

Пермский край
2024-2025 учебный год
**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
9 КЛАСС**

Уважаемый участник олимпиады!

Вам предстоит выполнить теоретические задания.

Выполнение заданий тура целесообразно организовать следующим образом:

- не спеша, внимательно прочитайте задание и уясните суть вопроса;
- если это тестовое задание, то прочитайте все предложенные варианты ответа и проанализируйте каждый из них, учитывая формулировку задания; определите, какой из предложенных вариантов ответа наиболее верный;
- если это задание, которое требует развернутого ответа, то запишите подробное решение; помните, что черновики жюри не проверяет, поэтому Ваш ответ должен содержать все этапы решения задания в чистовом варианте;
- не спешите сдавать решения досрочно, ещё раз проверьте все ответы;
- задание теоретического тура считается выполненным, если Вы вовремя сдаёте его членам жюри.

К комплекту заданий прилагается справочная информация, разрешенная к использованию на муниципальном этапе олимпиады.

Время выполнения заданий – 120 минут (2 часа). Максимальная оценка за выполнение всех олимпиадных заданий – 50 баллов.

Задание 1. (8 баллов)

На рис. 1 представлена фотография звезды Бетельгейзе на ночном небе.

а) Укажите расположение Бетельгейзе на фотографии.

б) Назовите созвездие, в котором находится Бетельгейзе.

в) Какие из нижеперечисленных объектов могут располагаться рядом со звездой Бетельгейзе на ночном небе?

Ответы поясните.

- Луна
- Венера
- искусственный спутник Земли
- комета



Рис. 1. Звезда Бетельгейзе

Задание 2. (8 баллов)

Сопоставьте названия космических объектов (аппаратов) и утверждения о них. Ответы нужно представить в следующем формате, например: 1 – А, 2 – Б, 3 – В, и т.д.

1.	Космический корабль «Восток-1»	А.	Самый крупный космический телескоп с самым большим зеркалом из когда-либо запущенных человечеством.
2.	Зонд «Паркер»	Б.	Советская автоматическая межпланетная станция, запущенная по программе исследования планеты Венера.
3.	Космический зонд «Вояджер-1»	В.	Запущена НАСА 27 сентября 2007 года для исследования астероида Веста и карликовой планеты Цереры.
4.	Джеймс Уэбб	Г.	Автоматический космический аппарат НАСА для изучения внешней короны Солнца. Предполагается, что он приблизится к «поверхности» Солнца (фотосфере) на расстояние 8,86 радиуса Солнца.
5.	Кьюриосити	Д.	Стал первым космическим зондом, который сделал детальные снимки спутников Юпитера и Сатурна. Является самым быстрым из покидающих Солнечную систему космических зондов, а также наиболее удалённым от Земли объектом из созданных человеком.
6.	Кеплер	Е.	Первый в мире космический аппарат, поднявший на своём борту человека на околоземную орбиту.
7.	Венера-12	Ж.	Космическая обсерватория НАСА, орбитальный телескоп со сверхчувствительным фотометром, специально предназначенный для поиска экзопланет.
8.	Автоматическая межпланетная станция «Dawn»	З.	Марсоход третьего поколения, разработанный для исследования кратера Гейла на Марсе в рамках миссии НАСА «Марсианская научная лаборатория».

Задание 3. (8 баллов)

Приливы и отливы – периодические колебания уровня океана или моря, являющиеся результатом воздействия гравитационных сил Луны и Солнца на Землю. Поясните, какие приливы и отливы называются сизигийными? Сопроводите пояснения схематичными рисунками, показывающими взаимное расположение Земли, Луны и Солнца в эти моменты.

Задание 4. (8 баллов)

Наблюдатель, находящийся на экваторе Земли ($\varphi = 0^\circ$), заметил, что высота некоторой звезды во время верхней кульминации равна 65° .

а) Сможет ли наблюдатель определить высоту данного светила во время нижней кульминации, когда звезда будет под горизонтом? Ответ поясните.

б) По какой линии будет двигаться эта звезда в течение суток? Сделайте схематичный рисунок, показывающий траекторию движения звезды.

в) Определите через какое время по местным часам после верхней наступит нижняя кульминация светила?

Задание 5. (8 баллов)

Сравнительно недавно, в 2023 году была обнаружена комета C/2023 A3 (Цзыцзиньшань-ATLAS). Она уже успела обрести завидным статусом – ее называют кометой века. Особенность ее заключается в очень ярком красивом «хвосте», который можно будет увидеть даже через бинокль.

Открыли комету 22 февраля 2023 года в Южной Африке с помощью телескопа ATLAS. Сначала ей дали название A10SVYR, но чуть ранее, 9 января 2023 года, эту же комету сфотографировали телескопом в обсерватории Цзыцзиньшань (Китай), поэтому комета в итоге получила название C/2023 A3 (Цзыцзиньшань-ATLAS). Буква С здесь означает то, что комета непериодическая – она происходит из Облака Оорта и проходит через Солнечную систему всего один раз. Цзыцзиньшань-ATLAS означает, что открытие было сделано с помощью телескопов обсерватории Цзыцзиньшань и системы ATLAS. A3 – это третий объект, обнаруженный в январе.

Точку перигелия C/2023 A3 пройдёт 27 сентября 2024 года на минимальном расстоянии 0,39 а.е. от Солнца. Это расстояние близко к размеру большой полуоси орбиты Меркурия. Её максимальная скорость относительно Солнца составит 67,3 км/с. Считая, что в этот момент комета для наблюдателя будет находиться вблизи наибольшей восточной элонгации, определите угловое расстояние кометы от Солнца при наблюдении с Земли. Сделайте схематичный рисунок, указав на нем расположение Солнца, Земли и кометы.

Задание 6. (10 баллов)

Рассеянное звёздное скопление представляет собой группу звёзд (числом вплоть до нескольких тысяч), образованных из одного гигантского молекулярного облака и имеющих примерно одинаковый возраст. В нашей Галактике открыто более чем 1100 рассеянных скоплений, но предполагается, что их гораздо больше. Некоторые рассеянные скопления, такие как Плеяды (рис. 2), Гиады или Скопление Альфа Персея, видны невооружённым глазом.



Рис. 2. Рассеянное звёздное скопление М 45 Плеяды в созвездии Тельца

Звёзды в таких скоплениях связаны друг с другом относительно слабыми гравитационными силами, поэтому по мере обращения вокруг галактического центра скопления могут быть разрушены из-за близкого прохождения возле других скоплений или облаков газа. В этом случае образующие их звёзды становятся частью обычного населения галактики. Отдельные звёзды также могут быть выброшены в результате сложных гравитационных взаимодействий внутри скопления.

Известно, что некоторое рассеянное скопление, которое содержит 1500 звёзд, на первом этапе своей эволюции теряет по 70 звёзд каждые 120 000 лет. Через 200 000 лет оно стало распадаться быстрее. Во сколько раз увеличивается скорость потери звезд скоплением на втором этапе, если через 800 000 лет от начала эволюции в нём остается около 20% звезд от первоначального количества?

Справочная информация, разрешенная к использованию на ВсОШ

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

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

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

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 $-26,78^{\text{m}}$

Абсолютная болометрическая звездная величина $+4,72^{\text{m}}$

Показатель цвета (B–V) $+0,67^{\text{m}}$

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 $365,24219 \text{ суток}$

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: N_2 (78%), O_2 (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

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		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Гео-метр. аль-bedo	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли			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	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

Планета	Большая полуось		Эксцент- риситет	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. альбедо	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).