

ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ПО АСТРОНОМИИ

ВсОШ, муниципальный этап 2015/2016

11 класс

1. Расстояние от Земли до галактики БМО составляет 55 000 пк. Как известно, 1 пк = 3,26 св. лет. Поэтому свет от взрыва звезды достиг Земли примерно через 180 000 лет после того, как он произошел. Вычислять точно год взрыва не имеет смысла, поскольку точность, с которой дано расстояние до галактики БМО, не превышает 1 %.
2. Расстояние до Веги равно $D = 1/0,12'' = 8,3$ парсека или $1,7 \cdot 10^6$ а. е. Это расстояние в $1,7 \cdot 10^6$ а.е. раз больше, чем расстояние от Земли до Солнца (1 а. е). Солнце, находясь на таком расстоянии, выглядело бы слабее, чем с Земли в $(D/1 \text{ а. е})^2 = (1,7 \cdot 10^6)^2 = 2,9 \cdot 10^{12}$ имело бы звездную величину $26,8^m + 2,5 \cdot \lg(2,9 \cdot 10^{12}) = +4,4^m$. Вега имеет видимую звездную величину 0^m . Поскольку разность в 5 звездных величин означает различие по яркости в 100 раз, различие в 4,4 звездные величины означает, что Вега светит приблизительно в 58 раз ярче Солнца. Учитывая, что яркость звезды падает обратно пропорционально квадрату расстояния, получаем, что точка наблюдения находится на расстоянии 0,97 пк по направлению к Веге или 1,26 пк по направлению от Веги.
3. Конечно, с высоты ≈ 12 км над поверхностью Земли кратеры на Луне невооруженным глазом различить невозможно. В решении задачи учащиеся должны это обосновать, взяв необходимые данные из таблицы. Например, это можно сделать следующим образом. Так как Луна – в зените, то наблюдатель находится на прямой линии между Землей и Луной, поэтому расстояние между ним и Луной сократилось ровно на величину высоты полета самолета, т.е. на ≈ 12 км. Наименьшее удаление Луны от Земли составляет 363300 км (в перигее), наибольшее удаление Луны от Земли 405500 км (в апогее). Таким образом, расстояние от Земли до Луны в процессе ее движения по орбите изменяется на $405500 - 363300 = 42200$ км, что значительно больше 12 км, при этом, как известно, с поверхности Земли кратеры на Луне невооруженным глазом все равно не видны.

Примечание: если школьники в решении укажут, что расстояния, приводимые в таблицах, – это расстояния между материальными точками – центрами масс небесных тел, а не между их поверхностями, то при правильном и полном обосновании ответа можно дополнительно добавить 1 балл к максимальной оценке задачи. Невооруженным глазом на лунном диске видны светлые и темные образования – так называемые материки и моря, лучевые системы кратеров Тихо, Аристарха, Кеплера и Коперника и некоторые горные системы. Ряд крупных кратеров с диаметром более 200 км, таких как Клавий или Шиккард, «теоретически» могут быть видны с поверхности Земли невооруженным глазом «на пределе зрения» (разрешающая способность глаза составляет около $2'$), а так как условия для наблюдения Луны с борта самолета более благоприятны из-за менее плотной и более чистой и спокойной атмосферы, чем у поверхности, то человек с очень зорким зрением, при определенной фазе Луны, вероятно, сможет их различить. Если учащиеся дадут такой ответ с обоснованием, то его тоже можно засчитать как правильный. Как следует из условия предыдущей задачи, Луна во время полета самолета находилась в зените. Поэтому вначале определим, на каких широтах можно наблюдать Луну в зените. Высота Луны в зените равна $h = 90^\circ$. Через точку зенита проходит небесный меридиан, следовательно, светило в зените может находиться только в момент верхней кульминации. Высота светила в верхней кульминации определяется как $h = 90^\circ - \varphi + \delta$. Отсюда $\varphi = 90^\circ - h + \delta = 90^\circ - 90^\circ + \delta = \delta$. Так как Луна перемещается по небесной сфере вдоль эклиптики, отклоняясь от нее на $\pm 5^\circ 09'$, а эклиптика пересекается с небесным экватором под углом $23^\circ 27'$, то склонение Луны может изменяться в пределах $\delta = \pm(23^\circ 27' + 5^\circ 09') = \pm 28^\circ 36'$.

Следовательно, диапазон широт, на которых Луна может наблюдаться в зените, $\varphi = \delta = \pm 28^{\circ}36'$, т.е. от $28^{\circ}36'$ с.ш. до $28^{\circ}36'$ ю.ш. Таким образом, самолет не мог лететь над территорией России.

4. Вспомним, что видимый диаметр Солнца примерно равен $30'$, а температура его поверхности – 6000 К. Таким образом, изменение блеска за счет изменения площади будет $S_C/S_{\Pi} = (15'/0,5')^2 = 900$ раз, а изменение блеска за счет температуры пропорционально 4 степени, т.е. $(T_C/T_{\Pi})^4 = (6000/4500)^4 = 3$ раза. Всего блеск уменьшится в $900 \cdot 3 = 2700$ раз. Чтобы сравнить с блеском других небесных тел, надо эту величину перевести в звездные величины. Изменение звездной величины будет равно $2,5 \cdot \lg(2700) = 8,6$. Звездная величина Солнца – $26,8^m$, таким образом, блеск пятна будет равен $-18,2^m$. Это более чем в 100 раз ярче полной Луны. Блеск Луны равен $-12,7^m$, блеск Венеры -4^m , Сатурна -1^m , Полярной звезды 2^m .
5. Абсолютная звездная величина M связана с видимой звездной величиной m и расстоянием в парсеках до звезды r следующим соотношением: $M = m + 5 - 5 \lg r$. Таким образом, $M = -18,7^m$ без учета поглощения излучения межзвездной пылью. Так как созвездие Овна находится в стороне от Млечного Пути – диска Галактики, в котором сосредоточены газопылевые облака, то поглощением света можно пренебречь. Определим различие в светимостях сверхновой звездой и Солнца, зная абсолютную звездную величину Солнца $M_C = +4,8^m$: $L/L_C = 2,512^{(M_C - M)} = 2,5 \cdot 10^9$ раз, т.е. одна сверхновая звезда светила как 2,5 миллиарда звезд, подобных нашему Солнцу!
6. Явление «большой» Луны объясняется совпадением нескольких факторов. Во-первых, видимое полушарие Луны должно быть полностью освещено Солнцем, т.е. Луна должна быть в фазе полнолуния. Во-вторых, нужно, чтобы Луна в момент полнолуния находилась в ближайшей к Земле точке своей орбиты – перигее. Кроме того, известно, что Луна, находящаяся низко над горизонтом и наблюдаемая на фоне земных предметов (домов, деревьев), кажется больше, чем когда она поднимется выше (оптическая иллюзия Понцо, названная так в честь Марио Понцо, попытавшегося объяснить ее в 1913 году). В действительности же угловые размеры Луны остаются одинаковыми (в этом можно убедиться, если на протяжении ночи смотреть на Луну на фоне монетки: соотношение размеров Луны и монетки будет одинаковым при любых положениях Луны). Так как указанное в задаче явление происходило, когда Луна была низко над горизонтом, то этот эффект также оказал влияние на восприятие ее размера. Теперь посчитаем, на сколько в действительности Луна была больше «обычной». За видимый угловой диаметр «обычной» Луны возьмем величину $d_{cp} = 31'05''$ – угловой диаметр Луны на среднем расстоянии от Земли $R = 384\,400$ км. Величину d_{cp} можно вспомнить или вычислить, вспомнив линейный диаметр

$$d_{cp} = \frac{206265'' \cdot D}{R} = 1865'' = 31'05''.$$

Луны $D = 3476$ км: . Тогда угловой диаметр «большой» Луны был больше «обычной» Луны на $33'33'' - 31'05'' = 2'28''$. Так как считается, что разрешающая способность глаза составляет $2'$, то, казалось бы, различить невооруженным глазом увеличение размера Луны невозможно. Посчитаем, во сколько раз увеличилась видимая

$$\frac{S}{S_{cp}} = \frac{d^2}{d_{cp}^2} = \frac{(33'33'')^2}{(31'05'')^2} = \frac{(2013'')^2}{(1865'')^2} = 1,17$$

площадь Луны: раза, что тоже не так уж много. Поэтому значительную роль в «увеличении» Луны сыграл эффект Понцо, особенно во время ее восхода.