

**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

11 класс, 2025/2026 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 50 баллов.



Задача 1. Инопланетные эксперименты (8 баллов).

Первый космонавт во время миссии на Меркурии бросил камень массой 0,5 кг с некоторой начальной скоростью под углом 60° к горизонту. Второй космонавт во время миссии на Марсе бросил камень массой 2 кг с такой же начальной скоростью под таким же углом 60° к горизонту. 1) На какой из планет (Марсе или Меркурии) камень пролетит большее расстояние по горизонтали и во сколько раз? 2) На какой из планет (Марсе или Меркурии) камень поднимется на большую высоту? Найти отношение максимальных высот подъема камней. Сопротивлением атмосфер планет пренебречь. Считать, что бросок выполняется с поверхности планеты (с нулевой высоты).

Задача 2. Наблюдения двойной (8 баллов)

За двойной звездой, состоящей из двух красных карликов массой по $0,3M_\odot$, наблюдают в телескоп диаметром 300 мм с относительным отверстием $1/6$, используя окуляр с фокусным расстоянием 15 мм. Известно, что годичный параллакс системы $0,05''$, а орбиты звезд круговые. Определите минимальный период этой двойной системы, при котором ее еще можно разрешить с помощью данного телескопа.

Задача 3. Температуры и светимости. (8 баллов).

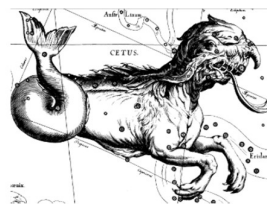
Две звезды А и В имеют радиусы, относящиеся как $R_A:R_B=2:1$. Наблюдения показали, что поток излучения от звезды А на Земле в 32 раза меньше, чем от звезды В. Известно, что звезда А находится в 2 раза дальше от Земли, чем звезда В.

- 1) Определите отношение температур поверхностей этих звезд T_A/T_B .
- 2) Найдите отношение светимостей этих звезд L_A/L_B .

Задача 4. Наблюдаем Юпитер издалека (8 баллов).

С космического аппарата «Новые горизонты», находящегося на расстоянии 50 а.е. от Солнца, наблюдают Юпитер в верхнем соединении (относительно аппарата). Оцените видимую звёздную величину Юпитера для «Новых горизонтов». Среднее расстояние Юпитера от Солнца 5,2 а.е., видимая звёздная величина Юпитера в противостоянии с Земли примерно $-2,7^m$.

Задачи № 5 и № 6 на втором листе



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии

11 класс, 2025/2026 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 50 баллов.



Задача 5. Наблюдаем Луну (8 баллов).

На какой максимальной высоте может кульминировать Луна в Уфе (широта $\varphi = 54^{\circ} 45'$), если наклонение плоскости орбиты Луны к плоскости эклиптики $i = 5^{\circ} 9'$. Укажите месяц и условие, когда Луну можно увидеть на максимальной высоте в верхней кульминации. Объясните причину. В каком созвездии находится в этот момент Солнце?

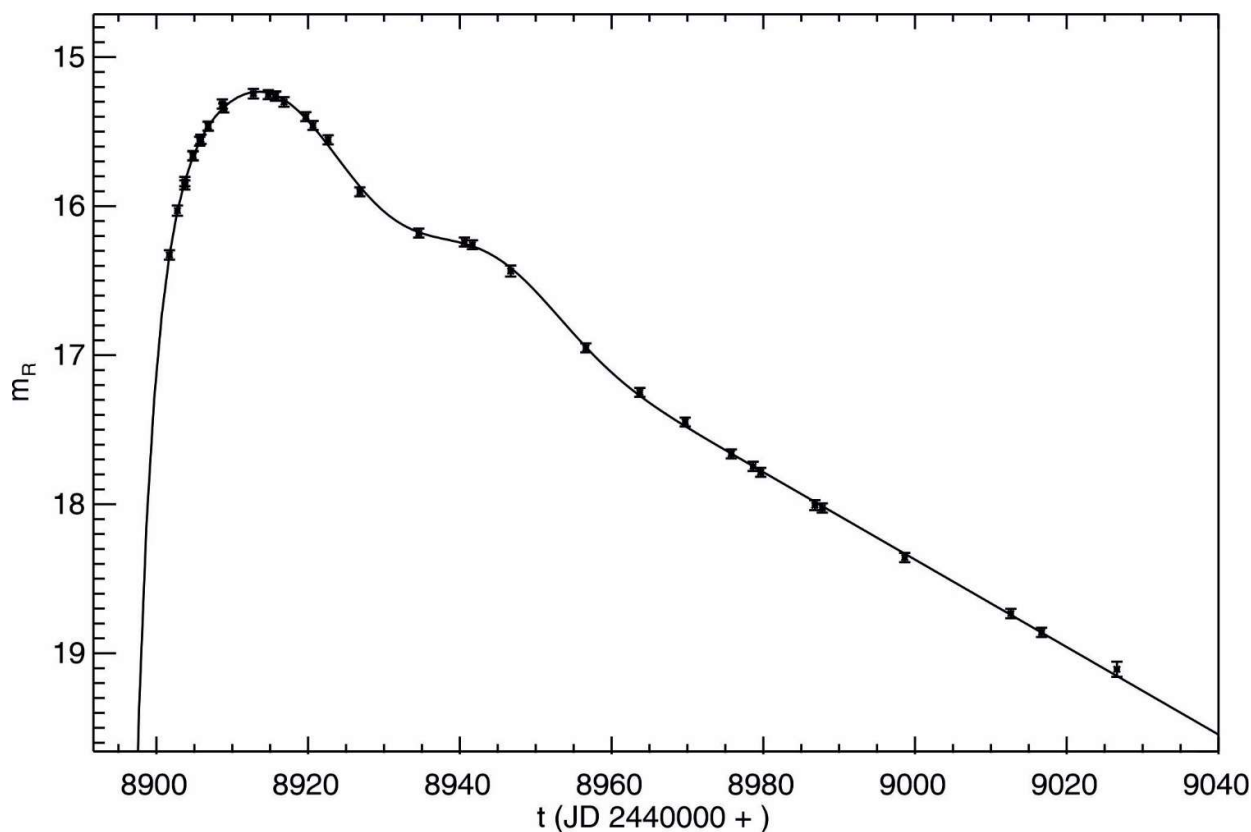
Задача 6. Блеск сверхновой (10 баллов).

На графике представлена кривая блеска сверхновой (зависимость видимой звездной величины от времени). Согласно методу Псковского-Филлипса максимальная абсолютная звездная величина такой звезды определяется следующим образом:

$$M_{\max} = -21,726 + 2,698\Delta m_{15},$$

где Δm_{15} – величина падения блеска сверхновой через 15 дней после максимума.

Найдите расстояние до сверхновой. Оцените погрешность полученного расстояния.



СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, РАЗРЕШЁННАЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НА ОЛИМПИАДЕ

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 $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$

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

Постоянная Стефана—Больцмана $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$

Постоянная Планка $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$

Масса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Масса электрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Элементарный заряд $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

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 $H = 72 \text{ (км/с)/Мпк}$

Данные о Солнце

Радиус $697\,000 \text{ км}$

Масса $1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

Светимость $3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$

Спектральный класс G2

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

Абсолютная болометрическая звёздная величина $+4,72^{\text{m}}$

Показатель цвета (B–V) $+0,67^{\text{m}}$

Эффективная температура 5800 К

Средний горизонтальный параллакс $8,794''$

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

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли 600 Вт/м^2

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты $0,0167$

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

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 км
Полярный радиус 6356,77 км
Масса $5,974 \cdot 10^{24}$ кг
Средняя плотность $5,52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$
Объёмный состав атмосферы: N_2 (78%), O_2 (21%), Ar (~1%).

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384 400 км
Минимальное расстояние от Земли 356 410 км
Максимальное расстояние от Земли 406 700 км
Средний эксцентриситет орбиты 0,055
Наклон плоскости орбиты к эклиптике $5^{\circ}09'$
Сидерический (звёздный) период обращения 27,321 662 суток
Синодический период обращения 29,530 589 суток
Радиус 1738 км
Период прецессии узлов орбиты 18,6 лет
Масса $7,348 \cdot 10^{22}$ кг или 1/81,3 массы Земли
Средняя плотность $3,34 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$
Визуальное геометрическое альбедо 0,12
Видимая звёздная величина в полнолуние $-12,7^{\text{m}}$
Видимая звёздная величина в первой/последней четверти $-10,5^{\text{m}}$

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геомер. альбедо	Вид. звездная величина*
	<i>кг</i>	<i>массы Земли</i>	<i>км</i>	<i>радиусы Земли</i>	<i>г·см⁻³</i>		<i>градусы</i>		
Солнце	$1,989 \cdot 10^{30}$	332946	697000	109,3	1,41	25,380 сут.	7,25	—	−26,8
Меркурий	$3,302 \cdot 10^{23}$	0,05271	2439,7	0,3825	5,42	58,646 сут.	0,00	0,10	−0,1
Венера	$4,869 \cdot 10^{24}$	0,81476	6051,8	0,9488	5,20	243,019 сут.**	177,36	0,65	−4,4
Земля	$5,974 \cdot 10^{24}$	1,00000	6378,1	1,0000	5,52	23,934 час	23,45	0,37	—
Марс	$6,419 \cdot 10^{23}$	0,10745	3397,2	0,5326	3,93	24,623 час	25,19	0,15	−2,0
Юпитер	$1,899 \cdot 10^{27}$	317,94	71492	11,209	1,33	9,924 час	3,13	0,52	−2,7
Сатурн	$5,685 \cdot 10^{26}$	95,181	60268	9,4494	0,69	10,656 час	26,73	0,47	0,4
Уран	$8,683 \cdot 10^{25}$	14,535	25559	4,0073	1,32	17,24 час**	97,86	0,51	5,7
Нептун	$1,024 \cdot 10^{26}$	17,135	24746	3,8799	1,64	16,11 час	28,31	0,41	7,8

* — для наибольшей элонгации внутренних планет и среднего противостояния внешних планет.

** — обратное вращение.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТ ПЛАНЕТ

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	<i>млн км</i>	<i>а.е.</i>		<i>градусы</i>		<i>сут.</i>
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

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альbedo	Видимая звёздная величина*
	<i>кг</i>	<i>км</i>	<i>г/см³</i>	<i>км</i>	<i>сут.</i>		<i>m</i>
Земля							
Луна	$7,348 \cdot 10^{22}$	1738	3,34	384400	27,32166	0,12	−12,7
Марс							
Фобос	$1,08 \cdot 10^{16}$	~10	2,0	9380	0,31910	0,06	11,3
Деймос	$1,8 \cdot 10^{15}$	~6	1,7	23460	1,26244	0,07	12,4
Юпитер							
Ио	$8,94 \cdot 10^{22}$	1815	3,55	421800	1,769138	0,61	5,0
Европа	$4,8 \cdot 10^{22}$	1569	3,01	671100	3,551181	0,64	5,3
Ганимед	$1,48 \cdot 10^{23}$	2631	1,94	1070400	7,154553	0,42	4,6
Каллисто	$1,08 \cdot 10^{23}$	2400	1,86	1882800	16,68902	0,20	5,7
Сатурн							
Тефия	$7,55 \cdot 10^{20}$	530	1,21	294660	1,887802	0,9	10,2
Диона	$1,05 \cdot 10^{21}$	560	1,43	377400	2,736915	0,7	10,4
Рея	$2,49 \cdot 10^{21}$	765	1,33	527040	4,517500	0,7	9,7
Титан	$1,35 \cdot 10^{23}$	2575	1,88	1221850	15,94542	0,21	8,2
Япет	$1,88 \cdot 10^{21}$	730	1,21	3560800	79,33018	0,2	~11,0
Уран							
Миранда	$6,33 \cdot 10^{19}$	235,8	1,15	129900	1,413479	0,27	16,3
Ариэль	$1,7 \cdot 10^{21}$	578,9	1,56	190900	2,520379	0,34	14,2
Умбриэль	$1,27 \cdot 10^{21}$	584,7	1,52	266000	4,144177	0,18	14,8
Титания	$3,49 \cdot 10^{21}$	788,9	1,70	436300	8,705872	0,27	13,7
Оберон	$3,03 \cdot 10^{21}$	761,4	1,64	583500	13,46324	0,24	13,9
Нептун							
Тритон	$2,14 \cdot 10^{22}$	1350	2,07	354800	5,87685**	0,7	13,5

* — для полнолуния или среднего противостояния внешних планет.

** — обратное направление вращения.