

# **ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ**

## **ИНФОРМАЦИЯ**

**для участника Регионального этапа**

**Всероссийской олимпиады школьников по астрономии 2017 года**

**Тексты олимпиадных заданий для Регионального этапа олимпиады**

**Москва 2016**

## **Дорогой друг!**

Прежде чем начать решать задания Регионального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии 2017 года, ознакомьтесь с правилами его проведения.

Вам будут вручены листы с условиями заданий олимпиады. Убедитесь, что это будут задания для того класса, в котором Вы учитесь. Задания выдаются на двух листах, проверьте наличие всех необходимых листов с заданиями. Количество заданий – 6, на их решение Вам будет отведено 4 часа. Время отсчитывается от момента выдачи листов с заданиями.

Кроме этого, Вам должны выдать 3 листа со справочной информацией, разрешенной к использованию на олимпиаде. Помните, что это – единственный источник, которым Вы можете пользоваться по ходу решения заданий, использование любых других источников – нарушение правил олимпиады, за которое Вы можете быть исключены из состава ее участников. Вы также не можете пользоваться переносными компьютерами, программируемыми калькуляторами и мобильными телефонами (в любых функциях) во время олимпиады. Настоятельно рекомендуем Вам отключить их до окончания олимпиады.

При этом Вы имеете право пользоваться непрограммируемым калькулятором, любыми канцелярскими принадлежностями (как своими, так и выданными оргкомитетом олимпиады). Вы можете в любое время принимать продукты питания, но при этом старайтесь не отвлекать, не мешать и уважать труд Ваших друзей, находящихся рядом.

Если у Вас возник вопрос по условиям заданий или правилам проведения олимпиады, не задавайте его вслух, а просто поднимите руку. К Вам подойдет сотрудник оргкомитета, а при надобности он пригласит члена жюри, который ответит на Ваш вопрос.

Вы можете временно покинуть аудиторию, при этом Вы должны отдать свою рабочую тетрадь сотруднику оргкомитета, находящемуся в аудитории. Он вернет ее Вам, когда Вы вернетесь в аудиторию и продолжите работу. Одновременный выход из аудитории двух или более участников олимпиады не допускается.

Во время олимпиады все записи (в том числе черновые) Вы можете делать только в тетрадь (или блок листов), выданную Вам оргкомитетом. Делать записи на какую-либо другую бумагу запрещается. На обложке тетради (или первом листе блока) напишите свою фамилию, имя и отчество, класс и номер школы, район, город или иной населенный пункт, где находится Ваша школа. Эта информация должна быть только на обложке, писать ее внутри тетради не разрешается.

Первую страницу тетради (или первый лист блока) оставьте чистой – она понадобится для работы жюри. Начинайте работу со второй страницы тетради. Для обеспечения объективности проверки Вашей работы начинайте решение каждой задачи на новой странице. Оставьте несколько последних страниц тетради для черновых записей, подписав их словом «Черновик».

Если выданной Вам тетради недостаточно для записей, поднимите руку. Вам выдадут еще одну тетрадь.

При решении задач помните, что жюри обращает внимание, прежде всего, не на ответ, а на структуру решения, обоснованность и связанность законов и фактов, которые Вы используете. Старайтесь писать полные и подробные решения, но не добавляйте в них лишнюю информацию, не относящуюся к теме задания. Записи и рисунки делайте аккуратно, чтобы Ваш ход мысли было легко понять. Получив ответ, постарайтесь проверить его известными Вам способами, чтобы исключить возможность случайных ошибок.

При решении задачи 6 (в 10 и 11 классах) Вы можете делать измерения и построения на приложенных к условию задания графиках. Если Вы считаете, что они необходимы жюри для правильного оценивания Вашего решения – сдайте лист с условием задания №6 вместе с решениями.

Если Вы закончили решения раньше срока, не спешите покидать аудиторию. Используйте оставшееся время, чтобы еще раз просмотреть и проверить все Ваши решения. Наверняка, в них будет то, что можно улучшить, идеальных работ на олимпиаде практически не бывает.

От всей души желаем Вам успеха на олимпиаде!

## Задания Регионального этапа олимпиады по астрономии 2017 года – 9 класс

### Лист 1

1. 12 января 2017 года состоялась наибольшая восточная элонгация Венеры. В каком созвездии была бы видна в этот день Венера, если бы мы наблюдали ее из ближайших окрестностей Солнца? Орбиты планет считать круговыми и лежащими в плоскости эклиптики.
2. Кто совершает один оборот вокруг оси Сатурна быстрее и во сколько раз – сам Сатурн или его кольцо? Радиус кольца Сатурна считать равным 112 500 км.
3. Любитель астрономии, не двигаясь по поверхности Земли, заметил, что заход Солнца за горизонт продолжался ровно 3 минуты. В каком географическом районе России он находился? Орбиту Земли считать круговой, атмосферной рефракцией пренебречь.
4. Короткопериодическая комета, находящаяся в афелии своей орбиты, вступает в противостояние с Солнцем, располагаясь в плоскости эклиптики. Возможно ли будет увидеть ее в местную полночь на средних широтах во время ближайшего прохождения перигелия орбиты, если большая полуось орбиты равна 2.92 а.е., а эксцентриситет – 0.80? Чему будет равно расстояние между Землей и кометой в момент прохождения перигелия? Орбиту Земли считать круговой.
5. Оцените видимую звездную величину Млечного Пути при наблюдении из Большого Магелланова Облака, считая, что наша Галактика состоит из 250 млрд звезд, похожих на Солнце. Расстояние до Большого Магелланова Облака составляет 163 тыс. световых лет. Абсолютную звездную величину Солнца (его звездную величину с расстояния 10 пк) считать равной  $5^m$ . Межзвездным поглощением света пренебречь.

Задание 6 – на листе 2

**Задания Регионального этапа олимпиады по астрономии 2017 года – 9 класс**

**Лист 2**

6. В таблице приведены координаты и моменты верхней кульминации некоторых звезд (прохода через небесный меридиан текущей точки наблюдения) по Всемирному времени и их высоты в эти моменты, измеренные двигающимся наблюдателем в некоторый вечер. Считая движение наблюдателя по поверхности Земли равномерным и прямолинейным (без поворотов), определите направление и величину его скорости.

Звезда	Прямое восхождение	Склонение	Время кульминации, UT	Высота (юг)
Вега ( $\alpha$ Лиры)	18ч 37м	+38° 47'	21ч 00м	+80° 17'
Альтаир ( $\alpha$ Орла)	19ч 51м	+08° 52'	22ч 20м	+50° 22'
Денеб ( $\alpha$ Лебедя)	20ч 41м	+45° 17'	23ч 14м	+86° 47'

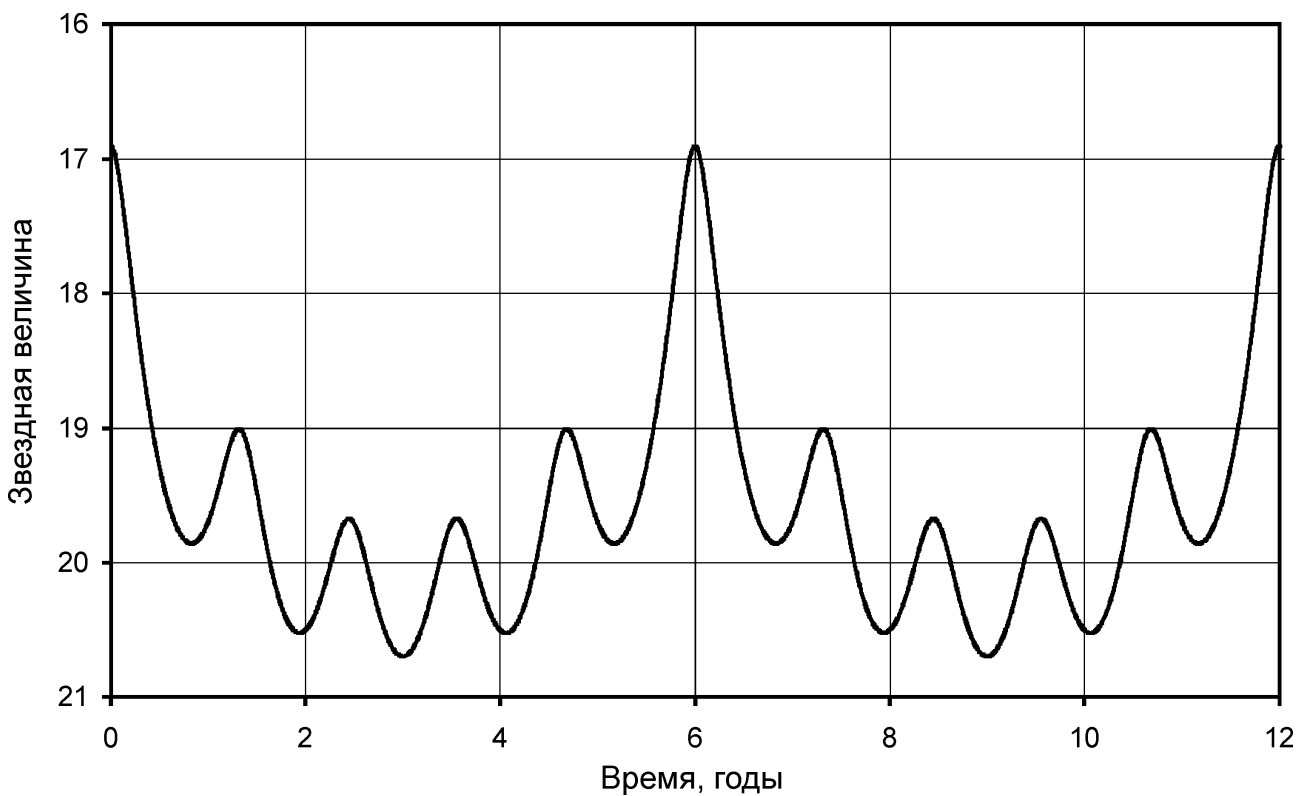
**Лист 1**

1. Первичное кольцо радуги образуется каплями воды, преломляющими свет Солнца под углом  $138^\circ$  по отношению к изначальному направлению распространения излучения. На каких широтах на Земле первичная радуга никогда не может быть видна на небе в истинный солнечный полдень? Рельефом Земли, рефракцией, угловыми размерами Солнца и толщиной радуги пренебречь. Считать, что климатические условия позволяют радуге появляться в любом месте Земли в любой сезон года.
2. В некоторый момент времени и Земля, и Луна находятся на расстоянии 1.0000 а.е. от центра Солнца. В каком созвездии видна Луна земному наблюдателю?
3. Ученые будущего предложили фантастический проект, в ходе которого весь грунт на поверхности Марса электрохимическим способом был бы разложен на свободные металл и кислород, и таким образом была бы создана кислородная атмосфера на планете. Какова толщина слоя грунта, который нужно переработать, чтобы давление такой кислородной атмосферы у поверхности Марса оказалось таким же, как атмосферное давление у поверхности Земли? Считать, что грунт Марса состоит из минерала лимонита с химической формулой  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и плотностью  $3.5 \text{ г/см}^3$ . Атомные веса железа и кислорода составляют 56 и 16 соответственно.
4. Видимая звездная величина звезды Регул равна  $+1.4^m$ , расстояние до нее 24 пк, масса – 3.5 массы Солнца, период осевого вращения – 16 часов. Исходя из этих данных, найдите минимально возможное значение температуры поверхности Регула.
5. После обработки всех данных космической обсерватории GAIA будут с достаточной точностью получены параллаксы объектов в двух спутниках нашей Галактики, Большом и Малом Магеллановых облаках. Предполагаемый параллакс Большого Магелланового Облака (БМО) составляет 20 микросекунд дуги. Определите, во сколько раз дальше от нас находится Галактика Андромеды, если расстояние до нее порядка 800 кпк. Возможно ли из данных GAIA определить параллакс туманности Андромеды, если параллакс БМО определен с точностью 10%?

Задание 6 – на листе 2

**Лист 2**

**6.** В ходе космической экспедиции будущего на небольшой астероид была установлена мощная лампа, работающая от стабильного атомного источника энергии. На рисунке показана зависимость звездной величины лампы на Земле от времени. Определите большую полуось и эксцентриситет орбиты астероида. Считать, что орбита лежит в плоскости эклиптики и не заходит внутрь орбиты Земли, астероид не отражает и не затеняет свет лампы, а сама лампа равномерно светит во все стороны и всегда существенно ярче самого астероида. Орбиту Земли считать круговой.



**Лист 1**

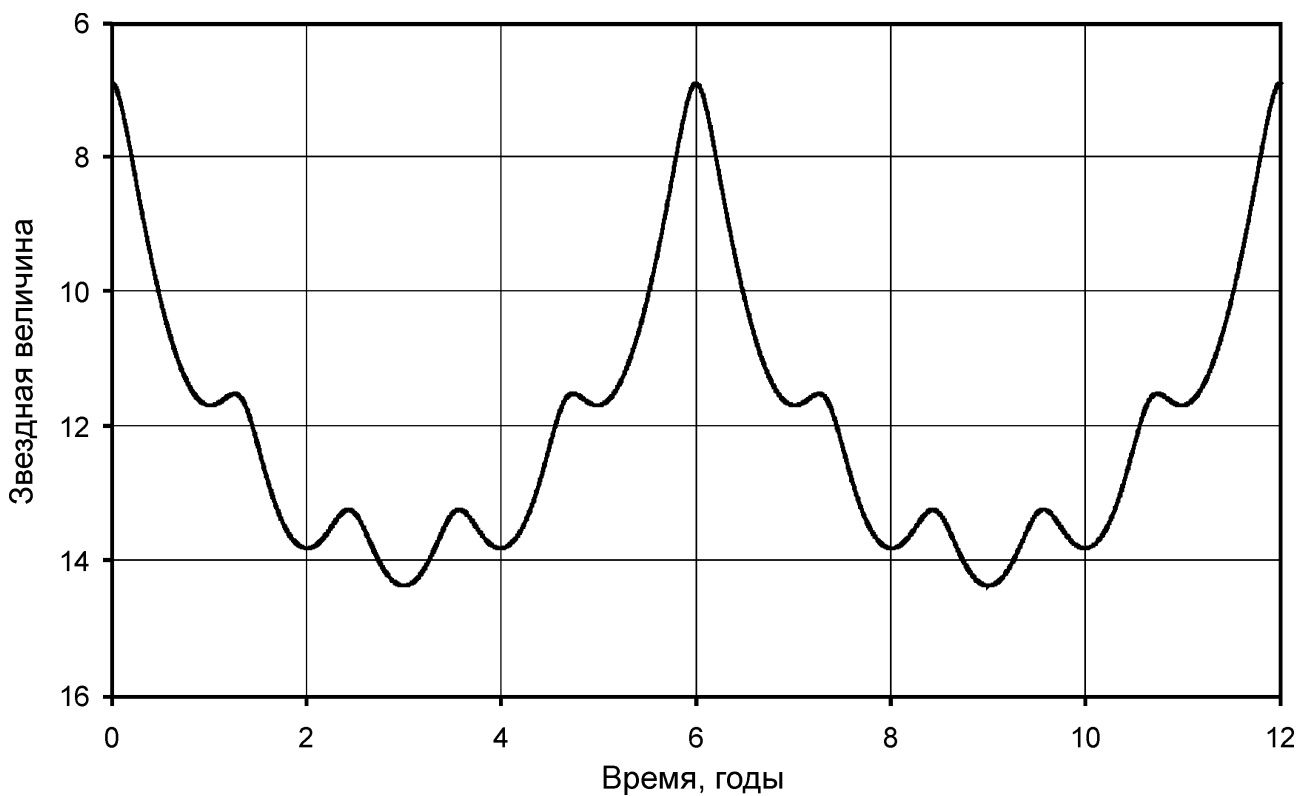
1. Солнечные часы состоят из вертикального шеста высотой 4 м и плоского горизонтального циферблата. В какой-то момент тень от шеста двигалась по циферблату с угловой скоростью ровно 1 градус в минуту. На каких широтах на Земле это могло быть? Какая при этом могла быть максимальная длина тени? Угловыми размерами Солнца пренебречь.
2. Далекая галактика, похожая на нашу Галактику Млечный Путь, имеет красное смещение 0.01. На угловом расстоянии 5' от нее виден ее спутник – карликовая галактика. Оцените период ее обращения вокруг большой галактики.
3. Ученые будущего предложили фантастический проект, в ходе которого весь грунт на поверхности Марса электрохимическим способом был бы разложен на свободные металл и кислород, и таким образом была бы создана кислородная атмосфера на планете. Какова толщина слоя грунта, который нужно переработать, чтобы давление такой кислородной атмосферы у поверхности Марса оказалось таким же, как атмосферное давление у поверхности Земли? Считать, что грунт Марса состоит из минерала лимонита с химической формулой  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и плотностью  $3.5 \text{ г/см}^3$ . Атомные веса железа и кислорода составляют 56 и 16 соответственно.
4. Видимая звездная величина звезды Регул равна  $+1.4^m$ , расстояние до нее 24 пк, масса – 3.5 массы Солнца, период осевого вращения – 16 часов. Исходя из этих данных, найдите минимально возможное значение температуры поверхности Регула.
5. В Галактике Млечный Путь раз в 20 лет вспыхивают Сверхновые II типа с абсолютной звездной величиной  $-18^m$ . Насколько часто такие Сверхновые появляются в небе Земли с блеском ярче Венеры ( $-4^m$ )? Радиус Галактики считать равным 15 кпк, поглощение света составляет  $2^m$  на кпк.

Задание 6 – на листе 2



**Лист 2**

6. На рисунке показана зависимость звездной величины некоторой кометы на Земле от времени. Определите большую полуось и эксцентриситет орбиты кометы. Считать, что орбита лежит в плоскости эклиптики и не заходит внутрь орбиты Земли. Светимость кометы обратно пропорциональна четвертой степени ее расстояния от Солнца, комета рассеивает свет равномерно во всех направлениях. Орбиту Земли считать круговой.



## СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

### Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная  $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$   
Скорость света в вакууме  $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$   
Постоянная Больцмана  $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$   
Универсальная газовая постоянная  $\mathcal{R} = 8.31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$   
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  $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$   
Постоянная Хаббла  $H = 68 \text{ (км/с)/Мпк}$

### Данные о Солнце

Радиус  $695\,000 \text{ км}$   
Масса  $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$   
Светимость  $3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$   
Спектральный класс G2  
Видимая звездная величина  $-26.78^{\text{m}}$   
Абсолютная болометрическая звездная величина  $+4.72^{\text{m}}$   
Показатель цвета (B–V)  $+0.67^{\text{m}}$   
Эффективная температура  $5800 \text{ К}$   
Средний горизонтальный параллакс  $8.794''$   
Скорость движения в Галактике  $230 \text{ км/с}$   
Интегральный поток энергии на расстоянии Земли  $1360 \text{ Вт/м}^2$

### Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты  $0.017$   
Тропический год  $365.24219 \text{ суток}$   
Средняя орбитальная скорость  $29.8 \text{ км/с}$   
Период вращения  $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$   
Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года:  $23^\circ 26' 21.45''$   
Экваториальный радиус  $6378.14 \text{ км}$   
Полярный радиус  $6356.77 \text{ км}$   
Масса  $5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$   
Средняя плотность  $5.52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$   
Объемный состав атмосферы:  $\text{N}_2$  (78%),  $\text{O}_2$  (21%),  $\text{Ar}$  (~1%).

### Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли  $384400 \text{ км}$   
Минимальное расстояние от Земли  $356410 \text{ км}$   
Максимальное расстояние от Земли  $406700 \text{ км}$   
Эксцентриситет орбиты  $0.055$   
Наклон плоскости орбиты к эклиптике  $5^\circ 09'$   
Сидерический (звездный) период обращения  $27.321662 \text{ суток}$   
Синодический период обращения  $29.530589 \text{ суток}$   
Радиус  $1738 \text{ км}$   
Масса  $7.348 \cdot 10^{22} \text{ кг}$  или  $1/81.3$  массы Земли  
Средняя плотность  $3.34 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$   
Сферическое альbedo  $0.07$   
Видимая звездная величина в полнолуние  $-12.7^{\text{m}}$   
Видимая звездная величина в первой и последней четверти  $-10^{\text{m}}$

## ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геомер. альбедо	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	695000	108.97	1.41	25.380 сут	7.25	–	–26.8
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
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
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	–2.7
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	25.33	0.47	0.4
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час**	97.86	0.51	5.7
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	17.135	24746	3.8799	1.64	16.11 час	28.31	0.41	7.8

\* – для наибольшей элонгации внутренних планет и среднего противостояния внешних планет.

\*\* – обратное вращение.

## 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

## ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альbedo	Видимая звездная величина*
	кг	км	г/см <sup>3</sup>	км	сут		m
<b>Земля</b>							
Луна	$7.348 \cdot 10^{22}$	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	-12.7
<b>Марс</b>							
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
<b>Юпитер</b>							
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
<b>Сатурн</b>							
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	0.2	~11.0
<b>Уран</b>							
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
<b>Нептун</b>							
Тритон	$2.14 \cdot 10^{22}$	1350	2.07	354800	5.87685**	0.76	13.5

\* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет.

\*\* – обратное направление вращения.

## ФОРМУЛЫ ПРИБЛИЖЕННОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ

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

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

$$\cos(\alpha + x) \approx \cos \alpha - x \sin \alpha;$$

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

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

( $x \ll 1$ , углы выражаются в радианах).