

Олимпиада по астрономии. Муниципальный этап  
8 класс

**Задание 1. (§3.2. Горизонтальные координаты на небесной сфере)**

Одна из самых ярких звезд Северного полушария является Денеб (Альфа Лебедя), имеющий склонение  $+46^{\circ}17'$ . Чему равно его зенитное расстояние и высота верхней кульминации в Курске (широта  $51^{\circ}44'$ )? Что такое зенитное расстояние и как оно связано с высотой звезды?

**Решение**

1) (4 балла – по 2 балла за каждый ответ)

Зенитное расстояние – угловое расстояние между зенитом и небесным светилом на небесной сфере.

Сумма величин зенитного расстояния и высоты светила равна  $90^{\circ}$

2) (4 балла – по 2 балла за каждый ответ)

Зенитное расстояние:  $z = \varphi - \delta = 51^{\circ} 44' - 46^{\circ} 17' = 5^{\circ} 27'$ .

Высота:  $h = 90^{\circ} - z = 84^{\circ} 33'$ .

**Задание 2. (§4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты)**

В зависимости от нахождения Солнца под горизонтом выделяют астрономические сумерки, гражданские и навигационные. Как называются сумерки, если угол нахождения Солнца под горизонтом  $0^{\circ}50' - 6^{\circ}$ ,  $6^{\circ} - 12^{\circ}$ ,  $12^{\circ} - 18^{\circ}$ ? Чем разные типы сумерек отличаются друг от друга? Что такое белая ночь и полярная ночь?

**Решение**

1) (3 балла, каждый правильный ответ – 1 балл)

$0^{\circ}50' - 6^{\circ}$  – гражданские сумерки

$6^{\circ} - 12^{\circ}$  – навигационные сумерки

$12^{\circ} - 18^{\circ}$  – астрономические сумерки

2) (5 баллов каждый правильный ответ – 1 балл)

Гражданские сумерки – время после захода Солнца, считается, что на открытом месте можно делать любые работы без искусственного освещения, на небе видны только ярчайшие небесные объекты.

Навигационные сумерки – линия горизонта всё ещё видна, но освещение недостаточно для нормальной жизнедеятельности человека, на небе хорошо видны навигационные объекты.

Астрономические сумерки – линия горизонта не видна, астрономы могут проводить астрономические наблюдения за звёздами, но слабо рассеивающие объекты (туманности и галактики) ещё не видны (они будут видны после наступления астрономической ночи).

Белая ночь – период, когда Солнце не опускается низко за горизонт. То есть сумерки не переходят в астрономическую ночь.

Полярная ночь – период, когда Солнце более 24 часов не поднимается из-за горизонта.

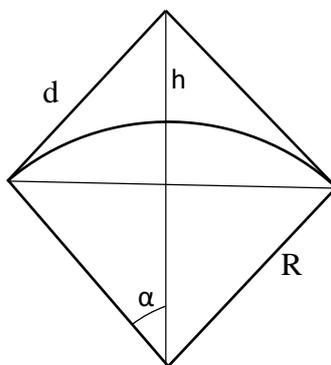
**Задание 3. (§4.2. Параллакс и геометрические способы измерений расстояний)**

25 сентября 2019 в 20 ч. 57 мин. по местному времени был совершён последний запуск ракеты «Союз-ФГ» с кораблем «Союз МС-15» и тремя членами экипажа с космодрома Байконур. В результате можно было наблюдать конденсационный и аэрозольный след ракеты в виде раскрывающейся небесной «медузы», подсвеченный Солнцем из-за горизонта. Можно ли было наблюдать «медузу» в точке с координатами 58°с.ш. и 70 в.д. при идеальных условиях видимости в момент отделения второй ступени, если считать, что отделение ступени произошло на высоте 84 км над точкой поверхности Земли с координатами 49°с.ш. и 70 в.д.? Сделать рисунок и обосновать с помощью расчётов.

**Решение**

1) (2 балла – верно сделан рисунок)

Пример рисунка.



2) (2 балла – верная формула для видимого горизонта и верный расчёт)

$$d = \sqrt{(R + h)^2 - R^2} = \sqrt{h(2R + h)}$$
$$d = \sqrt{84 * (2 * 6378 + 84)} = 1038 \text{ км.}$$

3) (3 балла – рассчитаны углы и сделан вывод (по 1 баллу за каждый ответ))

Угол  $\alpha$  на, котором виден космический корабль:  $\text{tg}\alpha = d/R = 0,162$ . Так как угол мал, то  $\alpha \approx 0,162$  рад. Долгота точки наблюдения совпадает с долготой сброса второй ступени. Разница в широте –  $9^\circ = 9 * \pi / 180 = 0,157$  рад определяет расстояние.

4) (1 балл за верный обоснованный вывод)

Ответ:  $0,162 > 0,157$  – «медуза» будет наблюдаться при идеальных условиях видимости.

**Задание 4. (§5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит))**

Вывести формулу, выражающую зависимость орбитальной скорости движения планеты от радиуса круговой орбиты.

**Решение**

1) (2 балла – записана скорость планеты)

Скорость движения планеты по орбите  $v=2\pi R/T$ , где  $R$  – радиус орбиты, а  $T$  – период обращения.

2) (2 балла – применён третий закон Кеплера)

Третий закон Кеплера (за основу берём Землю):  $T^2=R^3$

3) (2 балла – отношение орбитальной скорости планеты к орбитальной скорости Земли)

Отношение орбитальной скорости движения планеты к орбитальной скорости Земли  $v/v_E=T_E R/TR_E=R/T=1/R^{0.5}$  (из третьего закона Кеплера).

4) (2 балла – получена конечная формула)

Так как орбитальная скорость движения Земли 30 км/с, то скорость движения планеты  $v=30/R^{0.5}$ , где радиус орбиты выражен в астрономических единицах, а скорость  $v$  в км/с.

### **Задание 5. (§4.1. Угловые измерения на небе)**

Существует несколько способов определения границ Солнечной системы. Будем для простоты считать, что радиус Солнечной системы равен радиусу орбиты Нептуна. Чем можно обосновать такой выбор? Найдите угловой диаметр системы с точки зрения наблюдателя, находящегося на орбите ближайшей к Солнцу звезде – Проксиме Центавра (примерно 4,24 св. лет).

#### **Решение**

1) (2 балла – объяснён принцип поиска углового размера)

Нептун – последняя известная планета Солнечной системы.

2) (3 балла – перевод световых лет и а.е. в величины одной размерности)

Тогда радиус Солнечной системы примерно равен  $30 \text{ а.е.} = 30 \cdot 150 = 4500$  млн км, расстояние до Проксимы Центавра  $0,3 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 4,24 \approx 40100000$  млн км (0.3 млн км/с – скорость света).

3) (3 балла – получен ответ)

Из прямоугольного треугольника с катетами равными радиусу системы и расстоянию до Проксимы имеем:  $\text{tg } \alpha \approx 4500/40100000 \approx 0.00011$ .

Тогда угловой диаметр 0,00022 радиана.