

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
2016/2017 учебный год
Муниципальный этап
Краткие решения

11 класс

*Ответы должны быть подробными и снабжены пояснениями и рисунками
Каждая задача оценивается в 8 баллов. Максимальный балл – 48*

1. Какие светила, кроме Луны, можно наблюдать с поверхности Земли в виде серпа и в каких случаях? Примерно рассчитайте возможные максимальные угловые размеры этих "серпов" (серпом считаем диск, освещенный менее чем наполовину).

См. решение задачи 1 для 10 класса

2. На каких широтах Луна может кульминировать в зените?

Решение. В зените может кульминировать светило со склонением, равным широте $\delta = \varphi$ (2 балла). Т.е. Луна может кульминировать в зените в том же диапазоне широт, что и диапазон изменения её склонения. Поскольку склонение Луны δ может изменяться в диапазоне $-(\varepsilon+i) \leq \delta \leq (\varepsilon+i)$, (4 балла), то кульминировать в зените Луна может в таком же диапазоне широт φ : $-(\varepsilon+i) \leq \varphi \leq (\varepsilon+i)$, т.е. от $28^{\circ}35'$ ю.ш. до $28^{\circ}35'$ с.ш. (2 балла).

3. Современная теория эволюции звёзд утверждает, что через 6-7 миллиардов лет Солнце станет красным гигантом с температурой 3000К и светимостью в 400 раз больше современной. Вычислите, какой угловой радиус оно будет иметь на небе Земли.

Решение. Светимость звезды в приближении АЧТ: $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ (4 балла) Запишем отношение светимости Солнца через 6-7 млн. лет к современной светимости:

$$L_1/L_0 = (R_1/R_0)^2 (T_1/T_0)^4, \text{ (2 балла)}$$

где индексом 1 обозначены параметры Солнца – красного гиганта.

Найдем R_1/R_0 :

$$R_1/R_0 = (400 \cdot 2^4)^{1/2} = 80.$$

Угловой радиус Солнца- красного гиганта равен:

$$\text{tg} \alpha = (80 \cdot 696000) / 149600000 = 0.372, \text{ откуда } \alpha = 20.4^{\circ} \text{ (2 балла)}$$

4. Качественно оцените, как изменяется синодический период верхних планет по мере их удаления от Земли и какое значение он будет принимать для очень далеких тел Солнечной системы, например, астероидов пояса Койпера или комет облака Оорта? (принять все орбиты круговыми)

Решение. Уравнение синодического движения для внешней планеты: $1/S = 1/T - 1/P$, где S, P – синодический и сидерический периоды верхних планет, T - период Земли. (2 балла)

Проанализируем это выражение: передвигаясь от Марса к Нептуну мы получим постепенное уменьшение величины $1/P$, поэтому синодический период верхних планет по мере увеличения расстояния от Земли будет приближаться к периоду Земли T , а для очень далеких от Солнца и Земли тел будет практически равен ему (6 баллов).

5. Можно ли на поверхности Луны наблюдать полные солнечные затмения? С какими явлениями для земного наблюдателя они будут соотноситься? В любой ли точке орбиты возможно наблюдение?

См. решение задачи 5 для 7-8 класса

6. Люди, далекие от астрономии, полагают, что наблюдения проводятся глазом и, чтобы изучать более слабые объекты, ученые работают на телескопах, собирающих больше света. Да, раньше это было именно так. Однако уже сто лет назад астрономы вместо глаз использовали фотопластинки, а в 50-е годы 20 века перешли на фотоэлектрические методы регистрации излучения (фотоэлектронные умножители, ПЗС-матрицы). Заметного выигрыша в чувствительности по сравнению с адаптированным глазом современные ПЗС-приемники не дают (только исключена субъективность и удобно наблюдения сразу считывать в компьютер). Несмотря на это, все современные приемники излучения позволили наблюдать намного более слабые звезды, чем видно глазом в тот же телескоп. Поясните, за счет чего это происходит и оцените порядок получаемого выигрыша.

Решение. Использование в астрономии вместо глаза любых приемников излучения позволило копить сигнал в течение намного большего времени, чем это делает глаз. (2 балла) Вспомните 24 кадра в секунду в кино – фактически мы не видим промежутков между отдельными кадрами, так как зрительное ощущение от одного кадра еще длится до появления другого. Отсюда и оценка времени удержания (накопления) глазом светового сигнала – не менее $1/24$ секунды. (2 балла) Примем эту величину равной 0.05 с. Время экспозиции в фотографии составляло часы, съемка с помощью цифровых камер длится минуты, но при этом используется возможность сложения кадров. (2 балла) Примем время экспозиции равное 1 часу, откуда при использовании одного и того же телескопа выигрыш, достигаемый за счет длительного времени экспозиции, по освещенности составляет $3600 \text{ сек} / 0.05 \text{ сек} = 72000$ раз, а в звездных величинах $2.5 \log 72000 \approx 12^m$. (2 балла)

Максимальный балл - 48

Справочные данные:

Продолжительность тропического года $T=365.2422$ суток; $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^8 \text{ км}$; большие полуоси орбит планет – 0.38, 0.72, 1, 1.52, 5.2, 9.5, 19.2, 30 а.е., эксцентриситеты орбит – 0.21, 0.007, 0.017, 0.094, 0.049, 0.057, 0.046 и 0.011 для Меркурия, Венеры, Земли, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна соответственно; наклонение земного экватора к плоскости эклиптики $\epsilon=23^\circ 26'$; широта Казани – $55^\circ 47'$; угловой размер Солнца - $32'$; радиус Солнца – $6.96 \cdot 10^5 \text{ км}$; угол рефракции в горизонте - $35'$. большая полуось орбиты Луны 385 000 км, радиус Луны 1737 км, радиусы Меркурия и Венеры равны 2440 и 6052 км; угол

наклонения плоскости орбиты Луны к эклиптике – $5^{\circ}09'$; эксцентриситет орбиты Луны – 0.055; видимая яркость Солнца и полной Луны равны -26.7^m и -12.7^m , соответственно.