

11 класс

Задача № 1.

В день весеннего равноденствия самолёт на высоте **10** км пролетает над Липецком ($\varphi_{\text{Лип}} = 52,5^\circ$) и его пассажиры наблюдают восход Солнца. Через какое время после этого восход Солнца увидят жители Липецка? Рефракцией пренебречь.

Задача № 2.

Астероид Гигея обращается вокруг Солнца по орбите с большой полуосью **3,14** а.е. и эксцентриситетом **0,12**. На какое минимальное расстояние этот астероид приближается к Земле? С какой скоростью относительно Земли он при этом движется? Считайте, что орбита Земли круговая, а орбита астероида лежит в плоскости эклиптики.

Задача № 3.

Светимость сферически симметричного расширяющегося остатка вспышки сверхновой равна $5 \cdot 10^{35}$ Вт, а эффективная температура **10^4 К**. Оцените скорость расширения оболочки сверхновой, считая её постоянной. Учитывайте, что наблюдения производятся спустя **10** суток после вспышки, а остаток с хорошей точностью описывается моделью абсолютно черного тела.

Задача № 4.

От звезды спектрального класса **O** и звезды спектрального класса **M** на Землю приходит одинаковое количество энергии в видимом диапазоне спектра. От какой из звёзд приходит большее число фотонов? Ответ обосновать. Считать, что поглощение в атмосфере отсутствует.

Задача № 5.

Эллиптическая галактика **M84** в созвездии Девы находится на расстоянии **16,83** Мпк и имеет угловые размеры **$6,5' \times 5,6'$** . Средняя поверхностная яркость этой галактики составляет **$13,2^m$** с квадратной угловой минуты. Вычислите абсолютную звёздную величину этой галактики. Межзвездным и атмосферным поглощением света пренебречь.

Задача № 6.

Оцените массу вещества солнечного ветра, находящегося внутри земной орбиты, если рядом с Землёй средняя концентрация его частиц равна **10 см^{-3}** . Считайте, что солнечный ветер - плазма из протонов и электронов в равных долях. Также считайте, что ветер распространяется от Солнца сферически симметрично и его скорость постоянна.

Справочная информация, разрешённая к использованию на олимпиаде.

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 $R = 8,31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$

Постоянная Планка $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$

Масса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Масса электрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Элементарный заряд $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Астрономическая единица $1 \text{ а. е.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Парсек $1 \text{ пк} = 206\,265 \text{ а. е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Постоянная Хаббла $H = 72 \text{ (км/с)/Мпк}$

Данные о Солнце

Радиус **697 000 км**

Масса **$1,989 \cdot 10^{30}$ кг**

Светимость **$3,88 \cdot 10^{26}$ 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 **5800 К**

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**

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты **0,0167**

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 **$5,974 \cdot 10^{24}$ кг**

Средняя плотность **$5,52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$**

Объемный состав атмосферы: **N_2 (78%), O_2 (21%), Ar (~1%).**

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли **384 400** км

Минимальное расстояние от Земли **356 410** км

Максимальное расстояние от Земли **406 700** км

Средний эксцентриситет орбиты **0,055**

Наклон плоскости орбиты к эклиптике **5° 09'**

Сидерический (звездный) период обращения **27,321 662** суток

Синодический период обращения **29,530 589** суток

Радиус **1738** км

Период прецессии узлов орбиты **18,6** лет

Масса **7,348 · 10²²** кг или **1/81,3** массы Земли

Средняя плотность **3,34** г · см⁻³

Визуальное геометрическое альbedo **0,12**

Видимая звездная величина в полнолуние – **12,7^m**

Видимая звездная величина в первой/последней четверти – **10,5^m**

Физические характеристики Солнца и планет

Физические характеристики солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плотность г·см ⁻³	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты градусы	Гео- метр. аль- bedo	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	1.989·10 ³⁰	332946	697000	109.3	1.41	25.380 сут	7.25	–	–26.8
Меркурий	3.302·10 ²³	0.05271	2439.7	0.3825	5.42	58.646 сут	0.00	0.10	–0.1
Венера	4.869·10 ²⁴	0.81476	6051.8	0.9488	5.20	243.019 сут**	177.36	0.65	–4.4
Земля	5.974·10 ²⁴	1.00000	6378.1	1.0000	5.52	23.934 час	23.45	0.37	–
Марс	6.419·10 ²³	0.10745	3397.2	0.5326	3.93	24.623 час	25.19	0.15	–2.0
Юпитер	1.899·10 ²⁷	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	–2.7
Сатурн	5.685·10 ²⁶	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	26.73	0.47	0.4
Уран	8.683·10 ²⁵	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час**	97.86	0.51	5.7
Нептун	1.024·10 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

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

Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альbedo	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

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).