

Задание 1. (2.2. Основы сферической астрономии.)

Какому астрономическому явлению соответствует положение Сатурна, при котором с Земли не видны его кольца?

Решение

1) (2 балла – указано, почему не видны кольца)

Кольца могут быть не видны в том случае, если они повернуты к наблюдателю с Земли ребром (их толщина мала). Другими словами, Земля будет находиться в плоскости колец.

2) (3 балла – совпадение плоскостей)

Плоскости орбит Земли и Сатурна практически совпадают, а так как кольца расположены в плоскости экватора, то плоскость экватора совпадает с плоскостью орбиты Земли. Но из-за того, что радиус орбиты Сатурна намного превышает радиус орбиты Земли, направление на Землю практически совпадёт с направлением на Солнце.

3) (3 балла – дан ответ)

Значит, Солнце будет находиться на пересечении орбиты Сатурна вокруг Солнца и его экватора – это равноденствие.

Задание 2. (3.2. Шкалы времени в астрономии)

25 октября время захода Солнца в Курске и Санкт-Петербурге совпало – 17ч 24 мин, однако в тот же день в Курске восход был в 7ч 18мин, а в Санкт-Петербурге в 8ч 02 мин. Эти города находятся в одном часовом поясе, почему же продолжительность дня в Курске была больше? Почему совпали моменты захода, а моменты восхода разные?

Решение

1) (3 балла – указано, почему в Курске день был длиннее – влияние широты)

Города находятся в одном часовом поясе, но на разной широте. Так как Санкт-Петербург расположен севернее, а осеннее равноденствие прошло, то продолжительность дня в Курске больше.

1) (3 балла – влияние долготы)

Курск расположен восточнее Санкт-Петербурга, поэтому в дни равноденствия и восход и закат происходят раньше в Курске, хотя продолжительность дня одинаковая.

1) (2 балла – сделан правильный вывод из пп.1-2)

Таким образом, вследствие того, что продолжительность дня в Санкт-Петербурге в зимнее время меньше, чем в Курске, в северной столице время захода сдвигается в меньшую сторону (раньше) по сравнению с временем захода в Курске 25 октября, а время восхода сдвигается в большую сторону (позже).

Задание 3. (1.3. Солнечная система)

Спутники Юпитера Ганимед и Каллисто обладают разреженной атмосферой, а давление атмосферы спутника Сатурна Титана в 1,5 раза больше земного. Почему эти три спутника, размеры которых незначительно отличаются от размеров Меркурия, а масса и вовсе меньше, смогли сохранить атмосферу, а атмосфера у Меркурия практически отсутствует?

Решение

1) (2 балла – близкое расположение к Солнцу)

Основная причина – близкое расположение Меркурия к Солнцу, из которой следуют остальные.

2) (4 балла – потеря частиц атмосферы)

Сила тяжести указанных спутников и Меркурия позволяет удерживать достаточно плотную атмосферу, но Меркурий интенсивно прогревается Солнцем, а значит кинетическая энергия частиц атмосферы настолько велика, что они способны преодолеть притяжение планеты и покинуть её. Атмосферы спутников холодные, поэтому достаточно устойчивые. Кроме того, солнечный ветер сдувает атмосферу Меркурия.

3) (2 балла – конденсация на ночной стороне)

Период обращения Меркурия вокруг оси в 2/3 раз меньше периода обращения вокруг Солнца, поэтому на одной стороне температура очень большая (300–400К), а на второй – крайне низкая (до -200 К). На ночной половине из-за малой температуры атмосфера конденсируется в жидкость и замерзает. Между дневной и ночной сторонами возникает область с разностью давлений – сюда двигается газовая оболочка дневной стороны планеты и затвердевает.

Задание 4. (3.3. Основы небесной механики)

Карликовая планета Хаумеа, открытая в конце 2004 года, имеет достаточно крупный спутник Хииаки с радиусом орбиты 50 тыс. км и периодом обращения 49 суток. Во сколько раз масса Хаумеа меньше массы Земли?

Решение

1) (3 балла – записан третий закон Кеплера)

Сравним с системой Земля–Луна. Пренебрегая массами спутников, воспользуемся обобщённым

третьим законом Кеплера. Получим, что $\frac{T_X^2 m_{Ха}}{T_M^2 m_E} = \frac{a_X^3}{a_M^3}$.

2) (2 балла – найдены характеристики Луны из справочных данных)

Радиус орбиты Луны равен 384 тыс. км, а период обращения 27,3 суток.

3) (3 балла – верные расчёты)

Таким образом, масса Хаумеа может быть найдена по формуле $m_{Ха} = \frac{a_X^3 T_M^2 m_E}{a_M^3 T_X^2}$, то есть

$m_p \approx 0.00068 m_E$. Хаумеа примерно в 1500 раз легче Земли.

Задание 5. (4.9. Рассеянные и шаровые звездные скопления)

Одним из двух доступных для наблюдения невооружённым глазом в средних широтах северного полушария шаровых звёздных скоплений является скопление М22 в созвездии Стрельца. Это скопление диаметром 100 световых лет состоит из 83000 звёзд. Чему равно среднее расстояние между звёздами? Что такое шаровое звёздное скопление?

Решение

1) (2 балла – объём)

Найдём объём звёздного скопления – $V = 4\pi r^3 / 3 = 4\pi 50^3 / 3 \approx 523000$ св.лет³.

2) (2 балла – объёмная плотность)

На одну звезду приходится в среднем объём $523000/83000=6,3$ св.лет³.

3) (2 балла – среднее расстояние)

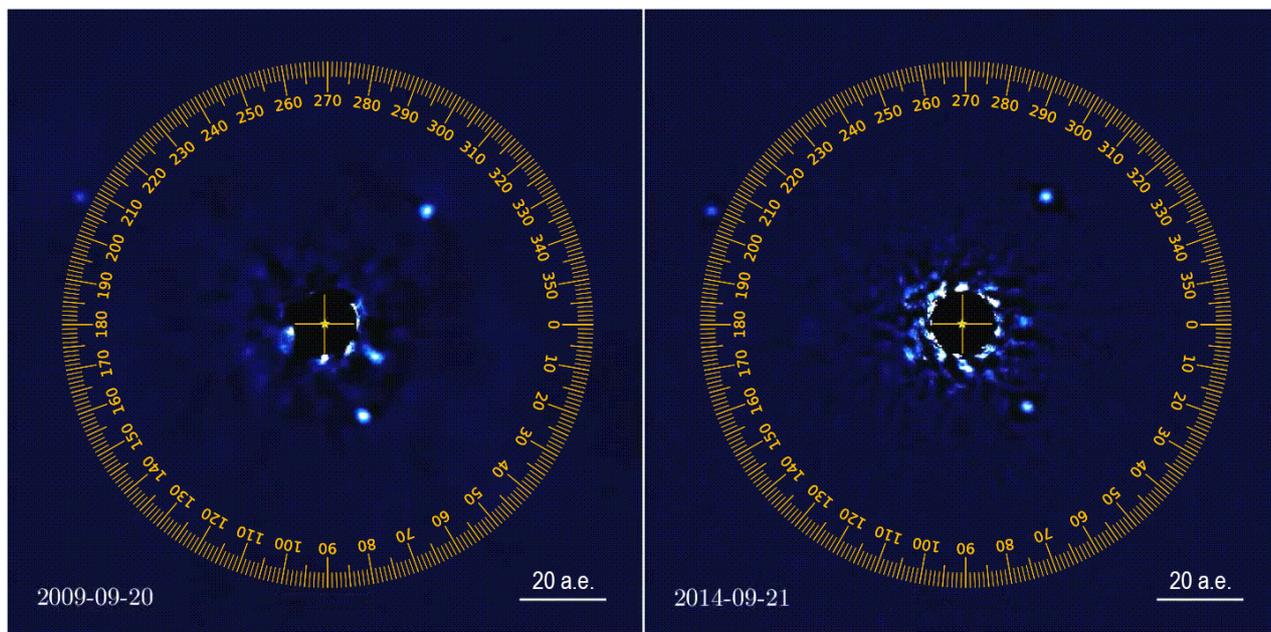
Для простоты будем считать, что звезда находится в центре куба объёмом 6,3 св.лет³, тогда сторона куба будет равна среднему расстоянию между звёздами – $6,3^{1/3}=1,85$ св. лет.

4) (2 балла – определение)

Шаровое звёздное скопление – звёздное скопление, содержащее большое число звёзд, тесно связанное гравитацией и обращающееся вокруг галактического центра в качестве спутника

Задание 6. (4.8. Двойные и переменные звезды)

На рисунках изображены снимки прямых наблюдений переменной звезды HR 8799 Пегаса через десятиметровый телескоп обсерватории Кека (Гавайи). Хорошо видно орбитальное движение четырёх планет-гигантов HR 8799 e (справа), HR 8799 d (внизу справа), HR 8799 c (справа сверху), HR 8799 b (сверху слева) с массами 9, 10, 10, 7 масс Юпитера соответственно. Пользуясь изображениями, оценить период обращения планеты HR 8799 d, а также расстояние от звезды.



Решение

1) (2 балла – указан принцип расчёта)

Для определения радиуса орбиты воспользуемся линейкой и шкалой снизу – на рисунке расстояние от звезды до планеты больше масштабной шкалы в 1,2 раз.

2) (2 балла – верно оценено расстояние от звезды)

То есть радиус орбиты приблизительно равен $1.2 * 20 \text{ а.е.} = 24 \text{ а.е.}$

2) (2 балла – указан принцип расчёта (время и угол))

За 5 лет (время между двумя фотографиями) планета преодолела около 20° градусов относительно звезды (угол определяется с помощью линейки и градуированного круга на рисунке).

3) (2 балла – верно оценен период)

Период обращения приблизительно равен $360^\circ * 5 \text{ лет} / 20^\circ = 90 \text{ лет.}$