

8 класс

Задачи № 1–4 оцениваются из 15 баллов каждая,
задачи № 5–6 – из 20 баллов. **Всего 100 баллов.**

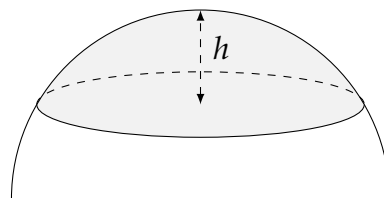
① Зенитный спутник

Искусственный спутник движется вокруг Земли по круговой орбите, совершая один оборот за 101 минуту. Самый северный город, над которым он пролетает — это Краснодар (45° с. ш.). Какова доля поверхности Земли, где этот спутник можно наблюдать в зените?

Подсказка: площадь сегмента сферы высотой h

$$S = 2\pi R h,$$

где R — радиус сферы.



② Под покровом Луны

В начале января 2025 года произошла серия покрытий Луной планет Солнечной системы. Так, 4 января около 21 часа по московскому времени в Санкт-Петербурге наблюдалось покрытие Сатурна, а 5 января в 18 часов — покрытие Нептуна. Оцените угловое и пространственное расстояние между этими планетами в эти дни.

③ Расширение сфер

Старая звезда в некоторый момент $t_0 = 0$ сбросила сферически симметричную оболочку. Спустя малое время t_1 внешний радиус оболочки был равен 0.10 а. е., а внутренний — 0.09 а. е. По мере расширения оболочки, в момент времени t_2 её внешний радиус увеличился до 0.43 а. е., а внутренний — до 0.40 а. е..

- Во сколько раз уменьшилась средняя плотность вещества оболочки от момента t_1 до момента t_2 ?
- Какова была средняя плотность оболочки в момент времени t_2 , если сброшенная масса составляла 0.05 массы Солнца? Выразите ответ в $\text{кг}/\text{м}^3$.

④ Знак отличия

В советские времена лётчикам, налетавшим 1 миллион километров, выдавали специальный значок. А кто быстрее «накрутит» это расстояние: космонавты на Международной космической станции или космонавты на Луне? Вычислите время, которое понадобится каждой группе космонавтов, чтобы заслужить эту награду. Известно, что МКС летает на высоте 420 км над поверхностью Земли и совершает 1 оборот за 90 минут.

⑤ Загадочные дни

Ниже представлена диаграмма (рис. 1), иллюстрирующая изменение продолжительности дня в течение года в некотором городе. Белая область соответствует дневному времени, остальные — различным типам сумерек и ночи (самая тёмная область).

- Определите минимальную и максимальную продолжительность дня в этом городе.
- Оцените географическую широту города.

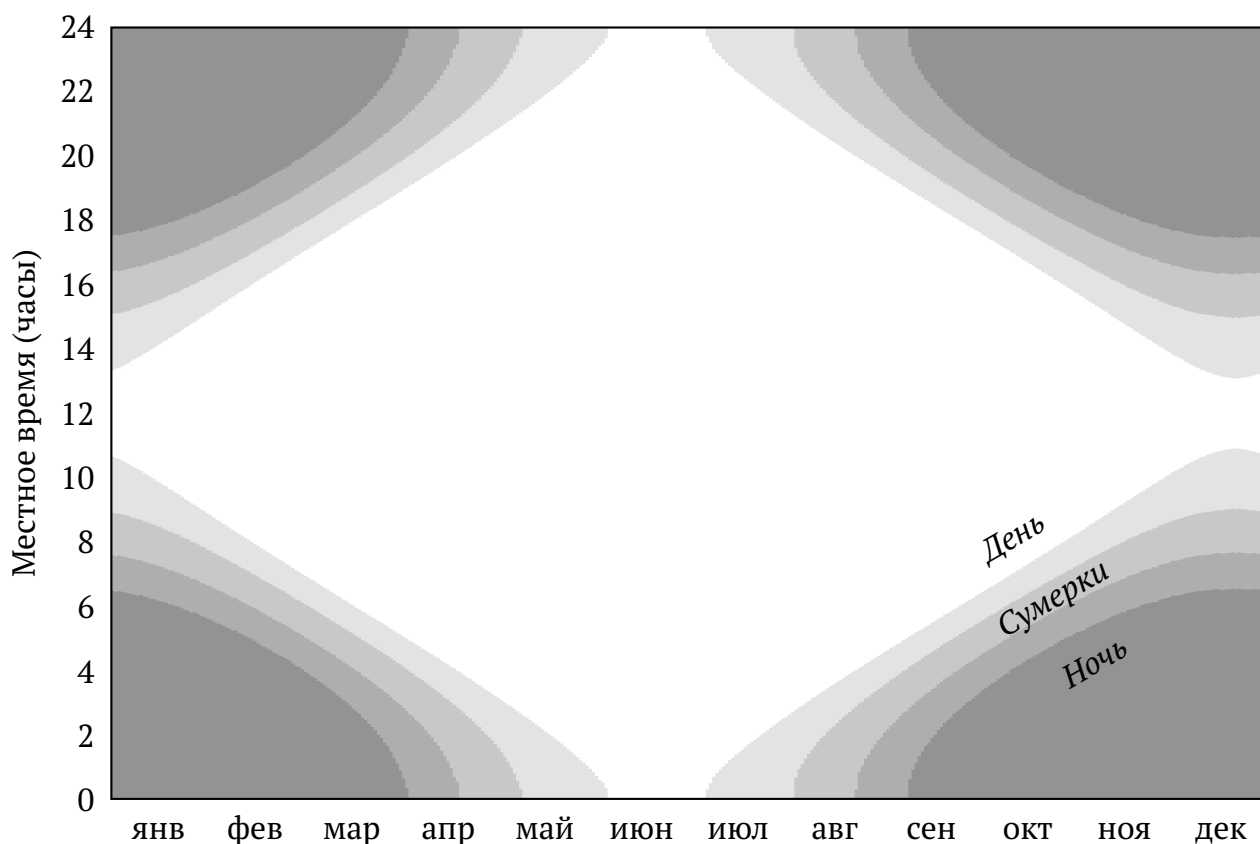


Рис. 1: Диаграмма дня и ночи

6 Щели Кирквуда

В Главном поясе астероидов существуют так называемые «щели Кирквуда» — области, где астероидов практически нет. Их появление связано с воздействием гравитации Юпитера: если периоды обращения Юпитера и астероида вокруг Солнца соотносятся как небольшие целые числа (например, $5 : 2$, $7 : 3$, $2 : 1$), такая орбита нестабильна. Определите аналогичное соотношение периодов для одной из самых заметных «щелей», обозначенной буквой *A* на рисунке 2.

Подсказка. Известно, что период обращения тела вокруг Солнца T связан с радиусом орбиты r соотношением

$$T^2 = kr^3,$$

где k — некоторая константа.

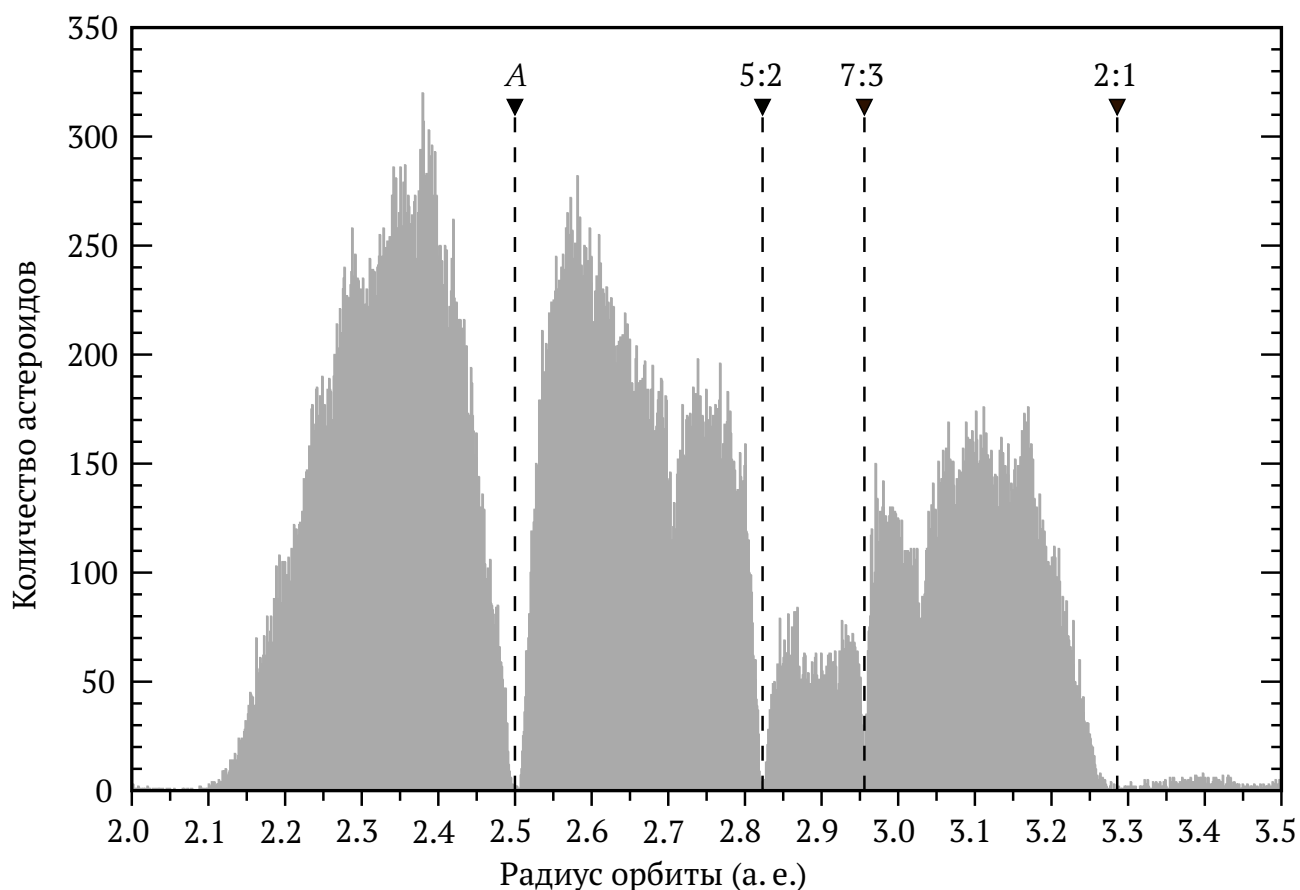


Рис. 2: Распределение астероидов Главного пояса

Решения заданий будут опубликованы на сайте struve.astroedu.ru.

Справочные данные

Некоторые основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная	$G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Скорость света в вакууме	$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Масса протона	$m_p = 1.673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса электрона	$m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Астрономическая единица	$1 \text{ а. е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Парсек	$1 \text{ пк} = 206\,265 \text{ а. е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Данные о Солнце, Земле и Луне

Светимость Солнца	$L_{\odot} = 3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
Видимая звёздная величина Солнца	$m_{\odot} = -26.8^{\text{m}}$
Эффективная температура Солнца	$T_{\odot, \text{eff}} = 5.8 \cdot 10^3 \text{ К}$
Поток энергии на расстоянии Земли	$E_{\odot} = 1.4 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$
Тропический год	$= 365.24219 \text{ сут.}$
Средняя орбитальная скорость	$= 29.8 \text{ км/с}$
Звёздные сутки	$= 23 \text{ ч } 56 \text{ мин } 04 \text{ с}$
Наклон экватора к эклиптике	$\varepsilon = 23.44^{\circ}$
Сидерический месяц	$= 27.32 \text{ сут.}$
Синодический месяц	$= 29.53 \text{ сут.}$
Видимая звёздная величина полной Луны	$m_{\zeta} = -12.7^{\text{m}}$

Характеристики Солнца, планет Солнечной системы и Луны

	Радиус орбиты, а. е.	Орбитальный период	Масса, кг	Радиус, 10^3 км	Осевой период
☉ Солнце			$1.989 \cdot 10^{30}$	697	25.38 сут.
☿ Меркурий	0.3871	87.97 сут.	$3.302 \cdot 10^{23}$	2.44	58.65 сут.
♀ Венера	0.7233	224.70 сут.	$4.869 \cdot 10^{24}$	6.05	243.02 сут.
♁ Земля	1.0000	365.26 сут.	$5.974 \cdot 10^{24}$	6.37	23.93 ч
☾ ↔ Луна	0.0026	27.32 сут.	$7.348 \cdot 10^{22}$	1.74	<i>синхр.</i>
♂ Марс	1.5237	686.98 сут.	$6.419 \cdot 10^{23}$	3.40	24.62 ч
♃ Юпитер	5.2028	11.862 лет	$1.899 \cdot 10^{27}$	71.5	9.92 ч
♄ Сатурн	9.5388	29.458 лет	$5.685 \cdot 10^{26}$	60.3	10.66 ч
♅ Уран	19.1914	84.01 лет	$8.683 \cdot 10^{25}$	25.6	17.24 ч
♆ Нептун	30.0611	164.79 лет	$1.024 \cdot 10^{26}$	24.7	16.11 ч