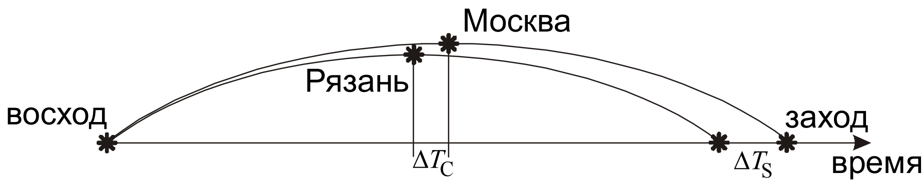
Всероссийская олимпиада школьников по астрономии – 2012
Региональный этап

9 класс

1. Условие. Некоторая далекая звезда одновременно взошла над горизонтом в Москве (широта 55°45′, долгота 37°37′) и в Рязани (широта 54°37′, долгота 39°42′). В каком из этих городов звезда дольше будет находиться над горизонтом и на сколько времени?

1. Решение. Долготы Москвы и Рязани несколько отличаются, и моменты верхней кульминации данной звезды, которая последует через некоторое время после ее восхода, также будут отличаться. Рязань (долгота λ_1) находится восточнее Москвы (долгота λ_2), и там звезда кульминирует раньше. Промежуток времени между кульминациями звезды в Рязани и Москве составит

$$\Delta T_C = T_0\,(\lambda_1 - \lambda_2) / 360° = 8м\ 19с.$$



Здесь T_0 – период вращения Земли (23ч56м04с). Промежуток времени между восходом и верхней кульминацией звезды равен промежутку времени между верхней кульминацией и заходом. Восход звезды произошел в Москве и Рязани одновременно, следовательно, в Рязани заход произойдет раньше, чем в Москве, а разница по времени составит

$$\Delta T_S = 2\,\Delta T_C = 16м\ 38с.$$

2. Условие. Луна постепенно удаляется от Земли, и через несколько миллиардов лет период смены ее фаз увеличится до 54 современных суток. Каков будет средний угловой диаметр Луны при наблюдении с Земли у горизонта?

2. Решение. Обозначим синодический период Луны в далеком будущем через S, и вычислим ее сидерический период T:

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{S} + \frac{1}{T_E}.$$

Здесь T_E – период обращения Земли вокруг Солнца. Период обращения Луны вокруг Земли составит 47 суток. Сравнивая его с нынешним периодом обращения Луны T_0, получаем величину радиуса орбиты Луны в далеком будущем:

$$R = R_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)^{2/3} = 1.44\,R_0$$

или 552 тысячи километров. Угловой диаметр Луны при наблюдении у горизонта составит

$$\delta = d / R = \delta_0 / 1.44$$

или 21.5′. Здесь d – диаметр Луны, а δ_0 – ее современный видимый диаметр у горизонта.

3. Условие. На каких широтах на Земле высота незаходящего Солнца в течение суток может изменяться ровно в два раза? Рефракцией и видимыми размерами Солнца пренебречь.

3. Решение. По условию задачи, Солнце является незаходящим светилом, а его высота в верхней кульминации вдвое больше, чем высота в нижней кульминации (обе величины – положительные). Очевидно, картина может наблюдаться в приполярных широтах. Запишем выражения для высоты светила в верхней и нижней кульминации, справедливые для обоих полушарий Земли:

$$h_{\text{В}} = 90° - |\,\delta - \varphi\,|,$$
$$h_{\text{Н}} = -90° + |\,\delta + \varphi\,|.$$

Здесь δ – склонение светила, φ – широта места наблюдения. По условию задачи

$$90° - |\,\delta - \varphi\,| = 2\cdot(-90° + |\,\delta + \varphi\,|) = -180° + 2\,|\,\delta + \varphi\,|.$$

Отсюда мы получаем:

$$2\,|\,\delta + \varphi\,| + |\,\delta - \varphi\,| = 270°.$$

Для решения этого уравнения необходимо рассмотреть несколько случаев, учитывая, что дело заведомо происходит вблизи полюсов Земли. Если предположить, что широта φ положительна, то при любых возможных склонениях Солнца (не превышающих по модулю величину ε, равную 23.4°) величина $(\delta + \varphi)$ положительна, а величина $(\delta - \varphi)$ отрицательна. Тогда мы имеем

$$3\varphi + \delta = 270°,$$
$$\varphi = 90° - \delta/3.$$

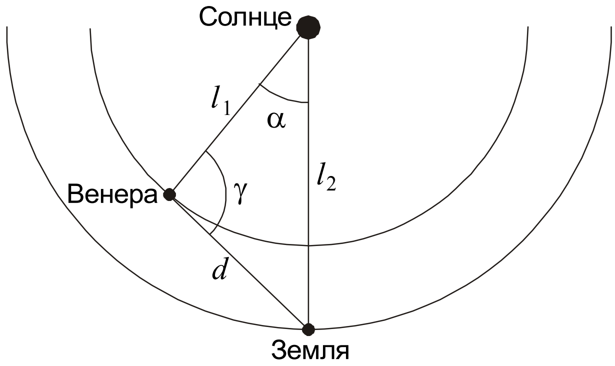
Учитывая, что широта не может превышать 90°, а модуль склонения – величину ε, получаем, что картина, описанная в условии задачи, может наблюдаться на широтах от $(90° - \varepsilon/3)$ до 90°, т.е. от 82.2° до 90°.

Аналогичным образом, предполагая, что широта места наблюдения отрицательна, и раскрывая знак модуля в уравнениях, получаем диапазон широт в южном полушарии: от –90° до –82.2°.

4. Условие. В 2012 году произойдут несколько интересных событий, связанных с Венерой. В частности, 3 апреля планета пройдет по звездному скоплению Плеяды, а 6 июня – по диску Солнца. Нарисуйте (в одном масштабе), как будет выглядеть Венера в телескоп (с прямым изображением) во время этих событий при наблюдении из средних широт северного полушария. Каковы будут видимый диаметр и фаза Венеры в эти дни? Орбиты Венеры и Земли считать круговыми и лежащими в одной плоскости.

4. Решение. Прохождение Венеры по диску Солнца может происходить только в нижнем соединении Венеры. Прохождение Венеры по звездному скоплению Плеяды наступит 3 апреля, за 64 дня до прохождения по диску Солнца. Эта величина составляет 64/584 часть синодического периода Венеры. Учитывая, что орбиты Венеры и Земли близки к круговым, получаем разность гелиоцентрических долгот Земли и Венеры 3 апреля:

$$\alpha = 360° \cdot (64/584) = 39.5°.$$



На рисунке видно, что Венера в день прохождения по Плеядам будет вблизи своей наибольшей восточной элонгации. Расстояние между Венерой и Землей может быть вычислено по теореме косинусов

$$d^2 = l_1^2 + l_2^2 - 2 l_1 l_2 \cos\alpha$$

и составляет 0.64 а.е. Похожее значение (0.69 а.е.) мы бы получили из теоремы Пифагора, предположив, что Венера находится в точности в наибольшей восточной элонгации. Здесь l_1 и l_2 – расстояния Венеры и Земли от Солнца. Угловой диаметр Венеры составляет

$$\delta = D / d = 26''.$$

Здесь D – диаметр Венеры. Приближенное значение для случая наибольшей восточной элонгации равно 24″. Угол γ с вершиной в центре Венеры, образованный направлениями на Солнце и Землю, также вычисляется из теоремы косинусов:

$$\cos\gamma = (l_1^2 + d^2 - l_2^2) / 2 l_1 d.$$

Подставляя численные значения, мы получаем 94.4°. Если бы Венера находилась в точке наибольшей восточной элонгации, этот угол был бы равен 90°. Величина фазы Венеры составляет

$$F = (1 + \cos\gamma) / 2 = 0.46.$$

В момент наибольшей восточной элонгации фаза равна 0.5. Венера выглядит как половина диска (точнее, чуть уже), выпуклостью вправо.

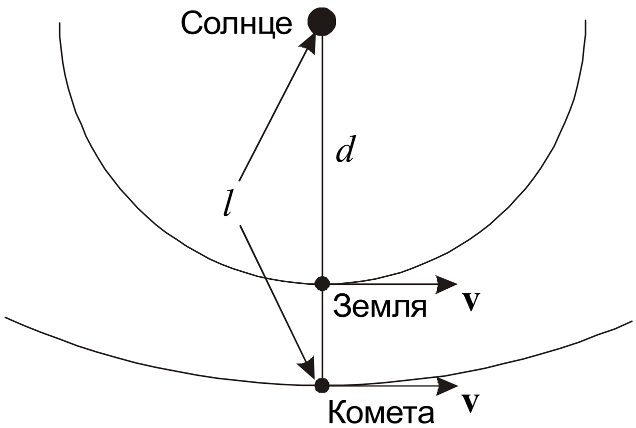
В день прохождения по диску Солнца фаза Венеры равна нулю, а угловой диаметр составляет

$$\delta = D / (l_2 - l_1) = 60''.$$

Венера в дни прохождения по Плеядам и по диску Солнца в едином масштабе будет выглядеть следующим образом:

5. Условие. Пролетая точку перигелия орбиты, комета оказывается в противостоянии с Солнцем и одновременно «останавливается» в своем видимом движении среди звезд. Каков эксцентриситет ее орбиты, если в это время она находится на том же расстоянии от Солнца, что и Марс? Орбиты Земли и Марса считать круговыми, комета движется в плоскости эклиптики.

5. Решение. В момент, описанный в условии задачи, комета проходит точку перигелия своей орбиты, то есть, движется в пространстве перпендикулярно направлению на Солнце и Землю (учтем, что комета располагается в плоскости эклиптики и для наблюдателей на Земле проходит точку противостояния с Солнцем).



Земля находится на одной линии с Солнцем и кометой и также движется перпендикулярно этой линии. По условию задачи, на небе Земли комета в этот момент не движется относительно звезд. Следовательно, скорости движения Земли и кометы, направленные вдоль параллельных линий, совпадают по величине:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{d}}.$$

Здесь M – масса Солнца, d – расстояние от Солнца до Земли. Комета находится в перигелии на расстоянии l от Солнца. Для ее скорости справедливо выражение

$$v = \sqrt{\frac{GM}{l}(1+e)}.$$

Отсюда мы получаем:

$$e = (l/d) - 1 = 0.52.$$

6. Условие. Представьте себе, что радиус звездного диска нашей Галактики изображен размером в радиус Земли. Какого размера станут звезды в этом масштабе?

6. Решение. Радиус звездного диска Галактики составляет около 15 кпк, в то время как радиус Земли около 6400 км. Вспомним, что 1 парсек включает в себя примерно 200 000 а.е. или $3 \cdot 10^{13}$ км. Самые большие звезды имеют размер около 1000 радиусов Солнца, в то время как маленькие звезды – белые карлики, величиной с Землю, т.е. около 0.01 радиуса Солнца. Посчитаем, какого они станут размера. Солнце будет иметь радиус

$$\frac{6.4 \cdot 10^3}{1.5 \cdot 10^4 \cdot 3 \cdot 10^{13}} 7 \cdot 10^5 \text{ км} \approx 10^{-8} \text{ км} = 10 \text{ мкм}.$$

Тогда самые большие звезды будут иметь радиус 10 мм, а самые маленькие – всего 0.1 мкм.

10 класс

1. Условие. Спутник, движущийся по круговой экваториальной орбите в направлении вращения планеты, проходит над станцией слежения 5 раз в звездные сутки. Над станцией слежения проходит также спутник, движущийся по круговой полярной орбите такого же радиуса, что и орбита первого спутника. Как часто он проходит над этой станцией? Форма планеты – сферическая, действием на спутники всех других тел, кроме этой планеты, пренебречь.

1. Решение. Обозначим звездные сутки как T_{E}. Синодический период обращения спутника составляет $S = T_{\mathrm{E}} / 5$. Из уравнения синодического движения можем вычислить период обращения спутника:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_E},$$

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{S} + \frac{1}{T_E} = \frac{T_E + S}{T_E S},$$

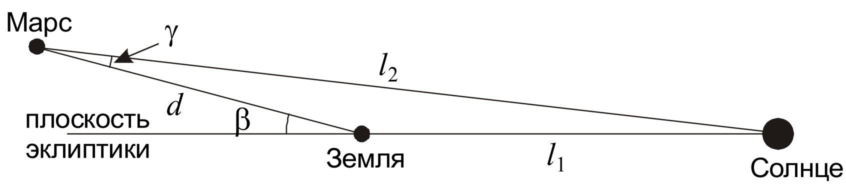
$$T = \frac{T_{\mathrm{E}} S}{T_{\mathrm{E}} + S} = \frac{1}{6} T_{\mathrm{E}}.$$

Этот период будет одинаковым для обоих спутников, поскольку радиус орбит у них совпадает. Полярный спутник может пройти над станцией слежения только тогда, когда он пересекает плоскость экватора. Причем это может произойти только в два момента звездных суток, когда сама станция слежения проходит через плоскость полярной орбиты спутника.

Известно, что в некоторый момент времени полярный спутник проходил над станцией слежения. Через половину звездных суток станция слежения вновь пройдет в плоскости орбиты полярного спутника, но с противоположной стороны. За это же время спутник совершит три полных оборота и окажется в «начальной» точке, не над текущим положением станции слежения. Вообще, поскольку период спутника в четное число раз меньше периода обращения планеты, он не сможет пройти над станцией слежения в точке, противоположной начальной. Через звездные сутки после начального момента спутник совершит точно 6 оборотов и вновь окажется в исходной позиции над станцией. Значит, он будет проходить над станцией 1 раз в звездные сутки.

2. Условие. 4 марта 2012 года наступит противостояние Марса, при котором он будет располагаться на небе в 4.6° севернее эклиптики и иметь угловой диаметр 13.9″. Каким будет угловое расстояние между Солнцем и Землей при наблюдении с Марса в этот день?

2. Решение. Марс находится в противостоянии с Солнцем, следовательно, он проходит через плоскость, перпендикулярную эклиптике и содержащую Солнце и Землю. Изобразим все три тела в данной плоскости:



Зная угловой диаметр Марса δ, можно найти расстояние между Землей и Марсом:

$$d = D / \delta.$$

Здесь D – диаметр Марса. Расстояние получается равным 0.67 а.е. Обозначим угловое расстояние между Марсом и линией эклиптики на небе Земли как β. Расстояние между Солнцем и Марсом l_2, строго говоря, вычисляется по теореме косинусов

$$l_2^2 = l_1^2 + d^2 + 2 l_1 d \cos\beta,$$

но с учетом малости угла β и близости его косинуса к единице:

$$l_2 = l_1 + d = 1.67 \text{ а.е.}$$

Здесь l_1 – радиус орбиты Земли, которую можно считать круговой. Искомое угловое расстояние между Солнцем и Землей на небе Марса вычисляется из теоремы синусов:

$$\sin\gamma = \sin\beta\ (l_1/l_2).$$

Угол γ составляет 2.8°.

3. Условие. В октябре 2007 года комета Холмса с ядром радиусом 3.3 км, имеющая блеск около 16^m, в результате взрыва резко разгорелась до 2^m. Считая, что при взрыве все ядро распалось на одинаковые осколки, определите радиус этих осколков. Вклад частиц вне ядра в яркость кометы до вспышки не учитывать.

3. Решение. Обозначим через R первоначальный радиус кометы, а через r – радиус осколков. Пусть m_0 и m – звездные величины до и после взрыва. Изначальная яркость кометы пропорциональна видимой площади ее поверхности:

$$J_0 = C\,\pi\,R^2.$$

Здесь C – некая постоянная величина. Объем ядра кометы составлял

$$V = 4/3\ \pi\ R^3.$$

После взрыва комета распалась на N осколков с радиусом r и объемом V/N:

$$V/N = 4/3\ \pi\ r^3.$$

Отсюда получаем:

$$r/R = (1/N)^{1/3}.$$

Яркость кометы вновь пропорциональна видимой суммарной площади осколков с той же постоянной, так как взрыв кометы произошел быстро, и она фактически осталась в той же точке пространства:

$$J = N\,C\,\pi\,r^2 = J_0\,N^{1/3}.$$

Из последних двух уравнений с учетом формулы Погсона имеем:

$$\frac{r}{R} = \frac{J_0}{J} = 10^{0.4\,(m-m_0)} = 2.5 \cdot 10^{-6}.$$

Характерный радиус осколков ядра кометы составляет 8 мм.

4. Условие. Два космических аппарата улетают от Земли в противоположных направлениях с одинаковыми скоростями относительно Земли. На одном из них расположен источник излучения, а на втором приемник. Приемник фиксирует то, что излучение до него доходит на другой длине волны. Изменение длины волны $\Delta\lambda$ составляет 0.1 от самой длины волны λ. Найдите скорости аппаратов относительно Земли.

4. Решение. Изменение длины волны достаточно большое, но все же заметно меньше самой длины волны. Поэтому мы можем использовать классические формулы для эффекта Доплера, считая скорости существенно меньшими скорости света. Скорость удаления аппарата с приемником от аппарата с источником равна

$$u = c\,\Delta\lambda / \lambda.$$

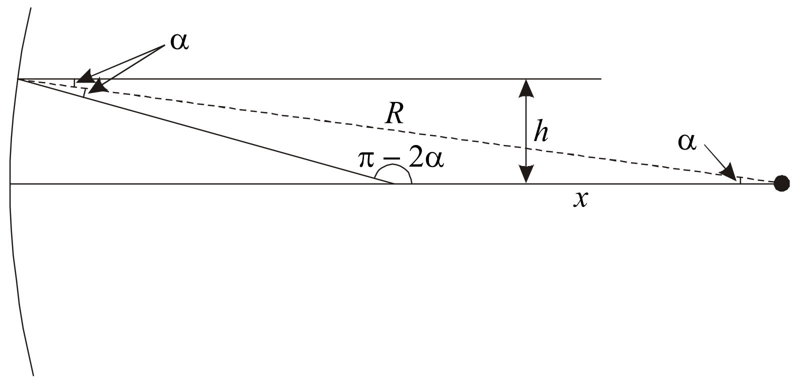
Так как скорости аппаратов относительно Земли равны и направлены в противоположные стороны, их величины составляют

$$v = u/2 = c\,\Delta\lambda / 2\,\lambda = 15\,000 \text{ км/с}.$$

5. Условие. Световой пучок падает вдоль оптической оси на сферическое зеркало диаметром d с радиусом кривизны R. Определите расстояние фокуса зеркала от центра кривизны, если $d << R$.

5. Решение. Рассмотрим луч, идущий вдоль оптической оси на расстоянии h от нее. Этот луч отразившись от зеркала пересечет оптическую ось на искомом расстоянии x от центра кривизны. Пусть угол отражения равен α. Тогда

$$\sin\alpha = h/R.$$



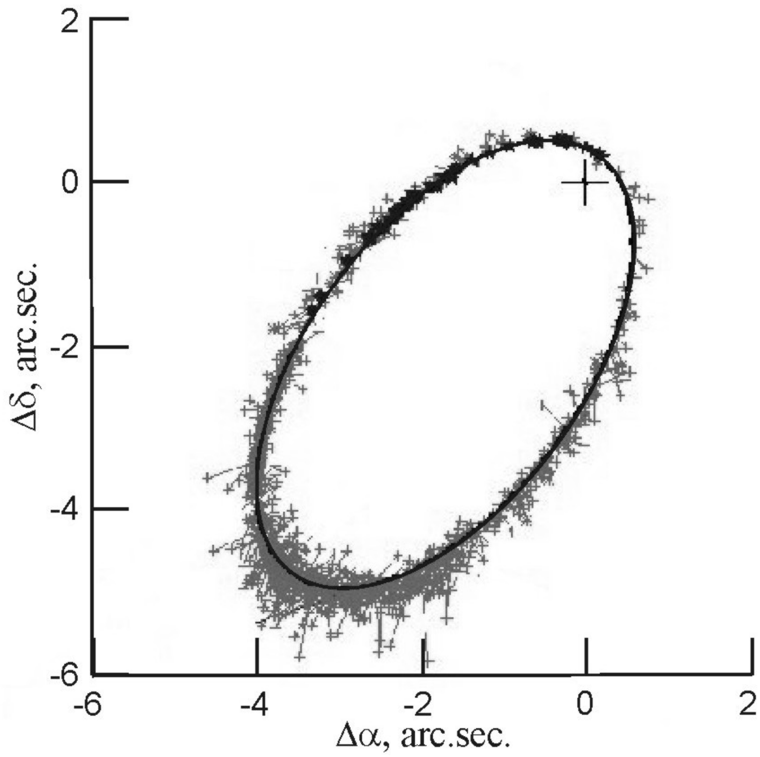
Обратим внимание, что угол между оптической осью зеркала и радиусом в точке касания также равен α. Воспользуемся теоремой синусов:

$$\frac{x}{\sin\alpha} = \frac{R}{\sin(\pi - 2\alpha)},$$

$$x = R\frac{\sin\alpha}{\sin 2\alpha} = \frac{R}{2\cos\alpha} = \frac{R}{2}\frac{1}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}}.$$

Таким образом, если диаметр зеркала много меньше, чем его радиус кривизны, то синус будет равен нулю, вторая дробь обратится в единицу, и лучи, параллельные оптической оси, будут собираться на расстоянии $R/2$ от центра кривизны зеркала.

6. Условие. Двойная звезда Поррима (γ Девы) состоит из двух одинаковых компонент. На рисунке приведены измеренные положения одной из звезд (маленькие крестики) относительно другой, которая считалась неподвижной и помечена большим крестом. Измерения производились в течение орбитального периода (169 лет). Усредненные положения показаны в виде линии эллипса. Считая, что малая ось орбит звезд в пространстве лежит в плоскости рисунка, найдите наклон самой плоскости орбит к плоскости рисунка.



6. Решение. На рисунке показан видимый путь одной звезды относительно другой. В реальности обе звезды движутся вокруг центра масс по орбитам одинаковой формы в одной плоскости, одновременно проходя перицентр. При этом эксцентриситет каждой из орбит будет равен эксцентриситету эллипса, который одна звезда описывает вокруг другой. Поэтому мы можем рассматривать данный эллипс в задаче и считать одну из звезд неподвижной.

Из рисунка, данного в условии задачи, мы можем определить три параметра: видимую большую полуось эллипса a – 3.12″, видимую малую полуось эллипса b – 1.65″, видимое перицентрическое расстояние p – 0.36″.

По условию задачи, малая ось орбит звезд лежит в плоскости наблюдения (перпендикулярна направлению на наблюдателя), и ее видимые размеры соответствуют пространственным. Большая ось эллипса образует с картинной плоскостью угол i, и ее видимые размеры уменьшаются из-за эффекта проекции:

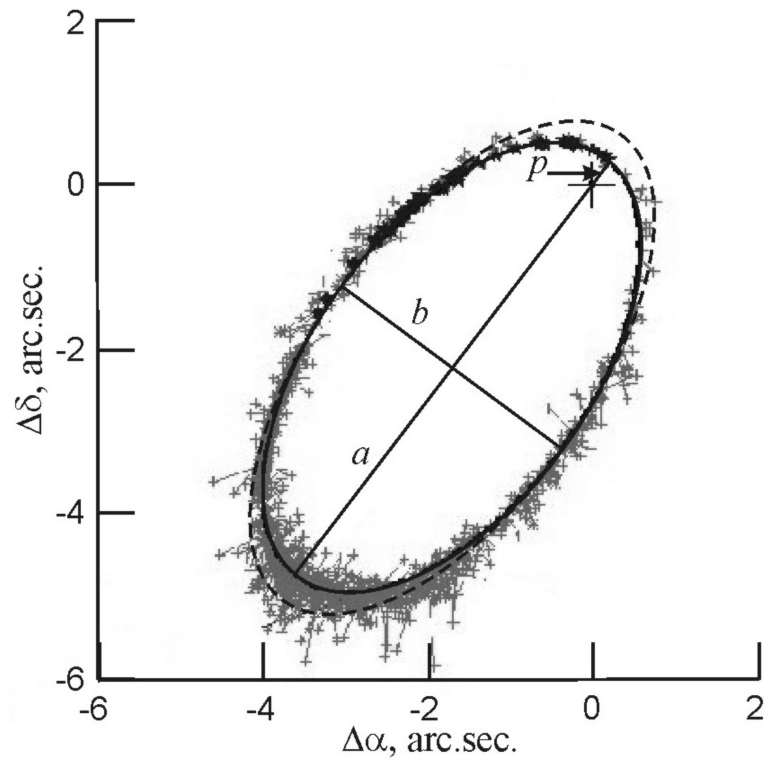
$$a = a_0 \cos i.$$

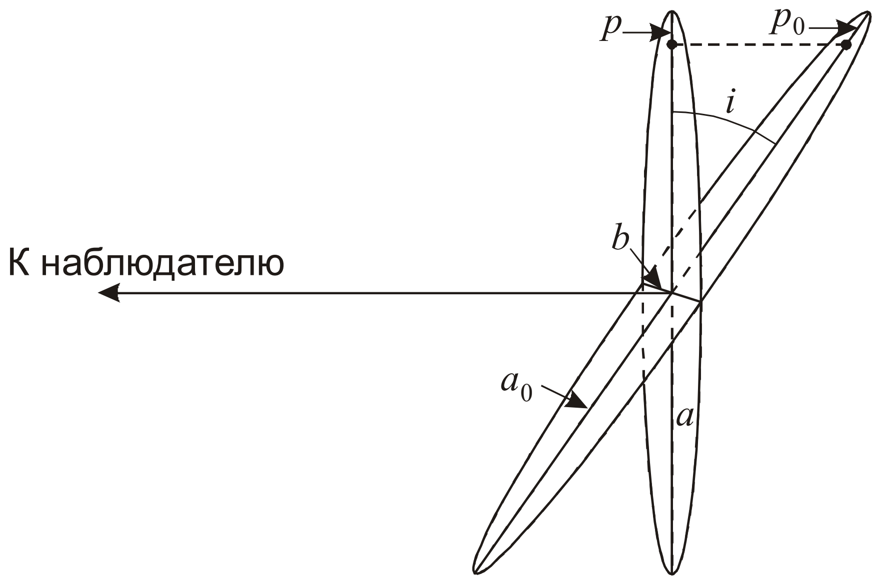
То же самое относится и к перицентрическому расстоянию:

$$p = p_0 \cos i.$$

Отсюда мы можем определить эксцентриситет орбит звезд:

$$e = \frac{a_0 - p_0}{a_0} = \frac{a - p}{a} = 0.88.$$





С другой стороны, большая полуось эллипса выражается из малой с помощью формулы:

$$a_0 = \frac{b}{\sqrt{1-e^2}}.$$

Отсюда мы получаем искомый угол наклона:

$$i = \arccos\frac{a}{a_0} = \arccos\frac{a\sqrt{1-e^2}}{b} = 26^{\circ}.$$

Если бы орбиты компонент Порримы лежали в плоскости неба, видимая траектория одной звезды относительно другой представляла бы более вытянутый эллипс, показанный на рисунке пунктирной линией. В реальности, линия узлов орбит спутников несколько отличается от малой оси, и наклон орбит звезд γ Девы к плоскости неба немного превышает полученное значение.

11 класс

1. Условие. Самолет МиГ-29М может развивать скорость до 2500 км/ч. Во сколько раз это больше (или меньше) скорости движения поверхности на экваторе радиопульсара? орбитальной скорости аппарата Dawn, вращающегося на низкой круговой орбите вокруг астероида Веста (масса $2.75\cdot10^{20}$ кг, радиус 265 км)?

1. Решение. Радиопульсар – это нейтронная звезда. Его радиус r_P составляет примерно 10 км. Периоды радиопульсаров t_P бывают от 0.001 до 10 секунд. Скорость поверхности на экваторе радиопульсара составит

$$v_P = \frac{2\pi \cdot r_P}{t_P}.$$

Минимальное значение (при периоде в 10 секунд) будет примерно 6 км/с или 22000 км/ч. Это почти в 10 раз больше скорости самолета. Максимальная скорость на экваторе радиопульсара будет превышать скорость самолета в 100000 раз. Круговая скорость на низкой орбите над Вестой, имеющей массу m_V и радиус r_V, равна

$$v_V = \sqrt{\frac{Gm_V}{r_V}}.$$

Численное значение составляет около 260 м/с или 1000 км/ч. Скорость самолета в 2.5 раза больше.

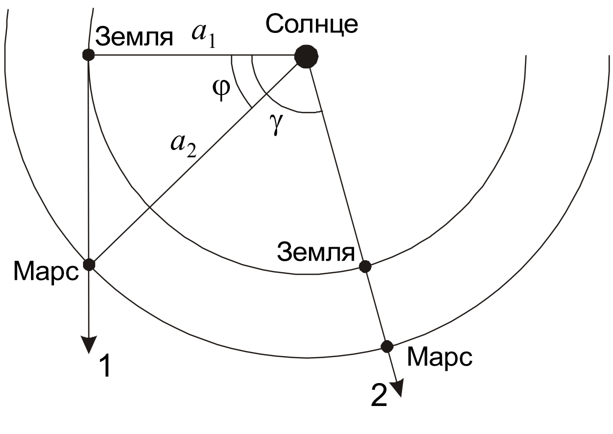
2. Условие. Марс, находясь в западной квадратуре, наблюдается в созвездии Стрельца. В каком созвездии он будет находиться во время последующего противостояния? Считать орбиту Марса круговой и лежащей в плоскости эклиптики, орбита Земли также круговая.

2. Решение. Определим сначала, интервал времени, по истечении которого Марс окажется в противостоянии. Угол Земля-Солнце-Марс в квадратуре равен:

$$\varphi = \arccos a_1/a_2 = 49°.$$

Здесь a_1 и a_2 – радиусы орбит Земли и Марса. Во время западной квадратуры Земля «догоняет» Марс в своем движении по орбите. Время, оставшееся до противостояния, составляет

$$T = S\,\varphi\,/\,360°$$



или 106 дней (здесь S – синодический период Марса). За это время Земля сместится по орбите на угол

$$\gamma = 360°\,T\,/\,T_0 = S\,\varphi\,/\,T_0 = 105°.$$

Здесь T_0 – орбитальный период Земли. Марс в этот момент оказался в противостоянии с Солнцем, на одной линии с Солнцем и Землей. Как видно из рисунка, направление от Земли на Марс в противостоянии (цифра 2) образует с аналогичным направлением в западной квадратуре (цифра 1) угол $\gamma - 90° = 15°$, причем в противостоянии Марс располагается восточней, чем в квадратуре. Созвездие Стрельца, как граничащее с ним на востоке созвездие Козерога, занимают дугу эклиптики порядка 30°. Следовательно, в противостоянии Марс либо останется в созвездии Стрельца, либо перейдет в созвездие Козерога.

3. Условие. Будущие жители Земли решили заменить Луну таким же по диаметру вогнутым сферическим зеркалом с фокусным расстоянием, равным радиусу орбиты Луны. Какой будет звездная величина такой «Луны» при наблюдении с района Земли, на который сфокусировано изображение Солнца? Марса (в среднем противостоянии)? Считать, что ось зеркала образует малый угол с направлениями на источник света и Землю, аберрациями оптики пренебречь.

3. Решение. Пусть на зеркало радиусом R падает поток F от некоторого источника. Так как направление на источник образует малый угол с осью зеркала, количество энергии, отражаемое зеркалом в единицу времени, составит

$$E = \pi R^2 F.$$

Эта энергия направляется в сторону Земли, и в фокальной плоскости будет попадать в пятно радиусом

$$r = D \rho,$$

где D – расстояние между Землей и Луной, а ρ – видимый радиус источника света. Поток световой энергии в данном пятне на Земле составит

$$f = E / \pi r^2 = F \rho_L^2 / \rho^2.$$

Здесь $\rho_L = R/D$ – видимый радиус Луны. Видимая звездная величина зеркала m будет связана со звездной величиной источника m_0 как

$$m = m_0 - 2.5 \lg (f/F) = m_0 + 5 \lg (\rho / \rho_L).$$

Видимый диаметр Солнца на небе Земли практически совпадает с видимым диаметром Луны. Поэтому зеркало, направленное на Солнце, будет светить так же, как и само Солнце, его звездная величина составит -26.8^m. А вот отражение света Марса будет значительно ярче самой планеты. В среднем противостоянии блеск Марса составляет -2.0^m, расстояние до него – 0.52 а.е., видимый радиус Марса равен 9″, в 100 раз меньше видимого радиуса Луны. Зеркало будет иметь звездную величину -12^m, то есть будет светить примерно как полная Луна, на место которой оно было установлено.

4. Условие. Астрономы открыли новый объект – расширяющуюся с угловой скоростью 0.2″/сутки туманность вокруг звезды. Объясните это явление и найдите расстояние до объекта.

4. Решение. Видимая скорость расширения туманности очень велика. Даже если предположить, что центральная звезда туманности очень близка к нам (допустим, расстояние до нее 10 пк), то за сутки туманность расширяется на 2 а.е. или 300 млн км, значение скорости получается большей 3000 км/с. Такие огромные скорости разлета могут наблюдаться разве что у оболочек сверхновых звезд, но за всю обозримую историю человечества их на таких близких расстояниях не наблюдалось. К тому же, такие близкие сверхновые могли бы поставить под угрозу дальнейшее существование самого человечества. Если предположить, что звезда располагается дальше, то скорость расширения окажется еще больше.

Следовательно, расширение туманности – это не движение самого вещества, а движение света, проходящего через вещество. Скорость света составляет 300000 км/с или 170 а.е. в день. Если расстояние в 170 а.е. видно под углом 0.2″, то расстояние до объекта равно 170/0.2 или 850 пк.

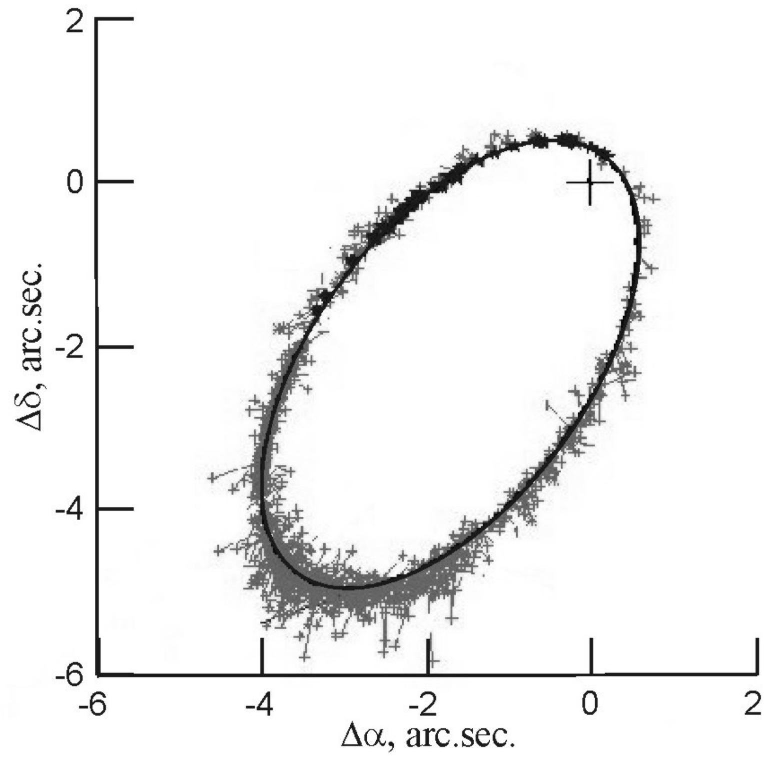
5. Условие. Будущие капитаны космических кораблей Коля и Вася планировали свои путешествия. Коля сказал, что он быстренько слетает к α Центавра (G2V+K1V), от него к Альтаиру (α Орла, A7V) и вернется на Землю. На что Вася ответил, что он за это время успеет побывать у Бетельгейзе (α Ориона, M2Iab) и Ригеля (β Ориона, B8Ia) и вернуться обратно. Кто из них первым завершит свой полет, если космические корабли движутся с одинаковой скоростью?

5. Решение. Все перечисленные звезды – одни из ярчайших, видимых с Земли. Их видимый блеск составляет 0^m – 1^m, то есть отличается в пределах одной звездной величины. При этом α Центавра и Альтаир – это звезды главной последовательности (цифра V в спектральной классификации), а Бетельгейзе и Ригель – соответственно красный и бело-голубой сверхгиганты (цифра I в спектральной классификации). Светимость сверхгигантов превышает свтимость звезд главной последовательности на несколько порядков (10^4 – 10^5 светимостей Солнца).

Из закона Погсона следует, что если звезды имеют одинаковую звездную величину, то для этого растояние до сверхгиганта должно быть больше в 100-300 раз. Бетельгейзе и Ригель должны быть в 100 раз дальше, чем α Центавра, яркий компонент которой похож на Солнце. Альтаир также является звездой главной последовательности, как и α Центавра, хоть и более яркой (спектральный клас A7). Его светимость отличается примерно на порядок, так что расстояние до Альтаира не должно превышать расстояние до α Центавра более чем в 2-3 раза.

Несмотря на то что α Центавра и Альтаир находятся в разных частях неба, перелет Земля – α Центавра – Альтаир – Земля будет существенно короче, чем перелет Земля – Бетельгейзе – Ригель – Земля. Первым на Землю вернется Коля.

6. Условие. Двойная звезда Поррима (γ Девы) состоит из двух одинаковых компонент. На рисунке приведены измеренные положения одной из звезд (маленькие крестики) относительно другой, которая считалась неподвижной и помечена большим крестом. Измерения производились в течение орбитального периода (169 лет). Усредненные положения показаны в виде линии эллипса. Считая, что малая ось орбит звезд в пространстве лежит в плоскости рисунка, найдите наклон самой плоскости орбит к плоскости рисунка.



6. Решение и рекомендации для жюри. См. задачу 6 для 10 класса.