



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады
по астрономии
Ленинградская область

2019/2020

11 класс

Максимальный балл за всю работу равен 40

1. Объект (65407) 2002 RP₁₂₀ примечателен сильно вытянутой орбитой: при периоде обращения около 400 лет он приближается к Солнцу на расстояние 2.5 а.е. Оцените эксцентриситет его орбиты.

Решение (8 баллов):

Определим величину большой полуоси орбиты по третьему закону Кеплера для Солнечной системы: если выразить большую полуось в астрономических единицах, а период обращения в годах, то

$$T^2 = a^3 \implies a = T^{2/3} = 54.3 \text{ а.е.}$$

Перигелийное расстояние связано с большой полуосью орбиты и эксцентриситетом как

$$r_{\pi} = a(1 - e) \implies e = 1 - \frac{r_{\pi}}{a} = 1 - \frac{2.5}{54.3} \approx 0.95.$$

2. Вокруг карликовой планеты Макемаке был недавно открыт спутник, который получил обозначение S/2015 (136472) 1. Он совершает один оборот вокруг планеты за 12 суток по орбите с радиусом 21 тыс. км. Определите массу Макемаке.

Решение (8 баллов):

Запишем третий закон Кеплера (T — период обращения спутника, a — радиус его орбиты, G — гравитационная постоянная, M — искомая масса Макемаке):

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

Вычислим отсюда массу Макемаке (подставив все величины в СИ):

$$M = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{a^3}{G} = \frac{4\pi^2}{(12 \cdot 24 \cdot 3600)^2} \cdot \frac{(21 \cdot 10^6)^3}{6.67 \cdot 10^{-11}} = 5 \times 10^{21} \text{ кг} \approx 0.001 M_{\oplus}$$

3. Угловое расстояние между кометой и Солнцем составило 30° . Расстояние между Солнцем и кометой — 0.5 астрономической единицы. Оцените угол между хвостом кометы и направлением луча зрения на нее.

Решение (8 баллов):

Расстояние от Земли до Солнца — 1 а.е. Тогда получаем прямоугольный треугольник Земля–комета–Солнце, так как против угла в 30° лежит катет, составляющий половину длины гипотенузы. Хвост кометы всегда направлен от Солнца. Так как угол между лучом зрения и хвостом кометы смежный с углом Земля–комета–Солнце, то он также прямой.

4. Недавно была зарегистрирована вспышка в радиодиапазоне от магнетара ХТЕ J1810-197. Было обнаружено, что радиополоса на частоте $6.5 \cdot 10^2$ МГц расширена, сигнал регистрировался на частотах с $6 \cdot 10^2$ до $7 \cdot 10^2$ МГц. Считая, что уширение линии было вызвано вращением магнетара, оцените линейную скорость движения точек на экваторе магнетара.

Решение (8 баллов):

Когда мы смотрим на вращающееся тело, то один край от нас удаляется (и сигнал от него смещается для нас в «красную» сторону), а другой — приближается (вызывая смещение сигнала в «синюю» сторону). Так как линейная скорость краев магнетара одинаковая, то можно записать формулу эффекта Доплера:

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{v}{c},$$

где $\Delta\nu$ — смещение сигнала в одну сторону (в нашем случае 50 МГц в «красную» и столько же в «синюю» сторону), ν — лабораторная частота сигнала, v — скорость движения края магнетара, c — скорость света ($3 \cdot 10^5$ км/с). Отсюда выражаем скорость:

$$v = c \frac{\Delta\nu}{\nu} = 3 \cdot 10^5 \cdot \frac{50}{650} \approx 2 \times 10^4 \text{ км/с.}$$

В принципе, при решении можно использовать и формулу релятивистского эффекта Доплера, однако при имеющейся точности данных это излишне, ответ получается с указанной точностью таким же.

5. Некоторая звезда имеет температуру 48 тыс. К и радиус 1.5 радиуса Солнца, она находится на расстоянии 3.2 кпк от Солнца в направлении центра Галактики. Какую видимую звездную величину имеет звезда для наблюдателя с Земли, если поглощение света в плоскости Галактики составляет 2^m /кпк?

Решение (8 баллов):

Определим светимость звезды по закону Стефана–Больцмана:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4, \quad \frac{L}{L_\odot} = \left(\frac{R}{R_\odot}\right)^2 \left(\frac{T}{T_\odot}\right)^4 = (1.5)^2 \left(\frac{48000}{5800}\right)^4 \approx 1.1 \cdot 10^4.$$

Сопоставим звезду с Солнцем, определим ее абсолютную звездную величину:

$$M - M_\odot = -2.5 \lg \frac{L}{L_\odot} \approx -10.$$

Отсюда $M = -10 + 4.8 = -5.2$. Видимая звездная величина связана с абсолютной звездной величиной и расстоянием до звезды:

$$m = M - 5 + 5 \lg r + A \cdot \frac{r}{10^3} = -5.2 - 5 + 5 \lg 3.2 \cdot 10^3 + 2 \cdot 3.2 = 13.7.$$