

**Задания муниципального этапа  
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии  
2024 – 2025 учебный год  
11 класс**

**время выполнения 180 минут  
максимальный балл- 48**

**Задача 1. Галактики столкнулись. (8 баллов)**

Две галактики, похожие на нашу, столкнулись со скоростью 1000 км/с. Оцените, сколько их звёзд при этом столкнётся друг с другом

**Задача 2. Время остановилось. (8 баллов)**

Самолёт взлетел и, взяв курс на запад, двигался строго по параллели со скоростью 850 км/ч. Прибыв в аэропорт назначения, пассажиры обнаружили, что время вылета и время прилёта по солнечным часам оказалось одинаковым. На какой географической широте проходил полёт?

**Задача 3. Движение Альтаира. (8 баллов)**

Звезда Альтаир, удалена от Солнца на 18 световых лет, движется перпендикулярно лучу зрения со скоростью 15,75 км/с. На сколько угловых секунд (А) переместится она за 100 лет для земного наблюдателя на фоне очень далёких объектов, например квазаров?

**Задача 4. Марсоход. (8 баллов)**

Марсоход управляется операторами с Земли, демонстрируя им телепанораму до расстояния 50 м от себя. Какова при этом должна быть безопасная скорость марсохода?

**Задача 5. Противостояния Марса. (8 баллов)**

Один из самых наилучших моментов при наблюдениях Марса это момент его противостояния. Последний раз Великое противостояние Марса произошло 28 августа 2003 года. Когда можно будет наблюдать следующее Величайшее противостояние Марса?

**Задача 6. Свеча на Луне. (8 баллов)**

С расстояния 1 км обычная восковая свеча выглядит как звезда  $8,25^m$ . Сможет ли космический телескоп «Хаббл», движущийся по орбите высотой 570 км над поверхностью Земли, заметить свечу, зажжённую ночью на земной

поверхности. А на Луне? («Хаббл» при съёмке с короткой экспозицией фиксирует точечные источники с минимальным блеском  $26^m$ , а при длительном накоплении света- до  $30^m$ .)

### Справочная информация, разрешенная 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  $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

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

#### Данные о Солнце

Радиус  $697\,000 \text{ км}$

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  $600 \text{ Вт/м}^2$

#### Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты  $0.0167$

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%)

#### Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли  $384400 \text{ км}$

Минимальное расстояние от Земли  $356410 \text{ км}$

Максимальное расстояние от Земли  $406700 \text{ км}$

Средний 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

Период прецессии узлов орбиты 18.6 лет

Масса  $7.348 \cdot 10^{22}$  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  $-12.7^m$

Видимая звездная величина в первой/последней четверти  $-10.5^m$

### *Физические характеристики солнца и планет*

Планета	Масса		Радиус		Плот-	Период	Наклон	Гео-	Вид.
Планета	Большая полуось		Эксцент-	риситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период	Гео-	Вид.
	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	
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	26.73	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

### *Характеристики орбит планет*

*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>							
Тетфия	$7.55 \cdot 10^{20}$	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

*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).