

**Т1. Городской округ**

Некоторая далёкая звезда вошла одновременно в городах  $N_1(\varphi_1; \lambda_1)$  и  $N_2(\varphi_2; \lambda_2)$ .

- а) На сколько отличаются продолжительности непрерывного нахождения звезды над горизонтом в этих двух городах?
- б) Найдите отношение площади области Земли, из точек которой можно хотя бы иногда наблюдать эту звезду, к общей площади поверхности Земли.
- в) Найдите географические координаты всех точек, на которых эта звезда восходит в тот же самый момент.

Землю считайте шаром. Рефракцией и прецессией земной оси пренебрегите.

**Т2. Не тормози!**

Приливные электростанции в качестве источника энергии фактически используют кинетическую энергию вращения Земли.

- а) Пренебрегая безразмерными коэффициентами, получите выражение, которое связывает оценку относительной скорости изменения  $\dot{T}/T$  продолжительности суток, обусловленной действием приливных электростанций совокупной мощностью  $P$ , с параметрами Земли: массой  $M_\oplus$ , радиусом  $R_\oplus$  и продолжительностью суток  $T$ .
- б) Получите численную оценку скорости изменения продолжительности суток в секундах за год для случая, когда  $P$  равна теоретической максимальной мощности солнечных батарей, покрывающих всю поверхность Земли.

**Т3. Здравый смысл**

Родная планетная система космических навигаторов Ый находится на расстоянии  $R_0$  от центра далёкой-далёкой сферически симметричной галактики и обращается вокруг него со скоростью  $V_0$ .

Космические навигаторы обнаружили, что для любых двух точек, удалённых от центра галактики на расстояния  $R_1$  и  $R_2$ , причём  $R_2 > R_1 > R_0$ ,  $\frac{R_2}{R_1} = \alpha$ , скорости обращения вокруг центра галактики относятся как  $\frac{V_1}{V_2} = \beta$ . Здесь  $\alpha$  и  $\beta$  — некоторые постоянные вещественные числа. Иными словами, для внешних по отношению к Ый объектов при удалении от центра галактики в  $\alpha$  раз скорость движения уменьшается в  $\beta$  раз.

Жителям системы Ый известно, что на расстояниях  $R < R_0$  средняя плотность галактики является постоянной величиной. Оцените полную массу галактики. При каком соотношении между  $\alpha$  и  $\beta$  вопрос имеет смысл?

**Т4. Астрономы любят эллипсы**

Найдите наибольшую возможную площадь эллипса, вписанного в полукруг радиусом  $R$ .

**Т5. Орбитальный калькулятор**

Вокруг красного сверхгиганта радиусом 1.00 а. е. по эллиптической орбите с большой полуосью 3.00 а. е. и эксцентриситетом 0.400 движется каменная планета типа Меркурия. Неподвижный наблюдатель находится в плоскости орбиты планеты на расстоянии 5.00 а. е. от центра звезды. Оцените возможную длительность прохождения планеты по диску звезды, выразив её в долях орбитального периода, если:

- пренебречь эллиптичностью орбиты планеты;
- луч наблюдатель – центр звезды содержит линию апсид орбиты;
- луч наблюдатель – центр звезды перпендикулярен линии апсид орбиты.

**Т6. Сколько вешать в граммах?**

В условиях предыдущей задачи оцените минимальную массу корабля наблюдателя, при которой он сможет пронаблюдать хотя бы 10 прохождений.

**Т7. Спираль истории**

Спиральная галактика на земном небе выглядит как эллипс с осями  $74'' \times 45''$ . В снятом вдоль большой оси спектре линия  $H_\alpha$  *изогнута*, причем края линии наблюдаются на длинах волн  $6690.0 \text{ \AA}$  и  $6698.0 \text{ \AA}$ . Считая, что «край» видимого диска находится на плато кривой вращения, определите:

- диаметр галактики;
- её видимую звездную величину;
- полную массу в пределах видимого диска.

**Т8. Многомирный случай**

Звёздное скопление расположено на расстоянии 2300 световых лет от Солнца. В полосе В его наблюдаемая видимая звёздная величина составляет  $4.9^m$ , в полосе V —  $4.5^m$ . Пусть распределение количества звёзд по массам в скоплении подчиняется функции масс Солпитера

$$dN \propto M^{-2.35} dM,$$

где  $dN$  — количество звёзд с массами в узком диапазоне от  $M$  до  $M + dM$ , а зависимость масса – светимость в полосе V имеет вид

$$L/L_\odot = \begin{cases} (M/M_\odot)^4, & 0.4 < M/M_\odot \leq 2; \\ 1.4 \cdot (M/M_\odot)^{3.5}, & 2 < M/M_\odot < 25. \end{cases}$$

- Оцените абсолютные звёздные величины скопления в данных полосах.
- Оцените полную массу скопления, считая что массы звёзд в нем лежат в интервале от  $0.4M_\odot$  до  $10M_\odot$ .

**Т9. Лучи Икс**

Астрофизический источник рентгеновского излучения погружен в тонкую однородную газовую оболочку толщиной 200 км с концентрацией частиц  $n = 1.0 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$ . Наблюдаемая энергетическая плотность потока рентгеновских фотонов от источника составляет  $2.0 \text{ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{кэВ}^{-1}$  в области энергии 5.0 кэВ. Известно, что сечение взаимодействия фотона с атомом газа зависит от энергии фотона в кэВ как  $\sigma \sim 10^{-26} E^{-8/3} \text{ м}^2$ .

- а) Оцените длину свободного пробега фотона с энергией 5.0 кэВ в данной оболочке. При какой энергии фотона длина свободного пробега сравняется с толщиной слоя?
- б) Чему была бы равна наблюдаемая плотность потока фотонов в области энергии 5.0 кэВ в отсутствие поглощающего вещества? Считать, что при взаимодействии фотона с газом фотон поглощается или рассеивается, в любом случае меняя направление движения относительно луча зрения.

**Т10. Капелька**

Оцените температуру поверхности листа лотоса под каплей воды радиусом 0.5 мм в ясный солнечный день. Поверхностное натяжение воды  $\sigma = 72 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ .