

МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

ПО АСТРОНОМИИ. 2017–2018 уч. г.

ОЧНЫЙ ЭТАП

6–7 классы

Решения и критерии оценивания

Задача 1

Ученикам в школе на Плутоне преподают астрономию. На уроках им выдают учебную карту плутонианского звёздного неба. Какие элементы этой карты будут отличаться по сравнению с картами, сделанными для земных школьников? Обоснуйте ответ для каждого пункта. Список элементов карты:

- 1) взаимное расположение звёзд в созвездии Орион;
- 2) взаимное расположение созвездий;
- 3) у некоторых звёзд будет обозначен другой блеск;
- 4) положение ярких галактик среди звёзд и их количество;
- 5) положение полюса мира вблизи Полярной звезды;
- 6) положение небесного экватора среди ярких звёзд;
- 7) положение эклиптики среди ярких звёзд;
- 8) форма Млечного пути.

Решение

Все звёзды расположены гораздо дальше от Земли, чем Плутон. Поэтому их взаимное положение практически не отличается на Плутоне и на Земле. Значит, и Орион на Плутоне такой же, как на земном небе, и все остальные звёзды, составляющие другие созвездия, остаются на своих местах. Поскольку расстояние до звёзд практически не меняется, то и блеск звёзд остаётся прежним. Галактики расположены ещё дальше, чем отдельные звёзды, видимые невооружённым глазом, так что их положение и число на небе также не изменится. Млечный путь – это видимый изнутри диск нашей Галактики. Раз мы практически не смещаемся относительно ближайших звёзд, то и относительно диска нашей Галактики также неподвижны. Поэтому внешний вид Млечного пути тоже не изменится.

Полюс мира – это та точка, в которую направлена ось вращения планеты. Образование Земли и Плутона из протопланетного диска происходило независимо и в дальнейшем они друг на друга не влияли. Поэтому ось вращения Плутона не будет направлена в точности туда же, куда и ось вращения Земли. Так что полярная звезда на Плутоне своя.

Небесный экватор перпендикулярен оси мира. Он, очевидно, будет проходить по небу не так, как для земного наблюдателя.

Наконец, эклиптика – это линия, соответствующая видимому пути Солнца. Орбита Плутона сильно наклонена к плоскости орбиты Земли. Значит, Солнце на небе Плутона движется по иному пути, чем на земном небе.

Рекомендации для жюри

Выбор трёх правильных ответов оценивается в **6 баллов**: по **1 баллу** за выбор и объяснения. Правильное объяснение, почему не подходят остальные варианты, оценивается в **2 балла**. Если, кроме указанных пунктов, как правильные указаны другие, то общая оценка **уменьшается на 1 балл** за каждый лишний ответ, но не может быть меньше нуля. Обоснования ответов могут отличаться от приведённых в решении, но должны быть правильными.

Максимальная оценка – 8 баллов.

(М. В. Богданова)

Задача 2

Пароход отправился из Неаполя 1 февраля 1900 года и прибыл в Новороссийск 25 января 1900 года. Определите среднюю скорость парохода в километрах в час, если он находился в плавании целое число суток. Расстояние, пройденное пароходом, равно 3000 км.

Решение

Очевидно, что дата прибытия меньше, чем дата отправления, потому что в это время в Италии уже использовался григорианский календарь, а Российская империя всё ещё жила по юлианскому календарю, т. н. старому стилю. Отличие григорианского летоисчисления от юлианского в том, что если номер года кратен 100 и не кратен 400, то он не является високосным. 1900 год как раз относится к таким.

Сейчас разница между юлианским и григорианским календарями составляет 13 дней. Но до 13 марта 1900 года по григорианскому календарю (29 февраля 1900 года по юлианскому) эта разница составляла всего 12 дней. Значит, по юлианскому календарю пароход отправился из Неаполя 20 января, а следовательно, в плавании он находился 5 дней, или 120 часов. Тогда его средняя скорость равна

$$v = 3000 \text{ км} / 120 \text{ часов} = 25 \text{ км/ч.}$$

Рекомендации для жюри

Понимание того, что в разных странах действовали разные календари оценивается в **2 балла**. Указание на то, что в то время разница была не 13, а 12 дней – **2 балла**. Правильное вычисление продолжительности плавания – **2 балла**. Определение скорости парохода – **2 балла**. Если в решении принято различие в календарях 13 дней, то за последние два пункта выставляется **по 1 баллу** при условии правильных вычислений (6 дней плавания и скорость $20 \frac{5}{6} \approx 21$ км/ч), а максимальная оценка составит **4 балла**.

Максимальная оценка – 8 баллов.

(Е. Н. Фадеев)

Задача 3

Полную смену фаз каких объектов Солнечной системы может наблюдать космонавт, высадившийся на Европу, спутник Юпитера? А каких не может? Почему? Перечислите как можно больше объектов (но не больше 10), фазу которых, как Вы считаете, можно будет наблюдать.

Решение

Смена фаз космических объектов происходит из-за того, что мы можем видеть как освещённую, так и не освещённую сторону объекта. Так мы можем видеть с Земли изменение фаз Луны, а в телескоп видно изменение фаз Венеры и Меркурия. Если бы астероиды, пролетающие мимо Земли, не были так малы, мы бы могли видеть изменения их фаз тоже.

Если смотреть на явление со стороны тела, чьи фазы мы наблюдаем, то изменение фаз связано с изменением разницы направлений на Землю и на Солнце. Когда Солнце и Земля находятся примерно в одном направлении, наблюдается полная фаза (например, полнолуние), а когда в противоположных – то «нулевая» фаза (новолуние). Для всех внешних планет Солнце и Земля находятся всегда примерно в одном и том же направлении, поэтому их фазы изменяются очень мало.

Перенесёмся теперь на Европу. Исходя из вышеизложенного можем утверждать, что космонавт может наблюдать фазы всех внутренних для него планет (Меркурий, Венера, Земля, Марс), а также фазы Луны и крупных астероидов (космонавту потребуется очень хороший телескоп).

Европа движется по орбите вокруг Юпитера, поэтому фазы этой планеты наблюдать можно, но с одной оговоркой: Европа, подобно Луне, всегда повёрнута к Юпитеру одной стороной. Поэтому, если космонавт окажется на «обратной» стороне Европы, он не сможет увидеть Юпитер вообще.

Наконец, спутники Юпитера, в первую очередь Ио, Ганимед и Каллисто, можно наблюдать как в противостоянии, так и в соединении с Солнцем, т. е. можно наблюдать их фазы.

Фазы всех внешних планет (Сатурн, Уран, Нептун), а также их спутников, так и останутся почти неизменными.

Рекомендации для жюри

Ключевым для решения задачи является понимание того, что для того, чтобы можно было наблюдать смену фаз, фазовый угол должен меняться в значительных пределах (**3 балла**). Выбор объектов с наблюдаемой сменой фаз: Юпитер (**1 балл**), спутники Юпитера (**1 балл + 1 балл**, если перечислены оставшиеся галилеевы спутники), внутренние, относительно Юпитера, планеты (**1 балл + 1 балл**, если перечислены все эти планеты).

Максимальная оценка – 8 баллов.

(М. В. Богданова)

Задача 4

Космический корабль вращается по орбите над экватором далёкой планеты. Один оборот вокруг планеты корабль делает за 4 часа. Сама планета совершает оборот вокруг своей оси за 20 часов. Космонавты последовательно раз в час спускают на экватор планеты четыре разведывательных зонда. На каком расстоянии друг от друга окажутся первый и последний зонды на поверхности планеты, если они спускаются по одинаковым орбитам, а длина экватора планеты равна 25000 км?

Решение

В условии не сказано, в какую сторону вращается планета. Поэтому разберём оба варианта.

Если вращение планеты и спутника происходит в одну сторону, то относительно планеты спутник будет двигаться медленнее. Планета вращается в 5 раз медленнее. На каждый оборот планеты приходится 5 оборотов спутника. Значит, относительно заданной точки на поверхности планеты он совершит всего 4 оборота за то же время, т. е. один оборот занимает $20 \text{ часов} / 4 = 5 \text{ часов}$.

Вне зависимости от траектории спуска, которая одинакова для всех зондов, они будут опускаться на поверхность на одинаковом расстоянии друг от друга, равном $1/5$ длины экватора. Таким образом, последний расположится на расстоянии $3/5$ длины экватора от первого. Это больше половины, поэтому правильно считать, что расстояние между ними будет $2/5$ длины экватора или 10000 км.

Если вращение будет направлено в разные стороны, то за одни сутки на планете космический корабль пролетит над заданной точкой экватора 6 раз. Значит, его период окажется равен $20 / 6 = 10/3 = 3 \frac{1}{3}$ часа. Четвёртый зонд опустится на поверхность спустя 3 часа после первого, а значит, он окажется всего на расстоянии $1/10$ длины экватора планеты от первого, что равно 2500 км.

Ответ: 10000 км или 2500 км.

Рекомендации для жюри

Задача логично разбивается на два варианта, каждый из которых оценивается независимо в **4 балла**. Определение относительного (синодического) периода корабля оценивается в **2 балла**. Ещё **2 балла** выставляются за правильное вычисление расстояния между первым и последним зондами. Если само расстояние вычислено неверно, но сделаны правильные шаги к вычислению, например, вычислено расстояние между соседними зондами, жюри может, но не обязано, оценить эти шаги **1 баллом**. Если в решении не учтено вращение планеты (ответ 6250 км), то такое решение оценивается из **2 баллов**.

Максимальная оценка – 8 баллов.

(Е. Н. Фадеев)

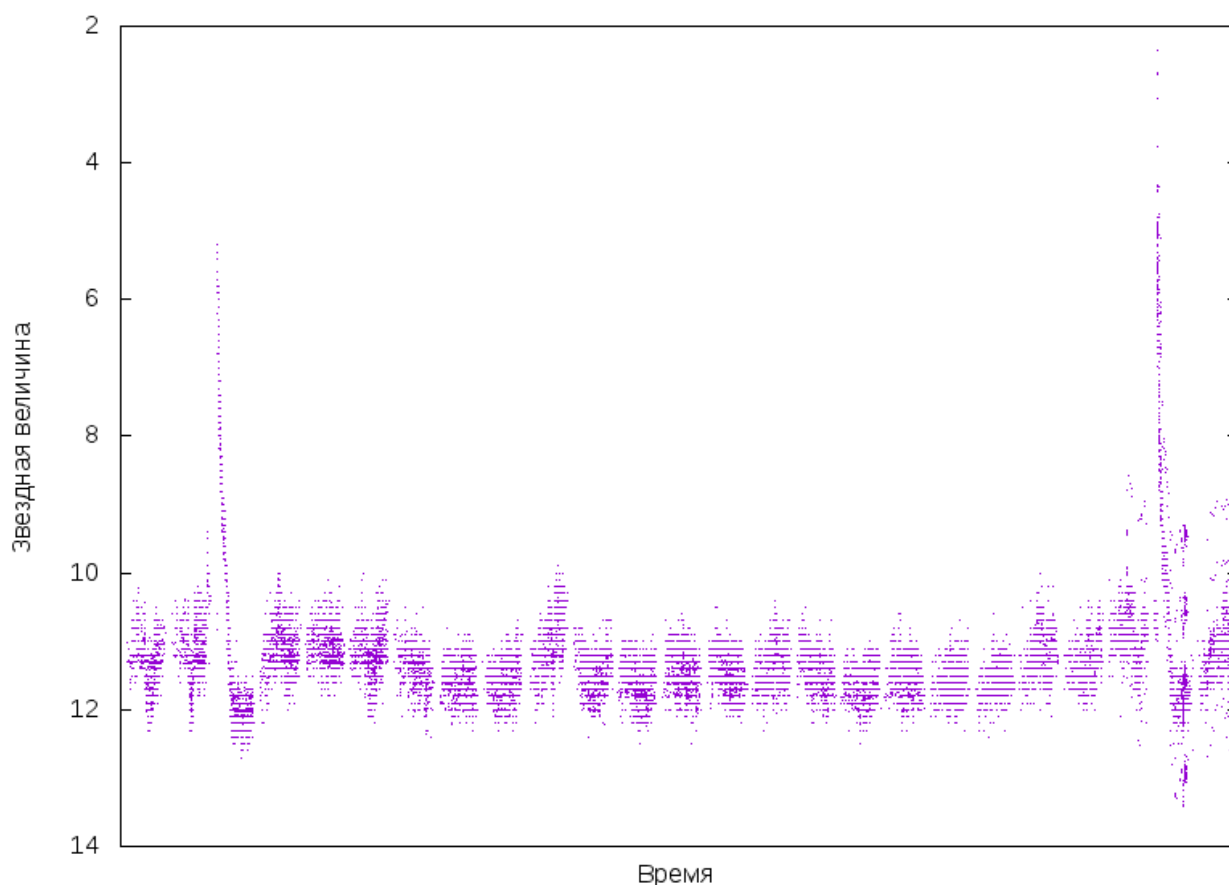
Задача 5

На рисунке изображена кривая блеска (то есть зависимость блеска звезды от времени) повторной новой RS Змееносца. Определите по этому графику промежуток времени между двумя вспышками. Ответ объясните. Можно ли было наблюдать эту новую во время вспышек (обеих) невооружённым глазом?

Примечание 1: кривая блеска построена по данным Американской ассоциации наблюдателей переменных звёзд, которая объединяет наблюдателей со всего мира. Каждая точка на графике – это результат одного наблюдения в произвольном месте на земном шаре.

Примечание 2: новой звездой называется переменная звезда, блеск которой в какой-то момент внезапно сильно увеличивается, а затем возвращается к исходному значению. Повторения вспышек происходят (если происходят, то новая и называется повторной) только через много лет.

Кривая блеска повторной новой RS Орн



Решение

Созвездие Змееносца – одно из созвездий, через которое проходит Солнце в своём годичном движении. Поэтому ежегодно в декабре наблюдение этой звезды очень сильно затруднено вне зависимости от положения наблюдателя. Мы видим, что на графике существуют такие регулярные пропуски. Всего таких пропусков 21. Поскольку обе вспышки произошли вскоре после того, как Солнце покидало созвездие Змееносца, значит, между двумя вспышками прошёл почти ровно 21 год.

Действительно, эти вспышки произошли в январе 1985 года и в феврале 2006 года.

Как известно, чем ярче небесный объект, тем меньше его звёздная величина. При хороших атмосферных условиях можно различить объекты примерно 6 звёздной величины. На графике видно, что максимальный блеск новой звезды был больше 6 звёздной величины в обеих вспышках. Значит, оба раза эту новую звезду можно было наблюдать невооружённым глазом, если позволяла погода, конечно.

Рекомендации для жюри

Указание на то, что Змееносец – это созвездие, в котором некоторое время в году бывает Солнце, вследствие чего наблюдения звезды невозможны, оценивается в **4 балла**. Вычисления времени между вспышками оцениваются в **2 балла**. Указание на то, что в момент вспышки оба раза новая была видна невооружённым глазом, оценивается **по 1 баллу**.

Максимальная оценка – 8 баллов.

(Е. Н. Фадеев)

Всего за работу – 40 баллов.