

**Задачи к муниципальному этапу  
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии  
2018-2019 учебного года (Липецк).**

**7-8 класс**

**Задача № 1.**

Солнечная система движется в Галактике по окружности радиусом **8** кпк со скоростью порядка **240** км/с. За сколько лет Солнечная система делает один оборот вокруг центра Галактики? Сколько раз за это время свет успеет пролететь расстояние до галактики Андромеды, если до неё порядка **770** кпк?

**Задача № 2.**

Расстояние до шарового скопления **M80** равно  $d = 28\,000$  световых лет, его угловой диаметр  $\alpha = 11,8'$ , а масса  $m = 400\,000$  масс Солнца. Вычислите среднюю плотность скопления.

**Задача № 3.**

Определите высоту над горизонтом точки летнего солнцестояния в момент восхода и захода Солнца **23** сентября в Липецке. Широту Липецка считать равной  $\varphi = 52^\circ 37'$

**Задача № 4.**

Протяжённость Липецка вдоль параллели с запада (крайняя точка посёлка Сырского рудника) на восток (крайняя точка посёлка Матырский) составляет  $\Delta l = 27$  км. Вычислите разность долгот  $\Delta \lambda$  самой западной и самой восточной точек города. Землю считать идеальным шаром с радиусом **6371** км, а широту Липецка равной  $\varphi = 52^\circ 37'$ .

**Задача № 5.**

Наблюдатель на Земле зафиксировал центральное прохождение малого небесного тела через диск Луны за **100** секунд. На каком расстоянии от наблюдателя тело пересекает прямую «наблюдатель - центр диска Луны», если оно движется под углом **60°** к этой прямой со скоростью **20** км/с?

**Задача № 6.**

В XIX веке высказывались гипотезы, что источником энергии Солнца является горение угля. Покажите ложность этой гипотезы. Удельную теплоту горения угля считать равной  $q = 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ .

## 9 класс

### Задача № 1.

Определите высоту над горизонтом точки летнего солнцестояния в момент восхода и захода Солнца **23** сентября в Липецке. Широту Липецка считать равной  $\varphi = 52^{\circ}37'$

### Задача № 2.

Протяжённость Липецка вдоль параллели с запада (крайняя точка посёлка Сырского рудника) на восток (крайняя точка посёлка Матырский) составляет  $\Delta l = 27$  км. Вычислите разность долгот  $\Delta \lambda$  самой западной и самой восточной точек города. Какой промежуток времени  $\Delta t$  (в минутах и секундах) разделяет наступление истинного полдня для наблюдателей в этих точках? Землю считать идеальным шаром с радиусом **6371** км, а широту Липецка  $\varphi$  равной  $52^{\circ}37'$ .

### Задача № 3.

Самоходный аппарат работал на Луне с **1** марта по **20** сентября **2018** года включительно. Питание аппарата осуществлялось при помощи солнечных батарей, поэтому он двигался непрерывно только в течение лунного дня. За всё время работы он прошел по поверхности Луны **56** км. Оцените возможную среднюю скорость движения аппарата.

### Задача № 4.

Два кометных ядра равной массы, состоящих из водяного льда, летят навстречу друг другу с одинаковыми по величине скоростями  $V$ . Самостоятельно введите нужные обозначения и получите формулу, позволяющую оценить, испарятся ли эти ядра в результате центрального абсолютно неупругого удара? Потерями энергии на излучение пренебречь.

### Задача № 5.

Сможет ли космонавт из окрестностей карликовой планеты Эриды увидеть Солнце невооружённым глазом? Если да, то будет ли Солнце видно как протяжённый объект? Период обращения Эриды вокруг Солнца считать равным **558** лет, эксцентриситет её орбиты  $e = 0,44$ , проникающую способность человеческого глаза  $6^m$ , разрешающую способность человеческого глаза  $1'$ .

### Задача № 6.

Оцените радиус нейтронной звезды с массой две массы Солнца. Размер нейтрона считать равным  $10^{-15}$  м.

# 10 класс

## Задача № 1.

Орбитальный телескоп Gaia (Гайя) способен измерять углы с точностью около  $\Delta\alpha = 25$  миллионных долей угловой секунды. Оцените, на каком максимальном расстоянии (в килопарсеках) могут находиться звёзды, до которых ещё сможет определить расстояния этот телескоп. Орбиту телескопа считать совпадающей с орбитой Земли.

## Задача № 2.

На Земле груз на рычажных и пружинных весах уравнивается двадцатью 5-килограммовыми гирями. Сколько таких гирь потребуется, чтобы показания рычажных и пружинных весов на Меркурии были такими же, как на Земле? Ускорение свободного падения на Земле считать равным  $g_3 = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

## Задача № 3.

Перигелий кометы с периодом обращения  $T_K = 128$  лет расположен на орбите Земли. Вычислите отношение максимальной и минимальной скоростей кометы.

## Задача № 4.

Может ли в Липецке Луна наблюдаться в зените? В каких областях Земли это принципиально возможно? Ответы обоснуйте расчётами. Липецк расположен на  $52^\circ 37'$  северной широты.

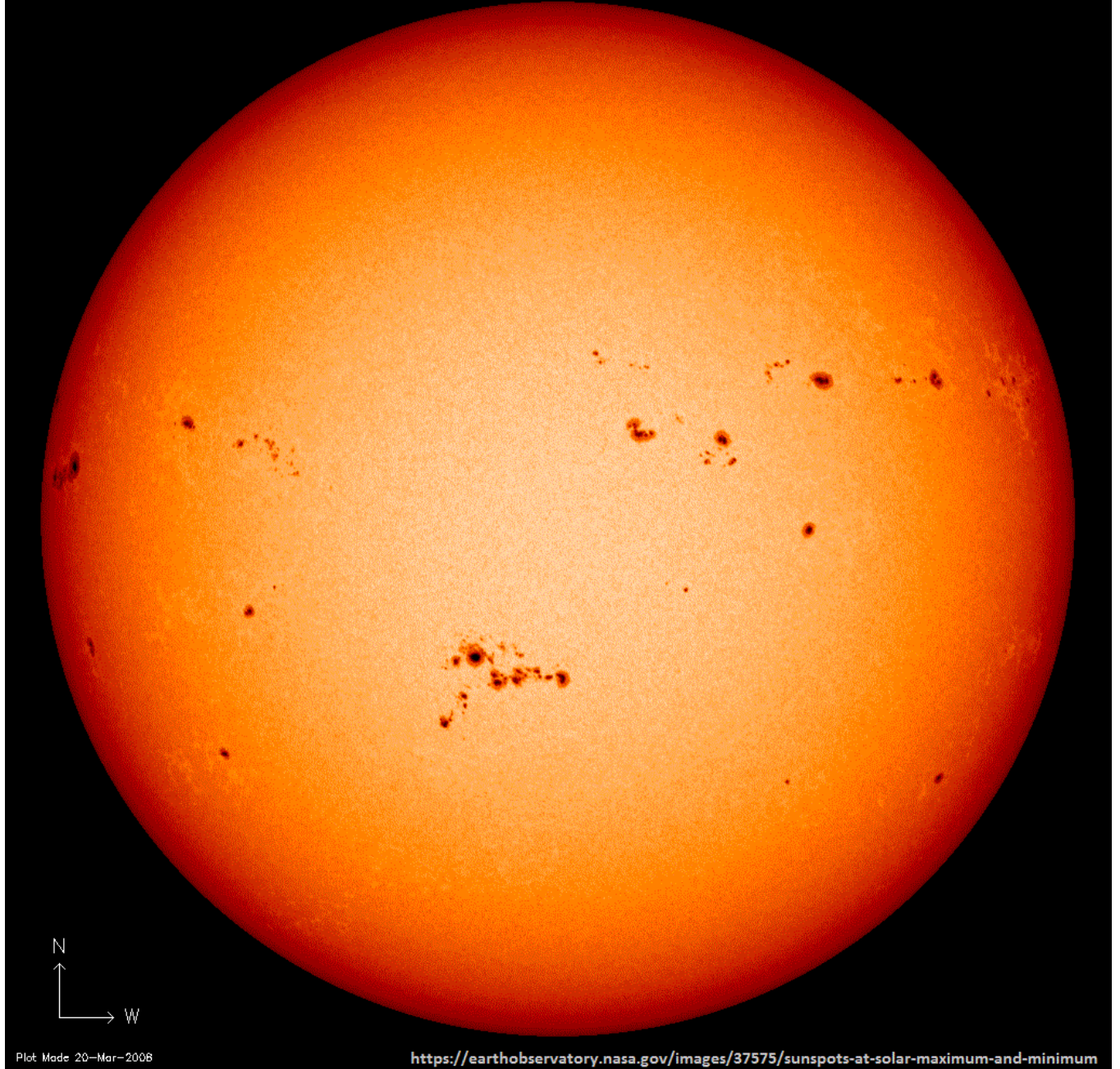
## Задача № 5.

Оцените среднюю молярную массу полностью ионизированного вещества звезды массой равной трём массам Солнца. Считать, что звезда состоит из водорода (70% массы) и гелия (30% массы).

## Задача № 6.

Представлена фотография видимого диска Солнца, полученная телескопом с очень хорошей разрешающей способностью. Является ли Солнце на представленной фотографии активным? Свой ответ обоснуйте расчётами.

MDI Intensitygram: 2000.07.19\_11:12



Plot Made 20-Mar-2008

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/37575/sunspots-at-solar-maximum-and-minimum>

# 11 класс

## Задача № 1.

Спутник с круговой орбитой, лежащей в экваториальной плоскости, движется в сторону вращения Земли и делает один оборот вокруг планеты за **128** минут. По поверхности вдоль экватора с востока на запад движется поезд со скоростью  $V = 500$  км/ч. Вычислите промежуток времени между двумя последовательными прохождением спутника над поездом. Экваториальный радиус Земли считать равным  $R_{\oplus} = 6378$  км.

## Задача № 2.

Оцените количество звёзд  $N$ , которое мы видим над горизонтом невооружённым глазом при наблюдении сквозь атмосферу. Считать, что на всей небесной сфере видно  $n = 6000$  звёзд, и они распределены по небу равномерно. Рефракция у горизонта  $\rho = 35'$ .

## Задача № 3.

У звезды солнечного типа видимой звёздной величины  $m = 10^m$  собственное движение составляет  $\mu = 2 \frac{''}{\text{год}}$ , а её наблюдаемая лучевая скорость равна нулю. Чему была равна видимая звёздная величина этой звезды **3** миллиона лет назад?

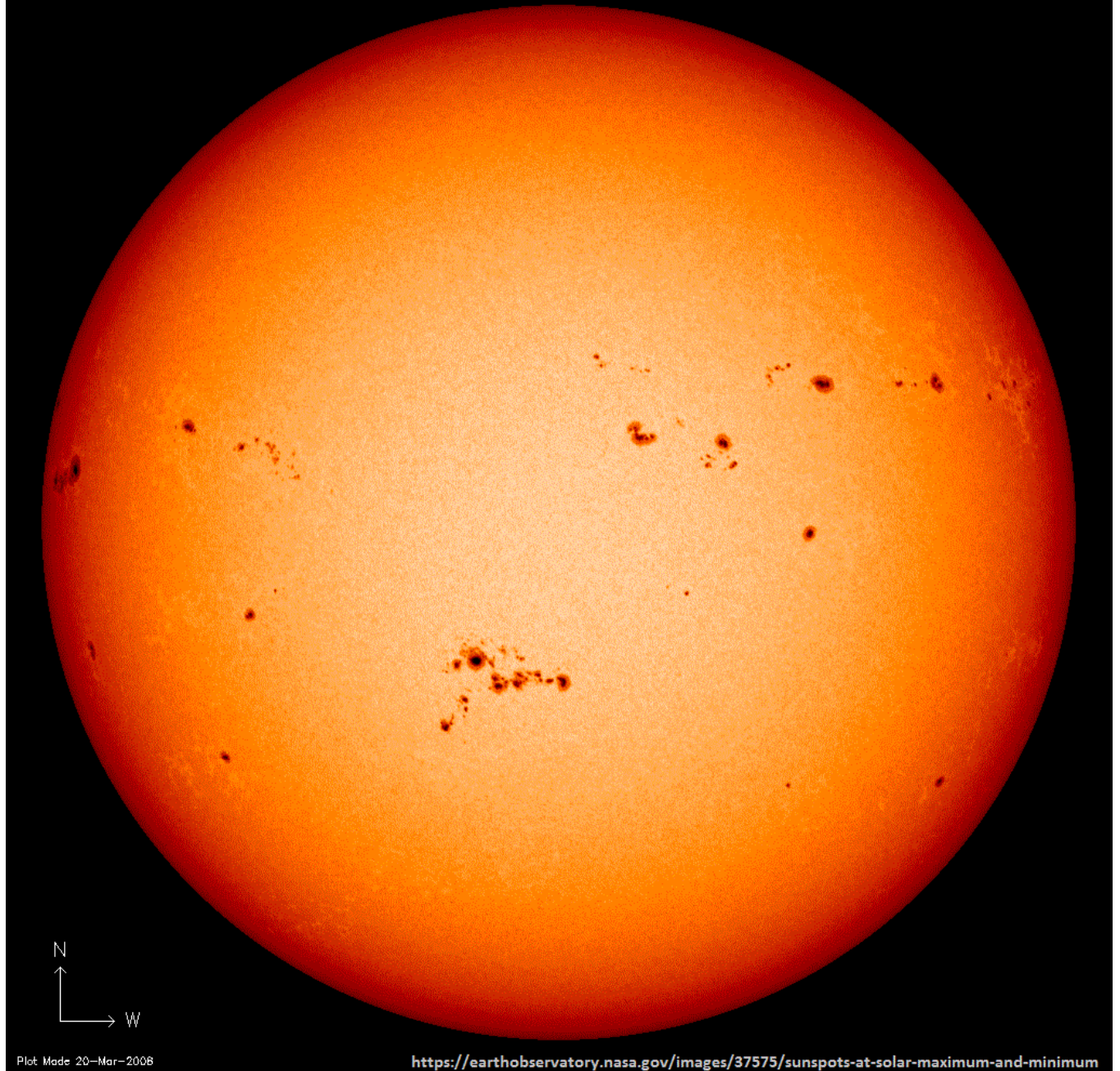
## Задача № 4.

Возможно ли существование у Луны стационарного спутника (аналогичного геостационарному)? Ответ обоснуйте расчётами.

## Задача № 5.

Представлена фотография видимого диска Солнца, полученная телескопом с очень хорошей разрешающей способностью. Является ли Солнце на представленной фотографии активным? Свой ответ обоснуйте расчётами.





### Задача № 6.

На расстоянии  $d = 1$  миллиард световых лет открыт активный объект, наименьшее время изменения блеска которого  $\Delta t = 5$  часов. Максимум в наблюдаемом спектре излучения объекта приходится на длину волны  $\lambda_{max} = 10^{-6}$  м. Оцените светимость объекта в единицах светимости Солнца. Постоянная Вина  $b = 2,897 \cdot 10^{-3}$  м · К.

## Перечень справочных данных.

### §1. 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  $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Универсальная газовая постоянная  $R = 8.31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

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  $H = 68 \text{ (км/с)/Мпк}$

### §2. Данные о Солнце

Радиус **695 000 км**

Масса  **$1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$**

Светимость  **$3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$**

Спектральный класс **G2**

Видимая звездная величина  **$-26.78^m$**

Абсолютная болометрическая звездная величина  **$+4.72^m$**

Показатель цвета (B-V)  **$+0.67^m$**

Эффективная температура **5800К**

Средний горизонтальный параллакс **8.794''**

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли **1360 Вт/м<sup>2</sup>**

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли **600 Вт/м<sup>2</sup>**

### §3. Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты **0.017**

Тропический год **365.24219 суток**

Средняя орбитальная скорость **29.8 км/с**

Период вращения **23 часа 56 минут 04 секунды**

Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года: **23° 26' 21.45''**

Экваториальный радиус **6378.14 км**

Полярный радиус **6356.77 км**

Масса  **$5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$**

Средняя плотность  **$5.52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$**

Объемный состав атмосферы: **N<sub>2</sub> (78%), O<sub>2</sub> (21%), Ar (~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° 09'**

Сидерический (звездный) период обращения **27.321662 суток**

Синодический период обращения **29.530589 суток**

Радиус **1738 км**

Масса  **$7.348 \cdot 10^{22} \text{ кг}$**  или **1/81.3 массы Земли**

Средняя плотность  **$3.34 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$**

Визуальное геометрическое альbedo **0.12**

Видимая звездная величина в полнолуние **-12.7<sup>m</sup>**

## §5. Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометр. альbedo	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.

## §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	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**	0.7	13.5

\* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет.

\*\* – обратное направление вращения.

## §8. Формулы приближенного вычисления

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

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

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

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

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

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