

МОСКОВСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА 2015–2016 уч. г.
ОЧНЫЙ ЭТАП
8-9 классы

Задание 1

Согласно данным, полученным аппаратом «Галилео», который исследовал юпитерианскую систему с 1995 по 2003 год, на Европе под поверхностным слоем льда есть огромный глубокий водный океан. Глубина этого океана вместе со слоем поверхностного льда в среднем составляет 100 километров. Где больше воды: на Европе или на Земле?

Задание 2

Когда световой день в Москве был (или будет) длиннее: 23 сентября 2015 года или 23 сентября 2016 года? Ответ обоснуйте.

Задание 3

В 18^h звездного времени звезда с координатами $\beta=47^\circ$ эклиптической широты, $\lambda=90^\circ$ эклиптической долготы находилась на высоте $23,5^\circ$. Определите географическую широту места наблюдения. Обязательно дополните решение чертежом.

Задание 4

Сидерический период некоторого астероида равен ровно 1,5 года. При каком эксцентриситете орбита астероида касается орбиты Земли? Может ли произойти столкновение этого астероида с Землей, если в некоторых противостояниях он оказывается в афелии своей орбиты? Все орбиты лежат в одной плоскости. Влиянием других планет пренебречь. Орбиту Земли считать круговой.

Задание 5

Во время центрального кольцеобразного солнечного затмения звездная величина Солнца уменьшилась на 5 звездных величин. На каком расстоянии от наблюдателя находилась Луна, если видимый угловой размер Солнца составлял $32'$? Потемнением Солнца к краю пренебречь.

Задание 6

На рисунке показаны различные планетарные туманности так, как они выглядели бы при наблюдении с одного и того же расстояния. Считая, что скорость расширения всех туманностей постоянна и составляет 30 ± 15 км/с, определите возраст каждой из них. Определите также погрешность измерения.



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

Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$.

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 км/с .

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли 1360 Вт/м^2 .

Спектральный класс G2.

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

Эффективная температура 5800 К .

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты $0,017$.

Тропический год $365,24219 \text{ суток}$.

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

Период вращения $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$.

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

Болометрические поправки

Спектральный класс	В.С.	Спектральный класс	В.С.	Спектральный класс	В.С.
G0	–0,03	K0	–0,60	M0	–1,19
G5	–0,07	K5	–0,19	M5	–2,30

Метод наименьших квадратов

Пусть есть результаты измерений в виде пар чисел x_i, y_i . Разместив их на графике, мы получим некоторую группу точек. Через эти точки можно провести прямую, которая будет иметь следующее уравнение: $y = kx + b$, где коэффициенты k и b составляют

$$k = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \text{ и } b = \bar{y} - k\bar{x}.$$

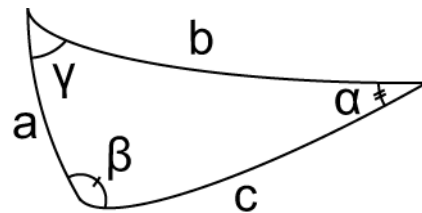
Здесь под \bar{x} и \bar{y} подразумевается среднее значение x и y .

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 сут	115,9
Венера	108,2	0,7233	0,0068	3,394	224,70 сут	583,9
Земля	149,6	1,0000	0,0167	0,000	365,26 сут	—
Марс	227,9	1,5237	0,0934	1,850	686,98 сут	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.

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Эксцентриситет	Период обращения	Геометрическое альbedo	Видимая звёздная величина*
	кг	км	г/см ³	км		сут		m
Земля								
Луна	$7,348 \cdot 10^{22}$	1738	3,34	384 400	0,0549	27,32166	0,12	–12,7
Марс								
Фобос	$1,08 \cdot 10^{16}$	~10	2,0	9380	0,0151	0,31910	0,06	11,3
Деймос	$1,8 \cdot 10^{15}$	~6	1,7	23 460	0,0002	1,26244	0,07	12,4
Юпитер								
Ио	$8,94 \cdot 10^{22}$	1815	3,55	421 800	0,0041	1,769138	0,61	5,0
Европа	$4,8 \cdot 10^{22}$	1569	3,01	671 100	0,0094	3,551181	0,64	5,3
Ганимед	$1,48 \cdot 10^{23}$	2631	1,94	1 070 400	0,0013	7,154553	0,42	4,6
Каллисто	$1,08 \cdot 10^{23}$	2400	1,86	1 882 800	0,0074	16,68902	0,20	5,7

* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет.