

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

2010 год

Региональный этап – задания и решения

9 класс

1. **Условие.** Выпишите все правильные ответы на каждый из 4 вопросов:

1) Каких созвездий **нет** на современных картах звездного неба?

Возничий	Волопас	Козерог	Малый Треугольник
Стенной Квадрант	Столовая Гора	Стрелец	Телец

2) Радианты каких метеорных потоков находятся в созвездиях, **не** перечисленных в вопросе 1?

α -Ауригиды	α -Каприкорниды	Виргиниды	Геминиды
Июньские Боотиды	Квадрантиды	Сагиттариды	Тауриды

3) Какие объекты **не** входят в состав Солнечной системы?

Дамоклоиды	Лацертиды	Мириды	Моноцеротиды
Персеиды	Писциды	Урсиды	Цефеиды

4) Каких объектов **нет** в нашей Галактике?

Ахернар	Блазар	Кварвар	Квazar
Магнетар	Мицар	Поляр	Пульсар

1. Решение и комментарии.

1) Малый Треугольник, Стенной Квадрант.

2) Виргиниды, Геминиды.

Радианты этих потоков находятся соответственно в созвездиях Девы и Близнецов.

Остальные: Радиант α -Ауригид находится в созвездии Возничего, α -Каприкорнид – в созвездии Козерога, Июньских Боотид и Квадрантид – в созвездии Волопаса, Сагиттарид – в созвездии Стрельца, Таурид – в созвездии Тельца.

3) Лацертиды, Мириды, Цефеиды.

Лацертиды – тип галактик с активным ядром, Мириды и Цефеиды – типы переменных звезд.

Остальные: Метеорные потоки, кроме: Дамоклоиды – группа астероидов.

4) Блазар, Квazar.

Это галактики с активными ядрами (блазар – другое название лацертид).

Остальные: Ахернар и Мицар – яркие звезды, Кварвар – транснептуновый объект, Магнетар, Поляр и Пульсар – звездные остатки (поздние стадии эволюции массивных звезд).

Система оценивания. Ответ на каждый из 4 вопросов оценивается 0, 1 или 2 баллами по следующему принципу:

2 балла – правильный ответ – указаны все нужные объекты и не указан ни один лишний;

1 балл – указано не менее 1 правильного объекта, при этом количество указанных лишних объектов не превышает количество указанных правильных объектов;

0 баллов – не указано ни одного правильного объекта, либо указано большее число неправильных, нежели правильных объектов.

Итоговая оценка за выполнение задания получается суммированием оценок за ответы на 4 вопроса и составляет от 0 до 8 баллов.

2. Условие. Частное тенево лунное затмение наступило 31 декабря 2009 года и продолжалось от 18ч51м до 19ч54м по Всемирному времени. В каких районах на территории России на время затмения пришлось начало 2010 года по среднему солнечному времени? По декретному времени?

2. Решение. Всемирное время UT есть среднее солнечное время на долготе 0. Среднее солнечное время на долготе λ , выраженной в часах, равно

$$T_{cc} = UT + \lambda.$$

Исходя из этой формулы, вычислим, на каких долготах λ_1 и λ_2 новогодняя средняя солнечная полночь (24ч00м 31 декабря или 00ч00м 1 января) пришлась на моменты начала и конца частного лунного затмения:

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= 24ч00м - 18ч51м = 5ч09м, \\ \lambda_2 &= 24ч00м - 19ч54м = 4ч06м.\end{aligned}$$

Переводя эти величины в градусную меру, получаем $77^{\circ}15'$ в.д. и $61^{\circ}30'$ в.д. соответственно. В районах, расположенных между этими меридианами, новогодняя средняя солнечная полночь наступила по ходу затмения, что удовлетворяет первому вопросу задачи. В России между указанными меридианами располагается Зауралье (восток Свердловской и Челябинской областей), а также самые западные районы Сибири (Курганская, Тюменская, Омская области) и низовье реки Обь.

Декретное зимнее время на территории России составляет

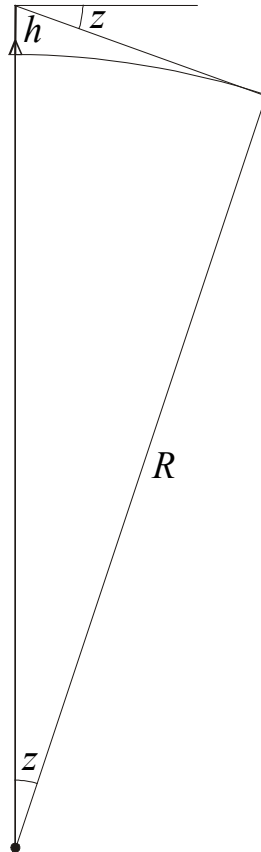
$$T_d = UT + 1 + N.$$

Здесь N – номер часового пояса, равный 2 для Москвы. На всей территории нашей страны декретное время отличается от Всемирного времени на целое число часов. Следовательно, во время лунного затмения Новый год может наступить только в один момент: 19ч по Всемирному времени. Из последней формулы легко видеть, что N при этом должно быть равно 4, и условие будет выполнено для всех регионов России, где время отличается от Московского на +2 часа. В их число входят Республика Башкортостан, Пермский край, Свердловская, Челябинская, Оренбургская, Курганская и Тюменская области, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа.

Две выделенных части территории России лишь частично совпадают друг с другом, так как декретное время существенно отличается от среднего солнечного в большинстве регионов.

3. Условие. На сколько изменяется продолжительность светового дня 21 марта для наблюдателя, поднявшегося на вершину Останкинской телебашни (высота 500 м)? Атмосферной рефракцией пренебречь.

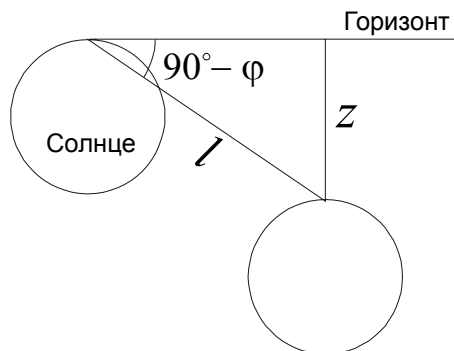
3. Решение. Определим вначале, на какую глубину под математический горизонт должен погрузиться небесный объект, чтобы оставаться видимым с высоты h над поверхностью Земли.



Как видно из рисунка, объект остается видимым, погрузившись под горизонт на угол

$$z = \arccos (R/(R+h)) = 0.72^\circ.$$

В данном случае в качестве объекта рассматривается верхний край диска Солнца. Во время равноденствия заходящее Солнце движется под углом $(90^\circ - \varphi)$ к горизонту. Здесь φ – широта места, составляющая для Останкинской башни (Москва) 56° .



Чтобы опуститься на величину z , Солнце должно пройти по небесной сфере расстояние

$$l = z / \sin (90^\circ - \varphi) = 1.29^\circ.$$

Двигаясь с угловой скоростью 15° в час, Солнце проходит это расстояние за 5 минут. Утром Солнце восходит на 5 минут раньше. В итоге, долгота дня на вершине Останкинской башни увеличивается на 10 минут.

4. Условие. Астероид ежегодно сближается с Землей, находясь в это же время в точке афелия своей вытянутой орбиты. Найти расстояние астероида от Солнца в точке перигелия его орбиты. Считать орбиту Земли круговой.

4. Решение. По истечению интервала времени в один год Земля возвращается в ту же точку своей орбиты. В ее окрестности находится точка афелия орбиты астероида, куда он также ежегодно возвращается. Следовательно, один год содержит натуральное число n орбитальных периодов астероида. Обозначив интервал времени в один год через T , получаем, что орбитальный период астероида составляет T/n . По III закону Кеплера получаем значение большой полуоси орбиты астероида:

$$a = a_0 (1/n)^{2/3}.$$

Здесь a_0 – радиус орбиты Земли и афелийное расстояние астероида. Тогда его перигелийное расстояние будет равно

$$p = 2a - a_0 = a_0 (2(1/n)^{2/3} - 1).$$

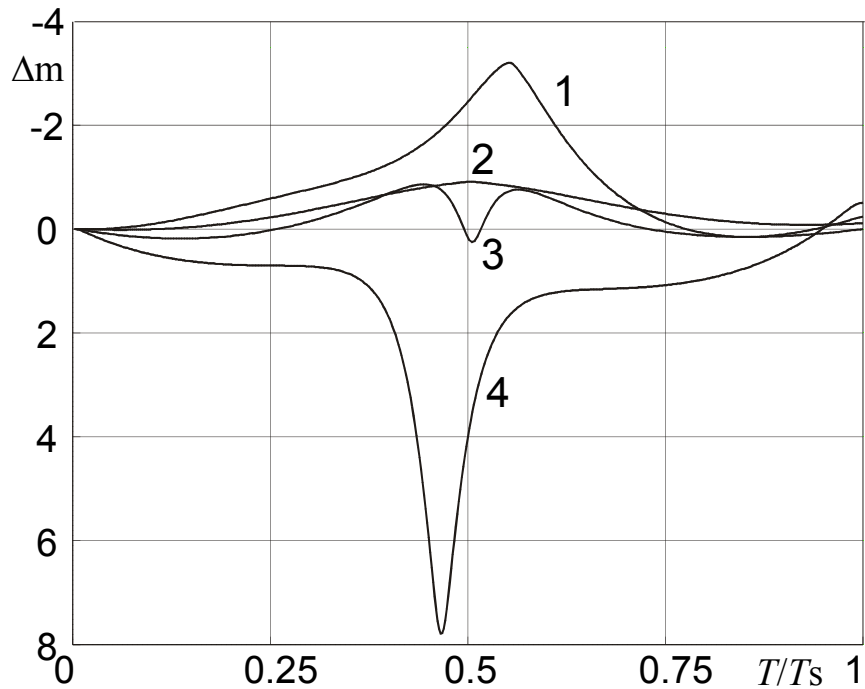
Выясним, какие значения может принимать число n . Подстановка $n = 1$, очевидно, дает $p = a_0$, что соответствует круговой орбите астероида, практически совпадающей с орбитой Земли. Такая орбита не будет устойчивой, так как астероид будет постоянно находиться рядом с Землей. К тому же, это противоречит условию задачи. Если принять $n = 2$ и орбитальный период астероида 0.5 года, то мы получаем значение перигелийного расстояния p : 0.26 а.е. Это и будет единственным ответом на задачу, так как для целых $n > 2$ величина p окажется отрицательной.

5. Условие. Описывая мощнейший метеорный дождь Леонид в 1833 году (активность – 150 000 метеоров в час), очевидец рассказывает, что от летящих по всему небу метеоров в течение часа было светло, как в лунную ночь. Справедливо ли это утверждение?

5. Решение. Для оценки вклада яркости метеоров вспомним, что полет каждого метеора обычно продолжается около секунды и даже короче. Реже наблюдаются метеоры, летящие несколько секунд. Взяв «оценку сверху», примем среднюю продолжительность явления метеора за 2 секунды или 1/1800 часа. За этот интервал в эпоху вспышки Леонид на небе появятся еще 150000/1800 или около 80 метеоров. Иными словами, в любой момент времени на небе наблюдались сразу 80 метеоров из потока Леониды.

Метеоры имеют разную яркость. Слабых метеоров больше, чем ярких, и для оценки мы вполне можем считать, что распределение метеоров по яркости такое же, как у звезд на небе. Тогда получается, что в эпоху вспышки Леонид 1833 года к 3000 звезд, видимых на небе невооруженным глазом, добавилось еще 80. Очевидно, что несмотря на всю редкость и масштабность явления, метеоры не приведут к существенному изменению яркости фона ночного неба и, тем более, их вклад не может быть сравним с полной Луной. Исключения могут составлять явления ярких болидов, но здесь речь может идти лишь о коротких мгновениях, а не о целом часе. Утверждение очевидца вспышки Леонид не имеет под собой оснований.

6. Условие. На искусственном спутнике Земли проводились измерения звездной величины Меркурия, Венеры, Марса и Юпитера. Измерения для каждой планеты начиналось и заканчивалось в соединении (для внутренних планет – в верхнем соединении) и проводились в течение ее синодического периода. Вам предоставлен сводный график изменения звездной величины планет. По оси абсцисс откладываются доли синодического периода; по оси ординат – изменение звездной величины по сравнению со значением в (верхнем) соединении. Определите, какой планете какая кривая соответствует. Ответ обосновать.



6. Решение. На звездную величину планет влияют два фактора: расстояние от Земли и Солнца и фаза, в которой планета находится. В начальный момент времени планеты находятся на максимальном удалении от Земли, но их фаза максимальна. В противостоянии внешние планеты Марс и Юпитер опять будут в полной фазе. Венера и Меркурий в середине периода окажутся в нижнем соединении и будут повернуты к наблюдателю практически полностью темной стороной. Отсюда можно сделать вывод, что кривые 3 и 4, которые имеют минимум в середине синодического периода, соответствуют Венере и Меркурию.

В отличие от Меркурия, Венера имеет атмосферу, что заметно ослабляет «фазовый эффект». Кроме этого, Венера вблизи нижнего соединения подходит достаточно близко к Земле, что дополнительно компенсирует уменьшение яркости из-за фазы. В результате, ее блеск в это время падает не так сильно, как у Меркурия. Следовательно, Венере соответствует кривая 3, а Меркурию – кривая 4 на рисунке.

Фаза внешних планет в соединении и противостоянии близка к единице, поэтому изменение блеска происходит, прежде всего, за счет изменения расстояния между планетой и Землей. У Юпитера это расстояние изменяется не столь существенно, поэтому и амплитуда колебаний блеска невелика. Следовательно, Юпитеру соответствует кривая 2, а Марсу – кривая 1 на рисунке.

Асимметрия кривых изменения блеска связана с эллиптичностью планетных орбит. Особенно хорошо это заметно для кривых изменений блеска Меркурия (4) и Марса (1).

10 класс

1. Условие. Выпишите все правильные ответы на каждый из 4 вопросов:

1) Каких созвездий **нет** на современных картах звездного неба?

Возничий	Волопас	Козерог	Малый Треугольник
Стенной Квадрант	Столовая Гора	Стрелец	Телец

2) Радианты каких метеорных потоков находятся в созвездиях, **не** перечисленных в вопросе 1?

α -Ауригиды	α -Каприкорниды	Виргиниды	Геминиды
Июньские Боотиды	Квадрантиды	Сагиттариды	Тауриды

3) Какие объекты **не** входят в состав Солнечной системы?

Дамоклоиды	Лацертиды	Мириды	Моноцеротиды
Персеиды	Писциды	Урсиды	Цефеиды

4) Каких объектов **нет** в нашей Галактике?

Ахернар	Блазар	Кварар	Квазар
Магнетар	Мицар	Поляр	Пульсар

1. Решение. См. задачу 1 для 9 класса.

2. Условие. Частное теневое лунное затмение наступило 31 декабря 2009 года и продолжалось от 18ч51м до 19ч54м по Всемирному времени. В каких районах на территории России на время затмения пришлось начало 2010 года по среднему солнечному времени? По декретному времени?

2. Решение. См. задачу 2 для 9 класса.

3. Условие. Определите эффективную температуру теплового излучения Венеры, если ее сферическое альbedo равно 0.77. Объясните отличие от реальной температуры у поверхности.

3. Решение. Солнечная постоянная у орбиты Земли в среднем равна

$$I_3 = L / 4\pi R^2 = 1370 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}.$$

Здесь L – светимость Солнца, R – расстояние от Солнца до Земли (астрономическая единица). Для орбиты Венеры (радиус орбиты 0.723 а.е.) среднее значение солнечной постоянной равно

$$I_6 = \frac{I_3}{0.723^2} \approx 2620 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Полный поток солнечного излучения, поглощаемого Венерой, равен

$$I_6(1 - A)\pi r^2,$$

где A – альbedo Венеры, а r – ее радиус. Для того, чтобы температура Венеры оставалась постоянной, необходимо, чтобы такая же энергия излучалась планетой в космическое пространство. Если представить Венеру как абсолютно чёрное тело, то

$$4\pi r^2 \sigma T^4 = I_6 (1 - A) \pi r^2.$$

Здесь T – эффективная температура Венеры, а σ – постоянная Стефана-Больцмана. Из последнего уравнения получаем:

$$T = \sqrt[4]{\frac{I_6 (1 - A)}{4\sigma}} = 227 \text{ K}$$

Известно, что температура у поверхности Венеры составляет около 730 К, что сильно отличается от полученной эффективной температуры. Причина столь большой разницы состоит в том, что тепловое излучение Венеры возникает в верхних слоях атмосферы, где температура как раз составляет около 200 К. Тепловое излучение поверхности поглощается в нижних плотных слоях атмосферы, что и становится причиной столь сильного нагрева. В этом состоит механизм «парникового эффекта».

4. Условие. Известно, что звезда Альдебаран (α Тельца), красный гигант с массой несколько более 2 масс Солнца, наблюдается на небе среди звезд рассеянного скопления Гиады, хотя сам он в это скопление не входит. Что располагается ближе к нам – Альдебаран или Гиады? Объясните свой ответ.

4. Решение. Хотя масса Альдебарана и превосходит солнечную, она недостаточна для образования красного сверхгиганта типа Бетельгейзе. На конечных стадиях эволюции Альдебаран стал красным гигантом. Абсолютная звездная величина Альдебарана должна быть типичной для подобных звезд – около -1^m .

Гиады – рассеянное звездное скопление, состоящее из молодых звезд. Самые яркие звезды в нем – бело-голубые гиганты, их абсолютная звездная величина должна быть $-1^m \div -2^m$, т.е. светимость этих звезд не меньше, а скорее всего – больше светимости Альдебарана. Тем не менее, Альдебаран на нашем небе светит ярче звезд Гиад, выделяясь на их фоне. Следовательно, он находится ближе к нам, чем Гиады.

5. Условие. Описывая мощнейший метеорный дождь Леонид в 1833 году (активность – 150 000 метеоров в час), очевидец рассказывает, что от летящих по всему небу метеоров в течение часа было светло, как в лунную ночь. Справедливо ли это утверждение?

5. Решение. См. задачу 5 для 9 класса.

6. Условие. На искусственном спутнике Земли проводились измерения звездной величины Меркурия, Венеры, Марса и Юпитера. Измерения для каждой планеты начиналось и заканчивалось в соединении (для внутренних планет – в верхнем соединении) и проводились в течение ее синодического периода. Вам предоставлен сводный график изменения звездной величины планет. По оси абсцисс откладываются доли синодического периода; по оси ординат – изменение звездной величины по сравнению со значением в (верхнем) соединении. Определите, какой планете какая кривая соответствует. Ответ обосновать.

6. Рисунок и решение. См. задачу 6 для 9 класса.

11 класс

1. **Условие.** Выпишите все правильные ответы на каждый из 4 вопросов:

1) Каких созвездий **нет** на современных картах звездного неба?

Возничий	Волопас	Козерог	Малый Треугольник
Стенной Квадрант	Столовая Гора	Стрелец	Телец

2) Радианты каких метеорных потоков находятся в созвездиях, **не** перечисленных в вопросе 1?

α -Ауригиды	α -Каприкорниды	Виргиниды	Геминиды
Июньские Боотиды	Квадрантиды	Сагиттариды	Тауриды

3) Какие объекты **не** входят в состав Солнечной системы?

Дамоклоиды	Лацертиды	Мириды	Моноцеротиды
Персеиды	Писциды	Урсиды	Цефеиды

4) Каких объектов **нет** в нашей Галактике?

Ахернар	Блазар	Кварар	Кварар
Магнетар	Мицар	Поляр	Пульсар

1. **Решение.** См. задачу 1 для 9 класса.

2. **Условие.** Склонение звезды **A** равно 60° , а склонение звезды **B** – 30° . При съемке на неподвижную камеру с ПЗС-матрицей с длинной экспозицией звезды выглядят в виде черточек. Отсчеты ПЗС-матрицы в черточке, соответствующей звезде **A**, в два раза больше, чем в черточке звезды **B**. Как соотносятся звездные величины этих звезд? Кривизной поля камеры, другими абберациями и атмосферным поглощением пренебречь.

2. **Решение.** При фиксированной экспозиции t длина черточки, оставленной звездой в кадре ПЗС-камеры с фокусным расстоянием F , пропорциональна угловой скорости этой звезды и составляет

$$l(\delta) = F \omega t \cos \delta,$$

где ω – угловая скорость суточного вращения неба, а δ – склонение звезды. Пусть длина следа звезды **B** равна l , тогда длина следа звезды **A** равна

$$l \frac{\cos \delta_A}{\cos \delta_B} = \frac{\sqrt{3}}{3} l.$$

Обозначим за E_A и E_B отсчеты ПЗС-матрицы, пропорциональные количеству квантов, попавших на единичную площадку матрицы от звезд **A** и **B** соответственно. По условию, $E_A = 2E_B$. Общее количество световой энергии, попавшей на ПЗС-матрицу за все время экспозиции, пропорционально произведению отсчета с единичной площади, E , и длины черточки, l (ширины черточек будут одинаковы). Сравним эти величины для звезд **A** и **B** и запишем формулу Погсона:

$$m_A - m_B = -2.5 \lg \left(\frac{E_A l \cos \delta_A}{E_B l \cos \delta_B} \right) = -2.5 \lg \left(\frac{2\sqrt{3}}{3} \right) = -0.16$$

То есть, блеск звезд почти одинаков – звезда **A** ярче звезды **B** всего на 0.16^m .

3. Условие. В 2009-2010 годах система колец и спутников планеты Сатурн будет располагаться под малым углом к направлению от Сатурна на Солнце. Оцените, сколько затмений Титана можно будет увидеть с Сатурна в этот период?

Известные величины: Радиус орбиты Сатурна – 9.539 а.е., радиус Сатурна – 60.25 тыс. км, масса Сатурна – 95.18 масс Земли, радиус орбиты Титана – 1.222 млн км. Орбита Титана лежит в плоскости экватора Сатурна, ее наклонение к плоскости орбиты Сатурна – 25.3°. Все орбиты считать круговыми, сжатие Сатурна и тень от его колец при решении не учитывать, размерами Титана пренебречь (считать затмением погружение центра Титана в тень Сатурна).

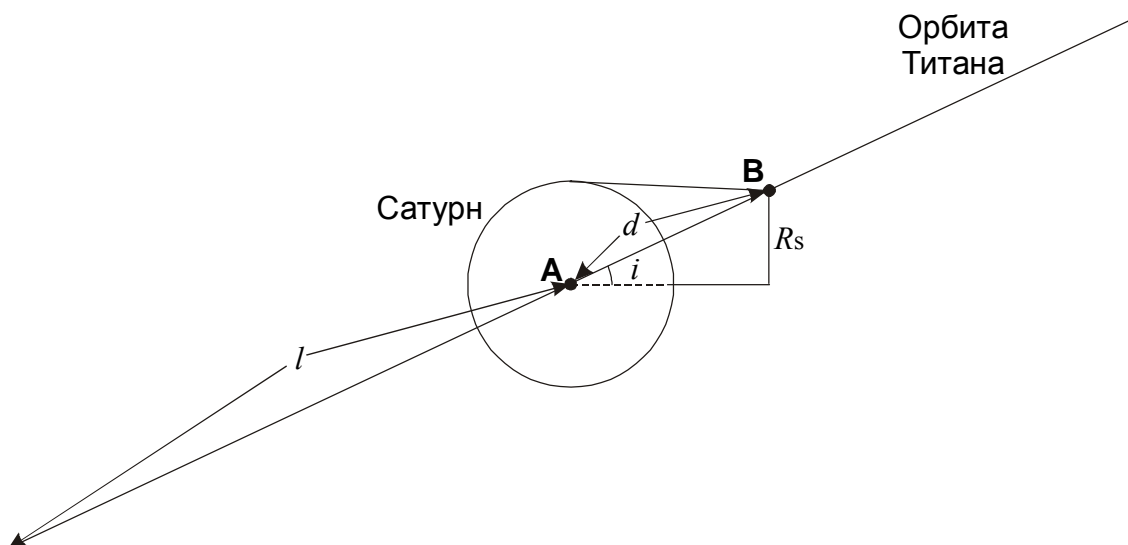
3. Решение. Аналогично лунным затмениям на Земле, спутник Сатурна Титан может попадать в тень этой планеты. Однако это происходит не в каждое противостояние Титана Солнцу (при наблюдении с Сатурна), а лишь вблизи одного из узлов орбиты Титана. Так как Титан обращается вокруг Сатурна фактически в плоскости экватора планеты, линия узлов орбиты Титана остается параллельной линии пересечения плоскости орбиты Сатурна и плоскости его экватора. Линия узлов совпадает с направлением на Солнце дважды за орбитальный период Сатурна, то есть один раз в 14.7 лет. Подобная ситуация случилась в настоящее время. В течение нескольких оборотов Титана он будет попадать в тень Сатурна, и нам нужно определить количество этих затмений.

Для начала определим размеры тени Сатурна, в которую может погрузиться Титан, пренебрегая сжатием Сатурна. Эта планета располагается в 9.539 раз дальше от Солнца, чем Земля, и угловой радиус Солнца при наблюдении с Сатурна ρ составляет всего 101" или $5 \cdot 10^{-4}$ радиан. Обозначим радиус орбиты Титана через l . Тогда радиус тени Сатурна на расстоянии Титана составит

$$R_s = R - l \operatorname{tg} \rho = R - \rho l = 59.6 \text{ тыс км},$$

что практически не отличается от радиуса Сатурна R . Построим рисунок в плоскости, перпендикулярной плоскости экватора Сатурна и орбиты Титана и пересекающей плоскость орбиты Сатурна по горизонтальной прямой. Пусть i – наклонение орбиты Титана. Определим величину перемещения Титана от точки узла орбиты **A** до точки **B**, удаленной на расстояние R_s от плоскости орбиты Сатурна. В этой точке еще может наступить затмение Титана. Расстояние **AB** составляет

$$d = R_s / \sin i = 139 \text{ тыс. км.}$$



Данная величина существенно меньше радиуса орбиты Титана, и с учетом оценочного характера задания мы можем считать, что перемещение Титана от точки **A** до точки **B** происходит по прямой линии. Угол, который проходит Титан в своем орбитальном движении за это время, составляет

$$\gamma = d / l = 0.114 \text{ радиан или } 6.5^\circ.$$

Получается, что затмения Титана может происходить внутри двух дуг орбиты длиной 2γ или 13° каждая, на угловом расстоянии не более 6.5° от одного из узлов. Точка противостояния Титана будет попадать в этот интервал, пока сам Сатурн будет находиться не далее 6.5° от линии равноденствий (линии в плоскости орбиты Сатурна, параллельной плоскости его экватора). Определим, сколько времени Сатурн потратит на преодоление дуги в 2γ своей орбиты:

$$T_e = 2\gamma T / 360^\circ = 1.07 \text{ года.}$$

Здесь T – орбитальный период Сатурна. В течение такого периода будут происходить затмения Титана на каждом его обороте вокруг Сатурна. Орбитальный период Титана можно получить из III закона Кеплера, сравнивая его движение с обращением Луны вокруг Земли:

$$T_0 = 27.32 \text{ сут} * (1222/384.4)^{3/2} * (95.18)^{-1/2} = 15.9 \text{ сут.}$$

Синодический период Титана практически не отличается от орбитального. Деля T_e на T_0 , получаем, что на Сатурне в 2009-2010 годах произойдет около 25 затмений Титана подряд.

Примечание. В реальности, число затмений Титана в 2009-2010 годах, с учетом его размеров и полярного сжатия Сатурна, составит 24.

4. Условие. Известно, что звезда Альдебаран (α Тельца), красный гигант с массой несколько более 2 масс Солнца, наблюдается на небе среди звезд рассеянного скопления Гиады, хотя сам он в это скопление не входит. Что располагается ближе к нам – Альдебаран или Гиады? Объясните свой ответ.

4. Решение. См. задачу 4 для 10 класса.

5. Условие. Какие наиболее яркие объекты мог бы увидеть на небе наблюдатель, глаза которого воспринимают только рентгеновское излучение? Опишите два случая: наблюдатель находится на поверхности Земли и на искусственном спутнике Земли.

5. Решение. Перед наблюдателем, находящимся на поверхности Земли, предстанет абсолютная темнота, поскольку земная атмосфера абсолютно непрозрачна в рентгеновском диапазоне. Это излучение задерживается уже в верхних слоях газовой оболочки нашей планеты.

Наблюдатель на орбите, в зависимости от чувствительности и разрешающей способности его «рентгеновских глаз», сможет увидеть Солнце (точнее, его активные области и горячую солнечную корону), центр Галактики (Стрелец-А), ряд ярких рентгеновских источников (Лебедь-X1, Скорпион-X1, Крабовидная туманность, Геркулес-X1) и, если повезет, яркие рентгеновские новые звезды.

6. Условие. Три спиральные галактики имеют похожие характеристики и расстояние от Земли. Диск одной из них наблюдается «плашмя», второй – под углом 45° к лучу зрения, третьей – с «ребра». У какой из трех галактик удастся точнее всего определить относительный массовый вклад «темной материи»?

6. Решение. Чтобы определить относительный массовый вклад «темной материи» в галактике, необходимо измерить две величины: ее полную массу и массу видимого вещества. Полная

масса галактики может быть найдена на основе спектральных измерений лучевых скоростей звезд на разных расстояниях от галактического центра – построения «кривой вращения» галактики. Подобные исследования как раз указали, что масса галактик существенно превышает массу их видимого вещества – звезд. Саму же массу видимого вещества можно определить по светимости галактики, так как светимость на единицу звездной массы у спиральных галактик практически одинакова.

Из трех галактик, описанных в условии задачи, у одной будет достаточно сложно определить полную массу. Если диск галактики перпендикулярен лучу зрения (галактика видна «плашмя»), то лучевые скорости звезд в диске будут малы, что затруднит построение кривой вращения. Если же галактика видна «с ребра», то облака пыли, присутствующие в диске спиральной галактики, будут сильно поглощать излучение звезд и не дадут измерить полную светимость галактики. В этом случае возникнут затруднения с оценкой массы видимого вещества галактики.

Галактика, расположенная под углом 45° к лучу зрения, будет самым удобным объектом для измерения массовой доли «темной материи». Поглощение света звезд пылью будет невелико, а сами звезды будут иметь большие лучевые скорости, что позволит построить кривую вращения галактики и определить ее массу.