

LXXVII Московская астрономическая олимпиада (2023 г.)

Теоретический тур. Решения и критерии оценивания

5 класс

Задача 1

Второе издание каталога Мессье содержало 70 объектов. В современной классификации их можно разделить на:

- шаровые звёздные скопления,
- рассеянные звёздные скопления,
- галактики,
- планетарные туманности,
- газовые туманности,
- прочие объекты.

К прочим объектам сейчас относят звёздное облако М24 и двойную систему Виннеке-4, которую Шарль Мессье принял за туманность. Число шаровых скоплений равно числу галактик и всех туманностей, а число рассеянных звёздных скоплений больше числа шаровых на число планетарных туманностей. Газовых туманностей — ровно 10% от общего числа объектов, планетарных туманностей ровно в 11 раз меньше, чем шаровых, и в 12 раз меньше, чем рассеянных скоплений.

Найдите число объектов каждого вида, которые входили во второе издание каталога Шарля Мессье.

Решение. Число прочих объектов (Π) дано прямо в условии: 2. Так же легко можно найти число газовых туманностей (ΓT) — десятая часть полного числа объектов (T), т. е. 7.

Обратимся теперь к связи числа планетарных туманностей (ΠT), шаровых (Ш) и рассеянных (P) скоплений:

$$\Pi T = \frac{\text{Ш}}{11} = \frac{P}{12}.$$

Второе равенство становится верным, когда $\text{Ш} = 11 \cdot N$ и $P = 12 \cdot N$, где $N = 1, 2, \dots$. При $N = 3$ сумма $\text{Ш} + P = 33 + 36 = 69 > T - \Pi - \Gamma T$, а значит, и при больших N решений нет. При $N = 1$ число шаровых скоплений оказывается всего 11 и тогда на галактики (Γ) и планетарные туманности остается всего 4 объекта. В этом случае в сумме 70 объектов не наберется. Остаётся единственный вариант: $\text{Ш} = 22$, $P = 24$.

Теперь легко определить число планетарных туманностей:

$$\Pi T = \frac{\text{Ш}}{11} = \frac{P}{12} = 2.$$

Осталось найти число галактик. Поскольку $\text{Ш} = \Gamma + \Gamma T + \Pi T$, то

$$\Gamma = \text{Ш} - \Gamma T - \Pi T = 22 - 7 - 2 = 13.$$

Критерии проверки

- | | |
|--|---------|
| 1. Определение числа прочих объектов | 1 балл |
| 2. Определение числа газовых туманностей | 1 балл |
| 3. Определение числа шаровых скоплений | 2 балла |

- | | |
|--|---------|
| 4. Определение числа рассеянных скоплений | 2 балла |
| 5. Определение числа планетарных туманностей | 1 балл |
| 6. Определение числа галактик | 1 балл |

Если суммарное число объектов в ответе не равно 70, то оценка снижается на 1 балл.

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(В. Б. Игнатьев)

Задача 2

Лунтик живёт на высокой иве, стоящей посреди большого луга. Он любит наблюдать за Солнцем, а также за листиками, что растут на иве. Однажды он заметил, что один из листиков ивы закрывает ровно диск Солнца своей поперечной частью, а другой такой же листик помещается продольно на диск Солнца и касается своими концами противоположных краёв диска. Помогите Лунтику понять, какой листик к нему ближе и во сколько раз, если продольный размер листика равен 12 см, а поперечный — 2 см.

Ночью с того же места он заметил метеор, который прочертил на небе линию в 8 раз длиннее, чем поперечник Луны. Смог бы закрыть эту линию тот листик, который закрывал Солнце поперечной частью?

Решение. Видимый (угловой) размер предмета зависит от расстояния до него. Чем ближе предмет к наблюдателю, тем больше его видимый размер. До тех пор, пока угловой размер невелик, он обратно пропорционален расстоянию до предмета.

Пусть d_1 — расстояние до листика, который закрывает Солнце продольной частью, а d_2 — до закрывающего поперечной. Пусть также r_1 — продольный размер листика, а r_2 — поперечный. Тогда

$$\frac{r_1}{d_1} = \frac{r_2}{d_2}.$$

Отсюда

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{12 \text{ см}}{2 \text{ см}} = 6.$$

Следовательно, листик, что закрывает Солнце поперечной частью, ближе к Лунтику, чем тот, что помещается продольно на диск Солнца, в 6 раз.

Видимые размеры Солнца и Луны приблизительно одинаковы. Продольная часть листика всего в 6 раз больше его поперечной части, тогда как путь метеора на небе больше Луны (Солнца) в 8 раз. Поэтому листик его полностью закрыть не сможет.

Критерии проверки

- | | |
|--|---------|
| 1. Нахождение отношений расстояний | 3 балла |
| Правильный ответ без обоснования оценивается 1 баллом. | |
| 2. Вывод о том, какой листок ближе | 2 балла |
| 3. Вывод о том, сможет ли листок закрыть трек метеора | 3 балла |

Ответ «да» или «нет» без обоснования не оценивается.

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(А. А. Автаева)

Задача 3

Во вселенной Смешариков после лишения Плутона статуса планеты Лосяш устроил голодовку. В тот же момент флот «маленькой, но гордой планеты Плутон» отправился в путь со скоростью 25 000 000 км/ч, чтобы уничтожить враждебную планету Земля. Сколько суток пришлось голодать Лосяшу, если голодовка закончилась с прилётом флота? Считать, что все орбиты лежат в одной плоскости, а Плутон находился на расстоянии 31 а.е. от Солнца и был виден с Земли в направлении, противоположном Солнцу. Насколько дольше (или меньше) пришлось бы лететь флоту, если бы события развернулись спустя полгода?

1 а.е. = 150 000 000 км.

Решение. Расстояние от Земли до Солнца — 1 а.е., следовательно, флоту надо пролететь всего 30 а.е. = 4 500 000 000 км. На это потребуется

$$t = \frac{4\,500\,000\,000}{25\,000\,000} = 180 \text{ ч} = 7\frac{1}{2} \text{ сут.}$$

Спустя полгода Земля окажется в противоположной, наиболее удалённой от Плутона точке орбиты. Сам Плутон движется столь медленно, что его положение практически не изменится. Значит, флоту нужно будет преодолеть дополнительно 2 а.е. или 300 000 000 км. Это в 15 раз меньше, чем требовалось в первый раз, поэтому и времени потребует в 15 раз меньше:

$$\Delta t = 7\frac{1}{2} \div 15 = \frac{15}{2} \times \frac{1}{15} = \frac{1}{2} \text{ сут.}$$

Именно на такое время флоту потребовалось бы лететь дольше.

Критерии проверки

1. Нахождение времени, которое потребовалось на полёт от Плутона до Земли **4 балла**
Если не учтено, что расстояние от Плутона до Земли на 1 а. е. меньше, чем до Солнца, то оценка снижается на 1 балл.
2. Нахождение изменения времени для случая через полгода **2 балла**
3. Объяснение, что потребуется больше времени **2 балла**
При неправильном понимании относительного расположения Земли и Солнца через полгода оценка снижается на 1 балл.

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(А. А. Автаева)

Задача 4

Путешественник объехал вокруг света за 100 дней, выехав из Москвы и посетив последовательно Дели, Пекин, Нью-Йорк и Мадрид. Какими были дата и день недели на календаре в Москве в день возвращения, если он выехал в воскресенье 1 декабря 2019 года?

Решение. В декабре 31 день, в январе тоже 31 день. 2020 год был високосным, поэтому в феврале 29 дней. Получаем, что спустя 100 дней будет 10 марта.

Определим теперь день недели. Разделим 100 на 7 с остатком и получим 14 с остатком 2. Значит прошло 14 полных недель и еще 2 дня. Поскольку путешественник выехал в воскресенье, вернётся он во вторник.

Судя по посещённым местам, путешественник двигался на восток. Значит, он двигался по вращению Земли и в Москве прошло на 1 день меньше. То есть путешественник вернулся в понедельник 9 марта.

Критерии проверки

1. Определение даты прибытия 10 марта **2 балла**
Если участник не учёл, что 2020 год был високосным и получил 11 марта, оценка за этап снижается до 1 балла, в остальных случаях — до 0 баллов.
2. Вычисление дня недели (вторник) **3 балла**
3. Определение направления движения путешественника **1 балл**
4. Верный учёт поправки в дату и день недели **по 1 баллу**
Ответ без решения «вторник 10 марта» оценивается 1 баллом, «понедельник 9 марта» — 2 баллами.

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

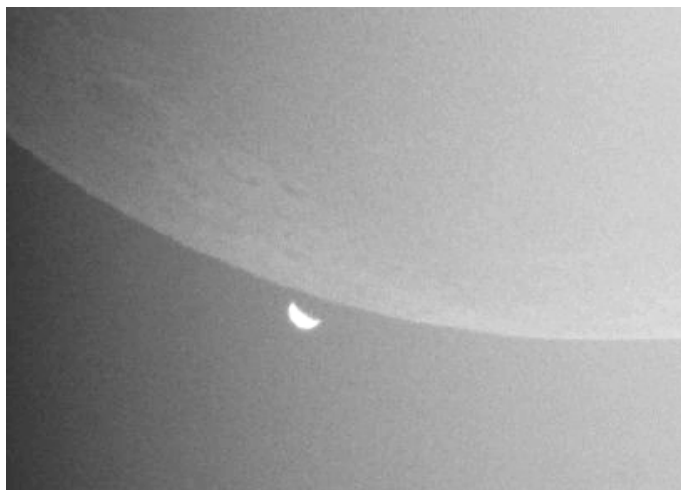
(Е. Н. Фадеев)

Задача 5

На фотографии, полученной в средних широтах северного полушария, показано начало покрытия Венеры Луной. Изображение на фотографии не зеркальное, зенит сверху. С помощью этой фотографии и прилагающейся звёздной карты, где Венера отмечена символом ★ (см. следующий лист), ответьте на следующие вопросы.

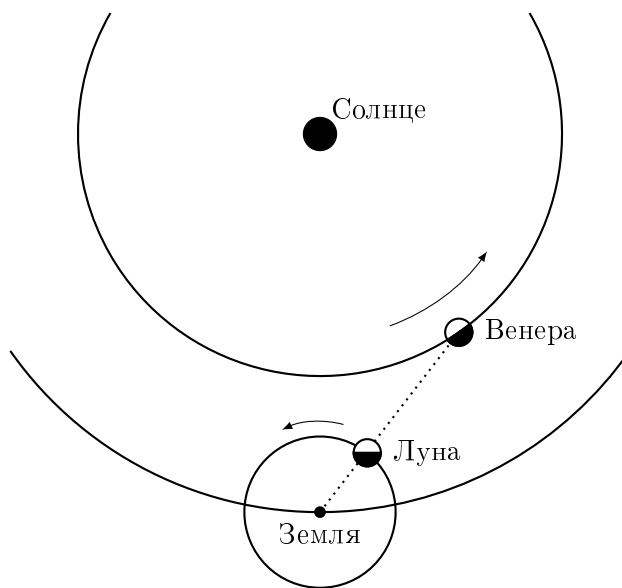
1. У Луны или Венеры доля освещённой части видимого диска больше?
2. В какое время суток были наилучшие условия видимости Венеры в те дни?
3. В каком созвездии находилась Венера?
4. В какое время года произошло покрытие?
5. Как изменялись видимый размер диска Венеры и доля его освещённой части в ближайшие несколько месяцев после покрытия?
6. Обведите на карте самую яркую звезду. Напишите название звезды и созвездия, в котором она находится.

Обязательно поясните каждый из своих ответов.



Решение.

1. Серп Луны более тонкий, чем серп Венеры. Удобнее всего это пояснить с помощью чертежа (см. следующую страницу). Солнце освещает как половину Венеры, так и половину Луны, однако Луна располагается гораздо ближе к линии Солнце-Земля, поэтому к нам обращена большая по сравнению с Венерой доля неосвещённой стороны.
2. Судя по расположению серпа Венеры, Солнце освещает его слева снизу, то есть Солнце находится восточнее. Тогда Венера восходит и заходит раньше Солнца, а значит, удобнее её наблюдать утром до восхода Солнца.
3. В созвездии Стрельца.
4. Венера никогда не удаляется от Солнца дальше 46° . На максимальном удалении у Венеры видна только половина освещённого диска. На фотографии мы видим чуть менее половины диска Венеры. Можем сделать вывод, что Солнце находится либо в Козероге, либо, скорее, в Водолее. В обоих этих созвездиях Солнце бывает в конце зимы.
5. Венера движется по орбите быстрее Земли. Значит, в данный момент она удаляется от Земли. В ближайшее после покрытия время её видимый размер уменьшится, но при этом мы будем видеть всё более полный диск планеты.



6. На карте можно найти звезду Вега в созвездии Лиры. Это пятая по яркости звезда на небе после Сириуса, Канопуса, альфы Центавра и Арктура, которые на карту не попали.

Критерии проверки

- | | |
|---|------------|
| 1. Ответ на первый вопрос и объяснение | 2 балла |
| 2. Указание времени суток и объяснение | 2 балла |
| 3. Правильное название созвездия, в котором произошло покрытие | 1 балл |
| 4. Указание времени года и объяснение | 2 балла |
| 5. Правильное описание изменения видимого размера и фазы Венеры | по 1 баллу |
| 6. Правильная отметка на карте, название ярчайшей звезды и её созвездия | по 1 баллу |

Ответы на вопросы 1, 2, 4, 5 без объяснений не засчитываются.

Максимальная оценка за задачу **12 баллов**.

(Е. Н. Фадеев)

