

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ЗАОЧНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ
SAMRAS-2018

СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 8-9 КЛАССОВ.

ТУР № 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, рекомендуемых Центральной предметной методической комиссией Всероссийской Олимпиады школьников по астрономии для подготовки обучающихся 8-9 классов к решению задач ее заключительного этапа.*

При использовании материалов релиза ссылка на документ обязательна!

Ссылка: «Условия конкурсных задач заочной олимпиады по астрономии SAMRAS-2018 среди обучающихся 8-9 классов. Тур № 1». – <https://sites.google.com/site/samrasolimp/tasks>

Памятка участника SamRAS-2018

1. Официальный сайт Астрошколы:

<https://sites.google.com/site/samrasolimp/>

2. Официальная группа в VK:

<http://vk.com/samrasolimp>

3. Сроки подачи работ SamRAS-2018 тура № 1 на проверку:
15.10.2017-15.01.2018!!!

4. Электронный ящик SamRAS-2018:

samrasolimp@mail.ru

5. Руководство зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2018:

<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 заочной олимпиады SamRAS-2018, **внимательно** ознакомьтесь с **«Руководством зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2018»!** Электронный адрес последнего указан в **Памятке участника.**

Уровень «Новичок» (уровень А)**Задача № 1. «Отечественные песни об астрономических объектах»**

Приведите примеры пяти песен (на русском языке) из репертуара современных отечественных исполнителей, в текстах которых упоминаются астрономические объекты или феномены. Для каждого примера следует обязательно указать название песни, исполнителя, автора текста песни и фрагмент песни (например, четверостишие) с упоминанием указанных понятий. Дайте последним определения. (за каждый пример – 1 балл).

Задача № 2. «Значимые астрономические даты»

Каким значимым событиям в истории астрономии отвечают следующие даты?

1. 1054 год н.э.,
2. 1610 год н.э.,
3. 1781 год н.э.,
4. 4 октября 1957 года,
5. 12 апреля 1961 года.

(за каждое событие – 1 балл).

Задача № 3. «Пепельный свет Луны»

Что такое пепельный свет Луны? На приведенной картинке (см. рис. 1) укажите (обведите ручкой) область поверхности Луны, с которой приходит данный свет к земному наблюдателю. В какое время года условия его наблюдения будут оптимальными для астронома-любителя Самарской области? (3 балла).



Рис. 1: видимый диск Луны (источник – <http://www.digitalsky.org.uk/>, Pete Lawrence).



Рис. 2: Луна и ее достопримечательности (источник – https://vk.com/astro_samara, Евре-ний Баранский).

Задача № 4. «Видимость Земли и продолжительность лунного дня»

Определите отношение продолжительности видимости Земли с поверхности Луны к продолжительности дня (в месте наблюдений) для гипотетического наблюдателя, находящегося на территории Моря Спокойствия (см. рис. 2). (4 балла).

Задача № 5. «Геоцентрический угол для двух точек»

Определите максимальное значение угла, между направлениями на точку поверхности Земли, где находится наблюдатель, и точку верхней границы ее атмосферы, где рождается феномен яркого метеора, если смотреть из центра планеты, при условии что данный метеор находится в пределах прямой видимости наблюдателя. Следует полагать, что верхняя граница земной атмосферы расположена на высоте 100 км. (4 балла).

Задача № 6. «Радиусы орбит Земли и Луны»

Определите, чему равны радиусы орбит Земли и Луны относительно их общего центра масс? С какой средней скоростью движутся Земля и Луна

относительно данной точки? (5 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)

Задача № 7. «Создание самодельной трубы Кеплера»

Школьник приобрел собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 60$ см и диаметром $D = 60$ мм для создания самодельной трубы Кеплера. Какие разумно допустимые значения увеличения он может, в принципе, получить при использовании данной линзы в качестве объектива трубы? Чему равны фокусные расстояния окуляров при этом? Диаметр зрачка школьника в условиях наблюдений принять равным $d = 6$ мм. (6 баллов).

Задача № 8. «Радиус геостационарной орбиты»

Докажите, что радиус геостационарной орбиты можно представить в виде:

$$r_g = \mathfrak{R}_{\oplus} \left(\frac{V_I}{V_{eq}} \right)^{2/3},$$

где V_I – первая космическая скорость спутника Земли у его поверхности, V_{eq} – линейная скорость экваториальных точек поверхности Земли, обусловленная ее суточным вращением. (7 баллов).

Задача № 9. «Изменение дальности прямой видимости в течение суток»

Человек соблюдает классический распорядок суток. В какое время суток дальность прямой видимости для этого человека будет наибольшей? Свой ответ поясните, опираясь на основные сведения из курса «Физиология человека». Оцените на сколько метров эта величина изменяется в течение суток для человека, рост которого равен 1.8 м. (8 баллов).

Задача № 10. «Максимальное угловое расстояние от радианта»

Определите максимально возможное угловое расстояние между направлением на радиант метеорного потока и точками небосвода для наблюдателя, находящегося у поверхности Земли, где еще возможно наблюдение метеора данного потока. Следует полагать, что феномен метеора порождается на высоте 100 км над Землей. (8 баллов).

Задача № 11. «Равенство угловых диаметров планеты и ее спутника»

Имеется система «Планета-спутник» с массами $\mathfrak{M}_1$ и $\mathfrak{M}_2$ (причем $\mathfrak{M}_2 \ll \mathfrak{M}_1$) и средними массовыми плотностями ρ_1 и ρ_2 соответственно ($\rho_2 = 3\rho_1$). Радиус орбиты спутника r много больше радиусов планеты ($\mathfrak{R}_1$) и спутника ($\mathfrak{R}_2$). Докажите, что для гипотетического наблюдателя, находящегося в

первой точке Лагранжа данной системы, угловые диаметры планеты и ее спутника будут равны. (9 баллов).

Задача № 12. «ИСЗ и их взаимная видимость»

Два одинаковых искусственных спутника Земли запущены на круговые орбиты высотой h . При этом плоскости их орбит взаимно перпендикулярны: одна из них совпадает с плоскостью экватора Земли, а вторая – содержит географические полюса. В момент прохождения экваториального спутника через узел орбиты полярного, последний точно находится над географическим полюсом. Определите минимальное значение h , при котором спутники хотя бы на миг окажутся в пределах прямой видимости. Чему при этом будет равно расстояние между спутниками? Определите, через какой промежуток времени такие моменты будут повторяться? Землю считать однородным шаром, процессией орбит спутников и влиянием атмосферы пренебречь. (10 баллов).

Уровень «Профи» (уровень С)

Задача № 13. «Видимый диск Луны и ее главное сечение»

Какую долю составляет площадь видимого диска Луны в среднее полнолуние от площади ее главного сечения? (11 баллов).

Задача № 14. «Летоисчисление на Луне и високосные годы»

Предложите модель календаря для гипотетического жителя Луны, структура которого будет подобна земному юлианскому календарю при этом ошибка календаря не должна быть больше юлианского. Сколько должно быть суток в одном невисокосном и високосном году? Сколько в таком календаре должно быть високосных лет в одно тысячелетие? (12 баллов).

Задача № 15. «Венера, Юпитер и Луна»

На фотографии (см. рис. 3), предложенной Вашему вниманию, представлена Венера, Юпитер и Луна, с указанием стрелкой направления видимого движения последней. Определите, было ли покрытие Луной какой-либо из указанных планет? Чему равны прицельные параметры Юпитера и Венеры? Если было, то чему равно время этого покрытия? (13 баллов).

Задача № 16. «Частицы темной материи в пределах Солнечной системы»

Какое количество частиц темной материи находится в пределах Солнечной системы (внешний гравитационный радиус последней – 1.87 св. года) и какова их общая масса (M_{tot}), если полагать, что 98% от полной массы Млечного пути приходится на темную материю? Определите также среднюю концентрацию частиц и их количество в стакане объемом $V_0 = 200 \text{ см}^3$. Следует

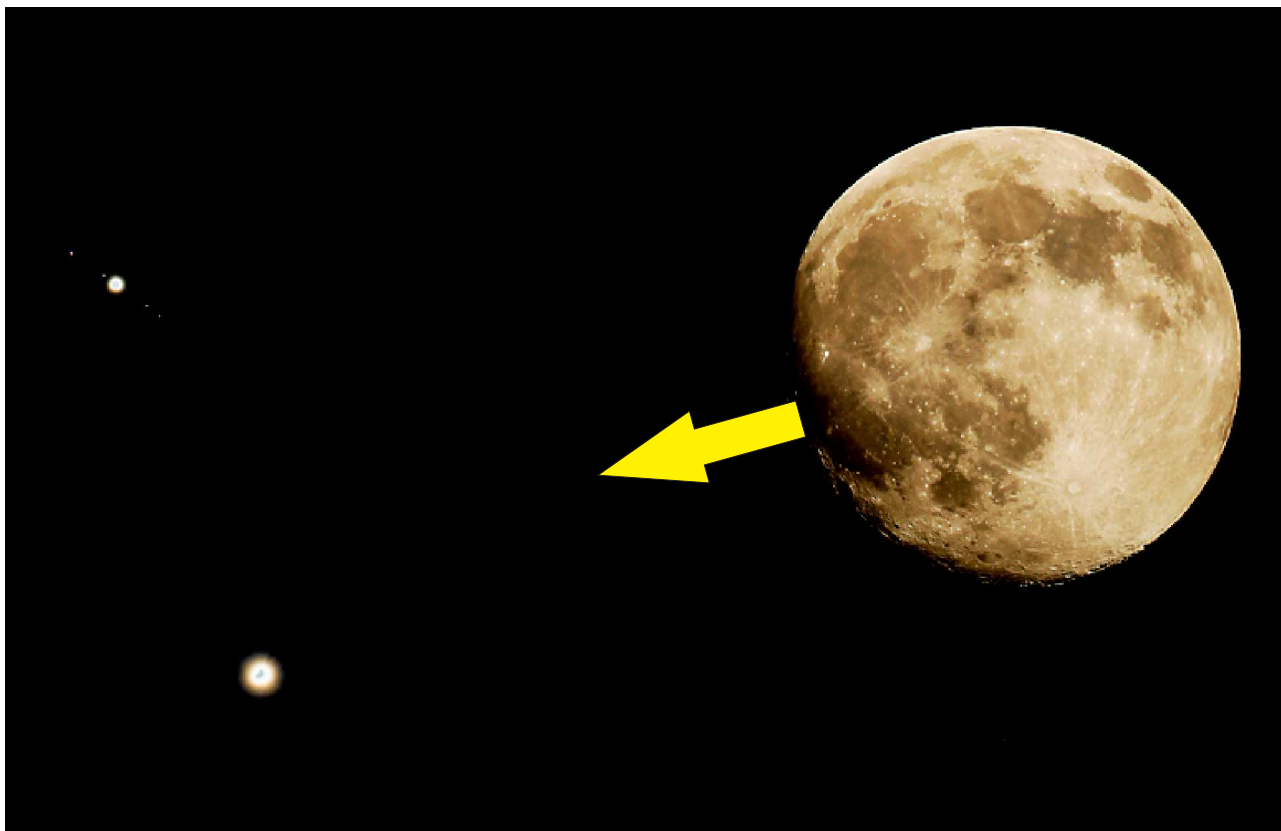


Рис. 3: Венера, Юпитер и Луна (источник – <https://apod.nasa.gov/apod/ap150702.html>, Wang, Letian).

полагать, что темная материя распределена равномерно в теле Галактики-шара с диаметром $D_G = 50$ кпк и массой $\mathfrak{M}_G = 3.0 \cdot 10^{12} \mathfrak{M}_\odot$, массу частицы темной материи следует полагать равной 120 ГэВ. Какую долю от массы Солнца составляет $\mathfrak{M}_{\text{tot}}$? (13 баллов).

Задача № 17. «Проблема освоения Марса»

Одна из главных проблем освоения Марса человеком в будущем – это его разреженная атмосфера и очень низкое содержание кислорода. Одной из возможностей наполнения атмосферы кислородом – это переработка водяного льда его полярных шапок. Определите толщину плоского слоя льда полярных шапок Марса, которая должна пойти на переработку, чтобы наполнить атмосферу планеты кислородом, давление которого у поверхности планеты будет равно парциальному давлению кислорода в атмосфере Земли (мольная доля кислорода в атмосфере Земли – $\eta_{\text{O}_2} = 21\%$). Следует полагать полярные шапки круглыми цилиндрами диаметром 1000 км и средней толщиной

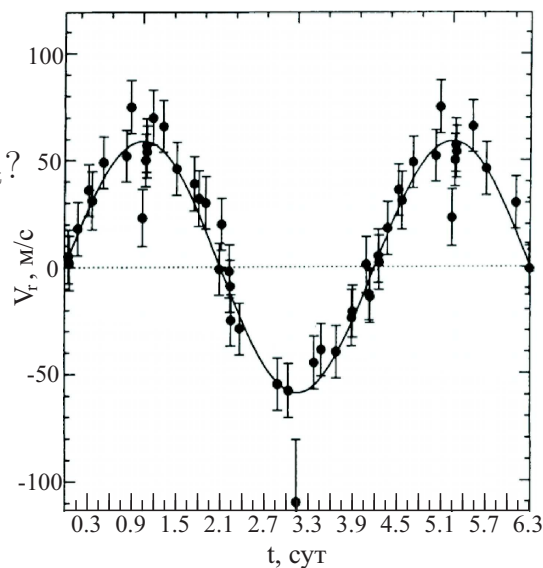


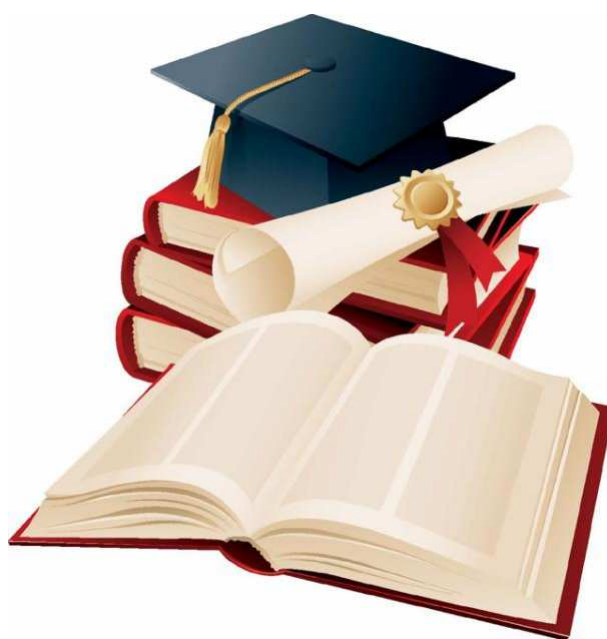
Рис. 4: кривая лучевых скоростей 51 Пегаса (источник: <https://web.pa.msu.edu/courses/2011spring/AST208/mayorQueloz.pdf>).

0.75 км. Хватит ли полярного льда для достижения поставленной цели? Какого давления кислорода у поверхности планеты можно достичь при полной переработке его шапок? Следует полагать, что образующийся водород быстро улетучивается в межпланетное пространство. Массовая плотность водяного льда – $\rho_{\text{л}} = 920 \text{ кг/м}^3$. (14 баллов).

Задача № 18. «Кривая лучевых скоростей и масса экзопланеты»

Как известно, в 1995 году швейцарскими астрофизиками М. Мейором и Д. Квелоцем с использованием метода радиальных скоростей была открыта первая экзопланета, обращающаяся вокруг звезды 51 Пегаса. Масса этой звезды равна массе Солнца. На графике (см. рис. 4) приведена зависимость гелиоцентрической лучевой скорости этой звезды от времени. Оцените по этому графику массу экзопланеты, считая, что луч зрения лежит в плоскости ее орбиты. (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		Экс- цен- триси- тет	Наклон к плоскости эклипти- ки	Период обраще- ния	Синоди- ческий 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		Плот- ность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плос- кости орбиты	Гео- мет- рич. альбе- до	Вид. звезд- ная вели- чина*
	кг	массы Земли	км	ради- усы Зем- ли					
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. Некоторые характеристики звезд

Болометрические поправки ΔM_b

Спектр	ΔM_b	Спектр	ΔM_b		
			Гл. последо- вательность	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