**Всероссийская олимпиада школьников по физике 2026-2027 уч. год**
**Муниципальный этап**
**10 класс**

***Время выполнения –***
***3 астрономических часа***

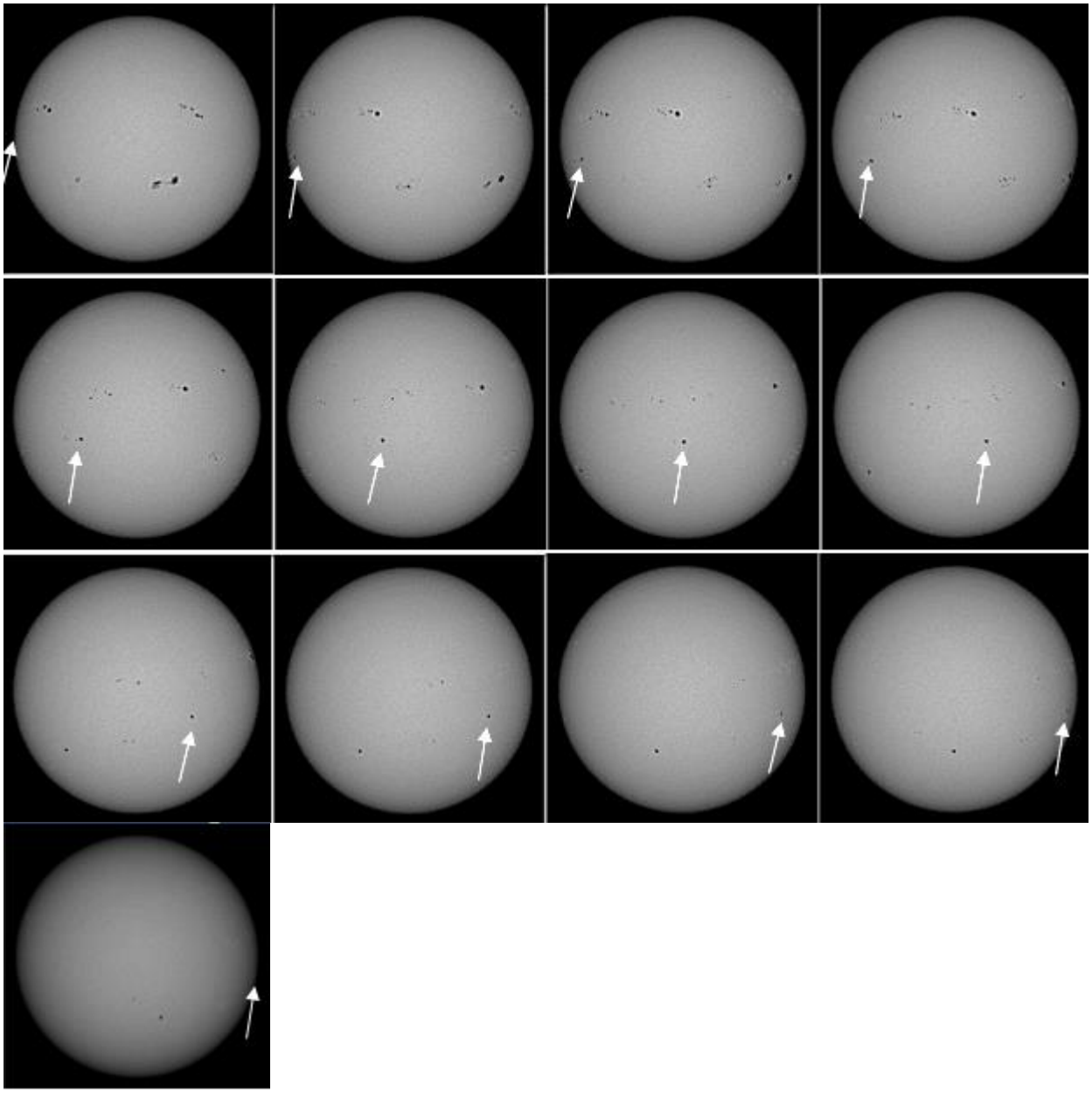
**1.**Запишите длительности событий, расставьте в порядке увеличения:
1) длительность цикла солнечной активности
2) период обращения Земли вокруг Солнца
3) период обращения Нептуна вокруг Солнца
4) осевой период вращения Сатурна
5) время между последовательными противостояниями Урана
6) возраст Солнца
7) время, за которое свет долетает от Солнца до Нептуна
8) средняя продолжительность жизни человека.

***Решение:*** 1) 11 лет; 2) 1 год; 3) 164,79 лет; 4) 10,7 час; 5) 369,7 лет; 6) 4,6 млрд. лет; 7) 4,2 часа; 8) 73 года.

В порядке увеличения: 74218356.

**Критерии:** по 0,5 балла за каждый правильный ответ (допускается погрешность), 4 балла за правильно приведенную последовательность. Всего за задачу 8 баллов.

**2**. По фотографиям фотосферы Солнца, полученным 14-26 июля 2022 в одно и то же время суток (23:52) инструментом HMI на борту спутника SDO, проследите за перемещением группы пятен или пятна (белой стрелкой обозначены на каждом рисунке). Определите период вращения (в сутках) и скорость движения точки на поверхности Солнца вблизи экватора (в км/с), считая, что солнечные пятна неподвижны относительно поверхности Солнца.



***Решение:***

По фото: с 14.07 по 20.07 пятно вблизи экватора переместилось на четверть окружности (т. е. 4·6 суток = 24 суток), а примерно с 14.07 по 26.07 — на половину длины экватора (т. е. 2·12 суток = 24 суток).

$l = 2 \cdot \pi \cdot r$, где $r$ - радиус Солнца

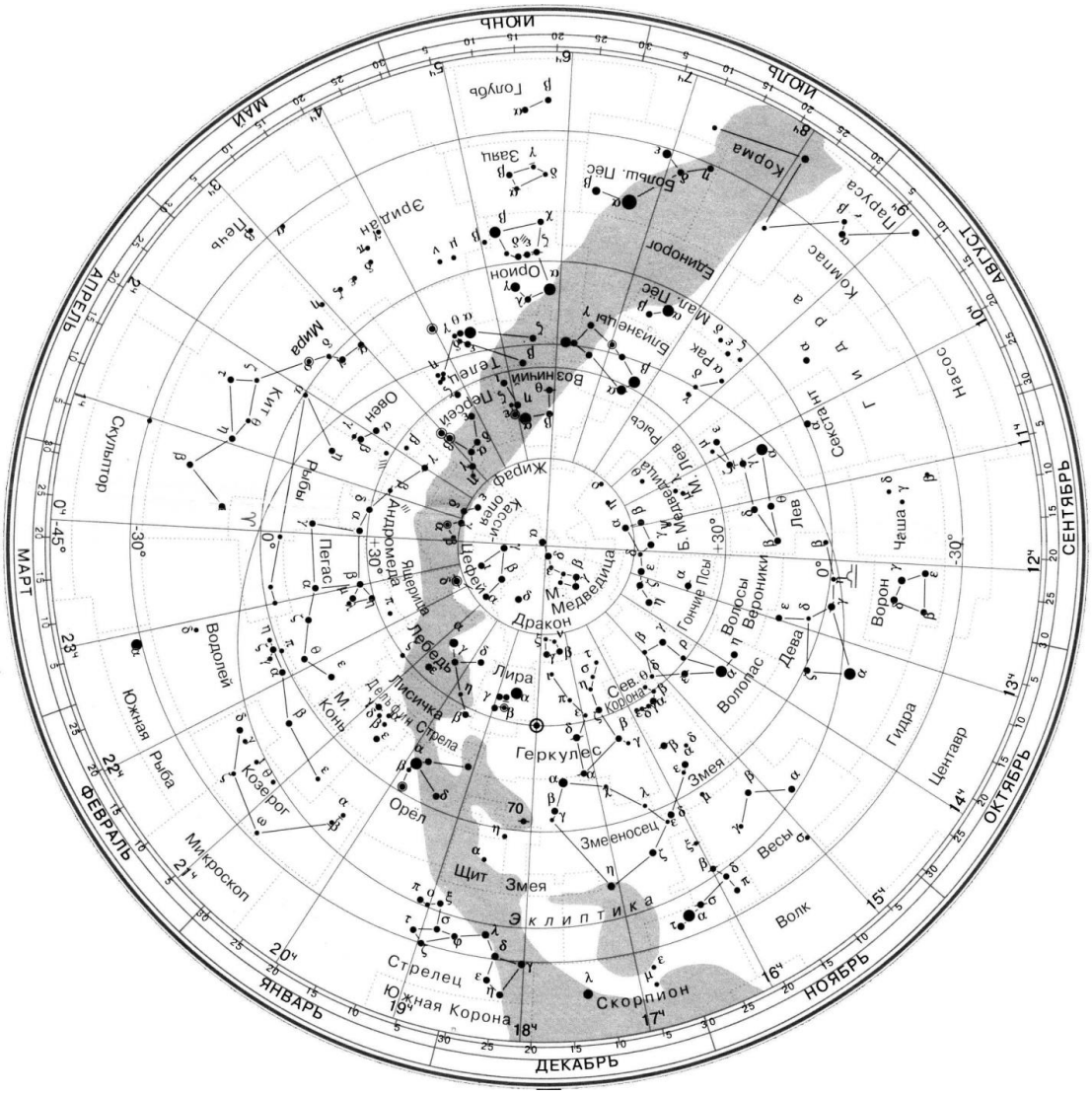
$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 697000\text{км}}{24\text{сут}} \approx 182000 \frac{\text{км}}{\text{сут}} \approx 2{,}1 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

***Критерии оценивания***

Определение периода вращения (в сутках!) − 4 балла.

Нахождение скорости движения точки на поверхности Солнца вблизи экватора (в км/с!) − 4 балла.

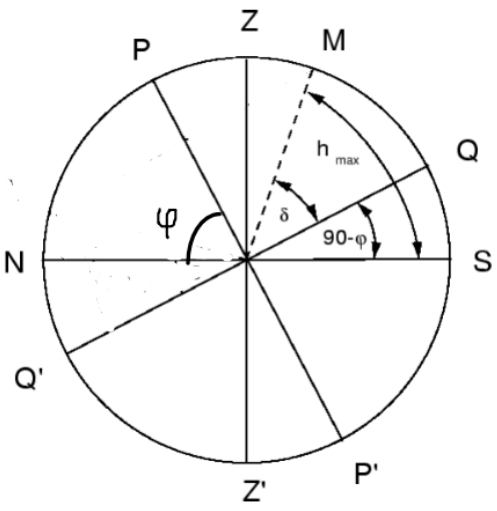
**3.** Вычислите высоту Солнца над горизонтом в верхней кульминации 22 октября на географической широте 46°. Поясните своё решение рисунком. Определите, к какой день (дата) в полдень на этой широте Солнце будет находиться на такой же высоте. Используйте карту звездного неба.




***Решение:***

По КЗН определим склонение Солнца на 22 октября: δ = -11° (±1°)
Согласно построению:

h = 90°- φ + δ = 90° - 46°- 11° = 33°



Такая же высота Солнца в полдень будет на дату с таким же склонением, -11°. Используя КЗН, определим: 20 февраля.

***Критерии оценивания***

Определено склонение Солнца на 22 октября – 2 балла.

Сделан рисунок, связывающий склонение, высоту Солнца в верхней кульминации и широту места наблюдения – 2 балла (если только формула без рисунка, то ставить 1 балл).

Найдена высота Солнца над горизонтом – 2 балла.

Правильно указана другая дата с таким же склонением – 2 балла.

**4.** Комета 4P/Фая имеет вытянутую орбиту, её перигелийное расстояние равно $q$ = 1,67 а.е, а период обращения вокруг Солнца равен T = 7,55 лет. Орбиты каких больших планет пересекает орбита этой кометы? Период обращения и большая полуось Земли равны соответственно $T_\oplus$ = 1 год и $a_\oplus$ = 1 а.е. Считать, что орбита кометы лежит в плоскости обращения планет вокруг Солнца.

***Решение:***

Орбиты планет Меркурий, Венера, Земля и Марс данная комета пересекать не может, т.к. её перигелийное расстояние q = 1,67 а.е и оно превышает значения больших полуосей перечисленных планет (см. справочные данные). Необходимо определить афелийное расстояние кометы Q.

Т.к. $2a$ = Q + q, то Q = $2a$ - q

По III закону Кеплера $\frac{T^2}{T_\oplus^2} = \frac{a^3}{a_\oplus^3}$ или $a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{7{,}55^2}$ а. е. ≈ 3,85 а. е.

Q = 2·3,85 а.е. – 1,67 а.е. ≈ 6 а.е.

Для Юпитера $a_ю$ = 5,2 а.е (для Сатурна 9,5 а.е), а зн. q ≤ $a_ю$ ≤ Q. Поэтому орбита кометы может пересекаться только с орбитой Юпитера.

***Критерии оценивания***

Понимание способа нахождения ответа через известное перигелийное расстояние (поэтому исключены Меркурий, Венера, Земля и Марс) – 2 балла.

Понимание способа нахождения ответа через известное афелийное расстояние (поэтому исключены все оставшиеся кроме Сатурна) – 2 балла.

Найдена большая полуось орбиты кометы (3 закон Кеплера) – 2 балла.

Найдено афелийное расстояние (из геометрии эллипса) – 2 балла.

**5.** 28 ноября 2022 г. на гелиоцентрическую орбиту выведен телескоп. Радиус орбиты отличается от размера большой полуоси орбиты Земли на 20%. Определите ближайшую дату, когда Земля и космический телескоп

опять окажутся в такой же конфигурации, если орбиты круговые и лежат в одной плоскости. Ответ запишите в виде число-месяц-год. Допускается погрешность до 7 дней.

***Решение:***

Определим период обращения космического аппарата (КА) вокруг Солнца. Возможно два варианта – орбита КА на 20% больше или на 20% меньше, чем у Земли. В первом случае КА движется по орбите с большой полуосью a = 1. 2 а.е., во втором случае a = 0. 8 а.е. Период обращения КА вокруг Солнца связан с размером большой полуоси через 3-й закон Кеплера: $\left(\frac{a}{a_\oplus}\right)^3 = \left(\frac{T}{T_\oplus}\right)^2$, , где в знаменателях стоят величины большой полуоси и периода обращения Земли. Тогда в первом случае $T_{КА} = \sqrt{1{,}2^3} \approx 1{,}31$ год, во втором случае $T_{КА} = \sqrt{0{,}8^3} \approx 0{,}72$ года.

Найдём период S повторения одинаковых конфигураций (в первом случае – противостояния, во втором – соединения) – синодический период обращения КА. В первом случае это будет формула для внешнего тела: $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_\oplus} - \frac{1}{T_{KA}}$

Во втором случае – формула для $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{KA}} - \frac{1}{T_\oplus}$ внутреннего тела:

Тогда $S_1$ = 4,23 года ≈ 4 года 84 дней. $S_2$=2,57 лет ≈ 2 года 208 дней. Теперь можно ответить на вопрос задачи. Для этого необходимо прибавить к дате 28.11.2022 соответствующее значение S. Это можно сделать разными способами. При требуемой точности в неделю можно не учитывать наличие високосных лет, а также считать в месяце в среднем по 30 дней. Тогда в первом случае ответ: 22-02-2027. Во втором случае ответ: 26-06-2025.

**Критерии:** всего за задачу 8 баллов.

Понимание, что будет 2 случая – орбита больше земной и орбита меньше земной - оценивается в 1 балл (даже если, кроме этого, ничего не сделано).

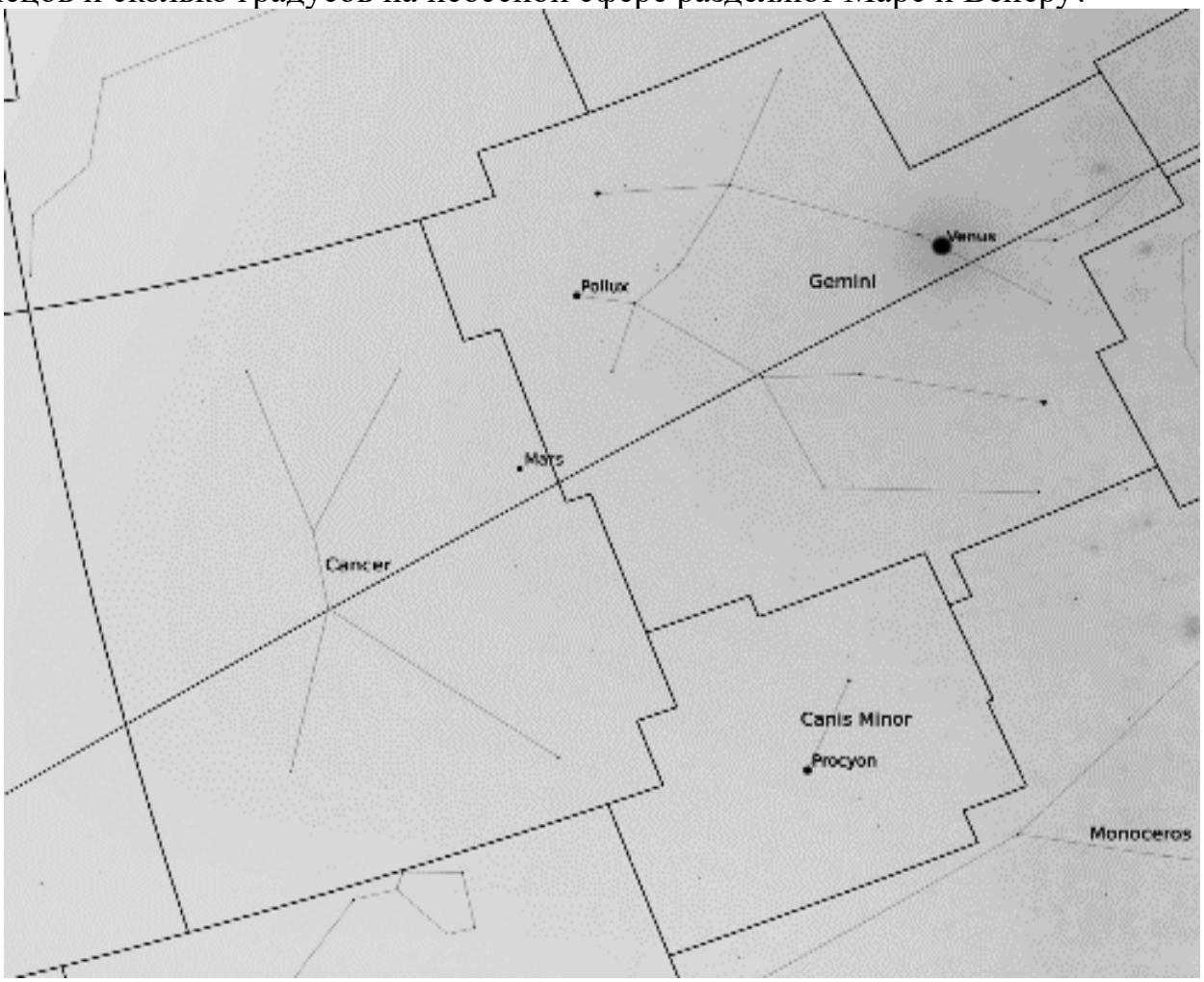
Запись формулы для 3-го закона Кеплера оценивается в 1 балл.

Вычисление периода обращения КА для каждого из случаев оценивается по 1 баллу.

Вычисление синодического периода обращения КА для каждого из случаев оценивается по 1 баллу.

Получение ответа с заданной точностью для каждого из случаев оценивается по 1 баллу.

**6.** Вася сфотографировал участок звёздного неба. Для удобства обрабатывая негатив фотографии, он обозначил на нём два зодиакальных созвездия, Рака и Близнецов, а также провёл линию эклиптики, то есть плоскость орбиты Земли. Из справочника Вася узнал, что линия эклиптики в расположенном слева созвездии Рака занимает 20 градусов. Помогите Васе посчитать, сколько градусов занимает линия эклиптики в созвездии Близнецов и сколько градусов на небесной сфере разделяют Марс и Венеру?



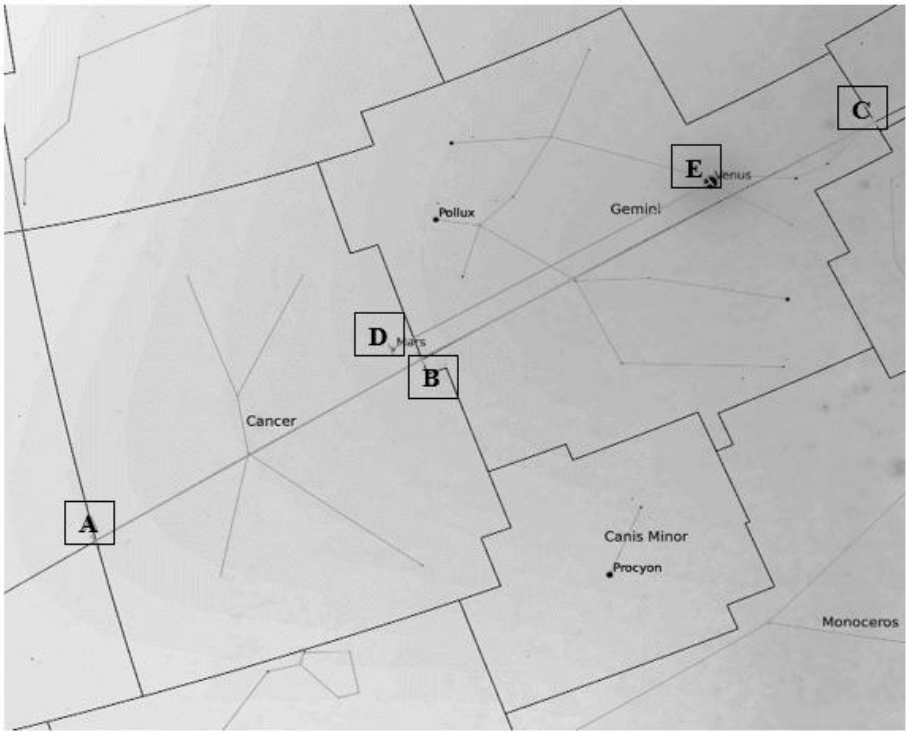

***Решение:***

Для решения данной задачи необходимо измерить линейкой расстояние AB (см. рисунок) и соотнести его с расстояниями BC и DE (см. рисунок). Измерения дают следующие результаты:

Измерения дают следующие результаты: $\frac{BC}{AB} \approx 1{,}36$ и $\frac{DE}{AB} \approx 0{,}97$

Следовательно $BC \approx 1{,}36 \cdot 20^{\circ} \approx 27^{\circ}$, в качестве допустимого диапазона для правильного ответа можно принять $BC \in [25°, 29°]$.

Аналогично $DE \approx 0{,}97 \cdot 20^{\circ} \approx 19{,}4°$, в качестве допустимого диапазона для правильного ответа можно принять $DE \in [18°, 21°]$.




**Рекомендуемые критерии оценивания**

Проведённые измерения расстояний на фото – 2 балла.

Использование принципа пропорциональности – 2 балла.

Получение правильного числового результата для линии эклиптики – 2 балла.

Получение правильного числового результата для углового расстояния между Марсом и Венерой – 2 балла.