

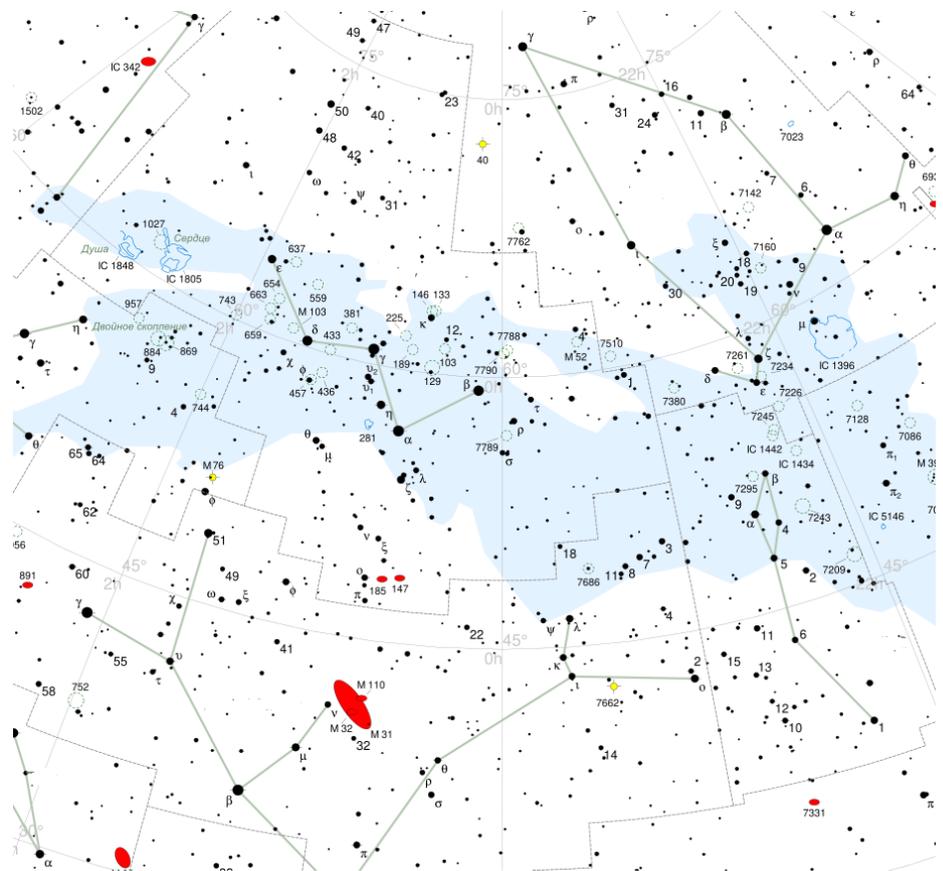
**Всероссийская олимпиада школьников по астрономии.  
II (муниципальный) этап.  
2022-2023 учебный год.  
11 класс. Ответы.**

**1. Мифы о созвездиях. (8 баллов)**

Далеко-далеко на южном конце Земли находилась цветущая страна Эфиопия, которой управляли царь (1) и его супруга царица (2). У них была единственная дочь (3). Росла она, окруженная любовью и заботой родителей, и выросла красивой девушкой - самой красивой среди всех красавиц. Царица (2) гордилась красотой своей дочери и хвалилась повсюду, что (3) более красива, чем морские нимфы - nereиды, которые в морских глубинах пряли руно на золотых прялках. Обиженные царицей nereиды, обливаясь слезами, пожаловались властителю морей и морских глубин богу Посейдону. Нахмурился Посейдон и, разгневавшись, наслал на Эфиопию невиданное бедствие. Каждый день, как только Гелиос пролетал на своей золотой колеснице по небесным просторам, из бурного моря появлялось ужасное

чудовище – (4). Из его огромной пасти и страшных глаз вылетали клубы пламени, а из ушей - черные облака дыма, после чего наступал зловещий мрак. И так каждый день он буйствовал у берегов Эфиопии....

Боги превратили героев этой чудесной легенды в звезды и



вознесли их на небо, где они блещут как созвездия.

Назовите эти четыре созвездия, три из которых присутствуют на предложенном участке звездного неба.

**Решение.**

- 1- Созвездие Цефей
- 2- Кассиопея
- 3- Андромеда
- 4- Кит

**Оценивание.**

По 2 балла за каждый правильный ответ.

Всего до 8 баллов.

**2. Покрытие и затмение. (8 баллов)**

Сегодня произошло покрытие Венеры Луной. Может ли завтра произойти лунное или солнечное затмение? Дать объяснение.

**Решение.**

1. Венера является внутренней планетой (её орбита расположена внутри орбиты Земли). Поэтому Венера никогда не может быть видимой в противоположной Солнцу части неба (условие для лунного затмения). Поэтому лунное затмение произойти не может.

2. Что же касается солнечного затмения, ответ – да, может. Но только в том случае, если покрытие произошло на утреннем небе, так как стареющая Луна движется в сторону Солнца. А вот если покрытие произошло вечером (растущая Луна), то Луна будет «расти», удаляясь на небе от Солнца. В этом случае солнечного затмения не будет.

**Оценивание.**

1. Дан правильный ответ и указано, что Венера внутренняя планета и не бывает видна в противоположной Солнцу части неба (обязательное условие для лунного затмения) – 4 балла. За правильный ответ без объяснения – 1 балл.

2. Утверждение, что солнечное затмение произойти может – 2 балла.

За уточнение, что покрытие должно быть утренним, а не вечерним – 2 балла.

Всего до 8 баллов.

### 3. Атмосфера Плутона (8 баллов)

Автоматическая межпланетная станция (АМС) «Новые горизонты» в июле 2015 года достигла Плутона. На полученных с близкого расстояния фотографиях этой карликовой планеты видна голубая дымка в её азотной атмосфере, поверхностное давление которой оказалось в 100 000 раз меньше земного (давление воздуха у поверхности Земли примерно равно  $p_0 = 1 \cdot 10^5$  Па). АМС «Новые горизонты» также уточнила радиус Плутона, который теперь считается равным 1188 км. Оцените массу атмосферы Плутона, если известно, что масса этой карликовой планеты составляет  $1,3 \cdot 10^{22}$  кг.

#### Решение.

Давление воздуха у поверхности Земли примерно равно  $p_0 = 1 \cdot 10^5$  Па – значит, давление у поверхности Плутона  $p$  составляет примерно 1 Па.

Следовательно, на всю поверхность Плутона площадью  $S = 4\pi R^2$ , где  $R$  – радиус Плутона, действует сила  $F = 4\pi R^2 p$ , равная весу всей атмосферы  $F = mg$ , где  $m$  – масса атмосферы Плутона,  $g$  – ускорение свободного падения на поверхности Плутона, равное  $g = GM / R^2$ , где  $M$  – масса Плутона.

Из равенства этих сил  $4\pi R^2 p = mGM / R^2$  получаем выражение для массы атмосферы:

$$m = 4\pi R^4 p / GM = 4\pi \cdot (1\,188\,000 \text{ м})^4 \cdot 1 \text{ Па} / (6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 1,3 \cdot 10^{22} \text{ кг}) = 2,9 \cdot 10^{13} \text{ кг}.$$

#### Оценивание.

Верное определение атмосферного давления на поверхности Плутона – 1 балл.

Формула, связывающая силу давления, давление и площадь – 2 балла.

Формула  $F = mg$  – 1 балл

Формула ускорения свободного падения на Плутоне – 2 балла

Правильное составление уравнения и выражения для массы атмосферы – 1 балл.

Верные вычисления и окончательный ответ – 1 балл.

Всего до 8 баллов.

#### 4. Астероид Великий Устюг.

На какое минимальное расстояние приближается к Солнцу астероид (11480) Великий Устюг, открытый 7 сентября 1986 года в крымской обсерватории, если период его обращения вокруг Солнца 3,285 года, а расстояние в афелии составляет 2,589 а.е.

#### Решение.

Минимальное расстояние будет, когда астероид в перигелии своей орбиты.

1) Вычислим большую полуось  $a$  орбиты астероида (из III закона Кеплера):

$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$ . В формуле индекс 1 соответствует Земле, а индекс 2 астероиду.

Учитывая период обращения Земли и большую полуось земной орбиты,

выразим  $a = \sqrt[3]{T^2} = 2,209$  а.е

2) Т.к. расстояние в афелии  $Q = a(1+e)$ , то эксцентриситет орбиты составит

$$e = \frac{Q - a}{a} = 0,172$$

3) Расстояние в перигелии:

$$q = a(1-e) = 2,209(1-0,172) = 1,83 \text{ а.е.}$$

#### Оценивание.

Вычисление большой полуоси орбиты астероида на основании III закона Кеплера - 3 балла

Определение эксцентриситета орбиты астероида - 2 балла

Определение минимального расстояния, т.е. расстояния в перигелии – 3 балла

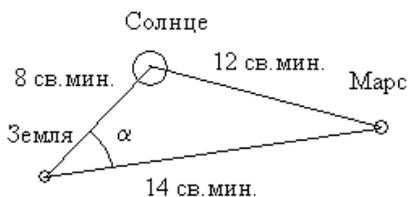
Всего до 8 баллов.

**5. Радиолокация Марса.** (8 баллов)

Для уточнения параметров орбиты Марса была проведена радиолокация планеты. Между моментом отправки сигнала с антенны дальней космической связи и моментом приема отраженного излучения прошло 28 минут. Оцените угловое расстояние между Солнцем и Марсом, считая, что расстояние (линейное) от Солнца до Марса в полтора раза больше, чем расстояние от Солнца до Земли.

**Решение.**

Для решения будем использовать понятие «световая минута». Это расстояние, которое свет проходит за 1 минуту со скоростью света. Расстояние одна астрономическая единица – это 8 световых минут. Расстояние от Солнца до Марса составляет 1,52 а.е. – это 12 световых минут. По условию задачи в момент исследования, расстояние до Марса составляло 14 световых минут, так как сигнал идет от Земли до Марса. Следовательно, рассмотрим рисунок.



В треугольнике "Солнце-Земля-Марс" все три стороны нам известны. Искомое угловое расстояние - это угол треугольника, который может быть получен из теоремы косинусов. Обозначим: Земля-Солнце= $a$ , Солнце – Марс= $b$ , Земля-Марс= $c$ , тогда  $b^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos \alpha$ , отсюда следует  $\cos \alpha = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2 \cdot a \cdot c}$

Подставим численные значения, получим  $\cos \alpha = 0,52$ , что примерно соответствует углу  $60^\circ$

**Оценивание.**

Построен треугольник Земля-Солнце-Марс - 2 балла

Определены стороны треугольника, т.е. расстояние между объектами - 2 балла

Выражен нужный угол по теореме косинусов - 3 балла

Определено значение угла - 1 балл

Всего до 8 баллов.

**6. Фотоны и телескоп им. Хаббла. (8 баллов)**

От Веги, находящейся в зените, на каждый квадратный сантиметр земной поверхности приходит примерно  $10^6$  фотонов в секунду. Оцените, сколько фотонов за одну секунду приходит на главное зеркало космического телескопа им. Хаббла (HST) от объекта с видимой звездной величиной  $m = +30^m$ ? Диаметр главного зеркала HST составляет 2,4 м. (Вега настолько яркая звезда, что когда-то ее свечение принималось за эталон нулевой видимой звездной величины. Видимая звездная величина Веги  $0,03^m$ ).

**Решение.**

Так как изменение видимой звездной величины излучающего объекта на  $5^m$  приводит к изменению освещенности в 100 раз, то освещенность поверхности телескопа уменьшится в  $10^{12}$  раз, что составит  $10^{-6}$  фотонов в секунду на квадратный сантиметр или  $10^{-2}$  фотонов на квадратный метр. Для получения полного числа фотонов, ежесекундно попадающих на все главное зеркало необходимо полученную величину умножить на площадь круга с радиусом главного зеркала телескопа  $\pi R^2$ , что дает 0,18 фотонов на площадь зеркала за секунду или 10-11 фотонов в минуту. Несмотря на столь мизерное количество света такие объекты на HST все-таки удается наблюдать, хотя для получения изображения в таких случаях приходится накапливать фотоны довольно долго (до нескольких суток).

**Оценивание.**

Связь видимой звездной величины и освещенности - 2 балла

Определение количества фотонов в секунду от объекта на квадратный сантиметр - 2 балла

Определение количества фотонов за одну секунду на главное зеркало космического телескопа им. Хаббла - 4 балла

Всего до 8 баллов.

**Итого: 48 баллов**