галактика больше по размерам – данная, наша – Млечный путь или Галактика Андромеды (М31)? Постоянную Хаббла считать равной $H=68$ км/(с·Мпк). (8 баллов).

Задача № 11. «Полночное солнечное затмение и полуденное лунное затмение»

Условие. Определите географические широты мест на поверхности Земли, с которых можно наблюдать солнечное затмение в полночь и лунное затмение в полдень. В расчетах следует учесть конечность размеров видимых дисков Солнца и Луны, а также явление рефракции света. (9 баллов).

Задача № 12. «Рельсотрон на Луне»

Условие. Определите большую полуось и эксцентриситет эллипса орбиты снаряда, выпущенного с поверхности Луны с помощью электромагнитного рельсотрона параллельно ее поверхности, в направлении "от Земли". Масса снаряда равна $m = 5$ кг, а его начальная кинетическая энергия $E_0 = 10$ МДж. Определите также расстояние до апоселения орбиты снаряда. Чему должна быть равна минимальная кинетическая энергия снаряда на выходе из рельсотрона, чтобы он смог начать необратимое путешествие по Солнечной системе? Притяжением Земли пренебречь. (10 баллов).

Уровень «Профи» (уровень С)

Задача № 13. «Космический корабль будущего и двойная звезда»

Условие. Космический корабль будущего, двигаясь с выключенными двигателями со скоростью 2.5 км/с, прошел на расстоянии 1.5 пк от спектрально двойной звезды, у которой период колебаний спектра равен суткам, а большая полуось орбиты составляет 0.1 а.е. Сможет ли корабль покинуть поле тяготения данной звезды, не включая двигателей? (11 баллов).

Задача № 14. «Заход Солнца за горизонт»

Условие. Вычислите с учетом явления рефракции продолжительность захода Солнца за горизонт. Представить полученный результат как функцию широты местности и склонения светила. В расчетах могут оказаться полезными эмпирические формулы

1) **Беннетта** для определения величины рефракции δh (в угловых минутах) в зависимости от видимой высоты светила h_a (в градусах):

$$\delta h = \operatorname{ctg} \left(\frac{h_a}{1^\circ} + \frac{7.31^\circ}{h_a + 4.4^\circ} \right), \quad (2)$$

2) **Смардсона** для определения величины рефракции δh (в угловых минутах) в зависимости от истинной высоты светила h_0 (в градусах):

$$\delta h = 1.02 \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{h_0}{1^\circ} + \frac{10.3^\circ}{h_0 + 5.1^\circ} \right). \quad (3)$$

(12 баллов).

Задача № 15. «Увеличение продолжительности дня за счет явления рефракции»

Условие. С использованием результатов решения предыдущей задачи и эмпирических формул (2), (3), вычислите промежуток времени ($\Delta\tau_d$), на который увеличивается продолжительность дня за счет явления рефракции света в атмосфере Земли. Искомый результат следует представить как функцию широты местности и склонения Солнца. Постройте график зависимости $\Delta\tau_d$, как функцию склонения Солнца для широты г. Самары ($\varphi_S = 53^\circ 12'$). При каких значениях склонения Солнца искомая величина принимает максимальное значение? В какие времена года это бывает? (12 баллов).

Задача № 16. «Период малых поперечных колебаний космической станции в системе "Земля-Луна"»

Условие. Определите период малых поперечных колебаний космической станции в плоскости, перпендикулярной прямой "Земля-Луна" относительно точки, в которой силы притяжения Луны и Земли равны. Землю и Луну считать неподвижными. (13 баллов).

Задача № 17. «Топ-13 ближайших к Солнцу звезд и гравитационная граница Солнечной системы»

Условие. В таблице 2 Вашему вниманию представлены Топ-13 ближайших к Солнцу звезд, расположенных в пределах сферы радиусом 10.6 св. лет, с центром, совпадающим с центром Солнечной системы. Определите какая из 13 ближайших звезд определяет гравитационную границу Солнечной системы. Последняя определяется минимальным значением радиуса сферы Хилла. Чему равен радиус такой сферы? (14 баллов).

Звезда	Сп. класс	M, m	α	δ	г, св. год	$\mathcal{M}, \mathcal{M}_{\odot}$
Проксима Центавра	M5.5Ve	15.53	$14^h 29^m 43.0^s$	$-62^{\circ} 40' 46''$	4.2421	0.123
α Центавра А	G2V	4.38	$14^h 39^m 36.5^s$	$60^{\circ} 50' 02''$	4.3650	1.10
α Центавра В	K1V	5.71	$14^h 39^m 35.1^s$	$-60^{\circ} 50' 14''$	4.3650	0.90
Звезда Барнарда	M4Ve	13.22	$17^h 57^m 48.5^s$	$+04^{\circ} 41' 36''$	5.9630	0.17
Вольф 359	M6V	16.55	$10^h 56^m 29.2^s$	$+07^{\circ} 00' 53''$	7.7825	0.11
Лаланд 21185	M2V	10.44	$11^h 03^m 20.1^s$	$+35^{\circ} 58' 12''$	8.2905	0.46
Сириус А	A1V	1.47	$06^h 45^m 08.9^s$	$-16^{\circ} 42' 58''$	8.5828	2.02
Сириус В	DA2	11.34	$06^h 45^m 08.9^s$	$-16^{\circ} 42' 58''$	8.5828	0.978
Лейтен 726-8 А	M5.5Ve	14.92	$01^h 39^m 01.3^s$	$-17^{\circ} 57' 01''$	8.7280	0.10
Лейтен 726-8 В	M6.0Ve	15.37	$01^h 39^m 01.3^s$	$-17^{\circ} 57' 01''$	8.7280	0.10
Росс 154	M3.5Ve	13.07	$18^h 49^m 49.4^s$	$+23^{\circ} 50' 10''$	9.6813	0.17
Росс 248	M5.5Ve	14.79	$23^h 41^m 54.7^s$	$+44^{\circ} 10' 30''$	10.322	0.136
ϵ Эридана	K2V	6.19	$03^h 32^m 55.8^s$	$09^{\circ} 27' 30''$	10.522	0.82

Таблица 2: Данные наблюдений для ближайших 13 звезд (* – здесь расстояние указано в св. минутах).

Планеты земной группы				
Название	r_p , а.е.	\mathcal{R}_p , км	P_p , сут	$\mathcal{M}_p, \mathcal{M}_{\odot}$
Меркурий	0.387	2440	58.646	0.0527
Венера	0.723	6052	243.019	0.8148
Земля	1.000	6378	0.997	1.0000
Марс	1.520	3397	1.026	0.1075
Планеты-гиганты				
Название	r_p , а.е.	\mathcal{R}_p , км	P_p , сут	$\mathcal{M}_p, \mathcal{M}_{\odot}$
Юпитер	5.204	71492	0.4135	317.83
Сатурн	9.582	60268	0.4440	95.16
Уран	19.189	25559	0.7183	14.5
Нептун	30.071	24764	0.6713	17.20

Таблица 3: значения гелиоцентрического расстояния (r_p), радиуса (\mathcal{R}_p), периода вращения (P_p) и массы (\mathcal{M}_p) для классических планет Солнечной системы.

Задача № 18. «Космический лифт и запуск КА с помощью него»

Условие. Одним из альтернативных ракетному способу доставки грузов на околоземную орбиту и запуска космических аппаратов к другим телам Солнечной системы является использование *космического лифта (КЛ)*. Последний представляет собой космическую транспортную систему, работа которой основана на придании поднимаемому грузу энергии и момента импульса орбитального движения за счет вращения Земли. Т.е. если протянуть трос от Земли за геостационарную орбиту, то можно доставлять по нему грузы, при этом у тела, отпущенного с троса, уже будет начальная скорость. На верхнем конце троса должна быть размещена балансировочная масса для удержания конструкции в равновесии. В этом случае гравитационная и центробежная силы будут обеспечивать натянутость троса (это суть концепции космического лифта). Определите

а) относительную экономию энергии (в процентах) при доставке груза на

орбиту с помощью КЛ в сравнение с ракетным способом;

- б) геоцентрические расстояния r_ℓ , на которых необходимо запускать космические аппараты (КА) с троса КЛ к восьми классическим планетам (некоторые характеристики которых представлены в таблице 3), по эллиптической траектории Гомана-Ветчинкина.

В какое время суток следует запускать КА к верхним планетам? К нижним планетам? (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

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

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

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

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

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

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.				
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.