

Бутина Елена Валерьевна

учитель

МБОУ «СОШ №31»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

СОСТАВЛЕНИЕ ЗАДАЧ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ УЧАЩИХСЯ К ОЛИМПИАДАМ ПО АСТРОНОМИИ

Аннотация: в статье рассматривается проблема дефицита тренировочных заданий среднего и высокого уровня сложности для подготовки школьников к олимпиадам по астрономии. Автор предлагает методику самостоятельного составления задач с использованием доступных источников: астрономических фотографий, справочных данных, открытых научных статей и специализированных сайтов. Приводятся конкретные примеры заданий по обработке снимков Луны, анализу кривых блеска затменных переменных звёзд и решению комбинированных задач по сферической астрономии. Показано, что работа с реальными данными развивает практические навыки и повышает эффективность подготовки к олимпиадам.

Ключевые слова: астрономия, олимпиадная подготовка, тренировочные задачи, обработка изображений, затменные переменные звёзды, сферическая астрономия, практический тур, методика преподавания.

При подготовке учащихся к олимпиадам по астрономии одна из основных проблем – сравнительно небольшое количество тренировочных заданий среднего и высокого уровня сложности. Чаще всего используются задачи олимпиад прошлых лет [1] и сборники задач [2], [3], [4]. В последнее время появились новые сборники задач, например, [5], [6], но этого бывает недостаточно. Особую сложность представляет подготовка к практическому туру. Во-первых, учащимся сложно обрабатывать снимки и графики, т.к. у них нет навыков подобной работы, во-вторых, набор практических задач, доступных для разбора, довольно ограничен. Поэтому возникает необходимость научиться составлять тренировочные задачи для подготовки к олимпиадам, используя доступные справочные данные,

статьи по астрономии, астрономические фотографии, выложенные в общий доступ или полученные самостоятельно.

Обработка фотографий Луны

Проще всего получить фотографии Луны в разных фазах на телефон или фотоаппарат. Задания, которые можно предложить учащимся начального уровня подготовки по обработке снимков:

- определить фазу Φ как отношение диаметра освещенной части к диаметру Луны,

- определить фазовый угол φ по формуле

$$\Phi = \frac{1 + \cos(\varphi)}{2}$$

- найти на снимке основные детали рельефа Луны: океан Бурь, море Дождей, море Кризисов и т. д.,

- определить диаметры крупных кратеров и сравнить полученные значения со справочными данными.

Выполнение подобных заданий приучает учащихся к аккуратности при выполнении измерений, актуализирует знания, полученные на уроках геометрии (например, определение радиуса окружности методом хорд). Как показывает практика, не все учащиеся имеют необходимые навыки для выполнения подобных заданий, что в дальнейшем сказывается на выполнении заданий олимпиад высокого уровня.

После выполнения подобных заданий можно переходить, например, к обработке фотографий затмений. Технически проще получить фотографии лунных затмений. По ним можно определить, например, радиус земной тени и скорость движения Луны. С подобной работой справляются даже учащиеся 7 класса [7]. Сведения о предстоящих затмениях и снимки небесных тел (в свободном доступе) можно найти, например, на сайте astronet.ru.

Затменные переменные звёзды

На практическом туре олимпиад высокого уровня часто встречаются задачи на обработку кривых блеска и кривых лучевых скоростей затменных переменных

звёзд или звёзд, обладающих планетными системами. В статьях, выложенных в открытый доступ, можно найти данные графики. Большое количество данных об экзопланетах можно найти, например, на сайтах [8], [9]. В качестве примера составления задачи рассмотрим кривую лучевых скоростей двойной звезды CC Cas [10]:

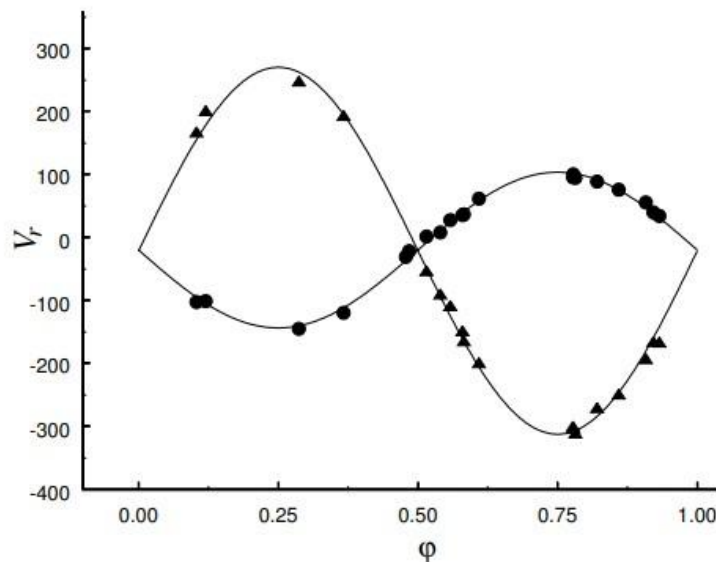


Рис. 1. Кривая лучевых скоростей двойной звезды CC Cas

Задание: по кривой лучевых скоростей двойной звезды CC Cas определить массы звёзд и большие полуоси их орбит. Период обращения звёзд равен $T = 3,366$ сут. Орбиты звёзд считать круговыми и лежащими перпендикулярно картинной плоскости. Кривая блеска одной из звёзд на графике обозначена треугольниками, второй – кружками.

Решение:

По графику определим скорость центра масс системы (точки пересечения кривых), она составляет примерно $v_0 = -20,1 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ (знак "-" означает, что центр масс движется к наблюдателю). Лучевые скорости звёзд определяются относительно центра масс, т.е. по графику находим разность максимального значения скорости звезды и скорости центра масс. Получаем значения скоростей компонентов $v_1 = 123,9 \text{ км/с}$ и $v_2 = 292,4 \text{ км/с}$.

По формуле скорости движения по окружности

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{T}$$

определяем радиусы орбит a_1 и a_2 . Удобнее перевести значения из километров в астрономические единицы: $a_1 = 0,038$ а. е., $a_2 = 0,091$ а. е.

По III уточнённого закона Кеплера определяем суммарную массу звёзд, сравнивая систему с системой Земля – Солнце:

$$\frac{T_3^2 \cdot (M_1 + M_2)}{T_c^2 \cdot M_c} = \frac{(a_1 + a_2)^3}{a_c^3}$$

Здесь период обращения Земли вокруг Солнца $T_c = 1$ год, большая полуось орбиты Земли $a_c = 1$ а. е., масса Солнца $M_c = 1$. Суммарная масса системы равна $M_1 + M_2 = 24,92 \cdot M_c$

Отношение масс компонентов можно определить из III закона Ньютона. Угловые скорости звёзд равны между собой, поэтому можно записать равенство

$$M_1 \cdot a_1 = M_2 \cdot a_2$$

и найти отношение масс звёзд. Зная сумму и отношение масс, можно найти массу каждой звезды: $M_1 = 17,5 \cdot M_c$, $M_2 = 7,5 \cdot M_c$.

Комбинированные задачи

С применением общедоступных справочных данных можно составлять комбинированные задачи. У учащихся чаще всего возникают затруднения при решении задач по сферической астрономии и задач с применением некоторых постоянных, которые обычно не приводятся в сборниках справочных материалов для школьников, например, значения разрешающей способности глаза, поглощения света в атмосфере, проникающей способности глаза и т. д. Решение нескольких однотипных задач помогает учащимся запомнить значения этих постоянных. В стандартных сборниках задач есть подобные задачи высокого уровня сложности, но задач среднего уровня почти нет. Рассмотрим примеры таких задач.

Условие:

Может ли наблюдатель на экваторе увидеть невооруженным глазом звезду Кохаб (β UMi)?

Справочные данные: видимая звёздная величина β UMi равна $m = +2^m$, склонение $\delta = 74^\circ$ [11].

Решение:

В верхней кульминации зенитное расстояние звезды находится по формуле [12]

$$z = |\delta - \varphi|$$

На экваторе широта $\varphi = 0$, следовательно, зенитное расстояние будет равно 74° . Определим видимую звездную величину звезды на таком зенитном расстоянии. Известно, что поглощение света в направлении на зенит равно $0,2^m$ [13]. Высота однородной атмосферы на Земле равна $h = 8$ км. Длина пути светового луча в атмосфере равна

$$L = \frac{h}{\cos(z)}$$

и на каждые 8 км поглощение составляет $0,2^m$. Отсюда общее поглощение составляет примерно 7^m , т.е. видимая звездная величина в верхней кульминации будет равна

$$m = 2^m + 7^m = 9^m,$$

и невооруженным глазом звезда не видна (предельная звёздная величина, видимая невооруженным глазом, равна $+6^m$).

Задачу можно изменить, предложив учащимся найти, на какой широте Кохаб становится доступным для наблюдения, т.е. в верхней кульминации видимая звёздная величина будет равна $m = +6^m$ (проницающая способность глаза).

Решение:

Изменение звёздной величины вследствие поглощения света в атмосфере равно 4^m , отсюда получаем значение зенитного расстояния:

$$\cos(z) = \frac{h}{L} = \frac{0,2^m}{4^m} = 0,05$$

Тогда зенитное расстояние равно

$$z = \arccos(0,05) = 87^\circ$$

а широта места наблюдения

$$\varphi = z - \delta = 87^\circ - 74^\circ = 13^\circ$$

В качестве дополнительного задания здесь можно предложить найти высоту однородной атмосферы для Земли, используя справочные данные, известные из курса физики 7 класса. Атмосферное давление у поверхности Земли равно примерно 100 кПа, средняя плотность воздуха $1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, ускорение свободного падения $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, тогда из формулы гидростатического давления

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

получаем значение $h = 7910 \text{ м} \approx 8 \text{ км}$. Для закрепления материала можно предложить учащимся найти высоту и массу однородной атмосферы для Венеры и Марса.

Заключение

В настоящее время в сети можно найти необходимые материалы для составления тренировочных задач по астрономии. Это позволит более эффективно готовить учащихся к олимпиадам по астрономии.

Список литературы

1. Всероссийская Олимпиада Астрономия – URL: <http://www.astroolymp.ru> (дата обращения: 21.08.2026).
2. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач по астрономии : пособие для учащихся / Б.А. Воронцов-Вельяминов. – М. : Просвещение, 1980. – 56 с.
3. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и практических упражнений по астрономии / Б.А. Воронцов-Вельяминов. – М. : Наука, 1977. – 272 с. : ил.
4. Олимпиады по астрономии и космической физике : приложение к журналу «Квант» № 4/1998 / сост. М.Г. Гаврилов ; под ред. В.Г. Сурдина. – М. : Бюро Квантум, 1998. – 128 с.
5. Татарников А.М. Астрономия : сборник задач и упражнений / А.М. Татарников, О.С. Угольников, Е.Н. Фадеев. – М. : Просвещение, 2018. – 160 с.
6. Астрофизический дивертисмент : задачи и упражнения по астрономии и астрофизике : учеб.-метод. пособие / А.В. Веселова, М.И. Волобуева, М.А. Пирогов, И.А. Утешев. – М. : Сам Полиграфист, 2018. – 154 с.

7. Гранек Анна. IV Всероссийская (с международным участием) научная конференция учащихся имени Н.И. Лобачевского : тезисы докладов, 4–7 класс (Казань, 29 марта – 1 апреля 2019 г.) / А. Гранек. – Казань, 2019. – С. 36. – URL: <https://web.archive.org/web/20211224193639/https://admissions.kpfu.ru/sites/default/files/Центр%20РсОШ/Тезисы%204–7%202019.pdf> (дата обращения: 21.08.2026).
8. NASA Exoplanet Archive. – URL: <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu> (дата обращения: 21.08.2026).
9. Все планеты. – URL: <http://www.allplanets.ru> (дата обращения: 21.08.2026).
10. Горда С.Ю. ПЗС-спектрометрия СС Cas. I. Кривые лучевых скоростей / С.Ю. Горда // Астрофизический бюллетень. – 2013. – Т. 68, № 1. – С. 104–110. – URL: <https://www.sao.ru/Doc-k8/Science/Public/Bulletin/Vol68/N1/p104.pdf> (дата обращения: 21.08.2026). – EDN RGSOPJ
11. Кохаб. – URL: <https://ru.ruwiki.ru/wiki/Кохаб> (дата обращения: 21.08.2026).
12. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия 11 класс / Б.А. Воронцов-Вельяминов. – М. : Просвещение, 1991.
13. Астрономический календарь : постоянная часть / под ред. В.К. Абалакина. – М. : Наука, 1981. – С. 606.