

**Задания муниципального этапа
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
2024/2025 учебного года
9 класс**

Решения заданий обязательно перенесите в бланк ответов!

При переносе заданий в бланк ответов, обязательно укажите номер задания. Решения в черновиках не оцениваются.

Время выполнения 150 минут. Максимальный балл - 48.

1 задание (8 баллов):

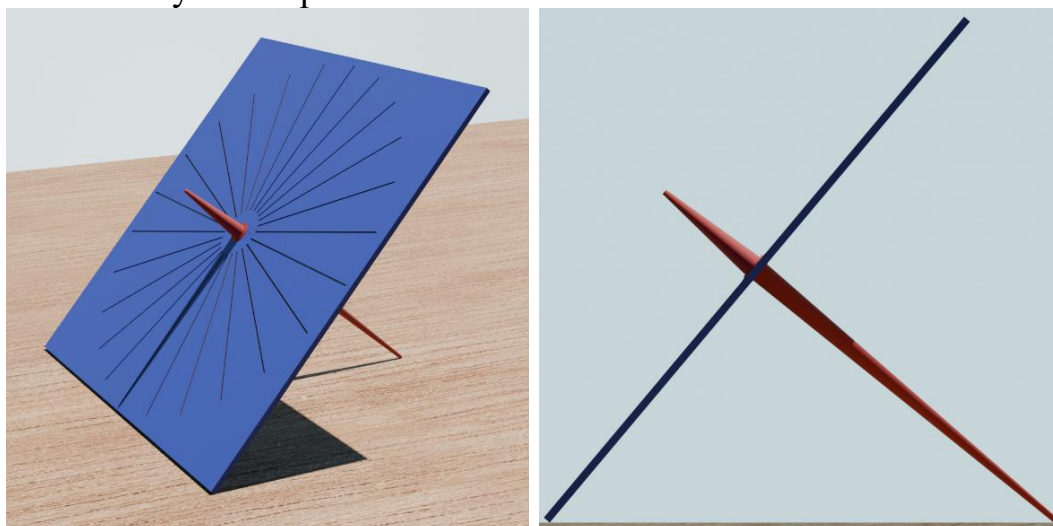
В указанных единицах измерения для Пана, Цереры и Титана вычислите недостающие в таблице данные: массу M , радиус объекта R , а также ускорение свободного падения g на его поверхности:

Объект	M , кг	R , км	g , м/с
Пан, спутник Сатурна		13	$1.942 \cdot 10^{-3}$
Церера, карликовая планета	$9.39 \cdot 10^{20}$		0.280
Титан, спутник Сатурна	$1.35 \cdot 10^{23}$	2575	

2 задание (8 баллов):

Школьник нашел в сети Интернет модель экваториальных солнечных часов для печати на 3D принтере. Возможно, ему придется их модифицировать в соответствии со своим местоположением. Определите, для какой широты подходят солнечные часы на изображениях ниже.

В экваториальных солнечных часах часовые деления нанесены на кадре из его центра через равные угловые промежутки. Его плоскость размещается в плоскости небесного экватора. Из центра кадра перпендикулярно ему располагается стержень-гномон, который при освещении Солнцем отбрасывает тень на циферблате, указывая истинное солнечное время. Часы устанавливаются на горизонтальную поверхность.



Слева – тень указывает истинное солнечное время. Справа – вид на солнечные часы сбоку.

3 задание (8 баллов):

Средняя плотность тёмных облаков, из которых могут формироваться звезды, составляет $\rho = 7 \cdot 10^{-20} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. Диаметр тёмных облаков варьируется от $1,65 \cdot 10^5$ а. е. до $4,13 \cdot 10^7$ а. е. Определите, сколько звезд, похожих на Солнце, может образоваться из самого маленького тёмного облака, если только из 1% массы вещества образуются звезды.

4 задание (8 баллов):

Угловой размер М57 (туманность Кольцо) составляет $2'$. Телескоп с диаметром объектива 120 мм формирует изображение М57 в фокальной плоскости, размер которого 0.291 мм. При наблюдении с некоторым окуляром он дает равнозачковое увеличение. Определите фокусные расстояния объектива и окуляра. Вычислите, на каком расстоянии располагается данный окуляр от объектива, если в телескопе используется оптическая схема Кеплера. Средний диаметр зрачка человеческого глаза в темноте равен 6 мм.

5 задание (8 баллов):

Укажите, являются ли приведенные утверждения верными или ошибочными. Ответ обязательно поясните.

- 1) Особенностью азимутальной монтировки является возможность с её помощью компенсировать суточное вращение объекта по небу за счет корректировки только по одной оси.
- 2) На земном экваторе видны созвездия Малая медведица и Южный крест.
- 3) Если путник из некоторой точки на экваторе пойдёт 5000 км на восток, затем столько же на север, далее 5000 км на запад, и, наконец, 5000 км на юг, то он вернется в исходную точку.
- 4) Смена фаз Луны происходит вследствие того, что тень от Земли падает на Луну.

6 задание (8 баллов):

Определите для указанных планет и их конфигураций, движутся они к востоку или к западу на небе Земли вследствие орбитального вращения вокруг Солнца. Полагая орбиты планет круговыми и лежащими в одной плоскости, вычислите для данных моментов времени линейные скорости планет относительно Земли (в км/с) и их геоцентрические угловые скорости на небе (в угловых минутах в день):

- 1) Меркурий, нижнее соединение
- 2) Венера, верхнее соединение
- 3) Юпитер, соединение
- 4) Марс, противостояние

Перенесите решения заданий в бланк ответов!

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

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 $c = 2.998 \cdot 10^8$ 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 $\mathcal{R} = 8.31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$

Постоянная Планка $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ кг·м²·с⁻¹

Масса протона $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ кг

Масса электрона $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$ кг

Астрономическая единица $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

$$\text{Парсек } 1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$$

Постоянная Хаббла $H = 72$ (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 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

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: N₂ (78%), O₂ (21%), Ar (~1%).

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км

Минимальное расстояние от Земли 356410 км

Максимальное расстояние от Земли 406700 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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Гео- метр. аль- бедо	Вид. звезд- ная вели- чина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли	г·см ⁻³		градусы		
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	697000	109.3	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.

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

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

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

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

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

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

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

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