

МОСКОВСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА 2016–2017 уч. г.

ОЧНЫЙ ЭТАП

8–9 классы

Задание 1 (8 баллов)

1 января 2001 года был понедельник. Какое (ближайшее) столетие начнётся с воскресенья? Считайте, что в будущем мы будем продолжать пользоваться современным календарём.

Задание 2 (8 баллов)

На какой максимальной и на какой минимальной высоте может на земном шаре происходить верхняя кульминация Веги? Склонение Веги $\delta = +38^\circ$. На каких широтах происходят эти кульминации?

Задание 3 (8 баллов)

Сферическая туманность на месте вспышки сверхновой 1006 года находится на расстоянии 2,2 кпк от Земли и имеет угловой диаметр $30'$. Считая, что сверхновая неподвижна относительно наблюдателя, а туманность расширяется с постоянной скоростью, определите её угловой размер для наблюдателя, находящегося в настоящий момент

- а) вдвое ближе к сверхновой;
- б) вдвое дальше от сверхновой.

Задание 4 (8 баллов)

Вокруг затменной двойной звезды с орбитальным периодом 2 дня, компоненты которой имеют массы $M_1 = M_2 = 1 M_0$, обращается третья звезда с массой $M_3 = 0,5 M_0$. Орбитальный период обращения третьего компонента относительно центра масс тройной системы составляет 100 дней. Центр масс двойной системы под гравитационным воздействием этого тела смещается в сторону к наблюдателю или от наблюдателя, вызывая вариацию (запаздывание или опережение) моментов наступления затмений относительно средней величины, предсказываемой эфемеридами. Найдите амплитуду этой вариации (т. е. амплитуду так называемого светового уравнения).

Задание 5 (16 баллов)

Для выполнения задания используйте вкладку с цветными иллюстрациями.

11 февраля 2017 года отмечено не только проведением 71-й Московской астрономической олимпиады, но и полутеневым лунным затмением.

Схема затмения	
	<p>Две тёмные concentрические окружности показывают тень и полутень Земли. Три малые окружности соответствуют положению Луны в начале, середине и конце затмения. Длинной горизонтальной линией обозначена линия эклиптики, стороны света отмечены короткими штрихами на краях полутени.</p> <p>Максимальная фаза полутеневого затмения: 0,9884. Максимальная фаза теневого затмения: –0,0354. (Фазой затмения называют долю диаметра Луны, закрытую затмевающим «объектом»: тенью или полутенью.)</p>
Событие	Всемирное время (UTC), часы:минуты (10/11 февраля)
Начало полутеневого затмения	22:34
Максимальное затмение	00:44
Конец полутеневого затмения	02:53

Во время полутеневого затмения Луна не попадает в тень Земли.
 Луна пройдёт восходящий узел орбиты 11 февраля в 19:50 по UTC.

1. Вам представлено 6 фотографий, на одной (или нескольких) из которых изображена Луна в фазе полутеневого затмения (конечно, среди них нет фотографии **сегодняшнего** затмения). Укажите эту(и) фотографию(и) и объясните, почему Вы так решили. Также объясните, почему на остальных фотографиях Луна не находится в фазе полутеневого затмения.

2. С какой стороны (сверху/снизу/справа/слева) на схеме затмения находится направление на север?

3. В каких созвездиях находятся Земля и Солнце для наблюдателя, находящегося вблизи Северного полюса Луны (считайте, что небесные тела находятся выше линии местного лунного горизонта)?

4. Пользуясь данными из условия, определите, где на Земле можно было наблюдать данное затмение. Считайте, что метеорологические условия не препятствовали наблюдениям.

- а) Северный полюс (90° с. ш.)
- б) Сан-Томе (0° с. ш., 7° в. д.)
- в) Науру (1° ю. ш., 167° в. д.)
- г) Южный полюс (90° ю. ш.)

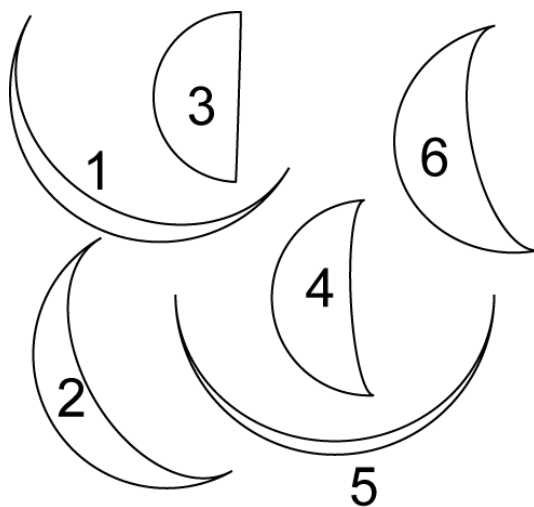
5. Определите минимальную высоту спутника на окололунной орбите, который мог бы попасть в зону видимости полного солнечного затмения.

Задание 6 (12 баллов)

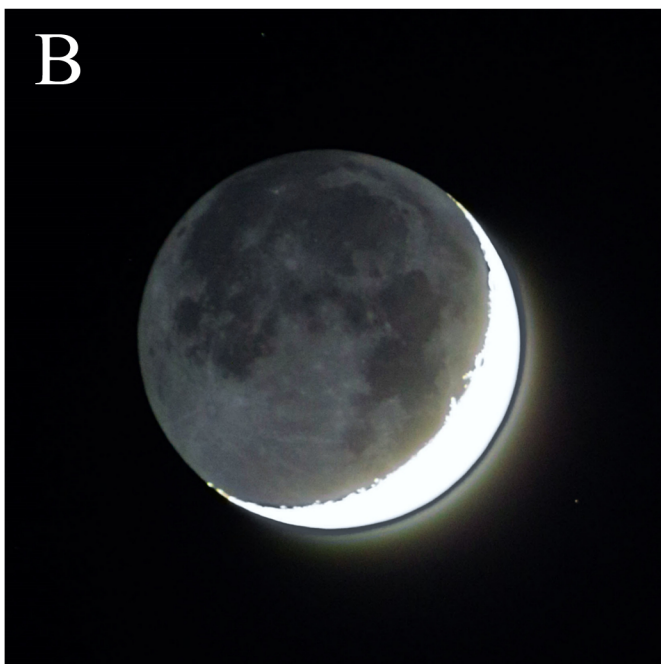
На одной из планет, вращающихся вокруг далёкой звезды, местный астроном, находящийся в северном полушарии своей планеты, фотографировал одну из соседних планет в течение многих дней через равные промежутки времени. По ошибке все изображения планеты оказались на одном кадре. Исходя из этого изображения:

- а) Определите, внешнюю или внутреннюю планету фотографировал астроном.
- б) Запишите номера снимков в том порядке, в котором они были сделаны.
- с) Определите радиус орбиты планеты в местных астрономических единицах (т. е. в радиусах орбиты планеты наблюдателя).
- д) Определите угловое расстояние между местным солнцем и планетой на первом (хронологически) снимке.
- е) Если бы астроном продолжил и дальше фотографировать планету, то он дождался бы её (почти) полной фазы. Какой был бы номер этой фотографии?

Орбиты планет круговые. Для всех изображений северный полюс эклиптики находится вверху. Атмосферными эффектами обеих планет пренебречь. Планетная система подобна Солнечной: все планеты движутся в одну сторону, против часовой стрелки, если смотреть из северного полюса эклиптики.



6-7 класс и 8-9 класс - Задание 5. 10-11 класс - Задание 6.



СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$.

Скорость света в вакууме $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$.

Постоянная Планка $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$.

Постоянная Стефана–Больцмана $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$.

Масса протона $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

Масса электрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$.

Астрономическая единица 1 а.е. = $1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$.

Парсек 1 пк = 206 265 а.е. = $3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$.

Постоянная Хаббла $H = 67,8 \text{ (км/с)/Мпк}$.

Возраст Вселенной $t_0 = 13,81 \cdot 10^9 \text{ лет}$.

Данные о Солнце

Светимость $3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$.

Абсолютная болометрическая звёздная величина +4,72m.

Показатель цвета (B – V) + 0,67^m.

Средний горизонтальный параллакс 8,794°.

Скорость движения в Галактике 230 км/с.

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли 1360 Вт/м².

Спектральный класс G2.

Видимая звёздная величина –26,78m.

Эффективная температура 5800 К.

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты 0,017.

Тропический год 365,242 19 суток.

Средняя орбитальная скорость 29,8 км/с.

Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды.

Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года: 23° 26'21,45".

Экваториальный радиус 6378,14 км.

Полярный радиус 6356,77 км.

Масса $5,974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$.

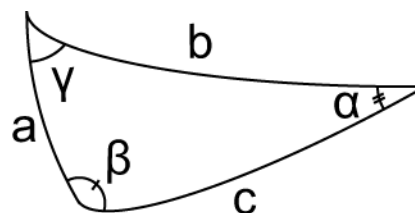
Средняя плотность $5,52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$.

Сферическая тригонометрия

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos \alpha$$

$$\frac{\sin a}{\sin \alpha} = \frac{\sin b}{\sin \beta} = \frac{\sin c}{\sin \gamma}$$

$$\sin a \cos \gamma = \sin b \cos c - \cos b \sin c \cos \alpha$$



ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТ ПЛАНЕТ И ПЛУТОНА

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн км	а.е.				
Меркурий	57,9	0,3871	0,2056	7,004	87,97 суток	115,9
Венера	108,2	0,7233	0,0068	3,394	224,70 суток	583,9
Земля	149,6	1,0000	0,0167	0,000	365,26 суток	—
Марс	227,9	1,5237	0,0934	1,850	686,98 суток	780,0
Юпитер	778,3	5,2028	0,0483	1,308	11,862 лет	398,9
Сатурн	1429,4	9,5388	0,0560	2,488	29,458 лет	378,1
Уран	2871,0	19,1914	0,0461	0,774	84,01 лет	369,7
Нептун	4504,3	30,0611	0,0097	1,774	164,79 лет	367,5
Плутон	5906,5	39,4821	0,2488	17,14	247,92 лет	366,7

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометрическое альbedo	Вид. звёздная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1,989 \cdot 10^{30}$	332 946	695 000	108,97	1,41	25,380 суток	7,25	—	–26,8
Меркурий	$3,302 \cdot 10^{23}$	0,05271	2439,7	0,3825	5,42	58,646 суток	0,00	0,10	–0,1
Венера	$4,869 \cdot 10^{24}$	0,81476	6051,8	0,9488	5,20	243,019 суток**	177,36	0,65	–4,4
Земля	$5,974 \cdot 10^{24}$	1,00000	6378,1	1,0000	5,52	23,934 часов	23,45	0,37	—
Марс	$6,419 \cdot 10^{23}$	0,10745	3397,2	0,5326	3,93	24,623 часов	25,19	0,15	–2,0
Юпитер	$1,899 \cdot 10^{27}$	317,94	71492	11,209	1,33	9,924 часов	3,13	0,52	–2,7
Сатурн	$5,685 \cdot 10^{26}$	95,181	60268	9,4494	0,69	10,656 часов	25,33	0,47	0,4
Уран	$8,683 \cdot 10^{25}$	14,535	25559	4,0073	1,32	17,24 часов**	97,86	0,51	5,7
Нептун	$1,024 \cdot 10^{26}$	17,135	24746	3,8799	1,64	16,11 часов	28,31	0,41	7,8

* – Для наибольшей элонгации внутренних планет и среднего противостояния внешних планет.

** – Обратное вращение.