

LXXVIII Московская астрономическая олимпиада (2024 г.)

Теоретический тур. Решения и критерии оценивания

5 класс

Задача 1

За первые 500 миллионов лет после того, как у далёкой каменной планеты сформировалась твёрдая поверхность, на неё выпало 500 000 метеоритов, оставивших большие кратеры. Следующие 2 миллиарда лет такие метеориты падали в 8 раз реже. Ещё через 1 миллиард лет на поверхности было уже 850 000 кратеров. Как часто падали метеориты на планету последний миллиард лет? Сколько будет кратеров на поверхности планеты ещё через два миллиарда лет, если метеориты дальше будут падать ещё в 4 раза реже?

Решение. На первом этапе образовывался один кратер за $500\,000\,000/500\,000 = 1000$ лет. На втором этапе один кратер образовывался в 8 раз реже, то есть за 8000 лет. Значит, за 2 млрд лет образовалось 250 000 кратеров, а за первые два этапа вместе — 750 000. Тогда за последний миллиард лет выпало всего 100 000 метеоритов, то есть по одному в 10 000 лет.

Следующие 2 млрд лет метеориты будут падать в 4 раза реже, следовательно, их выпадет в 2 раза меньше, чем за последний миллиард лет, т.е. 50 000. Тогда общее число кратеров составит $850\,000 + 50\,000 = 900\,000$.

Критерии проверки

- | | |
|---|---------|
| 1. Темп образования кратеров на втором этапе (2 млрд лет) | 1 балл |
| 2. Число кратеров в конце второго этапа (2 млрд лет) | 1 балл |
| 3. Число кратеров, образовавшихся на третьем этапе (1 млрд лет) | 1 балл |
| 4. Ответ на первый вопрос | 1 балл |
| 5. Число кратеров, образовавшихся на последнем этапе | 2 балла |
| 6. Ответ на второй вопрос | 2 балла |

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(Е. Н. Фадеев)

Задача 2

В начале декабря 2034 года межзвёздный астероид Оумуамуа окажется на расстоянии 100 а. е. от Солнца и продолжит удаляться со скоростью 26 000 м/с. Сегодня, в день теоретического тура, космический аппарат Вояджер-1 находится на расстоянии 162 а. е. от Солнца, а его скорость равна 17 км/с. В каком году Оумуамуа окажется на том же расстоянии от Солнца, что и Вояджер-1? Астрономическая единица равна 150 000 000 км.

Решение. Вояджер и Оумуамуа движутся в разных направлениях от Солнца, но, поскольку нас интересует только удаление на равное расстояние, для удобства будем считать, что астероид преследует космический аппарат. Оба этих объекта находятся очень далеко от Солнца и их скорость под действием солнечного притяжения практически не меняется. Получаем, что Оумуамуа догоняет Вояджер-1 со скоростью $v = 26 - 17 = 9$ км/с.

Теперь определим расстояние между этими двумя объектами в какой либо момент времени. Для этого, например, узнаем, как далеко от Солнца окажется Вояджер в декабре 2034 года. От текущего момента пройдёт 10 лет и 10 месяцев. За это время Вояджер преодолет расстояние

$$L = 10 \frac{10}{12} \cdot \frac{17 \cdot 86\,400 \cdot 365.25}{150\,000\,000} = 39 \text{ а. е.}$$

Здесь мы учли, что в сутках $60 \cdot 60 \cdot 24 = 86400$ секунд, в году 365.25 суток, а одна астрономическая единица равна 150 000 000 км.

Итак, в декабре 2034 года межзвёздный астероид будет ближе к Солнцу, чем космический аппарат, на $162 + 39 - 100 = 101$ а. е. Это расстояние астероид покроеет за время

$$t = \frac{101 \cdot 150\,000\,000}{9 \cdot 86\,400 \cdot 365.25} \approx 53 \text{ года.}$$

Критерии проверки

- | | |
|---|---------|
| 1. Расстояние между астероидом и КА в один момент времени | 4 балла |
| 2. Искомое время | 4 балла |

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(М. В. Силантьев)

Задача 3

Юный астроном в ночь с субботы на воскресенье в 10 часов вечера наблюдает в телескоп большое красное пятно на Юпитере. Пятно находится практически в центре диска планеты. На следующей неделе у юного астронома каникулы, и он сможет наблюдать Юпитер каждый день при условии хорошей погоды с 21 часа до полуночи. Как часто он будет видеть большое красное пятно в том же положении? Период обращения Юпитера вокруг своей оси — 10 часов.

Решение. Большое красное пятно (БКП) будет оказываться в прежнем положении каждые 10 часов. Следующий раз это произойдёт в 8 часов утра, потом в 6 часов вечера и так далее. Таким образом, за 12 оборотов Юпитера БКП будет в середине диска во все чётные часы (0, 2, 4, 6, ...). Из них нам подходят только 0 и 22 часа. Переберём все эти варианты.

В воскресенье БКП будет в середине диска Юпитера в 8 утра и в 6 вечера (18 часов). В понедельник — в 4, в 14 часов и в полночь. Последний вариант нам подходит. Надо учесть, что формально полночь — это уже следующие сутки, то есть вторник. Кроме того, во вторник подходящее положение БКП будет в 10 и 20 часов. В среду это уже 6 и 16 часов, в четверг 2, 12 и 22 часа. Мы снова нашли подходящий вариант.

Заметим, что в 22 часа четверга мы пришли в исходное положение. Дальше порядок моментов удачной видимости БКП будет повторяться. Если после 22 часов субботы следующий удачный момент настал через 2 дня и 2 часа в полночь с понедельника на вторник, то и после 22 часов четверга удачный момент будет через такое же время, то есть в полночь с субботы на воскресенье.

Итого, юный астроном увидит большое красное пятно в середине диска Юпитера три раза: во вторник, четверг и воскресенье.

Критерии проверки

1. Каждый найденный ответ **по 2 балла**
В том числе засчитываются ответы понедельник и суббота для наблюдения в полночь.
2. Подмечено, что полночь относится к следующим суткам **по 1 баллу**

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(М. В. Силантьев)

Задача 4

Предположим, что сегодня, в день проведения олимпиады, можно было наблюдать полное солнечное затмение в 9 часов 00 минут местного времени в вашем городе.

1. В каком направлении (по компасу) нужно искать Солнце?
2. Будет ли видно это затмение в Лондоне?
3. В момент полной фазы затмения на небе можно найти яркие звёзды. Было бы видно Полярную, Сириус, Вега?
4. В каком созвездии находится Луна?

Решение. Солнце восходит в точке востока только в дни равноденствий. До дня весеннего равноденствия ещё около полутора месяцев, поэтому Солнце надо искать южнее точки востока. Затмение происходит вскоре после восхода. Даже в самом западном регионе России, Калининградской области, время отличается от гринвичского, т. е. времени Лондона, на 2 часа. Значит, где бы в России ни наблюдали это затмение, в Лондоне ещё будет ночь и затмение видно не будет.

Полярная звезда не заходит на всей территории России, а Вега — незаходящая на большей её части. Вега хорошо видна летними ночами, а значит, зимой у неё такие же условия видимости днём. Раз Солнце над горизонтом, то Вега тем более. А вот Сириус увидеть не удастся. Сириус — южная звезда, которую хорошо видно в конце зимы по вечерам. К утру она успеет зайти.

Во время солнечного затмения Луна закрывает Солнце, а значит, Луна находится в том же созвездии, что и Солнце, т. е. в Козероге.

Критерии проверки

- | | |
|---|-------------------|
| 1. Ответы юго-восток, южнее востока и т. п. | 2 балла |
| Ответ восток — 1 балл. | |
| 2. Правильно объяснённый ответ | 2 балла |
| Ответ без объяснения — 0 баллов. | |
| 3. Правильный ответ про каждую звезду | по 1 баллу |
| 4. Положение Луны | 1 балл |

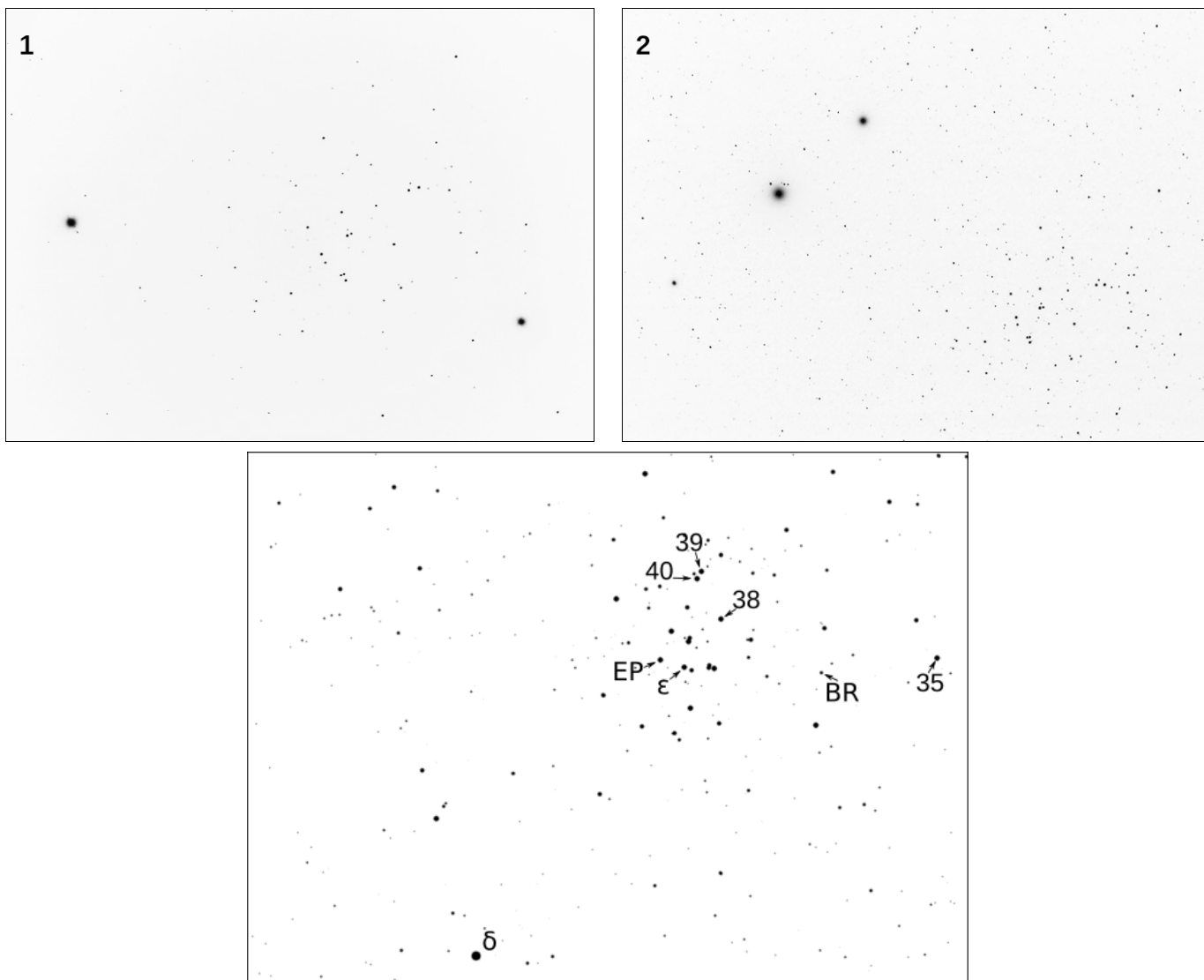
Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(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.



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.

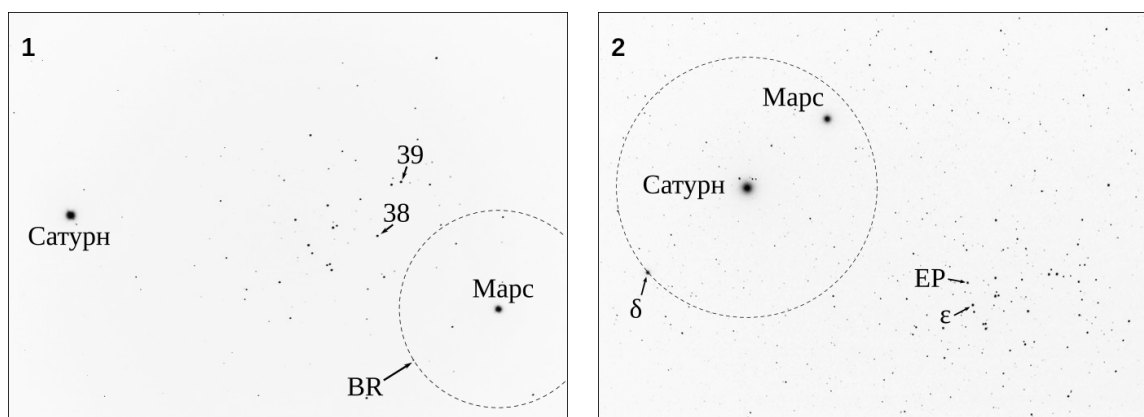
В Тельце Солнце бывает с середины мая по середину июня, а в Близнецах — по середину июля. Поэтому правильным ответом будет любой из этих трёх месяцев.

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 последний 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.



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 2 балла |
| 4. Ответы на 4 вопрос | по 1 баллу |
| 5. Определение ближайших к планетам звёзд | по 2 балла |

Максимальная оценка за задачу **12 баллов**.

(Е. Н. Фадеев)