

# LXXVIII Московская астрономическая олимпиада (2024 г.)

## Теоретический тур. Решения и критерии оценивания

### 9 класс

#### Задача 1

Северный полюс мира для Марса находится в созвездии Лебедя рядом с границей с Цефеем. Наблюдатель на Марсе обнаружил, что максимальное смещение звезды Альдерамин ( $\alpha$  Цефея) за половину марсианского года из-за параллакса составляет  $\rho = 0.2''$ . Вычислите расстояние до этой звезды в световых годах. Чему равны большая и малая полуоси параллактического эллипса Альдерамина для наблюдателя на Земле?

**Решение.** Альдерамин находится рядом с полюсом мира на Марсе. Значит, его параллактическое смещение происходит почти по окружности. В условии говорится о максимальном смещении за полгода, то есть о положении звезды на противоположных концах параллактического эллипса. За полгода Марс переместился на расстояние, равное диаметру его орбиты. Угол, на который сместилась звезда, численно равен углу, под которым виден диаметр орбиты Марса от звезды. Тогда расстояние до звезды равно

$$L = \frac{D}{\rho[\text{рад}]} \cdot 206265 = \frac{2 \cdot 1.52 \cdot 1 \text{ а. е.}}{0.2''} \cdot 206265 \approx 3.1 \cdot 10^6 \text{ а. е.} \approx 15.2 \text{ пк} \approx 50 \text{ св. лет.}$$

Получаем, что параллакс Альдерамина для земного наблюдателя  $\pi_A = 1/15.2 \text{ пк} = 0.066''$ . Этот ответ можно получить, заметив, что параллакс звезды на Марсе равен  $0.1''$ , а поскольку радиус земной орбиты меньше в 1.52, то и параллакс будет меньше во столько же.

Чтобы найти величину малой полуоси параллактического эллипса, вспомним, что из-за прецессии оси Земли полюс мира смещается. В будущем он пройдет как раз через созвездие Цефея, и Альдерамин на какое-то время станет полярной звездой. Значит, расстояние Альдерамина от северного полюса эклиптики — около  $23^\circ$  (в действительности  $21^\circ$ ). Тогда малая полуось абберационного эллипса равна  $\pi_B = \pi_A \cos 23^\circ \approx 0.06''$ .

Заметим, что эксцентриситет параллактического эллипса равен  $e = \sqrt{1 - \cos^2 23^\circ} \approx 0.4$ , что существенно больше эксцентриситета орбиты Земли.

#### Критерии проверки

1. Определение расстояния до звезды **3 балла**  
Если ответ дан не в тех единицах, то выставляется не более 2 баллов за этап.  
Если ответ в 2 раза меньше, то выставляется не более 1 балла за этап.
2. Определение параллакса для Земли **3 балла**  
Если не учтена разница орбит земли и Марса, то этап не засчитывается.
3. Определение малой полуоси **2 балла**  
Засчитывается только при правильном обосновании использования  $\cos 23^\circ$ .

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(Е. Н. Фадеев)

## Задача 2

В 1978 году в военно-морской обсерватории США во Флагстаффе (Аризона, примерно 600 км от тихоокеанского побережья) проводились наблюдения Плутона на основании которых Джеймс Кристи 22 июня открыл спутник Плутона Харон. Для подтверждения своего открытия Кристи сделал новую фотографию 2 июля 1978 года в 4 часа по всемирному времени, где Харон был найден в предсказанном положении. В какой день недели была сделана эта фотография?

**Решение.** Нам известно, что 10 февраля 2024 года — это суббота. С момента фотографирования до 2 июля 2023 года прошло 45 лет, из которых 11 — високосных. Со 2 июля до 10 февраля прошло  $29 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 31 + 10 = 223$  дня. Значит, всего с момента фотографирования прошло

$$45 \times 365 + 11 + 223 = 16\,659 \text{ дней,}$$

или 2379 недель и 6 дней. Впрочем, число недель неважно. Отсчитываем дни недели на 6 дней в прошлое и получаем, что 2 июля 1978 года было воскресенье.

Казалось бы, мы нашли ответ. Однако присмотримся к условию более внимательно. Нам дано всемирное время наблюдения. Следует учесть, что время во Флагстаффе отличается от всемирного. Территория США очень велика, а обсерватория находится почти на западном побережье. Только в самых восточных штатах США разница со всемирным временем может быть 4 часа и то только летом (на большей части территории США используется летнее время). Поэтому в момент наблюдения в обсерватории было ещё 1 июля, т. е. суббота.

Для ясности добавим два факта:

- В Аризоне используется время UTC−7 и не применяется летнее время, т. е. в момент наблюдения местное время было 21 час.
- В 4 часа местного времени Плутон уже зашёл за горизонт.

### Критерии проверки

1. Определение числа дней, прошедших с открытия Харона **2 балла**
2. Определение дня недели **3 балла**  
Если первый пункт выполнен с ошибкой, но второй с учётом этой ошибки выполнен верно, то за него выставляется 2 балла.
3. Учёт того, что во Флагстаффе были предыдущие сутки **3 балла**

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

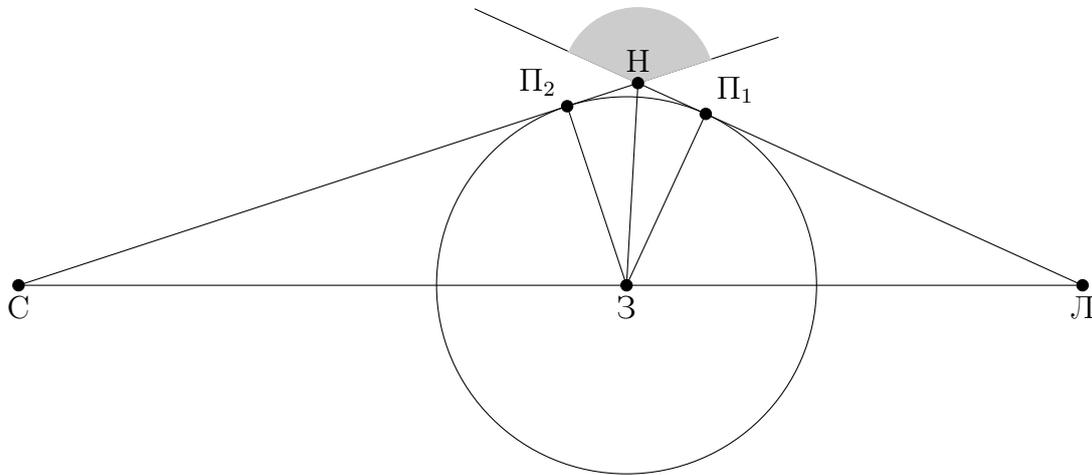
(Е. Н. Фадеев)

### Задача 3

Вокруг красного карлика Солоса вращается землеподобная планета Земос. У планеты есть спутник Лунос. Иногда на Земосе наблюдаются полные затмения Луноса. На какую минимальную высоту над поверхностью Земоса надо подняться наблюдателю, чтобы одновременно видеть центры дисков Солоса и Луноса во время максимальной фазы центрального затмения Луноса? Влиянием атмосферы Земоса пренебречь. Ответ приведите в километрах и округлите до целого. Параметры этой системы приведены в таблице.

Параметр	Значение, км
Радиус Земоса (сжатием пренебречь)	6000.0
Расстояние Земос–Лунос	38000.0
Расстояние Земос–Солос	1500000

**Решение.** Чтобы решить задачу, надо правильно представлять себе положение всех тел, участвующих в явлении. Во время максимальной фазы центрального лунного затмения центры Солоса, Земоса и Луноса лежат строго на одной прямой. Нарисуем рисунок. Можно представить себе лучи, выходящие из центров Луноса и Солоса (обозначены буквами Л и С) и являющиеся касательными к поверхности Земоса. Они пересекутся на некоторой высоте над поверхностью. Это и будет искомая минимальная высота наблюдателя (он находится в точке Н, а центры обоих тел можно увидеть лишь из закрашенной области). Если посмотреть на представленный в решении рисунок, то можно увидеть, что перпендикуляр, опущенный из точки Н на линию СЛ, не проходит через точку З. Это надо обязательно учесть в решении. Из-за этого треугольники НСЗ и НЛЗ не являются прямоугольными.



Дополним рисунок. Проведём перпендикуляры из точки З к касательным: ЗП<sub>1</sub> и ЗП<sub>2</sub>. В прямоугольных треугольниках ЛЗП<sub>1</sub> и СЗП<sub>2</sub> мы знаем по две стороны – радиус Земоса и расстояния СЗ и ЛЗ. Найдём углы, под которыми с Солоса и Луноса виден радиус Земоса (это аналоги земных суточных параллаксов):

$$\sin \angle ЗЛП_1 = \frac{ЗП_1}{ЛЗ} = \frac{6000 \text{ км}}{38\,000 \text{ км}} \approx 0.15789; \Rightarrow \angle ЗЛП_1 = 9.085^\circ.$$

$$\sin \angle ЗСП_2 = \frac{ЗП_2}{СЗ} = \frac{6000 \text{ км}}{1\,500\,000 \text{ км}} \approx 0.004; \Rightarrow \angle ЗСП_2 = 0.2292^\circ.$$

Задача свелась к геометрической: мы знаем в треугольнике СЛН два угла и сторону СЛ. Найти

НЗ и вычислить искомую величину можно разными способами. Приведём два из них.

1-й способ. Треугольники  $\triangle НП_1З$  и  $\triangle НП_2З$  равны, поскольку они прямоугольные, стороны  $П_1З$  и  $П_2З$  равны (это радиус Земоса), а сторона НЗ у них общая. Следовательно,

$$\angle ЗНП_1 = \angle ЗНП_2 = \frac{\angle СНЛ}{2} = 180^\circ - 9.085^\circ - 0.2292^\circ = 85.343^\circ.$$

Тогда

$$НЗ = \frac{ЗП_1}{\sin \angle ЗНП_1} \approx 6020 \text{ км.}$$

Отсюда искомая высота примерно равна 20 км.

2-й способ. Воспользоваться теоремой синусов и найдём сначала, например, сторону НЛ. После этого используем теорему косинусов для треугольника  $\triangle НЛЗ$  и найдём сторону НЗ.

Теорема синусов:

$$\frac{\sin \angle НСЗ}{НЛ} = \frac{\sin \angle СНЛ}{СЛ}$$
$$НЛ = СЛ \cdot \frac{\sin \angle НСЗ}{\sin \angle СНЛ} = (1500000 + 38000) \cdot \frac{\sin(0.2292^\circ)}{\sin(180^\circ - 9.085^\circ - 0.2292^\circ)} = 38\,025.7 \text{ км}$$

Теорема косинусов:

$$НЗ = \sqrt{ЗЛ^2 + НЛ^2 - 2 \cdot ЗЛ \cdot НЛ \cdot \cos \angle НЛЗ} =$$
$$= \sqrt{38000^2 + 38025.7^2 - 2 \cdot 38000 \cdot 38025.7 \cdot \cos 9.085^\circ} \approx 6021.2 \text{ км}$$

Высота точки Н над поверхностью планеты составит примерно 21 км.

### Критерии проверки

- |   |            |
|---|------------|
| 1. Определение суточных параллаксов Луносa и Солосa | по 2 балла |
| 2. Расстояние ЗН                                    | 3 балла    |
| 3. Ответ  | 1 балл     |

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(А. М. Татарников)

### Задача 4

Один инопланетянин, оказавшийся случайно на сборах команды России по астрономии, пытается показать школьникам свою родную звезду. Он навёл в нужную сторону телескоп (диаметр объектива  $D = 150$  мм, фокусное расстояние  $F = 450$  мм, фокусное расстояние окуляра  $f = 30$  мм) и сказал, что звезда едва видна в центре поля зрения. Известно, что диаметр зрачков инопланетянина  $\delta = 20$  мм, а невооружённым глазом он видит звёзды до  $m_A = 8^m$ . Смогут ли участники сборов разглядеть звезду в этот телескоп?

**Решение.** Площадь объектива телескопа в  $(D/\delta)^2$  раз больше площади глаза инопланетянина. Значит, без телескопа видимая звёздная величина родной звезды инопланетянина равна

$$m = m_A + 2.5 \lg \left( \frac{D}{\delta} \right)^2 = 8^m + 5 \lg 7.5 \approx 12.4^m.$$

Здоровый человеческий глаз видит звёзды до 6 звёздной величины, при этом зрачок может расширяться до  $\tilde{\delta} = 6$  мм. Тогда предельное увеличение телескопа при наблюдении людьми составляет

$$\tilde{m} = 6^m + 5 \lg \frac{D}{\tilde{\delta}} \approx 2.1^m + 5 \lg D \approx 13.0^m.$$

Казалось бы, участники сборов тоже смогут наблюдать звезду в телескоп. Однако такое утверждение преждевременно. Обратим внимание, что увеличение телескопа составляет  $\Gamma = F/f = 15$ . Это увеличение больше равнозрачкового для инопланетянина ( $150/20 = 7.5$ ), но меньше равнозрачкового для людей ( $150/6 = 25$ ). Диаметр выходного зрачка  $d = D/\Gamma \approx 10$  мм, а значит, в глаз попадает только  $(6/10)^2 \approx 0.36$  света звезды. В лучшем случае участники сборов смогут увидеть в такой телескоп звёзды до

$$\tilde{m} = 6^m + 2.5 \lg \left( \frac{D}{\tilde{\delta}} \frac{6}{10} \right)^2 \approx 11.8^m.$$

В итоге, участники не смогут разглядеть нужную звезду, если, конечно, не догадаются заменить окуляр на более короткофокусный.

*Замечание.* Использование формулы Боуэна для решения этой задачи ответ принципиально не изменяет.

#### Критерии проверки

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Видимая звёздная величина звезды   | 2 балла |
| 2. Увеличение меньше равнозрачкового для людей  | 3 балла |
| 3. Предельная звёздная величина   | 2 балла |
| Если опущен факт того, что увеличение больше равнозрачкового, то оценка за этап — не более 1 балла. |         |
| 4. Вывод  | 1 балла |
| Выставляется только в случае целиком правильного решения.   |         |

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(Е. Н. Фадеев)

**Задача 5**

Путешественники, оказавшиеся на необитаемом острове, наблюдали за одной из звёзд. Они не смогли определить, входит ли эта звезда в созвездие Южный Крест или астеризм Ложный Крест. Выяснилось, что высота верхней кульминации этой звезды составляет  $h_{\text{в}} = 67.5^\circ$ , а высота нижней кульминации —  $h_{\text{н}} = 7.5^\circ$ . Нижняя кульминация этой звезды 5 октября произошла в полночь. У путешественников были обычные часы, показывающие московское время. Оказалось, что в момент местной полуночи стрелки на циферблате часов показывают 3 часа 51 минуту. Определите координаты острова и звезду, за которой следили путешественники.

Звезда	Прямое восхождение	Склонение	Звезда	Прямое восхождение	Склонение
Акрукс ( $\alpha$ Cru)	12.5 <sup>h</sup>	$-63^\circ$	Авиор ( $\varepsilon$ Car)	8.4 <sup>h</sup>	$-60^\circ$
Мимоза ( $\beta$ Cru)	12.8 <sup>h</sup>	$-60^\circ$	Аспидиске ( $\iota$ Car)	9.3 <sup>h</sup>	$-59^\circ$
Гакрукс ( $\gamma$ Cru)	12.5 <sup>h</sup>	$-57^\circ$	Маркеб ( $\kappa$ Vel)	9.4 <sup>h</sup>	$-55^\circ$
Имаи ( $\delta$ Cru)	12.3 <sup>h</sup>	$-59^\circ$	Альсефина ( $\delta$ Vel)	8.7 <sup>h</sup>	$-55^\circ$

**Решение.** Нам неизвестно, с какой стороны от зенита кульминировала звезда. Можно проверить оба варианта, но можно быстро отсеять лишний. Все возможные звёзды имеют склонения  $\delta$  от  $-55^\circ$  до  $-63^\circ$ . Высоту звезды в нижней кульминации  $h_{\text{н}}$  можно найти по формуле

$$h_{\text{н}} = |\delta| + |\varphi| - 90^\circ = -\delta - \varphi - 90^\circ.$$

Здесь мы учли, что склонение и широта  $\varphi$  отрицательные: склонение напрямую по условию, а широта — как следствие того, что высота нижней кульминации положительная. Тогда можем сделать вывод, что наблюдения проводятся на широтах от  $-34.5^\circ$  до  $-42.5^\circ$ . Поскольку при  $|\delta| > |\varphi|$  кульминация происходит между зенитом и полюсом, делаем вывод, что звезда кульминировала к югу от зенита. Формула для высоты в верхней кульминации имеет вид

$$h_{\text{в}} = 90^\circ + |\delta - \varphi| = 90^\circ + \delta - \varphi.$$

Сложим первое и второе уравнения и получаем

$$h_{\text{в}} + h_{\text{н}} = -2\varphi.$$

Отсюда  $\varphi = -37.5^\circ$  или  $37.5^\circ$  ю. ш. Вычтем первое уравнение из второго и получим

$$h_{\text{в}} - h_{\text{н}} = 180^\circ - 2\delta, \quad \delta = 90^\circ - \frac{h_{\text{в}} - h_{\text{н}}}{2} = 60^\circ.$$

Такое склонение имеют две звезды: Мимоза и Авиор. Для того чтобы сделать окончательный выбор, обратим внимание на время кульминации. Звёздное и солнечное время совпадают в день осеннего равноденствия, который выпадает на 22 или 23 сентября. Иными словами, в этот день нижняя кульминация Солнца совпадает с верхней кульминацией точки весеннего равноденствия. В нижней кульминации оказывается точка осеннего равноденствия. Поскольку звёздные сутки на 3 минуты 54 секунды короче солнечных, то каждый следующий день в полночь в нижней кульминации оказываются звёзды с большими прямыми восхождениями. Спустя 12 или 13 дней, т.е. 5 октября, в полночь в нижней кульминации окажутся звёзды с прямым восхождениями около 12.8<sup>h</sup>. Значит, искомая звезда — Мимоза.

Осталось определить долготу острова. Заметим, что поскольку циферблат стрелочный, мы можем определить московское время с точностью до 12 часов: 3 часа 51 минута или 15 часов 51 минута. Московское время отличается от всемирного на 3 часа. Поэтому всемирное время равно или 0 часов 51 минуте, или 12 часам 51 минуте. Следовательно, долгота острова или  $51^m$  з. д. ( $12.75^\circ$  з. д.), или  $11^h09^m$  в. д. ( $167.25^\circ$  в. д.).

### Критерии проверки

- |  |            |
|--|------------|
| 1. Определение звезды  | 3 балла    |
| Если участник определил только склонение звезды и не смог сделать однозначный выбор, то выставляется 1 балл. |            |
| 2. Определение широты острова  | 2 балла    |
| 3. Правильная разность московского и всемирного времени  | 1 балл     |
| 4. Определение долготы острова   | по 1 баллу |

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

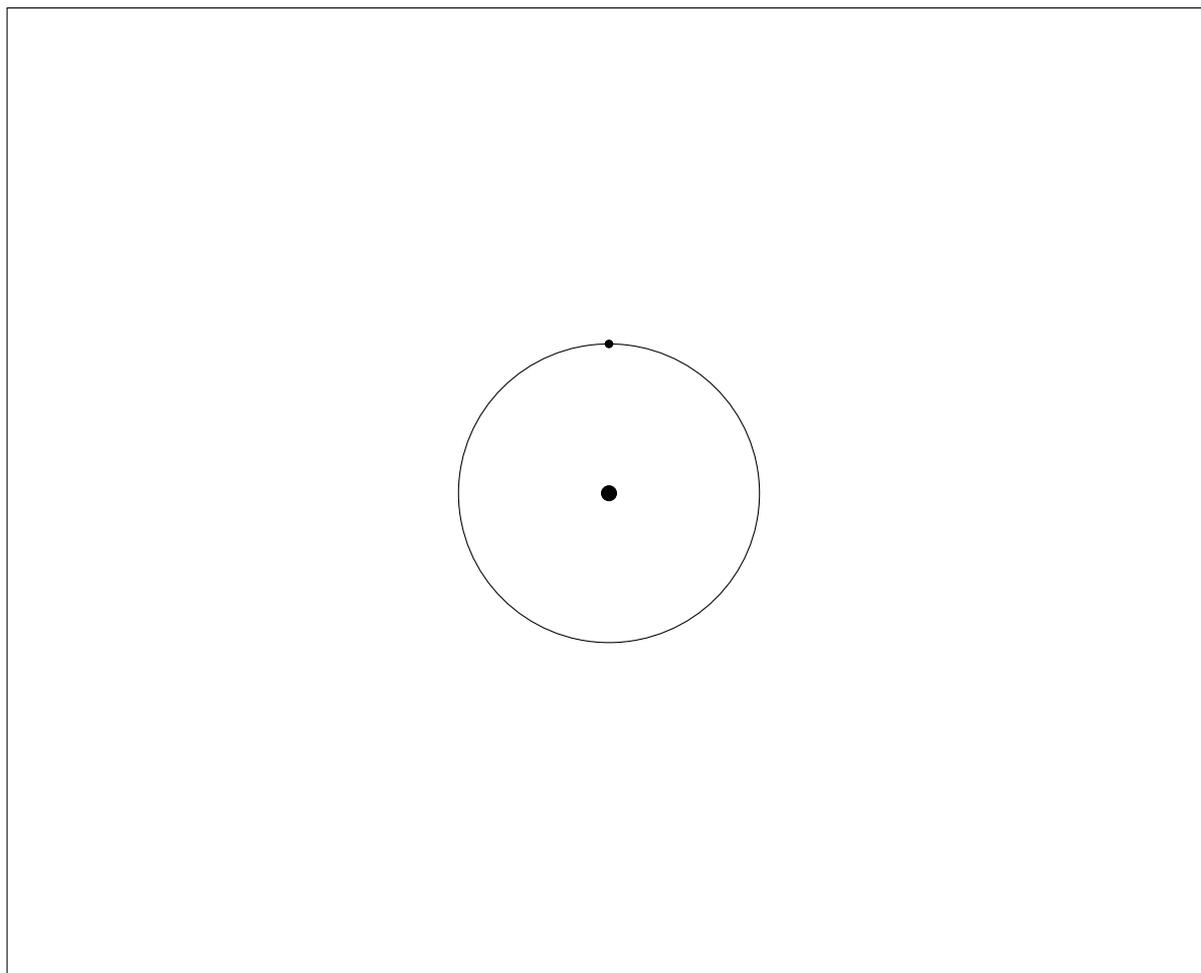
(В. Б. Игнатьев)

### Задача 6

Вам дана таблица, в которой указаны расстояния  $D$  от Земли до кометы 81P/Wild в 2022 и 2023 годах, а также разность эклиптических долгот  $\Delta\lambda$  кометы и Солнца (положительные значения соответствуют положению кометы к востоку от Солнца). Комета движется в плоскости эклиптики.

- Вам дан рисунок, на котором изображено Солнце, орбита Земли и Земля на 1 января 2022 года. Вид из северного полюса эклиптики. Нанесите на него положения кометы в каждый из указанных в таблице моментов времени. Примерно обозначьте орбиту кометы.
- Определите расстояние перигелия кометы.
- В каком созвездии наблюдалась комета, когда она проходила перигелий?
- Комета совершает один оборот вокруг Солнца за 6.4 года. На какое максимальное расстояние от Солнца она может удаляться?
- Оцените скорость кометы в перигелии. Во сколько раз она больше круговой скорости на том же расстоянии от Солнца?

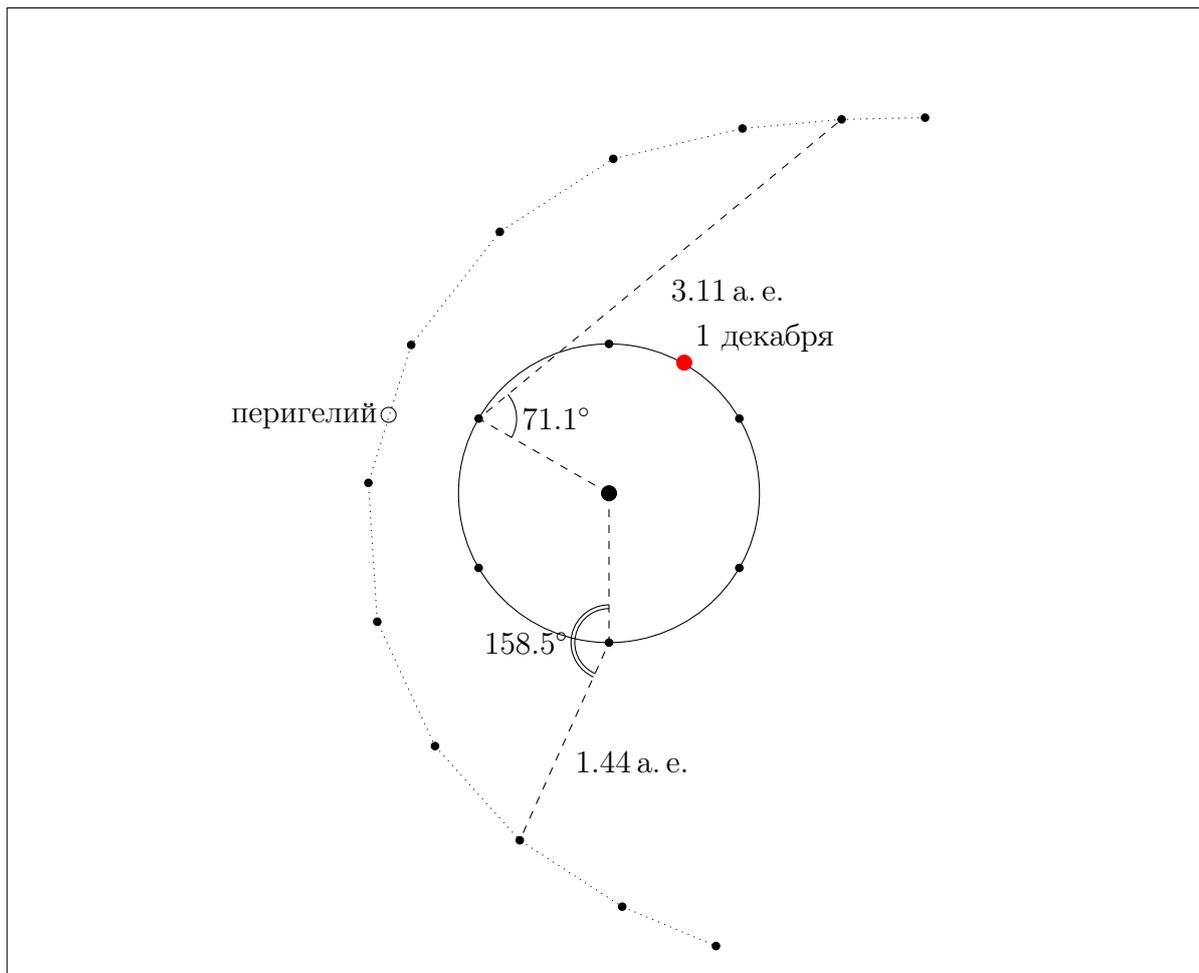
Дата	$D$ , а. е.	$\Delta\lambda$ , $^\circ$	Дата	$D$ , а. е.	$\Delta\lambda$
01.01.2022	2.59	$125.8^\circ$	01.01.2023	1.85	$-59.8^\circ$
01.03.2022	3.11	$71.1^\circ$	01.03.2023	1.55	$-84.6^\circ$
01.05.2022	3.41	$30.5^\circ$	01.05.2023	1.25	$-131.0^\circ$
01.07.2022	3.24	$0.6^\circ$	01.07.2023	1.44	$158.5^\circ$
01.09.2022	2.76	$-24.4^\circ$	01.09.2023	2.39	$101.6^\circ$
01.11.2022	2.24	$-42.5^\circ$	01.11.2023	3.53	$57.8^\circ$



**Решение.** Выполним построения для ответа на первый вопрос. Для этого сначала отметим положение Земли в каждый момент времени. Конечно, спустя год Земля не оказывается в том же самом положении, но этим сдвигом на таком грубом чертеже можно пренебречь и считать, что у нас только шесть возможных положений Земли.

На следующем шаге откладываем от нужного положения Земли отрезок соответствующей длины в направлении, которое задаётся углом  $\Delta\lambda$ . Мы получаем набор точек, по которому можно проследить часть орбиты в районе перигелия.

По рисунку видно, что перигелий кометы прошла в конце 2022 года примерно посередине между положениями 01.11.2022 и 01.01.2023, то есть в начале декабря. В это время Солнце наблюдается в созвездии Змееносца или Скорпиона. Угол между кометой и Солнцем 1 декабря — около  $50^\circ$  или  $3.3^h$ , а значит, комета находится в том созвездии, где Солнце было за полтора месяца до того момента, то есть в середине октября. Это созвездие Девы.



По рисунку определяем, что расстояние перигелия у кометы равно  $p = 1.6$  а. е.

Из третьего закона Кеплера получаем величину большой полуоси кометы:

$$a = 1 \text{ а. е.} \sqrt[3]{6.4^2} \approx 3.45 \text{ а. е.}$$

Тогда в афелии комета удаляется до расстояния

$$q = 2a - p = 5.3 \text{ а. е.}$$

Расстояние между известными положениями кометы до и после перигелия равно 1 а. е. Это расстояние комета преодолела за 61 день. Тогда её скорость равна

$$v_p = \frac{150\,000\,000 \text{ км}}{61 \text{ день}} \approx 28 \text{ км/с.}$$

Круговая скорость на расстоянии  $p$  равна

$$v_0 = \sqrt{\frac{GM_0}{p}} \approx 23.6 \text{ км/с.}$$

Значит, скорость кометы больше в 1.2 раза.

**Критерии проверки**

- |   |                 |
|---|-----------------|
| 1. Правильное выполнение рисунка в верном масштабе                    | <b>6 баллов</b> |
| Рисунок, зеркальный по сравнению с правильным, оценивается в 4 балла. |                 |
| 2. Созвездие, в котором наблюдалась комета                            | <b>1 балл</b>   |
| 3. Расстояние перигелия   | <b>1 балл</b>   |
| 4. Определение большой полуоси кометы                                 | <b>1 балл</b>   |
| 5. Определение расстояния афелия                                      | <b>1 балл</b>   |
| 6. Скорость в перигелии   | <b>1 балл</b>   |
| 7. Круговая скорость на расстоянии перигелия и окончательный ответ    | <b>1 балл</b>   |

Максимальная оценка за задачу **12 баллов**.

*(Е. Н. Фадеев)*

## Справочные данные

### Данные о Солнце, Земле, Луне и Галактике

Светимость Солнца	$L_{\odot} = 3.827 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
Видимая звёздная величина Солнца	$m_{\odot} = -26.78^{\text{m}}$
Абсолютная болометрическая звёздная величина Солнца	$M_{\odot} = 4.72^{\text{m}}$
Эффективная температура Солнца	$T_{\odot} = 5800 \text{ К}$
Солнечная постоянная	$E_{\odot} = 1360.8 \text{ Вт м}^{-2}$
Поток солнечной энергии в видимых лучах на расстоянии Земли	$= 600 \text{ Вт м}^{-2}$
Тропический год	$= 365.24219 \text{ сут}$
Звёздные сутки	$= 23 \text{ ч } 56 \text{ мин } 04 \text{ с}$
Наклон экватора к эклиптике	$\varepsilon = 23^{\circ} 26' 21.45''$
Синодический месяц	$S_{\zeta} = 29.53059 \text{ сут}$
Видимая звёздная величина полной Луны	$m_{\zeta} = -12.7^{\text{m}}$
Число звёзд в нашей Галактике	$= 10 \cdot 10^{11}$
Радиус диска нашей Галактики	$= 20 \text{ кпк}$
Масса нашей Галактики (в массах Солнца)	$= 2 \cdot 10^{12}$

### Астрономические и физические постоянные

Гравитационная постоянная	$G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$
Скорость света в вакууме	$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м с}^{-1}$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг с}^{-3} \text{ К}^{-4}$
Постоянная Планка	$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж с}$
Масса протона	$m_{\text{p}} = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Астрономическая единица	$1 \text{ а. е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Парсек	$1 \text{ пк} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
Время накопления сигнала глазом	$= 0.05 \text{ с}$

### Формулы приближённого вычисления (при $x \ll 1$ )

$$\begin{aligned} \sin(x) &\approx x & \cos x &\approx 1 - \frac{x^2}{2} & \operatorname{tg} x &\approx x \\ \ln(1+x) &\approx x & e^x &\approx 1+x & (1+x)^\alpha &\approx 1+\alpha x \end{aligned}$$

### Характеристики Солнца, планет и некоторых спутников

Объект	Большая полуось, а.е.	Эксцентриситет	Орбитальный период	Масса, кг	Радиус, тыс. км	Осевой период
Солнце				$1.989 \times 10^{30}$	696	25.38 сут
Меркурий	0.3871	0.2056	87.97 сут	$3.302 \times 10^{23}$	2.44	58.65 сут
Венера	0.7233	0.0068	224.70 сут	$4.869 \times 10^{24}$	6.05	243.02 сут
Земля	1	0.0167	365.26 сут	$5.974 \times 10^{24}$	6.37	23.93 ч
Луна	0.00257	0.0549	27.322 сут	$7.348 \times 10^{22}$	1.74	27.32 сут
Марс	1.5237	0.0934	686.98 сут	$6.419 \times 10^{23}$	3.40	24.62 ч
Юпитер	5.2028	0.0483	11.862 лет	$1.899 \times 10^{27}$	69.9	9.92 ч
Сатурн	9.5388	0.0560	29.458 лет	$5.685 \times 10^{26}$	60.3	10.66 ч
Уран	19.1914	0.0461	84.01 лет	$8.683 \times 10^{25}$	25.6	17.24 ч
Нептун	30.0611	0.0097	164.79 лет	$1.024 \times 10^{26}$	24.7	16.11 ч