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

11 класс

Задача № 1.

Астероид, обращающийся вокруг Солнца, приближается к Земле на минимальное расстояние равное 3 а.е. Чему равен период его обращения? Орбиты Земли и астероида считать круговыми и лежащими в одной плоскости.

Задача № 2.

21 марта в Анадыре Солнце взошло на 9 часов 11 минут и 42 секунды раньше, чем в Липецке (39º36′ в.д.). Оцените географическую долготу Анадыря. Атмосферную рефракцию не учитывать.

Задача № 3.

Три звезды одинаковой массы $\boldsymbol{m}$ находятся в вершинах правильного треугольника и движутся по одной окружности радиуса $\boldsymbol{R}$ с периодом $\boldsymbol{T}$. Получите формулу для вычисления масс звёзд.

Задача № 4.

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.

Задача № 5.

Искусственный спутник движется по круговой орбите на высоте **12 800** км над поверхностью Земли. Вы находитесь в Липецке и видите спутник прямо над головой. На каком максимальном расстоянии от Вас (по поверхности Земли) может находиться Ваш друг, чтобы он мог видеть этот спутник одновременно с Вами на высоте **60°** над горизонтом? Величина рефракции рассчитывается по формуле $\boldsymbol{\rho = 60,25'' \cdot tg\, z}$, где $\boldsymbol{z}$ – зенитное расстояние объекта наблюдения. Землю считать идеальным шаром.

Задача № 6.

Из очень далёкого квазара вылетают в противоположных направлениях вдоль одной прямой, ориентированной под углом 60° к лучу зрения, два источника радиоволн, и движутся с одинаковой постоянной скоростью $V = \frac{2}{3} \cdot c$ (где **c** – скорость света). Во сколько раз один источник будет нам казаться ближе к квазару, чем другой?

Перечень справочных данных.

§1. Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная G = **$6.672\cdot10^{-11}$ м^3·кг$^{-1}$·с$^{-2}$**
Скорость света в вакууме c = **$2.998\cdot10^{8}$ м/с**
Универсальная газовая постоянная **R = 8.31 м^2·кг·с$^{-2}$·К$^{-1}$·моль$^{-1}$**
Постоянная Стефана-Больцмана σ = **$5.67\cdot10^{-8}$ кг·с$^{-3}$·К$^{-4}$**
Масса протона m_p = **$1.67\cdot10^{-27}$ кг**
Масса электрона m_e = **$9.11\cdot10^{-31}$ кг**
Астрономическая единица **1 а.е. = $1.496\cdot10^{11}$ м**
Парсек **1 пк = 206265 а.е. = $3.086\cdot10^{16}$ м**
Постоянная Хаббла H = **68 (км/с)/Мпк**

§2. Данные о Солнце

Радиус **695 000 км**
Масса **$1.989\cdot10^{30}$ кг**
Светимость **$3.88\cdot10^{26}$ 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 **5800K**
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° 26′ 21.45″**
Экваториальный радиус **6378.14 км**
Полярный радиус **6356.77 км**
Масса **$5.974\cdot10^{24}$ кг**
Средняя плотность **5.52 г·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° 09′**
Сидерический (звездный) период обращения **27.321662 суток**
Синодический период обращения **29.530589 суток**
Радиус **1738 км**
Масса **$7.348\cdot10^{22}$ кг** или **1/81.3 массы Земли**
Средняя плотность **3.34 г·см$^{-3}$**

Визуальное геометрическое альбедо **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. альбедо	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли	г·см$^{-3}$		градусы		
Солнце	$1.989\cdot10^{30}$	332946	695000	108.97	1.41	25.380 сут	7.25	–	–26.8
Меркурий	$3.302\cdot10^{23}$	0.05271	2439.7	0.3825	5.42	58.646 сут	0.00	0.10	–0.1
Венера	$4.869\cdot10^{24}$	0.81476	6051.8	0.9488	5.20	243.019 сут**	177.36	0.65	–4.4
Земля	$5.974\cdot10^{24}$	1.00000	6378.1	1.0000	5.52	23.934 час	23.45	0.37	–
Марс	$6.419\cdot10^{23}$	0.10745	3397.2	0.5326	3.93	24.623 час	25.19	0.15	–2.0
Юпитер	$1.899\cdot10^{27}$	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	–2.7
Сатурн	$5.685\cdot10^{26}$	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	25.33	0.47	0.4
Уран	$8.683\cdot10^{25}$	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час**	97.86	0.51	5.7
Нептун	$1.024\cdot10^{26}$	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
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	Геомет-рич. альбедо	Видимая звездная величина*
	кг	км	г/см^3	км	сут		m
			Земля				
Луна	$7.348\cdot10^{22}$	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	–12.7
			Марс				
Фобос	$1.08\cdot10^{16}$	~10	2.0	9380	0.31910	0.06	11.3
Деймос	$1.8\cdot10^{15}$	~6	1.7	23460	1.26244	0.07	12.4
			Юпитер				
Ио	$8.94\cdot10^{22}$	1815	3.55	421800	1.769138	0.61	5.0
Европа	$4.8\cdot10^{22}$	1569	3.01	671100	3.551181	0.64	5.3
Ганимед	$1.48\cdot10^{23}$	2631	1.94	1070400	7.154553	0.42	4.6
Каллисто	$1.08\cdot10^{23}$	2400	1.86	1882800	16.68902	0.20	5.7
			Сатурн				
Тефия	$7.55\cdot10^{20}$	530	1.21	294660	1.887802	0.9	10.2
Диона	$1.05\cdot10^{21}$	560	1.43	377400	2.736915	0.7	10.4
Рея	$2.49\cdot10^{21}$	765	1.33	527040	4.517500	0.7	9.7
Титан	$1.35\cdot10^{23}$	2575	1.88	1221850	15.94542	0.21	8.2
Япет	$1.88\cdot10^{21}$	730	1.21	3560800	79.33018	0.2	~11.0
			Уран				
Миранда	$6.33\cdot10^{19}$	235.8	1.15	129900	1.413479	0.27	16.3
Ариэль	$1.7\cdot10^{21}$	578.9	1.56	190900	2.520379	0.34	14.2
Умбриэль	$1.27\cdot10^{21}$	584.7	1.52	266000	4.144177	0.18	14.8
Титания	$3.49\cdot10^{21}$	788.9	1.70	436300	8.705872	0.27	13.7
Оберон	$3.03\cdot10^{21}$	761.4	1.64	583500	13.46324	0.24	13.9
			Нептун				
Тритон	$2.14\cdot10^{22}$	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).