

LXXVIII Московская астрономическая олимпиада (2024 г.)

Теоретический тур. Решения и критерии оценивания

6 класс

Задача 1

Юный астроном наблюдает солнечные пятна, проецируя изображение Солнца на лист бумаги. Он определил, что число Вольфа равно 32. Все наблюдаемые солнечные пятна находились в районе центра Солнца. Через два дня число Вольфа стало равно 44. Известно, что за эти два дня конфигурация наблюдаемых ранее пятен не изменилась, пятна не пропали и среди них не возникли новые. В какой части Солнца можно наблюдать новые пятна? Сколько групп и пятен наблюдалось на Солнце в первый и второй раз?

Число Вольфа — один из индексов солнечной активности — вычисляется по формуле

$$W = (f + 10 \cdot g),$$

где f — количество наблюдаемых на диске Солнца пятен, g — количество образованных ими групп, причём одиночное пятно считается отдельной группой.

Решение. Число Вольфа не говорит нам в точности, какая конфигурация была видна. В первый день могла быть одна группа, состоящая из 22 пятен ($22 + 10 \cdot 1$), или две группы состоящие из 12 пятен ($12 + 10 \cdot 2$). Трёх групп быть не могло, потому что тогда число Вольфа должно было быть как минимум 33.

Период обращения Солнца вокруг своей оси на экваторе около 25 суток, поэтому за два дня Солнце успевает заметно повернуться. Раз число Вольфа изменилось, значит, на восточном краю солнечного диска появились новые пятна. Хотя остаётся возможность, что пятна могли просто образоваться на солнечном диске.

Число Вольфа выросло на 12, следовательно добавилась одна группа из двух пятен. Делаем вывод, что во второй день наблюдалось или 3 группы, состоящие из 14 пятен, или 2 группы из 24 пятен.

Критерии проверки

1. Число пятен и групп в первый день **3 балла**
Если найден только 1 ответ, то выставляется не более 1 балла.
2. Число пятен и групп во второй день **3 балла**
Если найден только 1 ответ, то выставляется не более 2 баллов.
Если ответ на первый вопрос найден неправильно, но ответ на второй ему соответствует, то этот пункт оценивается полностью.
3. Пятна могут возникать на солнечном диске **1 балл**
4. Пятна на восточном краю из-за вращения Солнца **1 балл**

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(М. В. Силантьев)

Задача 2

Тёплым июльским вечером юный московский астроном Вася решил сфотографировать метеоры. Он направил фотоаппарат в сторону радианта метеорного потока и в течение двух часов заснял 12 метеоров. Вася продолжил охоту на метеоры на следующий день, но рядом с первым потоком появился второй, и в этот раз на съёмку того же числа метеоров ушло всего полчаса. На третий день первый метеорный поток пропал. Сколько времени на этот раз потратил Вася на наблюдение 12 метеоров? Во время ожидания Вася читал книгу про метеоры и узнал, что в это же время действует метеорный поток α -Ориониды, производящий в час в 4 раза больше метеоров, чем второй поток. Сколько времени потратит Вася на съёмку 12 метеоров этого потока? Какое собственное имя имеет звезда, рядом с которой располагается радиант α -Орионид?

Решение. От двух потоков вместе поступало в 4 раза больше метеоров, чем от одного первого. Два часа — это 120 минут, а значит, от первого потока прилетал один метеор каждые 10 минут. Во второй день за 10 минут было уже 4 метеора, и 3 из них — от второго потока. Значит, в третий день потребуется всего $12 \div 3 = 4$ десятиминутки или 40 минут для съёмки 12 метеоров.

Кажется очевидным, что на фотографирование α -Орионид Васе потребуется всего $40 \div 4 = 10$ минут. Однако стоит задуматься. Названия метеорным потокам дают по названиям созвездий, в которых находится их радиант, а если в созвездии бывает несколько радиантов, то добавляют название звезды, вблизи которой наблюдается радиант. Получаем, что радиант α -Орионид находится рядом со звездой α -Ориона, то есть Бетельгейзе.

Созвездие Ориона в Москве хорошо видно зимой. Напротив, летом рядом с Орионом находится Солнце, поэтому сфотографировать метеоры α -Орионид Васе не удастся вовсе.

Критерии проверки

- | | |
|---|---------|
| 1. Вычисление времени экспозиции второго потока | 4 балла |
| 2. Васе не удастся наблюдать α -Ориониды | 3 балла |
| 3. Бетельгейзе | 1 балл |

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(Е. Н. Фадеев)

Задача 3

Космический корабль обращается вокруг планеты по круговой орбите, двигаясь всё время над её экватором в направлении вращения планеты и проходя над станцией слежения каждые 6 часов. В какой-то момент, через 4 часа после очередного прохождения над станцией, мимо встречным курсом по такой же орбите пролетел другой космический корабль. Какой из кораблей раньше пройдёт над станцией слежения, если планета совершает один оборот вокруг своей оси за 12 часов?

Решение. Определим период обращения первого корабля по орбите. За 6 часов планета, а вместе с ней и станция слежения, совершает пол-оборота. Для того чтобы оказаться над ней, космическому кораблю требуется сделать полтора оборота. Тогда за 12 часов он совершает 3 оборота, а значит, на один оборот ему нужно потратить 4 часа.

Второй корабль, двигаясь по такой же орбите, также совершает один оборот за 4 часа. В момент встречи корабли оказались в той точке пространства, где находился первый корабль, когда в последний раз проходил над станцией. Значит, до следующего пролёта над станцией ему нужно совершить пол-оборота вокруг планеты. Но второй корабль движется с такой же скоростью по той же орбите. А значит, он затратит такое же время до следующей встречи со станцией.

Корабли пролетят над станцией слежения одновременно.

Критерии проверки

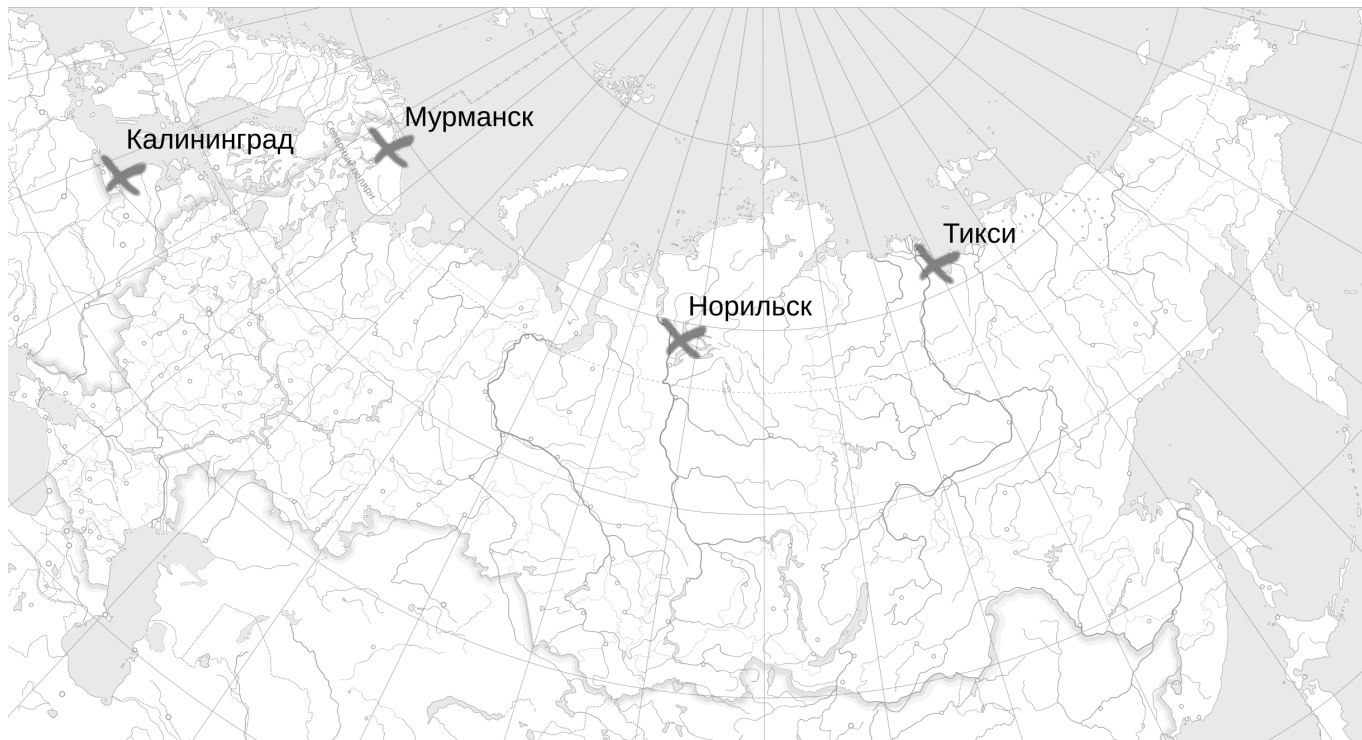
- | | |
|--|---------|
| 1. Определение периода обращения первого корабля | 3 балла |
| 2. Вывод, что периоды обращения кораблей относительно звёзд одинаковые | 1 балл |
| 3. Кораблям до встречи со станцией осталось лететь одинаковое расстояние | 3 балла |
| 4. Пролетят одновременно | 1 балл |

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(Е. Н. Фадеев)

Задача 4

В каком из отмеченных на карте российских городов раньше восшло Солнце в 2024 году?
В каком позже остальных?



Решение. Нетрудно заметить, что все города, за исключением Калининграда, находятся заметно севернее полярного круга. Значит, в этих городах бывает полярная ночь, и она длится какое-то продолжительное время. Между днём зимнего солнцестояния и началом нового года чуть больше недели, поэтому можно ожидать, что 1 января Солнце восшло только в Калининграде.

Продолжительность полярной ночи, как и полярного дня, тем больше, чем севернее находится город. Делаем вывод, что самый поздний восход произошёл в Тикси. Люди там смогли увидеть Солнце только в самом конце января.

Критерии проверки

1. Правильный ответ на первый вопрос 4 балла
Правильный ответ без обоснования — 1 балл.
2. Правильный ответ на второй вопрос 4 балла
Правильный ответ без обоснования — 1 балл.
При отсутствии правильных ответов указание на то, что чем восточнее город, тем раньше в нем восходит солнце, оценивается 1 баллом.

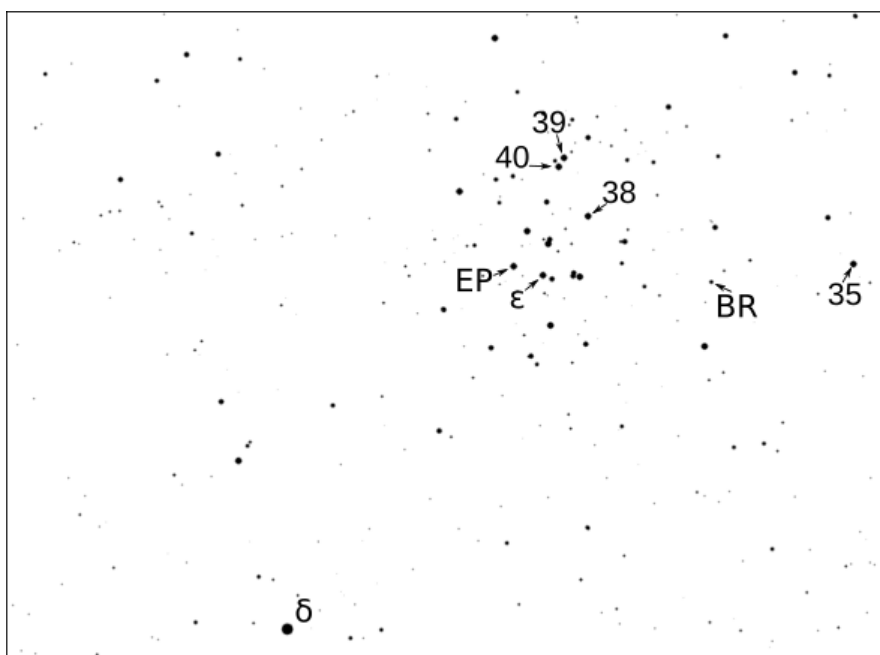
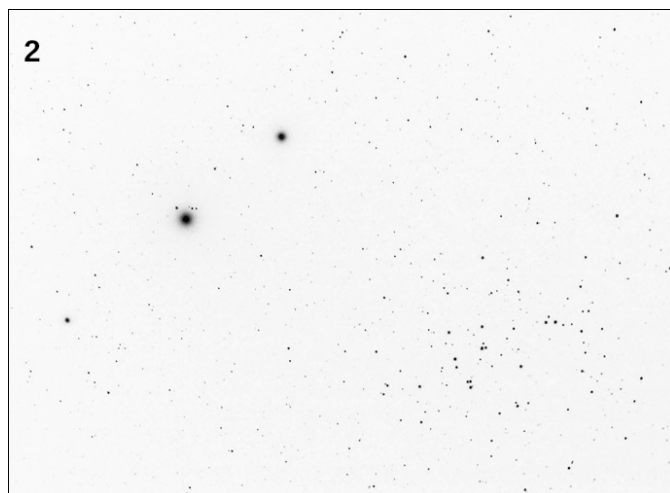
Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(Е. Н. Фадеев)

Задача 5

Вам даны негативы двух фотографий, полученных с интервалом в три дня (фотография 2 позже). На фотографиях показано положение планет Марс и Сатурн около рассеянного звёздного скопления Ясли, которое находится в созвездии Рака. Фотографии были получены в средних широтах вскоре после заката, незадолго до захода планет за горизонт.

1. В каком созвездии находилось Солнце, когда были сделаны эти снимки?
2. В каком месяце были сделаны эти фотографии?
3. На каждой фотографии обведите планеты кружком и рядом напишите их названия.
4. Запечатлённая на фотографиях часть созвездия находится примерно в его середине. Какая планета первой пересечёт границу созвездия Рак? С каким созвездием будет эта граница?
5. С помощью карты и линейки определите, к какой из обозначенных на ней звёзд был ближе Марс на первой фотографии и Сатурн на второй. Отметьте эти звёзды на соответствующих фотографиях.
6. Известно, что угловое расстояние между δ Рака и 35 Рака составляет $2^{\circ}39'$. Чему равно угловое расстояние между Марсом и Сатурном на втором снимке?



Решение. Известно, что съёмка велась вскоре после заката. В кадре видно даже не самые яркие звёзды, значит, небо было, может, и не совсем тёмным, но и уже не слишком светлым, т. е. Солнце заметно погрузилось под горизонт. При этом планеты тоже близки к горизонту. Солнце, двигаясь среди звёзд, попадает в созвездие Рака из созвездия Близнецов. Значит, оно должно находиться либо в Близнецах, либо в том созвездии, где оно бывает до Близнецов, то есть в Тельце.

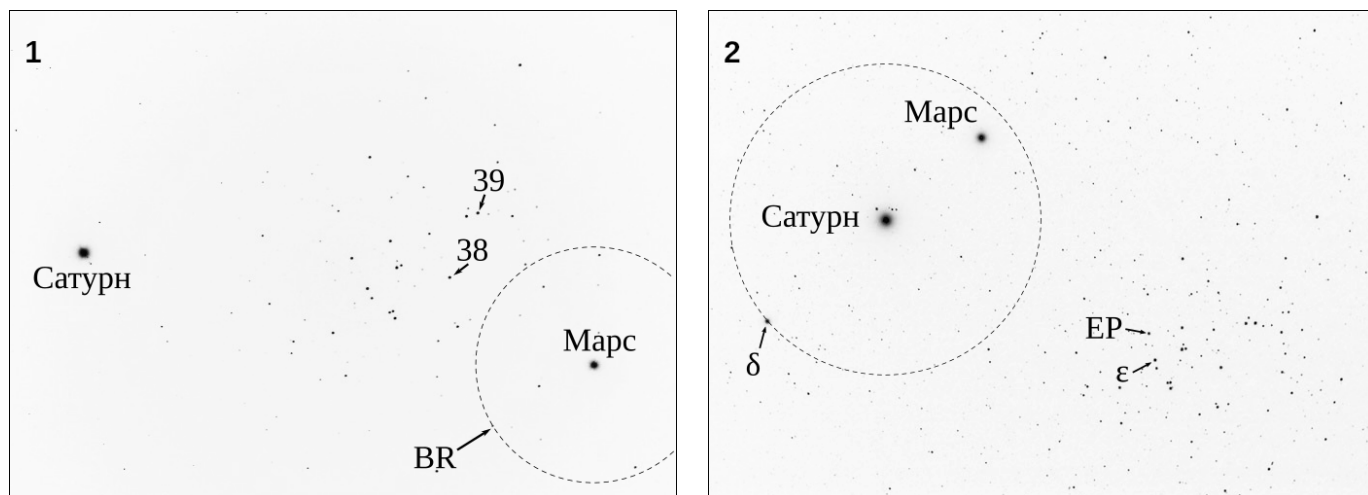
В Тельце Солнце бывает с середины мая по середину июня, а в Близнецах — по середину июля. Поэтому правильным ответом будет любой из этих трёх месяцев.

Марс находится ближе к Солнцу и к Земле, чем Сатурн, поэтому движется среди звёзд быстрее Сатурна. Получается, что менее яркая, но более быстрая планета, видимая на первой фотографии справа, а на второй — сверху, — это Марс.

Очевидно, что более быстро двигающийся Марс первым переместится в соседнее созвездие. После Рака на эклиптике располагается Лев.

Для ответа на пятый вопрос требуется, как это называется у астрономов, отождествить звёзды, то есть попросту понять, где какая звезда на фотографии. Если это сделать аккуратно, то получится, что Марс на первой фотографии находится ближе к BR Рака. Сатурн на второй фотографии расположен вблизи от δ Рака, которая также известна под названием Южный Осёл.

Для ясности приведём фотографии с обозначенными некоторыми отождествлёнными звёздами. Окружностями показаны линии равных расстояний от планет. Стоит отметить, что ζ Рака располагается за пределами изображения 1.



Казалось бы, ответ на последний вопрос прост. Достаточно измерить линейкой расстояния между планетами и расстояние между данными в условии звёздами и составить пропорцию. Однако ζ Рака не поместилась на второй снимок, а на карте нет планет.

Выйти из этого неудачного положения можно разными способами. Например, аккуратно перенести планеты на карту. Однако при неудачном соотношении звёзд на карте и фотографии можно получить большую ошибку. Поэтому предложим другой вариант решения.

Найдём на карте две звезды, которые попали на второй снимок, и определим расстояние между ними. Хорошо, если эти звёзды расположены далеко друг от друга. Пусть l — расстояние между δ и ζ Рака. Тогда расстояние, например, между δ и ϵ Рака составляет $0.65l$. Теперь

переместимся на второй снимок. Точно так же измерив расстояние между планетами, получим что оно составляет $0.32 \cdot 0.65l \approx 0.21l$. Отсюда получаем угловое расстояние между планетами:

$$2^\circ 39' \cdot 0.21 = 159^\circ \cdot 0.21 \approx 33' \approx 0.5^\circ.$$

Выходит, что планеты разделяло угловое расстояние, слегка превышающее размер лунного диска. Это было довольно тесное соединение.

Для справки. Фотографии были сделаны 14 и 17 июня 2006 года. Солнце в это время находилось в созвездии Тельца неподалёку от границы с Близнецами.

Фотография 1 в условии: Tunc Tezel с сайта [Astronomy Picture of the Day](#).

Фотография 2 в условии: Chris Schur с сайта [Astronomy Picture of the Day](#).

Критерии проверки

- | | |
|--|------------|
| 1. Ответ на первый вопрос Телец или Близнецы | 1 балл |
| 2. Ответ на второй вопрос май, июнь или июль | 1 балл |
| 3. Правильно подписанная пара планет на фотографии | по 1 баллу |
| 4. Ответы на 4 вопрос | по 1 баллу |
| 5. Определение ближайших к планетам звёзд | по 2 балла |
| 6. Определение углового расстояния между планетами от 20' до 40' | 2 балла |
| При ответах от 10' до 20' или от 40' до 50' — 1 балл. | |

Максимальная оценка за задачу **12 баллов**.

(Е. Н. Фадеев)