

# МОСКОВСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА 2016–2017 уч. г.

## ОЧНЫЙ ЭТАП

### 6–7 классы

#### Задание 1 (8 баллов)

В феврале 1600 года было пять вторников. С какого дня недели начался XVII век? Обязательно обоснуйте свой ответ.

#### Задание 2 (8 баллов)

Астрономы открыли нейтронную звезду с планетной системой, летящую почти точно к Солнцу на расстоянии 5 световых лет. Ближе всего к Солнцу та звезда окажется через 2500 лет. К нейтронной звезде отправили исследовательский космический корабль. Через сколько лет после старта он вернётся на Землю, если проведёт 20 лет на орбите вокруг нейтронной звезды? Сколько времени затратит космический корабль на полёт к нейтронной звезде и сколько на обратную дорогу? Скорость корабля в обоих направлениях равна 0,01 скорости света. Скорость света равна 300 000 км/с.

#### Задание 3 (8 баллов)

В некоторый момент времени Сатурн и Венера одновременно находятся в соединении с Солнцем. Через некоторое время планеты становятся доступны для наблюдений. В какое время суток можно будет наблюдать эти планеты? Прямым или попятным движением они перемещаются среди звёзд?

*Для выполнения заданий 4 и 5 используйте вкладку с цветными иллюстрациями.*

#### Задание 4 (8 баллов)

Перед Вами фотография движения Луны, сделанная неподвижной камерой. Изображения были получены в течение одной ночи, изменение положения Луны вызвано вращением Земли вокруг своей оси. Средний угловой диаметр Луны составляет 31 угловую минуту.

1. Оцените время, прошедшее между верхними изображениями Луны (помечены цифрами 1 и 2).
2. Определите, восходит или заходит Луна на фотографии. Ответ обоснуйте. (Ответ без обоснования оценивается в 0 баллов.)

### Задание 5 (14 баллов)

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

<b>Схема затмения</b>	
	<p>Две тёмные концентрические 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: <math>-0,0354</math>.                      (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. (Восходящим узлом называют точку, в которой траектория движения Луны пересекает эклиптику с юга на север.)

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 ( $90^\circ$  с. ш.)
- б) Сан-Томе ( $0^\circ$  с. ш.,  $7^\circ$  в. д.)
- в) Науру ( $1^\circ$  ю. ш.,  $167^\circ$  в. д.)
- г) Южный полюс ( $90^\circ$  ю. ш.)

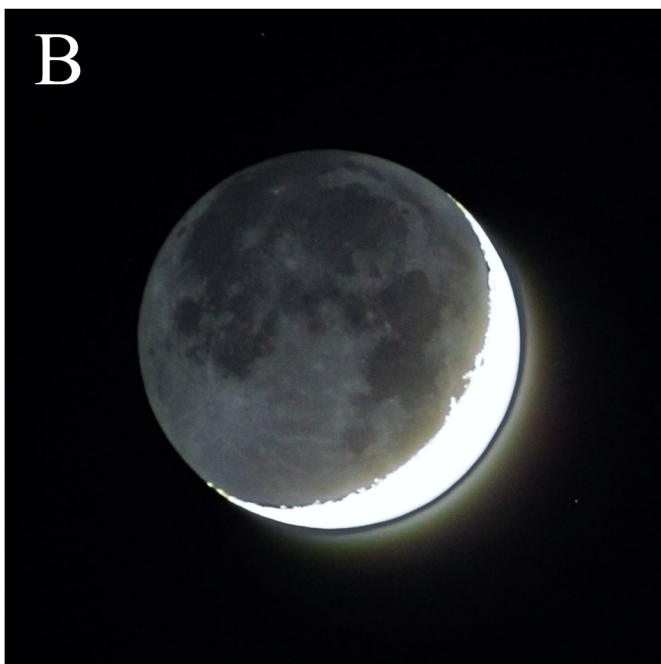
6-7 класс. Задание 4.



6-7 класс. Задание 4.



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

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

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  $+4,72\text{m}$ .

Показатель цвета  $(B - V) + 0,67^{\text{m}}$ .

Средний горизонтальный параллакс  $8,794^\circ$ .

Скорость движения в Галактике  $230 \text{ км/с}$ .

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли  $1360 \text{ Вт/м}^2$ .

Спектральный класс G2.

Видимая звёздная величина  $-26,78\text{m}$ .

Эффективная температура  $5800 \text{ К}$ .

### Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты  $0,017$ .

Тропический год  $365,242\,19$  суток.

Средняя орбитальная скорость  $29,8 \text{ км/с}$ .

Период вращения  $23$  часа  $56$  минут  $04$  секунды.

Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года:  $23^\circ 26'21,45''$ .

Экваториальный радиус  $6378,14 \text{ км}$ .

Полярный радиус  $6356,77 \text{ км}$ .

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

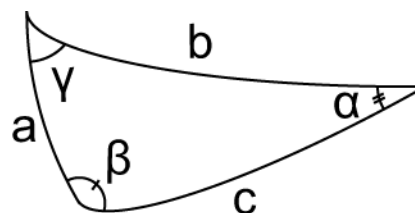
Средняя плотность  $5,52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ .

### 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.