

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Основные постоянные

Гравитационная постоянная	$G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Скорость света в вакууме	$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$
Астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Парсек	$1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Данные о Солнце

Радиус	697 000 км
Масса	$1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Светимость	$3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
Эффективная температура	5800 К
Интегральный поток энергии на расстоянии Земли	1360 Вт/м^2

Данные о Земле

Тропический год	365.24219 суток
Период вращения	23 ч 56 мин 04 с
Наклон экватора к эклиптике (эпоха 2000)	$23^\circ 26' 21.45''$
Экваториальный радиус	6378.14 км
Масса	$5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли	384400 км
Сидерический период обращения	27.321662 суток
Синодический период обращения	29.530589 суток
Радиус	1738 км
Масса	$7.348 \cdot 10^{22} \text{ кг}$ (1/81.3 массы Земли)

Данные орбит планет

Планета	Большая полуось (а.е.)	Эксцентриситет	Наклон к эклиптике (градусы)	Период обращения	Синодический период (сут)
Меркурий	0.3871	0.2056	7.004	87.97 сут	115.9
Венера	0.7233	0.0068	3.394	224.70 сут	583.9
Земля	1.0000	0.0167	0.000	365.26 сут	—
Марс	1.5237	0.0934	1.850	686.98 сут	780.0
Юпитер	5.2028	0.0483	1.308	11.862 лет	398.9
Сатурн	9.5388	0.0560	2.488	29.458 лет	378.1
Уран	19.1914	0.0461	0.774	84.01 лет	369.7
Нептун	30.0611	0.0097	1.774	164.79 лет	367.5

1. Спутники планет-гигантов

8 баллов

Игнатьев В.Б

Вам предоставлен список спутников планет Солнечной системы. Выберите среди них те спутники, которые вращаются вокруг планет гигантов. Для каждого такого спутника напишите название его планеты.

Список спутников:

- А. Фобос
- В. Ио
- С. Луна
- Д. Рея
- Е. Гиперион
- Ф. Харон
- Г. Титан
- Н. Титания

Решение.

Во-первых определим, какие планеты относятся к планетам-гигантам. Это Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун.

Во-вторых, определим для каждого спутника из списка, вокруг какой планеты он вращается:

- А. Фобос — спутник Марса (Марс не является планетой-гигантом)
- В. Ио — спутник Юпитера (Юпитер — планета-гигант)
- С. Луна — спутник Земли (Земля не является планетой-гигантом)
- Д. Рея — спутник Сатурна (Сатурн — планета-гигант)
- Е. Гиперион — спутник Сатурна (Сатурн — планета-гигант)
- Ф. Харон — спутник Плутона (Плутон не является планетой-гигантом, карликовая планета)
- Г. Титан — спутник Сатурна (Сатурн — планета-гигант)
- Н. Титания — спутник Урана (Уран — планета-гигант)

Таким образом, спутники, вращающиеся вокруг планет-гигантов: Ио, Рея, Гиперион, Титан, Титания.

Ответ.

- A. Ио — Юпитер
- B. Рея — Сатурн
- C. Гиперион — Сатурн
- D. Титан — Сатурн
- E. Титания — Уран

Критерии оценивания.	8
Правильное определение планет-гигантов	2
Правильный выбор спутников планет-гигантов	3
Правильное указание планеты для каждого спутника	3

2. Календарная астрономия

8 баллов
Кузнецов М.В.

26 сентября 1960 года Мэттьюс и Сэндидж сфотографировали первый квазар, который сейчас называется 3с48. Сколько раз после этого события в нашем календаре было 29 февраля?

Решение.

Для решения задачи необходимо определить, сколько високосных лет было с 1960 года по текущий год включительно, исключая сам 1960 год (поскольку событие произошло в сентябре, после 29 февраля 1960 года).

Високосными являются годы, которые делятся на 4, но не делятся на 100, кроме тех, что делятся на 400. Високосными годами внутри интервала 1960 до 2025 будет период с 1964 года по 2024 год:

- 1964, 1968, 1972, 1976, 1980, 1984, 1988, 1992, 1996 — все делятся на 4
- 2000 — делится на 400, поэтому он тоже високосный
- 2004, 2008, 2012, 2016, 2020, 2024 — все делятся на 4.

Подсчитаем количество високосных лет:

- $1964 - 1996 : 4 = 9$ лет
- $2000 : 4 = 1$ год
- $2004 - 2024 : 4 = 6$ лет

Следовательно, общее количество високосных лет составит: $9 + 1 + 6 = 16$

Таким образом, после 26 сентября 1960 года в календаре 29 февраля было 16 раз.

Ответ. 16

Критерии оценивания.

	8
Правильное определение периода расчета.....	2
Правильное применение правил високосных годов.....	3
Правильный подсчет количества 29 февраля.....	3

3. Лунная экспедиция

16 баллов
Кузнецов М.В.

Космическая станция прилунилась на поверхность спутника Земли в момент восхода Солнца, Луна в это время с Земли наблюдалась в фазе первой четверти. Космонавты проработали на поверхности Луны семь лунных суток и стартовали к Земле, собрав образцы. Сколько раз наступала ночь для участников экспедиции, и сколько земных дней продолжалась экспедиция? Нарисуйте схему взаимного положения Солнца, Луны и Земли.

Решение. Определим продолжительность Лунной экспедиции. Лунные солнечные сутки видны с Земли как смена фаз Луны, которая повторяется с периодом $S = 29.5$ дней. Следовательно полная продолжительность экспедиции составила:

$$t = 7 \cdot 29.5 = 206.5 \text{ дней}$$

Так как космонавты пробыли на Луне 7 солнечных суток, то и лунная ночь для них наступала 7 раз.

Нарисуем схему взаимного положения Земли Луны и Солнца:

Тут картинка нужна.

Ответ. Ночь наступала для участников экспедиции 7 раз. Экспедиция продолжалась 206.5 дней. Наличие верной схемы расположения.

Критерии оценивания.

16

Правильно указана продолжительность солнечных суток	2
Правильно определена продолжительность экспедиции	6
Использован период Луны 27.3 дня	-3
Верный подсчет	3
Правильно определено количество ночей	2
Правильная схема положения Солнца-Луны и Земли	6

4. Космический Сапсан

16 баллов
Кузнецов М.В.

Самый быстрый поезд в нашей стране «Сапсан» имеет скорость 400 км в час. Сколько времени займет поездка на таком поезде до Луны? А до Солнца? Определите дату приезда к Луне на таком поезде, если вы выехали сегодня 10 ноября 2025 года. Размерами Солнца пренебречь. Данные о Солнце и Луне можно найти в справочных данных.

Решение.

Определим время необходимое для проезда до Луны. Из справочных данных расстояние до Луны составляет $a_{\text{Луны}} = 384400$ км. Тогда время необходимое для проезда составит $t = \frac{a_{\text{Луны}}}{V} = \frac{384400}{400} = 961$ часов ≈ 40 дней.

Определим время необходимое для проезда до Солнца, пренебрежем радиусом Солнца, по сравнению с размером орбиты Земли. Из справочных данных расстояние до Солнца составляет $a_{\oplus} = 150000000$ км. Тогда время необходимое для проезда составит $t = \frac{a_{\oplus}}{V} = \frac{1500000}{400} = 375000$ часов ≈ 15625 дней ≈ 42.778 года.

Определим дату приезда. До конца ноября остается 20 дней, так как в ноябре 30 дней. Следовательно поезд прибудет 20 декабря к Луне.

Критерии оценивания.

16

Взято значение расстояния до Луны из справочных данных.....	2
Взято значение расстояния до Солнца из справочных данных.....	2
Найдено время проезда до Луны.....	2
Найдено время проезда до Солнца.....	6
Нахождение даты приезда к Луне.....	4

5. Созвездия и звезды

16 баллов
Кузнецов М. В.

Перед вами коллаж из астеризмов нескольких созвездий: Орел, Козерог, Скорпион, Большая Медведица, Кассиопея, Цефей, Персей, Геркулес. Астеризмы пронумерованы. Укажите какое название какому номеру соответствует. Так же укажите, к какому из созвездий относятся звезды: Альтаир, Дубхе, Мерак, Антарес, Шедар, Альдерамин, Мирфак, Мицар.

Решение.

Созвездия:

1. Геркулес
2. Орел
3. Козерог
4. Цефей
5. Большая Медведица
6. Персей
7. Скорпион
8. Кассиопея

Звезды:

- А. Альтаир - Орел
- В. Альдерамин - Цефей
- С. Дубхе, Мерак, Мицар - Большая Медведица
- Д. Мирфак - Персей
- Е. Антарес - Скорпион
- Ф. Шедар - Кассиопея

Ответ.**Критерии оценивания.****16**

Верное название созвездия 1×8
Каждая верная звезда 1×8

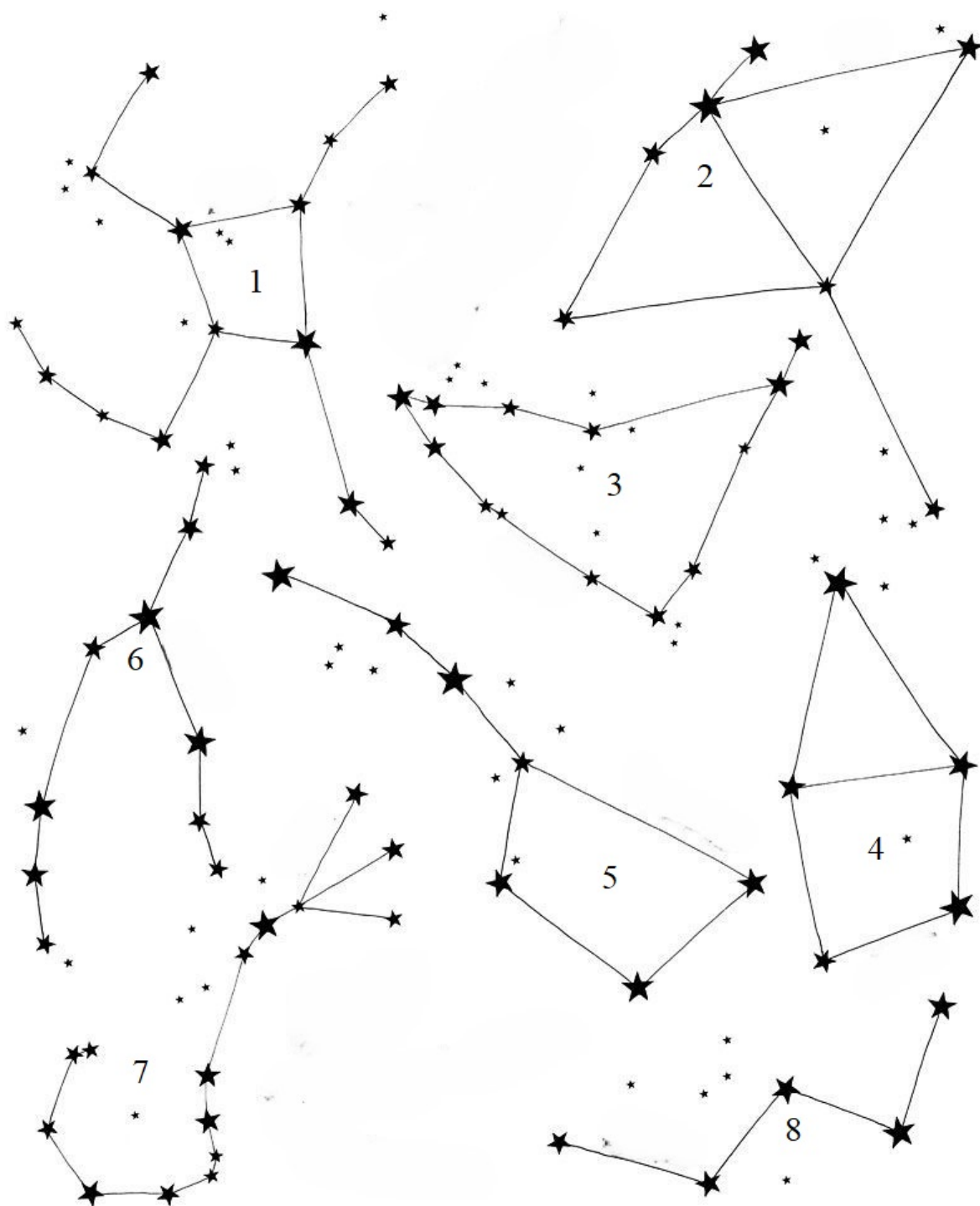


Рис. 1: К задаче «Созвездия и звезды». Коллаж созвездий

6. Хвост Кометы

16 баллов
Кузнецов М.В.

Перед вами негатив фотографии $C/2025A6$ (Lemmon) снятый 18 октября 2025 года около 20 : 40 московского времени. Определите: как далеко в градусах нахо-

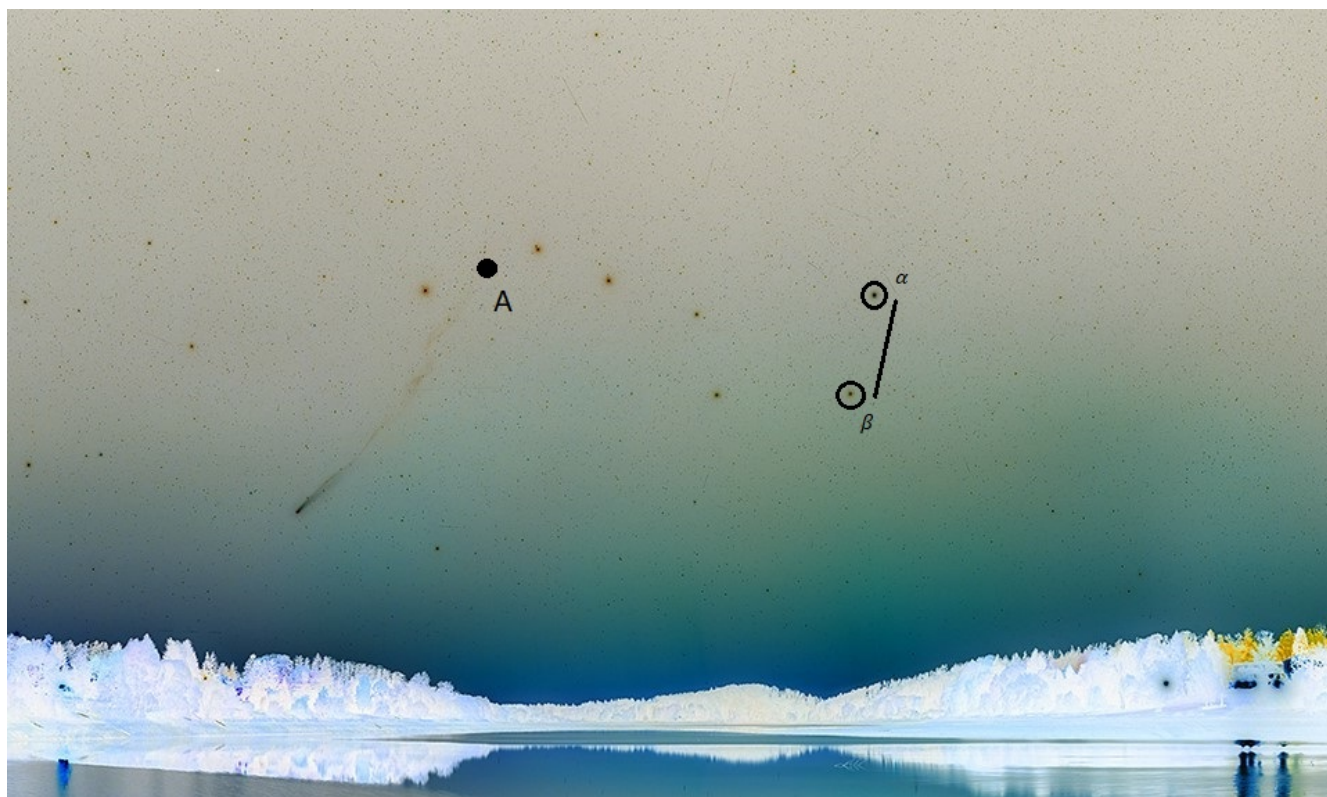


Рис. 2: К задаче «Хвост Кометы». Негатив фотографии кометы $C/2025A6$ (Lemmon)

дится голова кометы от звезды Дубхе (правая верхняя звезда в ковше Большой Медведицы). А так же, длину хвоста кометы в градусах, ее конец указан точкой А. На негативе показано угловое расстояние между звездами Дубхе и Мерак - 5° .

Решение.

Проведем измерение расстояния между звездами Дубхе и Мерак, и определим масштаб:

$$\Delta = 17 \text{ мм} \rightarrow a = \frac{17}{5} = 3.4 \frac{\text{мм}}{^\circ}$$

Проведем измерение расстояния между головой кометы и звездой Дубхе - α Большой Медведицы:

$$X = 103 \text{ мм} \rightarrow a = \frac{76}{3.4} = 22.4^\circ$$

Теперь проведем измерение расстояния между головой кометы и концом хвоста и расчет:

$$L = 53 \text{ мм} \rightarrow a = \frac{38}{3.4} = 11.2^\circ$$

Ответ. Расстояние от звезды Дубхе - α Большой Медведицы $X = 22.4^\circ$. Длина хвоста кометы $L = 11.2^\circ$.

Критерии оценивания.

16

Определен масштаб снимка 4

Найдено расстояние между кометой и Дубхе.....6

Найдена длина хвоста кометы.....6

7. Экзопланетная система 55 Рака

20 баллов

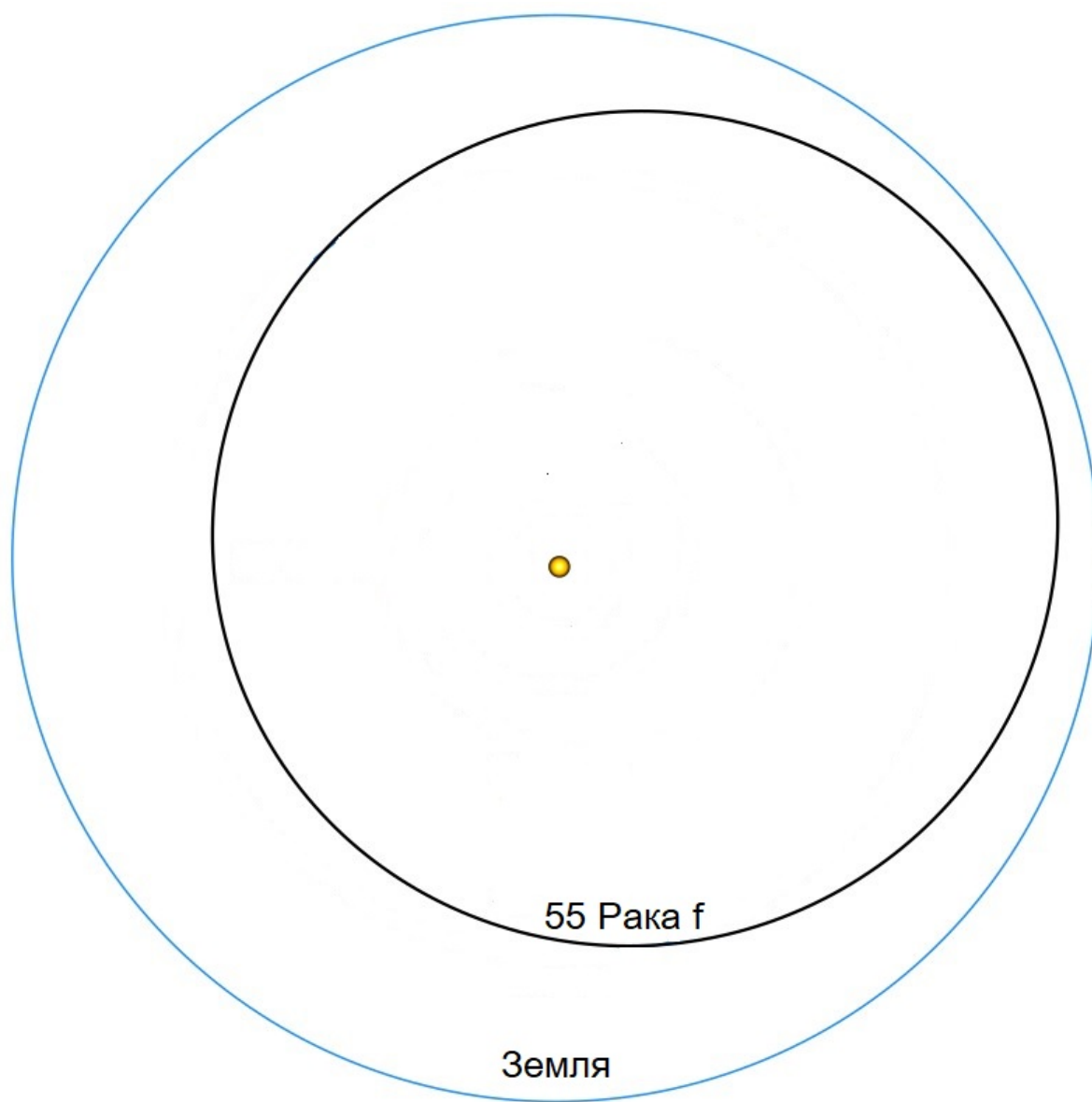
Игнатьев В.Б., Кузнецов М.В.

Рис. 3: К задаче «Экзопланетная система 55 Рака». Сравнительная схема внутренней части Солнечной системы и системы 55 Рака

Перед вами изображение в одном масштабе внутренней части Солнечной системы и экзопланетной системы 55 Рака. Найдите минимальное расстояние до местной звезды в а.е. и максимальное расстояние до местной звезды в а.е. для экзопланеты 55 Рака f.

Измерения и построения проводите на бланке для решений с картой или гра-

фиком, и сдайте его вместе с работой.

Решение.

Для определения расстояний до экзопланеты 55 Рака f в астрономических единицах используем масштаб изображения. На схеме показаны орбиты планет Солнечной системы с известными расстояниями в а.е., что позволяет определить масштаб.

А. Определим масштаб изображения по известным расстояниям в Солнечной системе:

Орбита Земли = 1 а.е. Измеряем радиус орбиты Земли на схеме: $d_{Earth} = 72$ мм
Масштаб: $a = \frac{72}{1} = 72 \frac{\text{мм}}{\text{а.е.}}$.

В. Измеряем параметры орбиты экзопланеты 55 Рака f. Для этого необходимо точно определить точки минимального и максимального расстояния орбиты планеты 55 Рака f. Численные значения учеников могут отличаться от приведенных автором, так как устройства печати различны. Но на итоговый ответ это не повлияет, его можно засчитывать в пределах 5% значений расстояний.

Минимальное расстояние до звезды: $a_{min} = 44$ мм
Максимальное расстояние до звезды: $a_{max} = 67$ мм

Переводим измеренные расстояния в астрономические единицы:

- $a_{min} = \frac{44}{72} = 0.61$ а.е.
- $a_{max} = \frac{67}{72} = 0.93$ а.е.

Ответ. Минимальное расстояние до звезды для экзопланеты 55 Рака f составляет 0.61 а.е., максимальное расстояние составляет 0.94 а.е.

Критерии оценивания.

20

Верное определение масштаба изображения.....	5
Правильное измерение минимального расстояния.....	5
Измерения минимального расстояния проведены	2
Минимальное расстояние посчитано	3
Правильное измерение максимального расстояния.....	5
Измерения максимального расстояния проведены	2
Максимальное расстояние посчитано.....	3
Верный перевод измерений в астрономические единицы.....	5

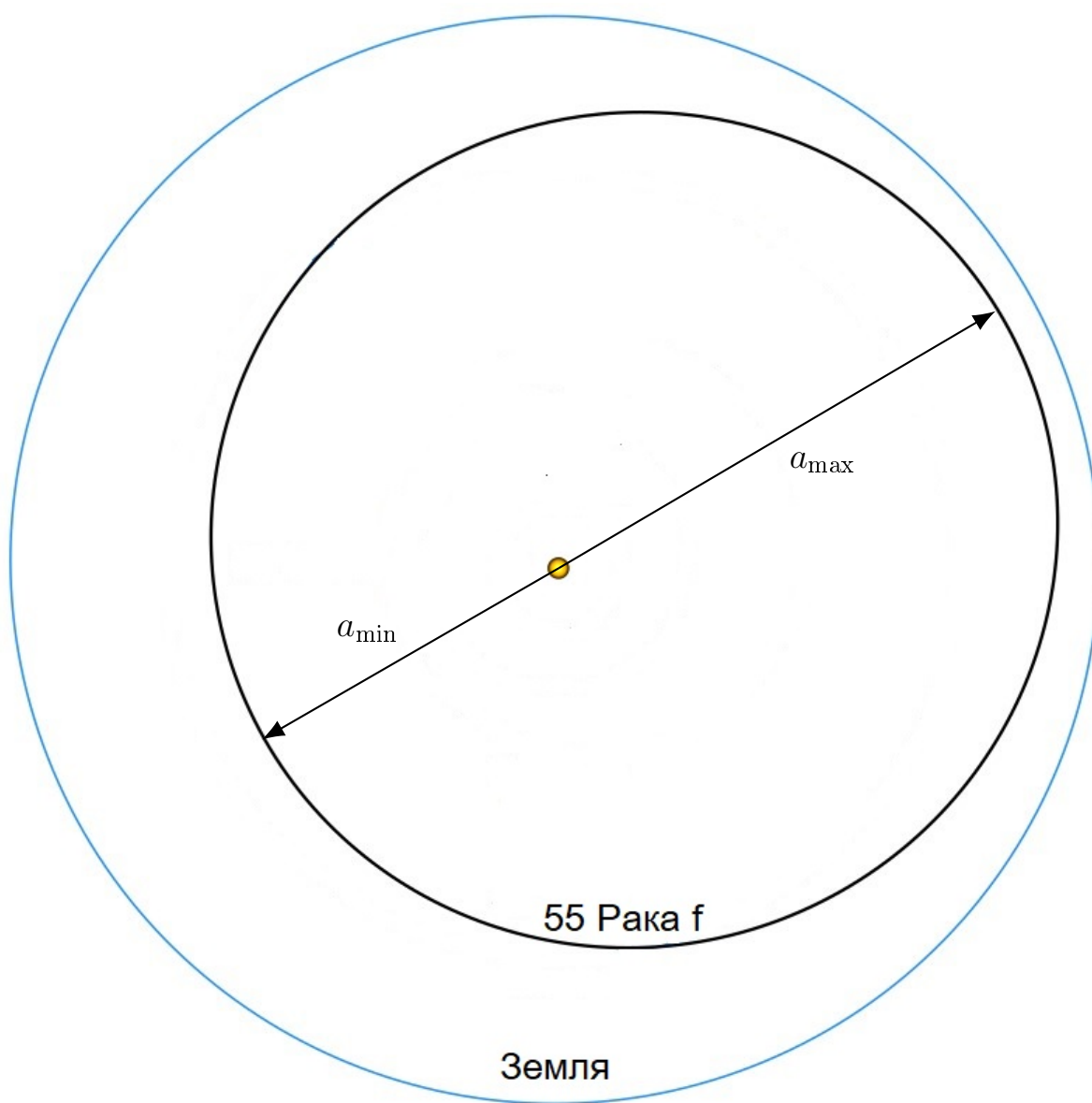


Рис. 4: Сравнительная схема с проведёнными измерениями