

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Тульский государственный
педагогический университет им. Л.Н. Толстого
(ФГБОУ ВО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого»)**



**Задания муниципального этапа всероссийской олимпиады
школьников 2023/2024 учебного года
по астрономии**

*(с учетом методических рекомендаций, подготовленных центральными
предметно-методическими комиссиями олимпиады)*

Тула 2023

Организация и проведение муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников 2023/24 учебного года по астрономии осуществляется в соответствии с Методическими рекомендациями по проведению школьного и муниципального этапов всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2023/2024 учебном году, утв. на заседании центральной предметно-методической комиссии всероссийской олимпиады школьников по астрономии 02.06.2023, протокол № 1 (URL: <https://vserosolimp.edsoo.ru/astronom>), и в строгом соответствии с требованиями, представленными ниже.

Муниципальный этап проводится независимо для школьников 7 – 11 классов. В соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады, участник (в том числе моложе 7 класса) выполняет задания за более старший класс, если он выполнял задания школьного этапа за этот же класс. Он должен быть предупрежден, что в случае квалификации в список участников последующих этапов всероссийской олимпиады (регионального, заключительного) он будет выступать там в той же старшей параллели.

Обучающимся каждой возрастной параллели предлагается решить 6 задач, на выполнение которых отводится 90 минут в 7 – 8 классах и 180 минут в 9 – 11 классах.

Во время работы над заданиями участник олимпиады имеет право:

1. Пользоваться любыми своими канцелярскими принадлежностями.
2. Пользоваться собственным непрограммируемым калькулятором, а также просить наблюдателя временно предоставить ему калькулятор.
3. Обращаться с вопросами по поводу условий задач, приглашая к себе наблюдателя поднятием руки.
4. Принимать продукты питания.
5. Временно покидать аудиторию, оставляя у наблюдателя свой комплект олимпиадных заданий.

Во время работы над заданиями участнику запрещается:

1. Пользоваться мобильным телефоном (в любой его функции).
2. Пользоваться любой другой вычислительной техникой, кроме непрограммируемого калькулятора (карманным компьютером, планшетом и т.д.).
3. Пользоваться какими-либо источниками информации; вся необходимая справочная информация приведена в тексте заданий.
4. Обращаться с вопросами к кому-либо, кроме наблюдателя, членов Оргкомитета и жюри.
5. Запрещается одновременный выход из аудитории двух и более участников.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- 1) Каждому участнику олимпиады Оргкомитет должен предоставить бумагу для выполнения олимпиадных заданий: тетрадь в клетку или листы формата А4. Желательно иметь в аудитории несколько запасных ручек синего или черного цвета.
- 2) Жюри олимпиады оценивает записи, приведенные в чистовике. Черновики не проверяются.
- 3) Правильный ответ, приведенный без обоснования или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается.
- 4) Если задача решена не полностью, то этапы ее решения оцениваются в соответствии с критериями оценивания по данной задаче, где указаны максимальные баллы за каждый элемент решения. Поощрительные баллы могут быть поставлены за наличие хотя бы ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи.
- 5) Все пометки в работе участника члены жюри делают только красными чернилами.
- 6) Баллы за промежуточные выкладки ставятся около соответствующих мест в работе (это исключает пропуск отдельных пунктов из критериев оценивания).
- 7) Итоговая оценка за задачу ставится в конце решения. Кроме того, член жюри заносит ее в таблицу на первой странице работы и ставит свою подпись под оценкой.
- 8) В случае неверного решения необходимо находить и отмечать ошибку, которая к нему привела.

7 класс

7.1. Башня отбрасывает тень, длина которой равна $l = 10$ метров. Солнце находится на высоте $h = 60^\circ$ над горизонтом. Определите высоту башни H .

7.2. В Туле кульминирует созвездие Рака. Какое зодиакальное созвездие будет кульминировать в населенном пункте, находящемся в двух часах восточнее Тулы по долготе?

7.3. Если считать, что самый жаркий день наступает, когда Солнце проходит в суточном движении через зенит, укажите, какие дни будут самыми «жаркими», а какие самыми «холодными» на земном экваторе.

7.4. Как меняется продолжительность самого длинного дня в году при перемещении от экватора к полярному кругу вдоль меридиана?

7.5. Индейцы Мезоамерики обитали в высоких горах ($H = 4500$ м над уровнем океана) на широте $\varphi = 13^\circ$ с. ш. Имели ли они теоретическую возможность наблюдать южный полюс мира? Радиус Земли считать равным $R = 6371$ км.

7.6. Сириус. Космический корабль покидает Солнечную систему со скоростью $v = 20$ км/с и направляется в систему Сириуса, расстояние до которой $L = 8 \cdot 10^{16}$ м. Через сколько лет корабль достигнет Сириуса? 1 год = $3,2 \cdot 10^7$ с.

8 класс

8.1. Где дни длиннее. Как меняется продолжительность самого длинного дня в году при перемещении от экватора к полярному кругу вдоль меридиана?

8.2. Полёт в туманность Андромеды.

Звездолёт отправляется в большое космическое путешествие из Солнечной системы в галактику Андромеды М31, расстояние до которой $L = 2,4 \cdot 10^{22}$ м. Сколько времени будет длиться такое путешествие, если скорость звездолёта $v = 500$ км/с? Время полёта выразить в секундах и годах. $1 \text{ год} = 3,2 \cdot 10^7$ с.

8.3. Галактика.

Найти период T обращения Солнца вокруг центра Галактики. Расстояние от Солнца до центра Галактики $r = 8000$ пк. Орбитальная скорость Солнца $v = 220$ км/с. Результат выразить в секундах и годах. $1 \text{ год} = 3,2 \cdot 10^7$ с. $1 \text{ пк} = 3,1 \cdot 10^{16}$ м.

8.4. Сколько их туда влезет?

Сколько нейтронных звезд можно вместить в звезду типа Солнца? Звёзды имеют форму шара.

Радиус нейтронной звезды $r = 10$ км. Радиус звезды $R = 10^6$ км.

Объём шара радиуса R : $V = \frac{4\pi R^3}{3}$.

8.5. «Проволока».

Предположим, что из вещества Земли удалось сделать проволоку длиной от Земли до туманности Андромеды (длина проволоки $L = 2,4 \cdot 10^{22}$ м). Оценить диаметр d такой проволоки. Радиус Земли $R = 6400$ км.

Объём шара радиуса R : $V_{ш} = \frac{4\pi R^3}{3}$. Объём проволоки диаметра d : $V_{пр} = \frac{\pi d^2 L}{4}$.

8.6. Белый карлик. Масса этой звезды $M \approx M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$ кг, средняя плотность $\rho = 1,4 \cdot 10^6$ г/см³. Оцените радиус R этой звезды (в единицах солнечного радиуса $R_{\odot} = 7 \cdot 10^8$ м).

9 класс

9.1. В Туле кульминирует созвездие Рака. Какое зодиакальное созвездие будет кульминировать в населенном пункте, находящемся в двух часах восточнее Тулы по долготе?

9.2. Индейцы Мезоамерики обитали в высоких горах ($H = 4500$ м над уровнем океана) на широте $\varphi = 13^\circ$ с. ш. Имели ли они теоретическую возможность наблюдать южный полюс мира? Радиус Земли считать равным $R = 6371$ км.

9.3. Каково зенитное расстояние Солнца в момент верхней кульминации в день летнего солнцестояния на широте Тулы ($\varphi = 54^\circ$)? Чему равен угол наклона круга высоты Солнца к эклиптике в этот момент?

9.4. Лучевая скорость Арктура равна $v_r = -22$ км/с, а тангенциальная скорость $v_t = 23$ км/с. Найти пространственную скорость звезды и угол, образованный направлением движения звезды с лучом зрения.

9.5. Облако. Оценить массу M облака (в единицах солнечной массы M_\odot) межзвёздной среды, если его размер $R \approx 10$ пк, а концентрация частиц $n \approx 100$ см⁻³. Масса одной частицы облака $m_0 \approx 3 \cdot 10^{-24}$ г. Для объёма облака принять оценочную формулу $V \approx R^3$.

1 пк $\approx 3,1 \cdot 10^{18}$ см. Масса Солнца $M_\odot = 2 \cdot 10^{33}$ г.

9.6. Странная планета. Вокруг этой планеты по круговой орбите обращается спутник с минимальным периодом обращения $T_m = 100$ с. Какой вывод можно сделать о величине средней плотности ρ этой планеты? Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

10 класс

10.1. На какую высоту необходимо вывести космический аппарат, чтобы его параболическая скорость стала в два раза меньше второй космической скорости?

10.2. Аккреционная светимость.

Аккрецией называется падение вещества на звезду под действием её притяжения. Если падающее вещество при столкновении с поверхностью звезды высвечивает всю энергию, приобретённую под действием сил гравитации, то светимость аккрецирующей звезды равна

$L = \dot{M} \cdot \frac{GM}{R}$, где \dot{M} - темп аккреции (масса вещества, падающего за 1 с на поверхность

звезды), M и R – масса и радиус звезды, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – гравитационная постоянная. Определите темп аккреции (в кг/с и в массах Солнца в год), который мог бы обеспечить наблюдаемую светимость Солнца.

1 год = $3 \cdot 10^7$ с. Данные о Солнце: $L_{\odot} = 4 \cdot 10^{26}$ Вт, $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$ кг, $R_{\odot} = 7 \cdot 10^8$ м.

10.3. Разрушение планетной системы.

Планета движется вокруг своей звезды по круговой орбите. На каком-то этапе своей эволюции звезда мгновенно теряет часть своей массы. В результате планета безвозвратно уходит от своей звезды. Какую часть своей массы потеряла звезда?

10.4. Вращение Земли.

Длительность суток на Земле в современную эпоху $T_0 = 24$ часа. Однако из-за приливного трения продолжительность суток на Земле увеличивается на $\Delta T = 10^{-3}$ с за $\Delta t = 100$ лет.

1). Считая вращение Земли равнозамедленным, найдите угловое ускорение ε Земли. 1 год = $3,2 \cdot 10^7$ с.

Указание: примените формулу «приближённого вычисления» $(1 \pm x)^n = 1 \pm nx$ при $x \ll 1$.

2). Предположим, что когда-нибудь Земля перестанет вращаться вокруг своей оси. Через сколько лет (τ) это произойдёт?

10.5. Нейтронная звезда.

Рассмотрим нейтронную звезду со средней плотностью $\rho = 10^{18} \text{ кг/м}^3$. Предположим, что радиус этой звезды равен предельному радиусу $R = \alpha \cdot R_g$, где $\alpha = 4/3$; $R_g = 2GM / c^2$ - гравитационный радиус звезды; M - масса звезды; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – гравитационная

постоянная; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме. Вычислить радиус R (в км) этой звезды и её массу M (в единицах солнечной массы M_{\odot}). Масса Солнца $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$ кг.

10.6. Сферическая форма небесных тел.

Где проходит граница между малыми и большими небесными телами? Начиная с какой «критической» массы $M_{кр}$, с какого «критического» размера $R_{кр}$ небесное тело будет иметь сферическую форму? Численные оценки получите для тел из гранита. Плотность гранита $\rho = 2700$ кг/м³. Предел прочности гранита $\sigma_m = 10^8$ Па. Для объема несферического тела принять оценочную формулу $V \approx R^3$, где R – характерный размер тела.

$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг² – гравитационная постоянная.

11 класс

11.1. «Убегание от Солнца». Космический аппарат (КА) выходит из сферы действия Юпитера со скоростью $V_0 = 24$ км/с относительно Солнца. 1). По какой траектории КА удаляется от Солнца? 2). С какой скоростью (в км/с) КА будет двигаться в межзвездном пространстве?

Масса Солнца $M_\odot = 2 \cdot 10^{30}$ кг. Расстояние от Солнца до Юпитера $r_0 = 5,2$ а.е. Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг². 1 а.е. = 150 млн. км.

11.2. Белый карлик 40 Eri B. Он имеет эффективную температуру поверхности $T = 17000$ К и абсолютную звёздную величину $M = 11,0^m$. 1). Найти его светимость (в единицах солнечной светимости L_\odot). 2). Найти его радиус R (в км).

Радиус Солнца $R_\odot = 7 \cdot 10^8$ м. Эффективная температура поверхности Солнца $T_\odot = 5800$ К.

11.3. Наша Солнечная система приближается звезде Вега со скоростью $v = 14$ км/с. Параллакс Веги $\pi = 0,12''$. Через сколько лет видимый блеск Веги увеличится на $0,1^m$? $1 \text{ пк} \approx 3,1 \cdot 10^{18}$ см.

11.4. Вращение Земли.

Длительность суток на Земле в современную эпоху $T_0 = 24$ часа. Однако из-за приливного трения продолжительность суток на Земле увеличивается на $\Delta T = 10^{-3}$ с за $\Delta t = 100$ лет.

1). Считая вращение Земли равнозамедленным, найдите угловое ускорение ε Земли. 1 год = $3,2 \cdot 10^7$ с.

Указание: примените формулу «приближённого вычисления» $(1 \pm x)^n = 1 \pm nx$ при $x \ll 1$.

2). Предположим, что когда-нибудь Земля перестанет вращаться вокруг своей оси. Через сколько лет (τ) это произойдёт?

11.5. Нейтронная звезда.

Рассмотрим нейтронную звезду со средней плотностью $\rho = 10^{18}$ кг/м³. Предположим, что радиус этой звезды равен предельному радиусу $R = \alpha \cdot R_g$, где $\alpha = 4/3$; $R_g = 2GM/c^2$ - гравитационный радиус звезды; M - масса звезды; $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг² - гравитационная постоянная; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света в вакууме. Вычислить радиус R (в км) этой звезды и её массу M (в единицах солнечной массы M_\odot). Масса Солнца $M_\odot = 2 \cdot 10^{30}$ кг.

11.6. Сферическая форма небесных тел.

Где проходит граница между малыми и большими небесными телами? Начиная с какой «критической» массы $M_{кр}$, с какого «критического» размера $R_{кр}$ небесное тело будет иметь сферическую форму? Численные оценки получите для тел из гранита. Плотность гранита $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$. Предел прочности гранита $\sigma_m = 10^8 \text{ Па}$. Для объема несферического тела принять оценочную формулу $V \approx R^3$, где R – характерный размер тела.

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – гравитационная постоянная.