



Районный этап
Всероссийской олимпиады
по астрономии
Санкт-Петербург

2018
21
ноября

10 класс

1. Как известно, светимости звезд Главной последовательности примерно пропорциональны четвертой степени их масс. Как зависит от массы звезды время ее жизни на Главной последовательности?

Решение:

За время жизни на Главной последовательности (ГП) из водорода, находящегося в центре звезды, синтезируется гелий, энерговыделение в этом процессе в конечном счете и обеспечивает светимость звезды. Поскольку звезды ГП в первом приближении устроены одинаково, можно считать, что доля массы звезды, превращающаяся в гелий, примерно постоянна, а это означает, что произведение светимости звезды L и времени ее жизни τ пропорционально массе звезды M .

Тогда $\tau \propto M/L$ и, поскольку $L \propto M^4$, получаем, что $\tau \propto M^{-3}$, т.е. время жизни звезды обратно пропорционально кубу ее массы.

П.А.Тараканов

2. 12 августа 2018 года был запущен космический зонд Parker Solar Probe, созданный для изучения Солнца. Планируется, что минимальная высота эллиптической орбиты зонда над фотосферой Солнца будет составлять всего 9 радиусов Солнца, а орбитальный период — 88 суток. Угол наклона орбиты зонда будет составлять $3^\circ.4$ к плоскости эклиптики. На какое максимальное расстояние от плоскости эклиптики будет отходить зонд?

Решение:

Так как орбита зона наклонена к плоскости эклиптики (это сделано из-за того, что в ходе приближения к Солнцу аппарат несколько раз будет совершать гравитационный маневр у Венеры, у которой именно такой угол наклона орбиты), то иногда аппарат будет «над» эклиптикой, а иногда — «под». Чем дальше аппарат расположен от Солнца, тем дальше от эклиптики он находится. Значит в конечном счете нас интересует апоцентр орбиты.

При помощи третьего закона Кеплера по известному периоду вычислим большую полуось орбиты зонда. Проще всего работать в системе единиц «годы — астрономические единицы» (т.е. фактически сравнивать зонд с Землей):

$$a = \sqrt[3]{\left(\frac{88}{365}\right)^2} = 0.39 \text{ а.е.}$$

Минимальная высота над фотосферой Солнца дает нам перицентрическое расстояние $r_\pi = a(1 - e) = 10$ радиусов Солнца = 0.05 а.е., откуда можно найти эксцентриситет e . Подставляя найденное значение в выражение для апоцентрического расстояния, получим $r_\alpha = a(1 + e) = 0.8$ а.е.

Чтобы найти расстояние от эклиптики, необходимо домножить получившееся значение на синус угла наклона орбиты (можно и на сам угол, выраженный в радианах, поскольку он мал). Итоговый ответ получается около 0.05 а.е. или 7×10^6 км.

В.В. Григорьев

3. Арктур является одной из первых звезд, у которых было открыто собственное движение; оценку собственного движения осуществил в 1718 году Эдмунд Галлей. Какое расстояние с тех пор прошел Арктур, если лучевая скорость звезды равна -5 км/с, годичный параллакс $0''.1$, собственное движение $2''/\text{год}$?

Решение:

Определим полную пространственную скорость звезды. Тангенциальная компонента скорости выражается через собственное движение как $v_\tau \approx 5\mu/\pi = 20$ а.е./год $\approx 10^2$ км/с.

Это означает, что лучевой компонентой скорости можно пренебречь. С 1718 года до 2018 года прошло 300 лет, т.е. пройденное Арктуром расстояние равно $3 \cdot 10^2 \times 20 = 6 \cdot 10^3$ а.е. (или $9 \cdot 10^{11}$ км).

А.В.Веселова

4. Космические туристы осматривают объекты в поясе астероидов своей планетной системы. На осмотр каждого объекта отводится одинаковое время. Сначала туристы подлетают к астероиду радиусом 300 км, космический корабль выключает двигатели и переходит на круговую орбиту высотой 30 км. После одного витка они перелетают к астероиду той же плотности радиусом 100 км. Какую высоту должна иметь орбита, чтобы полет занял то же время? Астероиды можно считать сферическими.

Решение:

Для круговой орбиты высоты h можно записать III закон Кеплера:

$$\frac{T^2}{(R+h)^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad \text{или} \quad \frac{T^2}{(R+h)^3} = \frac{4\pi^2}{G\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}, \quad \text{отсюда} \quad T^2 = \frac{3\pi}{G\rho} \left(1 + \frac{h}{R}\right)^3.$$

Обозначим параметры орбиты и первого астероида величинами с индексом 1, второго — с индексом 2. Тогда равенство периодов приводит к соотношению

$$\frac{3\pi}{G\rho} \left(1 + \frac{h_1}{R_1}\right)^3 = \frac{3\pi}{G\rho} \left(1 + \frac{h_2}{R_2}\right)^3 \Rightarrow \frac{h_1}{R_1} = \frac{h_2}{R_2} \Rightarrow h_2 = h_1 \frac{R_2}{R_1} = 10 \text{ км.}$$

А.В.Веселова

5. 16 июня происходит покрытие Нептуна Луной. В тот же день Нептун находится в стоянии. 22 ноября Нептун также находится в стоянии. Какова была фаза Луны 16 июня? В каком созвездии это все происходило?

Решение:

Стояния планеты — это точки на ее видимой траектории, где планета меняет направление видимого движения с прямого на обратное и наоборот. В эти моменты угловая скорость планеты равна нулю. Посередине петли попятного движения планета оказывается в противостоянии с Солнцем с максимумом угловой скорости. Следовательно, противостояние Нептуна произошло посередине между 16 июня и 22 ноября. Между 16 июня и 22 ноября прошло 159 дней. Следовательно, между 16 июня и противостоянием прошло примерно 80 дней, т.е. оно случилось в районе 4 сентября. Так как период обращения Нептуна вокруг Солнца очень большой (около 165 лет), то можно считать, что за 159 дней Нептун практически не сдвинулся среди звезд и все его видимое движение относительно Солнца обусловлено исключительно орбитальным движением Земли. Земля проходит по орбите примерно 1° в день. Таким образом, между первым стоянием и противостоянием Нептуна Солнце в своем видимом годичном движении сдвинулось примерно на 80° . Так как Нептун находится намного дальше от Солнца, чем Земля, то направление на него с Земли

и с Солнца можно считать одним и тем же. Следовательно, в момент покрытия Луной Нептуна фазовый угол (угол между лучом света, падающим от Солнца на Луну, и лучом, отразившимся от нее в сторону наблюдателя) также примерно равен $\varphi = 80^\circ$. Отсюда фаза Луны равна $\Phi = \cos^2 \frac{\varphi}{2} \approx 0.6$. Так как Нептун не движется относительно звезд, то он и 16 июня, и 4 сентября находится в одном и том же созвездии. Это созвездие противоположно тому, в котором Солнце бывает 4 сентября (т.к. 4 сентября — противостояние), т.е. то, в котором Солнце бывает 4 марта — Водолей.

М.В.Костина