

Тренерский штаб сборной команды Российской Федерации  
на Международной олимпиаде по астрономии и астрофизике

Учебно-тренировочные сборы по астрономии и астрофизике

## Теоретический тест

### 1. Начнём с мазеров (5 баллов)

*А. В. Веселова*

Лучевая скорость мазерного источника относительно Солнца составляет 27 км/с. Источник находится в плоскости симметрии Млечного Пути, а его галактическая долгота равна  $20^\circ$ . Оцените расстояние до источника в предположении, что объект так же, как и Солнце, находится на плато кривой вращения Галактики.

### 2. Повесть о массах (5 баллов)

*И. А. Утешев*

Максимальное угловое расстояние между компонентами двойной звёздной системы совпадает с годичным параллаксом её компонентов. Период обращения этой системы составляет 40 суток. Найдите массы образующих эту систему звёзд, если отношение амплитуд их наблюдаемых лучевых скоростей равно 3. Орбиты компонентов системы считайте круговыми.

### 3. Лаймовая линия (5 баллов)

*М. И. Волобуева*

Оцените массу нейтрального водорода на луче зрения (в  $\text{г}/\text{см}^2$ ), производящего заметное (порядка 10%) поглощение в центре линии  $L_\alpha$ . При температуре газа около 100 К коэффициент поглощения в центре этой линии в расчёте на один атом равен  $10^{-12} \text{ см}^2$ .

### 4. Я вам запрещаю × наблюдать (5 баллов)

*И. А. Утешев*

Искусственный спутник Земли размером 10 м, белый и круглый, разрешается в телескоп (эффективная апертура 20 см) лишь вблизи перигея при  $\text{Seeing} = 2''$ , а вблизи апогея перестаёт наблюдаться вовсе. Оцените период обращения этого спутника.

### 5. Марсианский загар (5 баллов)

*И. А. Утешев*

Сол — это марсианские средние солнечные сутки. На сколько процентов сол длиннее земных средних солнечных суток? Сколько солов проходит между последовательными нижними соединениями Земли при наблюдении с Марса? Орбиты планет считайте круговыми.

### 6. Мнимая температура (5 баллов)

*И. А. Утешев*

11 ноября 2019 года, в день прохождения Меркурия по диску Солнца, многие будут проецировать диск Солнца на листы белой бумаги. Положим, при помощи телескопа ТАЛ-1 («Мицар», апертура 110 мм, фокусное расстояние 806 мм) получено изображение Солнца диаметром 5 см. Оцените эффективную и визуальную яркостную температуру этого изображения, пренебрегая поглощением в оптической системе телескопа и при отражении от бумаги.

**7. Всё относительно** (10 баллов)*И. А. Утешев*

Две галактики с  $z_1 = 2$  и  $z_2 = 3$  наблюдаются на небе на угловом расстоянии  $90^\circ$  друг от друга. Какое красное смещение будет иметь одна из этих галактик при наблюдении с другой в эту же эпоху?

**8. Тангаж, рыскание и крен** (20 баллов)*И. А. Утешев*

Представьте, что на 2.5-метровом телескопе, установленном в Кавказской горной обсерватории ( $43^\circ 45'$  с.ш.  $42^\circ 40'$  в.д., время московское), 6 декабря в течение ночи будут наблюдать окрестности звезды Арнеб ( $\alpha$  Leporis,  $05^{\text{h}} 33^{\text{m}}$ ,  $-17^\circ 49'$ ). Поскольку монтаж телескопа альт-азимутальный, при сколь-нибудь длительных наблюдениях необходимо использовать деротатор поля — устройство, вращающее приёмник вокруг оптической оси телескопа и компенсирующее тем самым вращение поля зрения.

Пренебрегая несферичностью Земли, рефракцией и поглощением в её атмосфере, найдите, в какие моменты гражданского времени принимают свои максимальные и минимальные значения:

- угловая скорость и угловое ускорение вращения телескопа по высоте;
- угловая скорость и угловое ускорение вращения телескопа по азимуту;
- угловая скорость и угловое ускорение вращения камеры вокруг оптической оси телескопа.

**9. Гогогогора** (20 баллов)*К. И. Васильев*

Замбези течёт по широкой низменности почти по прямой между городами Тете и Чинде, где впадает в Мозамбикский пролив. Можно ли увидеть отражение восходящего (пересекающего линию горизонта) Солнца в водах реки Замбези с вершины горы Гогого (1867 м)? Если да, то в какие дни года это возможно?

	Широта	Долгота
Тете	$16.16^\circ$ ю. ш.	$33.59^\circ$ в. д.
Чинде	$18.70^\circ$ ю. ш.	$36.39^\circ$ в. д.
Гогого	$18.40^\circ$ ю. ш.	$34.10^\circ$ в. д.

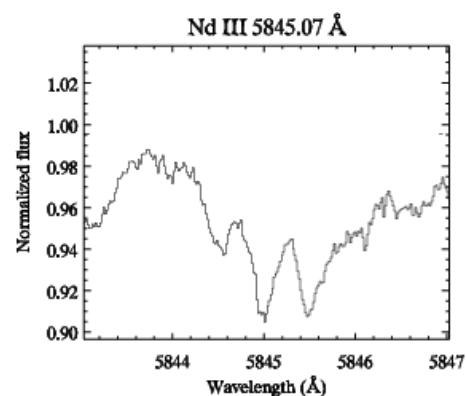
Поверхность воды считайте невозмущённой, особенностями рельефа окружающей Гогого местности пренебрегите.

**10. Простой эффект Зеемана** (20 баллов)*И. И. Булыгин*

а) Рассмотрите модель атома Томсона: внутри однородно заряженного положительно шара с зарядом  $Ze$  находится электрон (заряд  $-e$ , масса  $m$ ). Найдите частоту  $\omega_0$  колебаний электрона, полагая, что он имеет нулевой момент импульса относительно центра атома.

б) Пусть теперь атом помещён в однородное магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$ . Определите частоту  $\omega$  вращения электрона внутри атома в перпендикулярной  $\vec{B}$  плоскости. Упростите результат в предположении  $\omega_0 \gg eB/m$ .

в) По данному участку спектра звезды оцените величину индукции магнитного поля на её поверхности.

**11. Собственно, движение** (20 баллов)*А. В. Веселова*

Звезда с экваториальными координатами  $\alpha = 14^{\text{h}} 15^{\text{m}}$ ,  $\delta = +17^\circ 56'$  имеет собственное

движение по прямому восхождению  $\mu_\alpha = 100''/1000$  лет, по склонению  $\mu_\delta = 50''/1000$  лет. Рассчитайте компоненты собственного движения  $(\mu_l; \mu_b)$  этой звезды в галактической системе координат.

Экваториальные координаты северного полюса Галактики:  $12^h 51^m, +27^\circ 08'$ .

## 12. Liberté, égalité de potentiel (20 баллов)

*И. И. Булыгин, И. А. Утешев<sup>ред.</sup>*

Рассмотрите звёздную систему из двух звёзд класса светимости V с массами компонентов  $M_\odot$  и  $0.7M_\odot$ , обращающихся на расстоянии 2 а. е. друг от друга.

- Найдите расстояния от точки  $L_1$  этой системы до каждого из компонентов.
- Запишите уравнение, которому удовлетворяют координаты точек, принадлежащих границе полости Роша<sup>†</sup> менее массивной звезды, в системе покоя компонентов системы.
- Определите расстояние от менее массивной звезды до ближайшей к ней точки границы полости Роша с точностью не хуже 5 %.

## 13. Залёт сферический, в вакууме (20 баллов)

*В. Д. Зозуля*

Звезда движется в направлении шарового звёздного скопления радиусом  $R$  и массой  $M$  по траектории с прицельным параметром  $R$  относительно центра скопления, имея на удалении от него скорость, равную скорости убегания на границе скопления. Считая, что звёзды в скоплении распределены равномерно (что является весьма сильным заявлением), найдите:

- угол между вектором скорости звезды и направлением на центр при влёте звезды в скопление;
- время, в течение которого звезда будет находиться внутри скопления;
- угол между направлениями скорости звезды на удалении от скопления до и после пролёта внутри него;
- скорость убегания из центра скопления.

## 14. На дне кривой блеска (20 баллов)

*И. А. Утешев, В. Б. Игнатьев<sup>исх.</sup>*

Затменно-переменная система состоит из двух звёзд; первая звезда в два раза больше, но в два раза холоднее второй.

- Во время главного минимума глубиной  $\Delta m_V = 1.33^m$  вторая звезда затмевается полностью. Установите спектральные классы компонентов системы.
- Вычислите глубину главного минимума болометрической кривой блеска системы.

## 15. Теория вероятностей – 2 (20 баллов)

*И. А. Утешев*

Рассмотрите произвольный момент времени в пределах ближайших 10 тысяч лет. Оцените вероятность того, что в какой-либо точке на Земле в этот момент возможно наблюдать одновременное покрытие Луной звёзд Майя ( $3^h 45^m 50^s, +24^\circ 22' 3''$ ) и Меропа ( $3^h 46^m 20^s, +23^\circ 56' 53''$ ). Орбиту Луны считайте круговой. Атмосферой Земли и собственным движением звёзд пренебрегите.

---

<sup>†</sup>Полость Роша — область вокруг звезды в двойной системе, границей которой служит эквипотенциальная поверхность, содержащая точку  $L_1$ . [wiki]