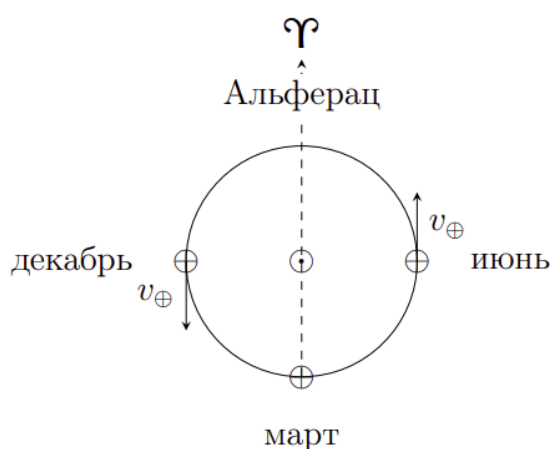


По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы 11 класс определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 48 баллов.

11 КЛАСС

ЗАДАНИЕ 1.

Решение. Как нетрудно заметить, наблюдения проводились практически в день летнего солнцестояния, а при обработке считалось, что это день зимнего солнцестояния. В эти дни вектора орбитальной скорости Земли параллельны плоскости экватора, но противоположны по направлению, причем один направлен в направлении  $\alpha = 0^h$ , а другой —  $\alpha = 12^h$ . Заметим, что  $\alpha_* \approx 0^h$ . Следовательно, лучевые скорости звезды по отношению к Земле (т.е. проекции орбитальной скорости Земли на прямую, соединяющую звезду и Землю) в эти дни будут противоположны по направлению, а по модулю равны  $v_{\oplus} \cdot \cos \delta_* \approx 26$  км/с. Таким образом, надо сместить спектр на  $2 \cdot 26 = 52$  км/с или, при  $\lambda \approx 6500 \text{ \AA}$  (наблюдения проводились в красной части оптического диапазона) примерно на  $1 \text{ \AA}$ . Так как летом Земля движется к точке весны, а зимой — от нее, то при обработке спектр сдвинули в фиолетовую сторону, а нужно было сдвинуть в красную, следовательно, спектр надо сместить на  $1 \text{ \AA}$  в красную сторону.



Критерии оценивания (максимум – 8 баллов). Указание на противоположность векторов орбитальной скорости Земли в зависимости от дат – 2 балла. Нахождение лучевой скорости звезды – 2 балла. Смещение спектра – 2 балла. Указания в какую сторону надо сместить спектр – 2 балла.

ЗАДАНИЕ 2.

Решение: абсолютная звездная величина Солнца примерно  $+5^m$ . Это означает, что Солнце, находясь на расстоянии 10 пк, имело бы видимую звездную величину  $+5^m$ . Если Солнце будет располагаться в 10 раз дальше, то освещенность, создаваемая им (прямо

пропорциональная светимости и обратно пропорциональная квадрату расстояния) станет меньше в  $10^2$  раз. Следовательно, светимость звезды в 100 раз больше, чем светимость Солнца. Тогда для того, чтобы освещенность, создаваемая звездой на планете, совпадала с освещенностью, создаваемой Солнцем на Земле, нужно, чтобы планета располагалась от звезды в 10 раз дальше, чем Земля от Солнца, т.е. искомое расстояние должно равняться 10 а.е.

Критерии оценивания (максимум – 8 баллов). Оценка светимости звезды - 4 балла. Нахождение расстояния – 4 балла.

### ЗАДАНИЕ 3.

Решение. Из сравнения абсолютных звездных величин белого карлика и Солнца найдем отношение их светимостей:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = 10^{-0.4(M-M_{\odot})} = 10^{-0.4(11-4.8)} \approx 3 \cdot 10^{-3}$$

Далее, по формуле оценим радиус белого карлика

$$\frac{R}{R_{\odot}} = \sqrt{3 \cdot 10^{-3} \left(\frac{5800}{17000}\right)^2} \approx 0,007$$

Это около 5000 км, т.е. меньше радиуса Земли (6400 км).

Критерии оценивания (максимум – 8 баллов). Вычисление светимости звезды – 4 балла. Вычисление радиуса звезды – 4 балла.

### ЗАДАНИЕ 4.

Решение. Поскольку наклон плоскости орбиты Луны к плоскости эклиптики  $i \approx 5^{\circ}$ , склонение Луны в течение периода прецессии линии узлов (18,6 лет) изменяется в пределах

$$-(\varepsilon+i) \leq \delta \leq +(\varepsilon+i)$$

где  $\varepsilon = 23,5^{\circ}$  наклон эклиптики к экватору, отсюда

$$-28,5^{\circ} \leq \delta \leq +28,5^{\circ}$$

Воспользуемся формулой для высоты светила в верхней кульминации:  $h = 90^{\circ} - \varphi + \delta$ .

Для высоты Луны в верхней кульминации имеем неравенства

$$-0,5^{\circ} \leq h \leq 56,5^{\circ}$$

Бывают, следовательно, периоды времени, когда Луна в Якутске не поднимается над горизонтом хотя бы раз в 18,6 года.

Критерии оценивания (максимум – 8 баллов). Вычисления склонения Луны - 4 балла (по 2 балла за предельные значения), вычисления высоты Луны - 4 балла (по 2 балла за предельные значения).

### ЗАДАНИЕ 5.

Решение. Зная прямое восхождение звезды, и измерив, ее часовой угол, можно определить звездное время. Между звездным временем, часовым углом и прямым восхождением светила имеется зависимость, которую через координаты звезды можно записать в виде  $S=t+\alpha$ . Т.к. в момент верхней кульминации часовой угол  $t$  равен 0, то  $S=20ч25м39с$ . В момент нижней кульминации  $t=12ч$ , тогда  $S=12+\alpha=8ч25м39с$ .

Критерии оценивания: нахождение звездного времени для нижней и верхней кульминации по 4 балла.

### ЗАДАНИЕ 6.

Решение. В оптическом диапазоне можно использовать значение длины волны  $\lambda \approx 550$  нм. Диаметр объектива получается из уравнения для разрешения

$$D = \frac{\lambda}{\theta} = \frac{550 \cdot 10^{-9} \text{ м} \cdot 206265''}{1,38''} = 0,08 \text{ м} = 8 \text{ см}$$

Требуемое увеличение:

$$\Gamma = \frac{2'}{1,38''} = 87$$

$$\Gamma = \frac{F}{f}, \quad \text{фокусное расстояние окуляра} \quad f = \frac{F}{\Gamma} = \frac{80 \text{ см}}{87} = 0,9 \text{ см}$$

Критерии оценивания (максимум – 8 баллов). Нахождение диаметра объектива - 3 балла.

Вычисление увеличения – 3 балла. Фокусное расстояние окуляра – 2 балла.