

Задачи к муниципальному этапу Всероссийской олимпиады школьников по астрономии 2017-2018 учебного года

10 класс

Задача № 1.

Параллакс Канопуса (α Киля) равен **10,43** угловых миллисекунды. За сколько лет Земля в своем годовом движении вокруг Солнца проходит путь, равный расстоянию до Канопуса? Орбиту Земли считать круговой.

Задача № 2.

В шаровом звездном скоплении шесть миллионов двести пятьдесят тысяч одинаковых звезд, каждая из которых имеет блеск **23^m**. Какова видимая звёздная величина всего скопления? Определите расстояние до скопления, если его абсолютная звёздная величина равна **-11^m** (минус одиннадцать).

Задача № 3.

Расположение небесных тел, когда одно из них закрывает собой от наблюдателя другое, называется покрытием. В какое наибольшее число раз будет отличаться продолжительность центрального покрытия Луной некоторой звезды? Считать эксцентриситет лунной орбиты равным 0,055.

Задача № 4.

Предположительно в ядре нашей Галактики находится черная дыра с массой **$4 \cdot 10^6$** масс Солнца. Вычислите её гравитационный радиус (расстояние от центра, на котором вторая космическая скорость равна скорости света), а также среднюю плотность вещества в пределах этого гравитационного радиуса.

Задача № 5.

Астронавты высадились на небольшую шарообразную планету и объехали её на вездеходе по экватору за 10 часов, двигаясь со скоростью 72 км/час. Оцените массу планеты, если известно, что её средняя плотность не превышает плотности Земли.

Задача № 6.

Оцените массу атмосферы Титана, если известно, что величина атмосферного давления у поверхности Титана в 1,5 раза больше, чем величина давления атмосферы у поверхности Земли, а радиус и масса Титана примерно в 2,5 и 44,4 раза меньше радиуса и массы Земли соответственно.

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^2**
Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли **600 Вт/м^2**

§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: **$23^\circ 26' 21.45''$**
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_2 (78%), O_2 (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 **$5^\circ 09'$**
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^m**

§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 ³	км	сут		m
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	0.2	~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 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).