



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Класс: 9

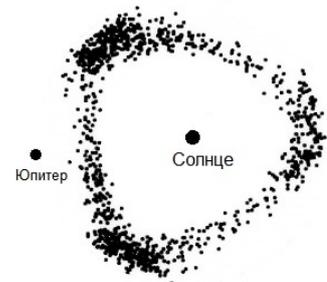
Страница: 1

9.1. Свидание с Венерой

Ближайшее нижнее соединение Венеры с Солнцем по эклиптической долготе произойдет 13 августа 2023 года в 11ч10м по Всемирному времени. Известно, что координаты Солнца в этот момент составят $\alpha = 09ч31.5м$, $\delta = +14^{\circ}40'$, а Венера пройдет в $7^{\circ}40'$ южнее эклиптики. Определите координаты точки на поверхности Земли, из которой Венера будет лучше всего видна в этот момент. Считать, что Венера видна, если центр диска Солнца расположен не выше горизонта, а критерием качества видимости при этих условиях является высота Венеры над горизонтом. Атмосферной рефракцией и уравнением времени пренебречь.

9.2. Семейство Хильды

Около орбиты Юпитера находится группа астероидов, образующих так называемое семейство Хильды. Эти астероиды примечательны тем, что в любой момент времени образуют правильный треугольник, вершины которого лежат вблизи орбиты Юпитера (см. рисунок). Этот треугольник поворачивается в пространстве синхронно с орбитальным движением Юпитера так, что Юпитер всегда равноудалён от двух ближайших к нему вершин. Определите большую полуось (с точностью лучше 1%) и эксцентриситет орбиты астероидов из семейства Хильды. Орбиту Юпитера считайте круговой, «толщиной линий» треугольника пренебрегите.



9.3. Триангуляция будущего

В ходе астрометрической миссии будущего (через 200 с небольшим лет) координаты центра сверхмассивной черной дыры (СМЧД) в центре нашей Галактики одновременно измеряются инфракрасными телескопами с околоземной орбиты и с поверхности Плутона (его координаты в небе Земли в этот момент $\alpha = 18ч$, $\delta = -17^{\circ}$, гелиоцентрическое расстояние 32 а.е.). Обои телескопами было сделано по одному измерению с точностью до 1 наносекунды дуги ($10^{-9}''$). С какой точностью можно определить расстояние до центра СМЧД в центре Галактики на основе этих измерений?



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Класс: 9

Страница: 2

9.4. Улетающая звезда

В 2014 году была открыта звезда WISE 0720-0846. Эта звезда интересна тем, что в прошлом она достаточно близко подлетела к Солнечной системе. Определите:

1. Минимальное гелиоцентрическое расстояние, на которое сближалась звезда с Солнцем.
2. Сколько лет назад это произошло?
3. Какова была при этом ее звездная величина?
4. Чему были равны ее полное собственное движение и радиальная скорость в этот момент?
5. Если полагать, что данная звезда породила возмущение в кометном облаке Оорта, то через какой минимальный промежуток времени следует ожидать приток комет в окрестностях Земли?

Современные характеристики звезды:

Видимая звездная величина	m	18.3
Лучевая скорость	v_R	+82.4 км/с
Параллакс	π	0.147''
Собственное движение вдоль экватора	μ_α	-0.0403''/год
Собственное движение к полюсу	μ_δ	+0.1148''/год

9.5. Горячее будущее

Согласно модели, используемой в статье K.P. Schröder, R.C. Smith (2008), через 12.17 млрд лет после своего образования Солнце достигнет наибольшего размера в течение своей эволюции. Радиус Солнца будет в 256 раз больше нынешнего, светимость станет в 2730 раз больше нынешней, а масса уменьшится на 33.2%. Считайте, что потеря массы Солнцем происходит медленно в течение всей стадии красного гиганта, а физические свойства других тел Солнечной системы при росте температуры не меняются.

Определите для момента времени, описанного выше:

1. Какие планеты Солнечной системы будут поглощены Солнцем?
2. Найдите среднюю температуру поверхности самой горячей планеты, которая не будет поглощена Солнцем.
3. Какие крупные тела Солнечной системы окажутся в зоне жизни (средняя температура от 250 до 300К без учета парникового эффекта в атмосфере)?

9.6. Далекая галактика

Диск далекой спиральной галактики расположен «плашмя» по отношению к лучу зрения. Характерная величина поверхностной яркости диска спиральной галактики 20^m с квадратной секунды. Определите характерное количество звезд в 1 пк^3 диска. Межзвездным поглощением света пренебречь.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Класс: 10

Страница: 1

10.1. Пролетая над столицами

Спутник, движущийся по круговой орбите вокруг Земли, последовательно побывал в зените в Каракасе ($10^{\circ}30'$ с.ш., $66^{\circ}56'$ з.д.) и Кито ($0^{\circ}13'$ ю.ш., $78^{\circ}31'$ з.д.) с интервалом 20 минут. Определите радиус и наклонение орбиты спутника.

10.2. В закатном небе

Во время недолгого перерыва в работе строители новой научной базы на поверхности Марса любят закатом Солнца. Сразу после него на фоне зари появились две яркие планеты – Венера и Земля, вступившие в тесное соединение (без покрытия) друг с другом невдалеке от Солнца на небе и имеющие одинаковую видимую яркость. Определите угловое расстояние Венеры и Земли от Солнца, а также величины их фаз. Считать орбиты всех планет круговыми. Принять также, что за счет плотных атмосфер и облаков поверхностная яркость освещенных частей дисков Венеры и Земли не зависит от фазового угла (между направлением на Солнце и наблюдателя). Сумеречными эффектами (освещенностью атмосфер Венеры и Земли во время сумерек) пренебречь.

10.3. Кубодетектор

В жесткой гамма-области, где невозможно построение телескопа как оптической схемы, направление на источник иногда определяется по отношению потоков энергии от него через площадки детектора, по-разному ориентированные в пространстве. В космос запускается гамма-детектор, имеющий форму куба, каждая из шести граней которого имеет одинаковую чувствительность и фиксирует поток энергии через свою площадь с внешней стороны куба. Она это делает с точностью 3%, то есть при истинном потоке J измеренный с равной вероятностью будет лежать в интервале от $0.97J$ до $1.03J$. Определите максимально возможную угловую «площадь ошибок» (в квадратных градусах) участка неба, где может находиться источник, координаты которого измерены детектором один раз.

10.4. Таинственный мир

Экспедиция прибыла на планету, обращающуюся вокруг далекой звезды, и приступила к исследованиям. Оказалось, что в месте базирования экспедиции местная звезда каждый день проходила через зенит, но климат существенно менялся в течение года. Участники экспедиции заметили, что ночью комфортные условия ($T=+20^{\circ}\text{C}$) в палатке без обогрева в теплый сезон достигались при длительном нахождении там одного человека, а в холодный сезон для этого требовалось присутствие сразу трех человек. При этом «солнечные» сутки в теплый сезон были на 0.2% длиннее, чем в холодный, а местный год состоял из 100 местных «солнечных» суток. Перепад температур между ночью и днем был постоянен в течение года и составлял 20° . Атмосфера была вполне пригодной для дыхания, при этом была очень сухой и не обладала парниковыми свойствами, поверхность состояла в основном из очень темных пород, имеющих малую теплопроводность. Спектральный состав излучения звезды и ее физические свойства были аналогичны солнечным. Определите период осевого вращения планеты и эксцентриситет ее орбиты.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Класс: 10

Страница: 2

10.5. Урановое Солнце

На заре развития ядерной физики было высказано предположение, что энерговыделение Солнца в течение многих миллиардов лет обеспечивалось распадом урана-238. Известно, что период полураспада этого изотопа урана составляет 4.47 млрд лет, что можно считать равным возрасту Земли, который был уже известен к тому времени. При этом образуются другие радиоактивные изотопы, распад которых происходит существенно быстрее. Энерговыделение в ходе всего цикла реакций, начиная с одного атома ^{238}U , составляет 6.7 МэВ. Определите минимально возможную массу Солнца в предположении такого механизма его свечения.

10.6. Гигантский обзор неба

В 2024 году планируется к запуску проект LSST (Large Synoptic Survey Telescope) или телескоп имени Веры Рубин, построенный в Чили (широта -30°). Одна из основных задач этого телескопа – автоматизированный поиск сверхновых звезд. Телескоп имеет составное зеркало эффективным диаметром 6.7 метра и поле зрения 9.6 квадратного градуса. Телескоп оснащен системой адаптивной оптики, исправляющей атмосферные искажения, и системой ПЗС-матриц общим объемом 3.2 гигапикселя. Авторы проекта считают, что телескоп может делать полный обзор всей видимой из обсерватории части неба (высота объекта над горизонтом не менее 55°) за 3 ночи и за 10 лет открыть 3 миллиона сверхновых звезд. На основании этих данных оцените количество спиральных галактик на кубический мегапарсек.

Считайте, что сверхновые звезды вспыхивают в основном в спиральных галактиках, и это происходит в каждой из них в среднем раз в 100 лет. Фон неба в месте постройки обсерватории составляет 21.5^m на квадратную секунду, сверхновую можно обнаружить, если средние отсчеты от нее хотя бы на одном пикселе матрицы превосходят отсчеты от фона. Межзвездным поглощением и влиянием космологических факторов на видимую яркость далеких объектов пренебречь.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Класс: 11

Страница: 1

11.1. «В далеком созвездии Тау Кита»

В планетной системе около звезды τ Кита с массой 0.78 массы Солнца обращается несколько планет. Планета c обладает круговой орбитой радиуса 0.195 а.е., планета e движется в той же плоскости и в том же направлении по эллиптической орбите с большой полуосью 0.538 а.е. и эксцентриситетом 0.18. В некий момент времени произошло великое противостояние планеты e для наблюдателя на планете c . Какой будет фаза планеты c при наблюдении с планеты e и фаза планеты e при наблюдении с планеты c спустя 10 дней после великого противостояния?

11.2. Метеорное эхо

Радар, изучающий метеоры, фиксирует радиоэхо только тогда, когда направление от радара к метеору перпендикулярно ионизационному следу метеора. Радар, расположенный на широте $+52^\circ$, направлен в точку востока. В $11^{\text{h}}02^{\text{m}}$ местного времени 2 июля он начинает получать многочисленные сигналы от метеоров, проходящих через его луч. Радар поворачивают на 40° вдоль горизонта в сторону юга. В новом положении он начинает обнаруживать метеоры того же потока в $12^{\text{h}}42^{\text{m}}$. Найдите экваториальные координаты (прямое восхождение и склонение) радианта этого метеорного потока. Уравнением времени пренебречь.

11.3. Инфракрасная камера

ИК-камера ASTRONIRCAM 2.5-м телескопа Кисловодской горной обсерватории ГАИШ МГУ не позволяет наблюдать в фильтре J звезды ярче 9.0^{m} из-за того, что при таком блеске поток фотонов за минимально возможное для камеры время накопления полностью заполняет ячейки детектора, и дальнейшая регистрация фотонов становится невозможной. Оцените аналогичную предельную звездную величину для фильтра K . Детектор камеры обладает практически постоянным квантовым выходом во всем рабочем интервале длин волн, охватывающем обе полосы. Считать, что фильтр J полностью пропускает излучение с длинами волн от 1.17 до 1.34 мкм, а фильтр K – от 2.04 до 2.35 мкм, не пропуская излучение вне этих интервалов. Учесть, что звездная величина звезды Вега (температура 10000 К) равна 0^{m} в обеих спектральных полосах.

11.4. Горячая пыль

Измерения в ИК-диапазоне показали, что белый карлик окружает кольцо из темных пылинок с температурой не более 1500 К. Предполагается, что пылинки попадают в кольцо в результате приливного разрушения пролетающих мимо астероидов. Оцените внутренний и внешний радиусы кольца в километрах, если масса белого карлика 0.8 масс Солнца, радиус белого карлика 0.01 радиусов Солнца, его температура 20000 К, а плотность астероидов 1 г/см^3 .



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Класс: 11

Страница: 2

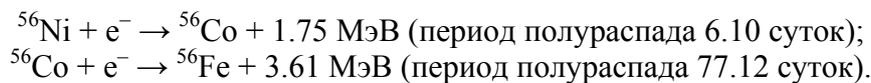
11.5. Неразумное бегство

Космический аппарат массой m обращается по круговой околосолнечной орбите с радиусом R_0 . В один момент времени аппарат включает двигатель, создающий постоянную силу тяги, все время направленную от Солнца. При какой минимальной величине этой силы аппарат в итоге покинет Солнечную систему? Считать, что масса аппарата в результате работы двигателя не меняется, взаимодействием с другими телами Солнечной системы, кроме Солнца, и излучением пренебречь.

11.6. Волчья Сверхновая

В мае 1006 года наблюдатели на Земле зафиксировали сильнейшую вспышку звезды в точке неба, находящейся в современном созвездии Волка. По всей вероятности, это была Сверхновая типа Ia, самая яркая на Земле с начала новой эры. Ее видимая звездная величина в максимуме оценивается в -7.5^m . Расстояние до нее составляло 2.2 кпк.

Как известно, кривая блеска сверхновых звезд типа Ia после максимума определяется процессом распада никеля-56, образующегося при вспышке:



Исходя из этих данных, определите общую массу никеля-56, образовавшегося при вспышке сверхновой, и время после регистрации максимума, через которое звезда в небе Земли ослабла до 0^m . Сверхновая наблюдалась в стороне от Млечного пути, межзвездным поглощением света и болометрической поправкой сверхновой пренебречь.