

МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО АСТРОНОМИИ. 2017–2018 уч. г.
ОЧНЫЙ ЭТАП
10–11 классы

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 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 $365,242\,19$ 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 $5,974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$.

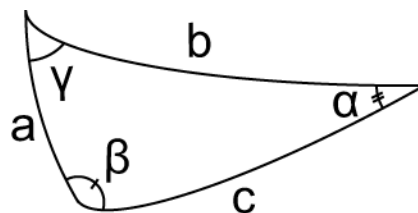
Средняя плотность $5,52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$.

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.				
				градусы		сутки
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					
					г·см ⁻³		градусы		
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.

Задача 1

Матрос, находящийся на палубе корабля, расположенной на высоте 4 м над уровнем моря, видит звезду точно на горизонте. На какой высоте над/ под видимым горизонтом видит эту же звезду матрос, стоящий на площадке, закреплённой на мачте на высоте 25 м над уровнем моря? Считать, что рост человека 2 метра. Рефракцией пренебречь.

Задача 2

Вечером 1 июля корабль подошёл к линии перемены дат и пересёк её ровно в 23 часа (по времени того пояса, в котором он был до этого момента). Какое число и время нужно установить на корабле?

Задача 3

15 января 2016 г. на Земле можно было наблюдать прохождение МКС по диску Сатурна. Оцените длительность этого явления и ширину полосы, в которой можно было наблюдать его, при условии, что Сатурн находился в этот момент близи зенита. Характерный размер МКС – 50 м. Высота орбиты около 400 км.

Задача 4

В радиоастрономии для измерения спектральной плотности потока излучения широко применима единица янский. $1 \text{ Ян} = 10^{-26} \text{ Вт м}^{-2} \text{ Гц}^{-1}$. Определите в янских плотность потока энергии от звезды 0-й звездной величины на длине волны 550 нм. Известно, что от звезды 0^m до наблюдателя доходит 10^4 квантов·см⁻²·с⁻¹·нм⁻¹. От звезды какой звездной величины плотность потока излучения будет 1 Ян?

Задача 5

Для наблюдения объекта на крупном телескопе было выделено две ночи: в первую ночь качество изображения (диаметр кружка рассеяния) составило 1.5", прозрачность 0.2^m, а во вторую – 0.5", прозрачность 0.3^m. Сравните время, требуемое для фотометрических измерений точечного объекта с заданным соотношением сигнал-шум. Внеатмосферный блеск объекта равен фону неба с 1". Сам фон неба считать постоянным. Считать, что приёмник регистрирует всё приходящее излучение, а поглощения в оптической системе телескопа отсутствуют.

Отношение сигнал/шум задаётся величиной $\epsilon = \frac{N_s}{\sqrt{N_s + 2N_{bg}}}$ где N_s и N_{bg} – число квантов от источника и от фона соответственно, принятых приёмником.

Задача 6

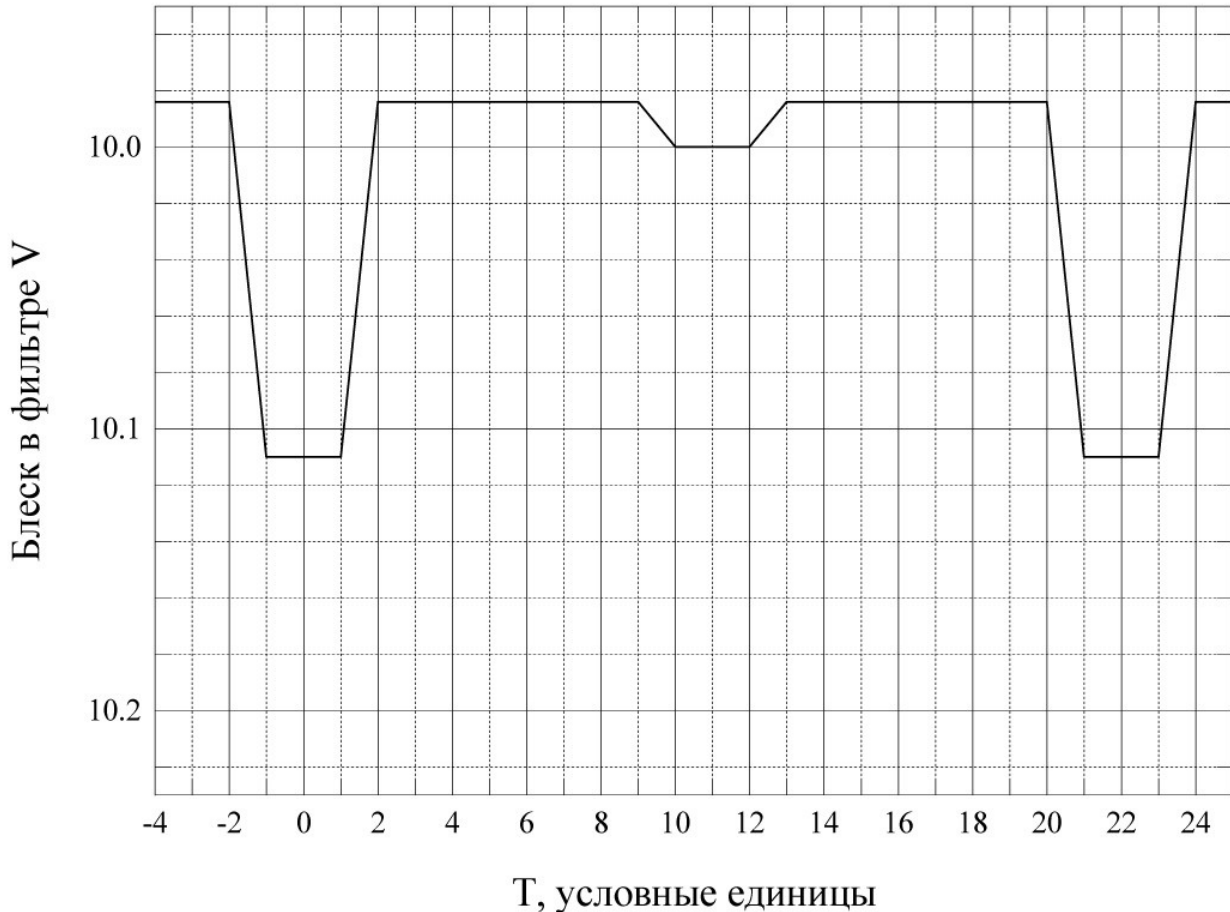
Невращающаяся звезда с массой $M = 10 M_0$ и радиусом $R = 5 R_0$ раскручивается вокруг своей оси и становится эллипсоидом вращения. Найдите:

- 1) критическое отношение полуосей эллипсоида, при котором звезда начинает разрушаться из-за своего быстрого вращения;
- 2) максимально возможную линейную скорость вращения на экваторе;
- 3) минимальный период обращения звезды вокруг своей оси.

Считать, что вещество звезды сосредоточено в центре (массой оболочки и распределением вещества в ней можно пренебречь), при этом объём звезды остаётся постоянным. Объём эллипсоида вращения равен $(4/3)\pi a^2 b$, где b – полуось, вокруг которой происходит вращение.

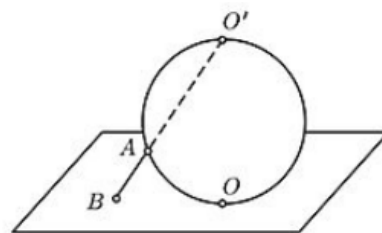
Задача 7

На рисунке представлена кривая блеска двойной звезды, полученная в фильтре V. Зная, что затмения в системе центральные, один из компонентов двойной имеет спектральный класс A0, а второй – G2, и оба компонента являются звёздами главной последовательности, постройте кривую изменения показателя цвета B-V этой системы. Ось ординат Вашего графика направьте вверх, нанесите деления и поставьте соответствующие значения показателей цвета. Для звезды G2V $(B-V) = 0.65$.



Задача 8

Вам дана карта звёздного неба на планете в далёкой галактике в стереографической проекции. Поле зрения карты - ровно половина небесной сферы, видимая в данный момент с какой-то точки планеты.



Стереографической проекцией точки А на плоскость является точка В – пересечение прямой $O'A$ с этой плоскостью (см. рисунок). O – центр карты. O' – точка, диаметрально противоположная центру.

- 1) На карте отчётливо видно три наиболее яркие звезды. Определите их высоты над горизонтом в момент наблюдения.
- 2) Вычислите попарные угловые расстояния между этими звёздами.
- 3) Что Вы можете сказать о типе этой далёкой галактики?

