



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
Ленинградская область

2023
14
ноября

9 класс

Максимальный балл за всю работу равен 40

1. На широте Санкт-Петербурга одновременно взошли две звезды. Склонение первой равно -6° , склонение второй равно $+5^\circ$. Какая из звезд зайдет раньше?

Решение (8 баллов):

Первая звезда находится южнее небесного экватора, вторая звезда — севернее, при этом удаления от экватора невелики.

Для наблюдателя в умеренных широтах Северного полушария это означает, что первая звезда находится над горизонтом меньше, чем вторая. С учётом одновременности восхода, первая звезда зайдет раньше.

Комментарии к оцениванию:

Вывод о том, что чем меньше склонение, тем меньше время нахождения объекта над горизонтом — 4 балла. Формулировка итогового ответа — 4 балла.

2. Комета, находясь на расстоянии 1 а.е. от Земли, движется со скоростью 42 км/с, а ее хвост перпендикулярен лучу зрения. Оцените время в часах, за комета пролетела расстояние, равное длине своего хвоста, если хвост имеет угловой размер $1^\circ.5$.

Решение (8 баллов):

Вычислим линейную длину хвоста. Она равна

$$l = \frac{1.5}{360} \cdot 2\pi \cdot 1 \text{ а.е.} = 0.026 \text{ а.е.} = 3.9 \cdot 10^6 \text{ км.}$$

Поскольку комета движется со скоростью 42 км/с, то соответствующее расстояние она пройдет за $(3.9 \cdot 10^6)/42 = 9.3 \cdot 10^5$ с, что составляет примерно 26 часов.

Комментарии к оцениванию:

Вычисление линейной длины хвоста (или переход к угловой скорости кометы) — 4 балла. Определение времени — 4 балла. Если ответ дан не в часах, оценка за второй этап снижается на 2 балла.

3. Определите, сколько юпитерианских дней содержится в месяце, который определяется Европой (аналогично определению месяца Луной для землян). Юпитер совершает один оборот вокруг своей оси за 10 часов, при этом он массивнее Земли в 318 раз. Радиус орбиты Европы больше радиуса орбиты Луны в 1.75 раза.

Решение (8 баллов):

Суть задачи сводится к нахождению времени оборота Европы вокруг Юпитера. Запишем третий закон Кеплера для системы Земля–Луна (индексы \oplus и ζ соответственно) и Юпитер–Европа (индексы J и E соответственно):

$$\frac{T_{\zeta}^2}{a_{\zeta}^3} = \frac{4\pi^2}{GM_{\oplus}}; \quad \frac{T_E^2}{a_E^3} = \frac{4\pi^2}{GM_{\text{J}}}.$$

Здесь T — период обращения спутника, a — радиус орбиты спутника, G — гравитационная постоянная, M — масса планеты (массой спутников пренебрежем). Поделив одну формулу на другую и произведя необходимые преобразования получим отношение периодов:

$$\frac{T_{\zeta}}{T_E} = \sqrt{\left(\frac{a_{\zeta}}{a_E}\right)^3 \frac{M_{\zeta}}{M_{\oplus}}} = \sqrt{\left(\frac{1}{1.75}\right)^3 \frac{318}{1}} = \sqrt{0.187 \cdot 318} \approx 7.7.$$

Мы получили, что период обращения Европы вокруг Юпитера в 7.7 раза меньше, чем длительность оборота Луны вокруг Земли. Вычислим эту величину в часах, учитывая, что сидерический лунный месяц составляет $27^d.3$:

$$\frac{27^d.3 \cdot 24^h}{7.7} \approx 85^h.$$

Таким образом, длительность месяца на Юпитере, определяющаяся Европой, составляет 8.5 юпитерианских суток.

Комментарии к оцениванию:

Запись III закона Кеплера или аналогичного выражения, полученного из решения задачи о движении по окружности под действием постоянного ускорения — 3 балла. Знание продолжительности сидерического месяца (допустима оценка от 27 до 28 суток) — 3 балла. Вычисление итогового ответа — 2 балла.

4. Оцените среднюю концентрацию звёзд в эллиптической галактике M87, если её радиус равняется 150 кпк, а масса равняется $2.5 \cdot 10^{12}$ масс Солнца.

Решение (8 баллов):

Будем считать, что средняя звезда галактики похожа на Солнце. Следовательно, в галактике $N \approx 2.5 \cdot 10^{12}$ звёзд.

Эллиптическая галактика M87 имеет приблизительно шарообразную форму. Поэтому средняя концентрация звёзд в галактике

$$n = \frac{N}{\frac{4}{3}\pi R^3} \approx 1.8 \cdot 10^5 \text{ кпк}^{-3}.$$

Комментарии к оцениванию:

Предположение о конкретной массе средней звезды в галактике (в диапазоне масс $0.5 \div 2$ массы Солнца) — 2 балла. Формула объема шара — 3 балла. Вычисление итогового ответа — 3 балла. Перевод ответа в единицы СИ (или какие-либо еще) не требуется и в случае успешности отдельно не оценивается. Если в процессе перевода была допущена численная ошибка, оценка за последний этап снижается на 1 балл при ошибке не более чем на порядок и на 2 балла — при большей ошибке.

5. Геостационарный спутник обращается вокруг Земли с периодом 1 звездные сутки, а радиус орбиты составляет 42 тысячи км. Каким будет радиус орбиты спутника, обращающегося вокруг Земли с периодом, равным 2 звездным суткам?

Решение (8 баллов):

По третьему закону Кеплера квадрат периода обращения пропорционален кубу радиуса орбиты:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

поэтому

$$a_2 = a_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{2/3} = 42 \cdot 2^{2/3} = 63 \text{ тысячи км.}$$

Комментарии к оцениванию:

Формулировка III закона Кеплера — 4 балла. Вычисление результата — 4 балла.