

## 11 класс

### Задача 1

Каков может быть максимальный угол между Полярной звездой и Северным полюсом мира в результате прецессии земной оси? Когда это было в последний раз? Заходила ли при этом Полярная звезда за горизонт на широте Вашего города?

#### Решение:

Земная ось прецессирует по конусу с углом  $23,5^\circ$  и периодом около 26 тысяч лет. Значит 13 тысяч лет назад Полярная звезда была на расстоянии  $47^\circ$  от Северного полюса мира, высота которого над горизонтом соответствует широте Вашего города. Значит Полярная была незаходящей для широт выше  $47^\circ$  и заходила на территориях к югу от этой параллели. Широта Брянска  $53^\circ 15'$ . Следовательно, в Брянске Полярная звезда была незаходящей.

#### Критерии оценивания

Указан угол наклона земной оси к плоскости орбиты	2 балла
Указаны период прецессии и момент времени, когда был максимальный угол	3 балла
Установлено, заходила ли Полярная звезда на широте Брянска в тот момент	3 балла

### Задача 2

Как долго может продолжаться покрытие звезды Луной?

#### Решение:

Луна совершает один оборот по небу за  $27,3$  сут (сидерический или звёздный месяц). Значит свой диаметр в  $0,5^\circ$  она проходит за  $27,3 \text{ сут} / (360 / 0,5) \approx 0,91 \text{ час} \approx 55 \text{ мин}$ . Это и есть максимальная продолжительность покрытия (т.е. затмения) звезды Луной для наблюдателя, связанного с центром Земли, или находящегося в ее полярных районах.

Однако, если покрытие наблюдается в районе экватора, то в результате вращения Земли наблюдатель движется со скоростью  $0,5 \text{ км/с}$  в ту же сторону, куда передвигается лунная тень со скоростью  $1 \text{ км/с}$  (орбитальная скорость Луны). Поэтому для него покрытие продолжается вдвое дольше, и его длительность может достигать почти двух часов.

#### Критерии оценивания

Указаны сидерический месяц и угловой диаметр Луны	2 балла
Определена максимальная продолжительность покрытия у полюсов Земли	3 балла
Определена максимальная продолжительность покрытия в районе экватора	3 балла

### Задача 3

Лучевая скорость звезды Альдебаран равна  $54 \text{ км/с}$ , её параллакс  $0,05''$ , а

собственное движение составляет  $0,2''/\text{год}$ . Определите полную пространственную скорость звезды.

**Решение:**

По определению на расстоянии в 1 пк радиус земной орбиты виден под углом в  $1''$ . Расстояние до звезды составляет  $1 / 0,05 = 20$  пк, следовательно, её собственное движение в линейных единицах составляет в год  $(150 \text{ млн км}) \cdot (20 \text{ пк}) \cdot (0,2''/\text{год})$ , т.е. около  $600 \text{ млн км/год} \approx 20 \text{ км/с}$ . Эта компонента скорости направлена перпендикулярно лучевой скорости звезды. Складывая компоненты по закону векторного сложения (с помощью теоремы Пифагора), получим, что полная скорость звезды равна  $58 \text{ км/с}$ .

**Критерии оценивания**

Определено расстояние до звезды	2 балла
Определено собственное движение звезды	3 балла
Определена полная скорость звезды	3 балла

**Задача 4**

В шаровом звёздном скоплении NGC 5694 видимые звёздные величины звёзд на  $18^m$  больше их абсолютных величин. Сколько световых лет до скопления?

**Решение:**

По определению видимые звёздные величины звёзд равны абсолютным, если звёзды находятся на расстоянии  $10 \text{ пк} = 32,6 \text{ св. лет}$ . Увеличение видимой звёздной величины на 5 соответствует отдалению звезды в 10 раз. Соответственно, увеличение на 18 звездных величин будет в том случае, когда звёзды находятся на расстоянии:

$$32,6 \text{ св. лет} \times 10^{18/5} \approx 130\,000 \text{ св. лет.}$$

**Критерии оценивания**

Указана связь между видимой и абсолютной звездной величинами	4 балла
Определено расстояние до звездного скопления	4 балла

**Задача 5**

Звездой какой величины будет выглядеть Солнце с орбиты Нептуна, если тот совершает полный оборот вокруг Солнца за  $T_N = 164,8 \text{ лет}$ , а с Земли наше светило выглядит как звезда величины  $m_0 = -26,8^m$ .

**Решение:**

Звёздная величина Солнца с орбиты Нептуна будет:

$$m_{0N} = m_0 + 5 \lg \frac{L_{0N}}{L_{0E}}.$$

По третьему закону Кеплера: 
$$\frac{L_{0N}}{L_{0E}} = \left( \frac{T_N}{T_E} \right)^3.$$

Получаем:

$$m_{0N} = m_0 + \frac{10}{3} \lg \frac{T_N}{T_E}.$$

Следовательно,

$$m_{0N} \approx -26,8^m + 7,4^m = -19,4^m$$

### Критерии оценивания

Записана формула для звездной величины Солнца с Нептуна	2 балла
Применен 3 закон Кеплера	3 балла
Определена звездная величина Солнца с Нептуна	3 балла

### Общая схема оценивания решений

- 0 баллов – решение отсутствует или абсолютно некорректно;
- 1 балл – правильно угаданный бинарный ответ (да/нет) без обоснования;
- 1-2 балл – сделана попытка решения, не давшая результата;
- 2-3 балла – правильно угадан сложный ответ, но его обоснование отсутствует или ошибочно;
- 4-6 баллов – частично решенная задача;
- 6-7 баллов – полностью решенная задача с более или менее значительными недочетами;
- 8 баллов – полностью решенная задача.