



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Класс: 9

Страница: 1 из 2

9.1. Высоко сижу, далеко гляжу

Молодой астроном, подходя к своему дому, заметил, что нижний край Солнца только-только коснулся горизонта. Лифт не работал, и астроному пришлось идти пешком на 10 этаж. Когда он зашел в квартиру, то сразу подошел к окну, и оказалось, что нижний край Солнца все также находится на горизонте. Сколько времени астроном мог наблюдать закат из своего окна, если на подъем на один этаж он в среднем тратил 18 секунд? Могло ли это событие произойти в России в день равноденствия? Высота одного этажа равна 3 метра, а первый этаж приподнят на 1 метр над поверхностью земли. Рефракцией пренебречь.

9.2. Шмидт и Кассегрен

Астроном-любитель навел свой телескоп системы Шмидт-Кассегрен с диаметром входного отверстия 20 см на Юпитер. Затем он надел на объектив телескопа крышку с отверстием посередине диаметром 15 см и обнаружил, что яркость Юпитера упала в 2 раза. Во сколько раз упадет яркость по сравнению с изначальной, если диаметр отверстия окажется 10 см? Если 5 см? Выразите эту величину в звездных величинах во всех трех случаях. Во сколько раз изменится видимый в телескоп угловой размер планеты в каждом случае?

9.3. Загадочное движение

За 32 года гелиоцентрическое угловое расстояние между некоторой одиночной звездой, максимальная геоцентрическая лучевая скорость которой наблюдается каждый год около 23 сентября, и точкой весеннего равноденствия изменилось на $16'$. Параллакс звезды равен $\pi = 0.0001''$. На какой приблизительно максимальной высоте в Москве ($\varphi = 55^\circ$ с. ш.) бывает эта звезда?

9.4. Изучаем экзопланеты

Спутник TESS наблюдает транзит экзопланеты по диску звезды. Во время максимума затмения поток от звезды уменьшается на 4%. Длительность «плоского дна» кривой блеска в три раза меньше, чем длительность всего транзита. Определите наклонение орбиты экзопланеты к лучу зрения, если полная длительность транзита составляет 1% от периода. Орбиту считать круговой. Потемнением диска звезды к краю пренебрегите.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Класс: 9

Страница: 2 из 2

9.5. Светит незнакомая звезда

Вокруг звезды главной последовательности с радиусом 1.4 радиуса Солнца и температурой 6600 К по орбите с большой полуосью 3 а.е. и эксцентриситетом 0.3 обращается небольшая каменная планета.

- а) Сколько времени проходит между летним и зимним «солнцестояниями» на планете, если известно, что летнее солнцестояние в северном полушарии планеты наступает ровно в день наибольшего удаления планеты от звезды?
- б) На поверхности планеты горизонтально на почве на широте 55° с. ш. установили датчик, измеряющий принятую энергию излучения, с площадью приемника 0.04 м^2 . Чему равна разность показаний датчика в день летнего и зимнего солнцестояний, если известно, что экватор планеты наклонен к плоскости орбиты на 23° ?

Светимость L подобных звезд главной последовательности связана с их массами M соотношением $L \sim M^4$.

9.6. Великое противостояние

Во время противостояния Марса, когда он находился в афелии своей орбиты, Солнце мгновенно потеряло часть массы так, что орбита Марса стала круговой. Определите, когда в ближайшие 25 лет произойдет противостояние, во время которого Марс окажется на минимальном расстоянии от Земли. Чему будет равно это расстояние? Ответ дайте соответственно в годах (современных) и астрономических единицах. Орбиты планет лежат в одной плоскости.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Класс: 10

Страница: 1

10.1. Южный соперник Марса

Звезда Антарес (α Скорпиона, $\alpha = 16^{\text{ч}}30^{\text{м}}$, $\delta = -26^{\circ}30'$) едва поднимается над горизонтом в Санкт-Петербурге (широта ровно $+60^{\circ}$) и видна там с большим трудом. Определите, в какой день года можно увидеть Антарес в верхней кульминации в Санкт-Петербурге на наиболее темном небе (Солнце глубже всего погружено под горизонт)? Орбиту Земли считать круговой.

10.2. Осталась лишь тень...

Известно, что иногда кольца Сатурна при наблюдении с Земли «исчезают», так как обращаются к нам ребром. Ближайший раз это произойдет в 2025 году. Определите максимально возможную угловую толщину полосы тени от колец на поверхности Сатурна при наблюдении с Земли, когда наша планета находится точно в плоскости колец, она же – плоскость экватора Сатурна. Считать Солнце и Землю точечными объектами, орбиты Земли и Сатурна – круговыми и лежащими в плоскости эклиптики. Кольцо Сатурна считать сплошным с внутренним радиусом 92 тысячи км, внешним радиусом 137 тысяч км и толщиной ровно 1 км.

10.3. Мимолетное свидание

Небольшой астероид пролетает около некоторой планеты, двигаясь относительно нее по параболической траектории. Когда расстояние между планетой и астероидом было минимальным, на планете измерили угловую скорость астероида, она оказалась равной ω_0 . Через некоторое время угловая скорость астероида составила $\omega_0/2$, а лучевая скорость оказалась равной v . Какой станет лучевая скорость астероида, когда его угловая скорость будет равна $\omega_0/4$? Размерами планеты и действием на астероид других тел, кроме планеты, пренебречь, планета не вращается вокруг своей оси.

10.4. Тонкий баланс

Слабо пульсирующая переменная звезда изменяет свою звездную величину по синусоидальному закону с периодом τ , разница болометрических звездных величин в минимуме и максимуме равна Δm . Черная теплопроводная сферическая пылинка радиусом r и плотностью ρ находится вдали от поверхности звезды. Она не вращается вокруг звезды, а лишь совершает колебательные движения вдоль направления на звезду, при этом ее средние за период колебаний расстояние до звезды R и температура T остаются постоянными. Определите длину отрезка, который описывает пылинка в ходе колебаний. Считать величину изменений блеска Δm и период колебаний τ малыми ($\Delta m \ll 1$, период много меньше орбитального периода, соответствующего расстоянию R). Пылинка взаимодействует с излучением по законам геометрической оптики.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

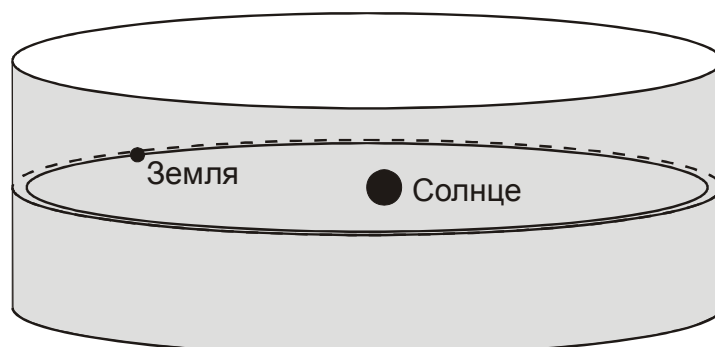
Класс: 10

Страница: 2

10.5. В погоне за светом

Желая сберечь солнечный свет, жители Земли осуществили грандиозный проект: растянули непосредственно за земной орбитой лист идеально отражающей фольги шириной существенно больше диаметра Солнца. Средняя линия листа повторяла форму орбиты Земли, в каждой точке лист располагался перпендикулярно плоскости орбиты (см. рисунок). Нарисуйте в масштабе взаимное расположение Солнца и его отражения от участка фольги позади Солнца в небе Земли в момент, когда они будут находиться максимально далеко друг от друга на небе. Укажите численные значения параметров (угловых размеров, расстояний), характеризующих это расположение. Определите видимую звездную величину данного отражения Солнца на Земле.

При решении считать, что ситуация имеет место вскоре после запуска проекта, и он еще не привел к изменению физических характеристик тел Солнечной системы. Фольга не изменяет своей формы, свойств и положения в пространстве под действием излучения или притяжения расположенных рядом физических тел, в том числе Солнца и Земли.



10.6. Синхрозатмение

Как известно, Луна удаляется от Земли в среднем на 3.8 см в год. Из-за этого в какую-то эпоху в будущем может сложиться интересная ситуация: строго через каждый драконический год (период возвращения Солнца к одному определенному узлу лунной орбиты на небе) будет происходить центральное солнечное затмение, видимое на Земле в зените.

- 1) Определите, когда такое впервые может случиться в будущем;
- 2) Для этого момента найдите наибольшую фазу данного центрального затмения;
- 3) Определите, сколько других солнечных затмений будет наблюдаться в течение драконического года между этими центральными затмениями, и какие у них будут наибольшие фазы.

Орбиты Земли и Луны считать круговыми, удаление Луны от Земли – равномерным, наклон ее орбиты к эклиптике, расстояние Земли от Солнца, а также радиусы Солнца, Земли и Луны – постоянными. Угловая скорость движения узлов лунной орбиты равна $\omega_N = -C \cdot \Omega^2 / \omega$, где Ω и ω – угловые скорости орбитального движения Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли соответственно, а C – постоянная величина.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Класс: 11

Страница: 1

11.1. Летняя ночь

Наблюдатель находится в северном полушарии Земли на широте φ , меньшей широты Полярного круга, в момент летнего солнцестояния. На какой максимальной высоте над горизонтом он может увидеть планету Солнечной системы в сумеречный и ночной период, когда Солнце располагается не выше горизонта? Орбиты планеты и Земли – круговые с радиусами R и R_0 соответственно. Считать Солнце и планету точечными объектами, орбита планеты лежит в плоскости эклиптики, рефракцией пренебречь.

11.2. Радиант в движении

В момент максимума активности метеорного потока его радиант наблюдается на эклиптике в 90° от Солнца и смещается по ходу периода активности вдоль эклиптики с угловой скоростью ω (она считается положительной, если радиант движется в том же направлении, что и Солнце, и отрицательной при встречном движении). Определите характерную большую полуось орбит метеорных частиц, считая, что метеорный рой компактен, и все его частицы имеют одинаковую гелиоцентрическую долготу перигелия. Орбиту Земли считать круговой с радиусом R_0 , масса Солнца равна M , взаимодействие частиц с Землей и осевое вращение Земли не учитывать.

11.3. Далекое небо

В рамках программы поиска обитаемых миров космический аппарат будущего совершил посадку на некоторую планету около звезды сферической формы и измерил физические характеристики планетной атмосферы. Оказалось, что ее вертикальная оптическая толщина равна τ , а показатель преломления воздуха у поверхности – n . Определите зависимость полной звездной величины звезды m и ее поверхностной звездной величины (с квадратной секунды) μ от видимого зенитного расстояния центра звезды z , если в зените эти величины составляли m_0 и μ_0 соответственно.

При решении рассмотрите положения звезды достаточно высоко над горизонтом, когда не нужно принимать в расчет кривизну поверхности планеты, и атмосфера считается состоящей из плоскопараллельных слоев. Считайте, что $\tau \ll 1$ и $(n - 1) \ll 1$, обе величины не зависят от длины волны, однако взаимное соотношение между ними может быть любым. Ответ нужно получить с точностью до слагаемых порядка τ^1 и $(n - 1)^1$. Отражением света от атмосферных слоев пренебречь, угловой диаметр звезды в небе считать малым.

11.4. Тонкий баланс

Слабо пульсирующая переменная звезда изменяет свою звездную величину по синусоидальному закону с периодом τ , разница болометрических звездных величин в минимуме и максимуме равна Δm . Черная теплопроводная сферическая пылинка радиусом r и плотностью ρ находится вдали от поверхности звезды. Она не вращается вокруг звезды, а лишь совершает колебательные движения вдоль направления на звезду, при этом ее средние за период колебаний расстояние до звезды R и температура T остаются постоянными. Определите длину отрезка, который описывает пылинка в ходе колебаний. Считать величину изменений блеска Δm и период колебаний τ малыми ($\Delta m \ll 1$, период много меньше орбитального периода, соответствующего расстоянию R). Пылинка взаимодействует с излучением по законам геометрической оптики.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Класс: 11

Страница: 2

11.5. Чудесное спасение

Белый карлик массы m обращается по круговой орбите радиуса R вокруг сверхмассивной черной дыры массы M . Космический аппарат в результате неудачных действий экипажа также оказался на круговой орбите вокруг этой черной дыры. Он движется в той же плоскости и почти по той же траектории, что и белый карлик, но в противоположном направлении, и не имеет запасов топлива. При какой максимальной разнице радиусов орбит аппарата и белого карлика ΔR после их первой встречи аппарат улетит от сверхмассивной черной дыры?

При решении считать, что $m \ll M$, $\Delta R \ll R$, сама величина R значительно больше гравитационного радиуса черной дыры, размерами белого карлика и релятивистскими эффектами пренебречь.

11.6. Множество миров

Предположим, мы оказались внутри крупной системы из большого числа звезд главной последовательности. Вокруг каждой звезды по круговой орбите с радиусом l движется по одной планете с радиусом r , все планеты одинаковы. Большая сеть одинаковых наземных телескопов на разных широтах Земли провела длительную серию измерений всех доступных им звезд, проникающая способность телескопа (болометрическая звездная величина) равна m . Приборы позволяют фиксировать относительное изменение яркости звезды $\Delta J/J$, не меньшее фиксированной величины $\eta \ll 1$. Планеты существенно меньше звезд по размерам и массе, оси орбит планет ориентированы в пространстве хаотично.

Звезды в пределах возможности наблюдения телескопов расположены однородно, объемная концентрация звезд с массами от M до $M+dM$ соответствует функции Солпитера $dn = n_0(M/M_0)^{-\alpha} dM/M_0$. Для этих звезд выполняется соотношение «масса – светимость» $(L/L_0) = (M/M_0)^4$ и «масса – радиус» $(R/R_0) = (M/M_0)$. Индекс «0» в этих случаях соответствует Солнцу. Минимальная масса звезды равна M_M . Все характеристики Солнца (R_0 , M_0 , абсолютная болометрическая звездная величина m_0) заданы. Межзвездным и атмосферным поглощением света, потемнением звезд к краю пренебречь. Звезды не экранируют друг друга. Определите полное число открытых планет.