

МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО АСТРОНОМИИ. 2020–2021 УЧ. Г.
ОЧНЫЙ ЭТАП. 5 КЛАСС
Решения и критерии оценивания

Задача 1

Какие из перечисленных созвездий появились раньше на небе и почему?
Созвездия: Ворон, Павлин, Лебедь, Райская Птица, Тукан, Орёл.

Решение

Известные нам созвездия на звёздных картах стали появляться ещё в древности. Нам достались в наследство созвездия, выделенные древними народами, жившими на территории Европы, Ближнего Востока и северной Африки. Первые карты звёздного неба появились в Древнем мире. Их составляли такие учёные, как Гиппарх, живший в эллинистическом Египте, а в римскую эпоху — Клавдий Птолемей. Позже астрономия развивалась в мусульманских государствах, откуда и попала в Европу. Европейские учёные средневековья и нового времени выделили множество новых созвездий как на северном небе, так и на южном, которое раньше не было доступно для наблюдений жителям Средиземноморья.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что к новым будут относиться южные созвездия, которые невозможно увидеть из Европы или Северной Африки. К таким созвездиям относятся Павлин, Райская Птица и Тукан.

Рассмотрим оставшиеся созвездия. Ярчайшие звезды Лебеда и Орла образуют известный астеризм Летне-осенний треугольник. Да и следующие по яркости звезды образуют заметный рисунок, который виден даже в современных городах с сильной засветкой. Вряд ли древние могли пропустить такие выдающиеся созвездия. Кстати, не случайно название α Лебеда, Денеб, происходит от арабского слова, обозначающего «хвост».

Созвездие Ворона не такое яркое как все остальные, поэтому не так просто сразу сделать выбор. Однако, в очень многих сказках и мифах вороны – это мудрые и уважаемые птицы (не путайте вóрона и ворóну). Ворон сопровождает греческих Афины и Аполлона, два ворона сопровождали скандинавского бога Одина и т. д. Однако, в европейской христианской традиции ворон уже предстаёт как слуга нечистой силы, например, Бабы Яги. Поэтому, раз уж он попал на небо, то только в глубокой древности.

Критерии проверки

Правильное указание созвездий Ворона, Лебеда и Орла или исключение Павлина, Райской Птицы и Тукана оценивается по **2 балла** за каждое. Ещё 2

балла выставляется за верное обоснование. За каждое лишнее созвездие оценка уменьшается на **2 балла**. Итоговая оценка за задание не может быть меньше нуля.

Максимальная оценка за задание **8 баллов**.

(М. В. Силантьев)

Задача 2

Какая планета проходит большее расстояние по орбите за 1 земной год: Венера или Земля? Какая из этих планет проходит большее расстояние за свой собственный год? Орбиты считать круговыми. Обоснуйте свои ответы.

Решение.

Чем ближе планета к Солнцу, тем быстрее она движется. Венера — внутренняя планета, т. е. движется быстрее Земли. Значит, за одно и то же время – земной год – большее расстояние пройдёт Венера.

Длина орбиты Венеры, очевидно, меньше, чем у Земли, поскольку орбита Венеры полностью располагается внутри земной. За свой собственный год планета совершает один оборот вокруг Солнца. В этом случае путь Земли будет длиннее.

Критерии проверки

Правильный ответ на каждый вопрос оценивается в **2 балла**, объяснение — ещё в **2 балла**.

Максимальная оценка за задание **8 баллов**.

(В. Б. Игнатьев)

Задача 3

Для московского наблюдателя лунный терминатор (видимая граница светлой и тёмной стороны Луны) движется по видимому диску Луны справа налево. В каком направлении движется терминатор для австралийского наблюдателя? А для наблюдателя в Нью-Йорке? А для жителя экваториального Эквадора? Ответ объясните.

Решение

Движение терминатора по диску Луны связано с обращением Луны вокруг Земли (оно не связано с вращением Луны или Земли вокруг своей оси). По мере того, как Луна после новолуния отдаляется на небе от Солнца, мы (находясь в средних широтах Северного полушария Земли) видим постепенно увеличивающийся по площади серп Луны, который имеет форму перевернутой буквы «С» — ☾. И по мере «заполнения» диска Луны терминатор действительно будет двигаться справа налево. Ровно также терминатор будет двигаться и для жителя Нью-Йорка, т. к. этот город также находится в северном полушарии и вид Луны при разных фазах там не отличаются от московских.

Австралийский наблюдатель находится «вверх ногами» по отношению к московскому. Поэтому и Луну он тоже будет видеть «вверх ногами». При наблюдении из Австралии (т.е. из средних широт Южного полушария Земли) мы в эти же дни будем видеть Луну в форме буквы «С», и при увеличении фазы Луны (т.е. при удалении молодой Луны на небе от Солнца) буква «С» будет медленно превращаться в букву «О». При этом терминатор будет двигаться по диску Луны слева направо — от «спинки» буквы «С» к её открытому правому краю.

Рассмотрим случай наблюдения Луны с экватора Земли вскоре после новолуния. Молодую Луну видно только на закате, поскольку в остальное время яркий солнечный свет мешает наблюдениям. В это время она освещается Солнцем снизу и видна в форме лодочки — ☾ (месяца с рожками вверх). По мере удаления на небе от Солнца месяц будет превращаться в «дольку апельсина», и терминатор в это время будет двигаться снизу вверх. Однако, терминатор движется по диску Луны вне зависимости от того видим мы его или нет. В полдень молодая Луна не будет видна из-за рассеянного в атмосфере Земли солнечного света, однако, по её диску все равно будет двигаться терминатор. При этом Луна будет находиться в другой (восточной) части неба и терминатор, по мере удаления от Солнца, будет двигаться по диску Луны сверху вниз. То же самое касается всех прочих фаз: пока Луна поднимается над горизонтом мы видим движение терминатора сверху вниз, после кульминации Луна оказывается в западной части неба и движение терминатора для наблюдателя меняется на противоположное.

Ответ: Для австралийского наблюдателя терминатор будет двигаться слева направо; для наблюдателя в Нью-Йорке — справа налево (как и в Москве). На экваторе движение сверху вниз или снизу вверх в зависимости от положения Луны на небе.

Критерии проверки

1. Австралийский наблюдатель (до 3 баллов):

Верный ответ («слева направо или в обратную сторону по отношению к московскому») **+1 балл**, верные объяснения до **+2 баллов** (в зависимости от полноты).

2. Нью-Йоркский наблюдатель (до **3 баллов**):

Верный ответ («справа налево или в ту же сторону, что и в Москве») **+1 балл**.
Верные объяснения до **+2 баллов** (в зависимости от полноты).

3. Экваториальный наблюдатель (до **2 баллов**). Здесь ответ без объяснения не засчитывается. Если есть варианты «сверху вниз» и «снизу вверх» с правильным объяснением **+2 балл** (если только 1 из вариантов, то **+1 балл**). Если есть указание, что движение терминатора зависит от положения Луны» без конкретизации когда вверх, а когда вниз, — **+1 балл**.

4. Ответ «терминатор будет двигаться от Солнца (или к Солнцу)» может быть принят в качестве частично правильного при соответствующих пояснениях и оценён в **2 балла** для случаев 1 и 2 и **1 балл** для третьего.

Максимальная оценка за задание **8 баллов**.

(А. М. Татарников)

Задача 4

На планете в одной далёкой-далёкой галактике жители использовали календарь, содержащий 243 дня. Потом учёные обнаружили, что за 4 года набегают ошибка примерно в 1 день: истинный год немного длиннее. Тогда они стали включать в календарь один дополнительный високосный день раз в 4 года. В результате оказалось, что за 25 лет в новом календаре образуется ровно один лишний день. Сколько длится год на этой планете? Предложите такое правило расстановки високосных лет, чтобы ошибка в один день наступала не раньше, чем через 100 лет.

Решение

Раз в 4 года календарный год отстаёт от истинного на один день, значит за один год набирается разница около четверти дня. За 25 лет тогда должно набраться $\frac{25}{4}$ дня. Поскольку раз в 4 года добавляется високосный день, то за 25 лет должна быть недостача $\frac{1}{4}$ дня. В этом случае мы полагаем, что продолжительность года составляет $243\frac{1}{4}$ суток. На деле же набегают лишний день. Здесь можно размышлять разными способами:

1) Год продолжительностью $243\frac{1}{4}$ суток длиннее истинного на $\frac{1}{25}$. Тогда

$$\frac{1}{4} - \frac{1}{25} = \frac{25}{100} - \frac{4}{100} = \frac{21}{100},$$

Отсюда делаем вывод, что более точная продолжительность года составляет

$$243 \frac{21}{100} = 243.21.$$

2) Если использовать календарь без високосных лет, то за 25 лет календарь отстанет на $\frac{25}{4} = 6 \frac{1}{4}$ дня. Но, как мы знаем из условия, их оказывается на 1 день меньше. Тогда за 25 лет в календаре не хватает $5 \frac{1}{4} = \frac{21}{4}$ дней. За год должно получаться в 25 раз меньше, то есть $\frac{21}{100}$, откуда продолжительность года

$$243 \frac{21}{100} = 243.21.$$

Это ответ на первый вопрос. Ответим теперь на второй. Заметим, что $\frac{21}{100}$ очень близко к $\frac{20}{100} = \frac{1}{5}$, то есть логичнее добавлять високосный день не раз в 4 года, а раз в 5 лет. Поскольку $\frac{21}{100} = \frac{20}{100} + \frac{1}{100} = \frac{1}{5} + \frac{1}{100}$, то ошибка календаря составит как раз 1 день за 100 лет.

Это не единственный вариант расстановки високосных годов. Можно вставлять 4 високосных года за 19 лет, например в 5, 10, 15 и 19 года. Тогда погрешность в один день будет набегать за 1900 лет, что вполне удовлетворяет условию задачи. Совсем точный результат получится, если за 100 лет сделать 21 високосный год. Можно найти и другие подходящие варианты.

Критерии проверки

Определение продолжительности года — **4 балла**. Ответ $243 \frac{1}{4}$ оценивается **1 баллом**.

Правильная система вставки високосных годов оценивается в **4 балла**.

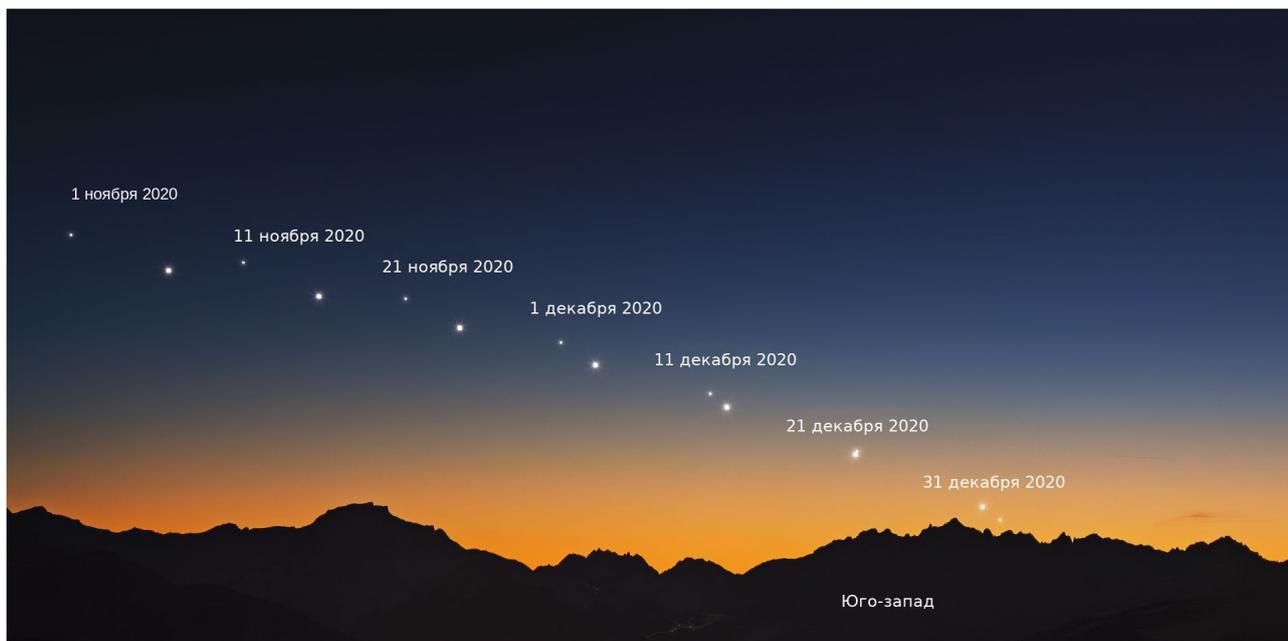
Арифметическая ошибка снижает максимально возможную оценку за этап до **2 баллов**. Этапы оцениваются независимо.

Максимальная оценка за задание **8 баллов**.

(М. В. Силантьев)

Задача 5

На коллаже показано положение Юпитера и Сатурна в разные дни ноября и декабря 2020 года примерно в одно и то же время в небе над французскими Альпами. С помощью этого изображения ответьте на следующие вопросы:



1. В какую сторону относительно звёзд движутся эти планеты? Вправо, влево, вверх, вниз или как-то ещё?

Комментарий. Звезды на снимке отсутствуют.

2. В каком созвездии находились планеты в момент максимального сближения?
3. Какая планета (Юпитер или Сатурн) раньше окажется рядом с Солнцем?
4. Можно ли будет увидеть Юпитер и Сатурн на небе рядом в декабре 2021 года?

5 марта Меркурий находился на небе менее чем в одном градусе от Юпитера, находясь почти на максимальном расстоянии от Солнца.

5. В какое время суток (утро, день, вечер, ночь, рассвет, закат и т. п.) можно было наблюдать это явление при наличии хорошей погоды?
6. Можно ли ожидать, что вскоре Меркурий окажется вблизи Сатурна?

Обоснуйте ответ на каждый вопрос.

Решение

На фотографии мы наблюдаем две планеты в лучах заката. Из этого мы делаем вывод, что планеты имеют прямое движение (перемещаются в одном

направлении с Солнцем). В этом случае движение относительно звёзд происходит с запада на восток, то есть влево и немного вверх на фотографиях.

Максимальное сближение Сатурна и Юпитера произошло в день зимнего солнцестояния, когда Солнце находится в созвездии Стрельца. Судя по изображению, оно находится не слишком глубоко под горизонтом. Созвездие Стрельца довольно большое, так что планеты либо также находятся в нем, либо в следующем зодиакальном созвездии — созвездии Козерога. В качестве правильного засчитываются оба ответа. В действительности планеты находились в Козероге рядом с границей со Стрельцом.

Для ответа на третий вопрос надо понять, какое из светил Юпитер, а какое Сатурн. Планеты светят отражённым солнечным светом. Юпитер больше Сатурна и ближе как к Солнцу так и к Земле. Поэтому он должен быть ярче. Следовательно, после максимального сближения с Юпитером Сатурн находится западнее и ближе к Солнцу. Значит с Сатурном Солнце сблизится раньше.

Обратим внимание, что за 2 месяца, которые составляют $\frac{1}{6}$ часть года расстояние между планетами изменилось не слишком сильно. Очевидно, за оставшееся время Юпитер не сможет опередить Сатурн на целый оборот.

Между последним изображением планет на фотографии и 5 марта пройдёт больше трёх месяцев. За это время Солнце пройдёт четверть своего годового пути по небу. Планеты окажутся западнее Солнца и будут видны по утрам незадолго до рассвета.

После того, как Солнце обогнало Юпитер и Сатурн, ближе к Солнцу оказался именно Юпитер. Находясь на максимальном отдалении от Солнца Меркурий следует по небу за ним. Поэтому приблизиться к Сатурну Меркурий уже не сможет.

Критерии проверки

К сожалению в некоторых раздаточных комплектах из пункта 4 в неизвестном направлении пропало число 2021. Поскольку ошибка была замечена тогда, когда часть участников сдала свои работы, принято решение ответ на пункт 4 не оценивать во всех работах.

Каждый правильный ответ оценивается в **1 балл**. Верное объяснение оценивается ещё в **1 балл**. Максимальная оценка за задачу – **10 баллов**.

Фотография с сайта [Astronomy Picture of the Day](#). Автор Sebastian Voltmer

(Е. Н. Фадеев)