

## 8 класс

### ① Резонансное затмение

Известно, что спутники Юпитера Ио, Европа и Ганимед находятся в орбитальном резонансе  $4 : 2 : 1$ . Иными словами, их периоды обращения вокруг Юпитера соотносятся как целые числа, причём период обращения Европы в 2 раза больше, чем у Ио, но в 2 раза меньше, чем у Ганимеда. Также известно, что все три спутника обращаются в одной плоскости и могут отбрасывать тень на поверхность Юпитера.

Какое минимальное и максимальное количество «двойных» (то есть происходящих одновременно) солнечных затмений, вызванных этими спутниками, может произойти на Юпитере за один оборот Ганимеда? Заметим, что «тройных» затмений при этом не бывает.

### ② Космические гонки

Анализируя спектр источника излучения, можно определить скорость его приближения или удаления относительно наблюдателя. Находясь на Земле, астроном изучает внесолнечную планетную систему — звезду с обращающейся вокруг неё экзопланетой. Орбита экзопланеты находится в плоскости орбиты Земли и видна «с ребра». Астроном обнаружил, что звезда приближается к Солнечной системе со скоростью  $15 \text{ км/с}$ , а скорость обращения экзопланеты вокруг этой звезды равна  $20 \text{ км/с}$ .

С какой максимальной скоростью экзопланета может приближаться к Земле? Удаляться от неё? Чему равна минимальная (по модулю) скорость экзопланеты относительно Земли? Земля обращается вокруг Солнца со скоростью  $30 \text{ км/с}$ .

### ③ Таинственный остров

Любитель ночных пейзажей решил сфотографировать небольшой остров в море на фоне звёздного неба. Он обнаружил, что при съёмке из точки  $A$ , ближайшей к острову точки прямого берега, Полярная звезда наблюдается в  $30^\circ$  к западу от острова. Следующей ночью наблюдатель решил сфотографировать остров с крайней точки пирса, расположенного в  $300$  метрах от точки  $A$ . Полярная звезда при этом оказалась прямо над островом. Определите расстояние от берега до острова, если известно, что пирс перпендикулярен береговой линии и имеет длину  $50$  метров.

*Словарь.* Пирс — сооружение, выступающее в акваторию водоёма и служащее для швартовки судов или в рекреационных целях (купание, рыбалка и т. п.).

**4) Удаление Бетельгейзе**

В 2007 году была получена оценка годичного параллакса Бетельгейзе, равная  $6.55 \cdot 10^{-3}$  угловой секунды. В 2020 году была получена оценка, равная  $5.95 \cdot 10^{-3}$  угловой секунды. На сколько процентов бóльшим получается расстояние до Бетельгейзе по данным 2020 года по сравнению с 2007 годом?

Заметим: различие оценок не связано с собственным движением Бетельгейзе в пространстве, а только с погрешностью измерения параллакса. Какая пространственная скорость соответствовала бы такому перемещению, будь оно реальным?

**5) Планета в глазури**

Представим планету-гигант моделью из трех слоёв: вокруг плотного ядра расположен менее плотный твёрдый слой, выше которого находится атмосфера. В таблице приведены границы слоёв в процентах радиуса планеты и средние плотности вещества этих слоёв. Определите среднюю плотность планеты.

Граничное расстояние от центра, % радиуса	25	85	100
Плотность, г/см <sup>3</sup>	8.0	2.0	0.4

**6) Провал века**

На рис. 1 (страница 3) представлена кривая блеска — зависимость блеска некоторой звезды от времени. На графике отчётливо видны моменты кратковременного падения блеска, вызванного прохождением экзопланеты по диску звезды.

- Определите период обращения этой экзопланеты вокруг звезды.
- Во сколько раз радиус звезды больше радиуса экзопланеты? Считайте прохождение центральным.
- Как называются такие планеты?

Решения заданий будут опубликованы на сайте [struve.astroedu.ru](http://struve.astroedu.ru).

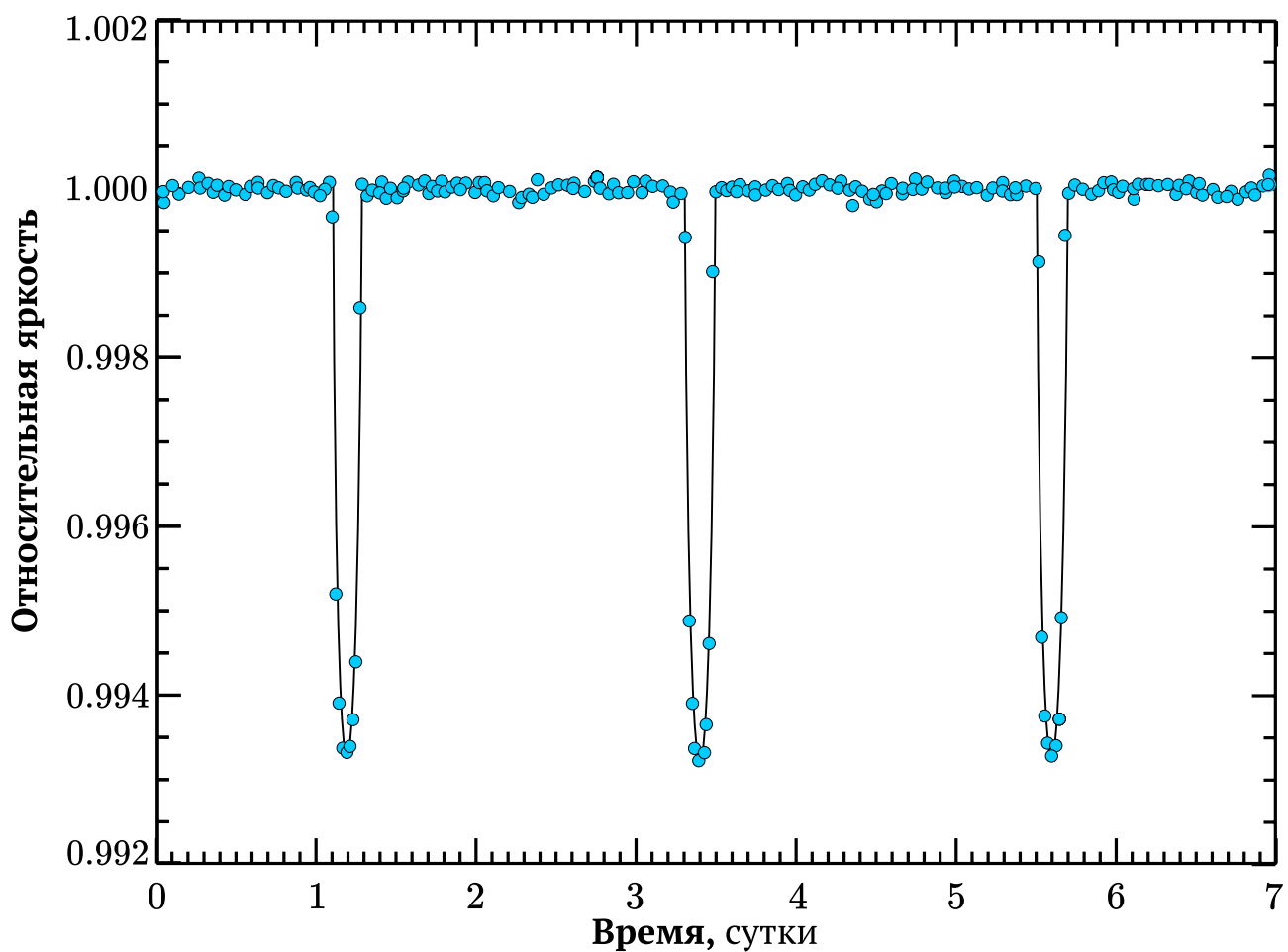


Рис. 1: Кривая блеска к задаче 8.6

## 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, $10^3 \text{ км}$	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