

**Задания муниципального этапа
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
2024/2025 учебного года
11 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 180 минут. Максимум 48 баллов.

1 задание: Что за градусы? (8 баллов)

Из некоторого пункта на поверхности Земли наблюдается одна из восьми планет Солнечной системы. Измеренные наблюдателем сферические топоцентрические координаты планеты следующие: $(+37^{\circ}24', 358^{\circ}50')$.

Могут ли это быть эклиптические координаты планеты? экваториальные? горизонтальные? В каком пункте проходит наблюдение? Обязательно объясните свой ответ и подкрепите его вычислениями.

Считайте орбиты планет круговыми. Наклон экватора к эклиптике 23.5° , Меркурий, Венера и Марс имеют радиусы орбиты 0.387, 0.723 и 1.524 а.е. и наклоны орбит к эклиптике 7.00° , 3.39° и 1.85° соответственно. Остальные планеты имеют наклон орбиты к эклиптике, не превышающий 2.5° .

2 задание: И разглядеть всё легче (8 баллов)

Угловой размер M57 (туманность Кольцо) составляет $2'$. Телескоп с диаметром объектива 120 мм формирует изображение M57 в фокальной плоскости, размер которого 0.582 мм. При наблюдении с некоторым окуляром он дает равнозрачковое увеличение. Определите фокусные расстояния объектива и окуляра. Вычислите, на каком расстоянии располагается данный окуляр от объектива? Задний фокус объектива совмещен с передним фокусом окуляра. Диаметр зрачка наблюдателя 6 мм.

3 задание: Путешествие к Трисолярису (8 баллов)

Межзвездный корабль летит от Солнца до Проксимы Центавра. Корабельный астрофизик в середине пути, когда скорость корабля была направлена точно от Солнца к Проксиме, заметил интересное явление: длина волны, на которую пришелся максимум излучения и от Солнца, и от Проксимы, стала одинаковой.

Почему это произошло? С какой скоростью в этот момент двигался корабль? Ответ дайте в долях от скорости света в виде обыкновенной дроби.

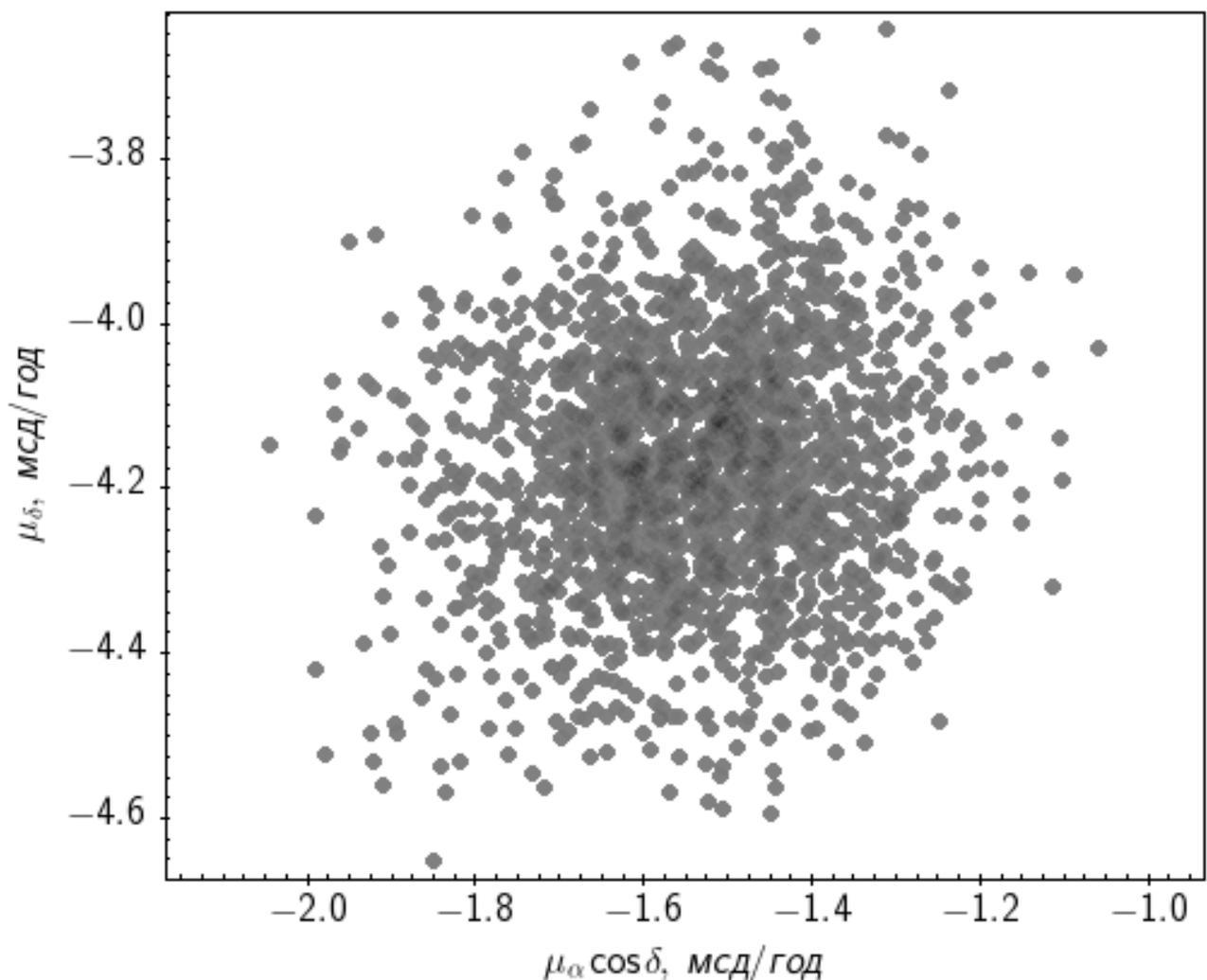
Исходные максимумы излучения Солнца и Проксимы приходятся на длины волн 550 нм и 950 нм соответственно. Считайте Проксиму и Солнце неподвижными друг относительно друга. Релятивистскими эффектами пренебрегите.

4 задание: Утиные истории (8 баллов)

Скопление Дикая Утка, ярчайшее в созвездии Щита, находится от Солнца на расстоянии 2.2 кпк, имеет экваториальные координаты $\alpha = 18^h 51^m 04^s$, $\delta = +06^\circ 16' 19''$ и лучевую гелиоцентрическую скорость 36 км/с. Звезды скопления имеют следующие собственные движения по экваториальным координатам (см. рисунок ниже).

За сколько часов скопление как целое переместится на 1 световую секунду относительно Солнца?

1 мсд (миллисекунда дуги) = $0.001''$, скорость света равна 300 000 км/с, $1 \text{ а. е.} = 1.496 \cdot 10^8 \text{ км}$.



5 задание: Пыль (8 баллов)

По круговой орбите с радиусом 3 а.е. вокруг Солнца обращается небольшая сферическая пылинка, равномерно прогреваясь солнечными лучами до термодинамического равновесия. Пренебрегая любыми другими источниками энергии, кроме Солнца, определите эффективную температуру пылинки, если её сферическое альbedo 75%. Ответ выразите в целых кельвинах. Эффективная температура Солнца 5780 К, радиус Солнца 700 000 км.

6 задание: Крутятся далекие планеты (8 баллов)

Определите для указанных планет и их конфигураций, движутся они на восток или на запад 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 (орбитальный период 87.97 суток) , нижнее соединение
- 2) Венера (224.70 суток), верхнее соединение
- 3) Марс (686.98 суток), противостояние
- 4) Юпитер (11.862 лет), соединение

Орбитальный период Земли – 365.26 суток, солнечный гравитационный параметр $GM_{\odot} = 1.327 \cdot 10^{20} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2}$.

Перенесите решения заданий в бланк ответов!

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					
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.				
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).