

**Задания**  
**11 класс**

1. Сотрудник марсианской экспедиции установил связь с находящимся в зените метеоспутником на ареостационарной орбите. На каком расстоянии находится этот спутник от марсианской базы, если она расположена на экваторе Марса? Период осевого вращения Марса составляет 1,03 суток, его радиус — 3380 км, а масса —  $6,4 \cdot 10^{23}$  кг.
2. Венера в наибольшей элонгации находится примерно в  $47^\circ$  от Солнца. Если момент наибольшей восточной элонгации приходится на зиму или весну, то планета достаточно долго видна вечером на западе на фоне темного неба. Если же этот момент наступает осенью, то вечерняя видимость Венеры очень непродолжительна. И наоборот, хорошая утренняя видимость Венеры в наибольшей западной элонгации приходится на осень и зиму, а неудовлетворительная – на весну. Как объяснить эти явления?
3. Зимой 2012 года в галактике «Сигара» (M82) вспыхнула сверхновая звезда типа Ia и в момент своей наибольшей яркости она имела видимую звёздную величину 10,5. Оцените, на каком расстоянии находилась эта сверхновая (при оценке поглощением света в межзвёздной среде пренебречь)?
4. Определить диаметр звезды  $\alpha$  Ori (Альфа Ориона или Бетельгейзе) в километрах при видимом угловом её диаметре  $0,07''$  и параллаксе  $0,00508''$ .
5. Два искусственных спутника Земли движутся по круговым орбитам. При этом радиус орбиты второго спутника вдвое больше, чем у первого. Каково отношение их скоростей и периодов обращения? Считать Землю однородным шаром, влияние атмосферы не учитывать.
6. Некоторый астероид в перигелии проходит в 0,2 а.е. от Солнца, а в афелии удаляется от него на 1,8 а.е. Считая период обращения Земли вокруг Солнца равным 365,25 суток, найти период обращения астероида.

**СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ  
РАЗДАЕТСЯ ВМЕСТЕ С УСЛОВИЯМИ ЗАДАНИЙ**

**§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  $695\,000 \text{ км}$

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

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

Спектральный класс G2

Видимая звездная величина  $-26.78^m$

Абсолютная болометрическая звездная величина  $+4.72^m$

Показатель цвета (B-V)  $+0.67^m$

Эффективная температура  $5800 \text{ К}$

Средний горизонтальный параллакс  $8.794''$

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли  $1360 \text{ Вт/м}^2$

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли  $600 \text{ Вт/м}^2$

**§3. 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%).

**§4. 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  $3.34 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$

Визуальное геометрическое альbedo  $0.12$

Видимая звездная величина в полнолуние  $-12.7^m$

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии  
2016-2017 учебный год  
Алтайский край

**§5. Физические характеристики Солнца и планет**

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометрическая альбедо	Видимая 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.	градусы	сут	сут	
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

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии  
2016-2017 учебный год  
Алтайский край

**§7. 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**	0.7	13.5

\* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет.

\*\* – обратное направление вращения.

**§8. Формулы приближенного вычисления**

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

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

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

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

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

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