

**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
2018/19 учебный год**

11 класс

*Дорогой друг! Желаем успеха!*  
**Задания**

**№1. Предельная масса звезды с термоядерным источником энергии.**

На основе общего соотношения «светимость-масса»  $\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{M}{M_{\odot}}\right)^n$  выясните, какой может быть

масса звезды с термоядерным источником энергии при  $n = 4$ . Критическая (эддингтоновская) светимость звезды определяется формулой

$$L_{KP} = 3 \cdot 10^4 L_{\odot} \left(\frac{M}{M_{\odot}}\right) \text{ эрг/с, где } M - \text{масса звезды.}$$

**№2. Вращение Солнца.**

При наблюдении спектральной линии водорода с длиной волны  $\lambda_0 = 4861,33 \text{ \AA}$  в спектре Солнца обнаружено, что на противоположных краях диска на экваторе спектральные линии отличаются по длине волны на  $\Delta\lambda = 0,065 \text{ \AA}$ . Найти период вращения Солнца вокруг своей оси. Радиус Солнца  $R = 7 \cdot 10^8 \text{ м}$ . Скорость света в вакууме  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

**№3. Предел Кумара (1963г).** Оцените минимальную массу звезды (в единицах массы Солнца), считая, что термоядерные реакции идут при температуре не менее  $T \approx 10^6 \text{ К}$ . Среднюю плотность звезды принять равной  $\rho \approx 1000 \text{ кг/м}^3$ . Оцените радиус  $R$  (в единицах солнечного радиуса) этой звезды.

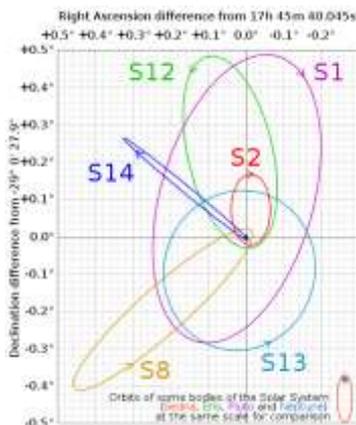
*Указание:* Звезду считайте однородным шаром. При решении задачи следует учесть формулу для гравитационного давления в центре звезды  $P_c = P_1 G M^{2/3} \rho_c^{4/3}$ , где  $P_1 = 0,806$ . Молярную массу звездного вещества принять равной  $\mu = 1 \text{ г/моль}$ .

Универсальная газовая постоянная  $R^* = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$ .

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

Данные о Солнце:  $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ ;  $R_{\odot} = 7 \cdot 10^8 \text{ м}$ .

**№4. Сверхмассивная черная дыра (СЧД) в центре Галактики.**



Предполагается, что в центре нашей Галактики находится сверхмассивная черная дыра (СЧД), массу которой можно вычислить по данным об эллиптических орбитах ближайших к СЧД звезд. В настоящее время определены орбиты для ближайших к центру Галактики 28 звезд. Наиболее интересной среди них является звезда S2. За время наблюдений (1992—2002) было установлено: период ее обращения вокруг СЧД составил  $T = 15,2$  года (1 год =  $3,2 \cdot 10^7 \text{ с}$ ); эксцентриситет орбиты  $e = 0,87$ ; большая полуось орбиты  $a = 1000 \text{ а.е.}$  (1 а.е. = 150 млн. км);

1. Вычислите массу  $M$  (в единицах солнечной массы  $M_{\odot}$ ) СЧД в центре нашей Галактики. Масса Солнца  $M_{\odot} = 2,0 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ .

2. Вычислите скорость звезды в *периастре* и в *апоастре*.

*Периастр* находится на расстоянии  $r_p = a \cdot (1 - e)$  от центра СЧД. *Апоастр* находится на расстоянии  $r_A = a \cdot (1 + e)$  от центра СЧД. Гравитационная постоянная:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  (Н·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>)

**№ 5. Жемчужное кольцо.** Оцените максимальную возможную разницу видимых диаметров Солнца и Луны. В какой сезонный период и при каких условиях может случиться наиболее ярко выраженное кольцеобразное затмение? Расстояние до Солнца: в афелии – 152 млн км; в перигелии – 147 млн км. Расстояние до Луны: в апогее – 405700 км; в перигее – 363100 км. Средний диаметр Солнца  $1,392 \cdot 10^9$  м. Средний диаметр Луны 3472,2 км.

**№ 6. Солнечные часы.** Как необходимо установить солнечные часы с плоским циферблатом, чтобы его деления представляли собой равные сектора? В чём недостаток таких часов?