

**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2016- 2017 учебный год
9- 11 класс**

Полное правильное выполнение каждого задания оценивается в 8 баллов.

1. Отряд туристов отправился осенью в ночной поход. Они зашли в лес и двигались по направлению на Полярную звезду. Сразу после восхода Солнца они возвращаются обратно. Как они должны ориентироваться по положению Солнца?

2. Космический корабль опустился на астероид диаметром 1 км и средней плотностью $2,4 \text{ г/см}^3$. Космонавты решили объехать астероид по экватору на вездеходе за 2 часа. Смогут ли они это сделать?

3. Ида, Гигея, Гаспра, Каллисто, Церера. Укажите лишнее в этом списке и обоснуйте ответ.

4. Размер нейтрона равен 10^{-15} м , а его масса равна $1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, оцените радиус и плотность нейтронной звезды с массой в два раза большей массы Солнца. Масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$.

5. Пусть разрешение матрицы камеры мобильного телефона составляет **16 Мп** (16 миллионов пикселей), размер светочувствительного сенсора – **$5,5 \times 4,1 \text{ мм}$** . Фокусное расстояние камеры составляет **4 мм**, диаметр объектива – **1,9 мм**. Определите, сколько пикселей займёт изображение Луны на снимке мобильного телефона. Считайте, что светочувствительные элементы (пиксели) имеют квадратную форму и расположены вплотную друг к другу. Угловой диаметр Луны равен $0,5^\circ$. Для малых углов $\sin \alpha \approx \text{tg} \alpha \approx \alpha$.

6. Определите любые 8 из девяти созвездий, показанных на рисунках. Составьте таблицу соответствия.

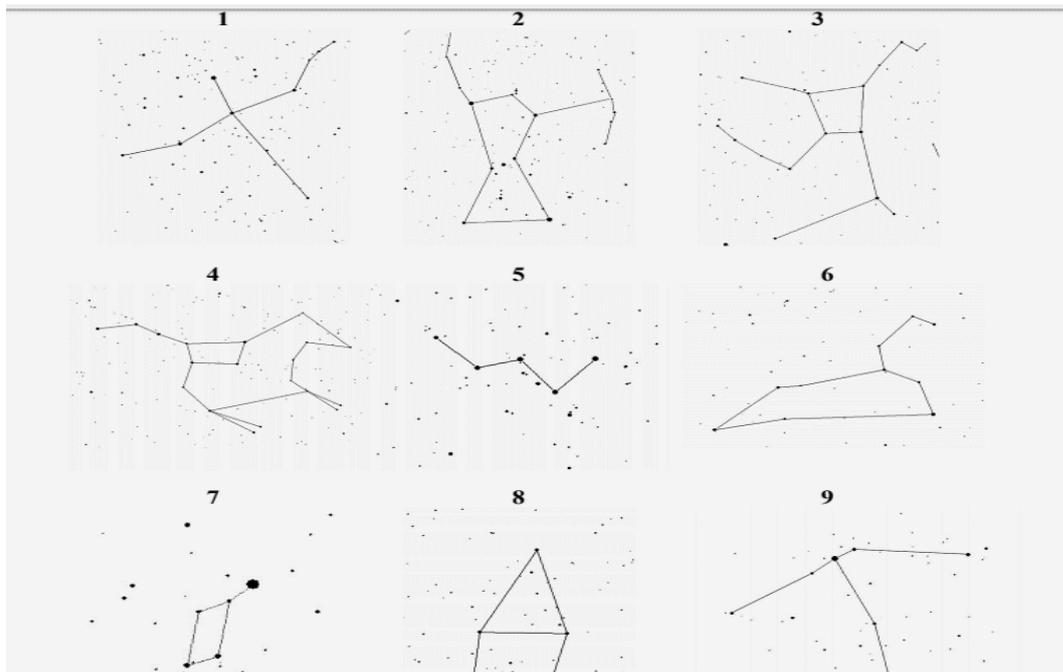


Таблица соответствия

№ рисунка	Название созвездия
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	

**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2016- 2017 учебный год
9 - 11 класс**

Примерные решения и ответы

1. Возвращаясь, туристы должны двигаться на юг. Поскольку осенью Солнце вблизи равноденствия, оно восходит недалеко от точки востока. Значит нужно идти так, чтобы Солнце было слева.

Критерии оценивания: за правильный ответ - 2 балла; за указание близости равноденствия -2 балла; правильное указание расположения точки восхода – 2 балла; правильное определение расположения Солнца при движении -2 балла

2. Нет не смогут. Вездеход должен двигаться со скоростью не больше первой космической, иначе он оторвется от поверхности и станет спутником. Найдем время облета астероида по низкой орбите с этой предельной скоростью:

$$T = \frac{2\pi R}{v_1} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$$

Учтем, что плотность астероида равна $\rho = 3M/4\pi R^3$.

Тогда $T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$. Из этой формулы видно, что время оборота не зависит от размера притягивающего тела, а только от его средней плотности.

Период облета равен 2,1 часа. Значит вездеход не сможет объехать астероид за два часа. За такое время нельзя облететь даже на ракете с выключенными двигателями.

Данные рассуждения приведены для не вращающегося астероида. Но если астероид вращается вокруг оси, то двигаясь в сторону, противоположную вращению, космонавты могли объехать астероид за указанное время, не оторвавшись от его поверхности.

Критерии оценивания: за правильный ответ - 2 балла; за обоснование максимальной скорости движения - 3 балла; за нахождения минимального времени облета – 2 балла; за рассмотрение случая вращающегося астероида - 1 балл.

3. Лишнее в этом списке Каллисто, т.к. все остальные перечисленные объекты являются астероидами, а Каллисто - спутник Юпитера

4. В нейтронной звезде нейтроны плотно соприкасаются друг с другом, так, что расстояние между их центрами будет равно d диаметру нейтрона, а концентрация нейтронов будет обратно пропорциональна кубу расстояния между ними, т.е. концентрация $n \approx 1/d^3 = 10^{45} \text{ м}^{-3}$. Плотность равна $\rho = n \cdot m_n = 1,7 \cdot 10^{18} \text{ кг/м}^3$. Масса нейтронной звезды равна $M = \rho \cdot 4/3 \pi R^3$. Из этой формулы имеем для радиуса нейтронной звезды величину $R \approx (3M/4\pi\rho)^{1/3} = 8 \cdot 10^4 \text{ м} \approx 10 \text{ км}$

Критерии оценивания.

Определение концентрации нейтронов – 2 балла; расчёт плотности – 2 балла; нахождение массы звезды – 2 балла; определение радиуса нейтронной звезды – 2 балла.

5. Прежде всего определим линейный размер изображения Луны на матрице телефона. Считаем, что матрица находится в фокальной плоскости камеры. Угловой размер Луны следует предварительно перевести из градусов в радианы:

$$\alpha = 0,5^\circ = \approx 8,73 \cdot 10^{-3} \text{ радиан.}$$

$$\text{Диаметр изображения Луны равен } d = F \operatorname{tg} \alpha \approx F \alpha = 4 \cdot 8,73 \cdot 10^{-3} \text{ радиан} \approx 0,035 \text{ мм.}$$

$$\text{Соответственно, площадь изображения составит } S = \frac{\pi d^2}{4} = 9,6 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^2.$$

Теперь определим площадь одного светочувствительного элемента матрицы (пикселя). Для этого разделим площадь камеры на общее число пикселей:

$$S_1 = \frac{5,5 \cdot 4,1}{16 \cdot 10^6} \approx 1,41 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^2.$$

Наконец, разделим площадь изображения Луны на площадь пикселя и

$$\text{получим ответ: } N = \frac{9,6 \cdot 10^{-4}}{1,41 \cdot 10^{-6}} = 680 \text{ пикселей.}$$

Критерии оценивания.

Расчёт диаметра изображения Луны – 2 балла; определение площади её изображения – 1 балл; нахождение площади одного пикселя – 1 балл; определение числа пикселей – 4 балла.

6. **Рекомендации для жюри** За каждый правильный ответ начисляется 1 балл. Максимально за это задание можно получить 8 баллов.

№ рисунка	Название созвездия
1	Лебедь
2	Орион
3	Геркулес
4	Большая Медведица
5	Кассиопея
6	Лев
7	Лира
8	Цефей
9	Орёл

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Скорость света в вакууме $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$
Астрономическая единица $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Парсек $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
Постоянная Хаббла $H = 72 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$

Данные о Солнце

Радиус $695\,000 \text{ км}$
Масса $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Светимость $3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
Спектральный класс $G2$
Видимая звездная величина -26.78^{m}
Абсолютная болометрическая звездная величина $+4.72^{\text{m}}$
Показатель цвета (B–V) $+0.67^{\text{m}}$
Температура поверхности около 6000 К
Средний горизонтальный параллакс $8.794''$

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты 0.017
Тропический год 365.24219 суток
Средняя орбитальная скорость 29.8 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 км
Полярный радиус 6356.77 км
Масса $5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Средняя плотность $5.52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км
Минимальное расстояние от Земли 356410 км
Максимальное расстояние от Земли 406700 км
Эксцентриситет орбиты 0.055
Наклон плоскости орбиты к эклиптике $5^\circ 09'$
Сидерический период обращения 27.321662 суток
Синодический период обращения 29.530589 суток
Радиус 1738 км
Масса $7.348 \cdot 10^{22} \text{ кг}$ или $1/81.3$ массы Земли
Средняя плотность $3.34 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$

Визуальное геометрическое альbedo 0.12

Видимая звездная величина в полнолуние -12.7^m

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометр. альbedo	Видимая звездная величина**
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	695000	108.97	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	–2.9
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	–2.9
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	25.33	0.47	–0.5
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

* – обратное вращение.

** – для наибольшей элонгации Меркурия и Венеры и наиболее близкого противостояния внешних планет.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТ ПЛАНЕТ

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