

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).

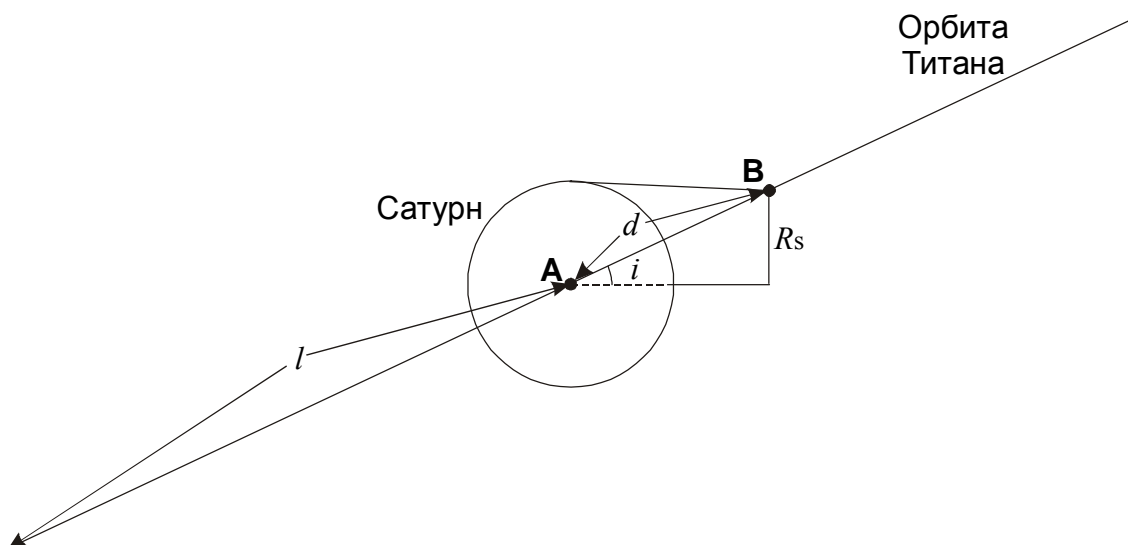
3. Решение. Аналогично лунным затмениям на Земле, спутник Сатурна Титан может попадать в тень этой планеты. Однако это происходит не в каждое противостояние Титана Солнцу (при наблюдении с Сатурна), а лишь вблизи одного из узлов орбиты Титана. Так как Титан обращается вокруг Сатурна фактически в плоскости 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.