

# LXXVII Московская астрономическая олимпиада

Теоретический тур. 2023 г.

## 9 класс

### Задача 1

Самолёт на высоте  $h = 10$  км пролетает над Сингапуром (широта  $\varphi \approx 0^\circ$ ) в день весеннего равноденствия. Пассажиры видят восход Солнца. Через какое время восход Солнца увидят жители Сингапура? Атмосферной рефракцией пренебречь.

### Задача 2

Второе и третье касания солнечного затмения произошли одновременно. Чему может быть равна (линейная) фаза затмения в этот момент?

*Подсказка.* Пусть  $\rho_c$  и  $\rho_l$  — угловые радиусы дисков Солнца и Луны соответственно, а  $\delta$  — угловое расстояние между их центрами. Тогда фазой затмения называется

$$\Phi = \frac{\rho_c + \rho_l - \delta}{2\rho_c}.$$

### Задача 3

Две звезды с массами  $1 M_\odot$  и  $1.3 M_\odot$  вращаются вокруг общего центра масс по круговым орбитам с периодом 1 год. Первая звезда полностью похожа на Солнце, а вторая — белый карлик с радиусом 10 000 км. Определите угловые размеры обеих звёзд в угловых секундах для наблюдателя, находящегося в центре масс.

### Задача 4

Студент-астроном проводит визуальные наблюдения за двойными звёздами в студенческой обсерватории МГУ в рефракторе Цейсс-300 (диаметр объектива 250-мм, относительное отверстие 1:3.8). После наблюдений он решил навести телескоп на звезду главного здания МГУ (диаметр 7.5 м). На сколько миллиметров ему надо сдвинуть фокус окуляра и в какую сторону? Помогите ему определить фокусное расстояние окуляра, в котором звезда займёт все поле зрения целиком. Расстояние от телескопа до Главного здания МГУ — 750 метров. Поле зрения окуляра —  $60^\circ$ .

### Задача 5

В спутник, обращающийся по круговой полярной орбите вокруг Луны на расстоянии 500 км от поверхности, врезался круглый метеороид плотностью  $5.0 \text{ г/см}^3$  и застрял в нём. Столкновение произошло «в лоб» в момент, когда спутник находился над северным полюсом Луны, и уже через половину оборота спутник по касательной врезался в южный полюс Луны. Найдите радиус метеороида, если его скорость в момент столкновения была равна  $13 \text{ км/с}$  относительно Луны, а масса спутника до столкновения составляла 500 кг.

## Задача 6

На рисунке представлен разложенный по отдельным кадрам видеофрагмент. Он был получен в средних широтах Земли в день равноденствия. На видеозаписи запечатлён полёт белоголового орлана, длина тела которого (от кончика клюва до конца хвоста) составляет 130 см. Частота следования кадров на видеозаписи была стандартной — 25 кадров/с. Угловой диаметр диска Солнца равен  $32'$ .



1. На каком расстоянии от птицы находилась камера?
2. Чему была равна частота взмахов крыльями?
3. Затмение какого типа наблюдал автор фотографии (дайте подробный ответ с обоснованием)?
4. На какой угловой высоте происходил пролёт орлана по диску небесного тела?

Опишите все сделанные измерения и операции полученными значениями.

$h, ^\circ$	$\rho, '$	$h, ^\circ$	$\rho, '$	$h, ^\circ$	$\rho, '$	$h, ^\circ$	$\rho, '$
90	0	30	1.7	5	9.9	2	18.4
70	0.4	20	2.6	4	11.8	1	24.7
50	0.8	10	5.3	3	14.4	0	35.4

$h$  — Видимая (искажённая рефракцией) высота в градусах,  $\rho$  — величина рефракции в угловых минутах.

## Справочные данные

### Данные о Солнце, Земле, Луне и Галактике

Светимость Солнца	$L_{\odot} = 3.827 \times 10^{26} \text{ Вт}$
Видимая звёздная величина Солнца	$m_{\odot} = -26.78^{\text{m}}$
Абсолютная болометрическая звёздная величина Солнца	$M_{\odot} = 4.72^{\text{m}}$
Эффективная температура Солнца	$T_{\odot} = 5800 \text{ К}$
Солнечная постоянная	$E_{\odot} = 1360.8 \text{ Вт м}^{-2}$
Тропический год	$= 365.24219 \text{ сут}$
Звёздные сутки	$T_{\zeta} = 23 \text{ ч } 56 \text{ мин } 04 \text{ с}$
Наклон экватора к эклиптике	$\varepsilon = 23^{\circ} 26' 21.45''$
Синодический месяц	$S_{\zeta} = 29.53059 \text{ сут}$
Видимая звёздная величина полной Луны	$m_{\zeta} = -12.7^{\text{m}}$
Число звёзд в нашей Галактике	$= 10 \times 10^{11}$
Радиус диска нашей Галактики	$= 20 \text{ кпк}$
Масса нашей Галактики (в массах Солнца)	$= 2 \times 10^{12}$

### Астрономические и физические постоянные

Гравитационная постоянная	$G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$
Скорость света в вакууме	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ м с}^{-1}$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ кг с}^{-3} \text{ К}^{-4}$
Масса протона	$m_{\text{p}} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ кг}$
Астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} = 1.496 \times 10^{11} \text{ м}$
Парсек	$1 \text{ пк} = 3.086 \times 10^{16} \text{ м}$

### Формулы приближенного вычисления (при $x \ll 1$ )

$$\begin{array}{lll} \sin(x) \approx x & \cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2} & \text{tg } x \approx x \\ \ln(1+x) \approx x & e^x \approx 1+x & (1+x)^\alpha \approx 1+\alpha x \end{array}$$

### Характеристики Солнца, планет и некоторых спутников

Объект	Большая полуось, а.е.	Эксцентриситет	Орбитальный период	Масса, кг	Радиус, тыс. км	Осевой период
Солнце				$1.989 \times 10^{30}$	697	25.38 сут
Меркурий	0.3871	0.2056	87.97 сут	$3.302 \times 10^{23}$	2.44	58.65 сут
Венера	0.7233	0.0068	224.70 сут	$4.869 \times 10^{24}$	6.05	243.02 сут
Земля	1	0.0167	365.26 сут	$5.974 \times 10^{24}$	6.37	23.93 ч
Луна	0.00257	0.0549	27.322 сут	$7.348 \times 10^{22}$	1.74	27.32 сут
Марс	1.5237	0.0934	686.98 сут	$6.419 \times 10^{23}$	3.40	24.62 ч
Юпитер	5.2028	0.0483	11.862 лет	$1.899 \times 10^{27}$	71.5	9.92 ч
Сатурн	9.5388	0.0560	29.458 лет	$5.685 \times 10^{26}$	60.3	10.66 ч
Уран	19.1914	0.0461	84.01 лет	$8.683 \times 10^{25}$	25.6	17.24 ч
Нептун	30.0611	0.0097	164.79 лет	$1.024 \times 10^{26}$	24.7	16.11 ч