

### 1. Астрономическая карусель

8 баллов

Расположите астрономические явления по увеличению частоты их наблюдения для наблюдателей на Земле. (от более редких до более частых). Ответ обоснуйте.

- A. Солнечные затмения (любые - кольцеобразные, полные, частные)
- B. Кульминации звезды Вега
- C. Новолуния
- D. Вспышки сверхновых звезд в нашей Галактике.

#### Решение.

Рассмотрим подробно каждое из четырех утверждений.

- A. Солнечные затмения (любые - кольцеобразные, полные, частные)  
Солнечные затмения случаются группами с интервалом внутри группы в  $T = 29.5$  дней и между группами чуть менее полугода. Что можно увидеть по любому календарю наблюдателя. Например в "Астрономическом календаре для школьника на 2024/2025 учебный год".
- B. Кульминации звезды Вега  
Кульминаций одной и той же звезды в течении суток случается две. Верхняя и нижняя кульминация разделены половиной звездных суток  $\approx 12$  часов
- C. Новолуния  
Новолуние это фаза Луны, следовательно она повторяется с периодом  $T = 29.5$  дней. Т. е. раз в 29.5 дней
- D. Вспышки сверхновых звезд в нашей Галактике  
Вспышки сверхновых в нашей Галактике по предположению астрофизиков происходят раз в 100 лет.

Следовательно правильный порядок: 1 - Вспышки сверхновых в нашей Галактике. 2 - Солнечные затмения, 3 - Новолуние, 4 - Кульминации звезды Вега.

---

Но также возможен менее правильный ответ, связанный с тем что повторение затмений происходит с двумя разными циклами: 1 - Вспышки сверхновых в нашей Галактике. 2 - Новолуние, 3 - Солнечные затмения, 4 - Кульминации звезды Вега.

**Ответ.** D, C, A, B и менее точное D, A, C, B.

**Критерии оценивания.**

8

Правильный порядок D, C, A, B с обоснованием..... 5

Если обоснования нет для ответа D, C, A, B..... -2

Дополнительно указан вариант D, A, C, B с обоснованием..... 3

Если обоснования нет для ответа D, A, C, B..... -1

## 2. Астрономические объекты

8 баллов

Сопоставьте два списка. В одном приведены астрономические объекты, в другой колонке показано в каких единицах вы должны выразить размеры (диаметры) этих объектов. Подтвердите свой выбор расчетами, в ответе нарисуйте табличку, такую же как в условии, только с указанными размерами объектов в нужных единицах.

Объект	Размеры в
Солнце	в а.е.
Уран	в радиусах Земли
Планетарная туманность Кольцо	В световых годах
Нейтронная звезда	В радиусах Луны

Радиус туманности Кольцо принять  $R_k = 47500$  а.е. Типичный радиус нейтронной звезды взять  $R_{NS} = 10$  км. Диаметр окружности равен двум радиусам окружности.

**Решение.**

Солнце: имеет диаметр  $D_{\odot} = 2R_{\odot} = 2 \cdot 697000 = 1.394 \cdot 10^6$  км,  $1a.e. = 1.496 \cdot 10^8$  км:

$$D_{\odot} = \frac{2R_{\odot}}{1a.e.} = \frac{1.394 \cdot 10^6}{1.496 \cdot 10^8} \approx 0.00932$$

Радиус Урана из справочных данных  $R_{\text{Урана}} = 25559$  км, радиус Земли  $R_{\oplus} = 6378$  км, следовательно:

$$D_{\text{Урана}} = \frac{2R_{\text{Урана}}}{R_{\oplus}} = \frac{2 \cdot 25559}{6378} \approx 8$$

Планетарная туманность Кольцо М27 ( $R_{M27} = 47500$  а.е.):

$$D_{M27} = 2 \cdot 47500 \cdot 1.5 \cdot 10^8 \text{ км} = \frac{2 \cdot 47500 \cdot 1.5 \cdot 10^8}{365.25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 3 \cdot 10^5} \approx 1.5 \text{ св.года}$$

Диаметр нейтронной звезды составляет  $R_{NS} = 10$  км, следовательно в радиусах Луны это будет:

$$D_{NS} = \frac{2R_{NS}}{R_{\oplus}} = \frac{2 \cdot 10}{1731} \approx 0.0116$$

**Ответ.** 1: Диаметр Солнца составляет 0.00932, 2. Диаметр Урана в радиусах Земли 8, 3 Диаметр планетарной туманности М27 в световых годах 1.5 4. Диаметр нейтронной звезды в радиусах Луны 0.0116.

**Критерии оценивания.****8**

Верно найден размер Солнца в а.е.....2

Верно найден размер Урана в радиусах Земли.....2

Верно найден размер планетарной туманности М27 в световых годах.....2

Верно найден размер Нейтронной звезды в радиусах Луны ..... 2

### 3. Трижды в космосе

16 баллов

Космонавт Леонид Денисович Кизим (05.08.1941-14.06.2010), за время работы побывал трижды в космосе. К каждому из полетов выпускали специальные почтовые марки, две из которых представлены ниже. Последний его полет на Союзе Т-15 и станции "МИР" продолжался с 13 марта по 16 июля 1986 года. Определите:

- А. Количество дней, которое он провел в космосе за первый полет.
- В. Количество дней, которое он провел в космосе за второй полет.
- С. Количество дней, которое он провел в космосе за все полеты.

В решении учитывать все даты, в течении которых он был в космосе.

Рис. 1: Первый полет



**Решение.** Вспомним, сколько дней и в каком месяце, а так же что существуют високосные годы::

- А. Январь - 31
- В. Февраль в обычном году - 28
- С. Февраль в високосном году - 29
- Д. Март - 31

Рис. 2: Второй полет



Е. Апрель - 30

Ф. Май - 31

Г. Июнь - 30

Н. Июль - 31

И. Август - 31

Ж. Сентябрь - 30

К. Октябрь - 31

Л. Ноябрь - 30

М. Декабрь - 31

Определим продолжительность первого полета, если внимательно посмотреть на марку, то там указаны даты. Он продолжался с 27 ноября по 10 декабря 1980 г на корабле "Союз Т-3" и станции "Салют-6". Полное время первого полета:

$$\tau_1 = (30 - 27) + 10 + 1 = 14 \text{ дней}$$

1 необходимо добавить, так как текущий день тоже необходимо учитывать в подсчете.

Теперь определим продолжительность второго полета, если внимательно посмотреть на марку, то там указаны даты. Он продолжался с 08 февраля по 02

октября 1984 г на корабле "Союз Т-11" и станции "Салют-7". Не забудем, что 1984 год был високосным! Полное время второго полета:

$$\tau_2 = (29 - 08) + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 31 + 30 + 2 + 1 = 238 \text{ дней}$$

1 необходимо добавить, так как текущий день тоже необходимо учитывать в подсчете. Теперь определим продолжительность третьего полета. Он продолжался с 13 марта по 16 июля 1986 года. на корабле "Союз Т-15" и станции "МИР". Полное время третьего полета составит:

$$\tau_3 = (31 - 13) + 30 + 31 + 30 + 16 + 1 = 126 \text{ дней}$$

1 необходимо добавить, так как текущий день тоже необходимо учитывать в подсчете. Теперь найдем полное число дней:

$$t = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = 14 + 238 + 126 = 378 \text{ дней}$$

**Ответ.** А - В первый полет космонавт провел в космосе 14 дней, В - во втором полете он провел 238 дней, С - в сумме он провел 378 дней в космосе.

### Критерии оценивания.

**16**

Определение верного времени первого полета.....	4
Верно сняты даты с изображения марки.....	2
Верно определена продолжительность полета.....	2
Определение верного времени второго полета.....	4
Верно подсчитано, но не учтен високосный год.....	1
Верно подсчитано, учтен високосный год.....	4
Верно сняты даты с изображения марки.....	2
Верно определена продолжительность полета.....	2
Определение верного времени третьего полета.....	4
Нахождение полного времени в космосе.....	4
Верно подсчитано, без учета високосного 1984 года.....	1
Верно подсчитано, учтен високосный год.....	4

#### 4. Верхняя кульминация

16 баллов

В Долгопрудном  $\varphi = 56^\circ$  с.ш. звезда наблюдалась в момент верхней кульминации на высоте  $h = 65^\circ$ .

- А. Определите склонение этой звезды.
- В. В каком небесном полушарии она находится?
- С. Является ли эта звезда заходящей в Долгопрудном?

**Решение.** Так как не сказано с какой стороны от зенита наблюдается верхняя кульминация, то необходимо рассматривать два решения - к югу и к северу от зенита. Возьмем случай к югу от зенита. Тогда:

$$\varphi > \delta_1$$

Следовательно:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta_1 \rightarrow \delta_1 = h + \varphi - 90^\circ = 65^\circ + 56^\circ - 90^\circ = 31^\circ$$

Значение склонение положительное, следовательно объект находится в северном полушарии неба. Проверим заходит или нет звезда за горизонт в Долгопрудном. Для этого найдем значение нижней кульминации:

$$h = \varphi - 90^\circ + \delta_1 = 56^\circ - 90^\circ + 31^\circ = -3^\circ$$

Следовательно звезда заходит за горизонт. Теперь рассмотрим случай верхней кульминации к северу от зенита.

$$\varphi < \delta_2$$

$$h = 90^\circ + \varphi - \delta_2 \rightarrow \delta_2 = 90^\circ + \varphi - h = 90^\circ + 56^\circ - 65^\circ = 81^\circ$$

Значение склонение положительное, следовательно объект находится в северном полушарии неба. Проверим заходит или нет звезда за горизонт в Долгопрудном. Для этого найдем значение нижней кульминации:

$$h = \varphi - 90^\circ + \delta_2 = 56^\circ - 90^\circ + 81^\circ = 47^\circ$$

Следовательно звезда не заходит за горизонт и является незаходящей.

**Ответ.** Случай 1  $\varphi > \delta_1 \delta_1 = 31^\circ$ , звезда принадлежит северному небесному полушарию и является заходящей, Случай 2  $\varphi < \delta_2 \delta_2 = 81^\circ$  звезда принадлежит северному небесному полушарию и является незаходящей.

### Критерии оценивания.

16

Случай верхней кульминации к югу от зенита .....	8
Найдено верно значение склонения .....	4
Обосновано и верно определено что звезда заходящая .....	3
Обосновано и верно определено северное небесное полушарие .....	1
Случай верхней кульминации к северу от зенита .....	8
Найдено верно значение склонения .....	4
Обосновано и верно определено что звезда незаходящая .....	3
Обосновано и верно определено северное небесное полушарие .....	1

## 5. Солнце – $\tau$ Кита

16 баллов

Два звездолета одновременно отправились навстречу друг другу из солнечной системы и системы  $\tau$  Кита, расположенной в 12 световых годах. Из Солнечной системы звездолет вылетел со скоростью  $\frac{3}{4}$  скорости света с грузом техники и аппаратуры. Навстречу ему из системы  $\tau$  Кита со скоростью  $\frac{1}{3}$  скорости света вылетел звездолет груженный полезными ископаемыми. При встрече они отправили сигналы в точки отправления. Определите

- Сколько времени летели звездолеты до момента встречи?
- Через какое время после старта кораблей будет получен сигнал о встрече в Солнечной системе и системе  $\tau$  Кита?
- Какова будет разница во времени между прилетом звездолета в Солнечной системе и системе  $\tau$  Кита, и получением сигнала о встрече звездолетов?

Релятивистскими эффектами пренебречь.



**Решение.**

Будем решать задачу не в системе СИ. Расстояние будем измерять световыми годами, время – земными годами, скорость – в долях от скорости света. Определим время необходимое для встречи звездолетов, если весь путь, который они должны пройти  $L = 12$  световых лет:

$$L = V_1 t + V_2 t = (V_1 + V_2) t = c \cdot 12 \rightarrow t = \frac{12c}{\frac{3c}{4} + \frac{c}{3}} = \frac{12 \cdot 12}{9 + 4} = 11.08 \text{ года}$$

Найдем на каком расстоянии в световых года от Солнца произошла встреча звездолетов:

$$V_1 t = \frac{3}{4} c \cdot 11.08 = 8.31 \text{ св. года}$$

Следовательно сигналу, который движется со скоростью света, потребовалось, чтобы дойти до Солнца от точки встречи -  $t_{s1} = 8.31$  года. Вычислим полное время с момента запуска корабля до получения сигнала:

$$t_{\odot} = t + t_{s1} = 11.08 + 8.31 = 19.39 \text{ года}$$

Расстояние от  $\tau$  Кита до места встречи составило:

$$V_2 t = \frac{1}{3} c \cdot 11.08 = 3.69 \text{ св. года}$$

Следовательно сигналу, который движется со скоростью света, потребовалось, чтобы дойти до  $\tau$  Кита от точки встречи -  $t_{s2} = 3.69$  года. Полное время с момента запуска корабля до получения сигнала составило:

$$t_{\odot} = t + t_{s1} = 11.08 + 3.69 = 14.77 \text{ года}$$

Чтобы ответить на последний вопрос задачи, нужно посчитать полное время полета звездолетов от одной системы до другой. Полное время полета корабля из Солнечной системы в систему  $\tau$  Кита составит:

$$t_{k1} = \frac{ct}{\frac{3c}{4}} = \frac{12}{\frac{3}{4}} = 16 \text{ лет}$$

А разница между приходом сигнала о встрече кораблей и корабля из Солнечной системы составит:

$$\tau_{\tau\text{Кита}} = t_{k1} - t_{\odot} = 16 - 14.77 = 1.33 \text{ года}$$

Сигнал обгонит прилетающий корабль из Солнечной системы в системе  $\tau$  Кита на: 1.33 года

$$\tau_{\tau\text{Кита}} = 1.33 \text{ года}$$

Время полета звездолета из системы  $\tau$  Кита до солнечной системы составляет:

$$t_{k2} = \frac{ct}{\frac{c}{3}} = \frac{12}{\frac{1}{3}} = 36 \text{ лет}$$

А разница между приходом сигнала о встрече кораблей и корабля с  $\tau$  Кита в Солнечной системе составит:

$$\tau_{\tau\text{Кита}} = t_{k2} - t_{\odot} = 36 - 19.39 = 16.61 \text{ года}$$

Сигнал обгонит прилетающий корабль из  $\tau$  Кита в Солнечную систему на: 16.61 года

**Ответ.** До момента встречи звездолеты летели  $t = 11.08$  года, сигналы о встрече будут получены в Солнечной системе  $t_{s1} = 8.31$  года, в системе  $\tau$  Кита  $t_{s2} = 3.69$  года, разница между временем прилета корабля с  $\tau$  Кита и получением сигнала о встрече  $\tau_{\tau\text{Кита}} = t_{k2} - t_{\odot} = 36 - 19.39 = 16.61$  года, разница между временем прилета корабля из Солнечной системы и получением сигнала о встрече  $\tau_{\tau\text{Кита}} = t_{k1} - t_{\odot} = 16 - 14.77 = 1.33$  года

### Критерии оценивания.

16

- Найдено время до встречи..... 2  
 Найдено время от старта до получения сигнала о встрече в Солнечной системе 3  
 Найдено время от старта до получения сигнала о встрече в системе  $\tau$  Кита .. 3  
 Найдена разница между прилетом с  $\tau$  Кита и сигнале о встрече ..... 4  
 Найдена разница между прилетом из Солнечной системы и сигнале о встрече 4

## 6. Сверхновая 1572 г.

16 баллов

Рис. 3: Аверс монеты



Рис. 4: Реверс монеты



Эта монета выпущена в 2013 г в Дании в память об открытии сверхновой звезды, вспыхнувшей на небе Земли в 1572 г. Находящийся на расстоянии около 2300 пк остаток сверхновой имеет диаметр почти 6.14 пк. Ответьте на следующие вопросы:

- А. Кто открыл сверхновую 1572 г?
- В. В каком созвездии вспыхнула сверхновая 1572 г.?

- С. Каков ее угловой размер в наше время?
- Д. За какое время свет проходит расстояние от взорвавшейся звезды до Земли?
- Е. За какое время свет пересекает диаметр остатка звезды?

**Решение.** Ответим последовательно на вопросы задачи:

- А. Сверхновую 1572 г. открыл Тихо Браге. Его имя есть на монете.
- В. Сверхновая 1572 вспыхнула в созвездии Кассиопеи, которое так же изображено на монете.
- С. Угловой размер остатка сверхновой равен  $\theta = \frac{6.14}{2300} 206265 - 550 - 9.18'$
- Д. Звезда находится на расстоянии  $2300 \text{ пк} = 7498 \text{ св. лет}$  (в 1 пк 3.26 светового года). Значит свет доходит за 7498 лет.
- Е. Диаметр остатка  $6.14 \text{ пк} = 20 \text{ св. лет}$ . Следовательно свет пересекает остаток за 20 лет.

**Ответ.** А - Тихо Браге, В - созвездие Кассиопеи, С -  $\theta = 9.18'$ , Д - 7498 лет, Е - 20 лет.

**Критерии оценивания.**

**16**

Правильно определен Тихо Браге .....	2
Правильно определено созвездие Кассиопеи .....	2
Найден угловой размер $\theta = 9.18'$ .....	4
Найдено время дохода света 7498 лет.....	4
Найдено время пересечения остатка сверхновой .....	4

## 7. Внутренняя и внешняя планеты

20 баллов

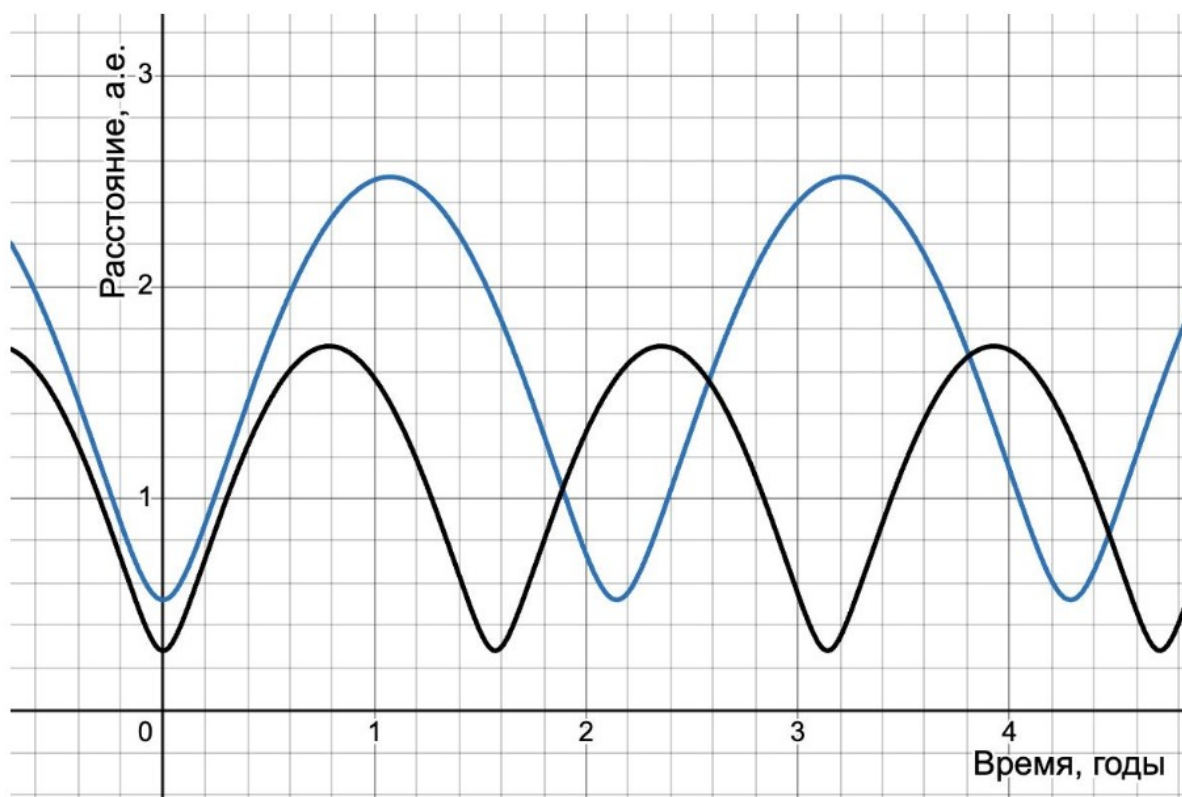
Астрономы провели измерения расстояния между двумя планетами и Землей. Для внутренней и внешней планеты по отдельности были построены графики зависимости расстояния от Земли до планеты от времени.

А. Найдите минимальное и максимальное расстояние от Земли для каждого тела.

В. Определите, что это за тела Солнечной системы.

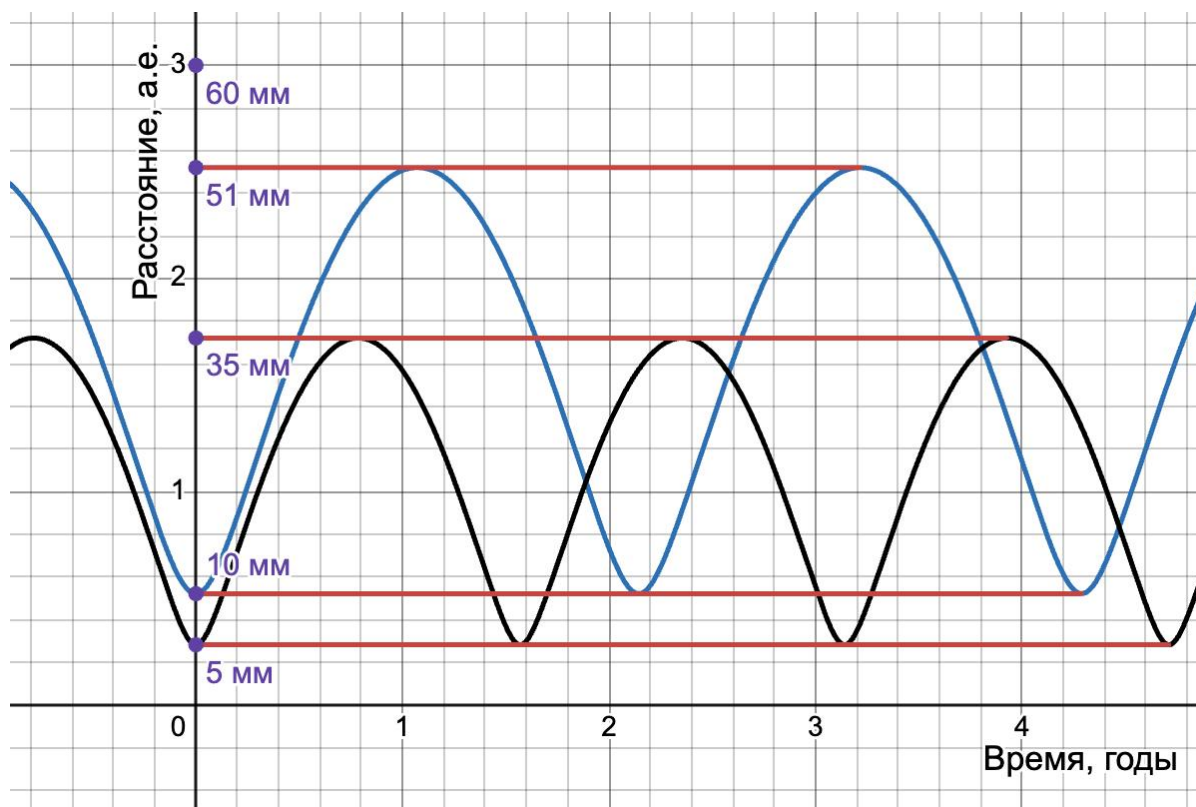
Орбиты всех тел круговые и находятся в одной плоскости. Измерения и построения проводите на бланке для решений с картой или графиком, и сдайте его вместе с работой.

Рис. 5: график расстояний между планетами и Землей



**Решение.** На графике представлено расстояние от планеты до Земли. Снимем расстояния и определим их в моменты наибольшего и наименьшего значений. Для этого проведем через все максимумы и минимумы отрезки до осей расстояний, и измерим масштаб, и расстояния на графике. Масштаб - А удобнее всего определить из самого дальнего маркированного расстояния по оси от начала координат.

Рис. 6: Снятие точек с графика



Точность будет наиболее высокой.

$$A = \frac{60}{3} = 20 \frac{\text{мм}}{\text{а.е.}}$$

Определим значения минимальных и максимальных расстояний

Расстояние	Меньший график	Большой график
Макс. расстояние в мм	35 мм	51 мм
Макс. расстояние в а.е.	$\frac{35}{20} = 1.75$ а.е.	$\frac{51}{20} = 2.55$ а.е.
Мин. расстояние в мм	5 мм	10 мм
Мин. расстояние в а.е.	$\frac{5}{20} = 0.25$ а.е.	$\frac{10}{20} = 0.5$ а.е.

Для большего графика они составят:

$$\Delta_{1min} = 0.5 \text{ а.е.}, \Delta_{1max} = 2.55 \text{ а.е.}$$

Так как максимальное расстояние больше 2 а.е. следовательно планета внешняя. Причем ее вращение прямое, так как вид графиков повторяется с периодом более года.

$$\Delta_{1min} = a_{\text{Планеты}} - a_{\oplus} = 0.5 \text{ а.е.}, \Delta_{1max} = a_{\text{Планеты}} + a_{\oplus} = 2.55 \text{ а.е.}$$

$$a_{\text{Планеты}} = \frac{\Delta_{1max} + \Delta_{1min}}{2} = \frac{2.52 + 0.52}{2} = 1.52 \text{ а.е.}$$

Значит радиус орбиты планеты составил  $a_{\text{Планеты}} = 1.52$  а.е. - эта планета Марс.

Для меньшего графика они составят:

$$\Delta_{2min} = 0.25 \text{ а.е.}, \Delta_{2max} = 1.75 \text{ а.е.}$$

Так как максимальное расстояние меньше 2 а.е. следовательно планета внутренняя. Причем ее вращение прямое, так как вид графиков повторяется с периодом более года.

$$\Delta_{2min} = a_{\oplus} - a_{\text{Планеты}} = 0.25 \text{ а.е.}, \Delta_{2max} = a_{\text{Планеты}} + a_{\oplus} = 1.75 \text{ а.е.}$$

$$a_{\text{Планеты}} = \frac{\Delta_{2max} - \Delta_{2min}}{2} = \frac{1.75 - 0.25}{2} = 0.75 \text{ а.е.}$$

Значит радиус орбиты планеты составил  $a_{\text{Планеты}} = 0.75$  а.е. - это планета Венера.

Значения и измерения проведенные на бланках могут отличаться от авторских. Но значения радиусов орбит должны получиться схожими с авторскими.

**Ответ.** А. Внутренняя планет  $\Delta_{2min} = 0.25$  а.е.,  $\Delta_{2max} = 1.75$  а.е. и внешняя -  $\Delta_{1min} = 0.5$  а.е.,  $\Delta_{1max} = 2.55$  а.е. В. Внутренняя планета - Венера, внешняя - Марс.

### Критерии оценивания.

20

Сделан и обоснован вывод, что больший график - внешняя планета .....	2
Сделан и обоснован вывод, что меньший график - внутренняя планета .....	2
Определена большая полуось внешней планеты .....	2
Определена большая полуось внутренней планеты .....	2
Сняты точки и определено мин. р-ие от внешней планеты до Земли .....	2
Сняты точки и определено макс. р-ие от внешней планеты до Земли .....	2
Сняты точки и определено мин. р-ие от внутренней планеты до Земли .....	2
Сняты точки и определено макс. р-ие от внутренней планеты до Земли .....	2
Определено и обосновано, что внешняя планета - Марс .....	2
Определено и обосновано, что внутренняя планета - Венера .....	2