

Всероссийская олимпиада школьников

II (муниципальный) этап

Астрономия, 2019 год

9 классы

Критерии проверки

Задача 1 (8 баллов)

Решение:

Из приведённой в условии схемы видно, что в квадратурах планета, Земля и Солнце образуют прямоугольный треугольник, прямой угол в котором совпадает с Землёй. Зная расстояние от Солнца до планеты (гипотенузу треугольника) и расстояние от Солнца до Земли (один из его катетов), можно воспользоваться теоремой Пифагора для отыскания расстояния от Земли до планеты:

$$x = \sqrt{r_{\text{П}}^2 - r_{\text{З}}^2}$$

где x – искомое расстояние, $r_{\text{З}}$ – радиус орбиты Земли, а $r_{\text{П}}$ – радиус орбиты планеты. С учётом того, что из условия Юпитер и Марс находятся в разных квадратурах, расстояние между ними будет алгебраической суммой расстояний от каждой из планет до Земли:

$$x = \sqrt{r_{\text{М}}^2 - r_{\text{З}}^2} + \sqrt{r_{\text{Ю}}^2 - r_{\text{З}}^2}$$

Подставляя табличные данные, получим:

$$x = 6,25 \text{ а. е.}$$

Ответ допустимо давать как в астрономических единицах, так и в миллионах километров.

Критерии оценивания:

Изображена схема конфигурации	2 балла
Применена теорема Пифагора для определения расстояния	3 балла
Получен верный числовой ответ	3 балла
Итого	8 баллов

Задача 2 (8 баллов)

Решение:

Запишем условия задачи в виде системы уравнений:

$$2x + 10y = 3z$$

$$x = 20 \cdot (y + 2500)$$

где R – радиус звезды, r – радиус планеты, а l – расстояние, которое свет проходит за секунду.

Скорость света – табличная величина, а потому имеем систему из двух линейных алгебраических уравнений с двумя неизвестными, решаемую любым корректным способом. Например, последовательно выражая неизвестные величины, получим:

$$40R + 40 \cdot 2500 + 10r = 3l \Rightarrow 50R = 3l - 100\,000 \Rightarrow$$

$$R = (3 \cdot 3 \cdot 10^5 - 10^5) / 50 = 8 \cdot 10^5 / 50 = 16\,000 \text{ км}$$

$$r = 20 \cdot (R + 2500) = 20 \cdot (16\,000 + 2500) = 370\,000 \text{ км}$$

Ответ: 370 000 км - радиус звезды, 16 000 км - радиус планеты

Критерии оценивания:

Составлена правильная система уравнений	4 балла
Использован тот или иной способ решения системы	2 балла
Получены правильные числовые ответы	2 балла
Итого	8 баллов

Задача 3 (8 баллов)

Решение:

В условии задачи указано, что лучи света от Солнца идут параллельно, следовательно, тени объектов соответствуют их реальным масштабам. В таком случае, для отыскания длины мифической черепахи достаточно выяснить, во сколько раз её тень на изображении меньше диаметра Луны (табличное значение). Проведя измерение линейкой, можно определить, что длина тени черепахи примерно в 1,48 раза меньше диаметра Луны. Воспользовавшись табличными данными, получим:

$$r = r_{\text{Луны}} / 1,48 \approx 2350 \text{ км}$$

Критерии оценивания:

Сделан вывод (явно, или из логики решения) о прямом соответствии размеров объектов и их теней	2 балла
Измерен диаметр Луны и размер тени и составлена пропорция для определения размера тени	4 балла
Получен правильный числовой ответ	2 балла
Итого	8 баллов

Задача 4 (8 баллов)

Решение:

Для решения задачи необходимо сопоставить масштабы, приведенные на фотографии с размерами щелей. В качестве эталонного расстояния можно выбрать любое из приведенных (либо размер Деления Кассини либо размер Кольца А). Для примера возьмем размер Деления Кассини, который равен: $117\,580\text{ км} - 122\,200\text{ км} = 4620\text{ км}$. И измеряя линейкой размеры колец, можно получить следующие соотношения:

$$\frac{\text{размер Деления Кассини}}{\text{размер щели Гюйгенса}} \approx 16 \Rightarrow$$

$$\text{размер щели Гюйгенса} = \frac{1}{16} \cdot 4620 \approx 289\text{ км}$$

Аналогичным образом определим размеры остальных щелей:

$$\text{размер щели Энке} \approx 361\text{ км}$$

$$\text{размер щели Килера} \approx 36\text{ км}$$

Таким образом, можно сделать вывод, что ширины щелей Гюйгенса и Энке вполне хватит для совершения маневров, а ширины щели Килера будет совершенно недостаточно!

Критерии оценивания:

Выбор эталонного расстояния и масштабирование картинки	2 балла
Измерения относительных размеров щелей	2 балла
Правильный расчет размеров щелей	2 балла
Вывод о том в какие щели корабль пролетит, а в какие нет	2 балла
Итого	8 баллов

Задача 5 (8 баллов)

Решение:

Для ответа на все вопросы задачи необходимо определить массу звезды. Исходя из того, что ее плотность осталась постоянной, а увеличился только радиус (следовательно и объем) имеем:

$$\frac{\rho_{\text{нов.зем}}}{\rho_{\text{зем}}} = \frac{\rho_{\text{нов.зем}} \frac{4}{3} \rho_{\text{нов.зем}}^2}{\rho_{\text{зем}} \frac{4}{3} \rho_{\text{зем}}^2} = \frac{\rho_{\text{нов.зем}}^3}{\rho_{\text{зем}}^3} = \frac{\rho_{\text{сол}}^3}{\rho_{\text{зем}}^3} \approx 1308441$$

Следовательно: $\rho_{\text{нов.зем}} \approx 7,8 \cdot 10^{30}\text{ кг}$.

Подставляя полученные значения в расчетные формулы для неизвестных параметров “Новой Земли”, получим:

1. Ускорение свободного падения: $\square = \frac{\square_{\text{нов.зем}}^2}{\square_{\text{нов.зем}}^2} \approx 1062 \frac{M}{c^2}$

2. Первая космическая скорость: $\square = \sqrt{\frac{\square_{\text{нов.зем}}^2}{\square_{\text{нов.зем}}}} \approx 862371 \frac{M}{c}$

3. Период обращения Луны вычислим исходя из расширенного третьего закона Кеплера:

$$\square = 2 \square \sqrt{\frac{\square_{\text{луны}}^3}{\square_{\text{нов.зем}}}} \approx 330 c$$

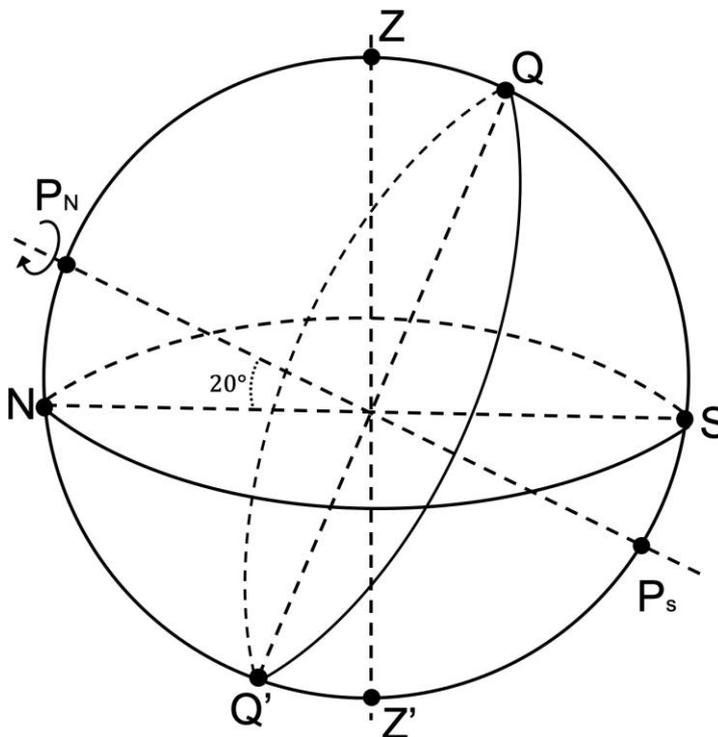
Критерии оценивания:

Определено значение массы “Новой Земли”	2 балла
Определено ускорение свободного падения “Новой Земли”	2 балла
Определена первая космическая скорость “Новой Земли”	2 балла
Определен период обращения Луны	2 балла
Итого	8 баллов

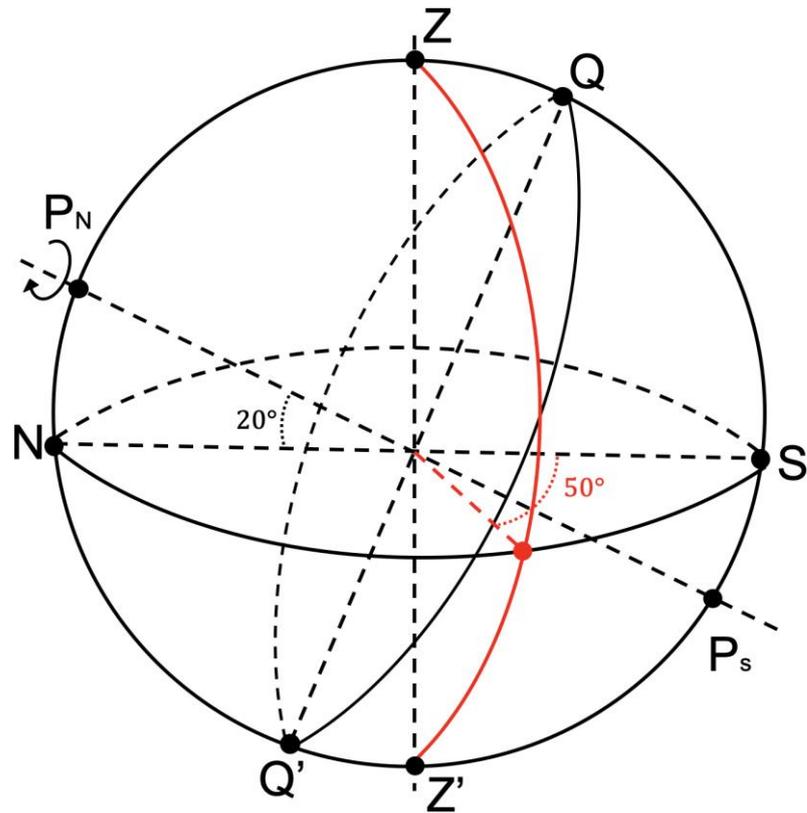
Задача 6 (8 баллов)

Решение:

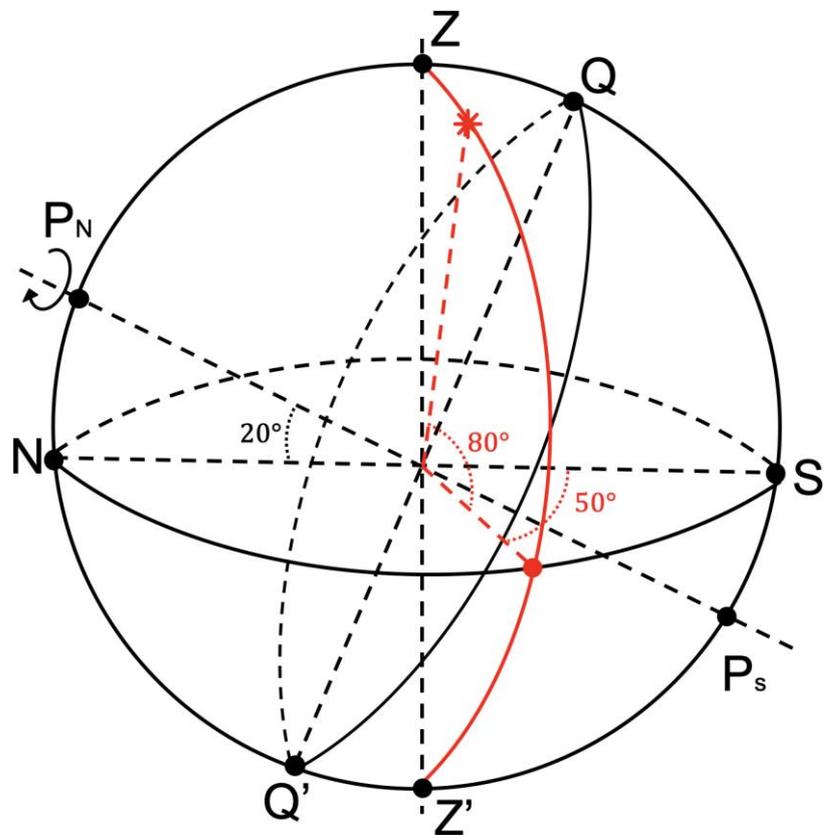
Решение задачи можно разбить на несколько этапов. Первый этап - построение небесной сферы для наблюдателя, находящегося на заданной широте, то есть с высотой полюса мира в 20 градусов:



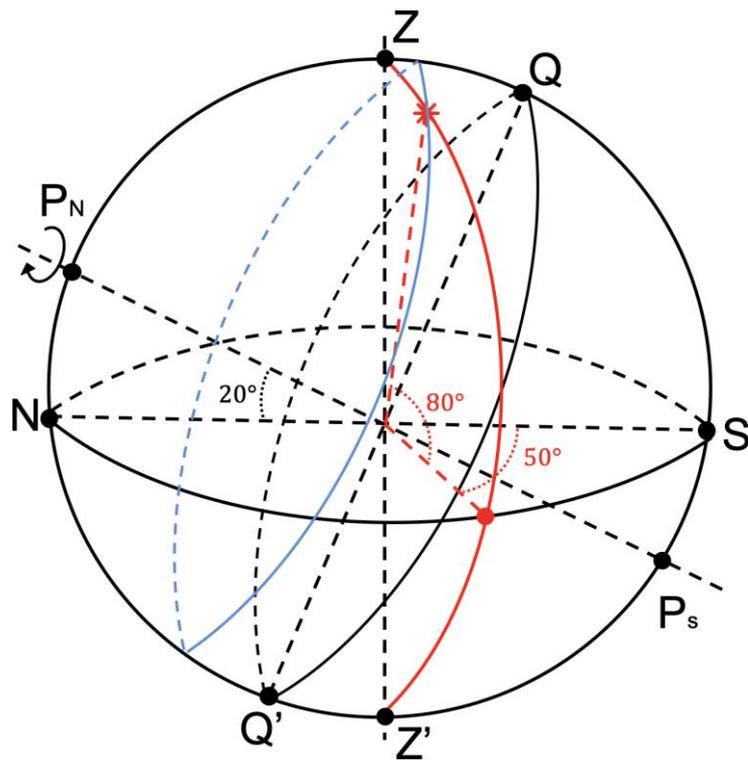
Второй этап - определение первой координаты - азимута и проведение вспомогательной окружности (выделены красным цветом):



Третий этап - определение второй координаты - высоты:



И заключительный, четвертый, этап - построение круга склонения или круга движения светила (круг строится параллельно небесному экватору):



Критерии оценивания:

Каждый правильно выполненный этап задачи	2 балла
Итого	8 баллов