

XXIII Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
отборочный тур, решения

2016
3 декабря
24 января

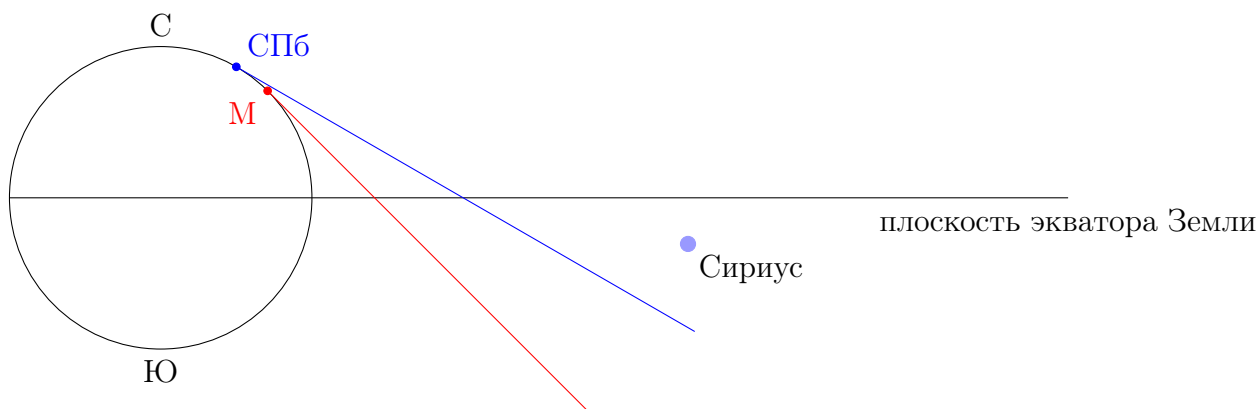
5–6 классы

1. В каком городе — в Москве или в Санкт-Петербурге — Сириус может подниматься выше над горизонтом?

Решение (8 баллов):

Сириус — звезда южного полушария. Это означает, что в северном полушарии Земли наибольшей высоты над горизонтом он достигает над южной половиной горизонта.

В таком случае, чем южнее находится город северного полушария (т.е. чем меньше его широта), тем выше над горизонтом может подниматься Сириус. Лучше всего понять это, поработав со звездным глобусом или компьютерным планетарием, настраивая их на разные широты. Но можно и нарисовать очень схематичный рисунок, подобный приведенному. На нем плоскость горизонта Санкт-Петербурга обозначена синей линией, Москвы — красной, для наглядности города изображены на одном меридиане, а разность между широтами сильно преувеличена. При рисовании нужно понимать, что звезды, в том числе и Сириус, находятся чрезвычайно далеко по сравнению с радиусом Земли, поэтому для рисования схемы лучше взять лист бумаги побольше, а Землю нарисовать поменьше.



Москва (широта 56° с.ш.) южнее Санкт-Петербурга (широта 60° с.ш.), следовательно, в Москве Сириус поднимается выше.

Следует заметить, что для околополярных звезд, которые наибольшей высоты достигают над северной частью горизонта, ситуация обратная. Если какая-то звезда достигает наивысшей высоты над горизонтом на севере в обоих городах (северного полушария), то чем южнее город, тем меньше эта наибольшая высота. Самый очевидный пример такой звезды — это Полярная звезда. Известно, что высота Полярной звезды над горизонтом (которая практически не меняется в течение суток) практически равна широте места наблюдения. Следовательно чем меньше широта, тем меньше высота Полярной, вплоть до того, что на экваторе Полярная находится почти на горизонте.

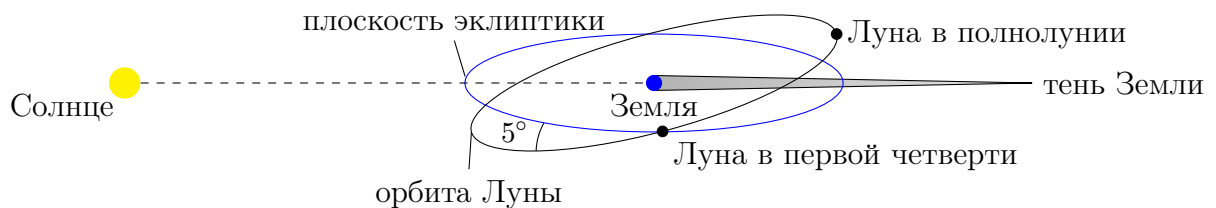
2. Школьник Миша, выйдя на улицу, увидел Луну в первой четверти рядом со звездой Зубен Эльгенуби. Помогите Мише узнать, будет ли через неделю лунное затмение. Почему?

Решение (8 баллов):

Орбита Луны наклонена к эклиптике (той линии, по которой Солнце движется по небу в течение года) на довольно большой угол (5°) по сравнению с угловыми размерами Луны, Солнца и земной тени. Именно поэтому затмения бывают не каждый месяц. Чтобы произошло лунное затмение, нужно выполнение одновременно двух условий:

- (a) Луна находится в фазе полнолуния;
- (b) Луна располагается достаточно близко к эклиптике, чтобы попасть в земную тень, т.е. находится рядом с так называемым узлом своей орбиты — точкой пересечения орбиты Луны и эклиптики.

Проверим, выполняются ли через неделю условия, необходимые для затмения. Полная смена лунных фаз (так называемый синодический месяц) занимает примерно 1 месяц (в среднем 29.5 суток). Первая четверть — это растущая Луна. Следовательно, через неделю (т.е. четверть месяца) наступит полнолуние и первое условие будет выполнено. Звезда Зубен Эльгенуби — α^2 зодиакального созвездия Весы — находится практически на эклиптике. Следовательно Луна в первой четверти, которую увидел Миша, также была на эклиптике. Период обращения Луны вокруг Земли также примерно равен месяцу (точнее 27.3 суток). Таким образом за неделю Луна пройдет примерно четверть длины своей орбиты вокруг Земли и тем самым максимально отойдет от эклиптики (см. рисунок [не в масштабе, угол преувеличен]).

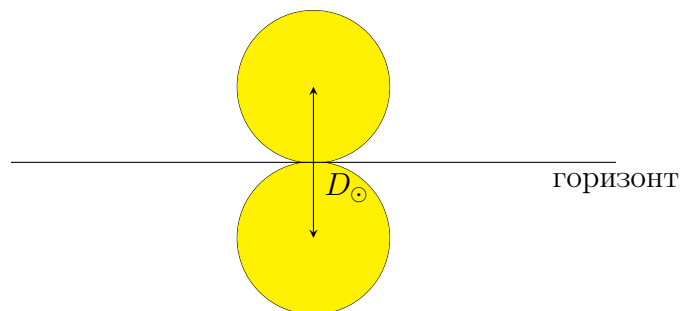


Следовательно, второе условие не выполнится и затмения не будет.

3. На какой планете Солнечной Системы можно наблюдать самый продолжительный восход Солнца? Почему?

Решение (8 баллов):

Для того, чтобы полностью взойти над горизонтом, диск Солнца должен пройти свой угловой диаметр $D_\odot$ (см. рисунок, где для наглядности изображен восход на экваторе планеты).



Следовательно, продолжительность восхода Солнца на планете определяется видимым размером диска Солнца и скоростью его движения по небу планеты. На всех широтах, кроме полюсов, скорость движения Солнца по небу определяется продолжительностью *солнечных* суток планеты, т.е. периода, за который Солнце совершает полный оборот

по небу (не путать с истинным периодом вращения планеты вокруг своей оси!). Таким образом, чем больше угловой размер Солнца на планете и чем дольше длится на ней солнечные сутки, тем дольше будет длиться «обычный» восход. Всем этим условиям удовлетворяет Меркурий, солнечные сутки на котором длятся 176 земных суток (дольше, чем на любой другой планете Солнечной системы) и который ближе всех планет к Солнцу, так что видимый размер Солнца на нем самый большой. Следовательно, самый продолжительный «обычный» восход Солнца можно наблюдать на Меркурии.

Если же мы переберемся на полюс любой планеты Солнечной системы (кроме Меркурия, на полюсах которого Солнце никогда не восходит), то там примерно по полгода наблюдается либо полярный день, либо полярная ночь. Таким образом «солнечные сутки» на полюсах по продолжительности равны году планеты, т.е. периоду ее полного оборота по орбите вокруг Солнца. Следовательно, на полюсах скорость пересечения диском Солнца горизонта определяется периодом обращения планеты вокруг Солнца. За счет такого эффекта самый длительный восход Солнца можно наблюдать на полюсах Нептуна, период обращения которого вокруг Солнца — 165 земных лет — самый большой среди планет Солнечной системы, даже несмотря на малость углового размера Солнца на Нептуне.

Для того, чтобы выбрать из этих двух вариантов (Меркурий и Нептун) наибольший, требуются трудоемкие вычисления, поэтому каждый из этих вариантов мы будем считать правильным ответом (естественно, при его достаточном обосновании).

4. Перечислите все созвездия неба, граничащие хотя бы в одной точке с созвездием Эридан.

Решение (8 баллов):

Кит, Телец, Орион, Заяц, Резец, Часы, Южная Гидра, Тукан (граничит в одной точке), Феникс, Печь.

5. Почтовый космический корабль летит из центра галактики Водоворот (она же М51) в ближайшую к М51 галактику-спутник вдоль спирального рукава, их связывающего. Найдите снимок галактики М51 и оцените расстояние, которое должен будет преодолеть корабль. Во сколько раз этот путь длиннее, чем путь по прямой?

Решение (8 баллов):

На просторах интернета можно найти немало снимков галактики Водоворот (М51). Ниже приведено изображение, взятое с сайта Astronomy Pictures of the Day (<http://apod.nasa.gov/apod/ap100611.html>). Красными пятнами отмечено положение облаков водорода (так называемых, областей HII). На этой же странице можно заметить, что диаметр галактики М51 составляет примерно 60 000 световых лет.

Это спиральная галактика, удаленная от нас на расстояние примерно 23 млн св. года. Ученым крупно повезло, что эта галактика видна плашмя. Этот факт позволяет подробно изучать спиральную структуру данной галактики. На снимке очевидно, что М51 взаимодействует со своим спутником (его обозначают как NGC 5195), который выглядит как светлое пятно справа от М51. Взаимодействие заключается как раз в том, что один из спиральных рукавов от центра галактики Водоворот идет прямо до галактики-спутника. Вообще, спиральный рукав, по современным представлениям, — это волна плотности звездообразования, то есть это область, в которой много молодых ярких звезд. Именно поэтому спирали хорошо видны на снимках.

Можно заметить, что спиральная структура у этой галактики не такая простая: спирали имеют различные ответвления, начинаются не прямо из центра галактики, в них присутствует пыль. Будем считать, что вдоль пылевого рукава почтовому кораблю лететь незачем (там могут водиться всякие галактические пираты), поэтому он путешествует вдоль наиболее населенного звездами рукава (он же сильнее усеян облаками водорода), никуда не сворачивая по пути. А конечной точкой его путешествия будет центр галактики-спутника — самая яркая точка в его центре (выбор иной точки в пределах спутника ответ

принципиально не меняет). Значит, необходимо придумать способ измерить длину этого спирального рукава и сравнить ее с расстоянием по прямой.



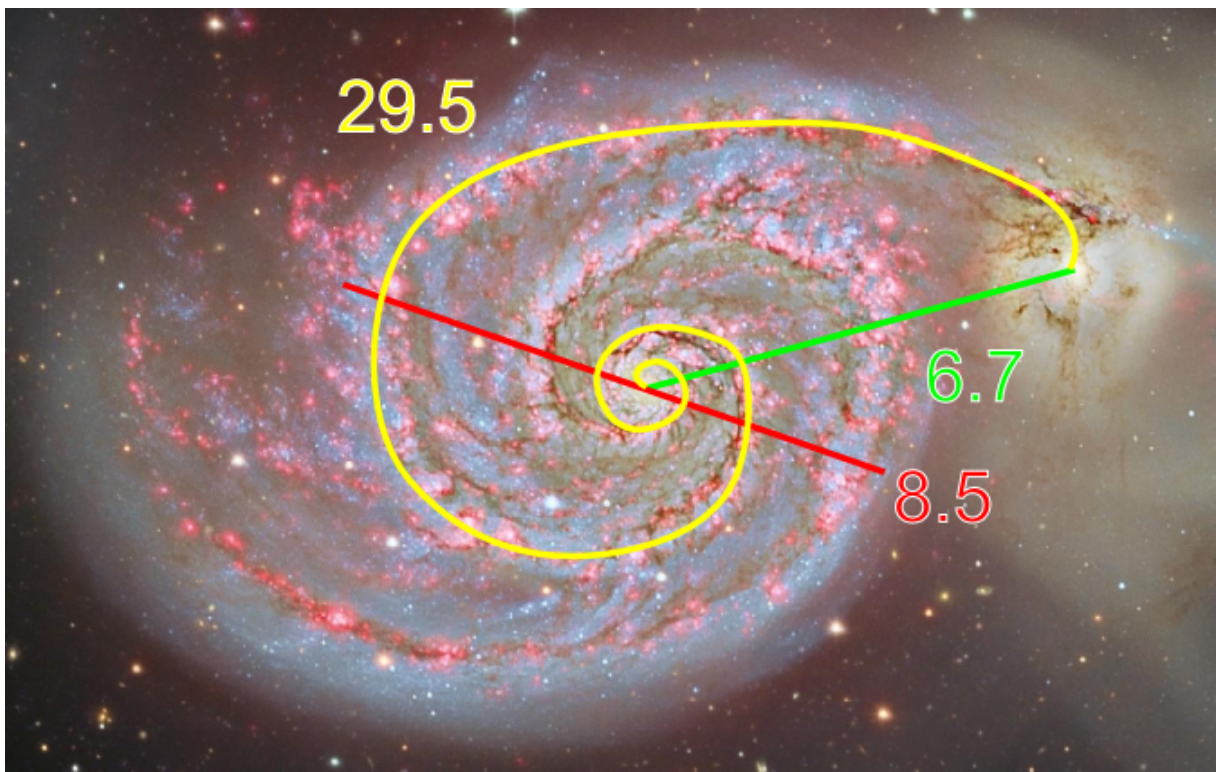
Сначала измерим диаметр этой галактики в сантиметрах, чтобы получить масштаб изображения, то есть сколько световых лет содержится в одном сантиметре изображения (ширина фото 18 см). Это можно сделать линейкой, помня, что диаметр проходит через центр. Получится значение около 8.5 см (красная линия на втором рисунке). Вычислим масштаб изображения:

$$\frac{60000 \text{ св. лет}}{8.5 \text{ см}} \approx 7000 \text{ св. лет в см}$$

Значение взято примерным, т.к. на самом деле, точный размер M51 отличается от приведенного значения, диаметр можно было взять немного другой и получить отличающееся значение.

Теперь померяем линейкой расстояние от центра M51 до центра NGC 5159. Получится около 6.7 см (обозначено зеленой линией). Это означает, что реальное расстояние равно $6.7 \text{ см} \times 7000 \text{ св. лет в см} = 46900 \text{ св. лет}$.

Осталось самое сложное: выяснить длину пути по спирали. Довольно понятно, что прикладывать линейку к изображению спирали не очень эффективно. Лучше всего взять нитку и постараться максимально точно описать при помощи нее ветвь спирали (желтая линия). То есть один конец приложить к центру галактики-спутника, а далее вести нитку по спирали, следя за тем, чтоб она не сильно из нее выходила. По достижению центра M51 поставить пометку на нитке, нитку убрать и измерить полученный отрезок нитки линейкой. Затем стоит приложить нитку во второй раз и получить вторую отметку. Если отметки совпали, значит предыдущее измерение было произведено достаточно хорошо. Если нет — приложить нитку в третий раз. Таким образом будут получены три отметки. Несколько измерений позволяют избежать сильной погрешности в измерении длины спирали. Теперь необходимо взять среднее значение длины нитки из этих трех, тогда получится длина спирали около 29.5 см.



Вычислим реальное расстояние вдоль спирали, которое должен пролететь почтовый корабль: $29.5 \text{ см} \times 7000 \text{ св. лет в см} = 206500 \text{ св. лет}$. Осталось не забыть найти отношение двух расстояний: вдоль спирали и по прямой. Достаточно понятно, что можно найти отношение измеренных величин в сантиметрах, т.к. они однозначно связаны с реальными расстояниями в галактике М51. Получаем, что путь по спирали длиннее прямого в $29.5 \text{ см} / 6.7 \text{ см} = 4.4$ раза.